



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

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

TEMA:

**“MÁQUINA ENFRIADORA ROTATIVA DE MANÍ TOSTADO,
PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL**

AUTOR: BRAVO AGUIRRE ANA PATRICIA

DIRECTOR: ING. DIEGO ORTIZ MORALES

IBARRA-ECUADOR

2014



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 determina 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 CONTACTO	
Cédula de Identidad:	100285662-1
Apellidos y Nombres:	Bravo Aguirre Ana Patricia
Dirección:	La Merced, Calle García Moreno s/n y Santa Bertha
Email:	ams_coty_5@hotmail.com
Teléfono Fijo:	062907548
Teléfono Móvil:	0990700848

DATOS DE LA OBRA	
Título:	MAQUINA ENFRIADORA ROTATIVA DE MANI TOSTADO, PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL.
Autor:	Bravo Aguirre Ana Patricia
Fecha:	25 de Julio del 2014
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniería en Mecatrónica
Director:	Ing. Diego Ortiz Morales

Firma _____

Nombre: Ana Patricia Bravo Aguirre

Cedula: 1002856621

Ibarra, 25 de Julio del 2014

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Bravo Aguirre Ana Patricia, con cédula de Identidad Nro. 100285662-1, 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 de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.



Firma _____

Nombre: Ana Patricia Bravo Aguirre

Cedula: 1002856621

Ibarra, 25 de Julio del 2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Bravo Aguirre Ana Patricia, con cédula de identidad Nro. 100285862-1, 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: **“MÁQUINA ENFRIADORA ROTATIVA DE MANÍ TOSTADO, PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERA 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 entrega del trabajo final en el formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ana Patricia Bravo Aguirre', is written over a light blue rectangular background.

Firma

Nombre: Bravo Aguirre Ana Patricia
Cédula: 100285862-1

Ibarra, 25 de Julio del 2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CONSTANCIA

La autora 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

En la ciudad de Ibarra, 25 de Julio del 2014

LA AUTORA:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ana Patricia Bravo Aguirre', is written over a light blue rectangular background.

Ana Patricia Bravo Aguirre

C.I.: 1002856621



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, BRAVO AGUIRRE ANA PATRICIA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado calificación profesional; y certifica la verdad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ana Patricia Bravo Aguirre', is positioned above a horizontal line.

BRAVO AGUIRRE ANA PATRICIA
C.I.: 100285662-1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

En calidad de Director de Trabajo de Grado, presentado por la señora Bravo Aguirre Ana Patricia, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que dicho trabajo fue realizado por mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, reading "Diego Ortiz Morales", is written over a horizontal line.

Ing. Diego Ortiz Morales

DIRECTOR DE PROYECTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Con mi corazón lleno de gratitud, dedico este trabajo de grado a mis padres Isabel y Jorge, quienes son la razón de mi vida.

Mamita, no me equivoco si digo que es la mejor mamá del mundo y el mayor ejemplo de lucha por la vida, gracias por todo su esfuerzo, su apoyo y la confianza que ha depositado en mí. Que sea esta la recompensa a tantos años de entrega, desvelos, madrugadas, LE AMO con todo mi corazón.

Papi, por darme la oportunidad de hacer realidad este sueño compartido, por alentarme diariamente, por enseñarme lo que es luchar día a día por un sueño, por sus esfuerzos, por su trabajo, por ser el mejor esposo, padre y compañero y sobre todo por hacer de mí una mujer fuerte.

A mi amado Ernesto, que ha sido el impulso los últimos años de mi carrera y el pilar principal para la culminación de la misma, que con su apoyo constante y amor incondicional ha sido amigo y compañero inseparable, fuente de sabiduría, calma y consejo en todo momento.

A mi hermana Doris que día con día ha sido mi mejor amiga e incondicional a pesar de las diferencias siempre me apoyado y a mis sobrinos Paul, Andreita y Samarita, por darme la fuerza y que con su carisma han pintado una sonrisa en mi rostro día a día, los amo.

Annyta.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado cada día la oportunidad de ver un nuevo amanecer y estar junto a las personas que más amo, por darme fuerza y salud para romper los obstáculos y salir adelante todos los días de mi vida.

A la Universidad Técnica del Norte quien por el lapso de los años me ha brindado la formación universitaria, a mis profesores que día a día me orientaron hacia el desarrollo y desempeño profesional.

Al Ing. Diego Ortiz Morales por su presencia incondicional, sus relevantes y sabios aportes, críticas, comentarios y sugerencias, por su constante y paciente seguimiento, y por haber compartido de manera generosa su tiempo durante la elaboración de este trabajo.

A mis padres Isabel y Jorge que día a día han dedicado su vida para hacer de mí una mujer de bien y responsable; a mi amado esposo Ernesto que con su amor y cariño ha sabido fortalecerme cada día.

A mi gran amigo Miguel Rojas, que con sus consejos y enseñanzas me ha guiado durante este tiempo.

A la Lic. Mery Páez que ha sido como una madre, que con su cariño y apoyo incondicional ha hecho de mi vida universitaria una de las más placenteras con risa y regaños durante los años de formación en la carrera y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron y me brindaron ayuda para que este trabajo se lleve a cabo.

Annyta.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	iv
CONSTANCIA	v
DECLARACIÓN	vi
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....	vii
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTO	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xix
RESUMEN	xxi
ABSTRACT.....	xxii
CAPÍTULO I.....	1
FUNDAMENTO TEÓRICO.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. GENERALIDADES	1
1.2.1. EL MANÍ	1
1.2.2. PROPIEDADES ALIMENTICIAS.....	2
1.2.3. Tablas de propiedades del maní	3
1.2.3.1. Propiedades alimenticias	3
1.2.3.2. Propiedades físicas del maní	5
1.2.4. LA PRODUCCIÓN DE MANÍ EN EL ECUADOR.....	6
1.3. PROCESO DE ENFRIADO DEL MANÍ TOSTADO.....	7
1.4. DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA ENFRIADORA DE MANÍ TOSTADO	9
CAPÍTULO II.....	11
MÁQUINA ENFRIADORA DE MANÍ	11

2.1	CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA ENFRIADORA DE MANÍ.....	11
2.2	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	11
2.2.1	ENFRIADOR VERTICAL DE CONTRA – FLUJO (ALTERNATIVA 1)	12
2.2.1.1	CARACTERÍSTICAS:	13
2.2.1.2	Ventajas de la adaptación para enfriar maní:	14
2.2.1.3	Desventajas de la adaptación para enfriar maní:	14
2.2.2	MÁQUINA ROTATORIA CON EJE HORIZONTAL (ALTERNATIVA 2) ...	14
2.2.2.1	Ventajas de la adaptación para enfriar maní:	15
2.2.2.2	Desventajas de la adaptación para enfriar maní:	15
2.2.3	MÁQUINA ROTATORIA CON EJE VERTICAL (ALTERNATIVA 3).....	15
2.2.3.1	Ventajas de la adaptación para enfriar maní:	16
2.2.3.2	Desventajas de la adaptación para enfriar maní:	16
2.3	ESTUDIO DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA	17
2.3.1	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	17
2.3.1.1	Enfriamiento.....	18
2.3.1.2	Descarga	18
2.3.1.3	Mantenimiento	18
2.3.1.4	Operación	18
2.3.1.5	Versatilidad.....	18
2.3.1.6	Seguridad	19
2.4	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	19
2.5	DESCRIPCIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA ENFRIADORA ROTATIVA.....	23
2.6	DIAGRAMA GENERAL DE BLOQUES.....	24
2.6.1	SUBSISTEMA DE ENFRIAMIENTO	25
2.6.1.1	Motor de inducción monofásico.....	25
2.6.1.2	Caja Reductora.....	26
2.6.1.3	Paletas.....	26
2.6.1.4	Ventilador	27
2.6.2	SUBSISTEMA DE CONTROL DE EVACUACIÓN DEL MANI	27
2.6.2.1	Compuerta.....	27
2.6.2.2	PT100.....	28
2.6.2.2.1	Sensores Pt100 de alambre enrollado	28

2.6.2.2.2	Sensores Pt100 película fina	28
2.6.2.2.3	Ventajas del Pt100	29
2.6.2.3	Sensor final de carrera.....	29
2.6.3	SUBSISTEMA ELECTRICO Y ELECTRONICO	30
2.6.3.1	Elementos externos del tablero de control	31
2.6.3.1.1	Luz piloto	31
2.6.3.1.2	Selector	31
2.6.3.1.3	Pulsador	32
2.6.3.1.4	Pantalla Logo! Td	32
2.6.3.1.4.1	Características técnicas: (SIEMENS, 2012)	33
2.6.3.2	Elementos internos del tablero de control	33
2.6.3.2.1	PLC	34
2.6.3.2.2	Relé.....	35
2.6.3.2.3	Contactador.....	35
2.6.3.2.4	Disyuntor	36
2.6.3.2.5	Fusible.....	36
2.6.3.2.6	Bornes.....	37
2.6.3.2.6.1	Simbología y referenciado de Bornes.....	37
2.6.3.2.7	Fuente de Alimentación	38
CAPÍTULO III.....		39
DISEÑO DE LA MÁQUINA ENFRIADORA ROTATIVA DE MANÍ TOSTADO		39
3.1	INTRODUCCION.....	39
3.2	DISEÑO MECÁNICO DE LA ENFRIADORA	39
3.2.1	CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA TOLVA.....	39
3.2.1.1	Selección de metal para la elaboración de la tolva	42
3.2.1.2	Cálculo del espesor de la tolva donde se encuentra el maní.....	42
3.2.1.3	Cálculo de la potencia del motor para el giro del cilindro o tolva	46
3.2.1.4	Selección del motor	49
3.2.1.5	Selección del reductor	49
3.2.2	DISEÑO DE POLEAS Y BANDA PARA LA TRANSMISIÓN	50
3.2.2.1	Factor de Servicio (fs).....	50
3.2.2.2	Potencia de Diseño (DHP)	52
3.2.2.3	Razón de Velocidad Requerida (Ir)	52

3.2.2.4	Diámetros de Poleas.....	52
3.2.2.5	Distancia entre Centros tentativa (C)	53
3.2.2.6	Determinación de la Longitud de la Correa (Lp).....	54
3.2.2.7	Arco de Contacto	54
3.2.2.8	Velocidad Lineal de la Banda.....	55
3.2.2.9	Longitud de Espacio Libre.....	55
3.2.3	DIMENSIONAMIENTO DE LA CADENA Y CATARINAS PARA LA TRANSMISIÓN	56
3.2.3.1	Potencia de Diseño o Corregida DHP.....	58
3.2.3.2	Longitud de la Cadena en Pasos	59
3.2.3.3	Análisis de la Tensión Producida por la Catarina	61
3.2.3.4	Número de Tramos	62
3.2.3.5	Selección de las Ruedas o Catarinas	62
3.2.3.5.1	Catarina Motriz	62
3.2.3.5.2	Catarina Conducida	63
3.2.3.5.3	Fuerzas producidas por la catarina.....	63
3.2.4	DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN DEL ENFRIADOR.....	65
3.2.4.1	Cálculo de las Fuerzas Resultantes en la Paletas	66
3.2.4.2	Cálculo de las Fuerzas Resultantes en el Brazo	69
3.2.4.3	Cálculo de las Fuerzas Resultantes en la Viga de Soporte.....	72
3.2.4.4	Calculo de las Fuerzas Resultantes en el Eje	73
3.2.5	DISEÑO DEL EJE EN EL CAD INVENTOR PROFESIONAL.....	76
3.2.5.1	Cálculos del eje cuando se encuentra a fatiga	78
3.2.6	DISEÑO DE LAS HELICES Y PALETAS EN EL ENFRIADOR	80
3.2.7	SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS.....	82
3.2.8	DIMENSIONAMIENTO DE LA CHAVETA.....	84
3.3	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA.....	86
3.3.1	SELECCIÓN DEL MATERIAL.....	86
3.3.2	DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA UTILIZANDO CAD INVENTOR PROFESIONAL.....	87
3.3.3	FACTOR DE SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA	90
3.3.4	ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA ESTRUCTURA	91
3.4	DISEÑO DEL VENTILADOR PARA EL ENFRIAMINETO DEL MANÍ.	92

3.5	DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL.....	95
3.5.1	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA.....	96
3.5.2	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DEL PLC	97
	Capitulo IV	101
	CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS.....	101
4.1	CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DE ESTUDIO	101
4.1.1	Equipos requeridos para la construcción.....	101
4.1.2	DIAGRAMA DE FLUJO DE CONSTRUCCIÓN	102
4.1.3	IMPLEMENTACION DE LA TOLVA	102
4.1.4	IMPLEMENTACIÓN DE LA CAJA DE CONTROL Y PROGRAMACIÓN 104	
4.1.4.1	Construcción de la caja de control	105
4.1.4.2	Programación de la caja de control.....	105
4.2	Pruebas DE LA MÁQUINA DE ESTUDIO.....	107
	CONCLUSIONES	108
	RECOMENDACION.....	109
	BIBLIOGRAFÍA	110
	ANEXOS.....	114
	ANEXO 1. MANUAL DE USUARIO.....	114
	ANEXO 2. MANUAL DE MANTENIMIENTO	115
	ANEXO 3. SELECCIÓN DE POLEAS Y BANDAS SKF	116
	ANEXO 4. SELECCIÓN DE ACERO INOXIDABLE DIPAC.....	120
	ANEXO 5. PLANOS	122

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1. 1 El maní y las vitaminas esenciales	3
Tabla 1. 2 El maní y los minerales esenciales	4
Tabla 1. 3 Peso específico del maní	6
Tabla 1.5 Densidad Aparente.....	6

CAPÍTULO II

Tabla 2. 1 Modelos y Características de enfriadores SKLN.....	14
Tabla 2. 2 Evaluación del peso específico de cada criterio	19
Tabla 2. 3 Evaluación del peso específico del criterio de Seguridad	20
Tabla 2. 4 Evaluación del peso específico del criterio del enfriamiento que realiza la máquina.	20
Tabla 2. 5 Evaluación del peso específico del criterio de descarga.....	21
Tabla 2. 6 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento	21
Tabla 2. 7 Evaluación del peso específico del criterio facilidad de operación	22
Tabla 2. 8 Evaluación del peso específico del criterio de Versatilidad	22
Tabla 2. 9 Conclusiones.....	23

CAPÍTULO III

Tabla 3. 1 Radios y alturas de la tolva	41
Tabla 3. 2 Gamas de Cajas reductoras disponibles en Ecuador	49
Tabla 3. 3 Tipos de Máquina Motriz	51
Tabla 3. 4 Tipos de Máquina Motriz	51
Tabla 3. 5 Factores de Servicio para transmisiones por Cadena	58
Tabla 3. 6 Selección De Cadenas ANSI.....	60
Tabla 3. 7 Resumen del diseño de Cadenas y Catarinas	65
Tabla 3. 8 Composición Química y propiedades mecánicas de perfil estructural cuadrado con norma ASTM A36	87
Tabla 3. 9 Especificaciones generales de los perfiles estructurales cuadrados....	91
Tabla 3. 10 Características del Ventilador	95
Tabla 3. 11 Distribución del PLC	95

CAPÍTULO III

Tabla 4. 1 Tipos de máquinas, herramientas y equipos	101
Tabla 4. 2 . Simbología estándar para diagrama de flujo	102
Tabla 4. 3 Pruebas de Funcionamiento.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. 1 Planta de maní	2
Figura 1. 2 Aceite de Maní	3
Figura 1. 3 Cultivo de maní	7
Figura 1. 4 Maní Confitado	8
Figura 1. 5 Enfriamiento del maní al medio ambiente.....	9
Figura 1. 6 Tostadora - enfriadora de café	10

CAPÍTULO II

Figura 2. 1 Enfriador Horizontal.....	12
Figura 2. 2 Funcionamiento interno.....	13
Figura 2. 3 Lavadora de Pescado	15
Figura 2. 4 Mecanismo de enfriamiento Tostadora de café	16
Figura 2. 5 DIAGRAMA GENERAL	24
Figura 2. 6 Diagrama del Subsistema Enfriamiento	25
Figura 2. 7 Motor Monofásico.....	26
Figura 2. 8 Caja Reductora	26
Figura 2. 9 Diagrama del Subsistema de control de evacuación del maní.....	27
Figura 2. 10 Sensor Pt100 de alambre enrollado	28
Figura 2. 11 Sensor Pt100 de película fina.....	29
Figura 2. 12 Sensor final de carrera, estructura interna.....	30
Figura 2. 13 Diagrama del Subsistema Eléctrico y Electrónico.....	30
Figura 2. 14 Diagrama Elementos Externos	31
Figura 2. 15 Luz piloto.....	31
Figura 2. 16 Conmutador selector	32
Figura 2. 17 Botón Pulsador.....	32
Figura 2. 18 Pantalla Logo! TD	33
Figura 2. 19 Diagrama Elementos Internos	33
Figura 2. 20 PLC Logo 12/24 RC	34
Figura 2. 21 Relé	35
Figura 2. 22 Contactor	36
Figura 2. 23 Disyuntor.....	36
Figura 2. 24 Fusible	37
Figura 2. 25 Bornes de Conexión.....	37
Figura 2. 26 Fuente de Alimentación Conmutada AD-DC	38

CAPÍTULO III

Figura 3. 1 Dimensiones del maní tostado	43
Figura 3. 2 Visualización de Esfuerzos en la tolva	45
Figura 3. 3 Elemento diferencial de fuerza resistiva	46
Figura 3. 4 Esquema del Sistema de transmisión	56
Figura 3. 5 Fuerzas sobre las catalinas.....	63
Figura 3. 6 Diseño del eje a implementarse	66
Figura 3. 7 Diseño de la paleta a implementarse	66
Figura 3. 8 Peso total del maní considerado como un solo bloque.....	68
Figura 3. 9 Diagrama de cuerpo libre de la paleta.....	69
Figura 3. 10 Diseño del brazo a implementarse	70
Figura 3. 11 Diseño de la viga de soporte a implementarse	72
Figura 3. 12 Diseño eje a implementarse analizado sus fuerzas	73
Figura 3. 13 Análisis de Deformaciones en el Eje	76
Figura 3. 14 Análisis de Esfuerzos en el eje.....	77
Figura 3. 15 Dstribución de las fuerzas radiales y torques actuantes sobre el eje	77
Figura 3. 16 Diagrama de fuerza de corte en el plano YZ	78
Figura 3. 17 Diagrama del momento flector en el plano YZ.....	78
Figura 3. 18 Desplazamiento de las paletas.....	80
Figura 3. 19 Esfuerzo de Von Misse	81
Figura 3. 20 Factor de seguridad	82
Figura 3. 21 Chaveta del eje	85
Figura 3. 22 Análisis de la estructura con carga	88
Figura 3. 23 Análisis del esfuerzo de Von Misses	89
Figura 3. 24 Análisis del Factor de seguridad de la estructura de la máquina.	91
Figura 3. 25 Diagrama general de control	96
Figura 3. 26 Pantalla de bienvenida	97
Figura 3. 27 Menú de opciones	98
Figura 3. 28 Inicio del sistema.....	98
Figura 3. 29 Adquisición de datos	99
Figura 3. 30 Accionamiento del motor	99
Figura 3. 31 Tiempo de enfriamiento.....	100
Figura 3. 32 Tiempo de enfriamiento.....	100
Figura 3. 33 Tiempo de enfriamiento.....	100

CAPÍTULO IV

Figura 4. 1 Flujograma general de construcción.....	102
Figura 4. 2 Construcción paso a paso de la tolva.....	103
Figura 4. 3 Implementación Mecánica.....	103
Figura 4. 4 Diagrama de Programación.....	104
Figura 4. 5 Caja de control	105

Figura 4. 6 Bienvenida	105
Figura 4. 7 Función de enfriamiento	106
Figura 4. 8 testeo de temperatura	106
Figura 4. 8 Avisos de emergencia	107

ÍNDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO III

Ecuación 3. 1 Volumen de un sólido	39
Ecuación 3. 2 Volumen de un cilindro	40
Ecuación 3. 3 Radio de un cilindro	41
Ecuación 3. 4 Presión que soporta el cilindro (Budynas R., 2008)	42
Ecuación 3. 5 Área de un solido	43
Ecuación 3. 6 Esfuerzo Circunferencial.....	44
Ecuación 3. 7 Esfuerzo Longitudinal	44
Ecuación 3. 8 Esfuerzo cortante.....	44
Ecuación 3. 9 Potencia del motor.....	46
Ecuación 3. 10 Diferencial de Fuerza.....	47
Ecuación 3. 11 Fuerza de Rozamiento	47
Ecuación 3. 12 Diferencial de Fuerza de fricción.....	47
Ecuación 3. 13 Diferencial de masa.	47
Ecuación 3. 14 Momento Torsor	48
Ecuación 3. 15 Razón de velocidad.....	52
Ecuación 3. 16 Diametro de Polea mayor	53
Ecuación 3. 17 Distancia entre Centros	53
Ecuación 3. 18 Longitud de Correa.....	54
Ecuación 3. 19 Arco de Contacto	54
Ecuación 3. 20 Velocidad Lineal de la correa.....	55
Ecuación 3. 21 Longitud de Espacio Libre	55
Ecuación 3. 22 Dientes catarina.....	57
Ecuación 3. 23 Potencia de Diseño.....	58
Ecuación 3. 24 Potencia de Diseño.....	58
Ecuación 3. 25 Longitud De Cadena.....	59
Ecuación 3. 26 Fuerza de Cadena.....	61
Ecuación 3. 27 Velocidad Periférica.....	61
Ecuación 3. 28 Número de Tramos.....	62
Ecuación 3. 29 Diámetro primitivo catarina motriz.....	63
Ecuación 3. 30 Diámetro primitivo catarina conducida	63
Ecuación 3. 31 Ángulo de Tensiones	64
Ecuación 3. 32 Torque aplicado a la catarina.....	65
Ecuación 3. 33 Fuerza friccional	67
Ecuación 3. 36 fuerzas del maní en el eje x.....	68
Ecuación 3. 35 fuerza que ejerce el maní en la paleta	68
Ecuación 3. 36 fuerzas de la paleta en el eje x	69
Ecuación 3. 37 fuerzas de la paleta en el eje y	69
Ecuación 3. 38 momentos en el punto C.....	69

Ecuación 3. 39 sumatoria de fuerzas en el eje Y.....	70
Ecuación 3. 40 fuerza B_y	71
Ecuación 3. 41 sumatoria de fuerzas en el eje Z.....	71
Ecuación 3. 42 fuerza B_z	71
Ecuación 3. 43 sumatoria de momentos en B.....	71
Ecuación 3. 44 sumatoria de fuerzas en el eje Y.....	72
Ecuación 3. 45 fuerza A_y	73
Ecuación 3. 46 sumatoria de fuerzas en el eje Y.....	73
Ecuación 3. 47 fuerzas en el eje X.....	74
Ecuación 3. 48 Fuerza radial en el rodamiento 1.....	74
Ecuación 3. 49 fuerzas en el eje Y.....	75
Ecuación 3. 50 Fuerzas axial de los rodamientos.....	75
Ecuación 3. 51 sumatoria de fuerzas radiales1.....	75
Ecuación 3. 51 Sumatoria de momentos en el punto D.....	75
Ecuación 3. 53 sumatoria de fuerzas radiales1.....	75
Ecuación 3. 54 Resistencia Durabilidad.....	79
Ecuación 3. 55 Factor seguridad.....	79
Ecuación 3. 56 factor seguridad.....	82
Ecuación 3. 57 Carga estática.....	83
Ecuación 3. 58 Factor seguridad del rodamiento.....	84
Ecuación 3. 59 Fuerza aplicada al eje.....	85
Ecuación 3. 60 Longitud de la chaveta.....	85
Ecuación 3. 61 Esfuerzo de Von Misse.....	89
Ecuación 3. 62.....	90
Ecuación 3. 63 FDS.....	90
Ecuación 3. 64 factor seguridad.....	90
Ecuación 3. 65 Ley de Enfriamiento de Newton.....	92
Ecuación 3. 66 Caudal de enfriamiento.....	93
Ecuación 3. 67 Caudal de enfriamiento.....	93
Ecuación 3. 68 velocidad Tangencial.....	93
Ecuación 3. 69 velocidad Tangencial.....	94
Ecuación 3. 70 velocidad angular.....	94



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

RESUMEN

El presente trabajo a continuación se fundamenta en la transferencia de calor y la necesidad de enfriar el maní una vez culminado su proceso de tostado, pretendiendo mejorar el proceso de enfriado por medio de la automatización industrial.

