



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL
CORTE DE BARRAS ENERGÉTICAS DE GRANOLA PARA LA
EMPRESA INDUSTRIAL PRODUCTOS EL CHINITO S.C.C”.**

AUTOR: WILLIAM STALIN VERDUGO REINOSO

DIRECTOR: ING. FERNANDO VALENCIA

IBARRA – ECUADOR

20015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1 IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital institucional, determino la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL AUTOR			
CEDULA DE IDENTIDAD	100382765-4		
APELLIDOS Y NOMBRES	VERDUGO REINOSO WILLIAM STALIN		
DIRECCIÓN	CIUADAELA IBARRA ARGENTINA 375 Y BRASIL		
E-MAIL	william.v1991@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO	2957-970	TELÉFONO MÓVIL	0989133439
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL CORTE DE BARRAS ENERGÉTICAS DE GRANOLA PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL PRODUCTOS EL CHINITO S.C.C		
AUTOR	VERDUGO REINOSO WILLIAM STALIN		
FECHA	ABRIL DEL 2015		
PROGRAMA	PREGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MECATRÓNICA		
ASESOR	ING. FERNANDO VALENCIA		

2 AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, William Stalin Verdugo Reinoso, con cédula de identidad Nro.100382765-4 en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.



.....
Firma

Nombre: William Stalin Verdugo Reinoso

Cédula: 100382765-4

Ibarra, Abril del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, William Stalin Verdugo Reinoso, con cédula de identidad Nro.100382765-4 Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado "Diseño e implementación de una máquina para el corte de barras energéticas de granola para la EMPRESA INDUSTRIAL PRODUCTOS EL CHINITO S.C.C.", que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke at the end.

.....
Firma

Nombre: William Stalin Verdugo Reinoso

Cédula: 100382765-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

.....
Firma

Nombre: William Stalin Verdugo Reinoso

Cédula: 100382765-4

Ibarra, Abril del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

En calidad de Director de Trabajo de Grado "Diseño e implementación de una máquina para el corte de barras energéticas de granola para la EMPRESA INDUSTRIAL PRODUCTOS EL CHINITO S.C.C.", presentado por el señor William Stalin Verdugo Reinoso, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.

ING. FERNANDO VALENCIA
DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, WILLIAM STALIN VERDUGO REINOSO, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

.....
Firma

Nombre: William Stalin Verdugo Reinoso

Cédula: 100382765-4

Ibarra, Abril del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por guiar mi camino y permitirme cumplir esta meta en mi vida, a mi familia por brindarme la oportunidad de poder estudiar y obtener un título profesional para enfrentar el futuro.

Además agradezco al Ing. Fernando Valencia quién me ha brindado su confianza y se ha vuelto un amigo en el transcurso de la realización de mi tesis, me ha ayudado con sus aportes y conocimientos tan importantes que han hecho posible culminar el presente proyecto.

William Stalin Verdugo Reinoso



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado está dedicado a mi familia, que con su apoyo incondicional han hecho posible el culminar exitoso de mi carrera profesional, a mi madre por sus consejos, valores, humildad, rectitud, con la que me ha sabido criar, a mi hermana que ha sido como un padre en el trascurso de mi vida con la cual cuento incondicionalmente y es mi impulso para salir adelante, a mi hermano que con su apoyo moral me ha dado fuerzas y ha sido una guía en mi vida, a mi padre que en paz descanse, a mi tío Héctor Verduga que con sus consejos e ayuda económica fue un pilar, a mis sobrinos Jonathan, Gerardo, Muriel, Alba los cuales aún son pequeños y espero ser un ejemplo de lucha y consistencia.

Por todo el amor, dedicación, y apoyo incondicional que me han brindado, les dedico este trabajo de grado con todo mi amor.

William Stalin Verdugo Reinoso

RESUMEN

El desarrollo de este proyecto, se crea en base a la necesidad de mejorar de manera significativa la eficiencia en el corte de barras energéticas de granola en una forma rápida y precisa; para el proceso de corte la máquina previamente ya realiza el amasado y laminado de la masa; el sistema a desarrollarse estará constituido de la siguiente manera: el corte longitudinal de granola será realizado mediante un rodillo el cual posee anillos que serán los encargados de dar el ancho de las barras energéticas de granola, la distancia entre anillos será de 3 cm se tendrá 16 separaciones para obtener 15 barras por corte, el movimiento del rodillo se lo realizara mediante un motorreductor y estará controlado mediante un variador de frecuencia.

El corte vertical se lo realizara mediante una guillotina esta constara de un pistón neumático, una electroválvula, un sensor, un encoder y un PLC, el encoder se encuentra acoplado al eje de la banda, este proporciona la medida de las barras, las cuales serán de 10 cm por cada corte.

La máquina realiza 70 cortes por minuto logrando así satisfacer la demanda del mercado.

Para el proceso de transportación de la masa se utiliza una banda transportadora cuyo movimiento será dado mediante un motorreductor el cual está controlado por un variador de frecuencia.

ABSTRACT

This project has been developed to significantly enhance the efficiency in the cutting process of the granola energy bars in a fast and precise way; for the cutting process, the machine previously perform the massing and laminating of the mass.

The developed system is constituted as follows:the longitudinal cuts of granola are performed by a roller which has rings that will be responsible to give the width of granola energy bars, the distance between rings is 3 cm, and will have 16 separations to obtain 15 energy bars per cut, the movement of roller is done by a gear motor and is controlled by a variable frequency drive.

The vertical cut is done through a guillotine, and consist of a pneumatic air cylinder, an electrovalve, a sensor, an encoder and a PLC, The encoder is found coupled to the shaft of the band, and this provides the measure of the bars, which are 10 cm per cut.

The machine performs 70 cuts for minute achieving so meet market demand.

For the transportation process of the mass a conveyor band is used, whose motion is given by a gearmotor the which is controlled by a variable frequency drive.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	IV
CONSTANCIA.....	V
CERTIFICACIÓN	VI
DECLARACIÓN	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
DEDICATORIA.....	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
ÍNDICE DE TABLAS	XXIII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XXV
CAPÍTULO I	1
1 GENERALIDADES Y FUNDAMENTOS TEÓRICO.....	1
1.1 OBJETIVO.....	1
1.1.1 OBJETIVOS GENERAL.....	1
1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 DEFINICION DE GRANOLA.....	2
1.4 COMPOSICIÓN DE LAS BARRAS ENERGÉTICAS DE GRANOLA.....	2
1.4.1 COMPOSICIÓN	3
1.4.2 CARACTERISTICAS NUTRICIONALES	3
1.4.3 LÍMITES MICROBIOLÓGICOS.....	4
1.5 BENEFICIOS DE LA GRANOLA	5
1.6 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LAS BARRAS DE GRANOLA	6
1.6.1 MEZCLA.....	8

1.6.2 RODILLOS	8
1.6.3 RODILLO DE CORTE LONGITUDINAL	9
1.6.4 SISTEMA DE CORTE VERTICAL	11
1.7 MATERIALES UTILIZADOS PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS	11
1.7.1 ACERO INOXIDABLE	11
1.7.1.1 ACERO AISI 304.....	12
1.7.1.1.1 PROPIEDADES	12
1.7.1.2 ACERO AISI 316.....	13
1.7.1.3 ACERO AISI 420.....	13
1.7.1.3.1 PROPIEDADES	14
1.8 CINTA TRANSPORTADORA	14
1.8.1 FUNCIONAMIENTO.....	15
1.8.2 TIPOS DE CINTAS TRANSPORTADORAS.....	15
1.8.2.1 CINTAS PLANAS.....	16
1.8.2.2 CINTAS CÓNCAVA	17
1.8.2.3 CINTAS MODULARES	17
1.8.2.4 CINTAS METÁLICAS.....	18
1.8.2.5 CINTAS DE PVC Y PU	19
1.8.2.6 CINTAS PORTÁTILES.....	20
1.8.3 CINTA TRANSPORTADORA	20
1.8.3.1 ESTRUCTURA.....	20
1.8.3.2 BANDA	21
1.8.3.3 RODILLOS	21
1.8.3.4 POLEAS.....	21
1.9 NEUMÁTICA	22
1.9.1 AIRE COMPRIMIDO	22
1.9.2 CILINDRO NEUMÁTICO	23
1.9.2.1 TIPOS DE CILINDROS NEUMÁTICOS.....	24
1.9.2.1.1 CILINDRO DE SIMPLE EFECTO	24

1.9.2.1.1.1 FUNCIONAMIENTO	25
1.9.2.1.1.2 CARACTERÍSTICAS	26
1.9.2.1.2 CILINDRO DE DOBLE EFECTO	26
1.9.2.1.2.1 FUNCIONAMIENTO	26
1.9.2.1.2.2 CARACTERÍSTICAS	27
1.10 ESTUDIO DE CAMPO	28
1.10.1 VELOCIDAD LINEAL	28
1.10.2 CONSTANTE DE FUERZA DE CORTE ESPECÍFICA DE LA MASA DE GRANOLA [KS]	29
CAPÍTULO II	32
2 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÁS ADECUADA	32
2.1 INTRODUCCIÓN	32
2.2 MÉTODOS DE CORTE VERTICAL	32
2.2.1 ALTERNATIVA 1: CORTE A LONGITUD (SERVOMECANISMO)	32
2.2.2 ALTERNATIVA 2: CORTE MEDIANTE CUCHILLO ROTATORIO Y SISTEMA CUT-OFF	33
2.2.3 ALTERNATIVA 3: CORTE CON CIZALLA ACCIONADA POR PISTÓN NEUMÁTICO	34
2.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA ADECUADA	35
2.3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	36
CAPÍTULO III	40
3 DISEÑO Y SELECCIÓN DE UNA ARQUITECTURA MECÁNICA Y DE CONTROL	40
3.1 INTRODUCCIÓN	40
3.2 FUNCIONES	40
3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO	40
3.4 DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO	41
3.4.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL	41
3.4.1.1 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD LINEAL	42
3.4.1.2 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR	42
3.4.1.3 CÁLCULO DE LA FUERZA	43
3.4.1.4 CÁLCULO DE LA POTENCIA PARA REALIZAR EL CORTE	46
3.4.1.4.1 CORRECCIÓN DE LA POTENCIA	47

3.4.1.5 SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA REALIZAR EL MOVIMIENTO.....	47
3.4.1.5.1 SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR	48
3.4.1.5.1.1 VARIADOR DE FRECUENCIA	50
3.4.1.5.2 SISTEMA DE TRASMISION POR CADENA	51
3.4.1.5.2.1 SELECCIÓN DE LA CADENA Y CATARINA	52
3.4.1.5.2.1.1 FUERZAS PRODUCIDAS POR LA CATARINA.....	59
3.4.1.6 DISEÑO DEL EJE DEL RODILLO DE CORTE	63
3.4.1.6.1 FUERZAS EN EL EJE	64
3.4.1.6.1.1 DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN.....	66
3.4.1.7 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.....	71
3.4.1.8 SELECCIÓN DE DISCOS DE CORTE	74
3.4.1.9 SELECCIÓN DE SEPARADORES	75
3.4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE VERTICAL	75
3.4.2.1 DISEÑO DE LA GUILLOTINA.....	76
3.4.2.2 SELECCIÓN DE UN CILINDRO NEUMÁTICO Y SENSOR MAGNÉTICO PARA EL SISTEMA DE CORTE VERTICAL	77
3.4.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA BASE.....	81
3.4.3.1 DETERMINACIÓN DEL MOMENTO MÁXIMO	81
3.4.3.2 MODULO DE SECCIÓN PARA LA VIGA	83
3.4.3.3 SELECCIÓN DEL PERFIL ADECUADO	84
3.4.4 DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.....	85
3.4.4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO	86
3.4.4.1.1 CALCULO DE LA BANDA COMPLETAMENTE CARGADA.....	86
3.4.4.1.2 CALCULO DE LA VELOCIDAD DE LA BANDA COMPLETAMENTE CARGADA	87
3.4.4.1.3 CALCULO DE LA TENSIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA.....	88
3.4.4.1.4 CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA.....	92
3.4.4.1.5 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA EL MOVIMIENTO DEL RODILLO FORMADOR	93
3.4.4.1.5.1 SELECCIÓN DEL MOTOREDUCTOR	93
3.4.4.1.5.2 SELECCIÓN VARIADOR DE FRECUENCIA	94

3.4.4.1.5.3 SISTEMA DE TRASMISION	95
3.5 SISTEMA DE CONTROL.....	97
3.5.1 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	97
3.5.1.1 ANÁLISIS DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES.....	97
3.5.1.1.1 RELE ELECTROMAGNÉTICO	99
3.5.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL LOGO! 12/24RC.....	100
3.5.1.3 FUENTE DE PODER LOGO! POWER24 VDC	100
3.5.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	101
3.5.2.1 DISEÑO DEL PROGRAMA	103
3.5.3 DIAGRAMA P&ID.....	103
3.6 SISTEMA DE ELÉCTRICO.....	105
3.6.1 ANÁLISIS DE CONSUMO DE CORRIENTE	106
CAPÍTULO IV	110
4 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DE ESTUDIO	110
4.1 INTRODUCCIÓN	110
4.2 EQUIPOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	110
4.3 MODELO PRELIMINAR.....	111
4.3.1 VISTA ISOMÉTRICA DE LA MÁQUINA.....	112
4.3.2 PROCESO DE LAMINADO	112
4.4 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.....	112
4.4.1 SOPORTE BASE	113
4.4.2 CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	114
4.4.2.1 CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA DE LA BANDA	115
4.4.3 CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SOPORTES DEL RODILLO DE CORTE.....	118
4.4.3.1 IMPLEMENTACIÓN DEL RODILLO DE CORTE	119
4.4.3.2 PUESTA DEL MOTOR	119
4.4.4 CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SOPORTES DE LA GUILLOTINA ...	120
4.4.4.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA GUILLOTINA.....	121
4.4.5 MONTAJE TABLERO DE CONTROL PLC	122

4.4.6 MONTAJE SISTEMA NEUMÁTICO.....	123
CAPÍTULO V	124
5 PRUEBAS DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA	124
5.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS Y MANTENIMIENTO	124
5.1.1 PRUEBA EN VACÍO	124
5.1.1.1 ENSAMBLAJE.....	124
5.1.1.2 TRANSPORTE DEL PRODUCTO	125
5.1.1.3 SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL DE LA MASA	125
5.1.1.4 SISTEMA DE CORTE VERTICAL DE LA MASA	125
5.1.2 PRUEBA CON CARGA.....	126
5.1.2.1 TRANSPORTE DEL PRODUCTO	126
5.1.2.2 SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL DE LA MASA	126
5.1.2.3 SISTEMA DE CORTE VERTICAL	127
5.1.2.4 RENDIMIENTO	127
5.2 ANÁLISIS Y CALIBRACIÓN DE LOS SISTEMAS.....	127
5.2.1 ANÁLISIS SISTEMA DE TRANSPORTE.....	127
5.2.2 ANÁLISIS SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL.....	128
5.2.3 ANÁLISIS SISTEMA DE CORTE VERTICAL.....	128
5.3 PRUEBAS DEL SISTEMA EN FUNCIONAMIENTO	129
5.3.1 CALIBRACIÓN VELOCIDAD DEL RODILLO DE CORTE	129
5.3.2 CALIBRACIÓN DE LA DISTANCIA DE CORTE DE LA GUILLOTINA	130
CAPÍTULO VI	131
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	131
6.1 CONCLUSIONES.....	131
6.2 RECOMENDACIONES	132
6.3 BIBLIOGRAFÍA	133
ANEXOS.....	135
ANEXO I PLANOS MECÁNICOS	136
ANEXO II PLANOS ELÉCTRICOS	150

ANEXO III PROPIEDADES, PERFILES ESTRUCTURADOS.....	155
ANEXO IV CATÁLOGO DIPAC	156
ANEXO V FACTORES (SN,CM,CST,CR,CS)	158
ANEXO VI CAPACIDAD DE POTENCIA DE LA CADENA Y CATÁLOGO CADENAS	160
ANEXO VII CATÁLOGO CATARINAS.....	162
ANEXO VIII PROPIEDADES ACERO INOX 304	163
ANEXO IX CATÁLOGO BANDA TRANSPORTADORA.....	164
ANEXO X COEFICIENTES DE FRICCIÓN BANDA TRANSPORTADORA	165
ANEXO XI FACTOR K	167
ANEXO XII PROPIEDADES VARIADOR DE FRECUENCIA WEG	168
ANEXO XIII. TABLA CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CONDUCTORES ELÉCTRICOS	169
ANEXO XIV DURALON	170
ANEXO XV CATALOGO RODAMIENTOS SKF	172
ANEXO XVI PROGRAMACIÓN PLC'LOGO.....	171
ANEXO XVIII TABLA MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.....	172
ANEXO XIX FOTOS.....	173

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1: GRANOLA.....	2
FIGURA 1.2: BARRA DE GRANOLA	2
FIGURA 1.3: PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	7
FIGURA 1.4: MASA DE GRANOLA	9
FIGURA 1.5: CORTE LONGITUDINAL	9
FIGURA 1.6: DISCOS DE CORTE	10
FIGURA 1.7: RODILLOS SEPARADORES.....	10
FIGURA 1.8: CINTA TRANSPORTADORA	15
FIGURA 1.9: BANDA TRANSPORTADORA PLANA.....	16
FIGURA 1.10: BANDA TRANSPORTADORA CÓNCAVA.....	17
FIGURA 1.11: BANDA TRANSPORTADORA MODULAR.....	18
FIGURA 1.12: BANDA TRANSPORTADORA METÁLICA.....	18
FIGURA 1.13: BANDA TRANSPORTADORA PVC	19
FIGURA 1.14: BANDA TRANSPORTADORA PORTÁTIL.....	20
FIGURA 1.15: ESTRUCTURA BANDA	21
FIGURA 1.16: POLEA MOTRIZ	22
FIGURA 1.17: PRESIÓN ABSOLUTA, RELATIVA Y ATMOSFÉRICA.....	23
FIGURA 1.18: PARTES DEL CILINDRO NEUMÁTICO	24
FIGURA 1.19: CILINDRO DE SIMPLE EFECTO (SÍMBOLO)	24
FIGURA 1.20: CONTROL DE UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO	25
FIGURA 1.21: CILINDRO DE SIMPLE EFECTO ACTIVO.....	25
FIGURA 1.22: CILINDRO DE DOBLE EFECTO (SÍMBOLO)	26
FIGURA 1.23: CILINDRO DOBLE EFECTO ACTIVO.....	27
FIGURA 1.24: CILINDRO DOBLE EFECTO RETORNO	27
FIGURA 1.25: ENSAYO EFECTUADO PARA LA OBTENCIÓN DE LA FUERZA DE CORTE ESPECIFICA.....	30
FIGURA 2.1: SISTEMA DE CORTE (SERVOMECANISMO)	33
FIGURA 2.2: SISTEMA DE CORTE CUCHILLO ROTATORIO	34

FIGURA 2.3: SISTEMA DE CORTE- VOLAR, PARALELO	35
FIGURA 3.1: SISTEMA CORTE LONGITUDINAL, RECUPERADO SOLIDWORKS 2013	42
FIGURA 3.2: DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN DE MASA.....	44
FIGURA 3.3: CARACTERÍSTICAS MOTORREDUCTOR	49
FIGURA 3.4: PLACA DEL MOTOR	49
FIGURA 3.5: VARIADOR DE FRECUENCIA CFW-10 WEQ.....	50
FIGURA 3.6: SELECCIÓN DEL VARIADOR.....	50
FIGURA 3.7: TRANSMISIÓN MEDIANTE CADENA Y CATARINA.....	51
FIGURA 3.8: FACTOR DE SERVICIO PARA TRASMISIÓN POR CADENA.....	53
FIGURA 3.9: DIAGRAMA CATARINAS CADENA	58
FIGURA 3.10: TRASMISIÓN POR CADENA, RECUPERADO SOLIDWORKS 2013.....	60
FIGURA 3.11: DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE	60
FIGURA 3.12: DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS.....	63
FIGURA 3.13: RODILLO CORTADOR, RECUPERADO SOLIDWORKS 2013.....	64
FIGURA 3.14: DIAGRAMA DE CORTES Y MOMENTOS X-Y	65
FIGURA 3.15: DIAGRAMA DE CORTES Y MOMENTOS X-Z	66
FIGURA 3.16: DIÁMETROS DEL EJE RODILLO LAMINADOR.....	67
FIGURA 3.17: GUÍA DE VALORES REQUERIDOS DE LA VIDA NOMINAL PARA DIFERENTES CLASES DE MAQUINAS	73
FIGURA 3.18: RODAMIENTO RÍGIDO DE UNA HILERA	74
FIGURA 3.19: SELECCIÓN DISCO DE CORTE, RECUPERADO SOLIDWORKS 2013	75
FIGURA 3.20: SEPARADOR, RECUPERADO SOLIDWORKS 2013	75
FIGURA 3.21: SISTEMA DE CORTE VERTICAL, RECUPERADO SOLIDWORKS 2013.....	76
FIGURA 3.22: GUILLOTINA, RECUPERADO SOLIDWORKS 2013.....	76
FIGURA 3.23: CILINDRO NEUMÁTICO	79
FIGURA 3.24: SENSOR MAGNÉTICO HX-15N	80
FIGURA 3.25: ELECTROVÁLVULA MFH-5-1/4.....	80
FIGURA 3.26: ESTRUCTURA BASE, RECUPERADO SOLIDWORKS 2013.....	81
FIGURA 3.27: SOPORTE.....	81
FIGURA 3.28: ANÁLISIS DE LA VIGA EN MD-SOLID	82
	XX

FIGURA 3.29: DIAGRAMA DE CORTES Y MOMENTOS	83
FIGURA 3.30: PERFIL C	84
FIGURA 3.31: PERFIL C	85
FIGURA 3.32: REPRESENTACIÓN DE LAS TENSIONES T1Y T2	91
FIGURA 3.33: CARACTERÍSTICAS MOTORREDUCTOR	94
FIGURA 3.34: RELACIÓN DE PIÑONERA, RECUPERADO SOLIDWORKS 2013.....	95
FIGURA 3.35: LOGO!12/24RC.....	98
FIGURA 3.36: RELÉ	99
FIGURA 3.37: DIAGRAMA DE FLUJO.....	102
FIGURA 3.38: DIAGRAMA P&ID SISTEMA DE CONTROL.....	104
FIGURA 3.39: TABLERO DE CONTROL.....	106
FIGURA 3.40: GUARDAMOTOR	109
FIGURA 4.1: VISTA ISOMÉTRICA DE LA MÁQUINA	112
FIGURA 4.2: VISTA FRONTAL DEL SOPORTE BASE.....	113
FIGURA 4.3: SOPORTE (UPN).....	113
FIGURA 4.4: PATAS DEL SOPORTE (PERFIL I).....	114
FIGURA 4.5: ESTRUCTURA BANDA	115
FIGURA 4.6: ACOPLER ESTRUCTURA BANDA	115
FIGURA 4.7: GUÍAS HORIZONTALES	116
FIGURA 4.8: MONTAJE DE RODILLOS.....	116
FIGURA 4.9: MANTENIMIENTO DE RODAMIENTOS	117
FIGURA 4.10: MONTAJE DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	117
FIGURA 4.11: MONTAJE DEL MOTOR.....	118
FIGURA 4.12: SOPORTE MAQUINADO	118
FIGURA 4.13: PARTES RODILLO DE CORTE	119
FIGURA 4.14: RODILLO DE CORTE LONGITUDINAL	119
FIGURA 4.15: MOTOR	120
FIGURA 4.16: SOPORTE GUILLOTINA	120
FIGURA 4.17: GUÍA SOPORTE	121

FIGURA 4.18: GUILLOTINA	121
FIGURA 4.19: TABLERO DE CONTROL PLC	122
FIGURA 5.1: VELOCIDAD DEL RODILLO DE CORTE LONGITUDINAL	129
FIGURA 5.2: DISTANCIA DE CORTE	130

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1: COMPOSICIÓN DE LAS BARRAS DE GRANOLA	3
TABLA 1.2: CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES.....	4
TABLA 1.3: LÍMITES MICROBIOLÓGICOS EN GR.....	5
TABLA 1.4: MEZCLA MASA DE GRANOLA	8
TABLA 1.5: PROPIEDADES DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304 (RESUMEN).....	13
TABLA 1.6: PROPIEDADES DEL ACERO INOXIDABLE AISI 420 (RESUMEN).....	14
TABLA 1.7: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA NEUMÁTICA.....	22
TABLA 1.8: MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD LINEAL	28
TABLA 1.9: FUERZA DE CORTE ESPECIFICA	31
TABLA 2.1: EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE CADA CRITERIO	36
TABLA 2.2: EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO EFICIENCIA.....	37
TABLA 2.3: EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO COSTO	37
TABLA 2.4: EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO MANTENIMIENTO	38
TABLA 2.5: EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO MONTAJE	38
TABLA 2.6: CONCLUSIONES	38
TABLA 3.1: RESISTENCIA A LA FATIGA REAL SUSTITUIDA FACTORES	68
TABLA 3.2: DIÁMETROS FINALES	71
TABLA 3.3: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CILINDRO NEUMÁTICO.....	78
TABLA 3.4: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ELECTROVÁLVULA.....	80
TABLA 3.5: PARÁMETROS.....	86
TABLA 3.6: DATOS DE LA PLACA DEL MOTOR SELECCIONADO	94
TABLA 3.7: CARACTERÍSTICAS CFW-10 WEQ.....	95
TABLA 3.8: ESPECIFICACIÓN DIGITAL	97
TABLA 3.9: CARACTERÍSTICAS RELÉ MARCA OMRON.....	99
TABLA 3.10: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL LOGO! 12/24 RC	100
TABLA 3.11: CARACTERÍSTICAS GENERALES FUENTE LOGO! POWER 24 VDC.....	101
TABLA 3.12: NOMENCLATURA DEL DIAGRAMA P&ID.....	105
TABLA 3.13: EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE POTENCIA	107

TABLA 3.14: INTENSIDADES NOMINALES NORMALIZADAS DE LOS FUSIBLES.....	108
TABLA 5.1: PRUEBAS EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE.....	127
TABLA 5.2: PRUEBA EN EL SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL	128
TABLA 5.3: PRUEBA EN EL SISTEMA DE CORTE VERTICAL	128

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1.1: VELOCIDAD LINEAL.....	28
ECUACIÓN 1.2: CONSTANTE DE FUERZA ESPECIFICA.....	30
ECUACIÓN 3.1: VELOCIDAD ANGULAR.....	42
ECUACIÓN 3.2: FUERZA DE CORTE.....	43
ECUACIÓN 3.3: ÁREA SECCIÓN.....	44
ECUACIÓN 3.5: POTENCIA	46
ECUACIÓN 3.6: CALCULO POTENCIA CORREGIDA	47
ECUACIÓN 3.7: RELACIÓN DE REDUCCIÓN DE VELOCIDAD.....	52
ECUACIÓN 3.8: POTENCIA DE DISEÑO.....	53
ECUACIÓN 3.9: NÚMERO DE DIENTES DE LA CATARINA CONDUCTIDA	54
ECUACIÓN 3.10: RELACIÓN DE REDUCCIÓN DE VELOCIDAD.....	55
ECUACIÓN 3.11: DIÁMETRO DE PASO CATARINA	55
ECUACIÓN 3.12: LONGITUD DE LA CADENA.....	56
ECUACIÓN 3.13: DISTANCIA ENTRE CENTROS.....	57
ECUACIÓN 3.14: ANGULO DE CONTACTO DE LA CADENA EN LA CATARINA	57
ECUACIÓN 3.15: PAR TORSIONAL.....	61
ECUACIÓN 3.16: FUERZA FLEXIONANTE	62
ECUACIÓN 3.17: COMPONENTES DE LA FUERZA FLEXIONANTE	63
ECUACIÓN 3.18: MOMENTO RESULTANTE	67
ECUACIÓN 3.20: RESISTENCIA A LA FATIGA REAL ESTIMADA.....	67
ECUACIÓN 3.21: CARGA AXIAL Y RADIAL	72
ECUACIÓN 3.22: VIDA ESPERADA.....	73
ECUACIÓN 3.23: FUERZA NEUMÁTICA NECESARIA	77
ECUACIÓN 3.24: ÁREA DEL EMBOLO	78
ECUACIÓN 3.25: MÓDULO DE SECCIÓN.....	83
ECUACIÓN 3.26: MODULO DE SECCIÓN.....	83
ECUACIÓN 3.27: CAPACIDAD DE TRANSPORTACIÓN	86
ECUACIÓN 3.28: VELOCIDAD LINEAL.....	87

ECUACIÓN 3.29: TENSIÓN NECESARIA	88
ECUACIÓN 3.30: TENSIÓN EN PLENA CARGA	89
ECUACIÓN 3.31: CAPACIDAD DE TRANSPORTE EN CARGA	89
ECUACIÓN 3.32: TENSIÓN EFECTIVA	90
ECUACIÓN 3.33: TENSIÓN LADO FLOJO / RETORNO	91
ECUACIÓN 3.34: TENSIÓN DEL LADO TENSO	91
ECUACIÓN 3.35: POTENCIA EN LA POLEA MOTRIZ	92
ECUACIÓN 3.36 CORRECCIÓN DE POTENCIA	92
ECUACIÓN 3.37: RELACIÓN DE TRASMISIÓN	96
ECUACIÓN 3.38: CALCULO DEL FUSIBLE	107
ECUACIÓN 3.39: INTENSIDAD PARA UNA LÍNEA MONOFÁSICA.....	108

CAPÍTULO I

1 GENERALIDADES Y FUNDAMENTOS TEÓRICO

1.1 OBJETIVO

1.1.1 OBJETIVOS GENERAL

Optimizar el proceso de corte de barras energéticas de granola, mediante la implementación de una maquina orientada a la disminución del tiempo de corte y aumento de la producción de granola.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros que se deben considerar en el proceso de corte longitudinal y transversal para ser implementados en el diseño del sistema.
- Realizar el diseño de una arquitectura mecánica y de control para el sistema de corte longitudinal y transversal de las barras energéticas de granola.
- Construir los diferentes sistemas dispuestos para el proceso de cortado de barras energéticas de granola.
- Realizar pruebas de verificación y calibración que asegure el correcto funcionamiento del sistema

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Granola es un alimento formado por: nueces, copos de avena mezclados con miel y otros ingredientes naturales. Esta masa es pegajosa con lo que resulta difícil su manejo para las personas encargadas del corte.

La empresa “Industrial Productos El Chinito S.C.C.” actualmente se dedica a la elaboración de barras energéticas de granola, todo este proceso se lo realiza manualmente impidiendo que el producto final pueda entrar en competencia en el mercado, ya que su precio es elevado. La etapa de cortado es una de las más importantes del proceso ya que la elaboración de granola en forma manual produce 30 barras en 4 minutos, es decir, produciría 450 barras en una hora no satisfaciendo así la cantidad de productos terminados puesto que la empresa para poder cubrir su demanda de producto diario necesita producir 70 barras por minuto.

Al implementar, una máquina la cual se encargue del proceso de corte de la granola se lograra incrementar la producción, ya que al automatizar el proceso de corte se reduce el tiempo del proceso y por ende se tendrá una producción constante disminuyendo el costo del producto final.

Al contar con una maquina adecuada que se encargue del corte de las barras energéticas de granola, la empresa podrá satisfacer la demanda existente en el mercado y así aumentar sus ganancias.

1.3 DEFINICIÓN DE GRANOLA

La Granola es un alimento nutritivo, ya que está elaborado con una gran variedad de ingredientes naturales; al igual que posee frutos secos como lo son pasas, coco, plátano, entre otros. Debido a los ingredientes que el producto posee, contribuye a la salud, ya que entrega carbohidratos, grasas, proteínas, vitaminas y minerales que son indispensables para el ser humano.



FIGURA 1.1: Granola

Fuente: (Pao, 2013)

1.4 COMPOSICIÓN DE LAS BARRAS ENERGÉTICAS DE GRANOLA

Las barras energéticas de granola están compuestas de avena, miel de panela, soya tostada, aceite de soya, banano deshidratado, coco rallado deshidratado, ajonjolí y esencias, estos ingredientes contribuyen al beneficio de la salud si son entregados en las cantidades adecuadas.



FIGURA 1.2: Barra de granola

Fuente: (Pao, 2013)

1.4.1 COMPOSICIÓN

El producto es elaborado por hojuelas de cereales y frutas deshidratadas, debe estar libre de mal olor y no estar expuestos a ninguna contaminación, ya que está creado para consumo directo en porciones de 30g.

TABLA 1.1: Composición de las barras de granola

Granola en hojuelas	%
Hojuela de avena integral	69.16 %
Miel de panela	9.10 %
Banano deshidratado	6.00 %
Coco rallado deshidratado	5.75 %
Soya tostada	5.50 %
Aceite de soya	4.27 %
Ajonjolí	0.20 %
Esencias	0.02 %

Fuente: (Ministerio, 2013)

1.4.2 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES

La barra de granola, es un producto no fortificado, cuyo interés mantiene una definición técnica desde el punto de vista nutricional, por su aporte de componentes importantes, como es la fibra alimentaria, que beneficia al buen funcionamiento del sistema digestivo, además de suscitar una mejora de los hábitos alimentarios de los consumidores, al inducir al consumo de cereales y leguminosas (Ministerio de Educación , 2014).

Las características nutricionales que debe poseer el producto son de vital importancia al momento de elaborar la barra de granola (véase Tabla 1.2).

TABLA 1.2: Características nutricionales

Macronutriente	Valor en 30g de producto
Energía	> a 132.00 (Kcal/30 g)
Proteína	> a 3.3 (g/30 g)
Grasa	> a 4.5 (g/30 g)

Fuente: (Ministerio, 2013)

1.4.3 LÍMITES MICROBIOLÓGICOS

Las barras de granola no deben exceder ciertos niveles de contaminación (véase Tabla 1.3); Los límites microbiológicos que afectan a la granola son los siguientes:

- **Aerobios mesófilos.-** son aquellos microorganismos que se desarrollan en presencia de oxígeno libre y a una temperatura comprendida entre 20°C y 45°C con una zona óptima entre 30°C y 40°C.
- **El moho.-** son organismos microscópicos que viven en la materia animal o vegetal. Ayudan en la descomposición de la materia muerta y a reciclar los nutrientes en el medio ambiente. (Albany, 2014).
- **Levaduras.-** son hongos unicelulares, es también una infección extremadamente comprobada y muy contagiosa y dañina.
- **Coliformes.-** son organismos microscópicos, indicadores de contaminación del agua y los alimentos
- **Bacillus cereus.-** es una bacteria que puede encontrarse con cierta facilidad en una gran proporción de alimentos. Al ser un microorganismo esporulado, es capaz de tolerar durante largos períodos de tiempo condiciones medioambientales adversas. La gama de temperaturas del crecimiento óptimo a partir del 30 a 50°C (Moya, 2006).
- **Salmonella sp.-** es una bacteria que produce la infección gastrointestinal conocida como salmonelosis.

TABLA 1.3: Límites microbiológicos en gr.

					Límite por gr	
Prueba	Categoría	Clase	N	C	M	M
Aerobios mesófilos	3	3	5	3	10 ⁴	10 ⁵
Mohos	5	3	5	2	10 ²	10 ³
Levaduras	3	3	5	2	10 ²	10 ³
Coliformes	5	3	5	2	10	10 ²
Bacillus cereus	8	3	5	1	10 ²	10 ⁴
Salmonella sp.	10	2	5	0	Ausencia /25 gr	—

Fuente: (Ministerio, 2013)

1.5 BENEFICIOS DE LA GRANOLA

Las barras de granola son una fuente de energía para el ser humano, ya que proporcionan diferentes beneficios los cuales se detallan a continuación:

- **Fuente de energía.-** Las barras de granola son un alimento ideal para aquellas personas las cuales realizan varias actividades las cuales requieran esfuerzo físico, y para aquellas que se encuentren cansadas, sin fuerza y se encuentren con estrés.
- **Cuidado de la línea.-** Las barras de granola no engordan, permitiendo así reducir de peso, ya que al contener fibra la misma funciona como regulador metabólico. Las barras de granola al ser un alimento saciante regula el apetito aportando energía.
- **Ayuda al estómago.-** Las barras de granola son excelentes al momento de tratar trastornos digestivos, ya que la fibra es una fuente de ayuda para el tránsito intestinal formando una capa fina al estómago lo cual ayuda a su protección.
- **Frena al colesterol.-** Debido a su contenido las barras de granola no permite que el colesterol pase al intestino, ayudando a mantener la salud del ser humano.
- **Protege al organismo contra enfermedades cardiovasculares.-** Las barras de granola al librar al cuerpo humano de colesterol protege al mismo de la hipertensión y el infarto, además reduce el envejecimiento de los tejidos.

- **Sistema nervioso.-** Las barras de granola al estar constituido de diferentes ingredientes posee un alto contenido en vitamina B1, calcio y otras sustancias lo que ayuda a calmar los nervios y mejorar la concentración mental, además es muy útil para evitar jaquecas, insomnio, hiperactividad y ansiedad.
- **Desarrollo infantil.-** Las barras de granola son una fuente importante de energía para los niños ya que garantiza que se encuentren atentos en clase mejorando su comprensión y aumentado su energía durante el día.

Entre otros beneficios que proporcionan las barras de granola existen los que a continuación se describen.

- Buen funcionamiento del sistema nervioso
- Facilita el paso de la alimentación por el tracto digestivo, elimina grasas y restos de alimento que llegan a alojarse.
- Beneficioso para un buen funcionamiento del sistema cardiovascular, además de reducir aquellos problemas causados por las arterias y las enfermedades del corazón.
- Ayuda a la digestión.

1.6 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LAS BARRAS DE GRANOLA

Para la obtención de las diferentes barras de granola, las cuales deben poseer las dimensiones requeridas y de esa manera cumplir con los requisitos de la empresa se debe seguir un procedimiento (véase Figura 1.3).

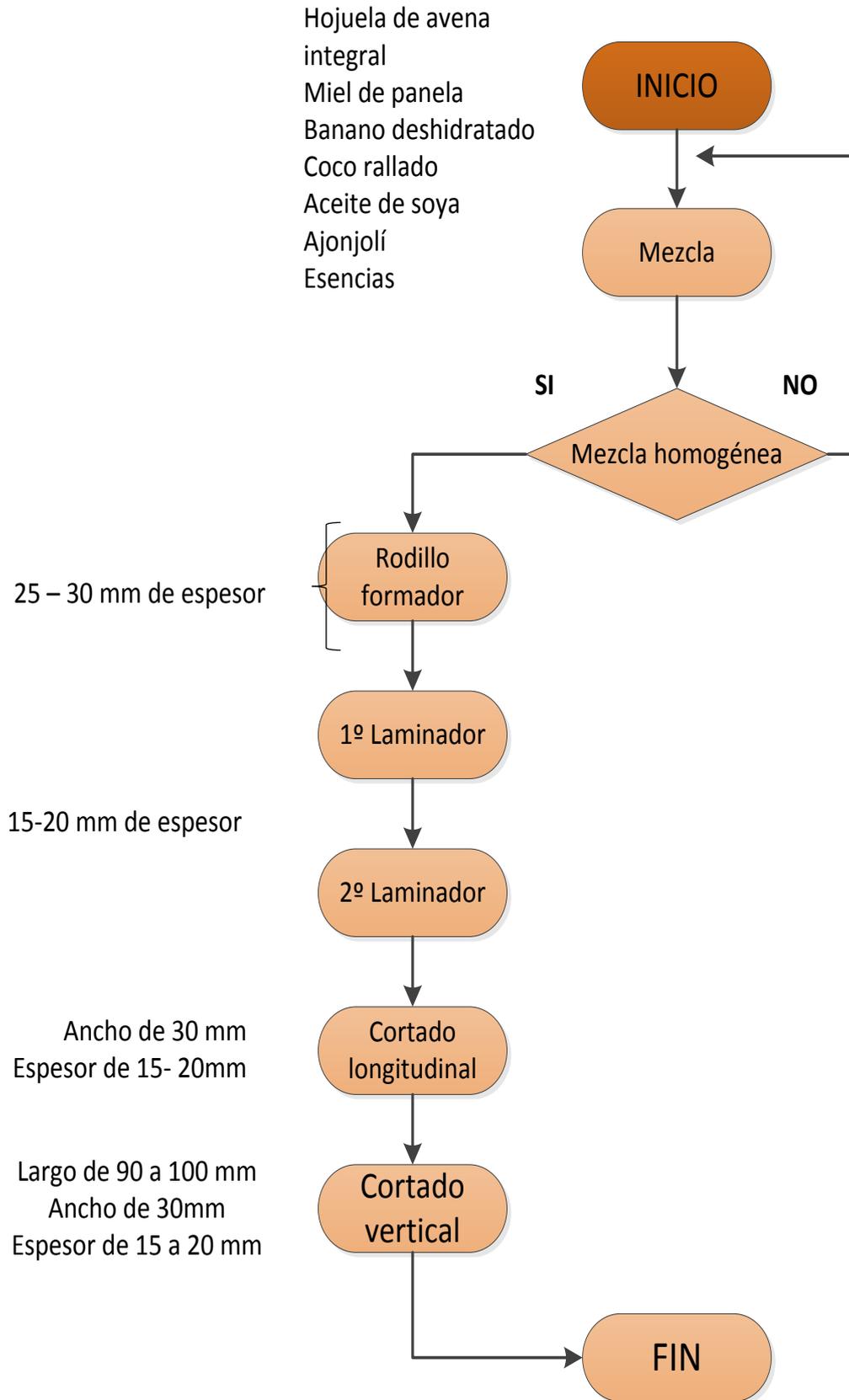


FIGURA 1.3: Proceso de producción

Fuente: Autor

1.6.1 MEZCLA

La mezcla con la cual la Empresa se encuentra realizando la masa de granola es la siguiente (véase Tabla 1.4).

TABLA 1.4: Mezcla masa de granola

Ingredientes	Cantidad
Hojuelon	176 gr
Soya tostada	48 gr
Zanahoria	20 gr
Aceite	78 gr
Arroz crocante	16 gr
Ajonjolí	4 gr
Miel de abeja	120 gr
Glucosa	150 gr
Esencia de banano	1 gr

Fuente: Autor

1.6.2 RODILLOS

Para la obtención del grosor de las barras de granola es necesario la utilización de rodillos los cuales son los encargados de entregar un laminado perfecto al final de su proceso. Debido a la composición de la granola, la cual cuenta con miel, que es pegajosa, es necesario la utilización de materiales adecuados en los rodillos formadores y laminadores.

Este proceso es apropiado para formar la masa, debido a que la misma es entregada de una forma esparcida y no compactada por lo tanto no posee el grosor adecuado (véase Figura 1.4).



FIGURA 1.4: Masa de granola

Fuente: Autor

Para esparcir la masa y formarla se puede usar rodillos los cuales deben reducir y compactar la misma para obtener una lámina de masa.

1.6.3 RODILLO DE CORTE LONGITUDINAL

Este proceso es el encargado de cortar la masa longitudinalmente, en distancias iguales de 30 mm, la masa previamente llega laminada con un espesor de 15 a 17 mm para luego ser cortada.



FIGURA 1.5: Corte longitudinal

Fuente: Autor

Para lograr el corte longitudinal de la masa dicho rodillo cuenta con anillos de corte (véase Figura 1.6), los cuales están hechos de acero inoxidable AISI 420, a estos se les acopla rodillos separadores (véase Figura 1.7), son los encargados de otorgar el ancho de la granola, estos se encuentran entre discos cuyo tamaño es relativo a la distancia en la que sea cortada la masa, la composición de estos puede ser de acero inoxidable AISI 304 o duralon el material depende de las condiciones a las que se vaya a exponer.



FIGURA 1.6: Discos de corte
Fuente: (Lastreseses, 2014)



FIGURA 1.7: Rodillos separadores
Fuente: Autor

La fuerza para el movimiento del eje es suministrada mediante un motorreductor y la velocidad de este es modificada a través de un variador de frecuencia otorgando así un movimiento constante acorde a la velocidad de la banda.

1.6.4 SISTEMA DE CORTE VERTICAL

Esta es la última etapa del proceso donde la materia llega laminada con un espesor de 15 a 17 mm y cortada longitudinalmente en secciones de 30 mm cada una, es aquí donde se procede a cortar verticalmente la masa en distancias comprendidas entre 90 a 100 mm.

Para lograr el corte vertical se cuenta con procesos automáticos, estos procesos emplean y cuenta con muchas alternativas para realizarlo. En la actualidad la tecnología avanza a pasos agigantados por ende para la realización del corte vertical se cuenta con diversas formas:

- Corte a longitud (servomecanismo).
- Corte mediante cuchillo rotatorio y sistema cut-off
- Corte con cizalla accionado por pistón neumático.

1.7 MATERIALES UTILIZADOS PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

Existe una variedad de materiales, pero al momento de construir maquinas las cuales se encuentren en contacto con alimentos hay que tener en cuenta su composición y si los mismos no son dañinos para la salud del ser humano, es recomendable utilizar aceros inoxidable ya que los mismos son adecuados para este tipo de procesos.

1.7.1 ACERO INOXIDABLE

Los aceros inoxidable son aleaciones de hierro, cromo y carbono, que en ocasiones se complementan con otros elementos, fundamentalmente el níquel.

Cabe recalcar que es la adición de cromo la que le confiere a estos aceros el carácter de inoxidable. En medios oxidantes, por ejemplo el aire, el cromo forma una capa de óxido muy fina y compacta que aísla al material de los ataques corrosivos.

El objetivo en la utilización de los aceros inoxidable debe ser siempre mantener intacta la capa pasiva, pues ello garantiza el buen comportamiento frente a la corrosión de estos materiales. Los aceros inoxidable se clasifican en función de los distintos elementos y de las cantidades relativas de cada uno de ellos, que intervienen en su composición.

De forma general se consideran cuatro familias básicas de aceros inoxidable:

- **Martensíticos.-** Estos aceros sufren modificaciones estructurales con la temperatura, por lo que suelen someterse a tratamientos térmicos de temple y revenido. Después de estos procesos poseen buenas propiedades mecánicas, además de tener una excelente resistencia a la corrosión. Su aplicación más característica es la cuchillería.
- **Ferríticos.-** Sus características mecánicas permiten efectuar conformaciones de tipo medio, estos aceros poseen una excelente resistencia a la corrosión además son utilizados en aplicaciones donde la estética es un factor muy importante.
- **Austeníticos.-** Estos aceros poseen grandes propiedades de conformación y gran resistencia a los distintos tipos de corrosión, por lo que los hace adecuados para encontrarse en contacto con alimentos.
- **Dúplex.-** Debido a su composición son aceros los cuales tienen una alta resistencia a la corrosión que es un factor importante al momento de trabajar con alimentos.

Los aceros inoxidable más utilizados en la construcción de máquinas las cuales se encuentren en contacto con alimentos son:

1.7.1.1 ACERO AISI 304

El acero inoxidable austenítico es un acero el cual está conformado por una aleación de níquel (Ni) y cromo (Cr), posee un bajo contenido en carbono (C) haciendo que el mismo tenga una alta resistencia a la corrosión, conformabilidad y soldabilidad. Este tipo de acero inoxidable no tiene magnetismo y no es templable. Al ser un acero con estas características es muy utilizado en la industria alimenticia, ya que es un material el cual no causa daños a la salud del ser humano.

1.7.1.1.1 PROPIEDADES

Según las normas ASTM A 236 el acero inoxidable 304 poseen diversas características mecánicas, físicas y químicas (véase Tabla 1.5).

TABLA 1.5: Propiedades del acero inoxidable AISI 304 (resumen)

	MECÁNICAS
Resistencia a la fluencia:	310 MPa (45 KSI)
Resistencia máxima:	620 MPa (90 KSI)
Elongación:	30 % (en 50mm)
Reducción de área:	40%
Módulo de elasticidad:	200 GPa (29000 KSI)
	FÍSICAS
Densidad:	7.8 g/cm ³ (0.28 lb/in ³)
	QUÍMICAS
Carbono (C) mín.	0.08 %
Manganeso (Mn)	2.00 %
Silicio (Si)	1.00 %
Cromo (Cr)	18.0 – 20.0 %
Níquel (Ni)	8.0 – 10.5 %
Fosforo (P)	0.045 %
Azufre (S)	0.03 %

Fuente: Autor

1.7.1.2 ACERO AISI 316

El acero inoxidable AISI 316, es una mejora del acero AISI 304 ya que posee molibdeno lo que lo hace más resistente a la corrosión por picado y por rendijas, este tipo de acero es un poco mejor frente a la corrosión bajo tensiones.

1.7.1.3 ACERO AISI 420

El acero AISI 420, es un acero martensítico, templable y ferromagnético con una alta resistencia a la corrosión, además poseen excelentes propiedades mecánicas debido a que son expuestos a distintos tratamientos como lo es el revenido y el templado. El acero inoxidable AISI 420 posee la máxima dureza que se puede conseguir en los aceros inoxidables, haciendo que el mismo tenga un campo de aplicación más a fin a la cuchillería (cortes).

1.7.1.3.1 PROPIEDADES

Según las normas ASTM A 176 el acero inoxidable 420 poseen diversas características mecánicas, físicas y químicas (véase Tabla1.6).

TABLA 1.6: Propiedades del acero inoxidable AISI 420 (resumen)

	MECÁNICAS
Resistencia a la fluencia:	345 MPa (50 KSI)
Resistencia máxima:	690 MPa (100 KSI)
Elongación:	15 % (en 50mm)
Dureza de suministro:	235 Brinel
Módulo de elasticidad:	200 GPa (29000 KSI)
	FÍSICAS
Densidad:	7.8 g/cm ³ (0.28 lb/in ³)
	QUÍMICAS
Carbono (C) mín.	0.15 %
Manganeso (Mn)	1.00 %
Silicio (Si)	1.00 %
Cromo (Cr)	12.0 – 14.0 %
Fosforo (P)	0.04 %
Azufre (S)	0.03 %

Fuente: Autor

1.8 CINTA TRANSPORTADORA

La cinta o banda en un sistema de transporte continuo que se compone de un eje motriz el mismo que se encarga de generar movimiento a la banda, rodillos de carga y rodillos de retorno que son los encargados de mantener alineada y estirada a la banda cuando esta es muy larga. La función principal de la banda es soportar directamente el material a transportar y desplazar desde el punto de carga hasta el de descarga.

Entre las ventajas de las bandas se tiene: poco peso propio, apta para toda clase de productos, se adapta fácil al espacio, ausencia de articulaciones que se desgasten fácilmente y además permitan trasladar la carga con gran rapidez.

1.8.1 FUNCIONAMIENTO

La banda adquiere movimiento mediante un eje motriz el mismo que está acoplado a un motor, es decir, el eje gira y la banda al estar templada por otro eje de acarreo sigue el movimiento de este es así como la banda transportadora adquiere movimiento . De esta manera los elementos que intervienen en este sistema giran a la velocidad que lo haga el eje motriz ya que los otros no tienen movimientos propios (véase Figura 1.8).

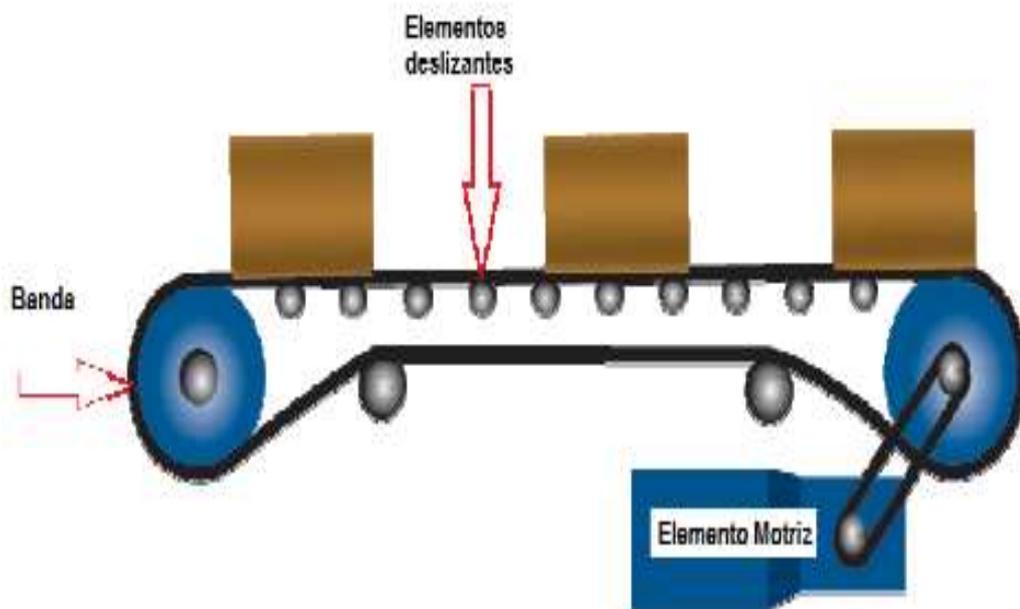


FIGURA 1.8: Cinta transportadora

Fuente: (Albiz, 2013)

1.8.2 TIPOS DE CINTAS TRANSPORTADORAS

Las cintas transportadoras se usan como componentes en la distribución y almacenaje automatizados. Permiten una distribución más eficaz e eficiente, de tal manera reduce además el espacio de almacenaje; Los principales usos de los transportadores se dan mayormente en la minería, construcción, industria alimenticia, industria motriz entre otros. Existen diferentes tipos de cintas o bandas transportadoras las principales son.

1.8.2.1 CINTAS PLANAS

Estas cintas son usadas generalmente para transportar cargas unitarias, como cajas o bolsas. (Cabrera, 2009).

Estas cintas transportan los materiales en su superficie, la cinta forma un lazo cerrado el que permite que la mitad de su longitud total se emplee para el reparto del material y la otra mitad para el retorno de la misma. El soporte es un armazón que cuenta con rodillos, en cada extremo de la cinta se encuentran los rodillos motrices o tensores los cuales, son los encargados de otorgar movimiento a la cinta.

La aplicación de este tipo de bandas se la encuentra principalmente en la industria de alimentos ya que es uno de los lugares donde este tipo de sistemas es más utilizado ya que agiliza la producción, este sistema posee una velocidad constante y sin interrupciones, es higiénico por ende el proceso no se contamine con bacterias u otros factores (véase Figura 1.9)



FIGURA 1.9: Banda transportadora plana

Fuente: (Albiz, 2013)

1.8.2.2 CINTAS CÓNCAVA

Se usan para productos a granel. La banda es soportada por 3 o 5 rodillos de forma que los bordes se elevan con respecto al centro, formando una concavidad. Esto aumenta la capacidad de transporte. El retorno de la cinta es plano, soportado por rodillos rectos. Pueden cubrir distancias de varios kilómetros y llevar miles de toneladas (Cabrera, 2009)

La principal aplicación de este tipo de bandas se la encuentra en la minería ya que opera en su propia cama de rodillos, los cuales requieren un mínimo de atención ya que tienen poco desgaste al trabajo ajetreado y duro de la minería (véase Figura 1.10).



FIGURA 1.10: Banda transportadora cóncava

Fuente: (Cabrera, 2009)

1.8.2.3 CINTAS MODULARES

Se fabrican con materiales FDA (polietileno, polipropileno y poliacetil), permiten un amplio rango de temperatura de utilización (-70 a 105°C) y presentan las ventajas de su fácil manipulación, limpieza y montaje a la vez que una gran longevidad (véase Figura 1.11).

Sus principales aplicaciones son:

- Congelación
- Alimentación
- Embotellado
- Conserva

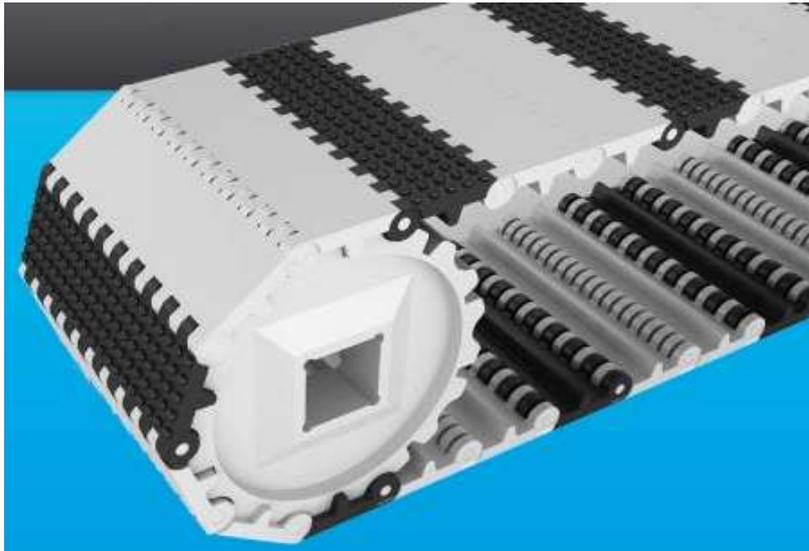


FIGURA 1.11: Banda transportadora modular

Fuente: (Cabrera, 2009)

1.8.2.4 CINTAS METÁLICAS

Es una cinta plana en la cual la banda es remplazada por una malla de alambre o una cadena plana. Los extremos se conectan mediante remaches. Se usa ampliamente en la industria alimenticia. Puede soportar temperaturas de hasta 1000 ° C (Cabrera, 2009).

Tanto por los materiales empleados como por los tipos de banda, las posibilidades de fabricación son infinitas y las aplicaciones más usuales son:



FIGURA 1.12: Banda transportadora metálica

Fuente: (Cabrera, 2009)

1.8.2.5 CINTAS DE PVC Y PU

Se emplean para el transporte interior de productos manufacturados y/o a granel, en la mayoría de los sectores industriales: alimentación, cerámica, madera, papel, embalaje, cereales (véase Figura 1.13).

Según el tipo de producto a transportar se determinará la calidad de la cobertura:

- Blanca alimentaria (PVC o Poliuretano).
- Resistentes a grasas y aceites vegetales, animales o minerales.
- Resistente a la abrasión.
- Resistente a los cortes.
- Antillana.
- Antiestáticas permanentes.



FIGURA 1.13: Banda transportadora PVC

Fuente: (Cabrera, 2009)

1.8.2.6 CINTAS PORTÁTILES

Son cintas transportadoras de pequeñas dimensiones y capacidades, de diseño modular, que cuentan con ruedas para transportarse de un sitio a otro. Pueden usar para descargar/cargar camiones, apilar bolsas dentro de depósitos o recuperar producto de pilas al aire libre (Cabrera, 2009).



FIGURA 1.14: Banda transportadora portátil

Fuente: (Cabrera, 2009)

1.8.3 CINTA TRANSPORTADORA

Una cinta transportadora es un sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores uno motriz y el otro de tensión, en nuestra máquina se utiliza para transportar la masa de granola en el proceso a realizar, dicha cinta transportadora cuenta con las siguientes partes que se detallan a continuación:

1.8.3.1 ESTRUCTURA

Es el soporte donde se acopla los diferentes componentes como son los rodillos tanto el rodillo de tensión como el rodillo motriz, también se acoplan los rodillos de presión, banda, motor y de más componentes que conforman la cinta transportadora (véase Figura 1.15).



FIGURA 1.15: Estructura banda

Fuente: (Cabrera, 2009)

1.8.3.2 BANDA

Se puede considerar que la banda es el componente principal de las cintas transportadoras, la banda soporta directamente el material a transportar y lo desplaza de un punto de carga a un punto de descarga. Generalmente están hechas con un tejido base de poliéster, algodón, sintéticos y cables de acero. La superficie portante de carga puede ser lisa, rugosa o con nervios

La banda tendrá una gran variedad de características, y su elección dependerá en gran parte del material a transportar, velocidad, esfuerzo o tensión a la que sea sometida, capacidad de carga a transportar, etc.

1.8.3.3 RODILLOS

Son cilindros de metal que soportan la banda y el material a transportar, contribuyen al centrado de la banda ya que la banda está sometida a diferentes fuerzas que tienden a descentrarla.

1.8.3.4 POLEAS

Las poleas son las encargadas de tensar y dar movimiento a la banda, habitualmente se encuentra en los extremos, una es motriz y la otra es de tensión. En muchos casos pueden necesitarse más poleas, para cambiar la dirección o para transmitir mayor potencia.

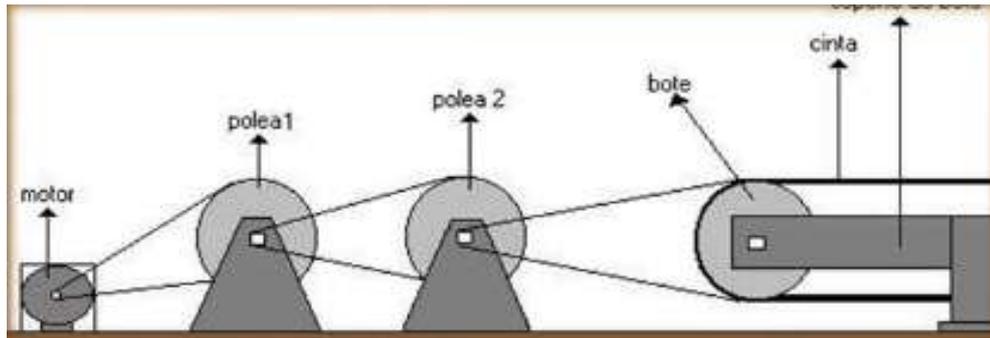


FIGURA 1.16: Polea motriz

Fuente: (Cabrera, 2009)

1.9 NEUMÁTICA

La neumática trata del estudio del movimiento del aire. Los sistemas de aire comprimido proporcionan un movimiento controlado con el empleo de cilindros y motores neumáticos, y se aplican en herramientas, válvulas de control, posicionadores, martillos neumáticos, pistola para pintar, motores neumáticos, sistemas de empaquetamiento, elevadores, herramientas de impacto, prensas neumáticas, robots industriales, vibradores, frenos neumáticos, etc. (Solé, 2011).

TABLA 1.7: Ventajas y desventajas de la neumática

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo de los componentes. - Facilidad de diseño e implementación. - Riesgo nulo de explosión. - Conversión fácil al movimiento lineal. - Fácil mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Imposibilidad de obtener velocidades estables debido a la compresibilidad del aire. - Altos costos de la energía neumática. - Fugas que reducen el rendimiento.

Fuente: (Solé, 2011)

1.9.1 AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido es una energía la cual es utilizada en muchas aplicaciones de la industria, ya que es utilizado principalmente para trabajos donde se actúe sobre un embolo o paleta.

El aire comprimido que se emplea en la industria procede del exterior. Se comprime hasta alcanzar una presión de unos 6 bares de presión, con respecto a la atmosférica (presión relativa).

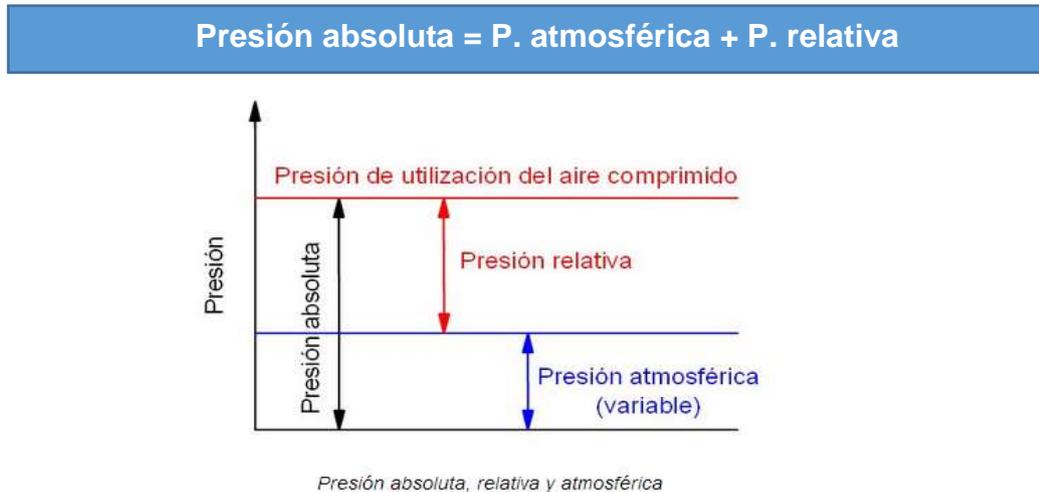


FIGURA 1.17: Presión absoluta, relativa y atmosférica

Fuente: (Parker, 2003)

Propiedades físicas del aire comprimido

- **Compresibilidad.-** El aire, así como todos los gases, tiene la propiedad de ocupar todo el volumen de cualquier recipiente, adquiriendo su forma propia.
- **Difusibilidad.-** Propiedad del aire que le permite mezclarse homogéneamente con cualquier medio gaseoso que no esté saturado.
- **Expansibilidad.-** Propiedad del aire que le permite ocupar totalmente el volumen de cualquier recipiente, adquiriendo su forma.
- **Elasticidad.-** Propiedad que permite al aire volver a su volumen inicial una vez desaparecido el efecto (fuerza) responsable de la reducción del volumen. (Parker H. , 2003)

1.9.2 CILINDRO NEUMÁTICO

El cilindro neumático es un cilindro cerrado con un pistón en su interior que desliza y que transmite su movimiento al exterior mediante un vástago. Se compone de las tapas trasera y delantera, de la camisa donde se mueve el pistón, juntas estáticas y dinámicas del pistón y del anillo rascador que limpia el vástago de suciedad (véase Figura 1.18).

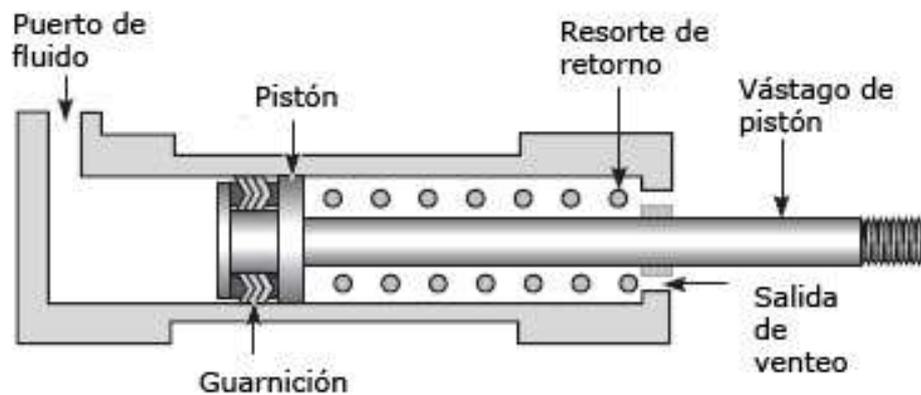


FIGURA 1.18: Partes del cilindro neumático

Fuente: (Sapiensman, 2014)

1.9.2.1 TIPOS DE CILINDROS NEUMÁTICOS

Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos, los dos tipos fundamentales son:

- Cilindros de simple efecto.
- Cilindros de doble efecto.

1.9.2.1.1 CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo solo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como carga, movimiento mecánico, etc. (Training, 2002).

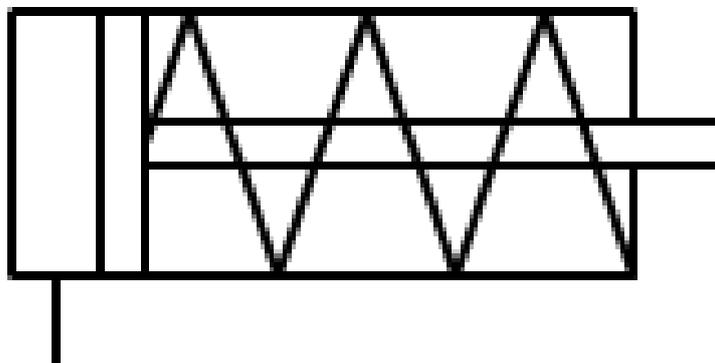


FIGURA 1.19: Cilindro de simple efecto (símbolo)

Fuente: (Bueno, 2011)

1.9.2.1.1.1 FUNCIONAMIENTO

Los cilindros de simple efecto reciben aire a presión solo en un lado. Por lo tanto solo pueden ejecutar el trabajo en un sentido. El retroceso está a cargo de un muelle incluido en el cilindro o se produce por efecto de una fuerza externa. La fuerza del muelle hace retroceder el vástago del cilindro a suficiente velocidad, pero sin que el cilindro pueda soportar una carga (FESTO, 2000).

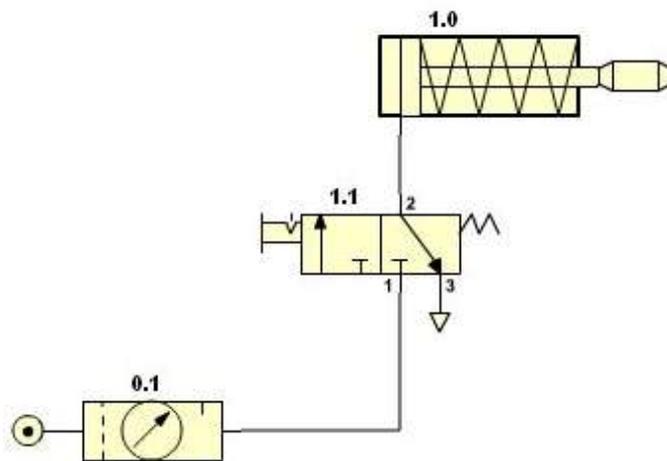


FIGURA 1.20: Control de un cilindro de simple efecto

Fuente: (Bueno, 2011)

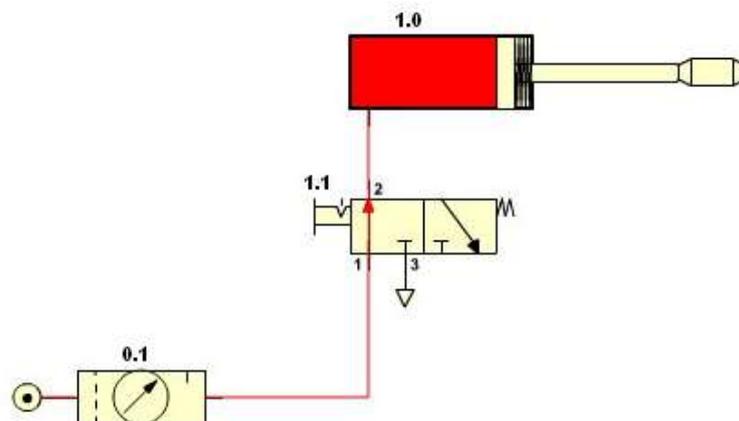


FIGURA 1.21: Cilindro de simple efecto activo

Fuente: (Bueno, 2011)

1.9.2.1.1.2 CARACTERÍSTICAS

- Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido.
- El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc.
- Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”.
- Se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc.
- Tienen un consumo de aire algo más bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño.
- Hay una reducción de impulso debida a la fuerza contraria del resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno algo más grande para conseguir una misma fuerza
- La adecuación del resorte tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada, debido a un espacio muerto.

1.9.2.1.2 CILINDRO DE DOBLE EFECTO

Un cilindro de doble efecto es capaz de producir trabajo útil en dos sentidos, ya que estos disponen de una fuerza en el avance como en el retroceso.

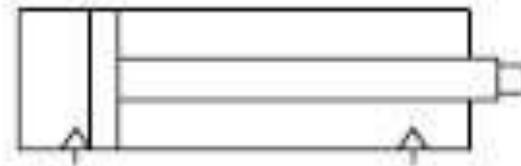


FIGURA 1.22: Cilindro de doble efecto (símbolo)

Fuente: (Bueno, 2011)

1.9.2.1.2.1 FUNCIONAMIENTO

En el cilindro de doble efecto, el aire a presión entra por el orificio de la cámara trasera y, al llenarla, hace avanzar el vástago, que en su carrera comprime el aire de la cámara delantera que se escapa al exterior a través del correspondiente orificio. En la carrera inversa del vástago se invierte el proceso, penetrando ahora el aire por la cámara delantera y siendo evacuado a exterior por el orificio de la cámara trasera. (Solé, 2011).

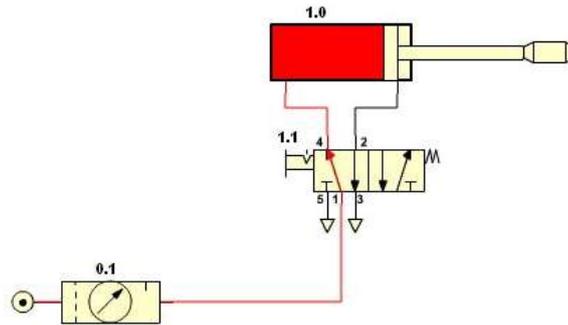


FIGURA 1.23: Cilindro doble efecto activo

Fuente: (Bueno, 2011)

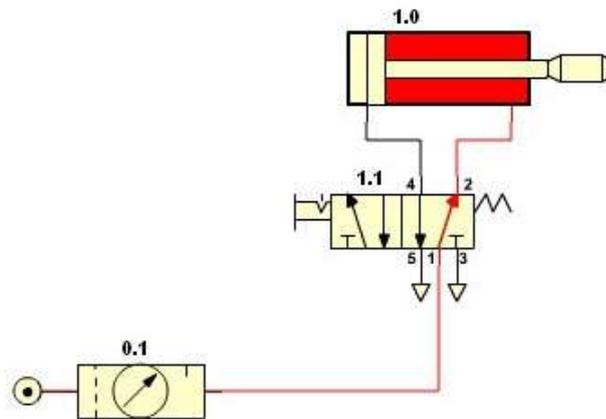


FIGURA 1.24: Cilindro doble efecto retorno

Fuente: (Bueno, 2011)

1.9.2.1.2.2 CARACTERÍSTICAS

- Son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido.
- Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos.
- Algunas de las diferencias más notables con los cilindros de simple efecto las encontramos en la culata anterior, que ahora ha de tener un orificio roscado para poder realizar la inyección de aire comprimido.