Se cumplió con el diseño mecánico de la máquina enfriadora de maní tostado para posteriormente implementar los elementos de control: tanto sensores y actuadores. Efectuando un debido proceso para que realice las operaciones necesarias.

Para un buen trabajo de la máquina enfriadora de maní tostado para la industria artesanal, se implementó un sistema donde se puede observar y testear la temperatura a la que se va enfriando el maní, de la misma manera que permite que la máquina empiece su funcionamiento automáticamente al topar el maní caliente con la base de la tolva contenedora.

Al tener un control automático de la máquina enfriadora y un sistema de ventilación para el enfriamiento del maní tostado, se logra reducir el tiempo de enfriamiento de 30 minutos a solo 10 minutos incluidos la descarga de la tolva teniendo una reducción del 33,33% siendo este un valor aceptable para la reducción de costos.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ABSTRACT

This paper then is based on the heat transfer and the need to cool the peanuts once completed its roasting process, trying to improve the cooling process by means of industrial automation.

He met the mechanical design of the cooling machine for roasted peanuts then implement the control elements: both sensors and actuators. Performing due process to perform the necessary operations.

For a good job of cooling machine for roasting peanuts cottage industry, a system where you can see and test the temperature at which cools peanuts, in the same manner that allows the machine to automatically start operation was implemented to bump the hot peanut base of the containment hopper.

By having an automatic control of the cooling machine and a ventilation system for cooling the roasted peanuts, will reduce the cooling time from 30 minutes to 10 minutes including hopper discharge this being a reduction of 33.33% this being an acceptable value for cost reduction.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. INTRODUCCIÓN

La alta demanda de maní salado y enconfitado en el medio ha hecho que muchas industrias artesanales se dediquen a elaborar los mismos. Para la elaboración de estas mercancías es necesario una secuencia de tostado, enfriado y pelado del maní antes de prepararlo en sus diferentes presentaciones. El proceso de enfriado en la actualidad se realiza de forma manual. Hoy por hoy no existen máquinas enfriadoras orientadas a la pequeña industria de este tipo.

La gran demanda existente en la microempresa hace que la cifra actual de maní enfriado no sea el suficiente para satisfacerla. Por esta razón se ha visto necesario obtener por lo menos tres veces más la producción actual del producto enfriado.

1.2. GENERALIDADES

En los siguientes numerales se encuentra información detallada acerca del maní, la producción anual en Ecuador y el proceso que se lleva a cabo para la elaboración del maní confitado; entre ellos el enfriamiento del maní tostado.

1.2.1. EL MANÍ

En la figura 1.1 (de la página siguiente) se puede observar una planta de maní. "Es una planta fibrosa originaria de América, que llega a medir de 30 a 50 cm de altura. Los frutos crecen bajo el suelo, dentro de una vaina leñosa redondeada que contiene de una a cinco semillas. Al poseer una cáscara leñosa sin pulpa se considera un tipo de fruto seco".(ABASCAL, 2013)



Figura 1. 1 Planta de maní

Fuente:(INFOAGRO, 2013) <http://eco.wiz.uni-kassel.de/> - <http://www.pmnh.gov.pk/>.

1.2.2. PROPIEDADES ALIMENTICIAS

“El maní, también conocido como cacahuete en algunos países, es un alimento muy versátil: se puede consumir crudo, asado al horno o frito y es uno de los ingredientes más usados en muchas recetas dulces. Cómo lo prefieras, siempre tiene un gran valor nutritivo.

Contiene altos valores de grasas nobles y antioxidantes ya que posee vitamina E, en muchos casos supera a las frutas en sus beneficios para la salud: tiene tantos antioxidantes como las fresas o moras y aún más que las manzanas y las zanahorias.

El consumo regular de maní ayuda a prevenir enfermedades cardíacas, reduce el colesterol y hasta contribuye a bajar de peso, ya que proporcionan sensación de saciedad y altas dosis de energía, haciendo que la persona coma menos.”(DE LUCA Monica, 2013)

En la figura 1.2 se indica uno de los productos obtenidos por el procesamiento del maní, que en este caso particular es el aceite, el mismo que tiene alto contenido de vitamina E.



Figura 1. 2 Aceite de Maní

Fuente:(VALERA, 2013) [http://www.jorgevaleranatura.com/enfermedades/vari-
alimentos/remedios_caseros_medicinas_naturistas.php?naturales=aceite-de-cacahuete](http://www.jorgevaleranatura.com/enfermedades/vari-
alimentos/remedios_caseros_medicinas_naturistas.php?naturales=aceite-de-cacahuete)

1.2.3. TABLAS DE PROPIEDADES DEL MANÍ

Se detalla a continuación las propiedades alimenticias y las propiedades físicas del maní en cada uno de los siguientes literales.

1.2.3.1. Propiedades alimenticias

En la tabla 1.1 se tiene la descripción del porcentaje en una porción de 28gr de maní tostado equivalente a un puñado, y su aporte en el funcionamiento en el organismo humano de las vitaminas esenciales contenidas en el maní.

Tabla 1. 1 El maní y las vitaminas esenciales

Vitamina	%RDI* en productos de Maní**	Funciones del organismo
Vitamina E	25%	Antioxidante vital que protege tanto a la Vitamina A como a las células del organismo. Es importante para el sistema inmunológico y puede ayudar en la prevención del desarrollo de tumores.
Niacina	18%	Necesaria en más de 50 procesos del organismo, la Niacina es importante en la

		liberación de la energía de los alimentos que consumimos y en el mantenimiento de una piel sana, el sistema nervioso, el tracto digestivo.
Ácido Fólico	10%	Importante para el desarrollo de nuevas células en el cuerpo, especialmente en periodos de crecimiento durante el embarazo.
Tiamina (B1)	8%	Necesaria para asegurar el funcionamiento del sistema nervioso, el apetito y la digestión.
Vitamina (B6)	4%	Produce y rompe las proteínas en el cuerpo. Produce glóbulos rojos, que transportan el oxígeno a todo el cuerpo.
Riboflavina (B2)	2%	Libera la energía de los alimentos que consumimos, ayuda a la salud de la piel y al funcionamiento normal de los ojos.
%RDI* Ingesta diaria recomendada		
** Una porción de 28gr de maní seco y tostado equivalente a un puñado.		

Fuente: (ALVAREZ, s.f.)<http://www.slideshare.net/jalvarez60/las-grandes-propiedades-del-cacahuete>

A continuación en la tabla 1.2 se describe los porcentajes de los minerales esenciales contenidos en 28gr de maní tostado y su aporte en las funciones del organismo humano.

Tabla 1. 2 El maní y los minerales esenciales

Mineral	%RDI* En productos de Maní**	Funciones del organismo
Magnesio	12%	Importante en la formación de huesos y dientes, creación de proteínas,

		transmisión de impulsos nerviosos, y regulación de temperatura corporal.
Cobre	10%	Importante para la formación de hemoglobina, la salud de los huesos, vasos sanguíneos y nerviosos,
Fósforo	10%	Componente de todos los tejidos suaves que fundamental para el crecimiento, conservación y reparación de huesos y dientes.
Potasio	10%	Necesario para asegurar el balance de agua en el cuerpo y para la creación de proteínas. También ayuda en la liberación de energía de los nutrientes y en la transmisión de los impulsos nerviosos.
Zinc	6%	Ayuda en la formación de proteínas, cicatrización de heridas, formación de sangre, percepción del gusto, apetito, visión nocturna, y al crecimiento general y mantenimiento de todos los tejidos.
Hierro	4%	Ayuda en la transportación y distribución del oxígeno en las células.
Calcio	2%	Necesario para el desarrollo y conservación de los huesos y dientes sanos.
%RDI* Ingesta diaria recomendada		
** Una porción de 28gr de maní seco y tostado equivalente a un puñado.		

Fuente: (ALVAREZ, s.f.)<http://www.slideshare.net/jalvarez60/las-grandes-propiedades-del-cacahuate>

1.2.3.2. Propiedades físicas del maní

El peso específico es el peso que se encuentra contenido en un determinado volumen. En la tabla 1.3 se indican los datos del peso específico del maní,

expresada en kilogramos por metro cubico (kg/m^3); estos datos son muy necesarios para los cálculos de dimensionamiento y diseño de la MAQUINA ENFRIADORA ROTATIVA DE MANI TOSTADO, PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL.

Tabla 1. 3 Peso específico del maní

Producto	kg/m^3
Maní sin cáscara	340
Maní con cáscara	290

Fuente:(FAO, 2013) <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S0f.htm>

En la tabla 1.4 se indican los datos de la densidad aparente del maní, expresada en kilogramos por metro cubico (kg/m^3); estos datos serán utilizados en los próximos capítulos para los cálculos de dimensionamiento y diseño de la MAQUINA ENFRIADORA ROTATIVA DE MANI TOSTADO, PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL

Tabla 1.4 Densidad Aparente

DENSIDAD APARENTE	
PRODUCTOS AGRICOLAS SOLIDOS	DENSIDAD (kg/m^3)
Maní con cáscara para aceite	370 - 400
Maní sin cascara	600 - 620
Maní con cáscara para consumo directo	270 - 300

Fuente:(FAO, 2013) <http://www.fao.org/docrep/x5041s/x5041s09.htm>

1.2.4.LA PRODUCCIÓN DE MANÍ EN EL ECUADOR

Según diario El Comercio en una de sus publicaciones del 24 de diciembre del 2011, “la producción de maní se realiza principalmente en 5 cantones de la provincia de Manabí junto a las costa ecuatoriana, también en la provincia de Loja; puesto que es uno de los ingredientes principales en la comida de este sector.

La producción anual de maní en el país es de 20000 hectáreas las cuales el 45% (cuarenta y cinco por ciento) de la producción se la realiza en la provincia de Manabí en los cantones Portoviejo, Tosagua, Chone, 24 de Mayo y Rocafuerte; el 37.5% (treinta y cinco punto cinco por ciento) en la provincia de Loja y el 17.5% (diecisiete punto cinco por ciento) en el resto del país.” (EL COMERCIO, 2013)

La figura 1.3 se puede apreciar un cultivo de maní en la zona costera ecuatoriana.



Figura 1. 3 Cultivo de maní

Fuente: (PRENSA INTA, 2013)<http://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=795>

No existe un cifra que indique la producción de maní en la provincia de Imbabura; cabe recalcar que se tiene como dato que en las provincias de la serranía ecuatoriana el maní es más utilizado como confite, maní salado, mantequilla de maní, etc., y no como ingrediente principal para las comidas, como es el caso en las provincias de la costa.

1.3. PROCESO DE ENFRIADO DEL MANÍ TOSTADO

En el entorno actual esta leguminosa es producida por los agricultores de las zonas costeras, en la Sierra se ha vuelto un producto de gran consumo ya sea como materia prima o como maní procesado, en la figura 1.4 se observa el maní confitado, uno de los productos consumidos en escuelas y colegios.

El maní confitado necesita de un proceso de tostado y enfriamiento el cual se lo realiza de una manera tradicional y sin los mayores cuidados.



Figura 1. 4 Maní Confitado

Fuente:(SABROSITIO, 2013) <http://www.sabrositio.com/receta/mani-confitado>

El proceso de enfriamiento del maní tostado se realiza de manera tradicional, esto consiste en dejar enfriar a temperatura ambiente dentro de un envase de madera llamado batan, recipiente que en su base tiene varias perforaciones para permitir el paso de aire frío. Una vez frío el maní se procede a refregarlo y a ventilarlo, es decir, colocar el maní en una tela grande para luego proceder a soplar para eliminar las cortezas del mismo.

En La figura 1.5 de la página siguiente se observa el procedimiento tradicional del enfriamiento del maní tostado y la limpieza de cortezas. Cabe recalcar que este

procedimiento lleva alrededor de 60 a 90 minutos por ración de 50 libras, dependiendo de la temperatura ambiente.



Figura 1. 5 Enfriamiento del maní al medio ambiente

Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-402979279-mani-tostado-crudo-en-cantidades-industriales-_JM

Luego de realizado este proceso de tostado, enfriamiento y pelado del maní, se procede a los diferentes métodos de procesamiento del fruto de esta leguminosa.

1.4. DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA ENFRIADORA DE MANÍ TOSTADO

Actualmente existen máquinas tostadoras - enfriadoras de café que son manuales y de un alto valor económico; en la figura 1.6 tenemos una maquina tostadora de café, misma que consta del tambor tostador y de la tolva de enfriamiento, utilizada actualmente en las grandes industrias.



Figura 1. 6 Tostadora - enfriadora de café

Fuente: (MAQAFE, 2013)<http://www.maqafe.com.mx/Tostadores.htm>

No existe todavía una máquina que sirva solo para el enfriado del maní, pues las actuales tienen incluido el proceso de tostado y enfriado del grano, y si por cualquier motivo esta se dañara el proceso se paralizaría. Por esta razón se ha planteado la construcción de una máquina enfriadora rotatoria para el maní que previamente ha sido tostado.

CAPÍTULO II

MÁQUINA ENFRIADORA DE MANÍ

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA ENFRIADORA DE MANÍ

- La máquina debe ser capaz de encender automáticamente el motor y el ventilador, para garantizar que el tiempo de enfriamiento sea rápido.
- El tiempo de producción dependerá del tiempo de enfriamiento
- El funcionamiento semiautomático de la máquina, es con el propósito de que el esfuerzo humano así como los costos sean menores.
- La capacidad de la tolva está dada de acuerdo a la necesidad de enfriamiento de la producción de maní tostado y enfriado en la industria artesanal.
- El tipo de producto a enfriar, en un principio es solamente maní tostado, en un futuro podrán hacerse los respectivos redimensionamientos para el enfriamiento de otros granos.
- La evacuación del maní fuera de la tova debe ser semiautomática, y que el operario no tenga contacto con el producto.
- La facilidad de montaje se obtiene con la optimización del tiempo de construcción.
- El mantenimiento de la máquina debe ser factible, y que sus elementos se puedan encontrar en el mercado local.

2.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

De acuerdo a la necesidad del enfriador, se da una solución para poder realizar el enfriamiento del maní tostado.

Se plantean algunas alternativas para solucionar el problema presentado, estas presenta una solución para enfriar el maní o cualquier otro producto.

Las alternativas siguientes se rigen por las máquinas existentes actualmente en el mercado (consultadas en catálogos), como por ejemplo el enfriador vertical de contra - flujo, las máquinas rotatorias con eje horizontal, las máquinas rotatorias con eje vertical, etc.

Para el efecto, se plantean tres alternativas de solución:

- Alternativa 1 (SA): enfriador vertical de contra – flujo,
- Alternativa 2 (SB): máquina rotatoria con eje horizontal
- Alimento 3 (SC): máquina rotatoria con eje vertical

2.2.1 ENFRIADOR VERTICAL DE CONTRA – FLUJO (ALTERNATIVA 1)

El enfriador vertical de la línea SKLN, figura 2.1, es un enfriador de pellets utilizado actualmente en las industrias.



Figura 2. 1 Enfriador Horizontal

Fuente: (ENGORMIX, 2013) http://www.engormix.com/shanghai-zhengchang-internacional-maquinaria-ingenieria-ltd/enfriador-linea-skln-sh13618_pr25842.htm

“El producto entra en dirección opuesta a un flujo de aire que ingresa desde el fondo del equipo.

El producto ingresa gradualmente seco y con temperatura, dentro del equipo se encuentra con una corriente de aire ascendente, la cual arrastra las partículas de

humedad y el calor fuera del equipo, dejando así el material en condiciones óptimas para su almacenamiento.

Para una correcta elección de las enfriadoras verticales, hay que tener en cuenta la humedad del material, la velocidad del contra-flujo de aire, temperatura del producto, etc.” (INNOVA, 2013)

La figura 2.2, muestra el funcionamiento interno de la máquina enfriadora vertical detalladamente.

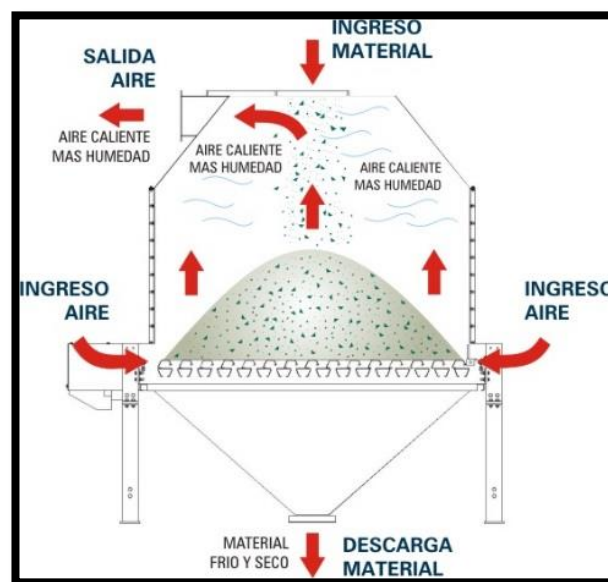


Figura 2. 2 Funcionamiento interno

Fuente: (INNOVA, 2013) <http://www.innova-ing.com/tratamiento-de-granos/ver/enfriadores>

2.2.1.1 CARACTERÍSTICAS:

- “El pellets se enfría de manera uniforme y suficiente por aire de contraflujo.
- Tiene una estructura de descarga ligera.
- La estructura de la descarga se ejecuta de forma estable y sin problemas.
- El pellet enfriado no pasa más de 3-5° de la temperatura ambiental.
- Es ampliamente utilizado para el enfriamiento precipitado de diversos alimentos.” (ENGORMIX, 2013)

La tabla 2.1, muestra los diferentes modelos de enfriadores horizontales para pellets y sus características principales de funcionamiento.

Tabla 2. 1 Modelos y Características de enfriadores SKLN

Modelo	SKLN1.5	SKLN2.5	SKLN4	SKLN5	SKLN6	SKLN8	SKLN10	SKLN12
Capacidad (t/h)	3-5	10-12	15-20	25-30				
Espacio del cuerpo (m ³)	1.5	2.5	4	5	6	8	10	12
Tiempo de enfriado (min)	$\geq 6-10\text{mm}$							
Temperatura del pelet	$\leq +3-5^{\circ}\text{C}$							
Capacidad (KW)	0.75+0.37	0.75+0.55	1.5+0.55	1.5+0.55	1.5+0.55	1.5+0.55	1.5+0.75	1.5+0.75

FUENTE: (ENGORMIX, 2013) http://www.engormix.com/shanghai-zhengchang-internacional-maquinaria-ingenieria-ltd/enfriador-linea-skln-sh13618_pr25842.htm

2.2.1.2 Ventajas de la adaptación para enfriar maní:

- Menor maltrato del grano
- Gran capacidad
- Tiempo de enfriado mínimo
- Gran potencial.

2.2.1.3 Desventajas de la adaptación para enfriar maní:

- No tiene gran evacuación de humedad, puesto que el pellet ingresa previamente seco y con un mínimo grado de humedad.

2.2.2 MÁQUINA ROTATORIA CON EJE HORIZONTAL (ALTERNATIVA 2)

La máquina rotatoria con eje horizontal consiste en un tambor perforado con una ligera inclinación que gira alrededor del eje, asegurando que el contenido se desplace hacia la salida.

En la figura 2.3 se puede observar una máquina lavadora de pescado, la cual funciona en forma continua bajo una corriente de agua que limpia el pescado de manera rápida.

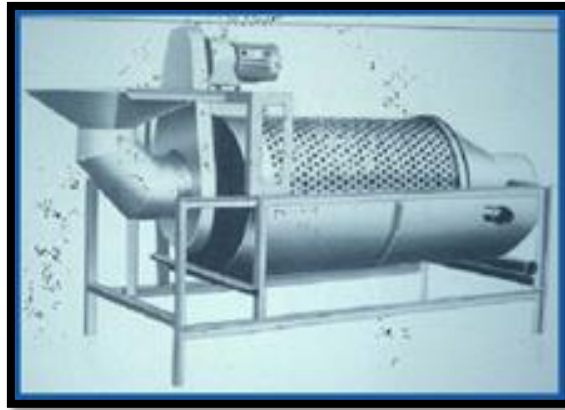


Figura 2. 3 Lavadora de Pescado

Fuente: (La Industria Alimentaria - Universidad Politécnica de Cataluña, 2013)

<http://ben.upc.es/documents/eso/aliments/HTML/pescado-6.html>

2.2.2.1 Ventajas de la adaptación para enfriar maní:

- Fácil evacuación y descarga del producto.
- Menor contacto con el operario
- Gran capacidad de abastecimiento.

2.2.2.2 Desventajas de la adaptación para enfriar maní:

- Acumulación del maní en un solo punto
- Maltrato del grano en mayor cantidad
- Menor evacuación del aire caliente y húmedo.

2.2.3 MÁQUINA ROTATORIA CON EJE VERTICAL (ALTERNATIVA 3)

El principal funcionamiento de las máquinas rotatorias de eje vertical se basa en el movimiento que realiza el eje para mover las paletas que moverán el producto dentro de la tolva o tambor para un mejor funcionamiento. Cabe recalcar que la tolva o tambor permanece estático.

En la figura 2.4 se observa el mecanismo de enfriamiento de una máquina tostadora de café ya construida y que en la actualidad se encuentran disponibles en el mercado.



Figura 2. 4 Mecanismo de enfriamiento Tostadora de café

Fuente: (MAVIMAR, 2012) <http://maquinariasmavimar.blogspot.com/2010/09/tostadoras.html>

2.2.3.1 Ventajas de la adaptación para enfriar maní:

- Mejor distribución del maní dentro de la tolva
- Menor maltrato del grano
- Mejor evacuación del calor
- Menor tiempo de enfriamiento

2.2.3.2 Desventajas de la adaptación para enfriar maní:

- Mayor exposición del producto con el operario
- Evacuación de tipo manual.
- La evacuación del calor se la realiza mediante la diferencia de calor del producto y el aire frío del medio ambiente.

2.3 ESTUDIO DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA

En el estudio de alternativas se analizarán los equipos descritos anteriormente para un mejor diseño de la MÁQUINA ENFRIADORA ROTATIVA DE MANÍ TOSTADO, utilizando para esto “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.” (RIBA, 2002, págs. 59 - 60)

2.3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La máquina enfriadora rotativa de maní tostado será construida para satisfacer las necesidades de las personas al momento de realizar el proceso de enfriado, en el menor tiempo posible.