1.10 ESTUDIO DE CAMPO

La empresa industrial productos el chinito S.C.C. actualmente realiza la granola de forma artesanal, es por eso que no se cuenta con información detallada respecto a parámetros y medios de cortado de la masa de granola por lo cual se procede a realizar pruebas para así obtener datos tanto de la velocidad lineal como la fuerza de corte específica de la masa.

1.10.1 VELOCIDAD LINEAL

La velocidad lineal es definida como el cociente entre el espacio recorrido y el tiempo empleado en ello se mide en (m/s), el valor resultante se obtiene del promedio de varias mediciones las cuales se las realizo en 3 periodos diferentes en un lapso de una semana cada uno, para así considerar parámetros de la masa en condiciones diferentes, como se detalla (véase Tabla 1.8).

Ecuación 1.1: Velocidad lineal

$$v = \frac{d}{t}$$

Fuente: (Northon, 2014)

Dónde:

v = Velocidad lineal

d = Distancia

t = Tiempo

TABLA 1.8: Medición de la velocidad lineal

Velocidad lineal (m/s)	
Nº de mediciones	Valor
1	0,03145
2	0,03131
3	0,03144
4	0,03159

5	0,03135
6	0,03144
7	0,03155
8	0,03149
9	0,03144
10	0,03143
11	0,03146
12	0,03144
13	0,03149
14	0,03151
15	0,03144
16	0,03143
17	0,03124
18	0,03133
19	0,03138
20	0,03159

\bar{x}	0.03144
-----------	----------------

Fuente: Autor

Se obtiene que, la velocidad lineal es de 0.03144 m/s

1.10.2 CONSTANTE DE FUERZA DE CORTE ESPECÍFICA DE LA MASA DE GRANOLA [KS]

La constante de fuerza de corte específica de la masa de granola se obtiene al realizar ensayos de corte como se observa (véase Figura 1.25), se cuantifica mediante un dinamómetro midiendo la fuerza que se genera respecto a la sección de masa de granola atravesada.



FIGURA 1.25: Ensayo efectuado para la obtención de la fuerza de corte específica

Fuente: Autor

La constante de fuerza de corte específica se la obtiene con la siguiente relación:

ECUACIÓN 1.2: Constante de fuerza específica

$$K_s = \frac{F}{A}; \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Fuente: (Bartsch, 2008)

Dónde:

F= Fuerza [N]

A= Área de corte [mm^2]

Ks= Constante de fuerza de corte específica [N/mm^2]

Se cuantifica la magnitud de la fuerza para diferentes espesores, por lo que se obtiene los siguientes datos promedios (véase Tabla 1.9).

TABLA 1.9: Fuerza de corte especifica

Esposos de la masa	Área de corte	Fuerza		Fuerza de corte especifica
[mm]	[mm ²]	Nº	[N]	[N/mm ²]
15	120	1	46,06	0,38
	120	2	43,12	0,36
	120	3	48,02	0,4
	120	4	45,08	0,37
	120	5	49	0,41
	120	6	47,04	0,39
	120	7	44,5	0,37
	120	8	46,2	0,39
	120	9	47,23	0,39
	120	10	48,5	0,40
	120	11	43,67	0,36
	120	12	47,22	0,39
	120	13	48,34	0,40
	120	14	49,41	0,41
	120	15	46,06	0,38
	120	16	43,12	0,36
	120	17	48,02	0,40
	120	18	45,08	0,38
	120	19	42,56	0,35
	120	20	47,04	0,39
	120	21	43,67	0,36
	120	22	47,22	0,39
	120	23	42,45	0,35
	120	24	43,12	0,36
	120	25	48,02	0,40

$$\bar{X} = 0,38$$

Fuente: Autor

Por lo tanto, de la Tabla 1.9 se tiene que la constante de fuerza de corte especifica de la masa de granola es de 0,38 N/mm²

CAPÍTULO II

2 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÁS ADECUADA

2.1 INTRODUCCIÓN

Para la construcción de la máquina, se establecerán alternativas para el sistema de corte vertical donde se realizara un análisis, en este se utilizara el método ordinal corregido de criterios ponderados el cual se evalúa dando valores a los criterios y enfrentándolos en una tabla, este método evaluara las diferentes alternativas de corte vertical para de esta manera llegar a la solución e implementación más adecuada.

2.2 MÉTODOS DE CORTE VERTICAL

En la actualidad existen un sin número de métodos de corte, todos estos métodos permiten realizar los cortes verticales de la granola, existen algunas maneras de realizar estos cortes; cabe recalcar que este proceso es el más crítico ya que este necesita ser exacto. Para determinar el método de corte más adecuado se debe considerar ciertos parámetros, a continuación se detallan las alternativas para posteriormente elegir la más viable

2.2.1 ALTERNATIVA 1: CORTE A LONGITUD (SERVOMECANISMO)

Este método de corte utiliza un servomecanismo para realizar el corte vertical básicamente un sistema mecánico es acoplado a un servo del tal manera que al accionar el servo a un cierto ángulo el mecanismo realiza el corte y se devuelve a la posición inicial, realizando este proceso monótonamente (véase Figura 2.1).

Ventajas

- Modificación del tamaño del corte.
- Mayor precisión.
- Fácil mantenimiento y a largo plazo.
- No consume mucha energía.
- Potencia proporcional para cargas mecánicas.

Desventajas

- Alto costo de intercambiabilidad
- Sistema de control complejo

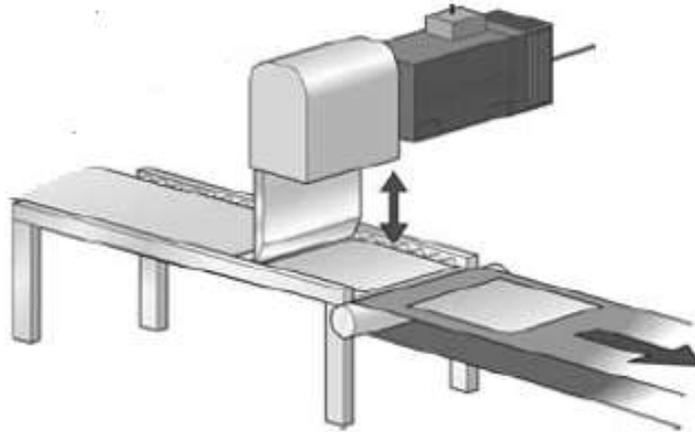


FIGURA 2.1: Sistema de corte (servomecanismo)

Fuente: Autor

2.2.2 ALTERNATIVA 2: CORTE MEDIANTE CUCHILLO ROTATORIO Y SISTEMA CUT-OFF

Este sistema de corte consta de un rodillo de acero inoxidable AISI 420, tiene incorporado un cuchillo rotatorio, la fuerza de movimiento es adquirida mediante un motorreductor que se encuentra acoplado al eje del rodillo de corte, ejerciendo el corte cada vez que el rodillo gira 360° y pasa sobre la banda, la velocidad de corte debe ser síncrona a la velocidad de la banda, mientras que la cuchilla se acoplan con la materia a cortar (véase Figura 2.2).

Ventajas

- Fácil implementación
- Modificación del tamaño del corte.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje
- Fácil mantenimiento.

Desventajas

- Sistema de control complejo
- Complejidad en la precisión de los cortes
- Consumo de energía

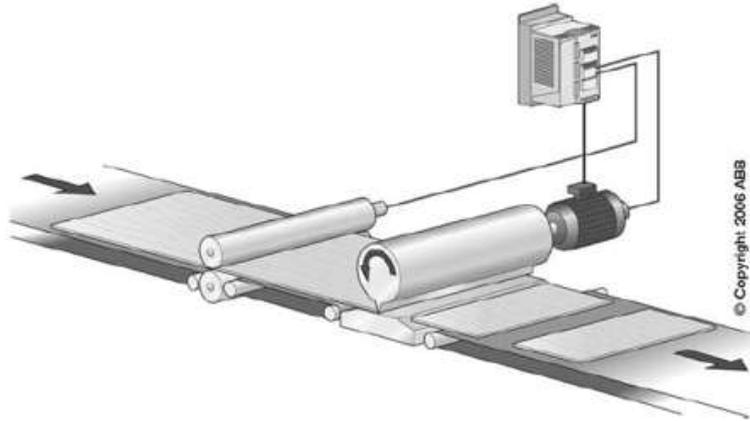


FIGURA 2.2: Sistema de corte cuchillo rotatorio

Fuente: Autor

2.2.3 ALTERNATIVA 3: CORTE CON CIZALLA ACCIONADA POR PISTÓN NEUMÁTICO

Este sistema utiliza un encoder que se encuentra acoplado a un rodillo de la banda ya sea este el motriz o el de cola, mediante el encoder se obtiene pulsos, estos representan la distancia a cortar, estas señales llegan a un (PLC) controlador lógico programable el cual activa y desactiva sus salidas accionando las electroválvulas y estas a los pistones neumáticos. Este método puede valerse de uno o dos pistones neumáticos dependiendo de la aplicación a realizarse (véase Figura 2.3).

Ventajas

- Incremento de la producción con una inversión relativamente pequeña.
- Modificación del tamaño del corte.
- Reducción de los costos operacionales.
- Facilidad de implantación.
- Simplicidad de manipulación.

Desventajas

- Sistema de control complejo en la programación y calibración.
- Mantenimiento

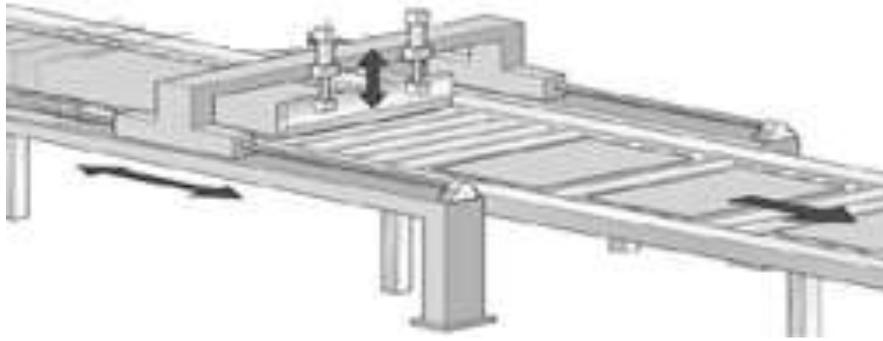


FIGURA 2.3: Sistema de corte- volar, paralelo

Fuente: Autor

2.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA ADECUADA

La mayor parte de las veces, para decidir entre diversas alternativas de solución a un mismo caso basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global. Es por ello que se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos, se basa en unas tablas en donde cada criterio (o solución, para un determinado criterio) se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asignan los valores siguientes:

- **1** Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; $>$) que el de las columnas
- **0,5** Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas
- **0** Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; $<$) que el de las columnas

Luego, para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio (o solución).

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio (Carles, 2002)

2.3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Los criterios de evaluación que se describen a continuación fueron obtenidos en base a información prestada de la empresa “INDUSTRIAL PRODUCTOS EL CHINITO S.C.C”. Los criterios de valoración más significativos que se tomaron fueron:

- **Eficiencia.-** Se fundamenta en el desempeño de todos los elementos al acoplarse al funcionamiento normal de la máquina, es de gran importancia este parámetro ya que la maquina se encontrara trabajando continuamente.
- **Facilidad de montaje.-** esta debe ser de fácil acceso para facilitar las tareas de revisión, reparación etc...
- **Mantenimiento.-** todos los sistemas y elementos que comprenden la máquina están sujetos a fallos por ende deben ser diseñados de tal manera que exista la posibilidad de repararlos o reemplazarlos fácilmente por el personal encargado del mantenimiento.
- **Costo.-** este parámetro se lo considero ya que la máquina a diseñar debe tener un costo final más económico que otras máquinas a nivel internacional que se encuentran en el mercado.

A partir de estos datos iniciales se procede a la evaluación de alternativas en las tablas a continuación:

TABLA 2.1: Evaluación del peso específico de cada criterio

eficiencia > costo > montaje = mantenimiento						
Parámetros	Eficiencia	Costo	Mantenimiento	Montaje	Suma +1	Ponderación
Eficiencia		1	1	1	3	0,50
Costo	0		1	1	2	0,33
Mantenimiento	0	0		0,5	0,5	0,08
Montaje	0	0	0,5		0,5	0,08
				Total	6	1

Fuente: Autor

Ahora se evaluará los pesos específicos de las distintas alternativas para cada criterio:

- **Alternativa 1.-** Corte a longitud (servomecanismo).
- **Alternativa 2.-** Corte mediante cuchillo rotatorio y sistema cut-off
- **Alternativa 3.-** Corte con cizalla accionado por pistón neumático

TABLA 2.2: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia

alternativa1 > alternativa3 > alternativa2					
Eficiencia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Sumatoria +1	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,50
Alternativa 2	0		0	1	0,16
Alternativa 3	0	1		2	0,33
Total				6	1

Fuente: Autor

TABLA 2.3: Evaluación del peso específico del criterio costo

alternativa 3 = alternativa2 > alternativa1					
Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Sumatoria +1	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,17
Alternativa 2	1		0,5	2,5	0,41
Alternativa 3	1	0,5		2,5	0,42
Total				6	1

Fuente: Autor

TABLA 2.4: Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

alternativa 2 > alternativa1 > alternativa3					
Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Sumatoria +1	Ponderación
Alternativa 1		0	1	2	0,33
Alternativa 2	1		1	3	0,50
Alternativa 3	0	0		1	0,17
Total				6	1

Fuente: Autor**TABLA 2.5:** Evaluación del peso específico del criterio montaje

alternativa 3 > alternativa2 > alternativa1					
Montaje	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Sumatoria +1	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,17
Alternativa 2	0		1	2	0,33
Alternativa 3	1	1		3	0,50
Total				6	1

Fuente: Autor

Cálculo de la tabla de conclusiones:

TABLA 2.6: Conclusiones

Parámetros	Eficiencia	Costo	Mantenimiento	Montaje	Suma	Ponderación
Alternativa 1	0,25	0,06	0,03	0,01	0,35	2
Alternativa 2	0,08	0,14	0,04	0,03	0,29	3
Alternativa 3	0,17	0,14	0,17	0,04	0,51	1

Fuente: Autor

Se observa que la alternativa 3 es la mejor situada en la tabla de conclusiones, Ya que luego de haber planteado los criterios de valoración más significativos los cuales fueron obtenidos en base a información de la empresa se obtiene que este método resulta de fácil montaje tanto de sus componentes mecánicos como los de control. Su mantenimiento resulta atractivo ya que todos los sistemas que conforman este método cuentan con la posibilidad de reparar y ser reemplazados con facilidad. Económicamente resulta rentable ya que el sistema neumático no es muy caro y se encuentra con facilidad en el mercado.

Una debilidad de este método es que trabaja con presión de aire y pueden existir en un momento dado fugas del mismo las cuales ocasionan pérdida de fuerza en el cilindro neumático por consiguiente el sistema que se construye en el presente trabajo es mediante el método de corte con cizalla accionada por pistón neumático.

CAPÍTULO III

3 DISEÑO Y SELECCIÓN DE UNA ARQUITECTURA MECÁNICA Y DE CONTROL

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describe el diseño de las partes que conforman la máquina, para la construcción de la misma existen elementos que no se encuentran en el mercado, por ende se procede a diseñar y adaptar a nuestra necesidad. También se realiza una selección de elementos mecánicos y dispositivos de la máquina, cálculos pertinentes a la estructura para que no exista deformación, ni tampoco pandeo y la etapa de control de la misma.

3.2 FUNCIONES

La máquina para el corte de barras energéticas de granola consta de las siguientes funciones que a continuación se enlistan:

- Transportar la masa por medio de una banda transportadora a una velocidad constante.
- Cortar la masa de granola en barras de 3*10cm a través de un rodillo de corte y una guillotina
- Entregar 70 barras debidamente cortadas por minuto.

3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO

“Industrial productos el chinito S.C.C.” requiere que la máquina cortadora de barras energéticas de granola funcione bajo las siguientes condiciones y cumpla con las dimensiones especificadas.

- La altura del plano de trabajo debe estar entre los 80 y 90 cm del nivel del piso.
- La longitud total debe estar entre los 5000 a 5300 mm, se tiene en cuenta que estos dimensionamiento satisfacen el espacio físico disponible en la empresa.
- El ancho de la máquina puede llegar hasta 700 mm.
- El espesor de la masa de granola a cortar estará entre los 15 a 20 mm.
- La energía eléctrica de alimentación que se tiene en la empresa es de tipo monofásica 220V a 60 Hz.

3.4 DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

Los elementos mecánicos a diseñarse para el presente proyecto son los siguientes:

- Sistema de corte longitudinal
- Sistema de corte vertical
- Estructura
- Sistema de transporte (mecanismo)
- Sistema de control
- Sistema eléctrico

En tanto que los elementos a seleccionarse corresponden a los que se tiene a continuación:

- Sistema de transporte (banda)
- Selección del motorreductor
- Selección del sistema de transmisión
- Selección de discos de corte
- Selección de separadores
- Selección de cilindro neumático

3.4.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL

Este sistema es el encargado de cortar la masa de granola longitudinalmente utilizando un rodillo, este cuenta con discos de corte, los cuales cumplen la función de cortar la masa longitudinalmente, el rodillo es accionado mediante un motorreductor, este es el encargado de proporcionar la fuerza para que gire el rodillo; cabe recalcar que se cuenta con 16 discos de corte y 17 separadores por lo cual se realiza 15 cortes longitudinales (véase Figura 3.1).

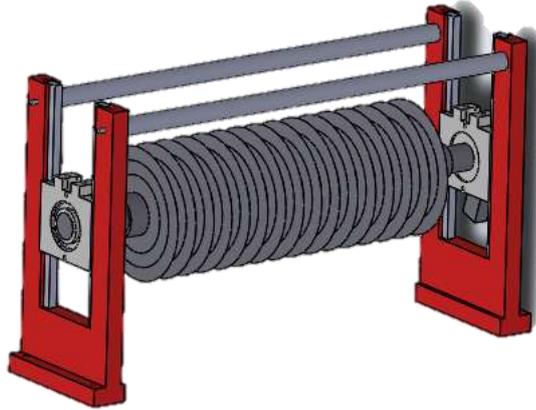


FIGURA 3.1: Sistema corte longitudinal, recuperado SolidWorks 2013

Fuente: Autor

3.4.1.1 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD LINEAL

La masa de granola se transporta por medio de una banda transportadora, se tiene por requerimiento de la empresa que se produzca 70 barras/min dichas masa tiene un espesor de 15mm a 20mm correctamente laminada, del estudio de campo realizado en la (sección 1.10.1) se obtiene que la velocidad lineal promedio con la que pasa la masa al momento del corte es de 0,03144 m/s.

3.4.1.2 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR

La obtención de la velocidad angular se la calcula en base a la velocidad lineal y el radio del disco de corte, dicha velocidad angular determina la velocidad que se necesita para cortar la masa mediante el rodillo de corte longitudinal.

Ecuación 3.1: Velocidad angular

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

Fuente: (Northon, 2014)

Dónde:

ω = velocidad angular

v = velocidad lineal ver en la (sección 3.4.1.1)

r = radio del disco de corte (véase Figura 3.2).

Remplazando valores tenemos:

$$\omega = \frac{31.44mm/s}{80mm}$$

$$\omega = 0,393 \frac{rad}{s}$$

También se representa

$$0,393 \frac{rad}{s} = \frac{1 rev}{2\pi rad} * \frac{60 s}{1 m}$$

$$\omega = 3.75 \frac{rev}{min}$$

3.4.1.3 CÁLCULO DE LA FUERZA

Para realizar el corte de la masa de granola, se requiere de una fuerza de corte, la misma que se obtiene del estudio de campo realizado. De esta manera la fuerza de corte se define como:

Ecuación 3.2: Fuerza de corte

$$F=A*Ks$$

Fuente: (Bartsch, 2008)

Dónde:

F = fuerza de corte [N]

A = (área) sección de masa [mm^2]

Ks = constante de fuerza de corte específica [N/mm^2] (este valor se lo toma de la sección 1.10.2)

Para obtener la sección de masa, se calcula geoméricamente mediante el siguiente análisis (véase Figura 3.2).

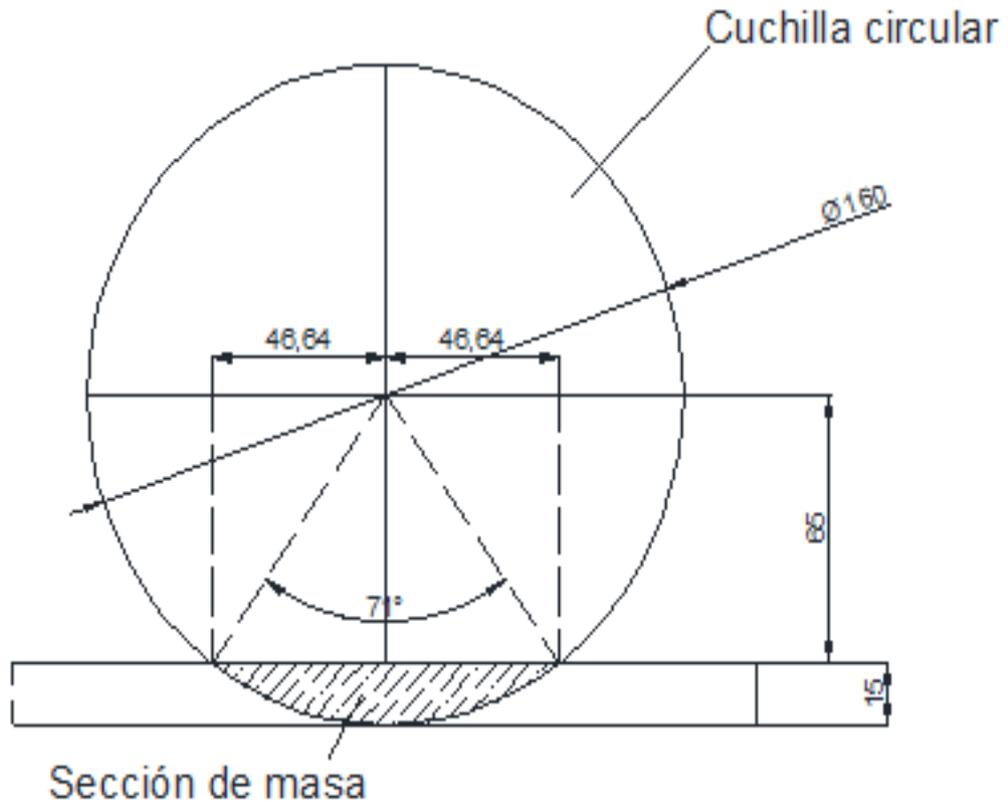


FIGURA 3.2: Determinación de la sección de masa

Fuente: Autor

El área del sector circular se define por la siguiente relación obtenida del libro de (Bartsch, 2008)

Ecuación 3.3: Área sección

$$A_{\alpha} = \frac{\pi * r^2 * \alpha}{360}$$

Fuente: (Bartsch, 2008)

Dónde:

A_{α} = área de sección

r = radio

α = ángulo de corte

A = área de sección

Remplazando valores tenemos:

$$A_{\alpha} = \frac{\pi \cdot (80 \text{ mm})^2 \cdot 71}{360}$$

$$A_{\alpha} = 3965,39 \text{ mm}^2$$

El área del triángulo que se forma en la intersección de la cuchilla con la masa se obtiene de la siguiente relación:

Ecuación 3.4: Calculo área del triangulo

$$A_{\blacktriangle} = \frac{b \cdot h}{2}$$

Fuente: (Bartsch, 2008)

Dónde:

A_{\blacktriangle} = área del triangulo

b = base del triangulo

h = altura del triangulo

Remplazando valores tenemos:

$$A_{\blacktriangle} = \frac{93,28 \cdot 65}{2}$$

$$A_{\blacktriangle} = 3031,6 \text{ mm}^2$$

Por lo que, la sección de la masa se obtiene de la diferencia entre las áreas antes calculadas.

$$A = A_{\alpha} - A_{\blacktriangle}$$

$$A = (3965,39 - 3031,6) \text{ mm}^2$$

$$A = 933,79 \text{ mm}^2$$

Remplazando valores en la ecuación 3.2 tenemos:

$$F = 933,79 \text{ mm}^2 \cdot 0,38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F = 354,84 [\text{N}]$$

La fuerza que se encuentra es la fuerza de corte que se genera en una cuchilla por tanto, al tener 16 cuchillas se relaciona de manera directamente proporcional.

$$F = 354,84 \text{ [N]} * 16$$

$$F = 5677,4 \text{ [N]}$$

3.4.1.4 CÁLCULO DE LA POTENCIA PARA REALIZAR EL CORTE

La potencia se calcula mediante la ecuación 3.5 donde se encuentra la potencia que el motor necesita para producir el corte.

$$[P] = \text{N m/s} = \text{J / s} = \text{Kg}^{\text{m}^2} / \text{s}^3 = \text{Watt (1 W)}$$

Ecuación 3.5: Potencia

$$P = F * v$$

Fuente: (Northon, 2014)

Dónde:

P = Potencia [watts]; [hp]

F = Fuerza total [N]

v = Velocidad lineal [m/s]

Reemplazando valores tenemos:

$$P = 5677,4 \text{ [N]} * 0,03144 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P = 178.49 \text{ watts}$$

$$P = 178.49 \text{ watts} * \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ watts}}$$

$$P = 0,249 \text{ hp}$$

3.4.1.4.1 CORRECCIÓN DE LA POTENCIA

Guiándose en el libro de Singer para corregir el factor de potencia se toma como factor de corrección un valor de 1,2 el cual satisface las pérdidas de potencia las cuales se encuentran presentes por diversos factores, este factor asegura un desempeño óptimo de la máquina cortadora de masa de granola.

La potencia corregida se determina de la siguiente forma:

Ecuación 3.6: Calculo potencia corregida

$$Pot_{correg} = Pot_{cal} * 1,2$$

Fuente: (Singer, 2010)

Remplazando valores tenemos:

$$Pot_{correg} = Pot_{cal} * 1,2$$

$$Pot_{correg} = 0,249 \text{ hp} * 1,2$$

$$Pot_{correg} = 0,298 \text{ hp}$$

Cabe recalcar que esta potencia solo es la necesaria para producir el corte de los discos hacia la masa, sin tomar en cuenta la inercia que causa el eje y las pérdidas ocasionadas por el sistema de transmisión (piñón, cadena), por tal motivo se asume una potencia para el motor de $\frac{1}{2}$ hp

$$Pot_{asumida} = \frac{1}{2} \text{ hp}$$

3.4.1.5 SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA REALIZAR EL MOVIMIENTO

En base a los datos de requerimiento, velocidad angular 3.75rpm, potencia asumida $\frac{1}{2}$ hp, se opta por proceder a seleccionar los siguientes componentes que a continuación se enlistan:

- Motorreductor
- Sistema de transmisión
- Diseño del eje

3.4.1.5.1 SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR

El motorreductor es la combinación del motor y el reductor de velocidad estos dos forman un solo cuerpo, la función de este es variar las rpm de entrada obteniendo a la salida un menor número de rpm, sin sacrificar de manera notoria la potencia del motor.

Para realizar una adecuada selección procedemos a guiarnos de los siguientes aspectos a tomar en cuenta que a continuación se detallan:

- **La instalación.-** En la empresa se cuenta actualmente con línea monofásica a 220 VAC, la cual facilita el control del motor por medio de un variador de velocidad.
- **La operación.-** Este motor va a trabajar constantemente en el trascurso del funcionamiento de la máquina es decir se sincroniza al funcionamiento de la misma.
- **Parámetros de funcionamiento.-** Dicho motorreductor debe contar con una potencia requerida = 1/2 hp véase sección (3.4.1.4.1) y también con una velocidad angular = 3,75 rpm dicha medida se la obtiene de la sección (3.4.1.2),
- **El mantenimiento.-** ya que el motor se encontrara protegido no es necesario un mantenimiento continuo ni tampoco minucioso, por lo tanto el mantenimiento del mismo debe ser una vez cada mil horas de trabajo, inspeccionando si existe vibración o sobrecalentamiento estos son indicadores previos al daño del motor.

En base a dichos parámetros la selección adecuada será un reductor sin fin serie universal NORD SK 1SI 63/31-IEC71 véase (figura 3.3), el cual cuenta con una potencia nominal 0.37 [KW] equivalente a ½ hp y una velocidad de salida del reductor de 4.5 rpm.

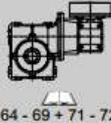
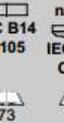
P_1 [kW]	N_2 [min ⁻¹]	M_2 [Nm]	f_B	i_{ges}	i_{sch}	i_{vor}	F_R [N]	F_{RF} [N]	Modelo	Módulos del reductor					
									 64 - 69 + 71 - 72						alter- nativa: 
0,37	11	139	1,0	150	30	5	4800	3630	SK 1SI 50/31 - IEC71	Números de pedido de los módulos 60591300 60494100 60391050 60395020 60395120					
	11	149	1,6	150	30	5	6300	3340	SK 1SI 63/31 - IEC71	Números de pedido de los módulos 60691300 60494100 60391050 60395020 60395120 * * 60391080 * * * * 60391100 * * * * 60391130 * * * * 60391150 * *					
	7,4	199	1,3	225	30	7,5	6300	3230							
	5,6	253	1,0	300	30	10	6300	3080							
	4,5	293	0,9	375	30	12,5	6030	2940							
	3,7	323	0,8	450	30	15	5770	2820							
	11	171	1,9	150	30	5	8000	8000	SK 1SI 75/40 - IEC71	Números de pedido de los módulos 60791300 60794000 60491050 60495020 60495120 * * 60491080 * * * * 60491100 * * * * 60491130 * * * * 60491150 * * * * 60491200 * *					
	7,4	237	1,4	225	30	7,5	8000	8000							
	5,6	297	1,2	300	30	10	8000	8000							
	4,5	348	1,0	375	30	12,5	8000	8000							
	3,7	389	0,9	450	30	15	8000	8000							
	2,8	481	0,8	600	30	20	8000	8000							

FIGURA 3.3: Características motorreductor

Fuente: (NORD, s.f.)

Donde las principales descripciones técnicas están representadas por las siguientes variables:

P_1 = potencia nominal del motor

N_2 = velocidad de salida del reductor

La empresa “Industrial Productos El Chinito S.C.C.”” dispone de un motorreductor marca BOSTON GEAR, el cual cuenta con una potencia de $\frac{3}{4}$, con una salida de 1425 rpm del motor, luego de pasar por la caja reductora obtiene una salida de 60 rpm por lo que para llegar a una velocidad angular de 3.75 rpm se acoplara un variador de frecuencia, dicho motor será implementado en el sistema, las características del mismo véase en la (figura 3.4).

Modelo	LN-80B4
Frecuencia	60 Hz
Potencia	558 KW
RPM	60
Voltaje	220 / 440 VAC
Amperaje	2,1 / 2,9 A

FIGURA 3.4: Placa del motor

Fuente: Autor

3.4.1.5.1 VARIADOR DE FRECUENCIA

Un variador de frecuencia es un sistema encargado del control de la velocidad rotacional de un motor (AC), por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor y varía la velocidad del mismo (véase figura 3.5)



FIGURA 3.5: Variador de frecuencia CFW-10 Weq

Fuente: Autor

Para realizar la selección del variador de frecuencia el cual va a controlar la velocidad de nuestro motor los principales parámetro a tomar son:

- Tipo de motor que el variador va a controlar
- Potencia del motor

Como se aprecia en la sección 3.4.1.5.1. El motor es de 3/4 hp, y es un motor que trabaja a 220 VAC o 380 VAC. Este es el principal parámetro a tomar en cuenta en la selección de la serie del variador, y a continuación se indica el tipo de variador de acuerdo a la potencia del motor.

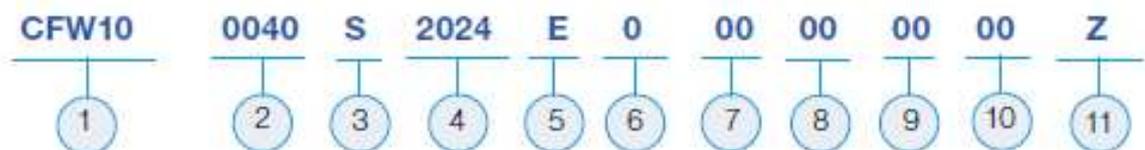


FIGURA 3.6: Selección del variador

Fuente: (Weq, 2011)

Como se puede apreciar en la figura 3.6 se ha seleccionado un variador CFW10 el cual está construido para 1 hp. Trabaja a una tensión de red de 200 – 240 VCA con un número de fases monofásicas, Las especificaciones técnicas se encuentran dadas por el fabricante para más información de mismo ver anexo XII.

Nota: Cuando se trabaja con frecuencias bajas el motor tiende a perder torque por lo cual es necesario implementar un sistema de transmisión por cadena, para disminuir la velocidad angular y aumentar el torque en el piñón conducido.

3.4.1.5.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN POR CADENA

El sistema que se encarga de transmitir movimiento entre el motorreductor al rodillo de corte, se lo realiza mediante una transmisión de piñón y cadena (véase figura 3.7). Mediante esta transmisión, se evita que exista perdidas de potencia ya que no se produce patinaje entre sus partes en contacto también se logra aumentar el torque.

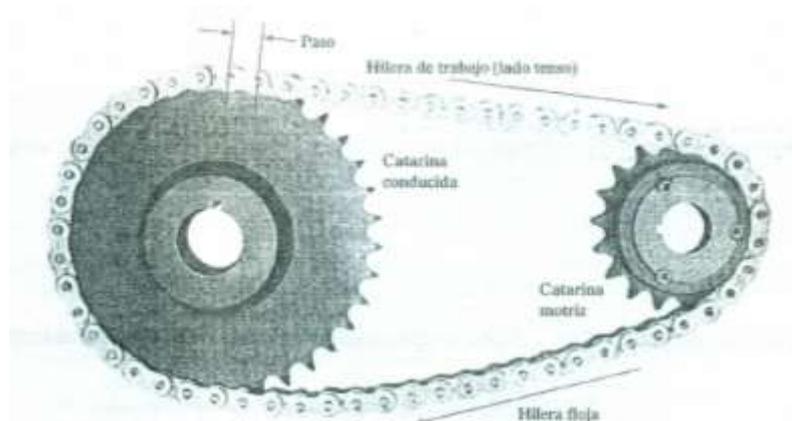


FIGURA 3.7: Transmisión mediante cadena y catarina

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

La velocidad angular la cual se desea obtener en el rodillo de corte mediante la transmisión de movimiento es de 3.75 rpm, como esta velocidad es muy baja se ha procedido a realizar una relación de transmisión a partir de la diferencia de dientes de los piñones para lograr bajar las rpm del motorreductor, para luego con ayuda del variador obtener la velocidad requerida.

Nota: Como nuestro sistema depende directamente de la velocidad de la banda y de los demás rodillos que realizan el amasado, es necesario poder controlar la velocidad de nuestro rodillo a través de un variador de frecuencia, pero para eso se debe reducir la velocidad angular que entrega nuestro motorreductor a lo mínimo posible.

A continuación realizaremos cálculos para poder obtener la velocidad angular mínima posible. Guiándonos del libro de Robert Mott se observa que el número mínimo de dientes para un piñón motriz es de 19, a continuación se presentan los datos.

n_p Número de dientes piñón conducido / 54

N_g Número de dientes piñón motriz/ 19

n_p Velocidad angular (motriz) / 60 rpm

n_g Velocidad angular

Ecuación 3.7: Relación de reducción de velocidad

$$N_p * n_p = N_g * n_g$$

Fuente: (Northon, 2014)

Despejando la ecuación 3.7:

$$n_g = n_p \left(\frac{N_p}{N_g} \right)$$

Remplazando valores tenemos:

$$n_g = 60 \left(\frac{19}{54} \right)$$

$$n_g = 21.11 \text{ rpm}$$

Mediante esta relación de engranes se logra obtener una velocidad angular de 21.11 rpm, esta velocidad es la adecuada para poderla modificar a través de nuestro variador de frecuencia y así obtener la velocidad deseada que se necesita para realizar el corte de la granola sin perder el torque de nuestro motor.