Para determinar las características del diseño que intervienen en la enfriadora, se considera las necesidades, requerimientos y condiciones de trabajo a las que va a estar sometida. Los criterios de valoración que se consideraron más determinantes fueron:

2.3.1.1 Enfriamiento

La máquina está dirigida a la industria artesanal, por lo tanto, la capacidad de enfriamiento, es uno de los criterios más importantes a tomarse en cuenta.

Para determinar la capacidad de enfriamiento de la máquina, se toma en cuenta.

- El esparcimiento del maní dentro de la máquina y de esta manera pueda enfriarse de una mejor manera.
- La evacuación de humedad del producto y en un menor tiempo posible.

2.3.1.2 Descarga

Es importante que la máquina cuente con una compuerta de descarga para la evacuación del maní fuera de ella, sin necesidad de la manipulación del operario.

2.3.1.3 Mantenimiento

Este criterio de evaluación se realiza en base a las siguientes condiciones:

- La utilización de herramientas de rápida adquisición.
- Sencillez de montaje y desmontaje para el mantenimiento de las partes de la máquina
- Facilidad de solución en la demanda de repuestos en el mercado local.

2.3.1.4 Operación

Se valoriza el funcionamiento que presenta la máquina, comprobando que la interfaz sea muy amigable con el operario, para poderle sacar el mayor de los provechos a su funcionalidad; de esta manera se garantiza el buen uso de la misma y por ende el alargamiento de su vida útil.

2.3.1.5 Versatilidad

Se califica la fácil adaptación de los componentes con las mejoras propias del tema, este criterio es importante debido a que la máquina está dirigida a la industria artesanal.

2.3.1.6 Seguridad

Se evalúa la capacidad que tenga la máquina para brindar las condiciones adecuadas de operación y bienestar operario.

2.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Desde de estos datos preliminares se ejecuta la estimación de las alternativas, según se indica en las siguientes tablas, aplicando la matriz de ponderación:

En la tabla 2.2 se procede a la evaluación del peso específico de cada criterio

Tabla 2. 2 Evaluación del peso específico de cada criterio

Seguridad > Enfriamiento > descarga > mantenimiento = Operación > versatilidad								
CRITERIO	Seguridad	Enfriamiento	Descarga	Mantenimiento	Operación	Versatilidad	$\sum +1$	PESO PONDERADO
Seguridad		1	1	1	1	1	6	0.2850
Enfriamiento	0		1	1	1	1	5	0.2375
Descarga	0	0		1	1	1	4	0.1900
Mantenimiento	0	0	0		0.5	1	2.5	0.1189
Operación	0	0	0	0.5		1	2.5	0.1189
Versatilidad	0	0	0	0	0		1	0.0475
TOTAL							21	1

Fuente: Ana Bravo

Una vez realizada la evaluación del peso específico de cada criterio se procede a la evaluación de los pesos específicos de los criterios de distintas alternativas en las siguientes tablas:

En la tabla 2.3 se realiza el análisis del peso específico de la seguridad de la máquina.

Tabla 2. 3 Evaluación del peso específico del criterio de Seguridad

SC > SB > SA					
Seguridad	SA	SB	SC	\sum_{+1}	Ponderada
SA		0	0	1	0.167
SB	1		0	2	0.333
SC	1	1		3	0.500
			TOTAL	6	1

Fuente: Ana Bravo

En la tabla 2.4 se realiza el análisis del peso específico del enfriamiento de la máquina.

Tabla 2. 4 Evaluación del peso específico del criterio del enfriamiento que realiza la máquina.

SA > SC > SB					
Enfriamiento	SA	SB	SC	\sum_{+1}	Ponderada
SA		1	1	3	0.500
SB	0		0	1	0.167
SC	0	1		2	0.333
			TOTAL	6	1

Fuente: Ana Bravo

La tabla 2.5 muestra el análisis del peso específico del modo de descarga del producto que tiene la máquina.

Tabla 2. 5 Evaluación del peso específico del criterio de descarga

SA > SB = SC					
Descarga	SA	SB	SC	\sum_{+1}	Ponderada
SA		1	1	3	0.500
SB	0		0.5	1.5	0.250
SC	0	0.5		1.5	0.250
			TOTAL	6	1

Fuente: Ana Bravo

La tabla 2.6 muestra el análisis del peso específico de la facilidad de mantenimiento de la máquina por parte del operario.

Tabla 2. 6 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

SC > SB > SA					
Mantenimiento	SA	SB	SC	\sum_{+1}	Ponderada
SA		0	0	1	0.167
SB	1		0	2	0.333
SC	1	1		3	0.500
			TOTAL	6	1

Fuente: Ana Bravo

La tabla 2.7 muestra el análisis del peso específico de la facilidad de operación de la máquina por parte del operario.

Tabla 2. 7 Evaluación del peso específico del criterio facilidad de operación

SC > SA > SB					
Facilidad de Operación	SA	SB	SC	\sum_{+1}	Ponderada
SA		1	0	2	0.333
SB	0		0	1	0.167
SC	1	1		3	0.500
			TOTAL	6	1

Fuente: Ana Bravo

En la tabla 2.8 se puede observar el análisis del peso específico de la versatilidad de la máquina.

Tabla 2. 8 Evaluación del peso específico del criterio de Versatilidad

SOLUCIÓN C> SOLUCIÓN B=SOLUCIÓN A					
Versatilidad	SA	SB	SC	\sum_{+1}	Ponderada
SA		0.5	0	1.5	0.250
SB	0.5		0	1.5	0.250
SC	1	1		3	0.500
			TOTAL	6	1

Fuente: Ana Bravo

Una vez evaluados cada uno de los criterios se realiza la tabla 2.9 que contiene las conclusiones finales de la selección de la máquina.

Tabla 2. 9 Conclusiones

CRITERIO ALTERNATIVA	Seguridad	Enfriamiento	Descarga	Mantenimiento	Operación	Veersatilidad	\sum_{+1}	Prior.
SA	0.167 * 0.2850	0.500 * 0.2375	0.500 * 0.1900	0.167 * 0.1189	0.333 * 0.1189	0.250 * 0.0475	0.3327	2
SB	0.333 * 0.2850	0.167 * 0.2375	0.250 * 0.1900	0.333 * 0.1189	0.167 * 0.1189	0.250 * 0.0475	0.2534	3
SC	0.500 * 0.2850	0.333 * 0.2375	0.250 * 0.1900	0.500 * 0.1189	0.500 * 0.1189	0.500 * 0.0475	0.4117	1

Fuente: Ana Bravo

La alternativa 3 (SC) es la mejor situada, a mucha distancia de la alternativa 1 (SA) y 2 (SB), en conclusión, la máquina a construirse en el vigente trabajo, es una enfriadora rotativa de eje vertical, la misma que cumple con los principales criterios requeridos.

2.5 DESCRIPCIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA ENFRIADORA ROTATIVA

Una vez seleccionado el diseño principal de la máquina enfriadora rotativa de maní tostado se deduce que la construcción de la misma es muy beneficiosa para la industria pues abarata costos de producción en un menor tiempo de recuperación de la inversión; es de fácil construcción, tiene mejor resistencia al peso, a las vibraciones y a los esfuerzos que se generan en la misma.

La máquina propuesta constará de una tolva, peinetas, un motor reductor, un ventilador, una compuerta, una PT100, un sensor de magnético, un sistema electrónico y de control, y un tablero de control para el operador.

La máquina enfriadora rotativa tendrá una capacidad de enfriar cincuenta libras de maní tostado que se depositarán sobre la tolva de la cual dispone. El maní tostado cae directamente sobre la tolva y el operario enciende la máquina para activar así el motor y la caja reductora, con lo obtenemos el movimiento de las paletas para

remover el maní en la bandeja. Para acelerar el enfriamiento se enciende un ventilador.

Durante el proceso de enfriamiento se monitorea la temperatura con la ayuda de una Pt100, que cuando detecta que la temperatura ha disminuido entre 18 y 20 grados centígrados hace que los indicadores visuales y auditivos se enciendan, de esta forma da aviso al obrero que el maní tostado está frío.

Culminado este proceso, el operario abre la compuerta ubicada en la base de la tolva manualmente y el maní es evacuado fuera de ella con la ayuda de las paletas motrices; al mismo tiempo el ventilador se apaga para ahorrar el consumo de energía durante el proceso de evacuación. Para seguridad, la máquina cuenta con un sensor que mientras la compuerta está abierta, la máquina no se acciona el motoreductor.

2.6 DIAGRAMA GENERAL DE BLOQUES

La figura 2.5 muestra el diagrama general del funcionamiento con el cual se elaborará la máquina enfriadora de maní tostado.

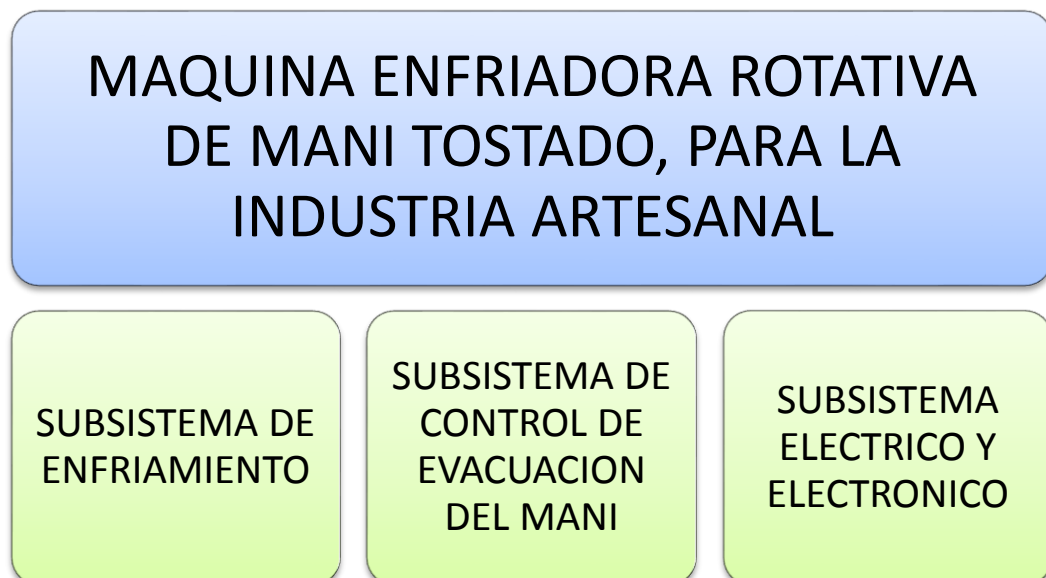


Figura 2. 5 DIAGRAMA GENERAL

Fuente: Ana Bravo

2.6.1 SUBSISTEMA DE ENFRIAMIENTO

La figura 2.6 muestra el diagrama de los 4 elementos principales del subsistema de enfriamiento de la MAQUINA ENFRIADORA DE MANI TOSTADO.



Figura 2. 6 Diagrama del Subsistema Enfriamiento

Fuente: Ana Bravo

2.6.1.1 Motor de inducción monofásico

“Es una variante de los motores síncronos con rotor en jaula de ardilla. La configuración tiene sus polos en forma saliente.

El motor arranca como un motor asíncrono y en seguida pasa a motor síncrono, si no hay impedimento, por carga excesiva. La velocidad es constante y viene determinada por la frecuencia de la red. La carga puede hacer que el motor pierda el sincronismo.” (TIRADO, 2013)

Se puede observar en la figura 2.7 un motor monofásico característico y sus elementos internos.

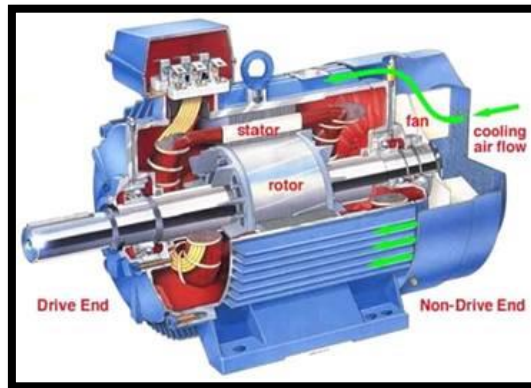


Figura 2. 7 Motor Monofásico

Fuente:(TIRADO, 2013) <http://www.monografias.com/trabajos72/motores-induccion-monofasicos/motores-induccion-monofasicos.shtml>

2.6.1.2 Caja Reductora

La caja reductora, figura 2.8, es un mecanismo que consta principalmente de engranajes que consiguen mantener y reducir la velocidad de salida de un motor.



Figura 2. 8 Caja Reductora

Fuente: (REINASA, 2013) <http://www.reinasa.com/cajas.html>

2.6.1.3 Paletas

Son objetos metálicos utilizados para mover materiales o ingredientes; están construidas de acero inoxidable para la utilización de alimentos.

2.6.1.4 Ventilador

“Un ventilador es una máquina rotativa que pone el aire, o un gas, en movimiento. Se puede definir también como una turbomáquina que transmite energía para generar la presión necesaria para mantener un flujo continuo de aire.

Dentro de una clasificación general de máquinas, los ventiladores son turbomáquinas hidráulicas, tipo generador, para gases.” (UNET VENEZUELA, 2013)

2.6.2 SUBSISTEMA DE CONTROL DE EVACUACIÓN DEL MANÍ

La figura 2.9 muestra el diagrama de los 3 elementos que integran el subsistema de control de evacuación del maní.

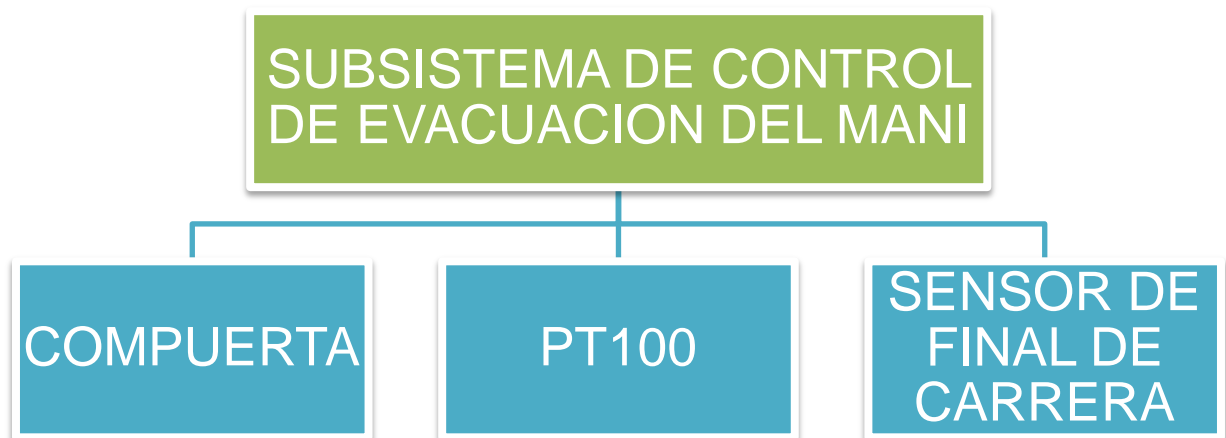


Figura 2. 9 Diagrama del Subsistema de control de evacuación del maní

Fuente: Ana Bravo

2.6.2.1 Compuerta

Mecanismo formado por una hoja de acero inoxidable y fuerte a modo de puerta que puede ser colocado en una base o en una pared de un recipiente de cualquier forma sea cilíndrica o cubica.

2.6.2.2 PT100

“Es un tipo de sensor RTD (detector de temperatura de resistencia) que está hecho de platino. Este sensor tiene una resistencia de 100 ohmios que equivale a 0 ° C, siendo el tipo más común de sensor RTD.

En el mercado existen dos tipos principales de elementos Pt100: de hilo bobinado y de película fina.”(OMEGA, 2013)

2.6.2.2.1 Sensores Pt100 de alambre enrollado

“Los sensores de alambre enrollado plasman de una longitud de alambre de platino enrollado alrededor de un núcleo de cerámica o de vidrio. Estos tipos de sensores Pt100 son típicamente de 1 a 5 mm de diámetro y de 10 a 50 mm de longitud. El núcleo de cerámica o vidrio puede volverlos frágiles y susceptibles a la vibración por lo que normalmente están protegidos dentro de una vaina de sonda para uso práctico.”(OMEGA, 2013)

Figura 2.10 muestra la imagen de un sensor Pt100 de alambre enrollado que será utilizado en el control de la temperatura del sistema de evacuación.

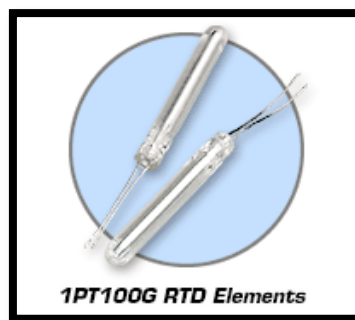


Figura 2. 10 Sensor Pt100 de alambre enrollado

Fuente:(OMEGA, 2013)<http://es.omega.com/prodinfo/pt100.html>

2.6.2.2.2 Sensores Pt100 película fina

En la figura 2.11 se puede observar un sensor Pt100 de película fina. “Los sensores Pt100 de película fina se fabrican utilizando materiales y procesos similares a los que son empleados en la fabricación de circuitos integrados. Una película de platino

se deposita sobre un sustrato de cerámica que se encapsula. Este método permite la producción de sensores precisos, pequeños, y de respuesta rápida.”(OMEGA, 2013)

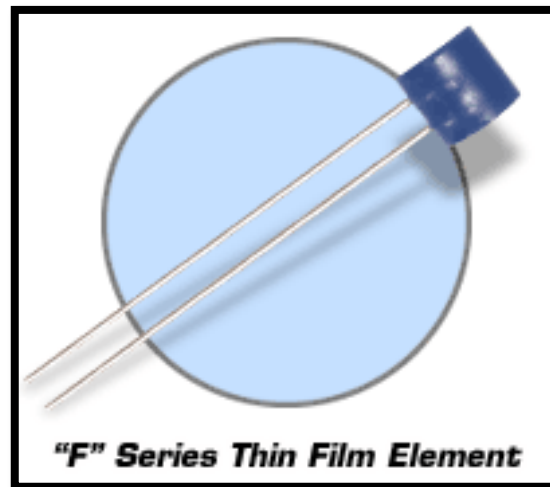


Figura 2. 11 Sensor Pt100 de película fina

Fuente:(OMEGA, 2013)<http://es.omega.com/prodinfo/pt100.html>

2.6.2.2.3 Ventajas del Pt100

- La Pt100 puede entregar lecturas precisas de una décima de grado sin descomponerse gradualmente.
- Al abrirse permite que el dispositivo que mide las lecturas detecte inmediatamente la falla del sensor y proceda a dar aviso.
- Puede colocarse hasta unos 30 metros de distancia del dispositivo medidor sin mayor problema, mediante la utilización de cable de cobre normalmente usado en instalaciones.

2.6.2.3 Sensor final de carrera

El sensor final de carrera, figura 2.12, es un interruptor que detecta la posición de un elemento móvil mediante accionamiento mecánico. Es muy utilizado en la industria para detectar la llegada de un mecanismo móvil a una determinada posición.

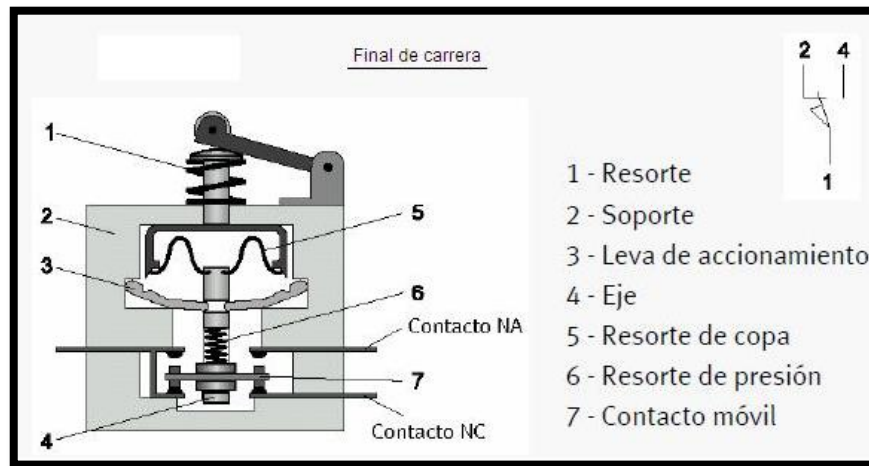


Figura 2. 12 Sensor final de carrera, estructura interna

Fuente: (Anónimo, 2013) <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/p/sensor-fin-de-carrera-el-final-de.html>

2.6.3 SUBSISTEMA ELECTRICO Y ELECTRONICO

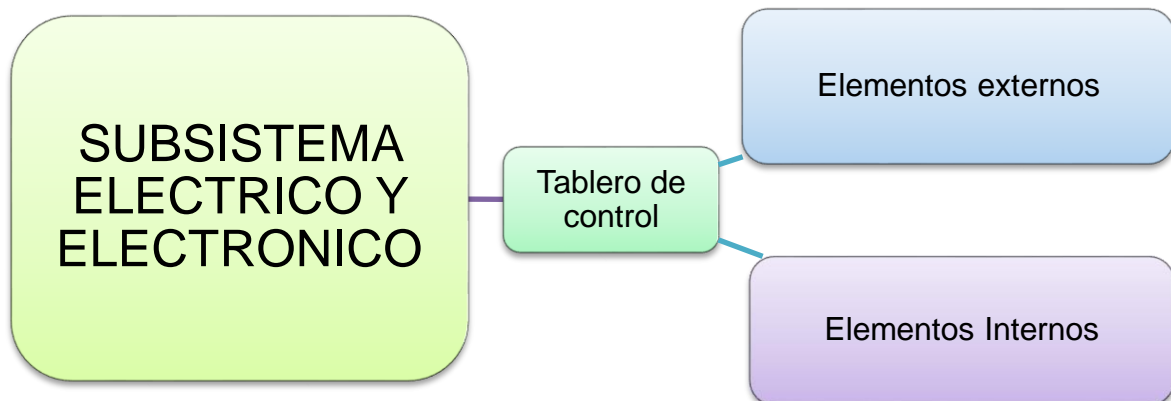


Figura 2. 13 Diagrama del Subsistema Eléctrico y Electrónico

Fuente: Ana Bravo

El sistema eléctrico y electrónico está formado por los dispositivos de conexión, maniobra, medición, protección, alarma y señalización, para cumplir una función específica dentro del sistema general. En la figura 2.13 se observa el diagrama del subsistema eléctrico y electrónico, constituido por dos partes principales, los elementos externos y los elementos internos.

2.6.3.1 Elementos externos del tablero de control

En la figura 2.14 se resume los principales elementos externos del tablero de control utilizados en la máquina para luego ser descritos minuciosamente.

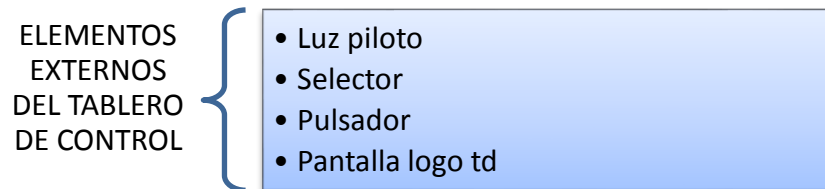


Figura 2. 14 Diagrama Elementos Externos

Fuente: Ana Bravo

En la parte exterior se encuentran instalados los elementos de visualización y operación de la máquina.