3.4.1.5.2.1 SELECCIÓN DE LA CADENA Y CATARINA

Para poder seleccionar una Catarina es necesario de los siguientes parámetros:

- Velocidad angular de salida del motorreductor que es de 60 rpm
- Potencia de salida del motorreductor que es de 3/4 HP
- Velocidad final que se desea obtener la cual es 21.11 rpm véase sección 3.4.1.5.2.

Empleando los datos de diseño presentados anteriormente se procede a calcular:

Calculo de la potencia de diseño

ECUACIÓN 3.8: Potencia de diseño

$$\text{Potencia de diseño} = F_s * P$$

Fuente: (Northon, 2014)

Dónde:

F_s= factor de servicio

P = potencia de salida motorreductor

Para tomar el valor del factor de diseño se procede a seleccionarlo en la tabla 7.8 del libro de Robert Mott; Diseño de elementos de máquinas (véase figura 3.8). Dicho valor se toma de la relación entre el tipo de carga y el tipo de impulsor.

TIPO DE CARGA	TIPO DE IMPULSOR		
	Impulsor hidráulico	Moto eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniforme (agitador, ventilador, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramientas, grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamiento de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

FIGURA 3.8: Factor de servicio para transmisión por cadena

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Nota: Se selecciona el valor de 1.5 ya que el tipo de impulso que se tiene es de un motor eléctrico y un tipo de carga en relación al accionamiento de rodillos

Remplazando valores tenemos:

$$\text{Potencia de diseño} = 1.5 \cdot (3/4) = 1.125 \text{ hp}$$

Calculo de la relación deseada

$$\text{Relación} = \frac{60 \text{ rpm}}{48 \text{ rpm}} = 2.8$$

La relación deseada obtenida es 2.8, según el libro de Robert Mott; Diseño de elementos de máquinas el cual establece que la relación de velocidad no debe sobrepasar de 7.0, por lo tanto nuestro valor obtenido es aceptable.

Calculo de la cantidad de dientes de la catarina conducida

Para poder determinar el número de dientes de la catarina conducida es necesario asumir el número de dientes de la catarina motriz, este valor se lo ha tomado del libro de Robert Mott; Diseño de elementos de máquinas el cual establece, que para una buena transmisión el número de dientes mínimo para una catarina conductora es de 19 dientes, para obtener dicho valor se emplea la ecuación.

Ecuación 3.9: Número de dientes de la catarina conducida

$$N_2 = N_1 * \text{relacion}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Dónde:

N_1 = Número de dientes catarina motriz

N_2 = Número de dientes catarina conducida

Remplazando valores tenemos:

$$N_2 = 19 * 2.8$$

$$N_2 = 53.2$$

Nota: el número de dientes encontrado en el mercado es de 54 dientes se ha tomado este valor para futuros cálculos.

Calculo de la velocidad angular final

Ecuación 3.10: Relación de reducción de velocidad

$$\frac{n_p}{n_g} = \frac{N_g}{N_p}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Dónde:

N_p = número de dientes catarina motriz

N_g = número de dientes catarina conducida

n_p = velocidad angular (motriz) / 60 rpm

n_g = velocidad angular deseada

Despejando:

$$n_g = n_p \left(\frac{N_p}{N_g} \right)$$

Reemplazando valores tenemos

$$n_g = 60 \left(\frac{19}{54} \right)$$

$$n_g = 21.11 \text{ rpm}$$

Calculo de los diámetros de paso de las catarinas:

Ecuación 3.11: Diámetro de paso catarina

$$D_1 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{N_1}\right)} \quad D_2 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{N_2}\right)}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Dónde:

p = paso cadena

N_1 = número de dientes catarina motriz

N_2 = número de dientes catarina conducida

Remplazando valores tenemos

$$D_1 = \frac{0.5 \text{ pulg}}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{19}\right)} = 3.037$$

$$D_2 = \frac{0.5 \text{ pulg}}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{54}\right)} = 8.599$$

Calculo de la longitud de la cadena en pasos

Ecuación 3.12: Longitud de la cadena

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Dónde:

L = longitud de la cadena.

N₁ = número de dientes de la catarina conductora.

N₂ = número de dientes de la catarina conducida.

C = distancia entre centros (se usara la parte media del intervalo recomendado, 40 pasos)

Datos:

N₁ = 19 dientes

N₂ = 54 dientes

P = 1/2 pulgadas

C = 40 pasos

Remplazando valores tenemos

$$L = 2(40) + \frac{54 + 19}{2} + \frac{(54 - 19)^2}{4\pi^2 * (40)}$$

$$L = 117.27 \text{ pasos}$$

Calculo de la distancia teórica entre centros

Ecuación 3.13: Distancia entre centros

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right]^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right]$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Dónde:

C = distancia entre centros.

L = longitud de la cadena.

N_1 = número de dientes de la catarina conductora.

N_2 = número de dientes de la catarina conducida.

Remplazando valores tenemos

$$C = \frac{1}{4} \left[1117.27 - \frac{54 + 19}{2} + \sqrt{\left[1117.27 - \frac{54 + 19}{2} \right]^2 - \frac{8(54 - 19)^2}{4\pi^2}} \right]$$

$$C = 39.99 \text{ Pasos}$$

O también:

$$39.99 \cdot (0.5 \text{ pulg}) = 19.95 \text{ pulg}$$

Calculo del Angulo de contacto de la cadena en cada catarán

Ecuación 3.14: Angulo de contacto de la cadena en la catarina

$$\theta_1 = 180^\circ \pm 2 \text{sen}^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right]$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Para la catarina pequeña:

Nota: El ángulo en contacto mínimo debe ser 120° para catarinas pequeñas (Robert L. Mott, 2006).

$$\theta_1 = 180^\circ - 2\text{sen}^{-1}\left[\frac{54 - 19}{2 * (39.99)}\right]$$

$$\theta_1 = 128.09^\circ$$

Como es mayor que 120° es ACEPTABLE

Para la catarina grande

$$\theta_2 = 180^\circ + 2\text{sen}^{-1}\left[\frac{54 - 19}{2 * (12.9)}\right]$$

$$\theta_2 = 231.9^\circ$$

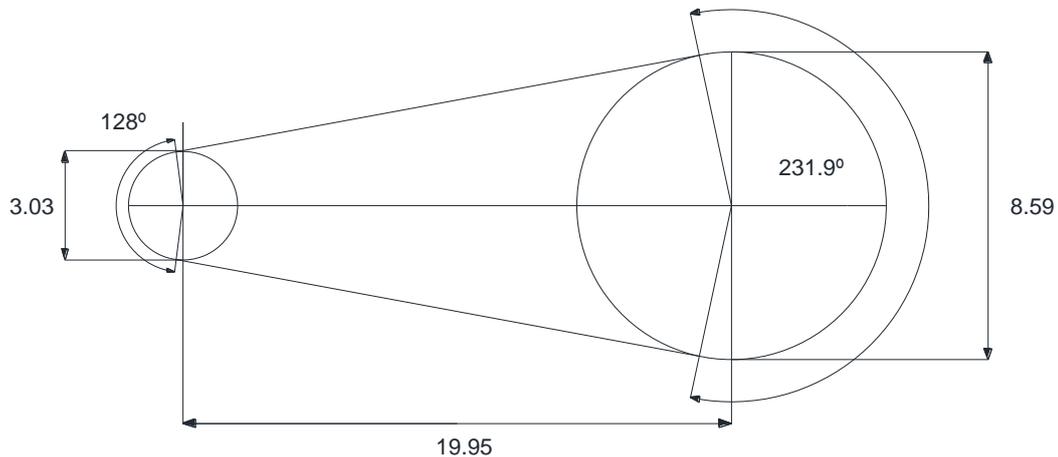


FIGURA 3.9: Diagrama catarinas cadena

Fuente: Autor

Mediante los datos obtenidos previamente se procede a seleccionar la cadena a utilizar, a través de la capacidad de potencia, basando el análisis en las revoluciones por minuto que genera el motorreductor y el número de dientes de la catarina motriz que es de 19 dientes de la tabla 7.5 del libro de Robert Mott; Diseño de elementos de máquinas véase en el anexo VI

Datos:

19 = número de dientes piñón motriz

60= rpm generadas por el motorreductor

Se procede a realizar una interpolación de la tabla 7.5 que se encuentra en el anexo VI con los datos obtenidos, para conseguir el valor de la capacidad de potencia el cual arroja un valor 1.185 hp.

Potencia de diseño \leq capacidad de potencia

$$1.125 \text{ hp} \leq 1.185 \text{ hp}$$

Se comprueba que la capacidad en caballos de fuerza que soporta la cadena es mayor a la potencia de diseño encontrada en la sección 3.4.1.5.2.1

Resumen del diseño:

Paso: de la cadena número 40, ½ pulgada de paso

Longitud: 117.27 pasos = $117.27 \cdot (0.5) = 58.64$ pulgadas

Distancia entre centros: $C = 19.95$ pulgadas (máxima)

Catarina: hilera simple, número 40, ½ de pulgada de paso

Pequeña: 19 dientes, $D = 3.037$

Grande: 54 dientes, $D = 8.599$

Nota.- para la selección de la cadena véase el prontuario de máquinas en el apéndice VI, se debe seleccionar siempre la cadena y la catarina del mismo número ya que así se tiene una transmisión compatible entre dichos elementos.

3.4.1.5.2.1.1 FUERZAS PRODUCIDAS POR LA CATARINA

Es de importancia el cálculo de las fuerzas de transmisión de movimiento por la catarina, puesto que, es el punto de partida para poder dimensionar el eje del rodillo laminador.

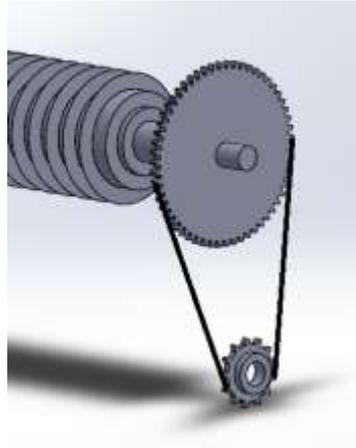


FIGURA 3.10: Trasmisión por cadena, recuperado SolidWorks 2013

Fuente: Autor

Para poder observar las fuerzas que actúan sobre la catarina es necesario la realización de un diagrama de cuerpo libre, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones.

- La catarina A es la catarina motriz.
- La cadena tiene un lado tensionado el cual produce el par torsional en cada catarina. El otro lado de la cadena llamado lado flojo, no ejerce fuerzas sobre la catarina. Por lo tanto, la fuerza flexionante total sobre el eje que sostiene la catarina es igual a la tensión del lado tenso de la cadena.
- Debido a que la transmisión de movimiento se realiza por cadena de rodillos, las fuerzas producidas por la cadena son perpendiculares al diámetro de paso de las catarinas.

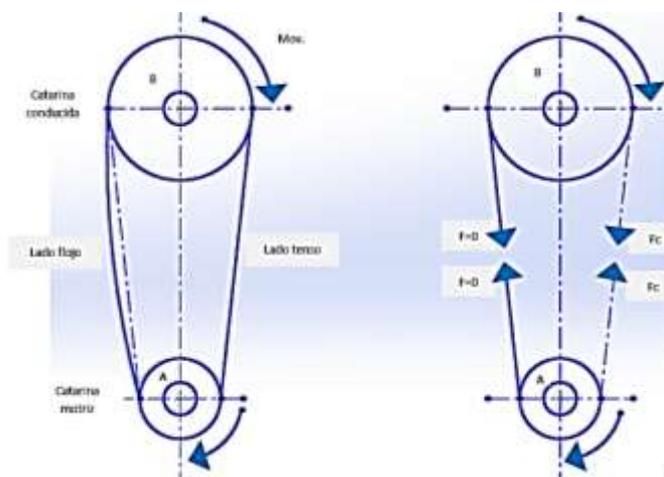


FIGURA 3.11: Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Autor

En la figura 3 .10 y 3 .11 se puede observar la transmisión por cadena que se utilizara para mover el rodillo y un diagrama de cuerpo libre de las fuerzas que actúan sobre la catarina.

Mediante la potencia entregada por el motor se procede a encontrar el par torsional que se transmite a las catarinas.

Ecuación 3.15: Par torsional

$$T = \frac{P}{2\pi * w}$$

Fuente: (Northon, 2014)

Dónde

T = par torsional

P = potencia

w = velocidad entregada por el motorreductor

T_A = par torsional que ejerce el eje sobre la catarina A

Datos:

$P = 0,75 \text{ HP o } 559,27 \text{ WAtts}$

$w = 60 \text{ rpm}$

Remplazando valores tenemos

$$T_A = \frac{559,27 \text{ W}}{2\pi \times 60\text{rpm}}$$

$$T_A = \frac{559,27 \text{ W}}{2\pi \frac{\left(60 \frac{\text{rev}}{\text{min}}\right)}{\left(60 \frac{\text{seg}}{\text{min}}\right)}}$$

$$T_A = \frac{559,27 \text{ Kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^3}}{2\pi \times 1 \frac{\text{rev}}{\text{seg}}}$$

$$T_A = \frac{559,27 \text{ Kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{m}}{2\pi \times 1} = 89,01 \text{ N. m}$$

Conocido el par torsional que ejerce el eje sobre la catarina A se puede obtener la fuerza ejercida en la catarina.

Ecuación 3.16: Fuerza flexionante

$$F_c = \frac{T_A}{\text{Radio de paso}_{\text{catarina B}}}$$

Fuente: (Northon, 2014)

Dónde:

F_c = fuerza flexionante

T_A = par torsional que ejerce el eje sobre la catarina

Para obtener el radio de paso de la catarina B, se ha tomado dicho valor del catálogo de catarinas Martin basándonos en el número de dientes (z) y el paso de la catarina que es 1/2" véase anexo VII

Dónde:

*Diámetro de paso*_{catarina A} = 77.16mm o también 0.07716 m

*Diámetro de paso*_{catarina B} = 219.29mm o también 0.2192 m

Remplazando valores tenemos

$$F_c = \frac{89,01 \text{ N.m}}{0,07616/2 \text{ m}}$$

$$F_c = 2337.45 \text{ N}$$

T_B = Par torsional de reacción que ejerce el eje sobre la catarina B

$$T_B = F_c * \text{Radio de paso}_{\text{catarina A}}$$

$$T_B = 2337.45 \text{ N} * 0,21843/2 \text{ m}$$

$$T_B = 255,28 \text{ N.m}$$

Ecuación 3.17: Componentes de la fuerza flexionante

$$\mathbf{FC} = (F_{cy} \pm F_{cz})$$

$$FC = (Fc \cdot \cos \theta \mathbf{j} \pm Fc \cdot \sin \theta \mathbf{k})$$

Fuente: (Northon, 2014)

Para encontrar el Angulo se toma los valores del radio de paso tanto de la catarina A como la de B utilizando el catálogo de Martin

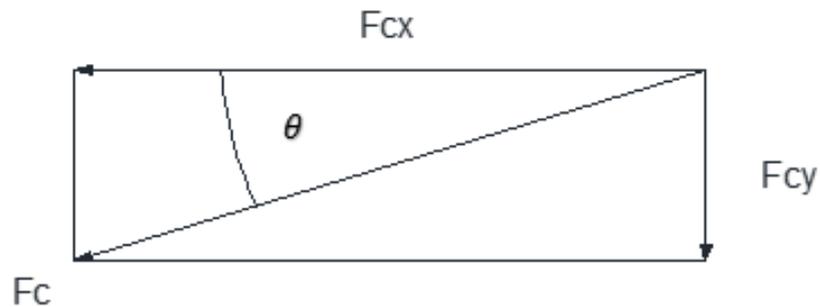


FIGURA 3.12: Distribución de fuerzas

Fuente: Autor

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{71.02}{506.73}$$

$$\theta = 7.9^\circ$$

Reemplazando valores tenemos

$$FC = (Fc \cdot \cos 7.9^\circ \mathbf{j} \pm Fc \cdot \sin 7.9^\circ \mathbf{k})$$

$$FC = (2337.45 \cdot \cos 7.9^\circ \mathbf{j} \pm 2337.45 \cdot \sin 7.9^\circ \mathbf{k})$$

$$FC = (-2315.26 \mathbf{j} - 321.27 \mathbf{k}) \text{ N}$$

3.4.1.6 DISEÑO DEL EJE DEL RODILLO DE CORTE

Para poder realizar el diseño del eje del rodillo de corte se debe tener en cuenta todas las fuerzas y torques que actúan sobre el mismo para de esta manera poder seleccionar de la manera más adecuada su diámetro.

3.4.1.6.1 FUERZAS EN EL EJE

En la figura se puede observar todas las fuerzas que actúan sobre el rodillo de corte.

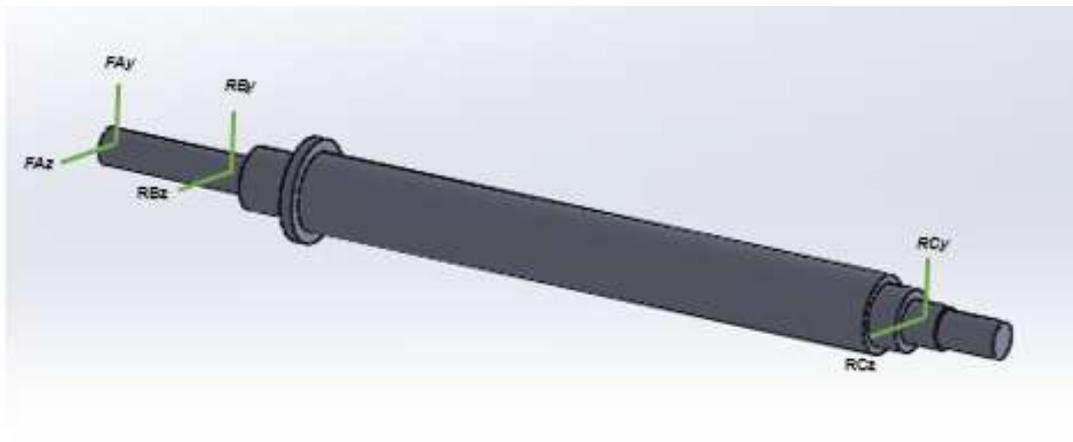


FIGURA 3.13: Rodillo cortador, recuperado SolidWorks 2013

Fuente: Autor

Datos:

$F = 5677,4\text{N}$ Valor obtenido de la sección 3.4.1.3

$F_A = F_C = (-2315.26\text{ j} - 321.27\text{ k})\text{ N}$ Tomado de la sección 3.4.1.5.2.1.1 fuerzas flexionantes

Al analizar las figuras 3.13 con el programa MD-SOLID se obtuvo los respectivos diagramas de cortes y momentos, para así encontrar el valor del momento máximo (ver Figura 3.14 y Figura 3.15).

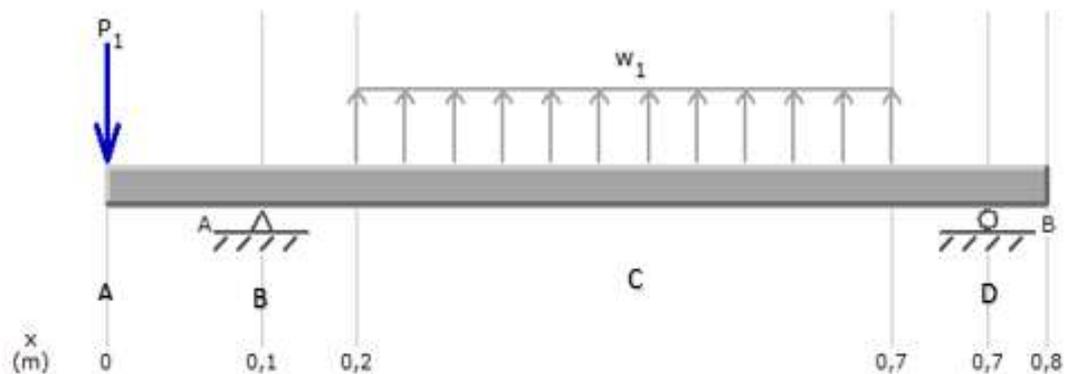


Diagrama de cortes y momentos plano x - y

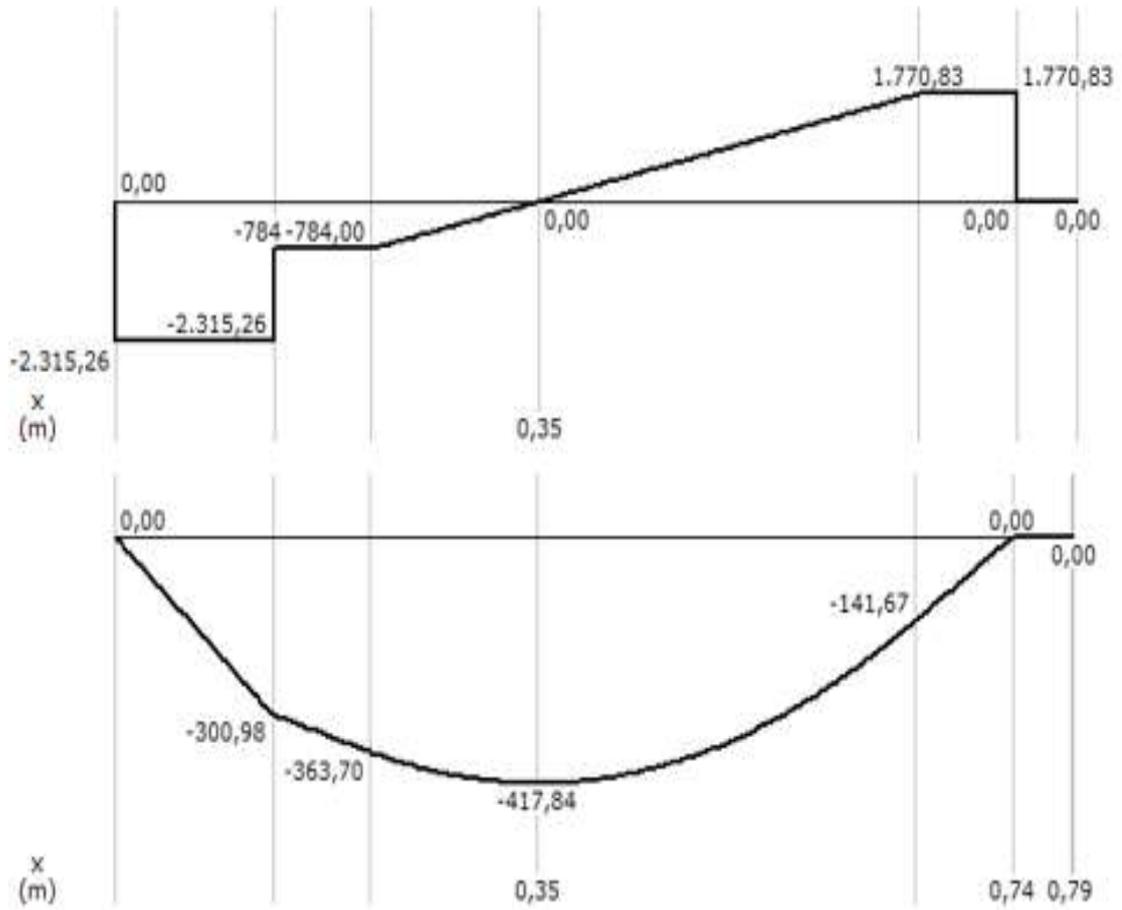


FIGURA 3.14: Diagrama de cortes y momentos x-y

Fuente: Autor (MD-Solid)

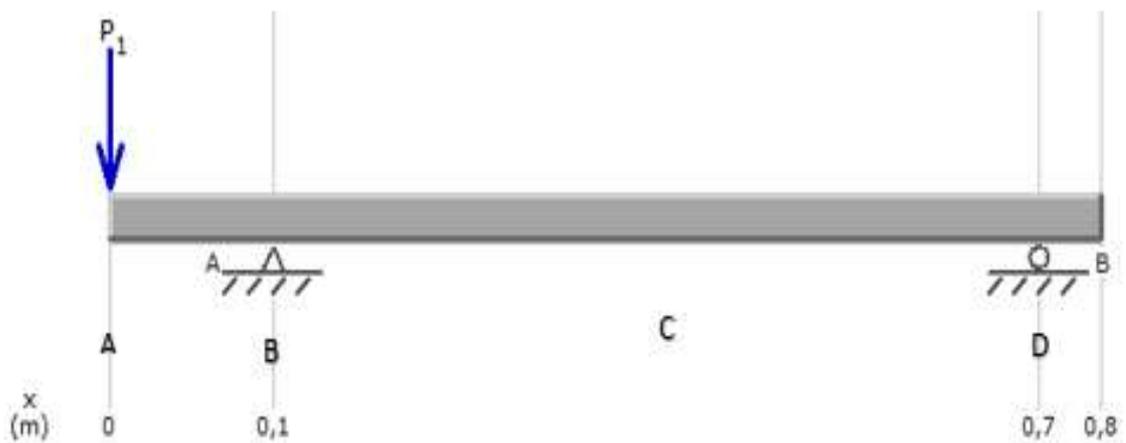


Diagrama de cortes y momentos plano x - y

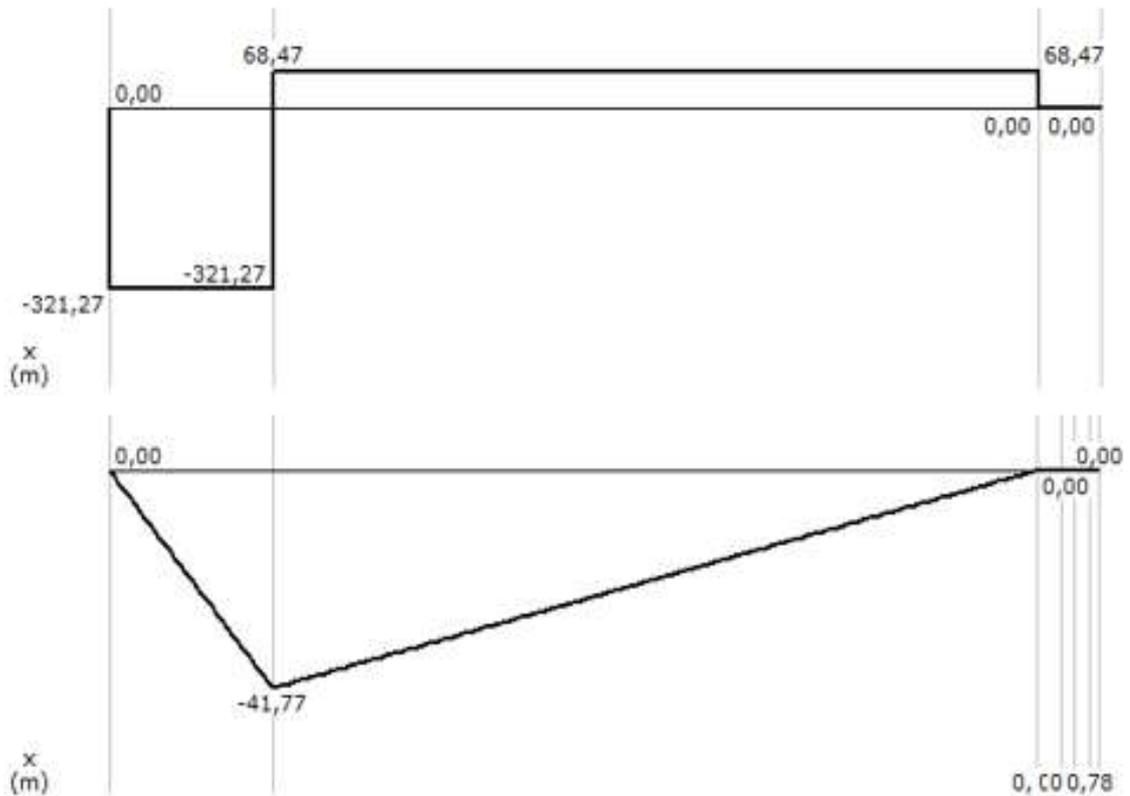


FIGURA 3.15: Diagrama de cortes y momentos x-z

Fuente: Autor (MD-Solid)

$$R_B = (R_{Bx} + R_{By})$$

$$R_B = (389,74j + 1531,26k) [N]$$

$$R_B = (R_{Dx} + R_{Dy})$$

$$R_B = (-68,47j - 1770,83k)[N]$$

3.4.1.6.1.1 DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN

Una vez analizado los diagramas de momentos proporcionados por el programa de MD-SOLIDS se utiliza dichos datos para realizar el diseño del eje basándose en el libro (Robert L. Mott, 2006), donde se utilizara las diferentes ecuaciones para obtener los diámetros necesarios para su posterior construcción.

Ecuación 3.18: Momento resultante

$$M = \sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Ecuación 3.19: Diseño para ejes

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{K_t M}{S'_n}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

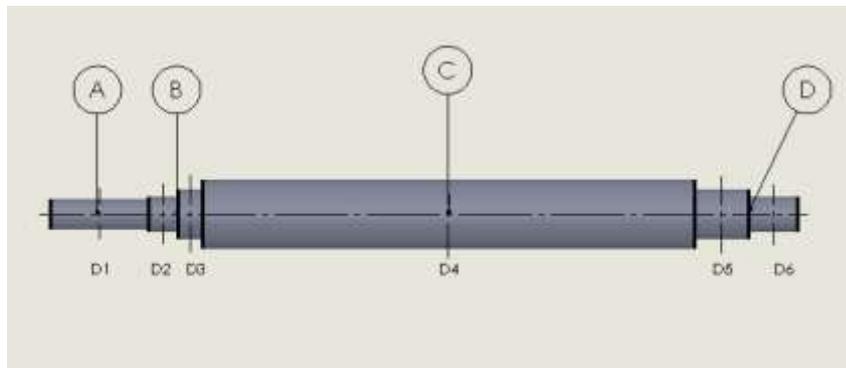


FIGURA 3.16: Diámetros del eje rodillo laminador

Fuente: Autor (SolidWorks)

Una vez determinados los diámetros a encontrar hay que tener en cuenta el material del que va a ser construido este es de acero inoxidable AISI 304, para poder observar sus diferentes propiedades véase anexo VIII.

$$S_y = 241MPa = \text{resistencia a la fluencia}$$

Es necesario calcular la resistencia a la fatiga S'_n donde se incluyen todos los factores que afectan al eje.

Ecuación 3.20: Resistencia a la fatiga real estimada

$$S'_n = S_n * C_m * C_{st} * C_R * C_S$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

TABLA 3.1: Resistencia a la fatiga real sustituida factores

Resistencia a la fatiga real estimada		
Símbolo	Observaciones	Resultado
Resistencia a la fatiga		
S_n	Mediante la utilización del anexo V se puede obtener la resistencia a la fatiga teniendo como parámetro principal la resistencia a la tensión del material seleccionado.	250 MPa
Factor del material		
C_m	A través del anexo V se puede obtener el valor del factor de material deduciéndolo a través del material del cual se encuentra constituido el eje.	1
Factor tipo de esfuerzos		
C_{st}	De acuerdo a los esfuerzos presentes en el eje se puede obtener el factor de esfuerzos.	1
Factor de confiabilidad		
C_R	Según la tabla 5 – 1 (Ver anexo V) se puede especificar el factor de confiabilidad teniendo como parámetro la confiabilidad deseada por el diseñador.	0,81
Factor de tamaño		
C_S	Mediante la utilización del anexo V se puede obtener el valor del parámetro de tamaño cuyo parámetro es el diámetro	0,72

Fuente: Autor

Reemplazando en la ecuación 3.20

$$S'_n = 250 * 1 * 1 * 0,81 * 0,72$$

$$S'_n = 145,8 \text{ MPa}$$

- **Punto A (Diámetro 1)**

En este punto se encuentra la cadena la cual produce torsión en el eje, en este punto no existe otra fuerza por lo cual el momento flexionante en A = 0.

- **Punto B (Diámetro 2)**

En el punto B se encuentra un rodamiento este posee un chaflán agudo, el cual proporciona el tope al rodamiento a la izquierda del rodamiento se encuentra un chaflán bien redondeado. Los valores resultantes de dichos chaflanes se los tomo del libro (Robert L. Mott, 2006)

Chaflán bien redondeado $K_t = 1,5$

Chaflán agudo $K_t = 2,5$

Punto C (Diámetro 4)

En el punto C se encuentra ubicados los discos de corte por lo cual esta sección es la que se encuentra sometida a la máxima esfuerzo y su momento es máximo

Resultados

Punto A

Datos:

$$M_A = 0$$

$$T_B = 255,28 \text{ N.m}$$

$$N = 2$$

$$S_y = 241 \text{ MPa}$$

Reemplazando en la ecuación 3 .19

$$D1 = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{255,28}{241} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D1 = 0,027 \text{ m}$$

Punto B

Datos:

$$M_{Bz} = 41,77 \text{ N.m}$$

$$M_{By} = 300,98 \text{ N.m}$$

$$K_t = 1,5 \text{ Chaflán bien redondeado}$$

$$K_t = 2,5 \text{ Chaflán agudo}$$

$$S'_n = 145,8 \text{ MPa}$$

$$S_y = 241 \text{ MPa}$$

Reemplazando en la ecuación 3.18

$$M_B = 303,86 \text{ N.m}$$

Reemplazando en la ecuación 3.19

$$D2 = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{1,5 * 303,86}{145,8}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{252,85}{241}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D2 = 0,040 \text{ m}$$

$$D3 = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2,5 * 303,86}{145,8}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{252,85}{241}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D3 = 0,047 \text{ m}$$

Punto C

$$M_{Bz} = 26,7 \text{ N.m}$$

$$M_{By} = 417,84 \text{ N.m}$$

$$K_t = 2,5 \text{ Chaflán agudo}$$

$$S'_n = 145,8 \text{ MPa}$$

$$S_y = 241 \text{ MPa}$$

Reemplazando en la ecuación 3.18

$$M_B = 418,69 \text{ N.m}$$

Reemplazando en la ecuación 3.19

$$D4 = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{1,5 * 418,69}{145,8}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{252,85}{241}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D4 = 0,052 \text{ m}$$

Los diámetros resultantes son los siguientes véase tabla 3.2.

TABLA 3.2: Diámetros finales

Diámetros	Valores teóricos	Valores reales
D1 , D6	0.027 m	0.030 m
D2	0.040 m	0.040 m
D3,D5	0.047 m	0.047 m
D4	0.052 m	0.055 m

Fuente: Autor

Nota: el diámetro D1, D6 tiene una medida final de 0.030 m ya que en el mercado resulta más fácil obtener un rodamiento de esta dimensión y el diámetro D4 depende directamente del diámetro del eje que se encontró en el mercado, se dejó esa medida para evitar el maquinado del mismo.

3.4.1.7 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

El tamaño del rodamiento para una aplicación se selecciona inicialmente en base a su capacidad de carga, en relación con las cargas que tendrá que soportar y según las exigencias de duración y fiabilidad.

Datos:

- Velocidad angular =3,75 rpm
- Carga radial = $(R_y + R_z) = (389,74j + 1531,26k)$ vease en la sección 3.4.1.6.1
- Carga axial = 0

Carga radia y carga axial

El valor de las cargas se las obtiene del diagrama de corte, estas son los resultados obtenidos en las reacciones.