2.6.3.1.1 Luz piloto

La figura 2.15 indica las luces pilotos que se puede utilizar. Es una luz que indica la condición en la que se encuentra la máquina. Una luz piloto es también conocida como una luz monitor o de monitor. (CORRALES, 2006)



Figura 2. 15 Luz piloto

Fuente: (Anónimo, www.clasf.co.ve, 2013) <http://www.clasf.co.ve/luz-piloto-en-maracay-694260/>

2.6.3.1.2 Selector

El selector, figura 2.16, tiene la función de permitir el paso de corriente en un circuito, en este caso se utiliza para dar inicio al proceso.



Figura 2. 16 Conmutador selector

Fuente: (DIRECT INDUSTRY, 2013) <http://www.directindustry.es/prod/emas/conmutadores-botones-selectores-luminosos-38087-774013.html>

2.6.3.1.3 Pulsador

La figura 2.17 de la página siguiente muestra un pulsador de botón. “Un botón o pulsador es un dispositivo utilizado para activar alguna función. Los botones son por lo general activados al ser pulsados. Permite el paso de corriente mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo. Puede ser el contacto normalmente cerrado en reposo NC, o con el contacto normalmente abierto NA.” (CALDERÓN, 2013)



Figura 2. 17 Botón Pulsador

Fuente: (DIRECT INDUSTRY, 2013) <http://www.directindustry.es/prod/emas/conmutadores-botones-selectores-luminosos-38087-774013.html>

2.6.3.1.4 Pantalla Logo! TD

La Pantalla LOGO! TD es un tablero de control básico establecido en un texto que se conecta claramente al módulo lógico.

La pantalla, Figura 2.18 de la página siguiente, “proporciona una interfaz hombre-máquina posible, incluso en los sistemas de control de relé más sencillos. El display con funciones de operación integradas y mensajes de diagnóstico personalizados para el proceso, permite a los beneficiarios finales realizar arreglos y detectar fallos ágilmente.” (SIEMENS, 2012)

2.6.3.1.4.1 Características técnicas: (SIEMENS, 2012)

- 12 Vdc, 24 Vac/dc
- 4 líneas con 12 caracteres por línea
- Posibilidad de conexión a todos los módulos LOGO! de 7ª Generación (...0BA6)
- LOGO! TD suministrado con cable de conexión especial
- 6 teclas estándar y cuatro de función (F1-F4)
- Panel frontal con índice de protección IP65



Figura 2. 18 Pantalla Logo! TD

Fuente: (SIEMENS, 2012)

2.6.3.2 Elementos internos del tablero de control

En la figura 2.19 se resume los principales elementos internos del tablero de control utilizados en la máquina para luego ser descritos minuciosamente.

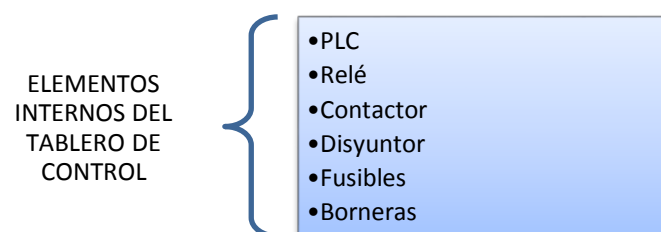


Figura 2. 19 Diagrama Elementos Internos

Fuente: Ana Bravo

En la parte interna del gabinete de control se encuentran instalados los dispositivos de conexión, medición, protección del proceso.

La alimentación requerida del sistema es 110VAC y 24VDC respectivamente para cada elemento.

2.6.3.2.1 PLC

Es un dispositivo electrónico usado en automatización industrial. Un PLC controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control. Esta ha diseñado para programar y controlar pasos en un orden determinado en tiempo real.

Es la parte central de este proceso, ya que se encarga de controlar cada una de las actividades que se realiza en el enfriado. La automatización se ha realizado con la utilización de un relé programable.

El relé programable a utilizar es LOGO! 12/24RC, figura 2.20. Funciona con 24V, por lo que necesita una fuente de alimentación, se utilizó la fuente de logo que necesita una alimentación de 220 V. Para realizar la programación se utilizó el software LOGO SOFT COMFORT.



Figura 2. 20 PLC Logo 12/24 RC

Fuente: (ANÓNIMO, 2013)

http://shop.kassidiaris.gr/index.php?main_page=product_info&cPath=22_65&products_id=80&zenid=agi4e8n9hb7lun3j85jfgpmbu5

2.6.3.2 Relé

“Un relé es un dispositivo electromecánico que abre y cierra contactos según se excite o no su bobina, en la figura 2.21 se presenta un relé de 24V de CD, el mismo que fue usado en el presente proyecto y que tiene una capacidad de 10 amperios entre contactos

La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control.

El **Relé** es activado con poca corriente, sin embargo puede activar grandes máquinas que consumen gran cantidad de corriente.” (BARAHONA, 2011)



Figura 2. 21 Relé

Fuente:(OMRON, 2013) <http://www.directindustry.es/prod/omron/reles-potencia-enclavamientos-polarizados-15954-543783.html>

2.6.3.2.3 Contactor

“Es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de una instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento. Una posición estable o de reposo (apagado), cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra de activo o encendido cuando

recibe una acción por parte del circuito de mando.” (BARAHONA, 2011). Figura 2.22



Figura 2. 22 Contactor

Fuente: (DIRECT INDUSTRY, 2013) <http://www.directindustry.es/prod/emas/conmutadores-botones-selectores-luminosos-38087-774013.html>

2.6.3.2.4 Disyuntor

El disyuntor, figura 2.19. “Es aquel elemento de protección capaz de censar y cortar, un bajo umbral de circulación eléctrica, tan solo 30mA, a una muy elevada velocidad, dado que lo hace en 30ms, en caso de producirse un contacto eléctrico.” (ASOCIART, 2013)



Figura 2. 23 Disyuntor

Fuente: (DIRECT INDUSTRY, 2013) <http://www.directindustry.es/prod/emas/conmutadores-botones-selectores-luminosos-38087-774013.html>

2.6.3.2.5 Fusible

El fusible, figura 2.24 de la página siguiente, es un dispositivo utilizado para proteger aparatos eléctricos y electrónicos, permite el paso de la corriente mientras ésta no supere un valor establecido.

Si el valor de la corriente que pasa, es superior a éste, el fusible se derrite, se abre el circuito y no pasa corriente. Si esto no sucediera, el equipo que se alimenta se puede recalentar por consumo excesivo de corriente y causar hasta un incendio.

Normalmente se coloca entre la fuente de alimentación y el circuito a alimentar. En equipos eléctricos o electrónicos comerciales, el fusible está colocado dentro de éste. (UNICROM, 2013)



Figura 2. 24 Fusible

Fuente: (Laneros. Copyright, 2013) http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1106/html/34_elementos_de_proteccion.html

2.6.3.2.6 *Bornes*

Los bornes o borneras, figura 2.25, son botones metálicos al que van unidos un hilo conductor eléctrico, bien sea para rematarlos o para conectarlos con otro circuito.

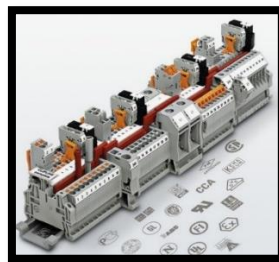


Figura 2. 25 Bornes de Conexión

Fuente:(CLEMAS, 2013)<http://www.tektam.com.mx/portafolio/bornes-de-conexi%C3%B3n/>

2.6.3.2.6.1 *Simbología y referenciado de Bornes*

“Los bornes de conexión de los contactores se nombran mediante cifras o códigos de cifras y letras que permiten identificarlos, facilitando la realización de esquemas y las labores de cableado.

Los contactos principales se referencian con una sola cifra, del 1 al 16. Los contactos auxiliares están referenciados con dos cifras. Las cifras de unidades o cifras de función indican la función del contacto:

1 y 2, contacto normalmente cerrados (NC). 3 y 4, contacto normalmente abiertos (NA). 5 y 6, contacto de apertura temporizada. 7 y 8, contacto de cierre temporizado. La cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contactor. En un lado se indica a qué contactor pertenece."

Las bobinas de un contactor se referencian con las letras A1 y A2. En su parte inferior se indica a qué contactor pertenece. El contactor se denomina con las letras KM seguidas de un número de orden." (BARAHONA, 2011)

2.6.3.2.7 Fuente de Alimentación

La fuente de alimentación, figura 2.26, es un dispositivo que convierte la tensión alterna de la red de suministro, en una o varias tensiones, prácticamente continua, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta.



Figura 2. 26 Fuente de Alimentación Conmutada AD-DC

Fuente:(DIRECT INDUSTRY, 2013) <http://www.directindustry.es/prod/siemens-power-supply-sitop/fuentes-alimentacion-conmutadas-ac-dc-rieles-din-17494-862315.html>

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA MÁQUINA ENFRIADORA ROTATIVA DE MANÍ TOSTADO

3.1 INTRODUCCION

Una vez realizada la selección de la máquina enfriadora y descritos brevemente cada uno de los materiales y elementos a utilizarse en la construcción de la misma, el presente capítulo tiene como finalidad detallar cada uno de los cálculos que posibilitan la selección de materiales necesarios para la construcción y forma de la MÁQUINA ENFRIADORA ROTATIVA DE MANÍ TOSTADO.

3.2 DISEÑO MECÁNICO DE LA ENFRIADORA

A continuación se presentan varios numerales donde se describen uno a uno los cálculos necesarios para la fabricación de la MÁQUINA ENFRIADORA DE MANÍ TOSTADO, PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL.

3.2.1 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA TOLVA

Para el cálculo del volumen de un sólido se utiliza la ecuación 3.1. (Shackelford, 2008)

$$Vt = \frac{m}{D} \quad \text{Ecuación 3. 1 Volumen de un sólido}$$

dónde:

Vt , el volumen total;

m , la masa del producto;

D , la densidad del producto;

Se tiene como datos según la Tabla 1.4 del Capítulo I, densidad del maní con cáscara que es 600 kg/m³; con el cual fácilmente podemos calcular el volumen de la tolva a diseñar. Este dato se toma para cálculos como densidad de un sólido.

Como dato adicional se tiene que actualmente la microempresa necesita una producción de 22.7kg/h incluido los procesos de tostado y pelado del maní; lo cual nos indica que la capacidad de peso para aplicar en la tolva es de 22.7Kg; sobredimensionando podemos darle una capacidad de 25kg.

Entonces se reemplaza:

$$m = 25\text{kg}$$

$$D = 600 \text{ kg/m}^3$$

$$V_t = \frac{25\text{kg}}{600 \text{ kg/m}^3} = 0,0416 \text{ m}^3$$

$$V_t = 0,0416\text{m}^3 = 4160\text{cm}^3$$

Se continúa con los cálculos del diámetro de la tolva para ello ya se cuenta con el volumen de la misma, utilizamos la ecuación 3.2 para partir de ella y encontrar el radio y la altura necesarios.

Se tiene que

$$V = \pi r^2 \cdot h \quad \text{Ecuación 3. 2 Volumen de un cilindro}$$

Dónde:

V , el volumen total;

r , el radio

h , la altura;

Se debe considerar alturas aleatorias entre 18cm y 28cm, con un aumento de 2 cifras a partir de la menor, para el cálculo más óptimo del radio, analizando cual es

de mayor conveniencia; esto quiere decir que permite que el maní no se riegue ni sobre salga de la tolva además que no se aglomere.

Al despejar la ecuación anterior queda la ecuación 3.3, utilizada para el cálculo del radio de la base de la tolva:

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi h}} \quad \text{Ecuación 3. 3 Radio de un cilindro}$$

Para los cálculos pertinentes se tiene

$$V = 0,0416m^3$$

Se toma el primer dato de la altura

$$r = \sqrt{\frac{0,0416m^3}{3,1416 \cdot 0,18m}} = \sqrt{\frac{0,0416}{0,565}} = \sqrt{0,130m^2} = 0,36m ;$$

Se procede a realizar el mismo procedimiento para los demás datos y se obtienen los resultados de la tabla 3.1

Tabla 3. 1 Radios y alturas de la tolva

N	h (m)	r (m)
1	0,18	0,36
2	0,20	0,34
3	0,22	0,33
4	0,24	0,31
5	0,26	0,30
6	0,28	0,29

Autor: Ana Bravo

El valor seleccionado para los cálculos es de 0,36m de radio y 0,18m de altura.

3.2.1.1 Selección de metal para la elaboración de la tolva

El material seleccionado fue el acero AISI 304, ya que para trabajar con alimentos en el país únicamente existen dos tipos de aceros que son el AISI 314 y el AISI 304 siendo el último el más común y por tanto más económico.

Es un acero inoxidable y refractario austenítico, aleado con Cr y Ni y bajo contenido de C que presenta una resistencia a la corrosión muy enérgica. Este tipo de acero es resistente contra corrosión intercrystalina y tiene propiedades para ser embutido profundo, no es templable ni magnético. Su aplicación es frecuente en la industria alimenticia, embotelladoras, tanques de fermentación, almacenamiento, barriles, equipos de leche, cereales, cocina, cubiertos, químicos maquinaria industrial como en los cuerpos de bombas y tubos.

Este acero se lo puede encontrar en grosores que van desde 0,2mm hasta los 12mm.

3.2.1.2 Cálculo del espesor de la tolva donde se encuentra el maní

El material seleccionado por tratarse de un proceso para el consumo humano se utilizará un acero inoxidable AISI 304, el cual tiene las siguientes propiedades mecánicas:

Para seleccionar el espesor óptimo se tiene en cuenta LAS SIGUIENTES PROPIEDADES:

(SUMITEC S.A., 2013)

Resistencia de fluencia: $s_y = 310 \text{ [MPa]} = 3161 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$

Esfuerzo ultimo: $s_{ut} = 620 \text{ [MPa]} = 6322 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$

La presión que soporta el cilindro en su interior está dada por la ecuación 3.4:

$$P = \frac{P_m}{A_{mani}}$$

2008)

Ecuación 3. 4 Presión que soporta el cilindro (Budynas R.,

Donde:

P : presión que ejerce el mani sobre las paredes del cilindro Kg/mm^2

P_m : peso del mani, Kg

A_{mani} : Área comprendida mani sobre la superficie del cilindro

Para calcular el área del maní, figura 3.1, se la toma como que fuera una elipse y se emplea la ecuación 3.5

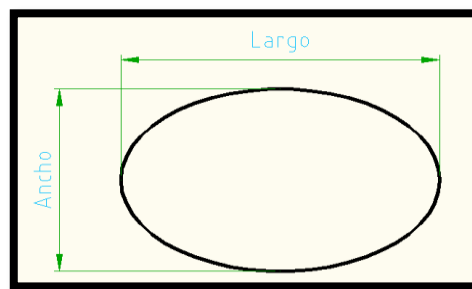


Figura 3. 1 Dimensiones del maní tostado

Autor: Ana Bravo

$$A_{mani} = \frac{\pi}{4} x * y$$

Ecuación 3. 5 Área de un solido

Dónde:

A_{mani} : Área del mani

X: largo

Y: ancho

Para determinar los valores se tomó muestras diferentes y se realizó un promedio, con el cual se obtiene:

$$A_{mani} = \frac{\pi}{4} 0.0137m * 0.01069m$$

$$A_{mani} = 1.15502 * 10^{-4} [\text{m}^2] \text{ Área de un mani}$$

De varios ensayos realizados se tomó como base un kilogramo de maní, el número determinado en él fue de 200 unidades, al realizar una regla de tres se determina que en 25Kg se tiene 5000 unidades de maní.

$$A_{\text{total mani}} = 0.57[\text{m}^2] = 5700 \text{ cm}^2$$

$$P = \frac{25\text{kg}}{5700 \text{ cm}^2}$$

$$P = 4,38 * 10^{-3} \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Tomando el cilindro como una pared delgada, entonces los esfuerzos a los que está sometido son los determinados en las ecuaciones 3.6 y 3.7

$$\sigma_{tra} = \frac{P*D}{2*t} \quad \text{Ecuación 3. 6 Esfuerzo Circunferencial}$$

$$\sigma_{lon} = \frac{P*D}{4*t} \quad \text{Ecuación 3. 7 Esfuerzo Longitudinal}$$

Donde:

σ_{tra} : Esfuerzo circunferencial, $[\text{kg}/\text{cm}^2]$

σ_{lon} : Esfuerzo longitudinal, $[\text{kg}/\text{cm}^2]$

D : diámetro interior del cilindro, $[\text{cm}]$

P : presión que ejerce el maní sobre las paredes del cilindro, $[\text{kg}/\text{cm}^2]$

t : espesor del material

Remplazando los valores en las ecuaciones se tiene:

$$\sigma_{tra} = \frac{157,68}{t}; \sigma_{lon} = \frac{78,84}{t}$$

Para calcular el espesor se utiliza la teoría de esfuerzo cortante máximo representado en la ecuación 3.8:

$$\sigma_e = \sigma_1 + \sigma_2 \leq S_y \quad \text{Ecuación 3. 8 Esfuerzo cortante}$$

Dónde:

σ_e Esfuerzo equivalente $\left[\frac{Kg}{cm^2}\right]$

$\sigma_1 + \sigma_2$ Esfuerzos principales $\left[\frac{Kg}{cm^2}\right]$

S_y Esfuerzo de fluencia del acero, $3161\left[\frac{kg}{cm^2}\right]$;

Reemplazando los valores obtenidos se tiene la siguiente igualación:

$$\frac{157,68}{t} + \frac{78,84}{t} = 3161$$

$$t = 3.55 \times 10^{-6} \text{ cm}$$

$$t = 0.75 \text{ mm}$$

Se selecciona el espesor del material de 2[mm] para la tolva puesto que el espesor calculado de 0,75mm en el proceso de soldadura es de mayor complejidad y con mayor índice de error, además de existir una deformación y calentamiento del material, condicionalmente en la plancha de 2mm de espesor se puede realizar la soldadura por el interior y exterior de la tolva.

Mediante la herramienta CAD Inventor profesional se puede observar, figura 3.2, que los esfuerzos son muy bajos y el material seleccionado de 2 [mm] de espesor sobrepasa cualquier requerimiento y con esto se puede decir que no existirá deformación.

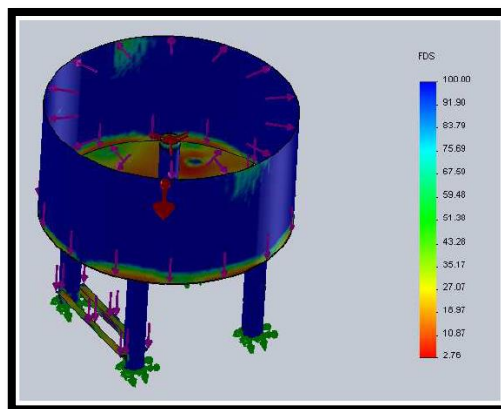


Figura 3. 2 Visualización de Esfuerzos en la tolva

Fuente: CAD Inventor profesional

3.2.1.3 Cálculo de la potencia del motor para el giro del cilindro o tolva

(Moth, 2006, pág. 682)

La potencia del motor, ecuación 3.9, se obtiene determinando la fuerza que deben vencer las paletas para mover el maní tostado. La potencia viene dada por la siguiente relación:

$$P_{motor} = M_T * n_2 \quad \text{Ecuación 3. 9 Potencia del motor}$$

Dónde:

P_{motor} : Potencia motor [W]

M_T : Momento torsor o par de torsión [N m]

n_2 : Velocidad angular

Para obtener el momento torsor o el torque necesario para efectuar el movimiento, se considera un elemento diferencial de área sobre la superficie de la tolva, y se calcula el torque necesario para desplazar el material que descansa sobre dicha área. Luego se integra a través de toda la superficie, obteniéndose así el torque total. Figura 3.3.

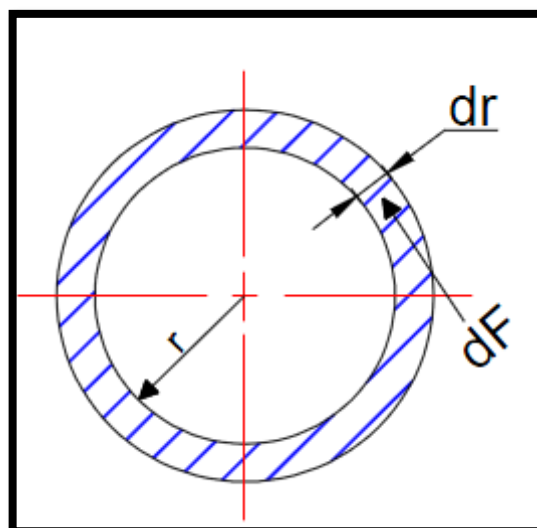


Figura 3. 3 Elemento diferencial de fuerza resistiva

Fuente: CAD Inventor profesional

Donde se deduce la ecuación 3.10 del diferencial de fuerza.

$$dT = r * dF \quad \text{Ecuación 3. 10 Diferencial de Fuerza}$$

Dónde:

R: radio de la tolva

dF: diferencial de fuerza de fricción

La fuerza de rozamiento se calcula con la ecuación 3.11

$$F=N*\mu \quad \text{Ecuación 3. 11 Fuerza de Rozamiento}$$

Dónde:

μ : *coeficiente de fricción*

N: fuerza normal

$$N= m*g$$

m: masa del material

g: gravedad

Luego se obtiene la ecuación 3.12 del diferencial de fuerza de fricción.

$$dF = \mu \times g \times dm \quad \text{Ecuación 3. 12 Diferencial de Fuerza de fricción}$$

La diferencia de masa en función de un diferencial de volumen se da de la ecuación 3.13.

$$dm = \rho \times dV$$

$$dV = 2\pi \times h \times r \times dr \quad \text{Ecuación 3. 13 Diferencial de masa.}$$

Ahora sustituyendo las expresiones anteriores se obtiene la ecuación 3.14

$$dT = 2\rho \times g \times \mu \times \pi \times h \times r^2 \times dr$$

$$T = \int_0^R 2\rho \times g \times \mu \times \pi \times h \times r^2 \times dr$$

$$T = \frac{2}{3}\rho \times g \times \mu \times \pi \times h \times R^3$$

Ecuación 3. 14 Momento Torsor

Se ha utilizado para los cálculos el coeficiente de fricción de los pellets, que cumplen condiciones y propiedades similares. (CHAMORRO, 2012)

Las constantes empleadas en la ecuación son:

$$\rho: 600 \frac{Kg}{m^3} = \text{densidad del mani}$$

$$\mu: 0,3 = \text{coeficiente de fricción entre el mani y el acero AISI 304}$$

$$h: \text{altura de la tolva} = 18\text{cm}$$

$$r: \text{radio de la tolva} = 0.36\text{m}$$

$$dr: \text{radio del eje} = 0.0158\text{m}$$

$$g: \text{gravedad: } 9,81 \frac{m}{s^2}$$

Reemplazando y resolviendo se tiene que:

$$T = \frac{2}{3} * 600 * 9,81 * 0,3 * \pi * 0,18 * 0,36^2$$

$$\mathbf{T=86.27 N.m}$$

Las máquinas rotativas, enfriadoras usualmente operan a una velocidad de 30rpm, obteniendo resultados satisfactorios, por consiguiente se opta por emplear esta velocidad.

$$P = 86,27 Nm \times \frac{30rpm}{min} \times \frac{1 min}{60 seg} \times \frac{2\pi}{1rev} = 271,025 W$$

La potencia real para el motor se calcula considerando una eficiencia del mecanismo de transmisión del 75% tomado de la hoja de datos y características del motor.

$$P= 361,36 \text{ W} = 0.49131286763 \text{ Hp}$$

3.2.1.4 Selección del motor

Debido a la existencia de un motor de 1 Hp en la industria artesanal donde va a funcionar la máquina, se utiliza esta potencia para los respectivos cálculos, disminuyendo así los costos de producción.

Conociendo la potencia necesaria para accionar el motor, y habiendo estudiado los catálogos proporcionados por diversos fabricantes, se opta por un motor con las siguientes características:

- Velocidad del motor: 1700rpm
- Potencia: 1Hp
- Amperaje: 15,40 A
- Voltaje: 110V
- Frecuencia. 60Hz
- Peso del Motor: 1Kg

3.2.1.5 Selección del reductor

Para la gama de un motor de una potencia de salida de 1 hp se tiene la tabla 3.2 indica las marcas y características de las cajas reductoras disponibles en el mercado local de acuerdo a entrevistas personales a vendedores de los diferentes almacenes de la Provincia de Imbabura.

Tabla 3. 2 Gamas de Cajas reductoras disponibles en Ecuador

Marca	Modelo	Potencia de entrada	Relación de Transmisión	Eficiencia
BONFIGLIOLI	Serie VF 49	1Hp	28:1	95%
VOGUES	indeterminado	1Hp	28:1	75%
SITI	70/2	1Hp	27:1	89%

Fuente: Entrevista almacenes de la Provincia

Se escoge la caja reductora de marca BONFIGLIOLI serie VF 49 con una relación de transmisión de 28:1 y una eficiencia del 95% con el fin de obtener la velocidad de salida de 60rpm requerida, la cual tiene las siguientes características:

- Capacidad máxima: 1Hp
- Velocidad de entrada: hasta 1800rpm
- Relación de transmisión: 28:1
- Peso del reductor: 1Kg
- El torque 48[N – m]

Por cuanto la velocidad que se requiere para evitar daño en el maní se debe reducir implementado otro sistema, que puede ser de bandas o catarinas

3.2.2 DISEÑO DE POLEAS Y BANDA PARA LA TRANSMISIÓN

Para el diseño de las poleas y bandas se necesitan los siguientes cálculos partiendo de:

- Caja Reductora: potencia de 0.95Hp, velocidad de salida de 60 RPM
- Máquina conducida: conjunto formado por el Eje y las paletas para el enfriamiento del maní, velocidad de salida de 30 RPM
- Servicio: 8-10 h/día

3.2.2.1 Factor de Servicio (fs)

De acuerdo al manual de selección de Correas SKF del Anexo III, los factores de servicio describen la rigidez de las condiciones de transmisión.

De las tablas 3.3 y 3.4 de las páginas siguientes se obtienen los datos necesarios para la selección del factor de servicio, tales como el tipo de máquina motriz utilizada en el proceso y la clase de servicio que brinda la misma.

Tabla 3. 3 Tipos de Máquina Motriz

Tipos de máquina motriz	
Arrancadores suaves	Arrancadores pesados
Motores eléctricos Arrancador CA Estrella- delta CC - Bobinado en derivación Motores de combustión interna con 4 cilindros o más Máquinas motrices provistas con embragues centrífugos, embragues centrífugos, acoplamientos secos o fluidos o dispositivos electrónicos de arranque suave	Motores eléctricos Arrancador CA – directo – en Línea CC-Bobinado compuesto y en Serie Motores de combustión interna con menos de 4 cilindros Máquinas motrices no provistas con dispositivos de arranque suave

Fuente: Manual de selección de Correas SKF

Tabla 3. 4 Tipos de Máquina Motriz

	Tipos de máquina conducida	Arrancadores suaves			Arrancadores pesados		
		Tiempo de servicio h/día			Tiempo de servicio h/día		
		->10 incl.	10 -> 16 incl.	16 ->	->10 incl.	10 -> 16 incl.	16 ->
"Clase 1 Servicio liviano"	Sopladores, extractores y ventiladores (hasta 7,5 kW), compresores centrífugos y bombas. Cintas transportadoras (con carga uniforme).	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
"Clase 2 Servicio medio"	Agitadores (densidad uniforme), sopladores, extractores y ventiladores (más de 7,5 kW). Compresores rotativos y bombas (que no sean centrífugas). Cintas transportadoras (no cargadas uniformemente), generadores y excitadores, maquinaria de lavar, ejes de transmisión, máquinas herramienta, maquinaria de imprenta, de aserraderos y carpintería, cribas (giratorias).	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
"Clase 3 Servicio pesado"	Agitadores y mezcladoras (densidad variable), maquinaria de ladrillos, elevador de cangilones, compresores y bombas (alternativos), transportadores (serv. pesado). Grúas, molinos (de martillo), pulverizadores, punzones, prensas, cizallas, plantas-cantera, maquinaria de caucho, cribas (vibratorias), maquinaria textil.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
"Clase 4 Servicio Extra pesado"	Trituradoras (giratorias, de mandíbulas, de rodillos), molinos (de bolas, de rodillos, de barras).	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Fuente: Manual de selección de Correas SKF

Una vez analizadas las características del conjunto formado por el eje y las paletas que mueven el maní dentro de la tolva, se establece que el mismo es un eje de transmisión, determinando así una clase de Servicio medio, un tipo de arrancador suave y un uso diario de 10h incluidas para la selección del factor de servicio $f_s = 1,1$

3.2.2.2 Potencia de Diseño (DHP)

Se utiliza la ecuación 3.16 y se reemplaza el valor obtenido del factor de seguridad anteriormente descrito.

$$DHP = 0.95 * 1.1 [Hp]$$

$$DHP = 1.045 [Hp]$$

3.2.2.3 Razón de Velocidad Requerida (I_r)

Para encontrar la razón de velocidad requerida, ecuación 3.15, se debe dividir la velocidad del eje más rápido por la del más lento, para obtener la razón de velocidad de polea necesaria. (SKF, 2010)

$$I_r = \frac{rpm (eje \text{ más rápido})}{rpm (eje \text{ más lento})}$$

Ecuación 3. 15 Razón de velocidad

$$I_r = \frac{60 rpm}{30 rpm} = 2$$

3.2.2.4 Diámetros de Poleas

De acuerdo a la disponibilidad en el mercado local se tiene poleas de la marca Ecuapoleas desde 2 pulg hasta 18 pulg de diámetro; hasta las 10 pulg de diámetro se tiene una diferencia de 0.5 pulg entre poleas, a partir de las 10 pulg de diámetro se tiene una diferencia de 1 pulg hasta las 18 pulg. Cabe recalcar que (Moth, 2006, pág. 269) indica que el tamaño de las poleas se indica con su diámetro de paso, el cual es menor al diámetro exterior de las mismas.

Se selecciona una polea de 4,5 pulg (11.43 cm) de diámetro, observando que es la más óptima para adaptar al eje de salida de la caja reductora.

Así, si se parte del diámetro de la polea menor (d), el diámetro de la otra polea, la mayor (D), se obtendría a partir de la razón de velocidad requerida (I_r); utilizando la ecuación 3.16. (SKF, 2010)

$$D = I_r * d$$

Ecuación 3. 16 Diametro de Polea mayor

Donde:

D: diametro de la polea conducida o polea mayor

d: diámetro de la polea motriz o polea menor

I_r : es la razon de velocidad requerida.

$$d = 11,43cm = 114,3mm = 4,5pulg$$

$$D = 2 * 11.43 [cm]$$

$$D = 22,86cm = 228,6mm = 9 \text{ pulg}$$

3.2.2.5 Distancia entre Centros tentativa (C)

Para esto se utiliza la ecuación 3.17, de esta manera se calcula el intervalo nominal aceptable para C.

$$D < C < 3(D + d)$$

Ecuación 3. 17 Distancia entre Centros

D: diámetro polea mayor (pulg)

C: Distancia entre centros (pulg)

d: diámetro polea menor (pulg)

$$9 < C < 3(9 + 4,5)$$

$$9 < C < 40,5 \text{ (pulg)}$$

Se considera una distancia entre centros C de 10pulg (25,4 cm) puesto que se necesita que la máquina no sea tan voluminosa.

3.2.2.6 Determinación de la Longitud de la Correa (Lp)

Para calcular la longitud de la correa se utiliza la ecuación 3.18. (Budynas R., 2008, pág. 880)

$$L_p = 2C + \frac{\pi}{2} (D + d) + \frac{(D-d)^2}{4C} \quad \text{Ecuación 3. 18 Longitud de Correa}$$

Donde:

L_p : Longitud de correa (mm)

C: Distancia entre centros de polea (254mm)

D: diámetro de polea mayor (114,3mm)

d: diámetro de polea menor (228,6mm)

$$L_p = 2 * 254 + \frac{\pi}{2} (228,6 + 114,3) + \frac{(228,6 - 114,3)^2}{4 * 254}$$

$$L_p = 1059,49 \text{ mm} = 105,95\text{cm} = 41,713\text{pulg}$$

3.2.2.7 Arco de Contacto

La polea definitiva en el diseño y en la duración de la vida útil de la correa será la de menor diámetro. Por ello, se ve necesario conocer el ángulo de contacto sobre esta polea.

La determinación del ángulo de contacto (A) de la correa sobre la polea menor se realiza aplicando la ecuación 3.19 (INGEMECANICA, 2013)

$$A = 180 - \frac{60(D-d)}{C} \quad \text{Ecuación 3. 19 Arco de Contacto}$$

Donde,

A: es el ángulo de contacto sobre la polea menor, en °

C: es la distancia entre ejes de poleas;

d: es el diámetro de la polea menor;

D: es el diámetro de la polea mayor.

$$A = 180 - \frac{60(228,6 - 114,3)}{254}$$

$$A = 153^\circ$$

3.2.2.8 Velocidad Lineal de la Banda

Para el cálculo de la velocidad lineal de la correa se emplea la ecuación 3.20. (INGEMECANICA, 2013)

$$V_t = \frac{\pi * d * N}{60 * 1000} \quad \text{Ecuación 3. 20 Velocidad Lineal de la correa}$$

donde,

V_t : es la velocidad lineal o tangencial de la banda, en m/s;

d: es el diámetro de la polea menor, en mm;

N: son las revoluciones por minuto (rpm) de la polea menor;

π , es el número pi (3,14159265)

$$V_t = \frac{\pi * 114,3 * 60}{60 * 1000}$$

$$V_t = 0,36 \text{ m/s}$$

3.2.2.9 Longitud de Espacio Libre

La ecuación 3.21 permite calcular la longitud que existe entre la polea mayor y la polea menor, es decir es el espacio dentro del cual la banda no está soportada por las poleas; a esto se le llama la Longitud de Espacio Libre. (Moth, 2006, pág. 270)

$$S = \sqrt{C^2 - \left[\frac{D-d}{2}\right]^2} \quad \text{Ecuación 3. 21 Longitud de Espacio Libre}$$

Donde:

S: es la longitud de espacio libre (cm)

C: el espacio entre centros (cm)

D: Diámetro de la polea mayor (cm)

d: diámetro de la polea menor (cm)

$$S = \sqrt{25,4^2 - \left[\frac{22,86 - 11,43}{2} \right]^2}$$

$$S = 24,74 \text{ cm}$$

Una vez calculadas las características de las poleas y bandas se puede observar que la utilización de las mismas no es posible, puesto que para seleccionar bandas (Budynas R. N. J., 2008, pág. 880) indica que las distancias entre centros deben ser grandes y la velocidad tangencial para las mismas no debe ser menor a 1000pies/min (5.08m/s) puesto que podrían surgir problemas.

Para corroborar el fundamento anterior se puede observar que en (Moth, 2006, pág. 273) también indica en una de la características de selección de poleas que recomienda que si la velocidad de la banda es menor a los 1000pies/min (5.08m/s) se debe considerar un tipo alternativo de selección como el de cadenas y catarinas.

3.2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA CADENA Y CATARINAS PARA LA TRANSMISIÓN

En el caso más simple, una transmisión por cadena consta de una cadena y dos ruedas de estrella o catarina: una conductora o motriz y otra conducida. Figura 3.4

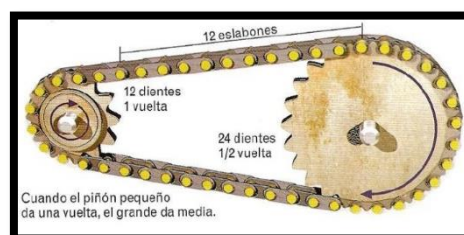


Figura 3. 4 Esquema del Sistema de transmisión

Fuente: (CNICE, 2006)

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_cadena-pinon.htm

Para seleccionar las catarinas y cadena se considera que:

- La velocidad de salida del reductor es de 60 rpm
- La potencia de salida del reductor es de 1Hp
- Distancia entre centros aproximada 20cm=7,87[pulg] (asumida para que la máquina no sea tan voluminosa)

Para determinar el número de dientes de la catarina conducida, se asume que el número de dientes de la catarina conductora es 19 dientes, puesto que en las bibliografías revisadas recomiendan utilizar este tipo de catarinas para el cálculo óptimo y proporcionarán una mejor esperanza de vida con menor ruido de la cadena. Se utiliza la ecuación 3.22. (Budynas R., 2008, pág. 890)

$$N_2 = \frac{n_1}{n_2} \times N_1 \quad \text{Ecuación 3. 22 Dientes catarina}$$

Dónde:

n_1 : *velocidad de la catarina conductora, 60[rpm]* (Velocidad que sale de la caja reductora)

n_2 : *velocidad de la catarina conducida, 30 [rpm]* (Velocidad requerida)

N_1 : *numero de dientes de la catarina conductora, 19 [dientes]*

N_2 : *numero de dientes de la catarina conducida.*

$$N_2 = \frac{60}{30} \times 19$$

$$N_2 = 38[\text{dientes}]$$

Se obtiene una catarina de 38 dientes, existente en el mercado local.

3.2.3.1 Potencia de Diseño o Corregida DHP

De acuerdo con el tipo de unidad conducida y las condiciones de operación para una previa selección de la cadena se requiere del cálculo de la potencia de diseño DHP que viene dada por la ecuación 3.23:

$$DHP = P * f_s [Hp] \quad \text{Ecuación 3. 23 Potencia de Diseño}$$

Dónde:

f_s : *factor de servicio clase B Steady load* = 1.3 (Para ejes impulsados que tienen choques moderados y teniendo en cuenta que la máquina impulsadora es un motor eléctrico)

f_s : *factor de servicio clase B Steady load* = 1.3 (Para ejes impulsados que tienen choques moderados y teniendo en cuenta que la máquina impulsadora es un motor eléctrico según la tabla 3.5)

P : 0.95 1Hp

Tabla 3. 5 Factores de Servicio para transmisiones por Cadena

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniforme (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

FUENTE: (Budynas R. N. J., 2008, pág. 290)

Remplazando datos se tiene la ecuación 3.24

$$DHP = 0.95 Hp * 1.3 \quad \text{Ecuación 3. 24 Potencia de Diseño}$$

$$DHP = 1.24 Hp$$

Se obtiene una potencia de Diseño corregida de 1.24 Hp.

3.2.3.2 Longitud de la Cadena en Pasos

Las características básicas de las transmisiones de cadena incluyen una relación constante de velocidad puesto que no hay resbalamiento o estirado, larga vida o duración y la capacidad para impulsar cierto número de ejes desde una sola fuente de potencia o fuerza motriz.

La longitud de la cadena en pasos viene dada por la siguiente ecuación 3.25. (Budynas R. N. J., 2008, pág. 893)

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

Ecuación 3. 25 Longitud De Cadena

Dónde:

$\frac{L}{p}$: longitud de la cadena, en pasos

N_1 : número de dientes de la catalina conductora, 19 [dientes]

N_2 : número de dientes de la catalina conducida. 38[dientes]

C: distancia entre ejes de centros en pulgadas=20[cm]=7,87[pulg] (asumiendo una distancia que se acople a las dimensiones de la tolva y de esta manera la máquina sea menos voluminosa).

P: paso de la cadena 0.75 pulg=3/4 (utilizando los datos para una cadena ANSI 60, con disponibilidad en el mercado local y según catálogos de (INTERMEC S.A., 2014) que son las más comunes para la utilización de cadenas de rodillo simple) en la tabla 3.6 Se puede observar las características principales de esta cadena.

Tabla 3. 6 Selección De Cadenas ANSI

CADENA NUMERO	DIMENSIONES							LIMITE DE ROTURA Lbs.	PESO Lbs. POR PIE 30.5 cms.
	PASO "P"	LARGO RODILLO "W"	DIAMETRO RODILLO "D"	DIAMETRO PASADOR "C"	GRUESO CHAPETA "F"	ANCHO CHAPETA "H"	M.		
25	1/4" * 6.35 mm	0.125	0.130	0.0905	0.030	0.234	0.188	0.875	0.09
35	3/8" * 9.52 mm	0.187	0.200	0.141	0.050	0.350	0.267	2.100	0.21
40	1/2" * 12.7 mm	0.312	0.312	0.156	0.060	0.466	0.380	3.700	0.42
50	5/8" * 15.87 mm	0.375	0.400	0.200	0.080	0.584	0.460	6.100	0.69
60	3/4" * 19.05 mm	0.500	0.468	0.234	0.094	0.700	0.586	8.500	1.00
80	1" * 25.4 mm	0.625	0.625	0.312	0.125	0.934	0.741	14.500	1.71
100	1 1/4" * 31.75 mm	0.750	0.750	0.375	0.156	1.166	0.923	24.000	2.58

FUENTE: (INTERMEC S.A., 2014)

Una vez indicados los parámetros se procede a sustituirlos en la ecuación para el cálculo respectivo.

$$\frac{L}{P} = \frac{2 * 7,87pulg}{0,75pulg} + \frac{19 + 38}{2} + \frac{(38 - 19)^2}{4 * \pi^2(7,87/0,75)}$$

$$\frac{L}{P} = 50,35 [pulg]$$

L= 50 * 25,4mm= 1270 mm (longitud aproximada en milímetros de la cadena)

Antes se debe hacer una corrección en la distancia entre centros C. Sustituyendo L/p=50 en la ecuación, puesto que (Budynas R. N. J., 2008, pág. 893) recomienda para cálculos utilizar solo números enteros sin cifra decimal.

$$\frac{L}{P} = \frac{2C}{p} + \frac{N1 + N2}{2} + \frac{(N2 - N1)^2}{4 * \pi^2(C/P)}$$

$$50 = \frac{2C}{0,75plg} + \frac{19 + 38}{2} + \frac{(38 - 19)^2}{4 * \pi^2(C/0,75)}$$

$$C = 7,98 \text{ [pulg]} \approx 20,26 \text{ [cm]}$$

Una vez corregida la longitud de la cadena en pasos, la distancia entre centros corregida es de 7,98 [pulg] \approx 20,26 [cm].

3.2.3.3 Análisis de la Tensión Producida por la Catarina

La fuerza o tensión que se genera en una transmisión por cadena es dada por la ecuación 3.26 (Moth, 2006)

$$f_c = \frac{33000 * Pot}{V} \text{ (lb)} \quad \text{Ecuación 3. 26 Fuerza de Cadena}$$

Dónde:

f_c : fuerza de la cadena en lb

V: velocidad periférica dada en ft/min

Pot: potencia del motor en hp

Se necesita hallar la velocidad periférica la cual se obtiene aplicando la ecuación 3.27.

$$V = \frac{N_1 * p * n_1}{12} \quad \text{Ecuación 3. 27 Velocidad Periférica}$$

Dónde:

N_1 : número de dientes de la catalina

p : paso de la cadena

n_1 : número de revoluciones máquina

$$V = \frac{19 * 0.75 \text{ pulg} * 30 \text{ rpm}}{12}$$

$$V = 35,62 \text{ ft/min}$$

Remplazamos:

$$f_c = \frac{33000 * 0,95 \text{Hp}}{35,62 \text{ ft/min}}$$

$$f_c = 879,63 \text{ [lb]} = 398,99 \text{ [Kg]}$$

$$f_c = 398,99 \text{ [Kg]}$$

$$f_c = 3912,76 \text{ [N]}$$

3.2.3.4 Número de Tramos

El número de tramos en la transmisión por cadena está dado por la ecuación 3.28

$$N_t = \frac{DHP}{P.\text{transmisible}}$$

Ecuación 3. 28 Número de Tramos

La potencia transmisible se obtiene del catálogo de REXNORD para HORSPower RATINGS (Anexo IV) seleccionando el número de cadena junto con el paso y el número de dientes de la catarina motriz y sus rpm e interpolando se obtiene el valor.

Entonces:

$$N_t = \frac{1,24}{1,0175} = 1,22 \approx \mathbf{1 \text{ Tramo}}$$

3.2.3.5 Selección de las Ruedas o Catarinas

Para el sistema de transmisión de movimiento que parte desde el reductor a través de una catarina conductora, hasta una catarina conducida, el diseño de las catarinas se lo realiza conociendo el número de dientes tanto de la catarina conductora como de la catarina conducida.

3.2.3.5.1 Catarina Motriz

El diámetro primitivo se la calcula mediante la ecuación 3.29. (Budynas R., 2008, pág. 890)

$$d_{p1} = \frac{P}{\text{sen}\left(\frac{180}{N1}\right)} \quad \text{Ecuación 3. 29 Diámetro primitivo catarina motriz}$$

$$d_{p1} = \frac{0,75}{\text{sen}\left(\frac{180}{19}\right)} = 4,55[\text{pulg}] = 115,75 [\text{mm}]$$

3.2.3.5.2 Catarina Conducida

El diámetro primitivo se la calcula mediante la ecuación 3.30. (Budynas R., 2008, pág. 890)

$$d_{p2} = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{N2}\right)} \quad \text{Ecuación 3. 30 Diámetro primitivo catarina conducida}$$

$$d_{p2} = \frac{0,75}{\text{sen}\left(\frac{180}{38}\right)} = 9,08[\text{pulg}] = 230,69[\text{mm}]$$

3.2.3.5.3 Fuerzas producidas por la catarina

Es importante el cálculo de las fuerzas de transmisión de movimiento por la catarina, puesto que, este es el un punto de partida para dimensionar el eje para la máquina enfriadora de maní tostado. Figura 3.5

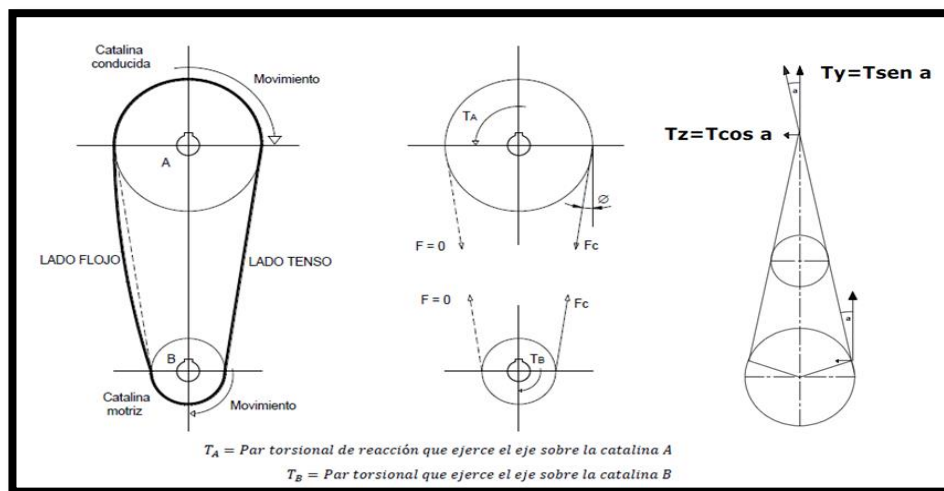


Figura 3. 5 Fuerzas sobre las catalinas

Fuente: CAD Inventor profesional

Establecido el sistema de transmisión por cadena, se puede realizar el diagrama de cuerpo libre de las catarinas, con las siguientes consideraciones:

- La catarina B es la catarina piñón
- La cadena tiene un lado tensionado y produce el par torsional en cada catarina. El otro tramo de la cadena o también llamado lado flojo, no ejerce fuerzas sobre las catarinas. En consecuencia, la fuerza flexionante total sobre el eje que sostiene la catarina es igual a la tensión el 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.
- De acuerdo a las dimensiones del sistema de transmisión, se determinaron los ángulos que se forman entre las catarinas y la cadena.