Ecuación 3.21: Carga axial y radial

$$F_a = 0$$

$$F_r = \sqrt{(Ry^2 + Rz^2)}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Dónde:

F_r = Carga radial real del rodamiento

F_a = Carga axial real del rodamiento

Remplazando valores tenemos:

$$F_a = 0$$

$$F_r = \sqrt{(RAy^2 + RAz^2)}$$

$$F_r = \sqrt{(389.74^2 + 1531.26^2)}$$

$$F_r = 1580.1 \text{ N}$$

Vida nominal requerida

Vida nominal requerida (L_{10})= 20000 horas véase figura 3.17 Este valor depende generalmente del tipo de elemento que se considere y de las exigencias en lo referente a la vida en servicio, responsabilidad del componente y la fiabilidad del mismo.

$$3.75 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * 20000 \text{ h} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 45 \times 10^5 \text{ rev}$$

Clase de Máquina	L_{10}
Electrodomésticos, Máquinas agrícolas, Instrumentos, aparatos para uso médico.	300-3000 horas
Máquinas utilizadas en periodos cortos: Elevadores para talleres, maquinas para la construcción, máquinas-herramienta portátiles	3.000-8000 horas
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento en periodos cortos o intermitentes: Ascensores, grúas para mercancías.	8.000-12.000 horas
Máquinas para 8 horas de trabajo diaria no totalmente utilizadas: Máquina-herramienta, grúas para material a granel, ventiladores, cintas transportadoras, imprentas, centrifugadoras...	20.000-30.000 horas
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: Cajas de engranajes para laminadoras, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción de minas, bombas, maquinaria textil...	40.000-50.000 horas

FIGURA 3.17: Guía de valores requeridos de la vida nominal para diferentes clases de maquinas

Fuente: (Catalogo SKF, Rodamientos, 2011)

Ecuación 3.22: Vida esperada

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Dónde:

L_{10} Vida nominal en millones de revoluciones

C Capacidad de carga dinámica en Newtons

P Carga dinámica equivalente en Newtons

n Exponente de la fórmula que vale:

$n = 3$ para rodamientos de bolas

$n = 10/3$ para rodamientos de rodillos

Reemplazando valores tenemos:

$$P = xF_r + yF_{ra} \quad \frac{F_a}{F_r} > e$$

$$P = F_r \quad \frac{F_a}{F_r} < e$$

$$45 = \left(\frac{C}{1580.1}\right)^3$$

$C = 5620.25\text{N}$ o también 5.62 KN

Mediante la tabla obtenida del catálogo SKF de rodamientos véase anexo XV, se ha seleccionado un rodamiento rígido de una hilera de bolas que cuenta con las siguientes características:

Designación del rodamiento = 61906

Velocidad de referencia = 30000 rpm

Capacidad de carga dinámica = 7.28 KN

Diámetro interno = 30mm

Diámetro externo = 47 mm

Donde se puede apreciar que la capacidad de carga dinámica calculada es menor a la capacidad de carga dinámica obtenida por lo tanto se sobredimensionando la vida nominal del rodamiento.

CCD CALCULADA < CCD OBTENIDA

$$5.62 < 7.28$$

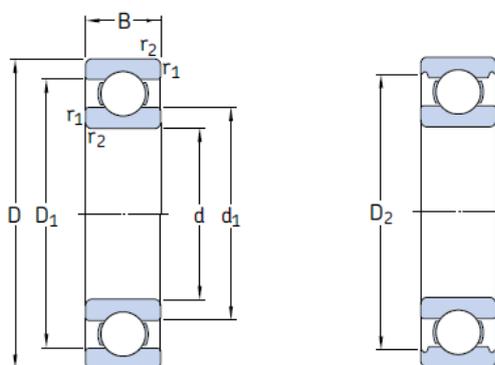


FIGURA 3.18: Rodamiento rígido de una hilera

Fuente: (Catalogo SKF, Rodamientos, 2011)

3.4.1.8 SELECCIÓN DE DISCOS DE CORTE

Los discos de corte se seleccionan en base al material del cual van a estar contruidos, en nuestro caso se utiliza un acero inoxidable AISI 420, las especificaciones de este material se las detalla en la (sección 1.7.1.3), dicho disco de corte posee un diámetro exterior de 160mm y un diámetro interior de 55 mm el área que estará sometida al contacto de corte cuenta con un filo este facilita el corte de la masa de granola (véase Figura 3.19).



FIGURA 3.19: Selección disco de corte, recuperado SolidWorks 2013

Fuente: Autor

3.4.1.9 SELECCIÓN DE SEPARADORES

Los separadores realizan la función de separar los discos de corte a una cierta distancia. La medida de cada separador será de 28 mm de ancho, 105 de diámetro exterior y 55mm de diámetro interior, dicha medidas son parámetro de construcción por parte de la empresa “industrial productos el chinito S.C.C”. (Véase Figura 3.20).



FIGURA 3.20: Separador, recuperado SolidWorks 2013

Fuente: Autor

El material utilizado para los separadores, es el duralon ya que es un material que se lo utiliza en la industria de bebidas, cárnica y alimenticia en general. (Aprobación FDA-CFR 21 párrafo 177-1500) donde establece que se puede utilizar con seguridad como componentes de artículos destinados a uso en contacto con la comida para más información véase anexo XIV.

3.4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE VERTICAL

Para el desarrollo del presente sistema, luego de analizar diversas alternativas a través del método ordinal corregido de criterios ponderados, véase en la sección 2.3.1, se pudo observar que el sistema más idóneo que se adapta a las condiciones del corte vertical, es el corte con cizalla accionada por pistón neumático.

Este sistema es el encargado de cortar la masa de granola verticalmente utilizando una guillotina, la misma que se acciona mediante un cilindro neumático esta hará contacto con la banda transportadora en cada corte. (Véase Figura 3.21).

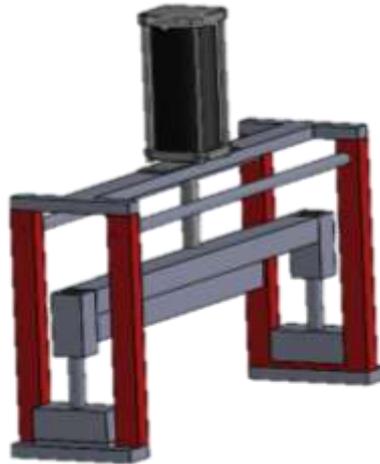


FIGURA 3.21: Sistema de corte vertical, recuperado SolidWorks 2013

Fuente: Autor

3.4.2.1 DISEÑO DE LA GUILLOTINA

Esta guillotina es la encargada de cortar la masa de granola verticalmente para dimensionar dicha guillotina se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El corte que va a realizar la guillotina sobre la masa de granola previamente laminada es de un espesor de 15mm.
- La longitud de masa de granola a cortar en cada ciclo es de 450mm.
- La guillotina debe ser de acero inoxidable AISI 420, este es el material que mejor se adapta a las condiciones de corte
- Los componentes que se acoplan a la guillotina tienen que ser de fácil mantenimiento y remplazo.
- Fácil limpieza.

En base a los aspectos anteriormente señalados se tiene:

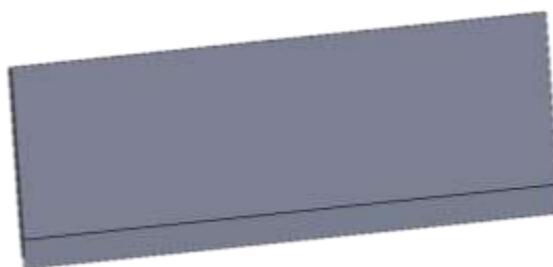


FIGURA 3.22: Guillotina, recuperado SolidWorks 2013

Fuente: Autor

3.4.2.2 SELECCIÓN DE UN CILINDRO NEUMÁTICO Y SENSOR MAGNÉTICO PARA EL SISTEMA DE CORTE VERTICAL

Para seleccionar el cilindro neumático con el que va a funcionar nuestro sistema de corte se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- La fuerza con la que va a trabajar el cilindro neumático.
- La presión de trabajo que subministra el compresor.

El sistema está soportando un peso de 7,5 kg aproximadamente de los elementos que conforman el sistema; se sobredimensiona dicho peso por cuestión de seguridad en un 140% y se supone un peso de 10 kg.

La presión de trabajo que entrega el compresor de la empresa es de 76.72 psi.

Tomando en cuenta que la fuerza necesaria será el peso de los elementos teniendo así:
 $F= 10\text{kg}$.

Ecuación 3.23: Fuerza neumática necesaria

$$F= A \times P$$

Fuente: (Solé, 2011)

Dónde:

F= fuerza neumática necesaria

A= área del embolo

P= presión dada por el compresor

Remplazando en la ecuación 3.23 se tiene:

$$10=(A \times 5.29 \text{ bares})$$

$$A=\frac{10}{5.29 \text{ bar}}$$

Para transformar de bares a $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ se multiplica por 1.02

$$A=\frac{10}{5.29 \times 1.02}$$

$$A= 1.85 \text{ cm}^2$$

Para encontrar el diámetro del embolo se despeja y reemplaza los resultado de la ecuación 3.24

Ecuación 3.24: Área del embolo

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Fuente: (Solé, 2011)

Remplazando valores se tiene:

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1.85}{\pi}}$$

$$D = 1.53 \text{ cm}$$

En la selección del cilindro neumático se ha seleccionado uno de 5cm de diámetro debido a su ergonomía de fácil adaptación al sistema de corte vertical y una carrera de 4cm ya que es la distancia que se necesita para producir el movimiento de la guillotina. Las características del cilindro neumático seleccionado se encuentran en la tabla 3.3.

TABLA 3.3: Características técnicas del cilindro neumático

	E.MC
Serie/Tipo	FVBC 40X50-S
Ø Émbolo	50mm
Carrera	40mm
Tipo	Doble acción
Temperatura de trabajo	5, 70°
Fluido	Aire comprimido
Presión	4 - 8 bares

Fuente: Autor

Con los datos obtenidos se procede a calcular el área del embolo empleando la ecuación 3.24.

$$A = \frac{\pi * 0.05^2}{4}$$

$$A = 0.00196 \text{ m}^2$$

Obtenida la área del embolo se procede a calcular la fuerza producida por el pistón empleando la ecuación 3.23

$$F = (529000Pa) \cdot (0.00196m^2)$$

$$F = 1036,84 \text{ N}$$

Se determina un cilindro neumático de doble efecto con un embolo de diámetro 50 mm, a una presión de 0.529 Mpa que da como resultado una fuerza de 1036,84 N. Este pistón cuenta con las siguientes características que hacen que sea ideal para la implementación en el sistema:

- La serie FV viene con ranura en la camisa del cilindro y al final cubiertas para un montaje más conveniente del sensor magnético véase la figura 3.23.
- Los cilindros neumáticos serie FX tienen la cubierta con acabado estilo Festo y barril.
- Cojín ajustable en ambos extremos del cilindro para asegurar de que el cilindro funciona sin problemas, de forma segura y con bajo nivel de ruido.
- Con el cojinete autolubricante, el vástago del pistón es de libre lubricación.



FIGURA 3.23: Cilindro neumático

Fuente: FVBC; Catalogo Standard Cylinder, 2011

Para conocer la posición del pistón se implementa un sensor magnético, la selección del sensor magnético se la realiza a través de la estructura del pistón se ha seleccionado el sensor HX-03R tipo NPN con un voltaje de 5–30 DC (véase figura 3-24)



FIGURA 3.24: Sensor magnético HX-15N

Fuente: FVBC; Catalogo Standard Cylinder, 2011

Para la activación del cilindro neumático se ha implementado una electroválvula de marca Festo véase figura 3.25, cuyas características técnicas y razones por la cual fue seleccionada se detallan en la Tabla 3.4.



FIGURA 3.25: Electroválvula MFH-5-1/4

Fuente: (Festo, 2014)

TABLA 3.4: Características técnicas de la electroválvula

Parámetro	Valor
Serie	MFH-5-1/4
Presión de funcionamiento	2.2 a 8 bares
Tipo	5/2 monoestable
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Voltaje solenoide	110VAC
Tipo de reposición	Muelle mecánico
Tipo de protección	IP65
Caudal nominal	500l/min
Temperatura del medio	-10...60°C
Conexión del tiempo de conmutación	8ms
Peso del producto	270g

Fuente: (Festo, 2014)

3.4.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA BASE

Ahora se analiza la estructura base (véase Figura 3.26), ya que es un elemento de suma importancia en la construcción de nuestra máquina. El diseño de la estructura está constituida mediante perfiles en acero ASTM-36, cuyo valor de resistencia de fluencia es de 250 Mpa véase anexo III

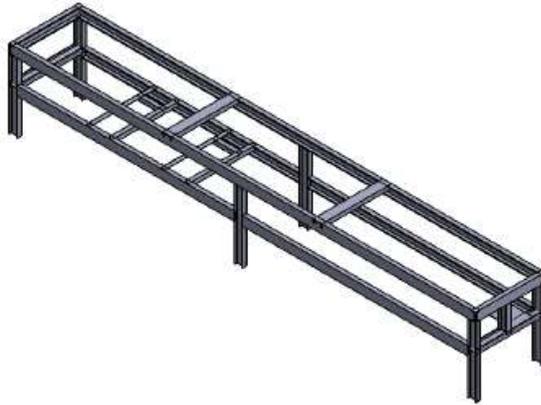


FIGURA 3.26: Estructura base, recuperado SolidWorks 2013

Fuente: Autor

Los parámetros de diseño de nuestra estructura base se los detalla en la (sección 3.3)

3.4.3.1 DETERMINACIÓN DEL MOMENTO MÁXIMO

Para la realización del análisis se seleccionó la sección B – C (Ver figura 3.27) debido a que la misma es la que soporta mayor carga.

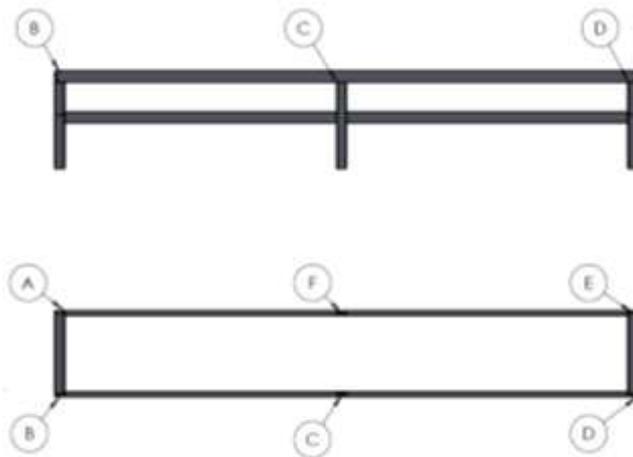


FIGURA 3.27: Soporte

Fuente: Autor

Mediante la utilización de MD-SOLIDS se obtuvo el momento máximo aplicado en la viga, en este programa se colocó las diferentes cargas que actúan sobre la viga (Ver figura 3.28), para de esta manera poder saber el valor de dicha incógnita.

Datos:

$P_1 = 1036,84 \text{ N}$ (Fuerza ejercida por la guillotina tomada de la sección 3.4.2.2)

$P_2 = 5677,4 \text{ N}$ (Fuerza ejercida por el rodillo cortador horizontal tomada de la sección 3.4.1.3)

$P_3 = 1729,9 \text{ N}$ (Fuerza ejercida por el rodillo laminador), datos obtenidos del trabajo de grado de Catherin Bayetero, véase en la sección 3.5 del mismo.

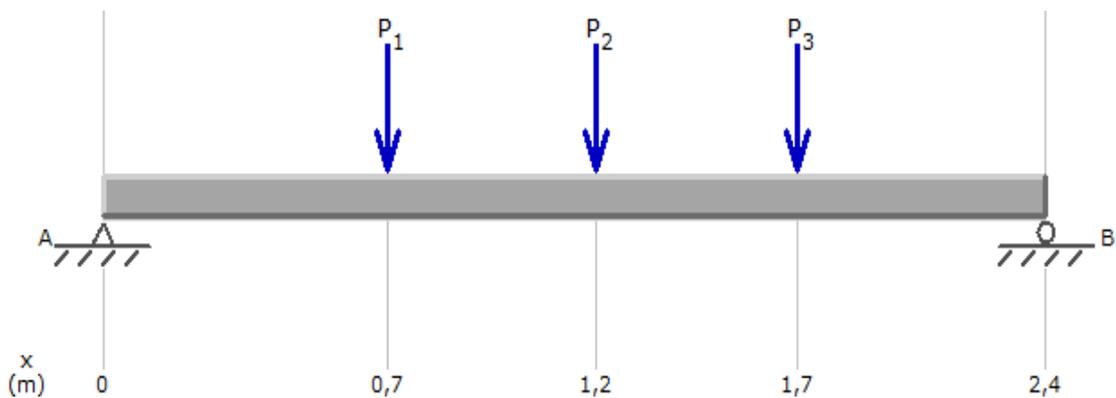
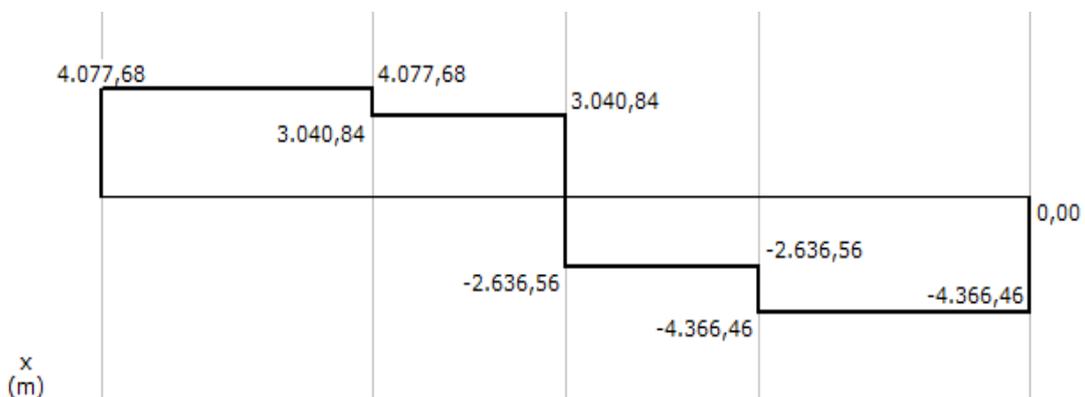


FIGURA 3.28: Análisis de la viga en MD-SOLID

Fuente: Autor

Al analizar la figura 3.28 con el programa MD-SOLIDS se obtuvo el diagrama de cortes y momentos para así encontrar el valor del momento máximo (ver figura 3.29).



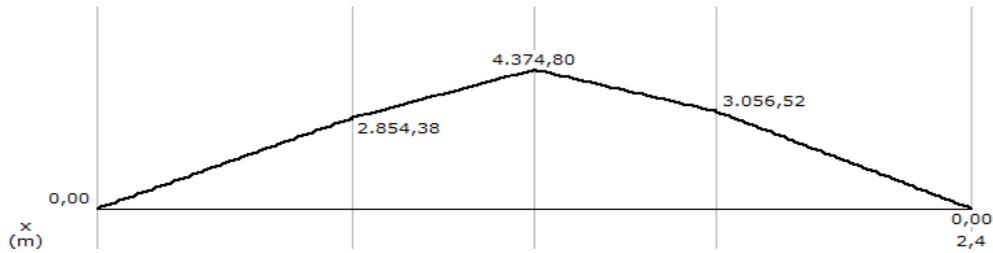


FIGURA 3.29: Diagrama de cortes y momentos

Fuente: Autor

Momento máximo resultante:

$$M_{max} = 4374,8 \text{ N.m también se expresa: } 4374800 \text{ N.mm}$$

3.4.3.2 MODULO DE SECCIÓN PARA LA VIGA

Ecuación 3.25: Módulo de sección

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_d}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Dónde:

FS Factor de seguridad

S_y Resistencia de fluencia

σ_d Esfuerzo de diseño

Ecuación 3.26: Modulo de sección

$$\sigma_d = \frac{M_{max}}{S}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Dónde:

S Módulo de sección

M_{max} Momento máximo = 4374800 N.mm véase sección 3.4.3.1

σ_d Esfuerzo de diseño

Mediante la ecuación 3.25 se puede determinar el esfuerzo de diseño asumiendo un factor de seguridad de 2 el cual se utiliza en un diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño (Robert L. Mott, 2006).

Reemplazando en la ecuación 3.25

Datos

$$FS = 2$$

$S_y = 250 \text{ MPa}$ (Resistencia a la fluencia ya que se utiliza acero ASTM-36 ver anexo III)

$$2 = \frac{250 \text{ MPa}}{\sigma_d}$$

$$\sigma_d = 125 \text{ MPa}$$

Reemplazando en la ecuación 3.26

$$125 \frac{N}{\text{mm}^2} = \frac{4374800 \text{ N} \cdot \text{mm}}{S}$$

$$S = \frac{4374800 \text{ N} \cdot \text{mm}}{125 \frac{N}{\text{mm}^2}}$$

$$S = 34998,4 \text{ mm}^3 \text{ o } 2,14 \text{ pulg}^3$$

3.4.3.3 SELECCIÓN DEL PERFIL ADECUADO

Observando los cálculos obtenidos se ha seleccionado un perfil C (ver figura 3.30).

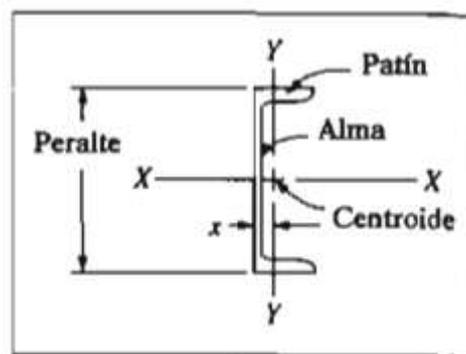


FIGURA 3.30: Perfil C

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Según la Tabla A16-2 (ver Anexo III), se selecciona el perfil C4 x 7.25 por poseer un módulo de sección en el eje x – x de $S = 2,29 \text{ pulg}^3$ el cual es similar al calculado que es de $S = 2,14 \text{ pulg}^3$.

En el mercado el perfil con características similares según DIPAC MANTA S.A (ver Anexo IV). Con una calidad de acero estructural A – 36 es la UPN 100 por tener un $I_x = 206 \text{ cm}^4$ o $4,95 \text{ pulg}^4$ que es similar al encontrado en la tabla A16 - 2 del perfil C4 x 7.25 con un $I_x = 191,05 \text{ cm}^4$ o $4,59 \text{ pulg}^4$.

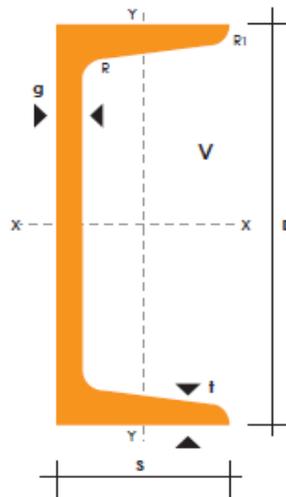


FIGURA 3.31: Perfil C

Fuente: DIPAC MANTA S.A

Altura (h)= 100 mm, Ancho (s)= 50 mm, Espesor (g) = 6 mm

3.4.4 DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

En consecuencia de que la banda transportadora es necesaria para ayudar en el transporte de la masa de granola y facilitar el proceso de corte tanto longitudinalmente como vertical, se enlistan algunos requerimientos

- Resistencia a una temperatura de 60 grados Celsius
- Superficie adecuada (la cual no permita que la granola se pegue).
- Su montaje sea sobre mesa.
- Que se adapte a un rodillo de 95 cm de diámetro.

La banda que se ha seleccionado cuenta con las siguientes características:

Banda Transportadora en Polyester, FDA Grado Alimenticio, color Blanco, 2 lonas, de 1,3mm espesor, para transporte sobre mesa, de 48cms ancho por 10,29mts de largo, vulcanizada sin fin, rango de temperatura de trabajo -20Grados a +80 Grados Centígrados, gira en rodillos mínimo de 6mm de espesor, Ref. UPRO 2/13WM. La hoja de datos se observa en el en el ANEXO IX

3.4.4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros se muestran en la tabla 3.5

TABLA 3.5: Parámetros

Datos	
Material	Masa de granola
Ancho de la banda	17.4"
Distancia centros de poleas	15.41 pies
Diámetro de rodillos (motriz, cola)	3.7"
Masa carga unitaria (mq)	2.2046 lb

Fuente: Autor

3.4.4.1.1 CALCULO DE LA BANDA COMPLETAMENTE CARGADA

Para obtener el valor de capacidad de carga de la banda transportadora se aplica la ecuación 3.27.

Ecuación 3.27: Capacidad de transportación

$$Q_t = m_q * \text{numero de granolas}$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Dónde:

Q_t = capacidad de transportación

m_q = masa de la carga unitaria

Datos:

$$m_q = 2.2046 \text{ lb}$$

Numero de granolas en un minuto = 75

Reemplazando

$$Q_t = 2.2046 * 75$$

$$Q_t = 165.3 \text{ [lb/min]}$$

3.4.4.1.2 CALCULO DE LA VELOCIDAD DE LA BANDA COMPLETAMENTE CARGADA

La velocidad lineal de la banda transportadora se calcula aplicando la ecuación 3.28, donde es necesario saber el tiempo de recorrido de la masa en una distancia determinada.

Ecuación 3.28: Velocidad lineal

$$V_t = \frac{L}{t}$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Dónde:

V_t = velocidad lineal de la banda transportadora

L = distancia recorrida

t = tiempo que tarda en recorrer la masa la distancia L

Datos:

$$L = 3.28 \text{ pies}$$

$$t = 1 \text{ min}$$

Reemplazando:

$$V_t = \frac{3.28 \text{ pies}}{1 \text{ min}}$$

$$V_t = 3.28 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

3.4.4.1.3 CALCULO DE LA TENSION DE LA BANDA TRANSPORTADORA

La tensión efectiva (T_E) es la tensión que es aplicada por medio del motor para hacer girar la banda transportadora y los elementos que giran sobre ella para poder calcular dicha tensión es necesario considerar tres componentes, tensión en vacío (T_x), tensión a plena carga (T_y) y la tensión para levantar la carga (T_z).

Aplicando la ecuación 3.29 se calcula la tensión necesaria para mover la banda sin carga y las partes impulsadas por las mismas.

Ecuación 3.29: Tensión necesaria

$$T_x = \mu * L_c * G$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Dónde:

T_x = tensión necesaria para mover la banda transportadora vacía

μ = coeficiente de fricción entre la banda y el rodillo

L_c = distancia entre centros del transportador

G = Peso de la banda, rodillos, poleas de contacto y cualquier otra polea girada por la banda, se expresa en lb/pie de longitud de banda véase tabla 3 anexo X, para transportadores menores de 150 pies entre centros de poleas, utilice los factores de corrección de la tabla 3 véase anexo X

Datos:

$\mu = 0,2$ (Ver anexo X)

$L_c = 15.41$ pies

$G = 15 * 2.7 = 40.5$ lb/pie

Reemplazando la ecuación 3.29:

$$T_x = 0,2 \times 15.41 \text{ pies} \times 40.5 \frac{\text{lb}}{\text{pie}}$$

$$T_x = 124.8 \text{ lb}$$

Una vez encontrada la tensión necesaria para mover la banda sin carga se calcula la tensión necesaria para moverla a plena carga, para lo cual empleamos la ecuación 3.30.

Ecuación 3.30: Tensión en plena carga

$$T_Y = \mu * L_c * Q$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Dónde:

Q = Capacidad de transporte en carga, se expresa, peso de la carga por unidad de longitud

T_y = tensión necesaria para mover la banda transportadora a plena carga

μ = coeficiente de fricción entre la banda y el rodillo

Para el cálculo de la capacidad de transportación en plena carga se emplea la ecuación 3.31.

Ecuación 3.31: Capacidad de transporte en carga

$$Q = \frac{33,3 * Q_t}{V_t}$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Dónde:

Q_t = capacidad de transportación

V_t = velocidad lineal de transportación de la banda

Datos:

$\mu = 0,2$ (véase ANEXO X)

$L_c = 15.41$ pies

$Q_t = 165$ [lb/min]

$V_t = 3.28 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$

Reemplazando la ecuación 3.31

$$Q = \frac{33,3 * 165.3 \text{ [lb/min]}}{3.28 \frac{\text{pies}}{\text{min}}}$$

$$Q = 1675.1 \left[\frac{\text{lb}}{\text{pies}} \right]$$

Reemplazando ecuación 3-30

$$T_Y = 0,2 * 15.41 \text{ pies} * 1675.1 \left[\frac{\text{lb}}{\text{pies}} \right]$$

$$T_Y = 5162.4 \text{ lb}$$

La tensión T_z la cual es la necesaria para levantar objetos es igual a 0 debido a que la banda trabaja horizontalmente

Entonces la tensión efectiva T_E necesaria para mover la banda transportadora se obtiene aplicando la ecuación 3.32.

Ecuación 3.32: Tensión efectiva

$$T_E = T_x + T_y + T_z$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Reemplazando:

$$T_E = 124.8 + 5162.4$$

$$T_E = 5287.2 \text{ lb}$$

La tensión efectiva (T_E) es la tensión necesaria para mover la banda sin embargo, la tensión total máxima de la banda, en sistemas de transmisión por fricción (transportadores, elevadores, bandas planas de transición y en V) hay que introducir tensiones adicionales las cuales son consideradas como tensión en el lado flojo T_2 y lado tenso T_1 como se muestran en la figura 3.32.



FIGURA 3.32: Representación de las tensiones T1 y T2

Fuente: Autor

CALCULO TENSIONES ADICIONALES

Ecuación 3.33: Tensión lado flojo / retorno

$$T_2 = K * T_E$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Dónde:

K = 1,2 Factor de transmisión basado en el coeficiente de fricción, arco de contacto y tipo de tensor (véase ANEXO XI).

Reemplazando:

$$T_2 = 1,2 * 5287.2 \text{ lb}$$

$$T_2 = 6344.6 \text{ lb}$$

Ecuación 3.34: Tensión del lado tenso

$$T_1 = T_E + T_2$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Reemplazando:

$$T_1 = 5287.2 + 6344.6$$

$$T_1 = 11631.8 \text{ lb}$$

3.4.4.1.4 CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA

Para el movimiento de una banda transportadora es necesario de una potencia, la cual es conseguida a través de un motorreductor, para el cálculo de este parámetros se utiliza las siguientes ecuaciones.

Ecuación 3.35: Potencia en la polea motriz

$$P_m = \frac{T_e \times V_t}{33000}$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Dónde:

P_m= potencia en la polea motriz

T_e= es la tensión que el motor debe producir. Un caballo de fuerza es el trabajo a razón de 33000 lb- pie/min

V_t = velocidad lineal de transportación de la banda

Datos:

T_e= 5287.2 lb

V_t = 3.28 ^{pies}/_{min}

Remplazando valores se tiene:

$$P_m = \frac{5287.2 \times 3.28}{33000}$$

$$P_m = 0.53 \text{ Hp}$$

Una vez obtenido el valor de la potencia se emplea la ecuación 3.36, en la cual se toma en cuenta las pérdidas que existen y se obtiene un nuevo valor de potencia.

Ecuación 3.36 Corrección de potencia

$$P_e = \frac{P_s}{\eta_c \times \eta_r}$$

Fuente: (Pirelli, 1961)

Dónde:

Pe= Corrección de potencia

Ps = 0,53hp (Potencia de salida)

η_c = 98% (Rendimiento de la transmisión por cadena)

η_r = 74% (Rendimiento del reductor)

Reemplazando

$$P = \frac{0,53 \text{ HP}}{0,98 * 0,74}$$

$$P = 0,73 \text{ hp}$$

3.4.4.1.5 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA EL MOVIMIENTO DEL RODILLO FORMADOR

Los elementos que serán seleccionados deben cumplir los siguientes requerimientos.

$\omega = 3,75$ Rpm

$P = 0,73$ hp

En base a los datos de requerimiento del sistema de transporte se opta por seleccionar los siguientes componentes que a continuación se enlistan:

- Motorreductor
- Sistema de transmisión

3.4.4.1.5.1 SELECCIÓN DEL MOTOREDUCTOR

El motorreductor que se selecciona es uno de 0.75hp ya que no existe uno de la magnitud que dimensionamos por lo que se aproxima a un superior que exista en el mercado.

En base a dichos parámetros la selección adecuada será un reductor sin fin serie universal NORD SK 1SI 75/40-IEC80 véase (figura 3.33), el cual cuenta con una potencia nominal 0.55 [KW] equivalente a 3/4 hp y una velocidad de salida del reductor de 5.5 rpm.

P_1 [kW]	n_2 [min ⁻¹]	M_2 [Nm]	f_B	i_{ges}	i_{sch}	i_{vor}	F_R [N]	F_{RF} [N]	Modelo	Módulos del motorreductor					
									64 - 69 + 71 - 72	64 - 69	71 - 72	60 + 62	73	74	74
0,55	11	255	1,3	150	30	5	8000	8000	SK 1SI 75/40 – IEC80 – 80S/4	Números de pedido de los módulos					
7,4	354	1,0	225	30	7,5	8000	8000	60791300		60794000	60491050	60495030	33010020	33010046	
5,6	443	0,8	300	30	10	8000	8000	*		*	60491080	*	*	*	

FIGURA 3.33: Características motorreductor

Fuente: (NORD, s.f.)

La empresa “Industrial Productos El Chinito S.C.C.” dispone de un motorreductor marca BOSTON GEAR, el cual cuenta con una potencia de ¾, con una salida de 1425 rpm del motor, luego de pasar por la caja reductora obtiene una salida de 60 rpm por lo que para llegar a una velocidad angular de 3.75 rpm se acoplara un variador de frecuencia, dicho motor será implementado en el sistema, las características del mismo véase en la (tabla 3.6)

TABLA 3.6: Datos de la placa del motor seleccionado

Modelo	LN-80B4
Frecuencia	60 Hz
Potencia	3/4 hp
RPM	60
Voltaje	220 / 440 VAC
Amperaje	2,1 / 2,9 A

Fuente: Autor

3.4.4.1.5.2 SELECCIÓN VARIADOR DE FRECUENCIA

El motor a controlar es de ¾ de hp tiene la misma potencia del motor a utilizar para el sistema de corte longitudinal por ende se realiza la misma selección véase sección 3.4.1.5.1.1, en la tabla 3.7 se puede apreciar las diferentes características

TABLA 3.7: Características CFW-10 Weq

Modelo	CFW10
Corriente Nominal	0.016 / 1.6 A
Potencia máxima del motor	1 HP
Voltaje	220 / 240 VAC

Fuente: Catalogo WEG - CFW10, 2011

Para más especificaciones (Ver Anexo XII).

3.4.4.1.5.3 SISTEMA DE TRASMISIÓN

En consecuencia a que la velocidad angular requerida es demasiado baja y se necesita tener un torque elevado para que en el instante del traslado de la granola la banda no se pare, por causa de la fuerza ejercida por la masa al momento de ser cortada, se ha visto necesario realizar una relación de transmisión a base de piñones (catarinas).

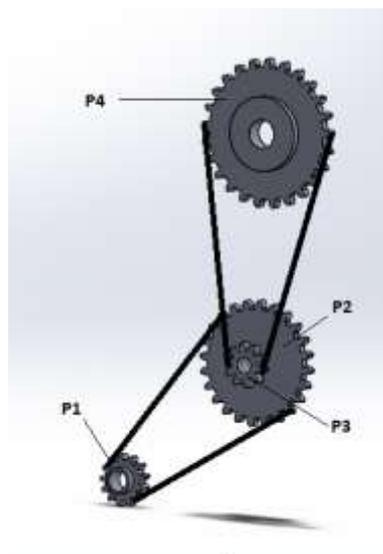


FIGURA 3.34: Relación de piñonera, recuperado SolidWorks 2013

Fuente: Autor

Analizando el factor de forma y los piñones que se ha encontrado en el mercado se tiene.

Piñón 1= 13

Piñón 2= 24

Piñón 3= 10

Piñón 4= 25

A continuación realizaremos cálculos para poder obtener la velocidad angular mínima posible y por efecto aumentar el torque resultante.

Ecuación 3.37: Relación de trasmisión

$$\frac{n_p}{n_g} = \frac{N_g}{N_p}$$

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

Dónde:

N_g = número de dientes piñón conducido

N_p = número de dientes piñón motriz

n_p = velocidad angular (motriz)

n_g = velocidad angular

Despejamos:

$$n_g = n_p \left(\frac{N_p}{N_g} \right)$$

Remplazando valores encontramos la primero velocidad

$$n_g = 60 \left(\frac{13}{24} \right)$$

$$n_g = 32.5 \text{ rpm}$$

$$n_g = 32.5 \left(\frac{10}{25} \right)$$

$$n_g = 13 \text{ rpm}$$

Mediante esta relación de piñones se logra obtener una velocidad angular de 13 rpm, esta velocidad es la adecuada para poderla variar a través de nuestro variador de frecuencia y así obtener la velocidad deseada que se necesita para realizar el corte de la granola sin perder el torque de nuestro motor.

3.5 SISTEMA DE CONTROL

Para la realización de este sistema de control, se utiliza un controlador lógico programable (PLC), el cual se encarga de la lógica de nuestra máquina se empleara componentes de marca Siemens ya que es una marca conocida que brinda garantía y confiabilidad en el mercado y que cuenta con una amplia gama de componentes que ayudan a la automatización de procesos.

3.5.1 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Para la selección del controlador lógico programable se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros

- Que posea salidas de rápida conmutación
- Que funcione a un voltaje de 24 VCA
- Tenga entradas para conteo rápido
- Cuente con una pantalla de visualización

3.5.1.1 ANÁLISIS DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES

Para determinar el PLC a utilizar se realiza una descripción de las características que se necesita para el control de todos los elementos de la máquina (véase en la tabla 3.8).

TABLA 3.8: Especificación digital

Función	Entradas Digitales	Salidas Digitales	Conexión	Detalle
Pulsador ON	X		12-24 VDC	Encendido
Pulsador OFF	X		12-24 VDC	Apagado
Pulsador de emergencia	X		12-24 VDC	Emergencia
Sensor magnético	X		12-24 VDC	Señal del pistón punto muerto inferior (PMI)
Sensor incremental	X		12-24 VDC	Contador de pulsos

Relé		X	110 VAC	Accionamiento variador de frecuencia
Relé		X	110 VAC	Accionamiento electroválvula
Luz piloto		X	110 VAC	Encendido y apagado luz piloto
Luz piloto		X	110 VAC	Encendido y apagado luz piloto

Fuente: Autor

Para lo cual sea seleccionado el PLC LOGO!12/24RC que es un controlador compacto y que cumple nuestros requerimientos ya que es uno de los más comunes y económicos y resulta fácil de encontrarlo en el país (véase figura 3.35), este nos permitirá, detectar el estado de los botones del tablero, censar la distancia de corte mediante la lectura de un sensor incremental, determinar la posición del pistón mediante el sensor magnético, accionar la electroválvula, activar los variadores, y encender las luces pilotos del gabinete.



FIGURA 3.35: LOGO!12/24RC

Fuente: Manual de Producto LOGO! Siemens; 2009

Para proteger las salidas de nuestro controlador lógico programable se ha implementado un relé electromagnético.

3.5.1.1.1 RELE ELECTROMAGNÉTICO

Nuestro controlador lógico programable cuenta con dos relés electromagnéticos, el tipo de relé se puede observar en la Figura 3.36.



FIGURA 3.36: Relé

Fuente: Autor

Los relés utilizados permiten soportar la carga que producen los elementos conectados a éste, con el fin de que si existe una sobrecarga el único perjudicado será el relé, más no las salidas del PLC, siendo esto coherente en tener que reemplazar un relé antes que un PLC. Las características del relé se muestran en la Tabla 3.9.

TABLA 3.9: Características relé marca Omron

Parámetro	Valor
Tensión nominal	110v AC
Tensión de conexión	110v AC
Contacto de corriente máx.	10A
Resistencia de bobina	1578 ohm
Tipo de bobina	CA
Tipo de uso	Uso general

Fuente: Autor

3.5.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL LOGO! 12/24RC

Las características principales con las cuales cuenta este controlador lógico programable se las ha resumido en la tabla 3.10 que a continuación se detalla.

TABLA 3.10: Características Generales del LOGO! 12/24 RC

Características	LOGO! 12/24V DC
Tensión de alimentación	12/24 VDC
Rango admisible	10,8 a 28,8 VDC
Protección contra inversión de polaridad	SI
Consumo de corriente 24 VDC	40 a 100 mA
Temperatura ambiente	0 a 55 C
Entradas digitales	8
Entradas analógicas	4
Salidas digitales	4
Tipo de salida	Relé
Corriente permanente	Max. 10 A por relé
Protección contra corto circuito	Requiere protección externa

Fuente: Autor

3.5.1.3 FUENTE DE PODER LOGO! POWER24 VDC

Logo! Power 24 VDC es una fuente de alimentación con control primario para equipos LOGO! Tienen una entrada de rango amplio de 85 a 264 V AC con una salida de 24 V DC y la posibilidad de instalarse en cuadros de distribución pequeños. Esta fuente es utilizada para suministrar la energía eléctrica al PLC, módulos de expansión, electroválvulas de los cilindros neumáticos y el HMI LOGO! TD. (SIEMENS, 2009).

En la tabla 3.11 se describen las características principales de la fuente utilizada.

TABLA 3.11: Características generales fuente Logo! Power 24 VDC

Características	LOGO! Power 24V/2.5 A
Tensión de entrada	100 a 240 VAC
Rango admisible	185 A 264 VAC
Frecuencia de red admisible	47 a 63 Hz
Compensación de fallos de tensión	40 ms(a 187 VAC)
Intensidad de entrada	1.22 a 0.66 ^a
Protección del dispositivo	Interna
Tensión de salida	24 VDC
Intensidad de salida	2,5 A

Fuente: Autor

3.5.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL

El diagrama de flujo del sistema de control véase figura 3.37, permite realizar con mayor facilidad la programación en el PLC de forma precisa, dicho proceso que demanda el corte de la granola tanto longitudinalmente como verticalmente. Se utiliza en el flujograma las siguientes variables que a continuación se detallan:

Cont = contador incremental de pulsos por revolución del encoder

Time = tiempo

Sensor = estado del sensor magnético 1 lógico o 0 lógico

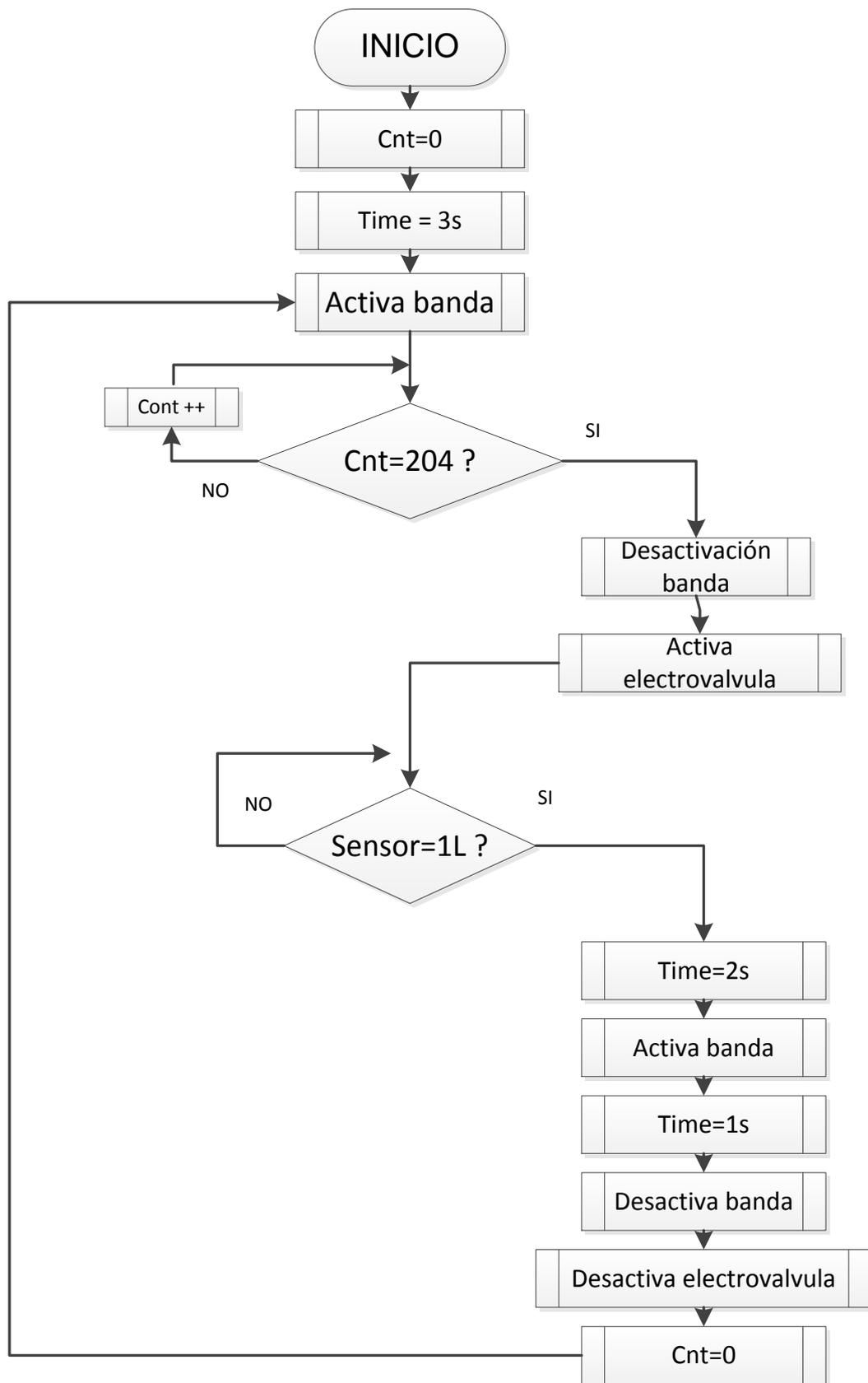


FIGURA 3.37: Diagrama de flujo

Fuente: Autor

3.5.2.1 DISEÑO DEL PROGRAMA

El controlador lógico programable LOGO! 12/24R, Cuenta con un programa denominado LOGO Soft Comfort. Este es software de programación, que permite crear, probar, simular, modificar, guardar y realizar la transferencia del programa realizado al PLC desde la PC. El software a utilizarse es la V 7.0.

El LOGO! Soft Comfort ofrece dos métodos para crear programas:

- Esquema de contactos (KOP)
- Diagrama de funciones (FUP)

El método que se va utilizar es el FUP ya que mediante este, ayuda a que la programación sea más visible al momento de encontrar la lógica de interconexión la programación realizada se encuentra en el ANEXO XVI. (SIEMENS, 2009)

3.5.3 DIAGRAMA P&ID

El diagrama P&ID representa gráficamente los elementos que permiten realizar la automatización del proceso en nuestro caso la automatización de la máquina para el corte de barras energéticas de granola.

En la figura 3.38 se puede apreciarse a detalle los elementos mecánicos, neumáticos y eléctricos a instalarse.

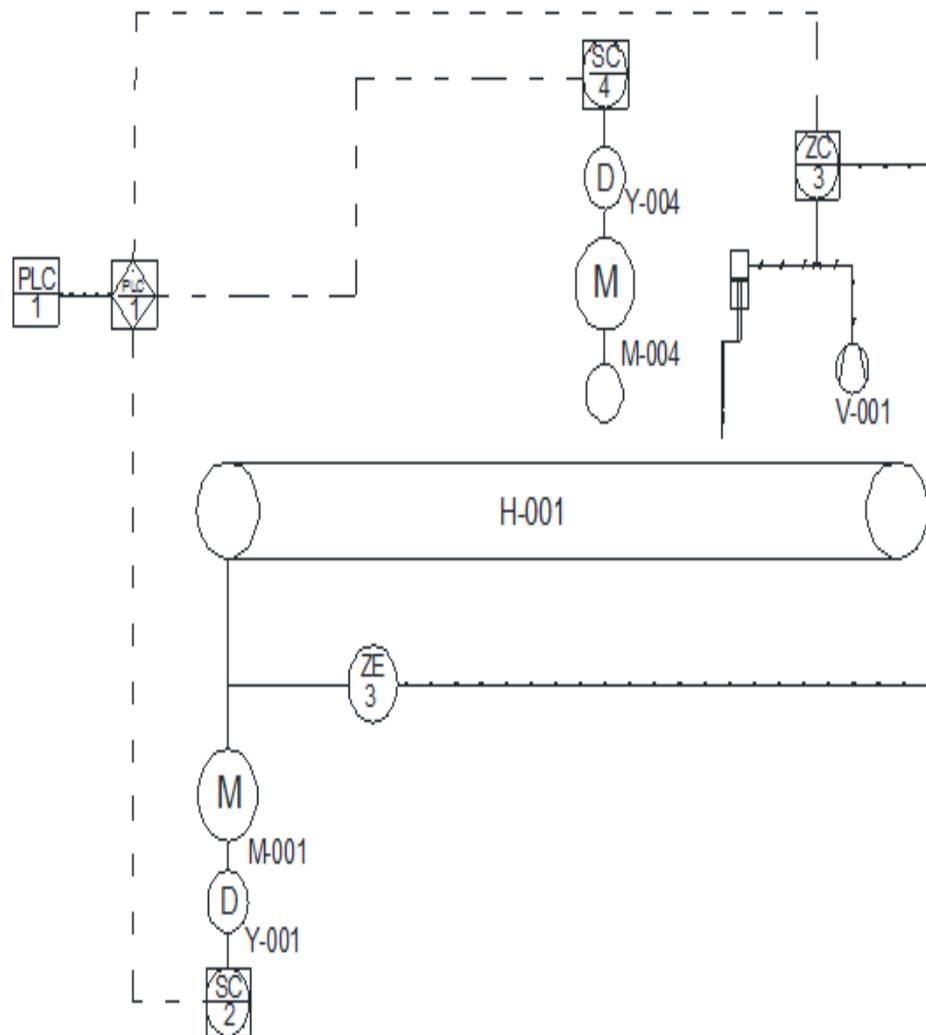


FIGURA 3.38: Diagrama P&ID sistema de control

Fuente: Autor

Por medio de este diagrama se llega a comprender y a desarrollar en detalles el alcance del sistema de control y los planes de ejecución de las opciones seleccionadas, todo esto para facilitar al operador el manejo del proceso una vez automatizado, así como al técnico encargado en el mantenimiento del mismo, ya que con el diagrama P&ID se facilita la comprensión del sistema hacia cualquier personal correctamente capacitado en el área de la electrónica y del control automático.

Para designar y representar los instrumentos de medición y control se ha empleado la norma ISA (Instrument Society of América); la nomenclatura y símbolos básicos de los elementos ocupados se presentan a continuación:

TABLA 3.12: Nomenclatura del diagrama P&ID

Nomenclatura	Descripción
PLC 1	Controlador lógico programable
SC 2	Controlador de velocidad
ZC 3	Controlador de posición
SC 4	Controlador de velocidad
ZC	Sensor control de posición
ZE	Sensor primario
M	Motor
D	Driver
V-001	Unidad de mantenimiento

Fuente: Autor

3.6 SISTEMA DE ELÉCTRICO

El sistema eléctrico se divide en dos partes, la parte de control y la parte de potencia véase anexo II.

En la parte de control se encuentran los siguientes componentes:

- Controlador lógico programa (PLC).
- Fuente de poder.
- Breaker.
- Relés.

En la parte de potencia se encuentra los siguientes componentes:

- Breaker electromagnético.
- Guardamotores.
- Variadores de frecuencia

Todos estos componentes se encuentran correctamente ubicados en el tablero de control véase figura 3.39

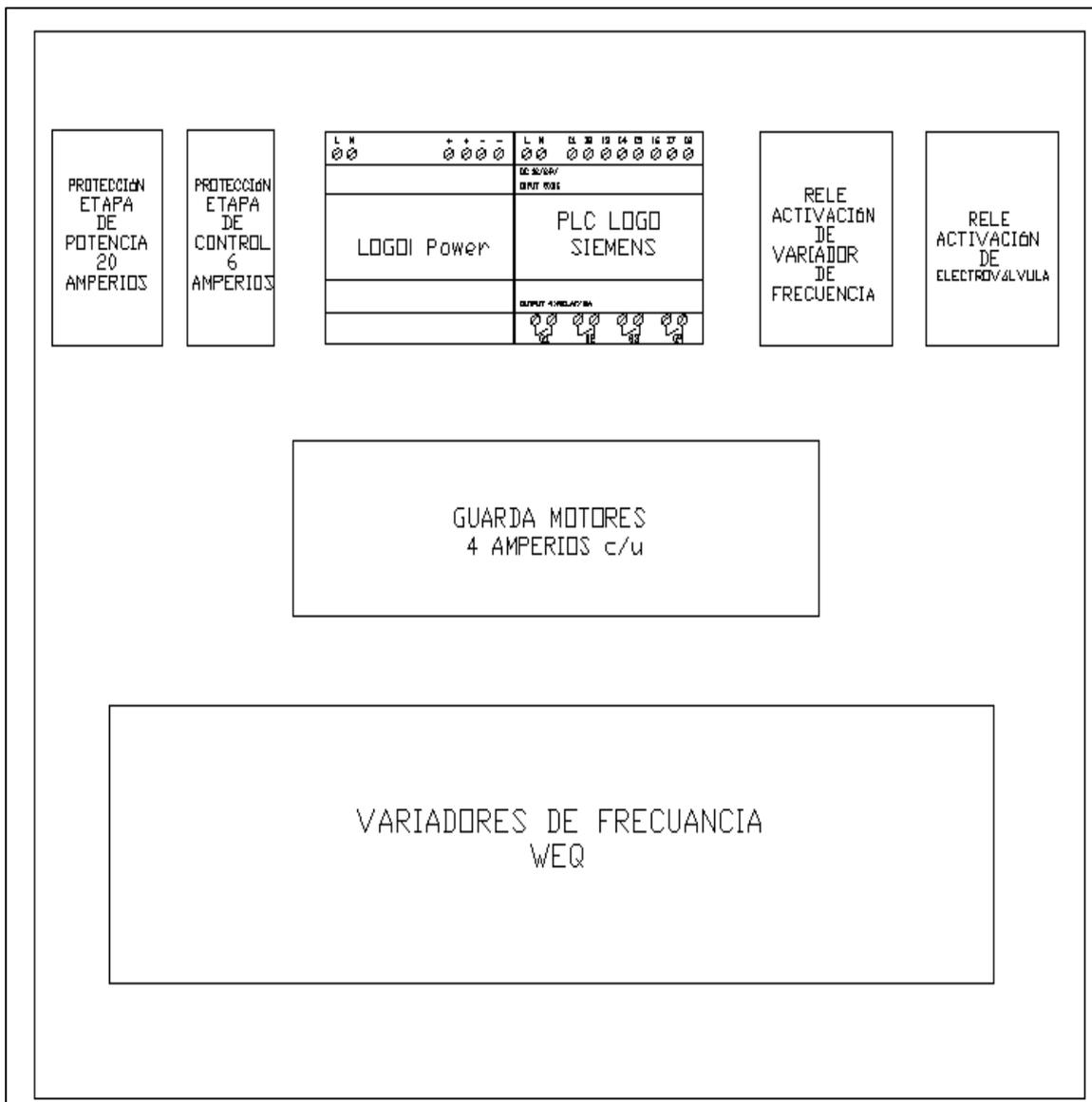


FIGURA 3.39: Tablero de control

Fuente: Autor

3.6.1 ANÁLISIS DE CONSUMO DE CORRIENTE

Para la protección de nuestro circuito de control se realiza un análisis del consumo de corriente para determinar el fusible y el número de conductor a implementar, para lo cual se realiza una tabla en la que se detalla las variables a considerar para el respectivo análisis véase tabla 3.13.

TABLA 3.13: Evaluación del consumo de potencia

	Consumo de corriente (A)	Voltaje (V)	Potencia (W)	Detalle
Fuente PLC	2,5	110	275	Fuente
Luz piloto	0.01	110	1.1	On/ off
Luz piloto	0.01	110	1.1	On/off
Relé electromagnético	0.2	110	22	Accionamiento variador
Relé electromagnético	0.3	110	33	Accionamiento electroválvula

Fuente: Autor

Dónde:

Potencia total = 332.2 Watts

Conductor de fase preseleccionado: cobre 0.85 mm^2 intensidad en amperios 8A véase ANEXO XIII.

La ecuación 3.39 indica que el fusible debe dejar pasar la corriente necesaria para que la instalación funcione según la demanda prevista, pero no debe permitir que se alcance una corriente que deteriore el cable, asegurando la protección del sistema.

Ecuación 3.38: Calculo del fusible

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Fuente: (Martin F. , 2003)

Dónde:

I_b: corriente de diseño del circuito correspondiente.

I_n: corriente nominal del fusible

I_z: corriente máxima admisible del conductor protegido

Ecuación 3.39: Intensidad para una línea monofásica

$$I = \frac{P}{U * \text{Cos}\varphi}$$

Fuente: (Martin F. , 2003)

Dónde:

P= 332.2W (potencia total)

U= 110 v tensión considerada entre fase y neutro

Cosφ = 1 Factor de potencia

Reemplazando

$$I = \frac{332.2}{110 * 1} = 3.02 A$$

Reemplazando la ecuación 3.39

$$3.02 \leq I_n \leq 8$$

Para seleccionar el fusible adecuado véase la tabla 3.14, esta indica el valor estándar de los fusibles que se encuentran en el mercado. Por lo tanto se ha seleccionado un fusible de 6 A. el cual garantizara que al momento de producirse un cortocircuito el cable no sufra daño y soporte hasta que el fusible se funda por el efecto Joule ocasionado por el incremento de corriente.

TABLA 3.14: Intensidades nominales normalizadas de los fusibles

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

Fuente: Autor

Para la protección de nuestro circuito de potencia se utilizó un Breaker electromagnético, también guardamotors véase figura 3.40 para proteger tanto los motores como los variadores de frecuencia protegiendo de cortocircuitos, sobreintensidad y fallos por pérdidas de fase.

La máquina completa cuenta con 5 motores, cada motor consume 2.9 amperios el guardamotor implementado para la protección de cada motor es de marca Weq serie MPW25-3-U004 protección termomagnética, el cual cuenta con un rango de corriente nominal ajustable de 2.5 - 4 amperios, todo el circuito de potencia está protegido por un Breaker electromagnético de marca Weg de 20 amperios.



FIGURA 3.40: Guardamotor

Fuente: Auto

CAPÍTULO IV

4 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DE ESTUDIO

4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se detalla cómo se realizó la construcción y el montaje de la estructura base, la banda transportadora y las partes que conforman el sistema de corte longitudinal y vertical de la máquina cortadora de granola.

4.2 EQUIPOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Para lograr la construcción de la máquina se emplearon los siguientes equipos y herramientas los cuales se enlistan a continuación:

MAQUINARIA

- Cepilladora
- Torno
- Taladro de pedestal

HERRAMIENTAS MANUALES

- Martillo
- Mazo
- Sierra
- Pinza
- Playo
- Playo de presión
- prensa
- Hexagonales
- Juego de llaves
- Desarmadores

HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS

- Taladro
- Soldadora eléctrica
- Moladora

INSTRUMENTOS DE CONTROL Y MEDIDA

- Calibrador
- Fluxómetro
- Escuadra
- Nivel

ELEMENTOS DE SEGURIDAD

- Orejeras
- Guantes
- Gafas de protección (sueda y corte)
- Mascara para la suelda

4.3 MODELO PRELIMINAR

Para realizar el diseño de las diferentes piezas que conforman la máquina se utilizó el software SolidWorks 2013 para más información ver el ANEXO I, donde se detallan los planos mecánicos de la máquina. El funcionamiento de la máquina consiste en cortar la masa de granola la cual previamente ya viene laminada, dicha masa será transportada mediante una banda transportadora esta pasara inicialmente por el rodillo de corte longitudinal para luego pasar a la etapa de corte vertical; según la programación del PLC recibirá la señal del sensor y enviara la orden de activación de la guillotina y de los motores tanto de la banda como del rodillo de corte y de más componentes

En capítulos anteriores se han diseñado y seleccionado las diferentes partes que conforman la máquina ahora se va a detallar la construcción de la misma.

Se necesita un soporte base, una estructura donde se acople la banda transportadora, 2 soportes para el rodillo de corte longitudinal, un rodillo de corte longitudinal, 2 soportes para el sistema de corte vertical, una guillotina y soportes.

4.3.1 VISTA ISOMÉTRICA DE LA MÁQUINA

Para tener una mejor idea de cómo se encontraran ubicadas las distintas partes que conforman la máquina y su funcionamiento (véase Figura 4.1).

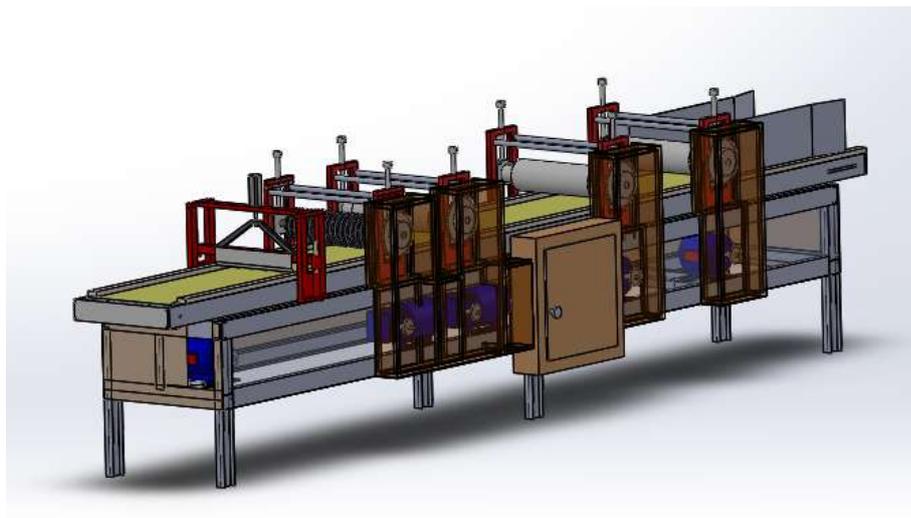


FIGURA 4.1: Vista isométrica de la máquina

Fuente: Autor

4.3.2 PROCESO DE LAMINADO

La granola, la cual es nuestra materia prima a trabajar, será depositada al inicio de nuestra máquina donde esta se moviliza mediante una banda transportadora para luego ser laminada mediante tres rodillos los cuales entregaran una masa uniforme con un espesor de 15 a 20 mm.

4.4 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

La construcción es el proceso de ejecución del proyecto cuyos parámetros han sido previamente establecidos durante el diseño. Este proceso es el paso más importante del proyecto y se lo debe realizar mediante una serie de procesos ordenados de construcción, montaje y ensamblado de cada elemento de la máquina para lograr cumplir el objetivo.

La construcción de la maquina se realizó en el taller mecánico de la empresa donde se cuenta con todas las herramientas y equipos necesarios para construir la maquina esta consta de las siguientes partes y funciones que se muestran a continuación:

4.4.1 SOPORTE BASE



FIGURA 4.2: Vista frontal del soporte base

Fuente: Autor

El soporte base forma parte fundamental en la construcción de nuestra máquina ya que aquí se acoplan todos los elementos que constituyen la máquina, este soporte está construido con perfiles UPN (véase Figura 4.3), y perfiles en I para sus patas (véase Figura 4.4), este material tiene calidad ASTM A 36, las medidas de este soporte son ancho de 75cm, longitud de 530cm y una altura de 90cm.



FIGURA 4.3: Soporte (UPN)

Fuente: Autor



FIGURA 4.4: patas del soporte (perfil I)

Fuente: Autor

4.4.2 CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

Para la construcción del sistema de transporte de la masa de granola se debe tomar en cuenta los aspectos que a continuación se detallan:

- Que la banda se encuentre centrada en los rodillos.
- Que se encuentren alineados los ejes tanto motriz como el tensor
- Que por el proceso de maquinado no se pandee la estructura.
- Que la soldadura sea de calidad.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriormente detallados se tiene:

- La soldadura se realizó utilizando suelda de arco de CA.
- El cordón empleado tiene un grosor comprendido entre 1.5 a 2 veces el diámetro del electrodo utilizado (dato obtenido del manual de mantenimiento a procesos de manufactura de la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata)

Para la implementación y montaje del sistema de transporte se deberá tomar en cuenta los aspectos siguientes:

- El sistema de transporte debe ser fácilmente removido en caso de mantenimiento.
- Utilizar Acero inoxidable en partes complementarias.

Para realizar la construcción e implementación de nuestro sistema de transporte se ha dividido en dos partes las cuales son: la construcción de la estructura de la misma y la implementación de la banda transportadora a continuación detallaremos cada una de ellas.

4.4.2.1 CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURA DE LA BANDA

La estructura de la banda es donde se ensambla los diferentes elementos como rodillo tensor, rodillo motriz, rodillos de presión y soportes, el material del cual está hecha tiene calidad ASTM A 36, esta estructura forma un rectángulo cuyas dimensiones son las siguientes 530 cm de longitud, 54,7 cm de ancho y 10 cm de alto, (véase Figura 4.5)



FIGURA 4.5: Estructura banda

Fuente: Autor

Para el acople de la estructura, se realiza dos orificios por cada lado con el taladro de pedestal utilizando la broca 9/32 o ¼, para luego machueliar con la medida 5/16 (véase Figura 4-6)



FIGURA 4.6: Acople estructura banda

Fuente: Autor

En las guías horizontales se procede a realizar un corte ya que ahí se acopla el rodillo de tensión este es el camino x donde recorre el mismo ejerciendo mayor o menor tensión a la banda (véase Figura 4.7).las dimensiones de esta guía son 17 cm de longitud y 1,5 de altura.



FIGURA 4.7: Guías horizontales

Fuente: Autor

Una vez ya realizados los debidos agujeros y canales en las guías, se acopla he instala los rodillos, tanto el rodillo de tensión como el rodillo motriz (véase Figura 4.8).



FIGURA 4.8: Montaje de rodillos

Fuente: Autor

Antes de montar los rodillos, se realiza un mantenimiento preventivo el cual consiste en desmontar por completo todos sus componentes internos para revisar posibles fallas y proceder a engrasar los rodamientos (véase Figura 4.9).



FIGURA 4.9: Mantenimiento de rodamientos

Fuente: Autor

La figura 4.10, ilustra la banda transportadora que está montada sobre dos ejes los cuales actúan el uno como rodillo motriz y el otro como tensor, acoplados los mismos a las soportes laterales que proporcionan fijación a los rodillos, la cinta transportadora está hecha de material especial para alimentos y posee un espesor de 2mm que facilitan el transporte de la masa.



FIGURA 4.10: Montaje del sistema de transporte

Fuente: Autor

En la figura 4.11 se puede observar el montaje del motor al rodillo motriz, el cual se lo colocó a una distancia de 355mm del rodillo, tomando las debidas protecciones para que este no cause problemas tampoco obstaculice a los demás componentes del sistema. La trasmisión de movimiento del motor a la banda se la realizo mediante cadena la cual es la encargada de trasferir el movimiento como se observa en la figura.



FIGURA 4.11: Montaje del motor

Fuente: Autor

4.4.3 CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SOPORTES DEL RODILLO DE CORTE

La función de los soportes es sostener y guiar al rodillo de corte, dichos soportes se construyen de planchas de acero de 1" de espesor para más información véase anexo 4, las cuales se han maquinado para obtener la pieza resultante como se puede observar en la (figura 4.12). Las medidas de dichos soportes son 37 cm de alto por 20 cm de ancho.



FIGURA 4.12: Soporte maquinado

Fuente: Autor

4.4.3.1 IMPLEMENTACIÓN DEL RODILLO DE CORTE

El rodillo cuenta con un eje de acero inoxidable AISI 304, separadores y discos de corte, todos estos componentes cuentan con calidad alimenticia se puede observar por separado cada uno de ellos (véase en la figura 4.13).



FIGURA 4.13: Partes rodillo de corte

Fuente: Autor

En la sección 3.4.1 Diseño del sistema de corte longitudinal se puede apreciar más información acerca de medidas y materiales a utilizar para la realización y maquinado del rodillo. En la figura 4.14 se aprecia el ensamblaje de los diferentes componentes que conforman el rodillo de corte longitudinal.



FIGURA 4.14: Rodillo de corte longitudinal

Fuente: Autor

4.4.3.2 PUESTA DEL MOTOR

El motor se encuentra colocado en la parte inferior del rodillo de corte longitudinal a una distancia de 350 mm (véase en la figura 4.15), este se encuentra sujeto a un perfil UPN el cual brinda fijación y estabilidad al mismo.



FIGURA 4.15: Motor

Fuente: Autor

4.4.4 CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SOPORTES DE LA GUILLOTINA

La función de los soportes de la guillotina es acoplar las guías de los bocines, las cuales servirán de eje para el mecanismo de corte, dichos soportes se construyen de planchas de acero de 1" de espesor para más información véase anexo IV, las cuales se han maquinado previamente, se puede observar en la figura 4.16 la pieza sola y al lado derecho la pieza ya acoplada la guía del bocín. Las medidas de la misma son 37cm de alto por 17 cm de ancho.



FIGURA 4.16: Soporte guillotina

Fuente: Autor

4.4.4.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA GUILLOTINA

La guillotina la cual se encontrara en contacto con la masa de granola está fabricada en acero al alto carbono, templada con doble tratamiento térmico que le proporciona dureza, flexibilidad y alta durabilidad, las medidas de la misma, cuenta con un espesor de 2mm y una longitud de 45cm y una altura de 6 cm, esta se encuentra acoplada a una platina de acero mate de 6mm de espesor y está unida al tubo cuadrado de 4*4 cm el mismo que se encuentra acoplado a sus extremos, los bocines los cuales sirven de guía para el corte.



FIGURA 4.17: Guía soporte

Fuente: Autor

Como se puede observar en la figura 4.18, la separación entre el soporte del pistón y el soporte de la guillotina es de 16 cm, la longitud total de extremo a extremo es de 66 cm



FIGURA 4.18: Guillotina

Fuente: Autor

4.4.5 MONTAJE TABLERO DE CONTROL PLC

Este tablero de control se ha montado en el lado izquierdo de la maquina ya que en esta posición no obstaculiza la visibilidad tampoco afecta en el proceso de producción.

El tablero de control está conformado de dos partes, la parte de potencia en el que se encuentran el break, guardamotores y variador de frecuencia, y la otra parte es la de control donde se ubica el controlador lógico programable (PLC), fuente, relays. Para el montaje del tablero de control se realizó los siguientes pasos:

- Revisar hoja de datos de la arquitectura de montaje de los componentes Siemens y Weq.
- Se procede a medir, cortar he implementar las rieles din en nuestro tablero.
- Ubicar el PLC sobre un riel din.
- Montar la fuente de poder DC 24 / 2,5A sobre el riel din
- Colocar porta relays de riel din para el montaje de los relays externos.
- Colocar relays externos de 110v para proteger las salidas del PLC para que en caso de existir alguna falla sea afectado este y no el PLC.
- Se coloca los variadores de frecuencia en el riel din previas especificaciones de la hoja de datos del mismo.
- Por último se monta las protecciones.



FIGURA 4.19: Tablero de control PLC

Fuente: Autor

4.4.6 MONTAJE SISTEMA NEUMÁTICO

En la realización del montaje del sistema neumático se emplearon los elementos que se detallan a continuación:

- Racord N° 6 para el cilindro neumático, electroválvula y unidad de mantenimiento
- Manguera N° 6
- Pistón neumático doble efecto
- Electroválvula 5/2 monoestable

CAPÍTULO V

5 PRUEBAS DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

5.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS Y MANTENIMIENTO

En el presente capítulo se procede a realizar una serie de pruebas de funcionamiento a cada uno de los sistemas hasta obtener un óptimo desempeño de la máquina, tomando en cuenta las descripciones planteadas.

En este protocolo se deben realizar las pruebas tanto en vacío como en carga donde se valorar los siguientes aspectos.

- Evaluación de los sistemas:
 - o Sistema mecánico, neumático y eléctrico.
- Transporte del producto
- Sistema de corte longitudinal de la masa
- Sistema de corte vertical de la masa
- Rendimiento

5.1.1 PRUEBA EN VACÍO

Con el propósito de comprobar el perfecto funcionamiento de la máquina se realiza las respectivas pruebas las cuales son necesarias para determinar el correcto funcionamiento de la misma, con lo que se ha determinado probar cada uno de los sistemas construidos.

5.1.1.1 ENSAMBLAJE

Para el ensamblaje de la maquina se debe tomar en cuenta los puntos que a continuación se detallan:

- Comprobar que las diferentes piezas que conforman la máquina se encuentren acopladas y atornilladas perfectamente a la misma que no exista juego con los diferentes componentes.

- Verificar que la maquina se encuentre bien fijada al suelo para que no exista vibraciones.
- Comprobar que cada uno de los elementos se encuentran correctamente lubricados.
- Inspeccionar la presión del aire en la unidad de mantenimiento y verificar si no existe fugas en las cañerías.
- Revisar si las instalaciones eléctricas y electrónicas estén conectadas correctamente y se encuentren en perfectas condiciones.

5.1.1.2 TRANSPORTE DEL PRODUCTO

- Verificar que la banda transportadora se encuentre alineada correctamente y no exista desplazamiento de la misma.
- Verificar que no exista pandeo en la banda, que esta se encuentre tensada correctamente.
- Verificar la velocidad a la que se encuentra girando la banda ya que esta puede alterar directamente al proceso.
- Verificar el sentido de giro de la banda.

5.1.1.3 SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL DE LA MASA

- Inspeccionar los elementos mecánicos que proporcionan el movimiento del rodillo, que no exista vibraciones ni desalineación.
- Revisar si el rodillo de corte está causando daño a la banda.
- Verificar si la frecuencia con la que está trabajando el motor es la adecuada.
- Identificar el sentido de giro del rodillo de corte.

5.1.1.4 SISTEMA DE CORTE VERTICAL DE LA MASA

- Inspeccionar los elementos mecánicos que proporcionan el movimiento de la guillotina, que no exista vibraciones ni desalineación.
- Verificar que el pistón se encuentre en un funcionamiento normal y no exista pérdida de fuerza ocasionada por diversos factores.

- Revisar si no existe fugas de aire en la entradas y salidas del pistón
- Verificar que la cuchilla del mecanismo de corte no este causando daño a la banda
- Verificar que el accionamiento del sistema de corte es decir que el mismo posea la apertura y el espacio necesario para poder realizar el proceso de corte.