Determinamos el ángulo para calcular las tensiones en base a la ecuación 3.31

$$\beta_t = \frac{180}{\pi} \left(\frac{d_{p2} - d_{p1}}{2 * C} \right)$$

Ecuación 3. 31 Ángulo de Tensiones

$$T_z = F * \cos\beta$$

$$T_y = F * \sen\beta$$

Dónde:

C: distancia entre centro=7,87 [pulg]

$$\beta_t = \frac{180}{\pi} \left(\frac{9,08 - 4,55}{2 * 7,87} \right)$$

$$\beta_t = 16,49$$

$$T_z = 4131,08 * \cos(16,49)$$

$$T_z = 3961,165 [N]$$

$$T_y = 4131,08 * \sen(16,49)$$

$$T_y = 1172,598 [N]$$

Con el tipo de cadena ya seleccionado se procede a la selección de las catarinas en el catálogo VOXGES y RODALSA (Anexo V)

El torque aplicado por la catarina al eje se lo calcula mediante la ecuación 3.32. (Moth, 2006, págs. 68, 78,149.)

$$M_t = F * \frac{d_p^2}{2} \quad \text{Ecuación 3. 32 Torque aplicado a la catarina}$$

$$M_t = 4131,08 * \frac{9,08}{2}$$

$$M_t = 18755,10 [N - pulg] = 47,11[N - m]$$

$$M_t = 47, 11[N - m]$$

Según los cálculos obtenidos, el sistema de transmisión por cadenas cumple con los parámetros o recomendaciones de diseño, los mismos que se resumen en la tabla 3.7

Tabla 3. 7 Resumen del diseño de Cadenas y Catarinas

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Paso:	Cadena ANSI 60, ¾ de pulgada de paso
Longitud:	1270 mm
Distancia entre centros:	C= 7, 98 [pulg] ≈ 20,26[cm]
Catarinas:	hilera simple, número 60, ¾ de pulgada de paso
Catarina Motriz:	19 dientes, Diámetro 4,55[pulg] = 115,75 [mm]
Catarina conducida:	38 dientes, Diámetro 9,08[pulg] = 230,69[mm]

Fuente: Ana Bravo

3.2.4 DISEÑO DEL EJE DE TRANSMISIÓN DEL ENFRIADOR

Para el enfriador planteado se tiene que en el eje de transmisión se encuentra sometido a cargas de flexión y torsión que se generan por efecto de transmisión de potencia a las paletas.

Para ello se procede analizar las fuerzas y momentos en los elementos del mismo. En la figura 3.6 se observa el diseño del eje a implementarse.

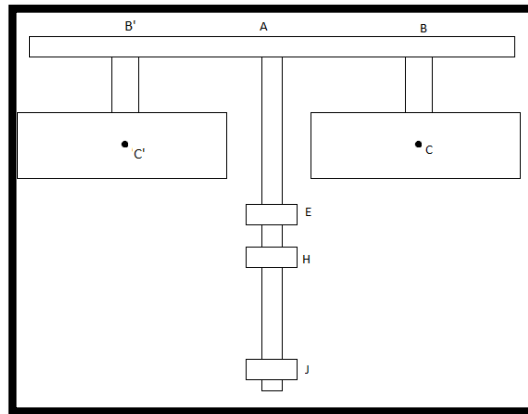


Figura 3. 6 Diseño del eje a implementarse

Fuente: Ana Bravo

Donde A es el punto medio de la viga de soporte de paletas y brazos, B Y B' son los puntos donde se une el brazo a la viga de soporte, C y C' son los puntos medios donde se encontrarán las resultantes de las fuerzas que actúan en las paletas, E es el rodamiento 1, H el rodamiento 2 y J la catarina que se unirá al eje para que pueda ser movido.

3.2.4.1 Cálculo de las Fuerzas Resultantes en la Paletas

Para el cálculo de las fuerzas resultantes en la paleta se debe considerar la figura 3.7 donde se muestra el diseño de la paleta a implementarse y la figura 3.8 que nos indica la reacción que se produce en el centro de la paleta.

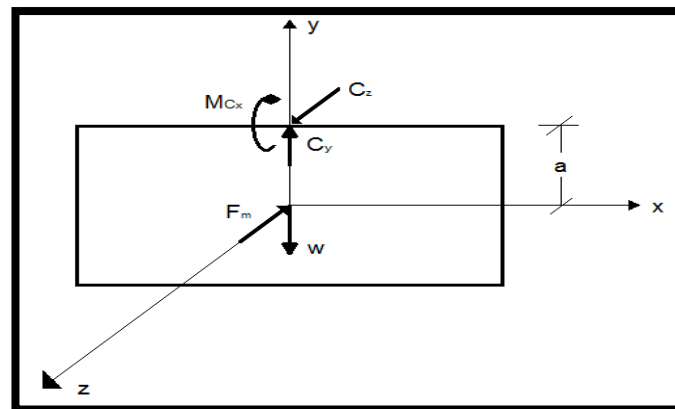


Figura 3. 7 Diseño de la paleta a implementarse

Fuente: Ana Bravo

Donde se tiene los siguientes parámetros:

F_m : la Fuerza resultante que se genera en la paleta para mover el maní

a : la distancia desde el centro de la paleta hacia su extremo superior (0,04m), seleccionado de acuerdo a la altura de la tolva

M_{cx} : el momento flexor en la paleta en el punto C

w : el peso de la paleta (0,2 kg considerando las dimensiones y el material con respecto a la tolva.)

Para el análisis de las fuerzas se considerarán las siguientes incógnitas:

C_z : fuerza en el eje Z

C_y : Fuerza en el eje Y

Para calcular la F_m se considera la espacio ocupado por el maní dentro de la tolva como un solo bloque, para ello se debe calcular la fuerza friccional F_r para sacar la fuerza reactiva F_m ; se utiliza la ecuación 3.33 (Hibbeler, 1996, págs. 357-360)

$$Fr = \mu N \quad \text{Ecuación 3. 33 Fuerza friccional}$$

Donde:

Fr : Fuerza friccional

μ : coeficiente de fricción 0,3 ya considerado

N : la fuerza Normal que en este caso sería igual al peso que ejerce el maní igual a 245,25N

Reemplazando los valores se tiene:

$$Fr = 0,3 * 245,25$$

$$Fr = 73,58 N$$

Luego se realiza diagrama de cuerpo libre considerando al maní como un solo bloque Figura 3.8

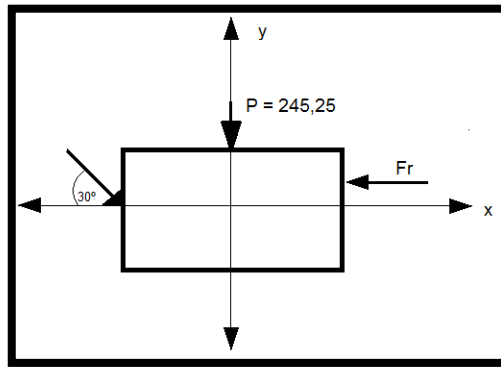


Figura 3. 8 Peso total del maní considerado como un solo bloque

Fuente: Ana Bravo

Realizando las sumatorias de fuerzas en x se obtiene la ecuación 3.34

$$\sum F_x = 0$$

$$F_m \cos 30^\circ - F_r = 0 \quad \text{Ecuación 3. 34} \text{ fuerzas del maní en el eje x}$$

Despejando se obtiene

$$F_m = F_r / \cos 30^\circ$$

$$F_m = 73,58 / 0,87$$

$$F_m = 84,57 \text{ N}$$

Una vez obtenida la Fuerza resultante que ejerce el maní en la paleta se calcula el momento flexor con la ecuación 3.35

$$M_{Cx} = F_m * a \quad \text{Ecuación 3. 35} \text{ fuerza que ejerce el maní en la paleta}$$

Se reemplaza los datos obtenidos y se tiene

$$M_{Cx} = 84,57 \text{ N} * 0,04 \text{ m}$$

$$M_{Cx} = 3,38 \text{ N} - \text{m}$$

Al analizar el diagrama de cuerpo libre en el plano Y- Z, figura 3.9, se adquiere sumatorias de fuerzas y momentos en cada eje dando por resultado la ecuación 3.36 de las sumatorias del eje X, la ecuación 3.37 de las sumatorias del eje Y, la ecuación 3.38 de las sumatorias de momentos en el punto C.

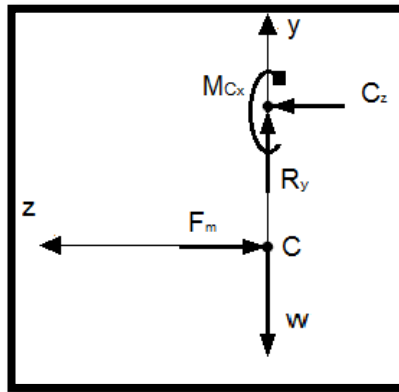


Figura 3. 9 Diagrama de cuerpo libre de la paleta

Fuente: Ana Bravo

$$\sum F_x = 0$$

$$C_x = 0$$

Ecuación 3. 36 fuerzas de la paleta en el eje x

$$\sum F_y = 0$$

$$C_y - w = 0$$

Ecuación 3. 37 fuerzas de la paleta en el eje y

$$C_y = w$$

$$C_y = 0,2\text{kg} = 10\text{N}$$

$$\sum M_C = 0$$

$$C_z \cdot a - M_{Cx} = 0$$

Ecuación 3. 38 momentos en el punto C

$$C_z = M_{Cx} / a$$

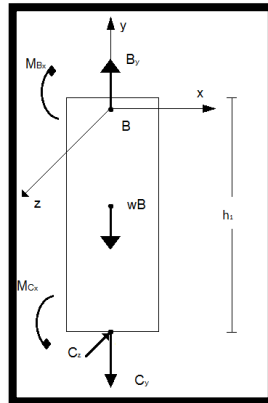
$$C_z = 3,38 / 0,04$$

$$C_z = 84,57 \text{ N}$$

3.2.4.2 Cálculo de las Fuerzas Resultantes en el Brazo

Para el cálculo de las fuerzas resultantes en el brazo se debe considerar la figura 3.10 donde se muestra el diseño del brazo a implementarse y las fuerzas que actuarán en él.

Figura 3. 10 Diseño del brazo a implementarse



Fuente: Ana Bravo

Donde se tiene los siguientes parámetros:

M_{Cx} : el momento flexor que se une al brazo calculado en la paleta

M_{Bx} : el momento flexor en la parte superior del brazo

wB : Peso del soporte (0,3kg)

h_1 : altura del brazo (0,14 m), seleccionado de acuerdo la altura de la tolva

B_y : la fuerza en Y que actúa en el brazo

B_z : la fuerza en Z que actúa en el brazo

C_y : la fuerza en Y que actúa en el centro de la paleta obtenido anteriormente

C_z : la fuerza en Z que actúa en el centro de la paleta obtenido anteriormente

Analizando las fuerzas en el eje Y e igualando a cero, da por resultado la ecuación 3.39

$$\sum F_y = 0$$

$$B_y - wB - C_y = 0 \quad \text{Ecuación 3. 39} \text{ sumatoria de fuerzas en el eje Y}$$

Se despeja la ecuación para obtener el valor de la fuerza B_y y se obtiene la ecuación 3.40

$$B_y = wB + C_y \quad \text{Ecuación 3. 40 fuerza } B_y$$

Reemplazando datos tenemos:

$$B_y = (0,3 - 0,2) \text{ kg}$$

$$B_y = 0,5 \text{ kg} = 4,9 \text{ N} = 5\text{N}$$

Analizando las fuerzas en el eje Z e igualando a cero, da por resultado la ecuación 3.41

$$\sum F_z = 0$$

$$C_z - B_y = 0 \quad \text{Ecuación 3. 41 sumatoria de fuerzas en el eje Z}$$

Se despeja la ecuación para obtener el valor de la fuerza B_z y se obtiene la ecuación 3.42

$$B_z = C_z \quad \text{Ecuación 3. 42 fuerza } B_z$$

Reemplazando datos se tiene:

$$B_z = 84,57\text{N}$$

Analizando los momentos en el punto B e igualando a cero, da por resultado la ecuación 3.43

$$\sum M_B = 0$$

Ecuación 3. 43 sumatoria de momentos en B

$$-C_y (h_1 / 2) - C_z (h_1 / 2) - M_{Cx} + B_z (h_1 / 2) - B_y (h_1 / 2) - M_{Bx} = 0$$

Se despeja la ecuación para obtener el valor de la fuerza M_{Bx} , se reemplazan datos y se obtiene

$$M_{Bx} = 3,03 \text{ N-m}$$

3.2.4.3 Cálculo de las Fuerzas Resultantes en la Viga de Soporte

Para el cálculo de las fuerzas resultantes en la viga de soporte se debe considerar la figura 3.11 donde se muestra el diseño de la misma a implementarse y las fuerzas que actuarán en ella.

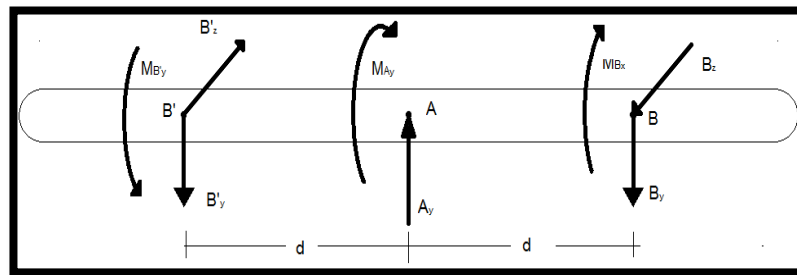


Figura 3. 11 Diseño de la viga de soporte a implementarse

Fuente: Ana Bravo

Donde se tiene los siguientes parámetros:

B_y : la fuerza en Y que actúa en el brazo obtenido anteriormente

B_z : la fuerza en Z que actúa en el brazo obtenido anteriormente

B'_y : la fuerza en Y que actúa en el otro brazo con diferente dirección a B_y

B'_z : la fuerza en Z que actúa en el otro brazo con diferente dirección a B_z

A_y : la fuerza en Y que actúa en el eje

M_{Ay} : el momento flector que actúa en el punto A

M_{Bx} : el momento flector que actúa en el punto B

d : la distancia desde el punto B o B' hacia el punto A (0.45m)

Analizando las fuerzas en el eje Y e igualando a cero, da por resultado la ecuación 3.44

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y - B_y - B'_y = 0$$

Ecuación 3. 44 sumatoria de fuerzas en el eje Y

Se despeja la ecuación para obtener el valor de la fuerza A_y y se obtiene la ecuación 3.45

$$A_y = B_y + B'_y \quad \text{Ecuación 3. 45 fuerza } A_y$$

Reemplazando datos se tiene:

$$A_y = (5 + 5) \text{ N}$$

$$\mathbf{A_y = 10 \text{ N}}$$

Analizando los momentos en el punto A e igualando a cero, da por resultado la ecuación 3.46

$$\sum M_A = 0$$

$$M_{Ay} = B_y * d \quad \text{Ecuación 3. 46 sumatoria de fuerzas en el eje Y}$$

Reemplazando datos se tiene:

$$M_{Ay} = 5\text{N} * 0,45\text{m}$$

$$\mathbf{M_{Ay} = 2,75 \text{ N-m}}$$

3.2.4.4 Cálculo de las Fuerzas Resultantes en el Eje

Para el cálculo de las fuerzas resultantes en el eje se debe considerar la figura 3.12 donde se muestra el diseño del mismo a implementarse y las fuerzas que actuarán.

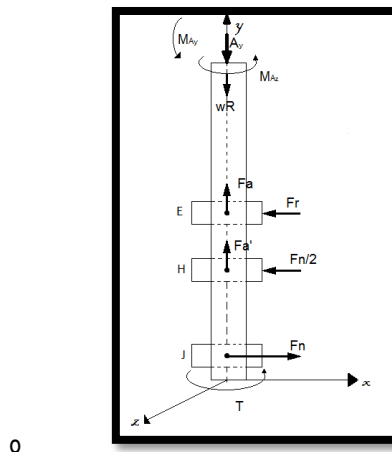


Figura 3. 12 Diseño eje a implementarse analizado sus fuerzas

Fuente: Ana Bravo

Donde se tiene los siguientes parámetros:

F_a y $F_{a'}$: fuerzas radiales de los rodamientos E y H respectivamente

w_R : Peso del eje (0,6kg = 5,9N)

M_{Az} : el momento torsor en el punto A

M_{Ay} : el momento flector en el punto A ya encontrado anteriormente.

F_{Ay} : la fuerza en Y que se ejerce en el punto A ya calculada

F_r : la fuerza en X o fuerza radial que actúa en el eje en el rodamiento 1

$F_{n/2}$: la fuerza en X o fuerza radial que actúa en el eje en el rodamiento 1

F_n : la fuerza que ejerce la catarina conducida ya calculada (40,5N)

T : el momento torsor ya calculado (41.11N-m)

Analizando las fuerzas en el eje X e igualando a cero, nos da por resultado la ecuación 3.47

$$\sum F_x = 0$$

$$F_n - F_{n/2} - F_r = 0 \quad \text{Ecuación 3. 47 fuerzas en el eje X}$$

Se despeja la ecuación se obtiene la ecuación 3.48

$$F_r = F_n - F_{n/2} \quad \text{Ecuación 3. 48 Fuerza radial en el rodamiento 1}$$

Reemplazando datos se obtiene:

$$F_r = 40,5 - (40,5 / 2)$$

$$\mathbf{F_r = 20,24N}$$

$$M_{Az} = T$$

$$\mathbf{M_{Az} = 86,27 N-m}$$

Analizando las fuerzas en el eje Y e igualando a cero, nos da por resultado la ecuación 3.49

$$\sum F_y = 0$$

$$F_a + F_{a'} - F_{Ay} - wR = 0 \quad \text{Ecuación 3. 49 fuerzas en el eje Y}$$

Se despeja la ecuación, se obtiene la ecuación 3.50

$$F_a + F_{a'} = F_{Ay} + wR \quad \text{Ecuación 3. 50 Fuerzas axial de los rodamientos}$$

Reemplazamos valores y tenemos la ecuación 3.51

$$F_a + F_{a'} = 15,9 \quad \text{Ecuación 3. 51 sumatoria de fuerzas radiales1}$$

Se realiza la sumatoria de momentos en el punto A y se obtiene la ecuación 3.51 detallada a continuación:

Ecuación 3. 52 Sumatoria de momentos en el punto D

$$Fr (0,190) + F_a(15,85) - Fn/2(0,290) - F_{a'}(15,85) + Fn (0,350) = 0$$

Despejando se obtiene la ecuación 3.53

$$F_a - F_{a'} = - 523,57 * 10^3 \quad \text{Ecuación 3. 53 sumatoria de fuerzas radiales1}$$

Realizando la suma de las ecuaciones 3.51 y 3.53

$$F_a + F_{a'} = 15,9$$

$$F_a - F_{a'} = - 523,57 * 10^3$$

Una vez realizada la operación se elimina la $F_{a'}$ y se obtiene la fuerza F_a

$$F_a = 261,8 \text{ kN}$$

Despejando de la ecuación 3.53 la $F_{a'}$ se tiene la ecuación 3.54

$$F_{a'} = 523,57 * 10^3 + F_a$$

Reemplazamos datos y obtenemos

$$F_{a'} = 523,57 + 261,8$$

$$F_{a'} = 785,37 \text{ kN}$$

3.2.5 DISEÑO DEL EJE EN EL CAD INVENTOR PROFESIONAL

Este permite realizar el diseño del eje a partir de las fuerzas que se aplican sobre él. Además permite conocer cuál debe ser el diámetro ideal del eje para que logre soportar dichas fuerzas.

En la figura 3.13 del análisis de deformaciones en el eje (CAD Inventor profesional), una vez analizado los datos que se obtuvieron anteriormente de la figura 3.12 de la sección 3.2.4.4

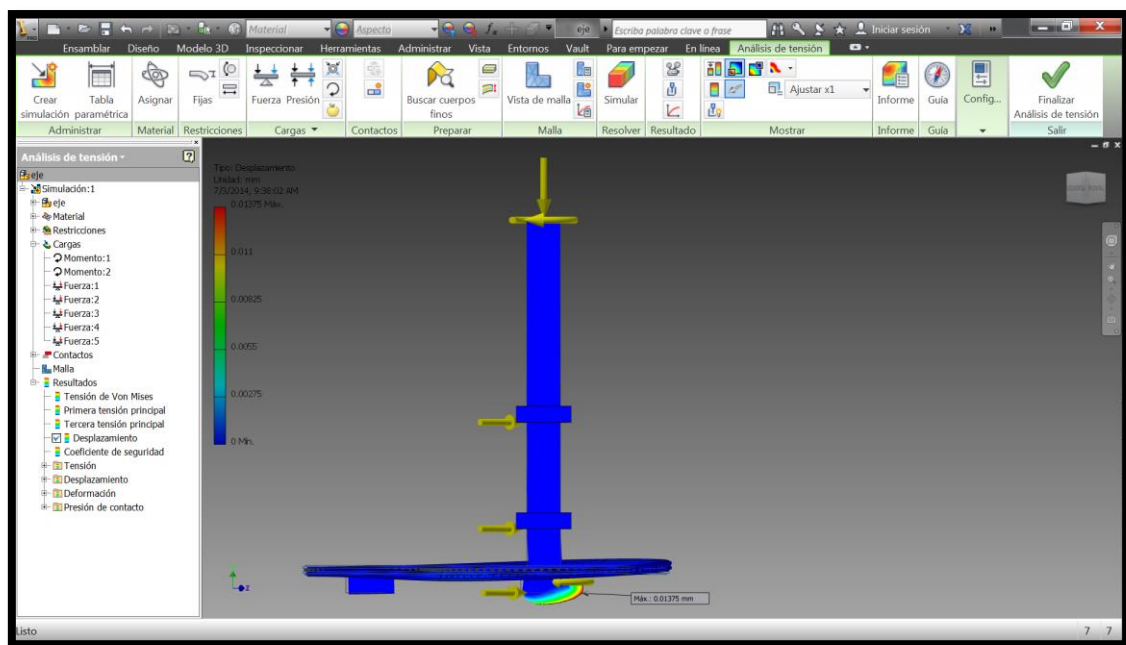


Figura 3. 13 Análisis de Deformaciones en el Eje

Fuente: CAD Inventor profesional

En la mayor deformación dimensional se produce en la unión del eje con la catarina conducida siendo apenas de 0.01375 mm, (Figura 3.12) al momento de enfriar una carga de 25 kg de maní tostado.

En la figura 3.14 se observa el análisis de esfuerzos en el eje (CAD Inventor profesional)

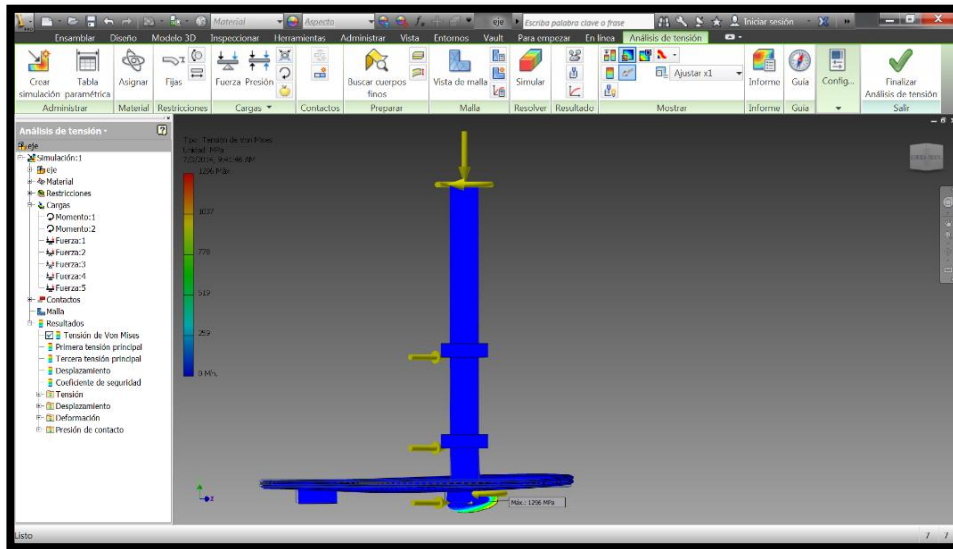


Figura 3. 14 Análisis de Esfuerzos en el eje
Fuente: CAD Inventor profesional

Se puede observar el punto del esfuerzo máximo en el eje es 129,6 MPa, este valor aproximado es mayor en decimales al esfuerzo de fluencia de **129,45MPa** del material la cual indica que el sistema se encuentra en el rango elástico permisible del material.

En las figura 3.15 se observa el esquema de distribución de las fuerzas radiales y los torques que actúan sobre el eje analizados en la figura 3.11 de la sección 3.2.2.7

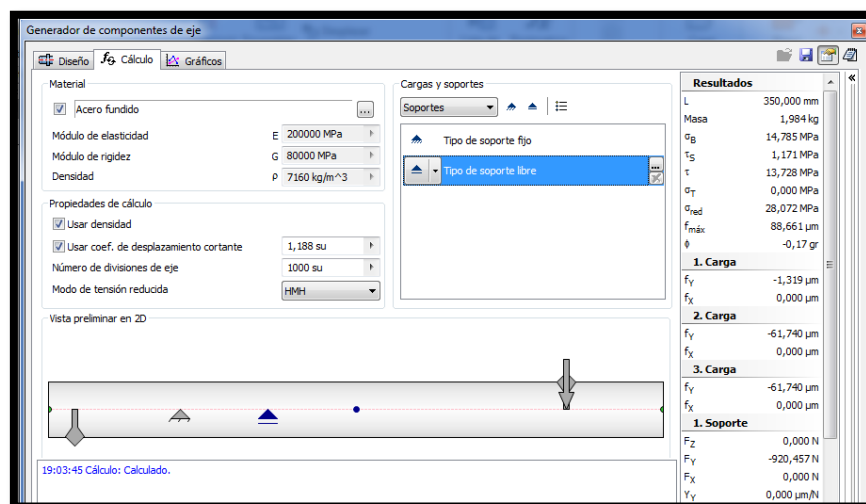


Figura 3. 15 Distribución de las fuerzas radiales y torques actuantes sobre el eje
Fuente: CAD Inventor profesional

En la figura 3.16 se observa el diagrama de cortes en el plano YZ, lo cual se determina que el valor máximo de la fuerza cortante sobre el eje es de **1204,91N**.

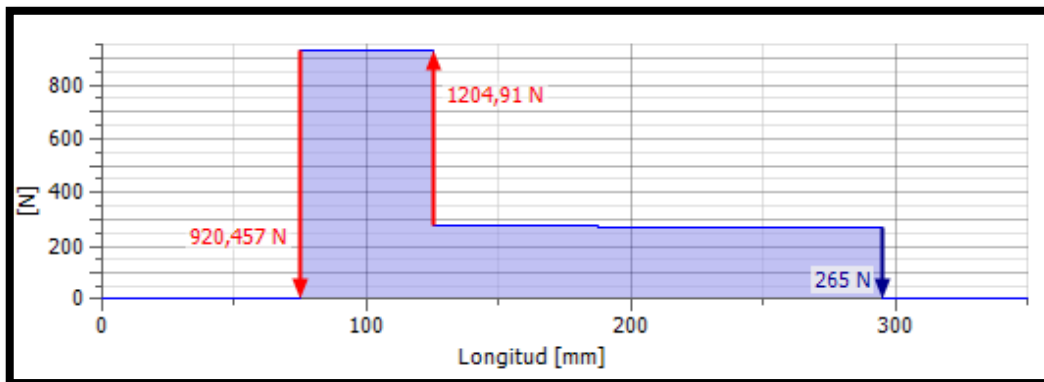


Figura 3. 16 Diagrama de fuerza de corte en el plano YZ

Fuente: CAD Inventor profesional

En la figura 3.17 indica el diagrama de los momentos flectores analizados en el plano YZ, lo cual se determina el valor del momento flector máximo sobre el eje el cual es de **46,457N*m**.

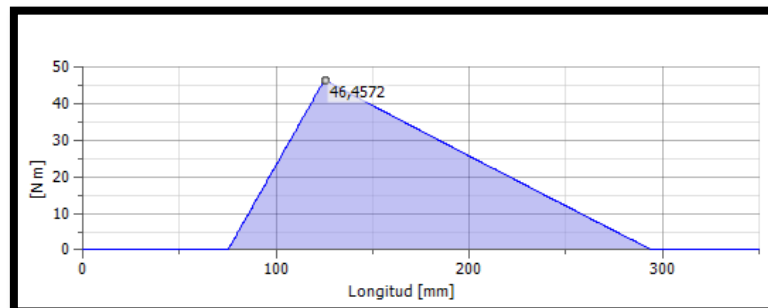


Figura 3. 17 Diagrama del momento flector en el plano YZ

Fuente: CAD Inventor profesional

3.2.5.1 Cálculos del eje cuando se encuentra a fatiga

La resistencia por la durabilidad de un material es su capacidad para soportar cargas que generen fatiga, y si el número de ciclos es infinito, al nivel de carga se le asigna la deformación límite de durabilidad.

Por lo que el eje se diseña por la resistencia a la durabilidad, para lo cual se emplea la ecuación 3.54. (Moth, 2006, págs. 145,149.)

$$S'_n = S_n C_s C_m C_{st} \quad \text{Ecuación 3. 54 Resistencia Durabilidad}$$

S'_n : resistencia por durabilidad

S_n : resistencia por durabilidad modificada

C_s : factor tamaño

C_m : factor material

C_{st} : Factor tipo de tension

Para hallar la resistencia por durabilidad modificada se emplea resistencia a la fluencia del eje que es un acero AISI304 que es de 310MPa = 45 Ksi.

Para el factor tamaño se tiene

$$C_s = 0,9$$

El factor material se tiene para acero fundido.

$$C_m = 0,8$$

Diseñando para el tipo de tensión se tiene

$$C_{st} = 0,58$$

Que es cuando el eje a está sometido esfuerzo de corte por torsión.

$$S'_n = 310 \text{ MPa} * 0,9 * 0,8 * 0,58$$

$$S'_n = 129,45 \text{ MPa}$$

Se procede a calcular el factor de seguridad mediante la Ecuación 3.55 (Budynas R., 2008, pág. 322)

$$n = \frac{\pi * d_{eje}}{32 * \sqrt{\left(\frac{M_t}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{M_f}{S_e}\right)^2}} \quad \text{Ecuación 3. 55 Factor seguridad}$$

$$n = \frac{\pi * 0,0381}{32 * \sqrt{\left(\frac{383,201}{220 * 10^6}\right)^2 + \left(\frac{182,856}{91 * 10^6}\right)^2}}$$

$$n = 2,56$$

Por lo que se decide construir este eje, ya que cumple con muestras necesidades de diseño.

3.2.6 DISEÑO DE LAS HELICES Y PALETAS EN EL ENFRIADOR

En el proceso de enfriado se ha definido un conjunto de 2 hélices iguales uniformemente distribuidas atornilladas al eje mediante una brida y tornillos sujetadores

Utilizando el CAD inventor profesional se evalúan esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad mínimo: estos valores y comparando como se realiza en el análisis de la estructura se sigue los mismos pasos:

Desplazamiento: Al analizar los resultados de la simulación de la figura 3.18 se puede observar que el desplazamiento es de 1,49 mm máximo. Esto se debe a que existe la fuerza de la carga aplicada sobre las paletas. Finalmente del resultado de la simulación se concluye que el satisfactoriamente puede mover 25kg que es el peso del maní.

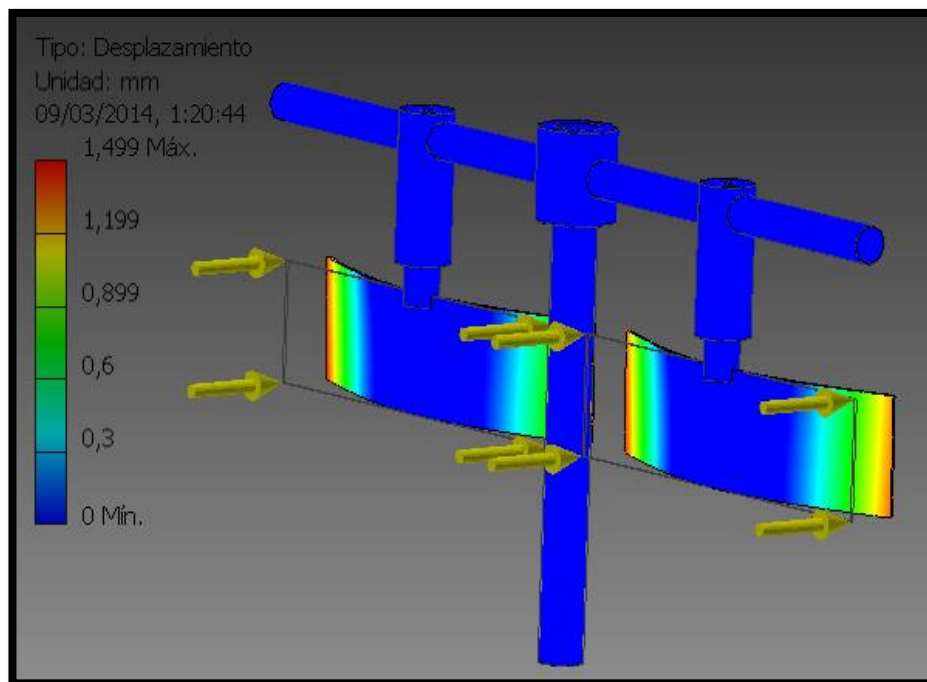


Figura 3. 18 Desplazamiento de las paletas

Fuente: CAD Inventor profesional

Tensión de von Mises:

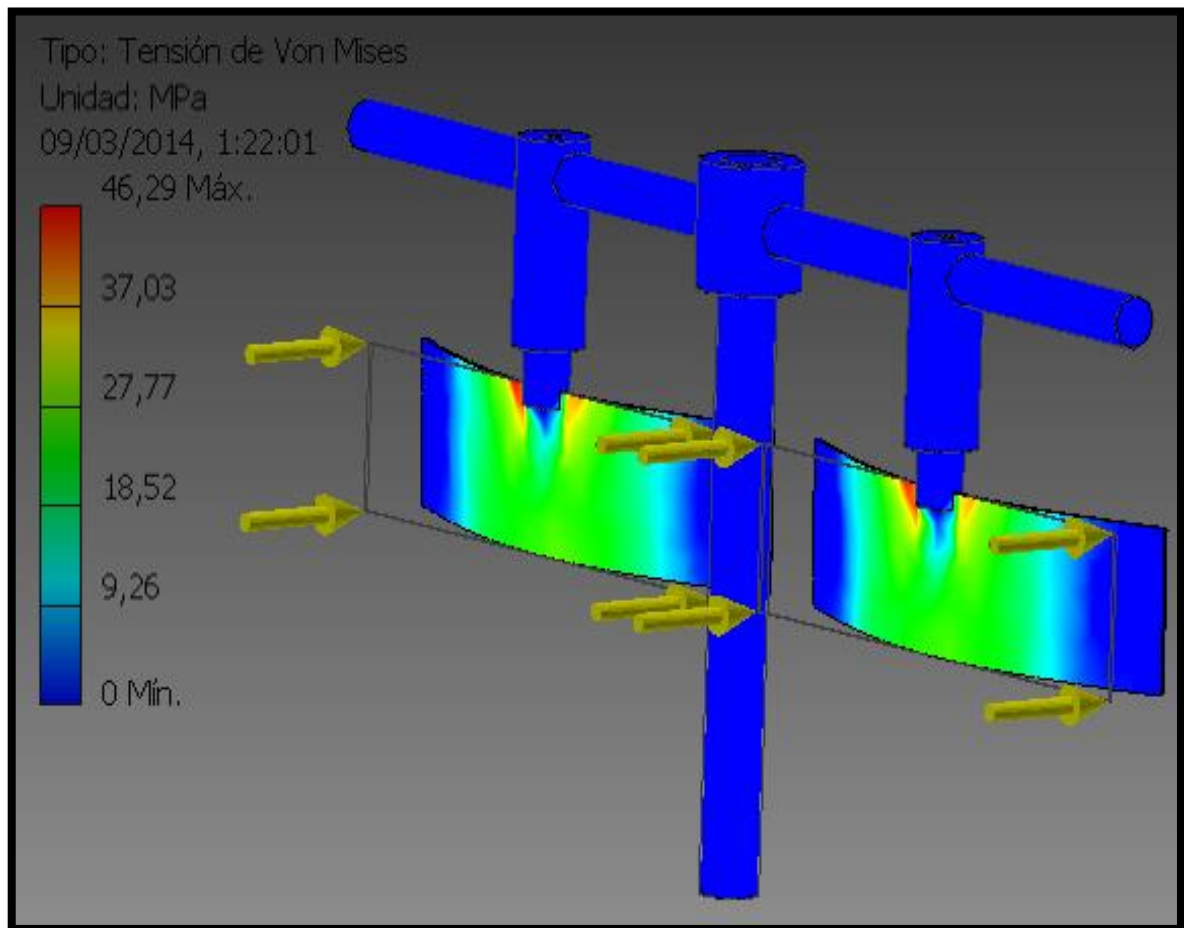


Figura 3. 19 Esfuerzo de Von Misse

Fuente: CAD Inventor profesional

Los resultados establecen que el máximo Esfuerzo de Von Mises presente en la estructura es de 46,29Mpa, figura anterior 3.19; mismo que se presenta en las paletas. Si se compara este valor con el valor de la resistencia a la fluencia del material, se puede concluir que no existe fluencia en la estructura.

$$46,29\text{Mpa} \geq 310\text{Mpa}$$

Los resultados de la simulación del Esfuerzo Von Mises comprueban que el diseño de las paletas y hélices cumple con las necesidades del diseñador ya que garantiza estabilidad estructural. El valor de los resultados garantiza la fiabilidad del diseño de las hélices y las paletas

Factor de seguridad:

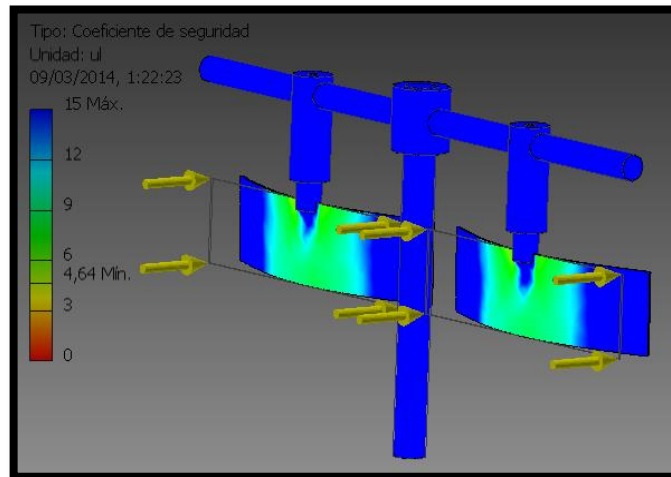


Figura 3. 20 Factor de seguridad

Fuente: CAD Inventor profesional

Se utiliza la Ecuación 3.56 para despejar y así poder encontrar el factor de seguridad.

$$\sigma' = S_y / n \quad \text{Ecuación 3. 56 factor seguridad}$$

Donde n es el factor de seguridad, reemplazando valores tenemos:

$$n = S_y / \sigma' = 310\text{Mpa} / 49,29 = 6,28$$

Del resultado anterior se deduce que las paletas y hélices tranquilamente podrán mover la carga de 25Kg.

Con estos datos obtenidos se observa en la anterior figura 3.20, que es un factor de seguridad aceptable se considera que se lo analiza desde el punto de vista más crítico y con una condición extrema a darse, el tiempo de duración de esta situación sería muy corto, además no se considera la pérdida de potencia que sufre el sistema.

3.2.7 SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS

Para determinar el rodamiento en una aplicación, se toma en cuenta la capacidad de carga a la que va estar sometido, la cual tiene que ser comparada con las cargas

que soporta, las revoluciones por minuto a las que está sometido, así también las exigencias de duración y confiabilidad en su trabajo.

Los rodamientos se pueden clasificar en dos tipos básicamente de bolas y rodillos, los dos están diseñados para soportar cargas axiales y radiales o una combinación de ambas. (SKF, 2013)

Un rodamiento de bolas se compone de cuatro partes:

- Anillo interior
- Anillo exterior
- Bolas
- Jaula o separador

El manual de la SKF establece para los rodamientos rígidos de bolas cargados estáticamente

El método de carga estática se usa cuando los rodamientos, Ecuación 3.57:

- Giran velocidades muy bajas
- Están trabajando a movimiento lentos de oscilando, ó
- Están estacionarios bajo carga durante cierto tiempo

$$P_o = 0,6F_r + 0,5 F_a \quad \textbf{Ecuación 3. 57 Carga estática}$$

Dónde:

P_o : *Carga estatica equivalente, [N]*

F_r : *Carga Radial, [N]*

F_a : *Carga axial, [N]*

Como se dijo anteriormente la carga axial es despreciable por lo que para realizar los cálculos se tomará como carga equivalente la reacción de mayor valor en los apoyos del cilindro.

Por lo que se tiene:

$$F_r = F_B = \mathbf{1204,91N}$$

Remplazando estos valores e la ecuación 3.57 se tiene:

$$P_o = 722,946 \text{ N}$$

Como $P_o < F_r$ entonces tenemos que $P_o = F_r$

El rodamiento se ubica en un eje de $1 \frac{1}{4}$ in por lo que se selecciona rodamiento de bolas koyo Japón 6207, el cual soporta una capacidad de carga estática $C_o = 16000[N]$ (SKF, 2013, pág. 188)

Cuando el rodamiento trabaja en bajas revoluciones se utiliza la carga estática C_o .

Con la ecuación 3.58 se calcula el factor de seguridad del rodamiento.

$$S_o = \frac{C_o}{P_o}$$

Ecuación 3. 58 Factor seguridad del rodamiento

$$S_o = \frac{16000}{722,946} = 22,13$$

Como sugiere el manual de rodamientos koyo, para un buen desempeño el rodamiento debe tener un factor de seguridad igual a 2 o mayor. Para el soporte del rodamiento se elige una chumacera de pared koyo Japón 6207 que cumple las características requeridas por el enfriador.

3.2.8 DIMENSIONAMIENTO DE LA CHAVETA

En la figura 3.21 se observa una chaveta del eje. “Son elementos mecánicos de sección rectangular o cuadrado, que se usan para fijar dos piezas evitando así el deslizamiento de una pieza sobre la otra.

En función del diámetro del eje, el ancho o espesor chaveta es nominalmente un cuarto del diámetro del eje.” (Moth, 2006, págs. 333,341)

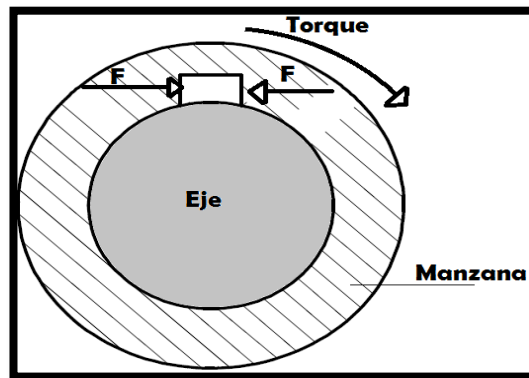


Figura 3. 21 Claveta del eje

Fuente: CAD Inventor profesional

Para el diseño se selecciona un acero AISI 304 inoxidable cuya resistencia a la fluencia es $S_y = 51[Psi]$, la dimensión estándar para un eje de $1 \frac{1}{4}$ pulgadas debe ser de $\frac{1}{2}$ cuadrada.

La fuerza cortante de la claveta variara del momento torsor y el diámetro del eje del enfriador.