5.1.2 PRUEBA CON CARGA

Con el propósito de comprobar el perfecto funcionamiento de la máquina se realiza las respectivas pruebas ya con la materia a procesar, las cuales son necesarias para determinar el correcto funcionamiento de la misma, con lo que se ha determinado probar cada uno de los sistemas construidos.

5.1.2.1 TRANSPORTE DEL PRODUCTO

- Verificar que la banda trabaje eficientemente sin perder su torque y en un funcionamiento constante.
- Verificar que el sistema de trasmisión de movimiento se encuentre funcionando correctamente y no exista perdidas de fuerza.
- Verificar que la masa se esté transportando con normalidad y a una velocidad preestablecida.

5.1.2.2 SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL DE LA MASA

- Verificar la velocidad del rodillo que se encuentre acorde a las rpm establecidas y no este ocasionando daño a la masa al instante de cortarla.
- Verificar que la masa no se pegue a los discos de corte y ocasione daños al amasado de la misma.
- Revisar si los limpiadores se encuentran realizando su función.
- Verificar que el corte de la masa tenga la profundidad adecuada y no cause daño a la banda.

5.1.2.3 SISTEMA DE CORTE VERTICAL

- Verificar si la profundidad de corte es la adecuada y no ocasione daños a la banda
- Revisar si la presión seleccionada del pistón permite la apertura y cierre sin dificultad y en un tiempo adecuado.
- Verificar si la distancia de corte es la correcta y no existe fallos en la misma.

5.1.2.4 RENDIMIENTO

Comprobar el rendimiento de la máquina, teniendo que producir 70 barras cada minuto es decir 4200 barras/hora, siendo ese el requerimiento de la fábrica para satisfacer la demanda del mercado.

5.2 ANÁLISIS Y CALIBRACIÓN DE LOS SISTEMAS

5.2.1 ANÁLISIS SISTEMA DE TRANSPORTE

En el sistema de transporte se presentaron inconvenientes con el rodillo motriz este ocasionaba deslizamiento de la banda, además existía un pandeo de la banda ocasiona por el rodillo de tensión, para lo cual se realizó los pasos pertinentes que se detallan en la tabla 5.1.

TABLA 5.1: Pruebas en el sistema de transporte

Elemento	Problemas	Solución	Prueba
Rodillo motriz	Deslizamiento de la banda	• Ajuste del rodillo	9
		• nivelación del rodillo	5
		• Centrado del rodillo	13
Rodillo tensor	Desalineación de la banda	• Cambio de tensores	2
		• Calibración de distancia de tensado	20
TOTAL			49

Fuente: Autor

5.2.2 ANÁLISIS SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL

En el sistema de corte longitudinal se presentaron inconvenientes al momento de poner en funcionamiento el rodillo de corte este creaba un fuerte sonido, la causa es que existía rozamiento en los extremos, con lo que se realizó los pasos pertinentes que se detallan en la siguiente tabla 5.2.

TABLA 5.2: Prueba en el sistema de corte longitudinal

Elemento	Problemas	Solución	Prueba
Rodillo de corte	Fuerte sonido	Calibración de los componentes tanto de discos de corte como los separadores	4
TOTAL			8

Fuente: Autor

La tabla 5.2 detalla los inconvenientes que se presentaron en el sistema de corte longitudinal, la solución a estos inconvenientes fue encontrada luego de realizar 8 pruebas.

5.2.3 ANÁLISIS SISTEMA DE CORTE VERTICAL

En el sistema de corte vertical se presentaron inconvenientes con los bocines, ya que existía mucha fricción y esta impedía que cumpla su funcionamiento además se presentó el problema con la regulación de presión del pistón, y se procedió a realizar los pasos pertinentes que se detallan en la siguiente tabla 5-3.

TABLA 5.3: Prueba en el sistema de corte vertical

Elemento	Problemas	Solución	Prueba
Bocines	Fricción	Desbaste de los ejes guías	14
		Centrado y Alineado de la estructura	14
Pistón	Presión	Calibración y ajuste	10
TOTAL			38

Fuente: Autor

La tabla 5.3 detalla los inconvenientes que se presentaron en el sistema de corte vertical, la solución a estos inconvenientes fue encontrada luego de realizar 38 pruebas.

5.3 PRUEBAS DEL SISTEMA EN FUNCIONAMIENTO

Luego de haber realizado un análisis a los diferentes sistemas sin la masa, se prosigue a realizar pruebas con el sistema en funcionamiento esta prueba nos sirve para obtener una máquina eficiente y corregir los posibles errores se realizaron pruebas de calibración en los diferentes sistemas.

5.3.1 CALIBRACIÓN VELOCIDAD DEL RODILLO DE CORTE

En el sistema del rodillo de corte longitudinal se realizaron 20 pruebas para determinar la velocidad con la que gira el rodillo y que este no cause deformación y daño a la masa, y realice un corte correcto.

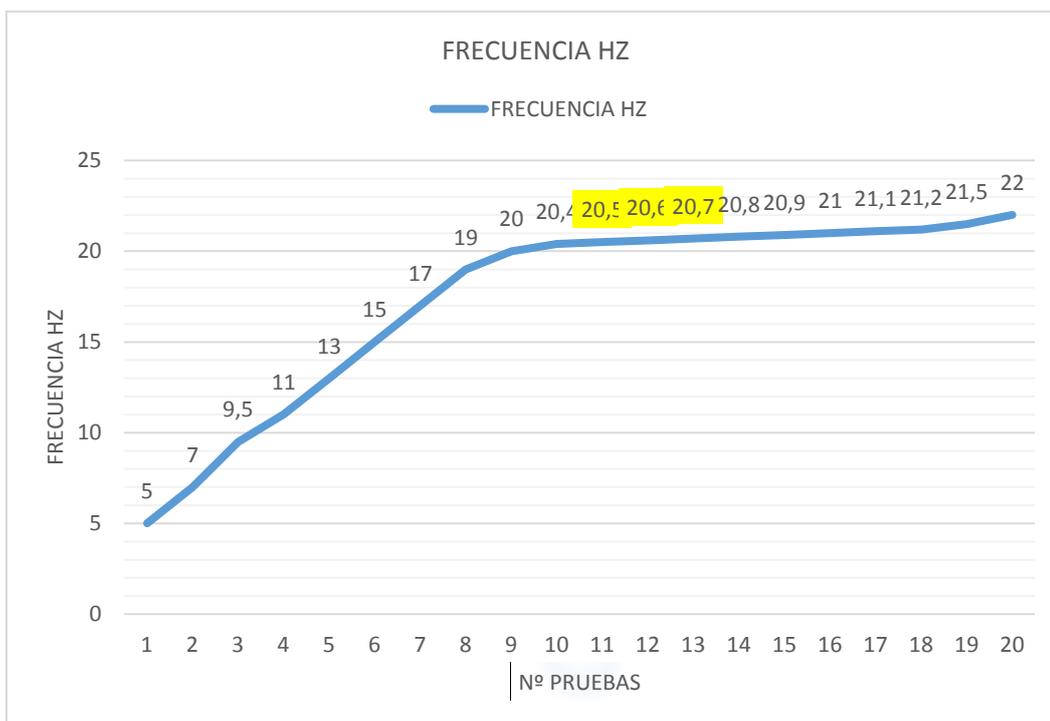


FIGURA 5.1: Velocidad del rodillo de corte longitudinal

Fuente: Autor

Se puede observar en la figura 5.1 que se realizaron 20 pruebas para lograr encontrar la frecuencia adecuada con la que el motor debe trabajar, para no ocasionar daños a la masa que previamente se encontrara laminada, la frecuencia con la que la masa conserva su compactación está comprendida entre los valores (20.5 – 20.7), por ende

se ha tomado un valor intermedio, el cuál es el valor de **20.6 Hz**, cabe recalcar que valores menores y valores mayores a los rangos establecidos tienden a ocasionar daños a la masa produciendo deformación de la misma.

5.3.2 CALIBRACIÓN DE LA DISTANCIA DE CORTE DE LA GUILLOTINA

Para el sistema de corte vertical se realizaron 20 pruebas para, determinar que el corte cuente con la medida exacta y preestablecida por la empresa. El corte depende directamente de las pulsaciones por revolución (ppr) trasmitidas por el encoder incremental.

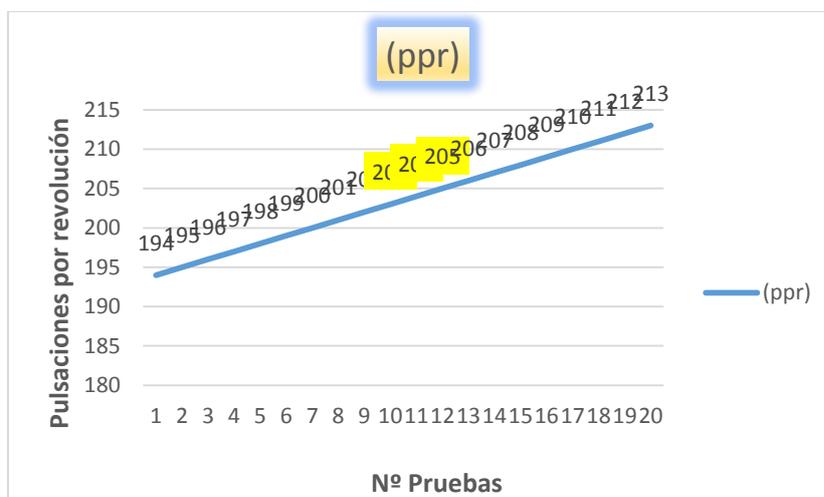


FIGURA 5.2: Distancia de corte

Fuente: Autor

Se puede observar en la figura 5.2 que se han realizado 20 pruebas, las cuales arrojaron diferentes resultados. El número de pulsaciones es directamente proporcional a la medida de corte de la granola, la medida deseada es de 10 cm, está se encuentra en el rango comprendido entre (203-205) pulsaciones por revolución, por lo que se ha tomado el valor de 204 ppr logrando así obtener el corte perfecto.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- En la optimización de parámetros se determinó, velocidad lineal 0.03144 m/s, velocidad angular 3.75 rpm, fuerza de corte específica de la granola 0,38 N/mm². Todos estos parámetros son necesarios para la implementación de los sistemas de corte.
- Mediante la construcción de la máquina cortadora de granola se optimiza el proceso de corte de la misma, reduciendo el tiempo y aumentando la producción corte, el cual fluctúa entre los valores de 70 a 85 barras por minuto, dependiendo de la demanda de producto y de la eficiencia del personal.
- Para la construcción del sistema de corte vertical, se ha analizado tres sistemas mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados, encontrando más adecuado el sistema de corte con cizalla accionada por pistón neumático ya que este sistema resulta de fácil montaje tanto de sus componentes mecánicos como los de control. Su mantenimiento resulta atractivo ya que todos los sistemas que conforman este método cuentan con la posibilidad de reparar y ser reemplazados con facilidad. Económicamente resulta rentable ya que el sistema neumático es relativamente barato
- Para la construcción del sistema de corte longitudinal se ha implementado un motor trifásico de ¾ hp y está controlado por medio de un variador de frecuencia, el cual regula la velocidad del motor, la transmisión de movimiento del motor al rodillo se la realiza mediante cadena, catarina con una relación de 3:1, la frecuencia ideal para el desplazamiento rotacional del rodillo es de 20.6 Hz.
- La implementación de un controlador lógico programable (PLC) en procesos industriales es de gran beneficio ya que ayuda a incrementar la producción, mejora el rendimiento notablemente y la calidad del producto, facilitando la utilización del operador.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda para futuras mejoras de la máquina, que es necesario de un proceso automático de separación y arreglo en las latas que van al horno luego de ser cortada las barras de granola ya que esta contiene glucosa y es necesaria una separación que agilite el proceso.
- Ya que el motor que proporciona movimiento al rodillo de corte se encontrara protegido no es necesario un mantenimiento continuo ni tampoco minucioso, por lo tanto el mantenimiento del mismo debe ser una vez cada mil horas de trabajo, inspeccionando si existe vibración o sobrecalentamiento estos son indicadores previos al daño del motor.
- Para el sistema de transmisión por cadena se recomienda realizar una lubricación manual por goteo, utilizando una brocha o un canalón con vertedero al menos una vez cada 8 horas de funcionamiento, utilizar aceite SAE 30.
- Una vez finalizado el proceso de corte de la granola, se procede a lavar la maquina inmediatamente, enfatizando su limpieza en las partes que se encuentran en contacto directo con la granola verificando que no queden residuos de la misma.
- Se recomienda usar la máquina, sólo para el uso establecido, ya que si se da uso de esta con otro fin, el fabricante no se responsabiliza de daños ocasionados al equipo.
- En caso de que se de algún imprevisto ocasionado por el funcionamiento de los sistemas de corte, se debe utilizar el botón de paro de emergencia para detener el proceso y así evitar cualquier tipo de accidente
- Una vez finalizado el trabajo con la máquina asegurarse, que se encuentren todas las conexiones apagadas, como es la alimentación del sistema de control y la del sistema de potencia también revisar el compresor, cortando la alimentación de aire.
- Se recomienda a las pequeñas y medianas empresas industriales que implementen tecnología moderna ya que le permite cambiar sus procesos tradicionales y de esta manera optimizar los procesos haciéndolos más productivos y eficientes.
- Para futuras mejoras de la máquina se recomienda realizar un proceso continuo, donde no existan paros, los cuales aumentan el tiempo y reducen la producción de barras de granola.

6.3 BIBLIOGRAFÍA

Albany. (2014). *Center for Environmental Health*. Obtenido de Center for Environmental Health: http://www.health.ny.gov/publications/7287_es.htm

Albiz. (2013). *Cintas transportadoras*. Bogota: Santa teresa 2011.

Andrade, C. V. (2015). *Diseño e Implementación de una máquina formadora y laminadora de masa de granola para la Empresa Industrial Productos el Chinito S.C.C.. (Trabajo inédito de pregrado)*. Universidad Técnica del Norte: Ibarra.

Bartsch, W. (2008). *Herramientas máquina trabajo*. Reverte.

Bueno, A. (2011). *Neumática e hidráulica*. Santiago: LTD.

Cabrera. (2009). *Cintas transportadoras*. Obtenido de Cintas transportadoras: <http://www.dcabrera.com.ar/blog/index.php/diferentes-tipos-de-cintas-transportadoras/>

Carles, R. (2002). *Diseño Concurrente*. Barcelona: UPC.

FESTO. (2000). *Neumática Industrial*. Colombia: DIDACTIC.

Festo. (21 de Febrero de 2014). *FESTO*. Obtenido de http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/16953/ProductOverview_2013_ES_low.pdf

FLACSO - MIPRO. (Diciembre de 2011). Boletín mensual de análisis sectorial de MIPYMES-Ropa de vestir de cuero para exportación. *Boletín N°22*. (H. Jácome, & O. Julio, Edits.) Quito, Pichincha, Ecuador.

Lastreseses. (2014). *Discos y cuchillas de corte*. Obtenido de <http://lastreseses.es.tl/DISCOS-Y-CUCHILLAS---DE-CORTE.htm>

Martin. (2011). *Catarinas*.

Martin, F. (2003). *Manual de instalaciones eléctricas*. Madrid.

Ministerio. (2013). *Ecuador ama la vida*. Obtenido de <http://educacion.gob.ec/>

Ministerio de Educación. (Julio de 2014). Obtenido de Ministerio de Educación web site: <http://educacion.gob.ec/>

Moya, M. (Junio de 2006). *Bacillus Cereus*. Obtenido de Bacillus Cereus: http://bacillus-cereus.blogspot.com/2006_06_01_archive.html

NBN Automação Industrial. (2 de Abril de 2014). *Sistemas de medição para cueros semi-acabado/acabado*. Obtenido de NBN: www.nbn.com.br

Nisbett, R. G. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Santa Fe: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.

NORD, M. (s.f.). *Reductores de sin fin serie Universal*. Obtenido de Reductores de sin fin serie Universal : https://www.nord.com/cms/media/documents/bw/G1035_60Hz_ES_2908.pdf

Northon, R. L. (2014). *Diseño de Maquinaria*. Cuarta Edición, Mc Graw Hill.

Pao, C. (2013). *Granola con frutos rojos*. Obtenido de <http://cookingwhims.com/2013/02/15/homemade-oatmeal-granola-bars/>

Parker. (2003). *Tecnología industrial y neumática*.

Parker, H. (2003). *Tecnología industrial neumática*. Brasil: Primera ed Parker Training.

Pirelli. (1961). *Manual de cálculo de cintas transportadoras*. Argentina: Chubut.

Prado, I. R. (1996). *Manual Gestion De Mantenimiento*. Guatemala: Piedra Santa S.A de C.V.

Robert L. Mott, P. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: PEARSON EDUCACIÓN.

Sapiensman. (2014). *Neumatica e hidráulica*. Buenos Aires.

SIEMENS. (2009). *Manual de productos logo!*

Singer, F. L. (2010). *Resistencia de materiales*. Cuarta edición.

Solé, A. C. (2011). *Neumática e Hidráulica*. Madrid: Alfaomega. Obtenido de 2011.

Training, I. (2002). *Neumática*. Madrid: Thomson.

Weq. (2011). Catalogo WEG. págs. <http://www.potenciaelectromecanica.com/inversores-variadores-de-frecuencia/inversores-weg-baja-tension-bt/cfw08/>.

ANEXO

ANEXO I

PLANOS MECÁNICOS

ANEXO II

PLANOS ELÉCTRICOS

ANEXO III PROPIEDADES, PERFILES ESTRUCTURADOS

A-32

Apéndice

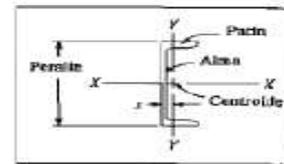


TABLA A16-2 Propiedades de canales de acero estándar estadounidenses, perfiles-C*

Designación	Área (pulg ²)	Peralte (pulg)	Espesor del alma (pulg)	Pata		Eje X-X		Eje Y-Y		
				Ancho (pulg)	Espesor promedio (pulg)	<i>I</i> (pulg ⁴)	<i>S</i> (pulg ³)	<i>I</i> (pulg ⁴)	<i>S</i> (pulg ³)	<i>x</i> (pulg)
C15 × 50	14.7	15.00	0.716	3.716	0.650	404	53.8	11.0	3.78	0.798
C15 × 40	11.8	15.00	0.520	3.520	0.650	349	46.5	9.23	3.37	0.777
C12 × 30	8.82	12.00	0.510	3.170	0.501	162	27.0	5.14	2.06	0.674
C12 × 25	7.35	12.00	0.387	3.047	0.501	144	24.1	4.47	1.88	0.674
C10 × 30	8.82	10.00	0.673	3.033	0.436	103	20.7	3.94	1.65	0.649
C10 × 20	5.88	10.00	0.379	2.739	0.436	78.9	15.8	2.81	1.32	0.606
C9 × 20	5.88	9.00	0.448	2.648	0.413	60.9	13.5	2.42	1.17	0.583
C9 × 15	4.41	9.00	0.285	2.485	0.413	51.0	11.3	1.93	1.01	0.586
C8 × 18.75	5.51	8.00	0.487	2.527	0.390	44.0	11.0	1.98	1.01	0.565
C8 × 11.5	3.38	8.00	0.220	2.260	0.390	32.6	8.14	1.32	0.781	0.571
C6 × 13	3.83	6.00	0.437	2.157	0.343	17.4	5.80	1.05	0.642	0.514
C6 × 8.2	2.40	6.00	0.200	1.920	0.343	13.1	4.38	0.693	0.492	0.511
C5 × 9	2.64	5.00	0.325	1.885	0.320	8.90	3.56	0.632	0.450	0.478
C5 × 6.7	1.97	5.00	0.180	1.780	0.320	7.48	3.00	0.620	0.378	0.484
C4 × 7.25	2.13	4.00	0.321	1.721	0.296	4.59	2.29	0.437	0.343	0.459
C4 × 5.4	1.59	4.00	0.184	1.584	0.296	3.83	1.93	0.319	0.283	0.457
C3 × 6	1.76	3.00	0.356	1.596	0.273	2.07	1.38	0.305	0.268	0.455
C3 × 4.1	1.21	3.00	0.170	1.410	0.273	1.66	1.10	0.197	0.202	0.436

*Los datos se tomaron de diversas fuentes. Los tamaños mencionados representan una muestra pequeña de los tamaños disponibles.

Nota: Designación de ejemplo: C15 × 50

I = momento de inercia; *S* = módulo de sección.

I = momento de inercia; *S* = módulo de sección.

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulg/gadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	<i>t</i> ≤ 8 pulg	58	400	36	250	21
A242	<i>t</i> ≤ 1/4 pulg	70	480	50	345	21
A242	<i>t</i> ≤ 1 1/2 pulg	67	460	46	315	21
A242	<i>t</i> ≤ 4 pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, <i>t</i> ≤ 2 1/2 pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, <i>t</i> ≤ 6 pulg	60	415	42	290	24
A572	50, <i>t</i> ≤ 4 pulg	65	450	50	345	21
A572	60, <i>t</i> ≤ 1 1/2 pulg	75	520	60	415	18
A572	65, <i>t</i> ≤ 1 1/2 pulg	80	550	65	450	17
A588	<i>t</i> ≤ 4 pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

Nota: ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE 4140, especificado por la SAE.

ANEXO IV CATÁLOGO DIPAC

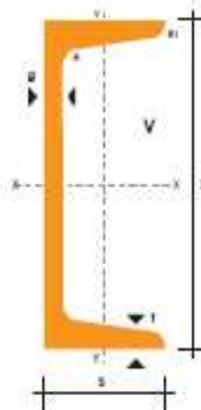
PERFILES LAMINADOS UPN

Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A 36
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6,00 mts. y 12,00 mts
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES						TIPOS					
	h	s	g	t	R	R1	SECCION	PEBOS	Ix	Iy	Wx	Wy
	mm	mm	mm	mm	mm	cm4	cm2	kg/mt	cm4	cm4	cm3	cm3
UPN 50	50	38	5.00	7.00	7.00	3.50	7.12	5.59	26.40	9.12	10.60	3.75
UPN 65	65	42	5.50	7.50	7.50	4.00	9.03	7.09	57.50	14.10	17.70	5.07
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 260	260	90	10.00	14.00	14.00	7.00	48.30	37.00	4820.00	317.00	371.00	47.70
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80



PLANCHAS LAMINADAS AL FRIO

Especificaciones Generales

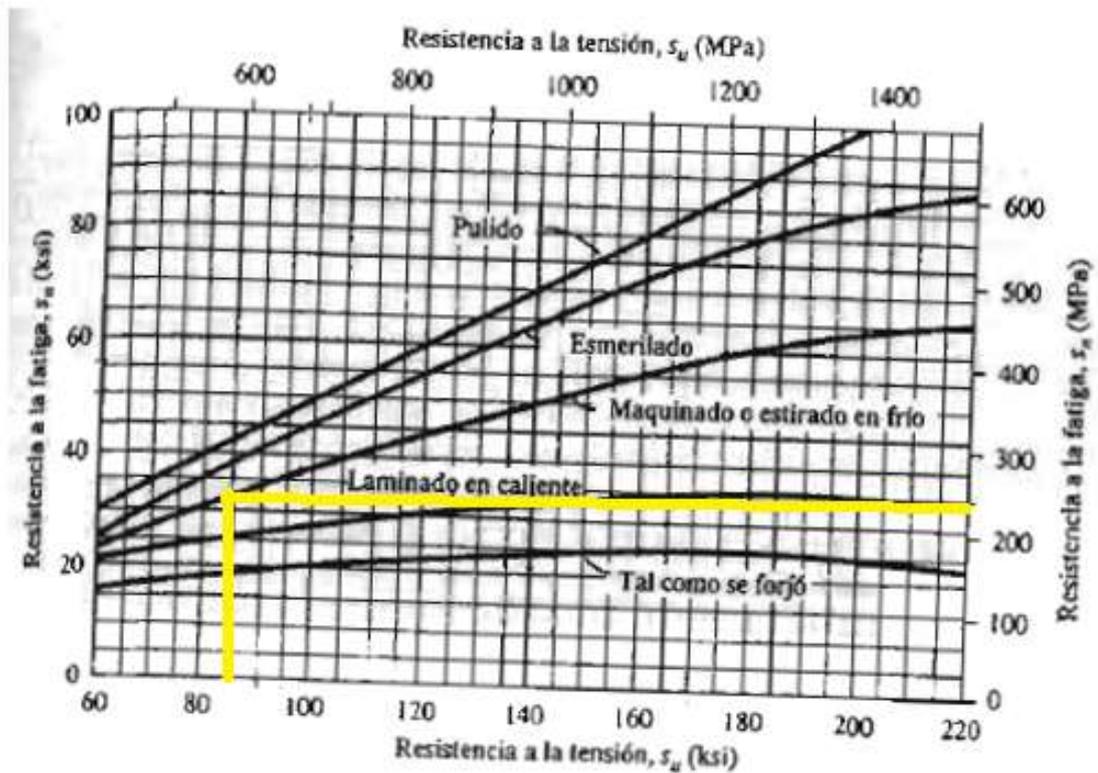
Norma	ASTM A366 JIS 3141 SPCIC SAE 1008 SAE 1010
Espesores	0,40 a 1,90
Rolls	X 1219
Planchas	4 X 8 y medidas especiales



CALIDAD	DESIGNACION	CARBON	MANGANESO	FOSFORO	AZUFRE	ALUMINIO
Calidad Comercial	CS TIPO A	0,10	0,6	0,03	0,035	
	CS TIPO B	0,02 a 0,15	0,6	0,03	0,035	
	CS TIPO C	0,08	0,6	0,10	0,035	
Embutido leve	FS TIPO A	0,10	0,5	0,02	0,035	
	FS TIPO B	0,02 to 0,10	0,5	0,02	0,030	
Embutido profundo	DDS	0,06	0,5	0,02	0,025	0,01
	EDDS	0,02	0,4	0,02	0,020	0,01
Estructural SS Gtd	30 (230)	0,20		0,040	0,040	
	37 (255)	0,20		0,10	0,040	
	40(275)	0,25		0,10	0,040	
	50(340)	0,40		0,20	0,040	
	50(340)	0,50		0,040	0,040	
	80 (550)	0,20		0,040	0,040	

ANEXO V FACTORES (SN,CM,CST,CR,CS)

Resistencia a la fatiga



Factor de material

Acero forjado:	$C_m = 1.00$	Hierro colado maleable:	$C_m = 0.80$
Acero colado:	$C_m = 0.80$	Hierro colado gris:	$C_m = 0.70$
Acero pulverizado:	$C_m = 0.76$	Hierro colado dúctil:	$C_m = 0.66$

Factor de confiabilidad

TABLA 5-1
Factores de confiabilidad
aproximados C_R

Confiabilidad deseada C_R	
0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Factor de tamaño

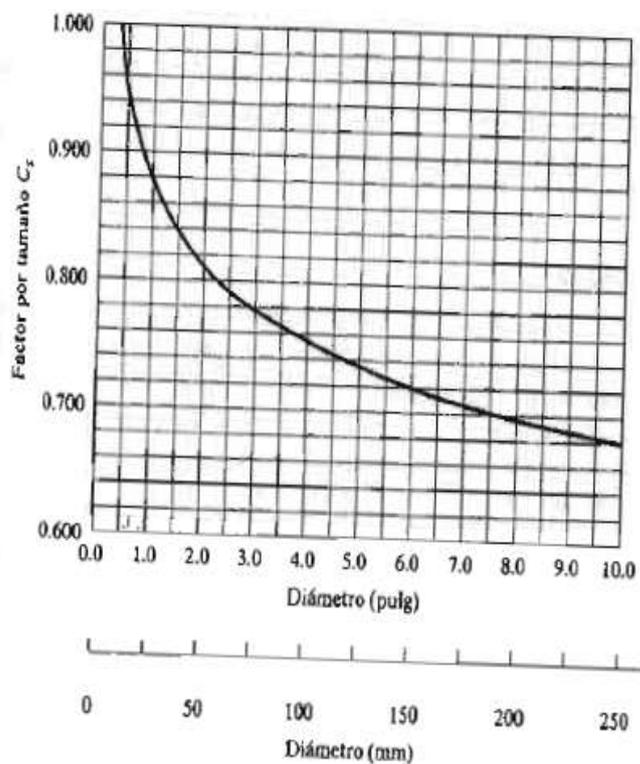


TABLA 5-2 Factores de tamaño

Unidades del Sistema Estadounidense Tradicional	
Rango de tamaño	Para D en pulgadas
$D \leq 0.30$	$C_s = 1.0$
$0.30 < D \leq 2.0$	$C_s = (D/0.3)^{-0.11}$
$2.0 < D < 10.0$	$C_s = 0.859 - 0.02125D$
Unidades SI	
Rango de tamaño	Para D en mm
$D \leq 7.62$	$C_s = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_s = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_s = 0.859 - 0.000837D$

ANEXO VI CAPACIDAD DE POTENCIA DE LA CADENA Y CATÁLOGO CADENAS

TABLA 7-5 Capacidades en caballos de fuerza - Cadena simple de rodillos número 40

Núm. de dientes	0.500 pulgadas de paso																	Velocidad mínima de giro de la catarina, rev/min																
	10	25	50	100	180	200	300	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2500	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000	9000									
11	0.06	0.14	0.27	0.52	0.91	1.00	1.48	2.42	3.34	4.25	4.70	5.60	6.49	5.57	4.66	3.70	2.85	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61	0.50	0.00									
12	0.06	0.15	0.29	0.56	0.99	1.09	1.61	2.64	3.64	4.64	5.13	6.11	7.09	6.34	5.31	4.22	3.25	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69	0.57	0.00									
13	0.07	0.16	0.31	0.61	1.07	1.19	1.75	2.86	3.95	5.02	5.56	6.62	7.68	7.15	5.99	4.76	3.66	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.78	0.00	0.00									
14	0.07	0.17	0.34	0.66	1.15	1.28	1.88	3.08	4.25	5.41	5.98	7.13	8.27	7.99	6.70	5.31	4.09	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87	0.00	0.00									
15	0.08	0.19	0.36	0.70	1.24	1.37	2.02	3.30	4.55	5.80	6.41	7.64	8.86	8.86	7.43	5.89	4.54	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97	0.00	0.00									
16	0.08	0.20	0.39	0.75	1.32	1.46	2.15	3.52	4.86	6.18	6.84	8.15	9.45	9.76	8.18	6.49	5.00	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34	0.00	0.00	0.00									
17	0.09	0.21	0.41	0.80	1.40	1.55	2.29	3.74	5.16	6.57	7.27	8.66	10.04	10.69	8.96	7.11	5.48	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47	0.00	0.00	0.00									
18	0.09	0.22	0.43	0.84	1.48	1.64	2.42	3.96	5.46	6.95	7.69	9.17	10.63	11.65	9.76	7.75	5.97	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60	0.00	0.00	0.00									
19	0.10	0.24	0.46	0.89	1.57	1.73	2.56	4.18	5.77	7.34	8.12	9.66	11.22	12.64	10.59	8.40	6.47	4.92	3.91	3.20	2.29	0.09	0.00	0.00	0.00									
20	0.10	0.25	0.48	0.94	1.65	1.82	2.69	4.39	6.07	7.73	8.55	10.18	11.81	13.42	11.44	9.07	6.99	5.31	4.22	3.45	2.47	0.00	0.00	0.00	0.00									
21	0.11	0.26	0.51	0.98	1.73	1.91	2.83	4.61	6.37	8.11	8.98	10.69	12.40	14.10	12.30	9.76	7.52	5.72	4.54	3.71	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00									
22	0.11	0.27	0.53	1.03	1.81	2.01	2.96	4.83	6.68	8.50	9.40	11.20	12.99	14.77	13.19	10.47	8.06	6.13	4.87	3.98	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00									
23	0.12	0.28	0.56	1.08	1.90	2.10	3.10	5.05	6.98	8.89	9.83	11.71	13.58	15.44	14.10	11.19	8.62	6.55	5.20	4.26	3.05	0.00	0.00	0.00	0.00									
24	0.12	0.30	0.58	1.12	1.98	2.19	3.23	5.27	7.28	9.27	10.26	12.22	14.17	16.11	15.03	11.93	9.18	6.99	5.54	4.54	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00									
25	0.13	0.31	0.60	1.17	2.06	2.28	3.36	5.49	7.59	9.66	10.69	12.73	14.76	16.78	15.98	12.68	9.76	7.43	5.89	4.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
26	0.13	0.32	0.63	1.22	2.14	2.37	3.50	5.71	7.89	10.04	11.11	13.24	15.35	17.45	16.95	13.45	10.36	7.88	6.25	5.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
28	0.14	0.35	0.67	1.31	2.31	2.55	3.77	6.15	8.50	10.82	11.97	14.26	16.53	18.79	18.94	15.03	11.57	8.80	6.99	5.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
30	0.15	0.37	0.72	1.41	2.47	2.74	4.04	6.59	9.11	11.59	12.82	15.28	17.71	20.14	21.01	16.67	12.84	9.76	7.75	6.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
32	0.16	0.40	0.77	1.50	2.64	2.92	4.31	7.03	9.71	12.38	13.68	16.30	18.89	21.48	23.14	18.37	14.14	10.76	8.54	1.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
35	0.18	0.43	0.84	1.64	2.88	3.19	4.71	7.69	10.62	13.52	14.96	17.82	20.67	23.49	26.30	21.01	16.17	12.30	9.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
40	0.21	0.50	0.96	1.87	3.30	3.65	5.38	8.79	12.14	15.45	17.10	20.37	23.62	26.85	30.06	25.67	19.76	15.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
45	0.23	0.56	1.08	2.11	3.71	4.10	6.08	9.89	13.66	17.39	19.24	22.92	26.57	30.20	33.82	30.63	23.58	5.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									

Tipo A

Tipo B

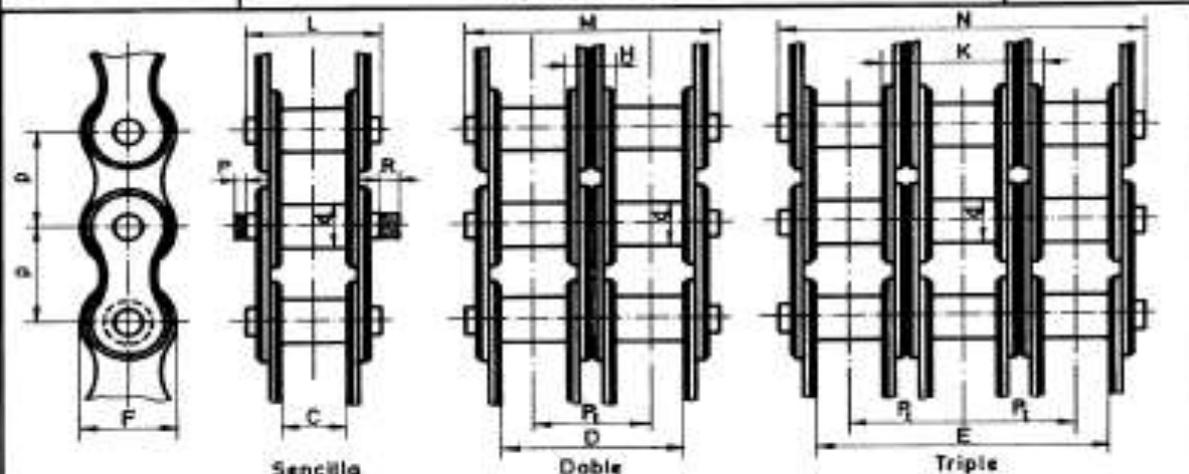
Tipo C

Tipo A: Lubricación manual o por goteo
 Tipo B: Lubricación en baño o con disco
 Tipo C: Lubricación con eborro de aceite

Órganos de tracción
y de sustentación

CADENAS DE RODILLOS DIMENSIONES

TABLA 8 - 9



DIMENSIONES

Cadena nº	Paso p	Diámet. rodillo d	Ancho interior			Ancho mailla F	Paso transv. R	Grupo de maillas		Ancho de la cadena			Espesores	
			Sencilla C	Doble D	Triple E			H	K	Sencilla L	Doble M	Triple N	Cabeza P	Tuerca R
1	8,00	5,00	3,00	6,64	14,27	8,37	5,64	2,64	8,28	8,13	13,97	19,56	1,27	3,06
2	9,525	6,35	3,94	-	-	8,51	-	-	-	11,18	-	-	1,27	3,30
3	9,525	6,35	5,72	15,95	26,19	8,51	10,24	4,52	14,76	12,95	23,37	33,53	1,27	3,30
(4)	12,70	7,75	3,30	-	-	10,16	-	-	-	10,16	-	-	1,40	3,81
5	12,70	7,75	4,88	-	-	10,16	-	-	-	11,68	-	-	1,40	3,81
6	12,70	8,51	5,21	-	-	12,07	-	-	-	13,97	-	-	1,40	3,81
7	12,70	8,51	7,75	21,67	35,59	12,07	13,92	6,17	20,09	16,51	30,48	44,45	1,40	3,81
(8)	15,875	7,75	3,30	-	-	10,16	-	-	-	10,16	-	-	1,40	3,81
(9)	15,875	7,75	4,88	-	-	10,16	-	-	-	11,68	-	-	1,40	3,81
10	15,875	10,16	6,48	-	-	14,73	-	-	-	16,00	-	-	1,52	4,06
11	15,875	10,16	8,65	26,24	42,82	14,73	16,59	6,93	23,52	19,05	35,81	52,32	1,52	4,06
12	19,05	12,07	7,87	-	-	16,38	-	-	-	18,29	-	-	1,65	4,57
13	19,05	12,07	11,68	31,14	50,60	16,38	19,48	7,77	27,23	22,10	41,68	61,21	1,65	4,57
14	25,40	15,88	12,70	-	-	20,83	-	-	-	31,75	-	-	2,03	5,33
15	25,40	15,88	17,02	48,90	80,77	20,83	31,88	14,86	46,74	36,07	68,07	99,82	2,03	5,33
(16)	31,75	19,05	14,22	-	-	25,40	-	-	-	37,85	-	-	-	6,10
17	31,75	19,05	19,56	56,01	92,46	25,40	36,45	16,89	53,34	43,18	79,76	116,08	-	6,10
18	38,10	25,40	25,40	71,76	122,12	33,53	48,36	22,96	71,32	53,34	101,85	150,11	-	6,60
(19)	44,45	27,94	22,23	-	-	33,53	-	-	-	58,13	-	-	-	7,37
20	44,45	27,94	30,99	90,55	150,11	33,53	59,56	28,58	88,14	64,77	124,46	183,90	-	7,37
(21)	50,80	29,21	22,23	-	-	40,13	-	-	-	58,67	-	-	-	7,87
22	50,80	29,21	30,99	89,54	148,08	40,13	58,95	27,56	86,11	67,31	125,98	184,40	-	7,87
23	63,50	39,37	38,10	110,39	182,68	52,83	72,29	34,19	106,48	82,55	154,94	227,33	-	9,14
24	76,20	48,26	45,72	136,93	288,14	64,26	91,21	45,49	136,70	99,06	190,50	281,69	-	10,41
25	88,90	53,98	53,34	159,94	-	78,23	106,60	53,26	-	114,30	220,98	-	-	11,68
26	101,60	63,50	60,96	180,85	-	92,20	119,89	58,93	-	130,81	250,70	-	-	12,95
27	114,30	72,39	68,58	204,85	-	104,39	136,27	67,69	-	147,32	283,72	-	-	14,22
28	127,00	79,38	76,20	226,70	-	116,33	150,50	74,30	-	162,56	313,18	-	-	16,49
29	152,40	95,25	91,44	271,53	-	139,19	180,09	88,65	-	194,31	374,40	-	-	18,03
30	177,80	111,13	106,68	316,23	-	162,05	209,55	102,67	-	226,06	435,61	-	-	20,57
31	203,20	127,00	121,92	361,95	-	184,91	240,03	118,11	-	257,81	497,64	-	-	23,11

CARGAS DE ROTURA EN KG

Nº	Sencilla	Doble	Triple	Nº	Sencilla	Doble	Triple	Nº	Sencilla	Doble	Triple	Nº	Sencilla	Doble	Triple
1	363	680	998	(9)	816	-	-	17	5670	11113	16556	25	52183	102058	-
2	862	-	-	10	2177	-	-	18	9979	18597	27215	26	68039	129273	-
3	862	1678	2495	11	2177	4173	6123	(19)	12701	-	-	27	86182	163292	-
(4)	816	-	-	12	2812	-	-	20	12701	24494	36287	28	108862	204816	-
5	816	-	-	13	2812	5488	8165	(21)	15422	-	-	29	154221	294834	-
6	1588	-	-	14	4309	-	-	22	15422	29483	43545	30	210919	401427	-
7	1588	2948	4309	15	4309	8165	12020	23	26762	51029	75296	31	272154	521629	-
(8)	816	-	-	(16)	5670	-	-	24	39009	73935	108862	-	-	-	-

Concuerda con la Norma UNE 18002

ANEXO VII CATÁLOGO CATARINAS

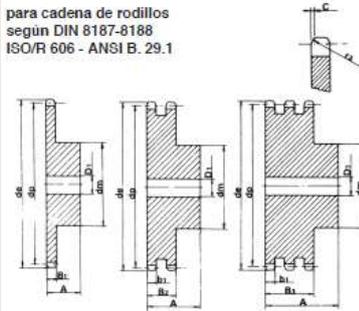
PIÑONES DENTADOS 08B

Calidad, dimensiones y acabados según normas DIN-ASA-ANSI

Z	d _e	d _p	SIMPLE			DOBLE			TRIPLE		
			d _m	D ₁	A	d _m	D ₁	A	d _m	D ₁	A
8	37,2	33,18	20	10	25						
9	41,0	37,13	24	10	25						
10	45,2	41,10	26	10	25	26	10	32			
11	48,7	45,07	29	10	25	26	10	32			
12	53,0	49,07	33	10	28	35	12	35	34	14	50
13	57,4	53,06	37	10	28	38	12	35	38	14	50
14	61,8	57,07	41	10	28	42	12	35	42	14	50
15	65,5	61,09	45	10	28	46	12	35	46	14	50
16	69,5	65,10	50	12	28	50	14	35	50	16	50
17	73,6	69,11	52	12	28	54	14	35	54	16	50
18	77,8	73,14	56	12	28	58	14	35	58	16	50
19	81,7	77,16	60	12	28	62	14	35	62	16	50
20	85,8	81,19	64	12	28	66	14	35	66	16	50
21	89,7	85,22	68	14	28	70	16	40	70	20	55
22	93,8	89,24	70	14	28	70	16	40	70	20	55
23	98,2	93,27	70	14	28	70	16	40	70	20	55
24	101,8	97,29	70	14	28	75	16	40	75	20	55
25	105,8	101,33	70	14	28	80	16	40	80	20	55
26	110,0	105,36	70	16	30	85	20	40	85	20	55
27	114,0	109,40	70	16	30	85	20	40	85	20	55
28	118,0	113,42	70	16	30	90	20	40	90	20	55
29	122,0	117,46	80	16	30	95	20	40	95	20	55
30	126,1	121,50	80	16	30	100	20	40	100	20	55
31	130,2	125,54	90	16	30						
32	134,3	129,56	90	16	30	100	20	40			
33	138,4	133,60	90	16	30						
34	142,6	137,64	90	16	30	100	20	40			
35	146,7	141,68	90	16	30	100	20	40	110	20	55
36	151,0	145,72	90	16	35	110	20	40	120	25	55
37	154,6	149,76	90	16	35						
38	158,6	153,80	90	16	35	110	20	40	120	25	60
39	162,7	157,83	90	20	35						
40	166,8	161,87	90	16	35	110	20	45			

Piñón 1/2" x 5/16"

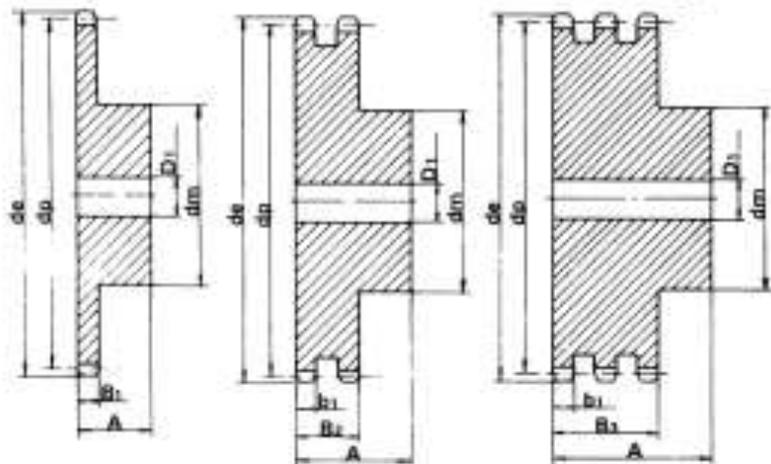
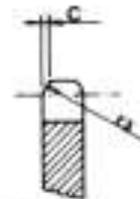
para cadena de rodillos
según DIN 8187-8188
ISO/R 606 - ANSI B. 29.1



PIÑON	ISO mm	ASA-40 mm
Radio diente r ₃	13	13,5
Ancho radio C	1,3	1,6
Ancho radio piñón b ₁	7,2	7,2
Ancho radio piñón b ₂	7	7
Ancho radio piñón b ₃	21	21,4
Ancho radio piñón B ₃	34,9	35,8
CADENA	mm	mm
Paso	12,7	12,7
Ancho interior	7,75	7,94
∅ Rodillo	8,51	7,94

Piñón 1/2" x 5/16"

para cadena de rodillos
según DIN 8187-8188
ISO/R 606 - ANSI B. 29.1



ANEXO VIII PROPIEDADES ACERO INOX 304

APÉNDICE 6 PROPIEDADES DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Designación del material			Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en pulgadas)
Número AISI	UNS	Condición	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
Aceros austeníticos							
201	S20100	Recocido	115	793	55	379	55
		1/4 duro	125	862	75	517	20
		1/2 duro	150	1030	110	758	10
		3/4 duro	175	1210	135	931	5
		Duro total	185	1280	140	966	4
301	S30100	Recocido	110	758	40	276	60
		1/4 duro	125	862	75	517	25
		1/2 duro	150	1030	110	758	15
		3/4 duro	175	1210	135	931	12
		Duro total	185	1280	140	966	8
304	S30400	Recocido	85	586	35	241	60
310	S31000	Recocido	95	655	45	310	45
316	S31600	Recocido	80	552	30	207	60
Aceros ferríticos							
405	S40500	Recocido	70	483	40	276	30
430	S43000	Recocido	75	517	40	276	30
446	S44600	Recocido	80	552	50	345	25
Aceros martensíticos							
410	S41000	Recocido	75	517	40	276	30
416	S41600	Q&T 600	180	1240	140	966	15
		Q&T 1000	145	1000	115	793	20
		Q&T 1400	90	621	60	414	30
431	S43100	Q&T 600	195	1344	150	1034	15
440A	S44002	Q&T 600	280	1930	270	1860	3
Aceros endurecidos por precipitación							
17-4PH	S17400	H 900	200	1380	185	1280	14

ANEXO IX CATÁLOGO BANDA TRANSPORTADORA

Products datasheet



UPRO 2/13W-M

Schematic structure

6D: 392201



Best Applications

General Conveying belt. Food industry.

Fabric information

Number of plies	2
Top fabric	Polyester monofilament, with lateral stability
Bottom fabric	Polyester monofilament, with lateral stability, antistatic

Basic technical data

Total thickness	1.3mm	0.051 in.
Weight	1.3kg/M ²	0.27 lbs./sq. ft.
Standard width	3200mm	126 in.
Tensile force		
TN elongation	8N/mm	34 lbs./in.

Belt support

Roller	Yes
Slider bed	Yes
Troughed	No

Minimum pulley diameter

Normal flexion	8mm	0.24 in.
Counter flexion	12mm	0.47 in.

Suggested joint methods

One ply finger

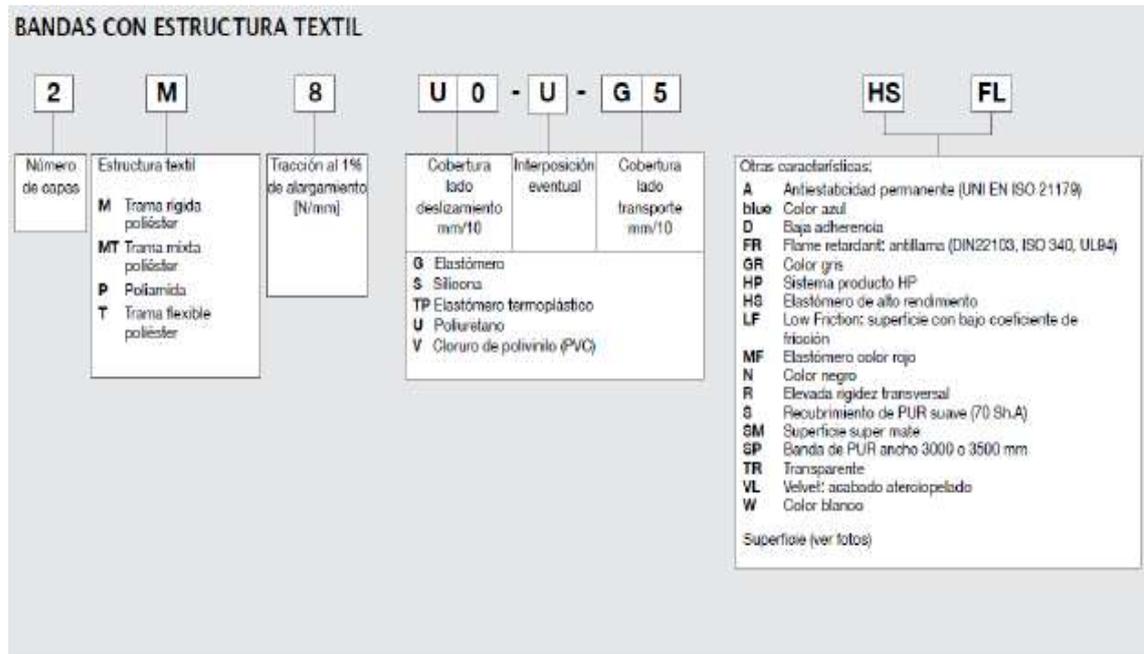
Detailed technical data

Top cover		
-Thickness	0.2mm	0.008 in.
-Material	Polyurethane	
-Hardness	ShoreA 88	
-Color	White	
-Surface	Mat finish	
Middle layer		
-Thickness	0.2mm	0.008 in.
-Material	Polyurethane	
-Hardness	ShoreA 88	
-Color	White	
Bottom cover		
-Material	Fabric impregnation PU	
-Color	Transparent	

Chemical resistant and other characteristics

- Top cover permitted according to the FDA-prescriptions to paragraph 177.2000 for transport of all unpackage foodstuffs
- Good resistance to animal, mineral and vegetable oil and fat
- Good performance to go through the knife edge conveying
- Temperature range of -20 °C to +80 °C

ANEXO X COEFICIENTES DE FRICCIÓN BANDA TRANSPORTADORA



COEFICIENTE DE FRICCIÓN LADO DESLIZAMIENTO

Tipo de cobertura	Plano de deslizamiento		Tambor motor	
	Chapa acero	Chapa plást. o madera	Tambor acero	Tambor forrado
0	0.20	0.25	0.20	0.30
G1	no aplicable		0.60	0.70
S0	0.30	0.40	0.30	0.50
U0	0.20	0.25	0.20	0.30
U2	0.40	0.50	0.30	0.40
U3, U5	0.40	0.50	0.40	0.60
V5, V10	no aplicable		0.40	0.60

Peso de las partes en movimiento (G)

ANCHO BANDA Pulg.	RODILLOS CARGADORES SERVICIO LIGERO 4" Ø	RODILLOS CARGADORES SERVICIO MEDIO 5" Ø	RODILLOS CARGADORES SERVICIO MEDIO 6"Ø BANDA HASTA 6 CAPAS	RODILLOS CARGADORES SERVICIO PESADO 6"Ø O 7" Ø BANDA DE 7 A 10 CAPAS
14	12	14	-	-
16	14	16	-	-
18	15	18	-	-
20	16	20	-	-
24	19	24	30	32
30	25	30	38	45
36	29	36	47	58
42	34	42	55	70
48	-	48	64	84
54	-	54	72	96
60	-	60	81	108
72	-	72	97	135

DISTANCIA ENTRE CENTROS POLEAS EN PIES	FACTOR DE CORRECCION PARA AJUSTAR EL VALOR DE "G"
0 a 10	3.2
10 a 15	2.7
15 a 20	2.2
20 a 30	1.8
30 a 50	1.5
50 a 70	1.3
70 a 100	1.2
100 a 150	1.1
Arriba de 150	"G" normal

ANEXO XI FACTOR K

TABLA 2 - Factor de transmisión (K) para prevenir deslizamiento

ANGULO DE CONTACTO EN LA BANDA DE TRANSMISION	TIPO DE TRANSMISION	TENSOR DE TORNILLO		TENSOR DE GRAVEDAD	
		POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA	POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA
150°	Recta	1.5	1	1.08	0.67
160°	Recta	1.4	0.9	0.9	0.60
170°	Recta	1.3	0.9	0.91	0.55
180°	Recta	1.2	0.8	0.84	0.50
190°	De contacto	1.1	0.7	0.77	0.45
200°	De contacto	1	0.7	0.72	0.42
210°	De contacto	1	0.7	0.67	0.38
220°	De contacto	0.9	0.6	0.62	0.35
230°	De contacto	0.9	0.6	0.58	0.32
240°	De contacto	0.8	0.6	0.54	0.30
340°	Tandem o Dual	0.5	0.4	0.29	0.143
360°	Tandem o Dual	0.5	0.4	0.26	0.125
380°	Tandem o Dual	0.5	0.3	0.23	0.108
400°	Tandem o Dual	0.5	0.3	0.21	0.095
420°	Tandem o Dual	0.4	0.3	0.19	0.084
440°	Tandem o Dual	-	-	0.17	0.074
460°	Tandem o Dual	-	-	0.15	0.064
480°	Tandem o Dual	-	-	0.14	0.056

ANEXO XII PROPIEDADES VARIADOR DE FRECUENCIA WEG

CFW-10 - Especificación del Código



1 - Convertidor de Frecuencia WEG CFW-10

2 - Corriente Nominal de Salida:

110-127 V		200-240V	
0016	1,6 A	0016	1,6A
0025	2,5 A	0025	2,5A
0040	4,0 A	0040	4,0A
		0073	7,3A
		0100	10,0A
		0152	15,2A

solamente para el modelo trifásico

3 - Numero de Fases

S = monofásico
T = trifásico

4 - Tensión de Red

1112 = 110-127 Vca (Solamente Monofásico)
2024 = 200-240 Vca

5 - Idioma del Manual

P = Portugués
E = inglés
S = Español

6 - Opcionales

S = Estándar (sin opcionales)
O = Con opcionales

7 - Tarjeta de Control

En blanco = Estándar
CL = Versión Clean (sin entrada analógica y sin salida a relé)
PL = Versión Plus (con potenciómetro incorporado)

8 - Filtro EMC incorporado

En blanco = Estándar
FA = Con filtro EMC Clase A (solamente para los modelos monofásicos 200-240Vca)

9 - Hardware Especial

En blanco = Estándar (sin hardware especial)
Hx = hardware especial versión X
CP = Versión Especial de Disipador (Cold Plate)

10 - Software Especial

En blanco = Estándar (sin software especial)
Sx = software especial versión X

11 - Fin del Código

ANEXO XIII. TABLA CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Calibre A.W.G	Diámetro mm	Sección mm ²	Intensidad en amperios			
			Aire libre		3 conductores en tubo	
			TW	desnudo	TW	asbesto
0000	11.58	107.20	300	370	195	340
000	10.38	85.00	260	320	165	285
00	9.36	67.42	225	275	145	250
0	8.25	53.48	195	235	125	225
2	6.54	33.62	140	175	95	165
4	5.18	21.15	105	130	70	120
6	4.11	13.29	80	100	55	95
8	3.26	8.32	55	70	40	70
10	2.59	5.29	40	55	30	55
12	2.05	3.29	25	40	20	40
14	1.62	2.08	20	30	15	30
16	1.29	1.29	12	16	8	16
18	1.02	0.85	8	12	6	12

Características del duralon[®]

GENERALIDADES	ASTM D788 POLIÉTER TERMOPLÁSTICO	UNIDADES	DURALON [®]		
			C 100	C 80	C 50
Densidad		g/cm ³	1.15	1.14	1.12
Temp. Fusión	ASTM D788	°C	220	206/210	209/203
Abs. Humedad		g/g	2.5	2.3	2.0
			g/g	0.5	0.6

MECANICAS					
Resist./Tracción	ASTM D638	Kg/cm ²	800/815	407/713	307/611
Elong./Tracción flexión	ASTM D638	g/n	1025	1020	1045
Resist. compresión (deform. total)	ASTM D695	Kg/cm ²	850	800	750
Resist. compresión (sin deformación)		Kg/cm ²	140	125	110
Resist./Flexión	DIN 53482 ASTM D790	Kg/cm ²	815/1530	408/1326	306/1170
Modulo/elasticidad	ASTM D638	Kg/cm ²	32400570	7882850	3100240
Resist. esfuerzo cortante	ASTM D732	Kg/cm ²	650	550	450
Resist. impacto a 20°C	DIN 53453	Kg/cm ²	4/rupt.	4/rupt.	4/rupt.
Resist. impacto con ranura	DIN 53453	Kg/cm ²	82/4.4	61/4.1	4/rupt/15.2
Dureza	SHORE D		78/85	80	77

TERMICAS					
Cóeficiente dilat. lineal		mm/mm/°C	2.10 ⁻⁵	10.10 ⁻⁵	12.10 ⁻⁵
Temperatura/ utilización		°C	150	150	140
- Corta tiempo		°C	110	95	80
- Cont. en aire		°C	120	115	110
- Cont. en gas inerte		°C	80	75	70
- Cont. en agua		°C	110	105	100
Temp. dist. calor	ASTM D248	°C	200	195	190
- 4.5 Kg/cm ²		°C	190	187	185
- 18.5 Kg/cm ²		°C	85	80	75
Martens	DIN 53462	°C	85	80	75
Inflamabilidad	ASTM D635		autoexting.	autoexting.	autoexting.

ELECTRICAS					
Rigidez dieléc. - en aire	DIN 53941	Kv/mm	25	25	25
- en agua		Kv/mm	15	15	15
Const. dieléc.	DIN 53483 ASTM D150		4	4	4
- 50 Hz			3.5	3.9	3.9
- 10 ³ Hz			3.7	3.7	3.7
- 10 ⁵ Hz			25	25	25
Factor pérdida (tang. Delta)	DIN 53483	tang δ	0.03	0.03	0.03
de 50 a 10 ⁵ Hz			0.25	0.25	0.25
- en agua 10 ⁵ Hz					
Resistividad de volumen (en seco)	DIN 53483	ohm/cm	5.10 ¹⁴	5.10 ¹⁴	5.10 ¹⁴

COEFICIENTES DE FROCCION DESGASTE / ABRASION	DURALON [®]		
	C 100	C 80	C 50
- Estático en seco	0.4	0.35	0.3
- Dinámico en seco	0.3	0.22	0.15
- Estático en aceite	0.10	0.10	0.10
- Dinámico en aceite	0.03	0.03	0.03
- Estático con circulación forzada en aceite	0.012	0.011	0.02
- Dinámico con circulación forzada en aceite	-	-	-
- Estático en agua	0.33	0.23	0.23
- Dinámico en agua	0.15	0.12	0.15

MATERIAL	COEFICIENTE FROCCION	ABRASION MICRONES Km
DURALON [®]	0.35/0.43	0.1
Poliéster (PETF)	0.54	0.5
Poliéster alta densidad (PE-HD)	0.25	1.0/4.8
Polipropileno	0.31	4.6
Polimetil metacrilato (PMMA)	0.54	4.8
Polivinil Cloruro (PVC)	0.30	5.3
Poliuretano baja densidad (PE/LD)	0.55	7.1
Acrílico/Butadieno- estireno (ABS)	0.50	8.4
Co-poliolefin	0.37	8.5
Polipropileno (PP)	0.30	11
Teflon	0.22	21
Poliacetileno (PC)	0.52/0.55	22
Poliuretano alto impacto (PU)	0.50	51
Poliuretano ácido (PPG)	0.35	50

La Resistencia a la fricción y el desgaste por abrasión en comparación con otros materiales se ha determinado con

DURALON[®] que es el material termoplástico que presenta el mejor comportamiento entre el coeficiente de fricción y el desgaste. Los datos comparativos arriba indicados son determinados en cuerpos de prueba de 1 cm² con espesor de 1 cm., a temperatura de hasta 40°C, y con una presión de 0.5 Kg/cm² a una velocidad de arrastre de 0.6 m/segundo, sobre una superficie metálica con una rugosidad promedio de 2 micrones, con recorrido de arrastre de 1 Km.

QUIMICAS

El DURALON[®] tiene resistencia a:

Contacto con atmósfera húmeda; con atmósfera salina, altamente corrosiva; hidrocarburos alifáticos (gasolina, gas nafta, gas licuado, aceites lubricantes, etc.); hidrocarburos aromáticos (toluol, xilol, bencol, etc.); Alcoholes; solventes clorados (tetracloruro de carbono, tricloroetileno, etc.); aceites y grasas; álcalis diluidos y con concentración no superior a 30 o/o y en frío; jabones, ácidos minerales diluidos (clorhídrico, sulfúrico, etc.) con concentraciones no superiores al 5 o/o y en frío; la mayor parte de ácidos orgánicos; formaldehído, etc.

Lo atacan severamente:

Ácidos minerales concentrados, algunos ácidos orgánicos (acético y fórmico); agentes oxidantes fuertes (ozono, permanganato de potasio y agua oxigenada); halógenos libres (cloro, bromo y yodo); fenol (solvente específico); cresol (solvente específico); ácido fórmico (solvente específico).

Usos y Aplicaciones del duralon®

LAS PROPIEDADES ANTES MENCIONADAS COVIERTEN AL DURALON® EN EL MATERIAL IDEAL PARA EL MAQUINADO DE PIEZAS TALES COMO:



INDUSTRIA METALMECANICA:
Engranajes, piñones, ruedas dentadas, bujes y chumaceras de baja velocidad, cremalleras, cojinetes deslizablees, ejes, poleas, catalinas, ruedas, asientos para

válvulas, arandelas, rodamientos, bujes, coronas, articulaciones esféricas, guías, etc.



INDUSTRIA DEL CALZADO:
Planchas de corte de torqueladoras, modelos, rodillos de cintas transportadoras, martillos, guías, etc.



INDUSTRIA DE BEBIDAS, CARNICA Y ALIMENTICIA EN GENERAL:
(Aprobación FDA—CFR 21 Párrafo 177-1500)

Planchas guías para raspadores y rastrillos, operadores para mezcladoras, planchas guías para máquinas enpacadoras, discos inyectores de carnes, agitadores, impulsadores, estrella para llenadora en embotelladoras, tornillos sin fin para carnes, planchas de corte y procesamiento de carnes, etc.



INDUSTRIA TEXTIL/PAPELERA:
Rodillos de guías para hilos, amortiguadores y disparadores, rodillo de calandreado, planchas de soporte para corte y estampado, barras de guía, eslabones de cadenas, etc.



INDUSTRIA NAVIERA:
Planchas protectoras con resistencia a abrasivos y golpes, plataformas de montacargas, tubos, barras planchas, boyas salvavidas. (DURALON® EXPANDIDO), planchas deslizablees, hélices, rodillos de transporte, etc.



INDUSTRIA QUIMICA:
Flangias, alimentadores de tornillo sin fin para medios abrasivos, protectores para los alabes de ventiladores y aspas hidráulicas sujetos a alta abrasión, planchas guía para raspadores, catalinas y rastrillos para lodos en plantas de tratamiento de agua, soleras deslizablees y coples en las pastilladoras de jabón, engranaje y ejes para medidores de agua, aceite y gas, planchas para filtros de gran dimensión, anillos de sujeción y acoplamiento, elementos para bombas, etc.



INDUSTRIA ELECTROTECNICA:
Poleas para conductores eléctricos, catalinas en máquinas estiradoras de alambre, roldanas para teleféricos, piezas de articulación, planchas aislantes, etc.



INDUSTRIAS VARIAS:
Topes, empalmes de rieles, cremalleras, guías, rodillos de transporte, válvulas, cojinetes, engranajes, anillos y retenas, cilindros de presión, ruedas, moldes para fraguar cemento, tubos, barras, planchas, injertos/postizos y tejas para laminación en la industria del acero, etc.

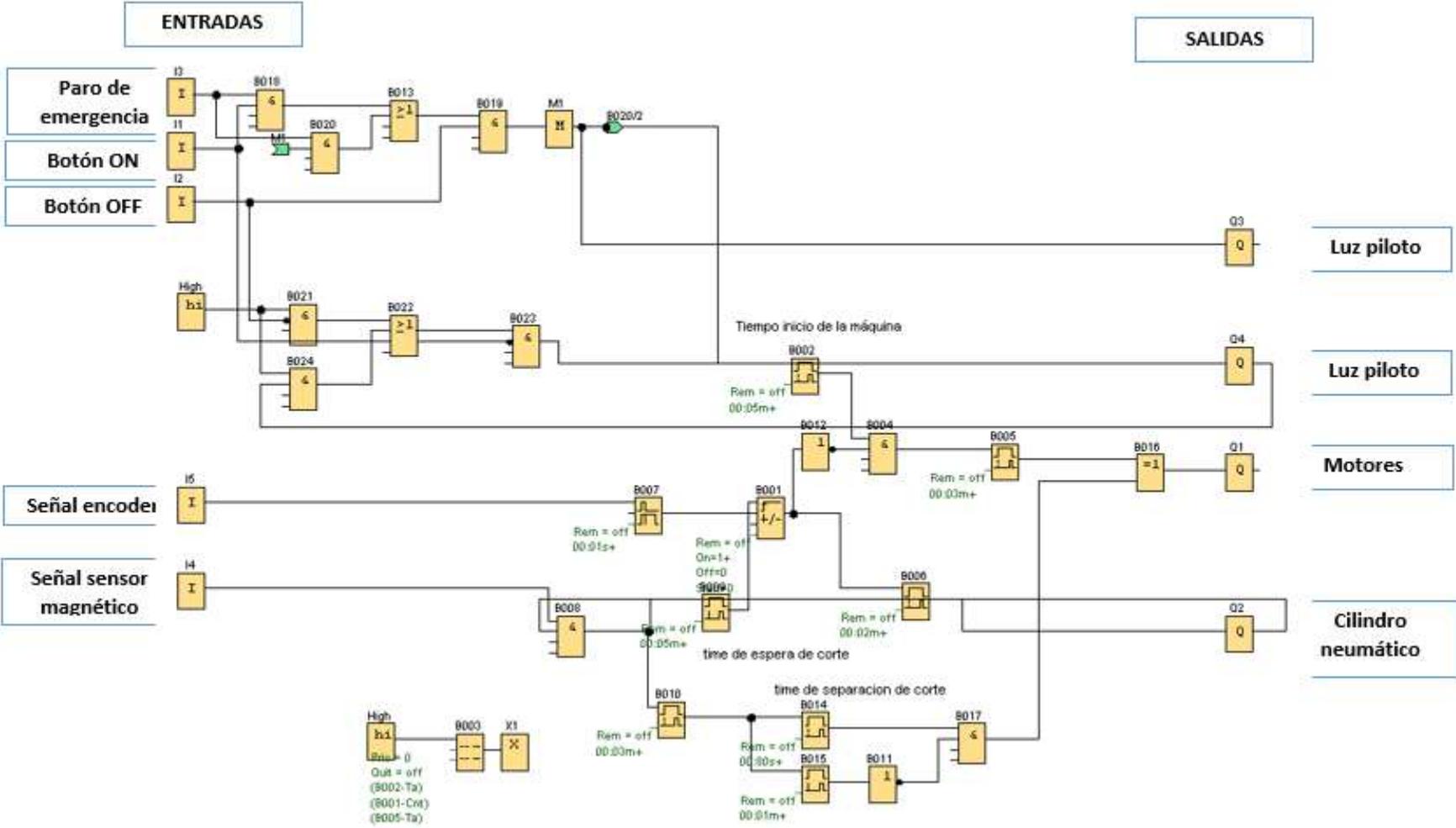
LO ANTERIORMENTE MENCIONADO CONSTITUYE UNICAMENTE ALGUNOS DE LOS INNUMERABLES USOS Y APLICACIONES DEL DURALON®

Para mayor información, consúltenos.

ANEXO XV CATALOGO RODAMIENTOS SKF

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	-
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	61805
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	61905
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,060	*16005
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,080	*6005
	52	9	10,6	6,55	0,28	28 000	18 000	0,078	98205
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	*6205
	52	15	17,8	9,8	0,40	28 000	18 000	0,12	6205 ETN9
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	*6305
	62	17	26	13,4	0,57	24 000	16 000	0,21	6305 ETN9
	80	21	35,8	19,3	0,82	20 000	13 000	0,53	6405
28	58	16	16,8	9,5	0,405	26 000	16 000	0,18	62/28
	68	18	25,1	13,7	0,585	22 000	14 000	0,29	63/28
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32 000	20 000	0,027	61806
	47	9	7,28	4,55	0,212	30 000	19 000	0,051	61906
	55	9	11,9	7,35	0,31	28 000	17 000	0,085	*16006
	55	13	13,8	8,3	0,355	28 000	17 000	0,12	*6006
	62	10	15,9	10,2	0,44	22 000	14 000	0,12	98206
	62	16	20,3	11,2	0,48	24 000	15 000	0,20	*6206
	62	16	23,4	12,9	0,54	24 000	15 000	0,19	6206 ETN9
	72	19	29,6	16	0,67	20 000	13 000	0,35	*6306
	72	19	32,5	17,3	0,74	22 000	14 000	0,33	6306 ETN9
	90	23	43,6	23,6	1,00	18 000	11 000	0,74	6406

ANEXO XVI PROGRAMACIÓN PLC'LOGO



ANEXO XVIII TABLA MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA

PARTE	FRECUENCIA	PASOS	DETALLE
ESTRUCTURA DE LA MAQUINA	Mensual	-Observar que no exista oxido en las partes metálicas de la máquina. - Revisar que no exista de soldaduras ocasionadas por el uso.	En caso de existir oxidación en la maquina proceder a lijar y pintar con pintura epóxica.
SISTEMA NEUMÁTICO	Diariamente	-Verificar que no exista fugas de aire -Revisar la presión de aire en la unidad de mantenimiento -Verificar si el compresor se encuentra trabajando normalmente	Cambiar la banda del compresor cada 12 meses. Purgar el compresor mensualmente. Verificar funcionamiento de manómetros. Mantener limpios y lubricados los pistones neumáticos.
SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL	Después de cada uso	Verificar el funcionamiento de este: Observar que el sistema se encuentre posicionado en el lugar correcto. Limpiar cadenas, piñones, engranes y lubricar.	Trasmisión de movimiento: Verificar el funcionamiento de Catarina/ piñón. Limpiar y lubricar. Motor: Revisar que no tenga temperatura y vibración excesiva. Cadena: Verificar que se encuentre tensionada correctamente.
SISTEMA DE CORTE VERTICAL	Después de cada uso	Verificar: - Lubricación de las barras. - Desgaste de los bocines - Funcionamiento del pistón. - La altura de la guillotina	Lubricación.- colocar lubricante 4059 QUINPLEX .- calibrar la altura de la guillotina a 1mm de la superficie de la banda
SISTEMA DE TRANSPORTE	Después de cada uso	Verificar: -Que no exista pandeo de la banda. - Se encuentre centrada.	-Templar la banda hasta observar que no existe pandeo. Nivelar la banda.
AJUSTE GENERAL	Mensual	Verificar que todos los elementos se encuentren centrados, y fijos a la estructura de la máquina	En caso de haber pernos y tuercas flojas, centrarles y ajustar estas.

ANEXO XIX FOTOS

Medición y corte de la estructura



Ensamblaje de la estructura base



Manufactura de los diferentes elementos que conforman la maquina





Maquinados anillos separadores



Maquinado eje del rodillo de corte.



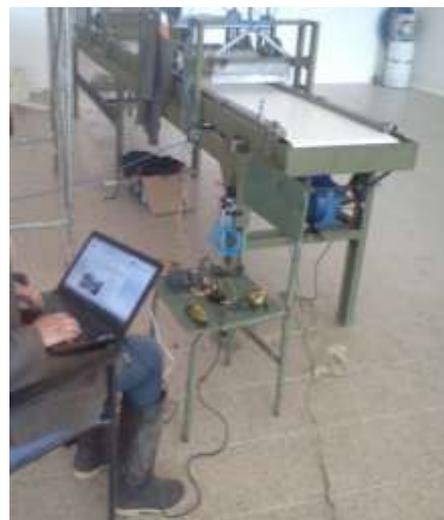
Maquinados discos de corte.



Implementación de tablero de control



Pruebas y ensamble



Maquina terminada