Dicha fuerza se aplica en el eje transversal de la claveta por lo que se tiene la ecuación 3.59. (Moth, 2006, págs. 339,340)

$$F = \frac{M_T}{r} \quad \text{Ecuación 3. 59 Fuerza aplicada al eje}$$

Dónde:

M_T : momento torsor [86,27 N m]

r: radio del eje 31,75 [mm], 0,03175 m

F: fuerza cortante [N]

Por lo tanto se tiene:

$$F = 2717,16 \text{ [N]}$$

Para encontrar la longitud se utiliza la siguiente 3.60. (Moth, 2006, págs. 333,341)

$$L = \frac{4 * F * n}{D W S_y} \quad \text{Ecuación 3. 60 Longitud de la claveta}$$

Dónde:

L: longitud de la chaveta [m]

W: ancho de la chaveta, 8 [mm]

S_y : Resistencia al cortante por la energía de distorsión

n: factor de seguridad, 2

Reemplazando los datos se tiene:

$$L = \frac{4 * 2717,16 * 2}{31,75 * 8 * 351.632}$$

L= 40 mm

Por lo que la chaveta a construirse es de:

L= 40 mm y T= 8 mm

3.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA

3.3.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL

“La selección de un material para construir una parte de máquina o elemento estructural es una de las decisiones más importantes que debe tomar el diseñador. La selección real de un material para una aplicación de diseño particular puede ser fácil, por ejemplo, con base en aplicaciones previas, o el proceso de selección puede ser tan complicado y desalentador como cualquier problema de diseño con la evaluación de muchos parámetros físicos, económicos y de procesamiento del material” (Budynas R., 2008, pág. 56; Budynas R., 2008)

Al seleccionar el material con el que se construirá la estructura de la máquina, se debe tomar como punto de partida los tipos de perfiles estructurales para lo cual se tomará en cuenta el perfil cuadrado que es el más comúnmente usado en este tipo de aplicaciones es el acero al carbono ASTM A36, el procesamiento del material es laminado en caliente y su forma es perfil estructural cuadrado. Tabla 3.8

Tabla 3. 8 Composición Química y propiedades mecánicas de perfil estructural cuadrado con norma ASTM A36

Norma	Composición Química							Resistencia a Fluencia	Resistencia a Tensión
	C	Mn	P	S	Si	Nb	V		
ASTM A36	0.2 - 2	0.5- 1.2	0.0- 35	0.40	0.40	0.00 5- 0.05	0.00 5- 0.05	36Ksi 250 Mpa	58Ksi 400Mpa

Fuente: (Dipac Manta S.A. , 2012)

Por lo expuesto anteriormente se decide utilizar un perfil estructural cuadrado con norma ASTM A-36, para la construcción de la estructura de la máquina. Este debe garantizar estabilidad estructural para soportar el peso del producto, el motor, el sistema de transmisión, el valor promedio estimado de dicha masa es de 40Kg. Las dimensiones y la forma de este tipo de estructuras se lo realizan a partir de las dimensiones que posee la tolva.

3.3.2 DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA UTILIZANDO CAD INVENTOR PROFESIONAL

Una de las herramientas útiles para diseñar y construir virtualmente la estructura de la máquina con perfiles estructurales normalizados es el CAD Inventor Profesional, la utilización de este software de diseño mecánico, permite abaratar costos de producción al disminuir e identificar errores antes de la construcción real de la máquina o una de sus partes. Tomando en cuenta el dimensionamiento de la tolva como base de inicio. Y en segundo lugar para seleccionar un perfil estructural cuadrado, se debe tomar en cuenta el peso de la masa total que tiene que soportar la estructura diseñada y construida con dicho perfil estructural.

a) Análisis de la estructura

El CAD Inventor Profesional permite realizar Análisis de Estructura, el cual sirve para identificar posibles deformaciones, cuando la misma está sujeta a varias cargas o restricciones. Lo primero que se debe hacer para poder realizar un análisis de estructura es diseñar la estructura con el perfil estructural seleccionado en el

apartado mismo que se encuentra en las librerías que posee el CAD Inventor Profesional, luego de esto se procede a ejecutar el análisis de estructura.

Se realiza el análisis de estructura con carga. La carga que se aplicará a la estructura corresponde al peso del cilindro incluido el peso del producto, peso del eje con las paletas, estos tres elementos tienen un peso aproximado de 35Kg. Figura 3.22

La carga de 35Kg se aplicará en la cuatro patas laterales en la parte superior que es donde se posará el cilindro, las paletas y el producto. En si sobre un travesaño se realiza una carga que es el peso del motor-reductor, sistema de transmisión y con esto se aplica una carga de 5 Kg. En resumen, la estructura soporta una carga aproximada de 40 Kg.

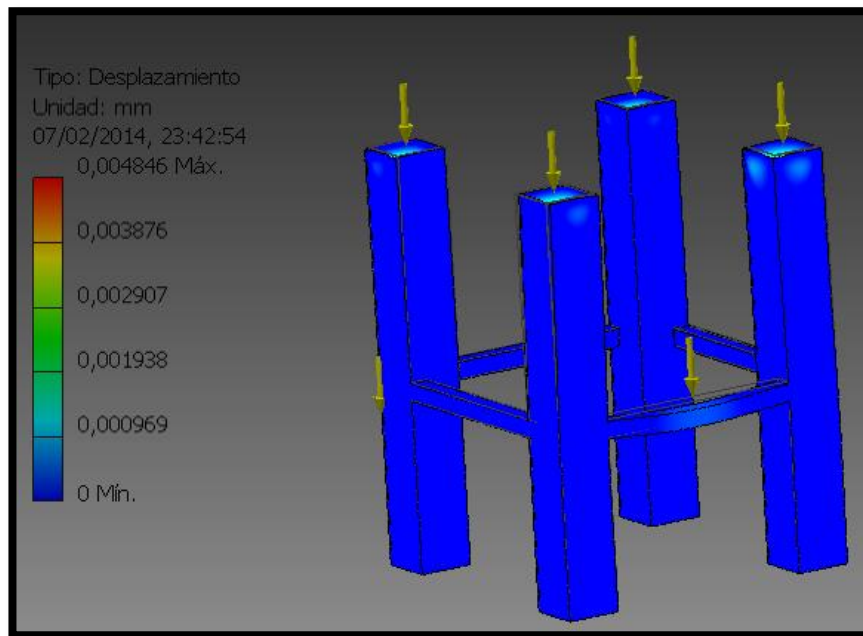


Figura 3. 22 Análisis de la estructura con carga

Fuente: CAD Inventor profesional

Al analizar los resultados de la simulación figura se puede observar que el desplazamiento en el perfil estructural cuadrado es de 0.004846mm. Esto se debe a que existe la fuerza de la carga aplicada sobre la estructura. Finalmente del resultado de la simulación se concluye que el diseño de la estructura de la máquina soporta la carga de 40 Kg.

b) Diseño utilizando el simulador de análisis de esfuerzos del CAD Inventor Profesional.

Una de las teorías para determinar si se produce la fluencia en los materiales dúctiles es la teoría de la Energía de Distorsión (ED), llamada también Esfuerzo Von Misse. “La teoría de la energía de deformación máxima predice que la fluencia ocurre cuando la energía de deformación total por unidad de volumen alcanza o excede la energía de deformación por unidad de volumen correspondiente a la resistencia a la fluencia en tensión o en compresión del mismo material”. (Budynas R. N. J., 2008, págs. 213-219))

Se utiliza la Ecuación 3.61 para calcular el esfuerzo de Von Misse.

$$\sigma' \geq S_y$$

Ecuación 3. 61 Esfuerzo de Von Misse

Dónde:

σ' : es el esfuerzo de Von Misses

S_y : es la resistencia a la fluencia del material

Para determinar si la fluencia ocurre en la estructura de la máquina, se simula el esfuerzo de Von Misses en el CAD Inventor Profesional. Figura 3.2

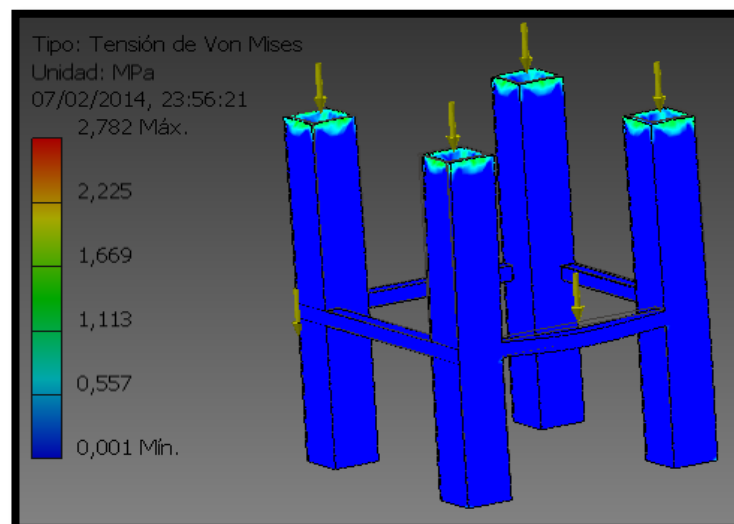


Figura 3. 23 Análisis del esfuerzo de Von Misses

Fuente: CAD Inventor profesional

Los resultados establecen que el máximo Esfuerzo de Von Misses presente en la estructura es de 2,78Mpa= 11,31Ksi; mismo que se presenta en las 4 patas de la estructura. Si se compara este valor con el valor de la resistencia a la fluencia del material, se puede concluir que no existe fluencia en la estructura según la ecuación 3.62

$$11,31 \text{ Ksi} \geq 36 \text{ Ksi} \quad \text{Ecuación 3. 62}$$

Los resultados de la simulación del Esfuerzo Von Misses comprueban que el diseño de la estructura cumple con las necesidades del diseñador ya que garantiza estabilidad estructural. El valor de los resultados garantiza la fiabilidad del diseño de la estructura de la máquina.

3.3.3 FACTOR DE SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA

“El factor de seguridad FDS es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real al que se verá sometido. Por este motivo es un número mayor que uno, que indica la capacidad en reserva que tiene el sistema por sobre sus requerimientos.” (Budynas R. N. J., 2008, pág. 17; Budynas R. N. J., 2008)

a) Cálculo del FDS

La teoría de la energía de distorsión o Esfuerzo de Von Mises establecía que si se cumplía la ecuación 3.63 ocurría la fluencia. Para cuestiones de diseño y cálculo del FDS y tenemos la ecuación 3.64

$$\sigma' = S_y / n \quad \text{Ecuación 3. 63 FDS}$$

Donde n es el factor de seguridad, remplazando valores tenemos la ecuación 3.64

$$n = S_y / \sigma' = 36\text{Ksi} / 11,31 \text{ Ksi} = 3 \quad \text{Ecuación 3. 64 factor seguridad}$$

Del resultado anterior se deduce que la estructura soportará tranquilamente la carga de 40Kg sobre ella. Lo que demuestra que el diseño garantiza estabilidad estructural en la máquina.

b) Cálculo del FDS utilizando el CAD Inventor Profesional

El CAD Inventor Profesional nos permite determinar cuál es el Factor de Seguridad que debe tener la estructura de la máquina como se muestra en la figura 3.24

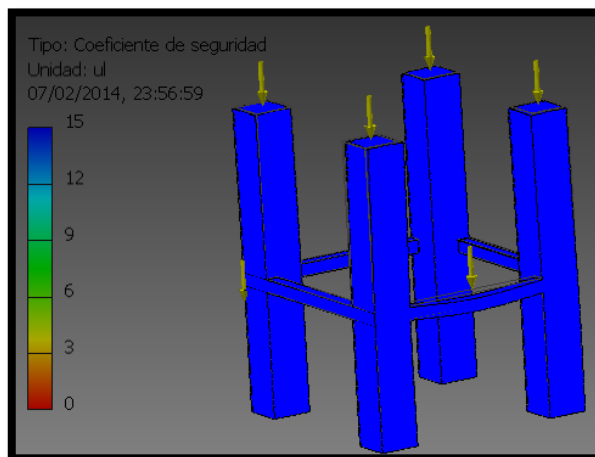


Figura 3. 24 Análisis del Factor de seguridad de la estructura de la máquina.

Fuente: CAD Inventor profesional

Tanto en los cálculos como en la simulación del Factor de seguridad el valor obtenido en ambos casos es semejante, por lo que se concluye que el diseño y la fiabilidad están garantizados. La simulación del FDS da como resultado que el FDS mínimo es de 0 y que el FDS máximo es de 15. El factor de seguridad que escogeremos será de 3 por cuestiones de diseño, esto significa que la estructura soportará satisfactoriamente la carga de 40 Kg.

3.3.4 ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA ESTRUCTURA

A continuación se tiene la tabla 3.10 donde se indican las especificaciones generales de los perfiles estructurales cuadrados, para su selección.

Tabla 3. 9 Especificaciones generales de los perfiles estructurales cuadrados

Norma:	ASTM A500
Largo Normal	6,10m hasta 12,20m
Otros Largos	Previa consulta
Espesores:	Desde 0,188" hasta 0,25"
Acabado:	negro

Fuente: (Dipac Manta S.A. , 2012)

3.4 DISEÑO DEL VENTILADOR PARA EL ENFRIAMIENTO DEL MANÍ.

Una vez diseñado y dimensionado las partes principales de la tolva y la estructura se procede a realizar los cálculos respectivos para la selección del ventilador que se utilizará en el proceso de enfriado del maní tostado.

Se forzara el enfriamiento del maní para que se realice en menor tiempo al que se realiza a temperatura ambiente, a esto se le llama convección forzada, Kenneth Wark en su libro de Termodinámica explica que la convección forzada “es la transferencia de energía entre un sólido y un líquido o gas debido al movimiento del fluido”; para ello se ve necesario calcular el calor que perderá con la ayuda de la ecuación 3.65 de la Ley de enfriamiento de Newton. (WARK, 2001, pág. 54)

$$Q_c = \frac{Q}{t} = h A (T_s - T_f) \quad \text{Ecuación 3. 65 Ley de Enfriamiento de Newton}$$

Donde:

Q_c : es la cantidad de calor transmitido

Q : es el caudal de flujo

t : es el tiempo de enfriamiento [10min]

h : Coeficiente de transmisión del calor del maní [0,206 (BONILLA & RON, 2011, pág. 16)]

A : el área de contacto con el fluido [área de la tolva = 0,086 m²]

T_s : la temperatura de la superficie en contacto, en este caso la temperatura de salida del maní de la Tostadora diseñada por el compañero Ricardo Arciniega [39°C]

T_f : la temperatura final a la que se desea enfriar [20 °C]

Se aplica los datos en la formula y se obtiene la cantidad de calor perdido Q_c

$$Q_c = 0,0206 * 0,086 (39 - 20)$$

$$Q_c = 0,034 \text{ W/m}^2$$

Despejando la ecuación 3.60 se obtiene la ecuación 3.66 que nos indica el caudal necesario para el enfriamiento.

$$Q = Q_c * t \quad \textbf{Ecuación 3. 66 Caudal de enfriamiento}$$

Reemplazando los datos que se obtuvieron se tiene lo siguiente:

$$Q = 0,034 * 10$$

$$Q = 0,34 \text{ m}^3/\text{min} = 5,13 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para calcular la velocidad a la que debe girar el ventilador se procede a utilizar la ecuación 3.67 del flujo volumétrico o caudal (Mott, 2006, pág. 154), con ella se obtendrá una velocidad promedio de flujo la cual deberá ser transformada a una velocidad angular.

$$Q = A * v \quad \textbf{Ecuación 3. 67 Caudal de enfriamiento}$$

De donde se despeja la velocidad y se obtiene la ecuación 3.68

$$v = Q/A \quad \textbf{Ecuación 3. 68 velocidad Tangencial}$$

Donde:

v : es la velocidad promedio o tangencial de flujo (m/min)

A : es el Área de contacto con el fluido (0,086m²)

Q : es el caudal (0,34m³/min)

Se reemplazan los datos ya obtenidos y se tiene:

$$v = \frac{0,34}{0,086} \text{ (m/min)}$$

$$v = 3,95 \text{ (m/min)}$$

Una vez obtenida la velocidad tangencial se procede a calcular la velocidad angular con la ayuda de la ecuación 3.69 (Tippens, 2001, pág. 226)

$$v = w * r \quad \textbf{Ecuación 3. 69} \text{ velocidad Tangencial}$$

Donde:

Despejando se tiene la ecuación 3.70

$$w = v/r \quad \textbf{Ecuación 3. 70} \text{ velocidad angular}$$

v : es la velocidad promedio o tangencial de flujo (3,95 m/min)

r : es el radio de contacto con el fluido (0,17m)

w : es velocidad angular (rad/min)

Reemplazando valores tenemos:

$$w = \frac{3,95}{0,17} \text{ (rad/min)}$$

$$w = 23,26 \text{ (rad/min)} = 3,70 \text{ RPM}$$


Una vez obtenidos el caudal y la velocidad angular necesarios para el enfriamiento del maní tostado se procede a seleccionar el ventilador con las siguientes características:

Revolución requerida = 3,70 RPM

Caudal requerido= 5,13 m³/ h

En la tabla 3.11 Se observa las características principales del ventilador seleccionado.

Tabla 3. 10 Características del Ventilador

Marca : HomeBasix	
Caudal : 5,13 m ³ / h	
Velocida de giro: 3,70 RPM	
Potencia de trabajo : 1,2 hp	

Fuente: Ana Bravo

3.5 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL

Para el diseño de control se tomó en cuenta las variables a controlar y la función de la máquina por lo que se decide utilizar.

- 2 salidas digitales para controlar motor del ventilador, motor para el giro del cilindro.
- 3 salidas digitales para alarmas de fallos.
- 1 entrada analógica para lectura del sensor de temperatura.
- Pantalla TD de logo para que el operario pueda visualizar el valor de la temperatura, además se visualiza el estado de las variables que controlan la misma así como los fallos y estado de los actuadores, sensores etc.

Se utiliza el PLC LOGO 12/24RC que es un controlador compacto y cumple los requerimientos de automatización.

En la tabla 3. 12 se observa la distribución de las conexiones a realizarse de las variables a controlar hacia el autómata programable.

Tabla 3. 11 Distribución del PLC

I/O DIGITALES	CARACTERITICAS	FUNCION
PLC SIEMENS LOGO 12/24RC		
I00	ENTRADA DIGITAL	Activará en modo manual el paro de emergencia

I01	ENTRADA DIGITAL	Verificará si la compuerta de la salida del maní está abierta o cerrada
Q01	SALIDA DIGITAL	Activará el motor reductor para el movimiento de las paletas
Q02	SALIDA DIGITAL	Activará el ventilador para el enfriamiento
Q03	SALIDA DIGITAL	Luz indicador de inicio de proceso
Q04	SALIDA DIGITAL	Luz indicadora del fallo del proceso y alarma sonora (compuerta abierta, no se activa el motor o el ventilador)
AN0	ENTRADA ANALOGICA	Se conecta con el sensor PT100 para la adquisición de datos de temperatura
TX-RX	COMINICACIONES	Conexión de la pantalla LOGO TD para la visualización de mensajes y menús.

Fuente: Ana Bravo

3.5.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

Para realizar la programación del PLC se procede en primer lugar a desarrollar un diagrama de bloques del sistema que se puede observar en la figura 3.25



Figura 3. 25 Diagrama general de control

Fuente: Ana Bravo

Como primer punto se realizará un testeo de temperatura con la ayuda de una PT100, enviando una señal al PLC el cual accionará el actuador para proceder al encendido del motor que hará girar las paletas dentro de la tolva, al mismo tiempo que hará que se enciendan el actuador con lo que se accionará al ventilador enfriador.

El testeo de temperatura se realizará cada minuto de esta manera una vez que el maní llegue a los 20°C la PT100 enviará una señal al PLC para que este apague el ventilador y accione los avisos audiovisuales de la máquina, es decir accione la chichara y la luz indicadora de parada, para que el operario proceda a la descarga del maní y luego apagar la máquina.

3.5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DEL PLC

En la figura 3.26 se observa pantalla de bienvenida en el programa que se mostrará en la pantalla LOGO! TD

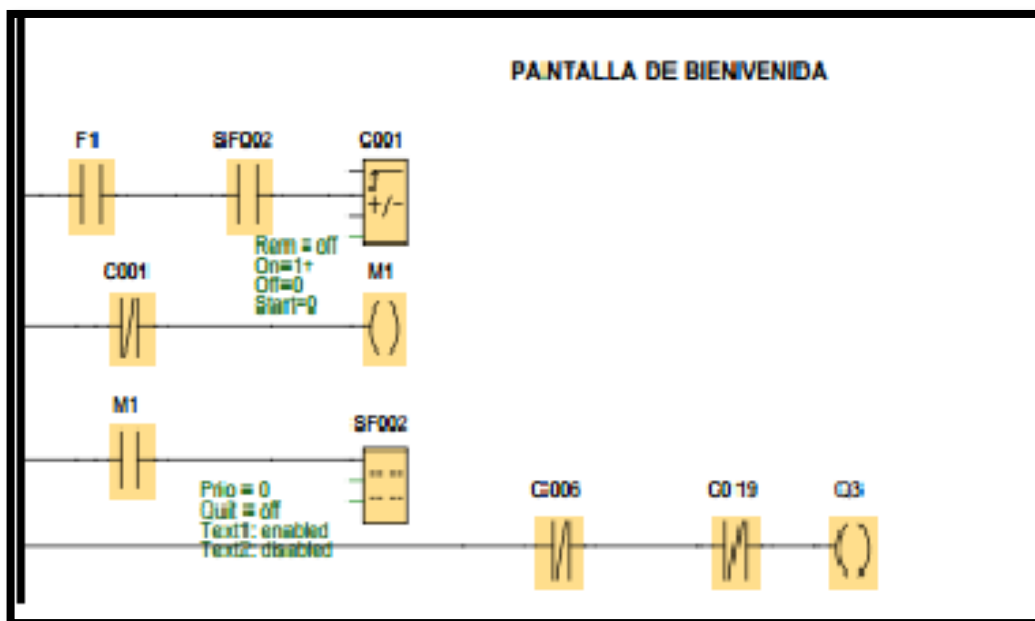


Figura 3. 26 Pantalla de bienvenida

Fuente: Ana Bravo

En la figura 3.27 se observa el menú de opciones en el programa que se mostrará en la pantalla LOGO! TD

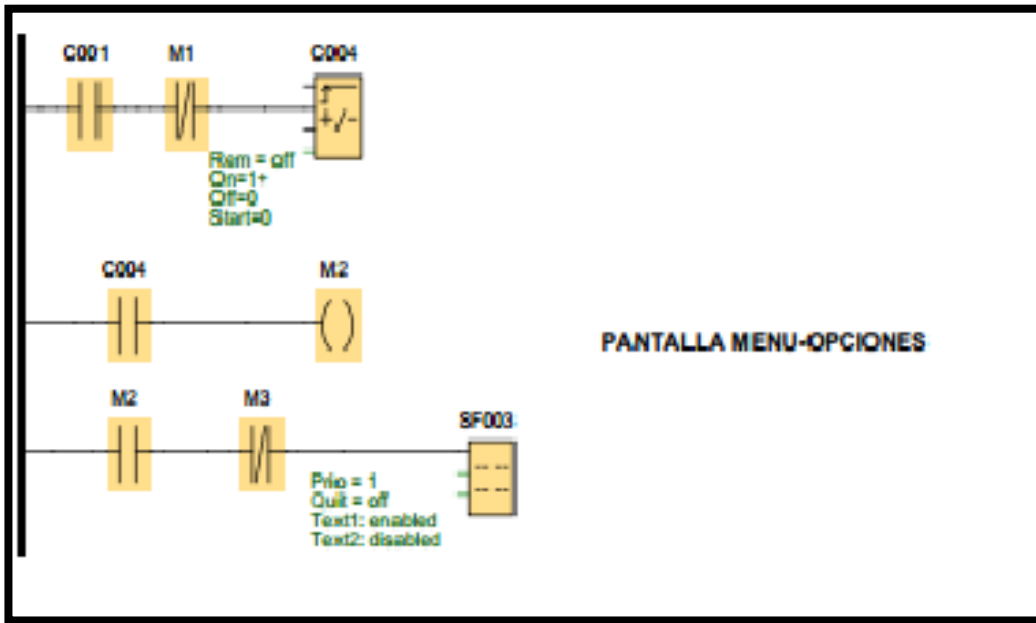


Figura 3. 27 Menú de opciones

Fuente: Ana Bravo

En la figura 3.28 se observa el inicio del sistema en el programa que se mostrará en la pantalla LOGO! TD

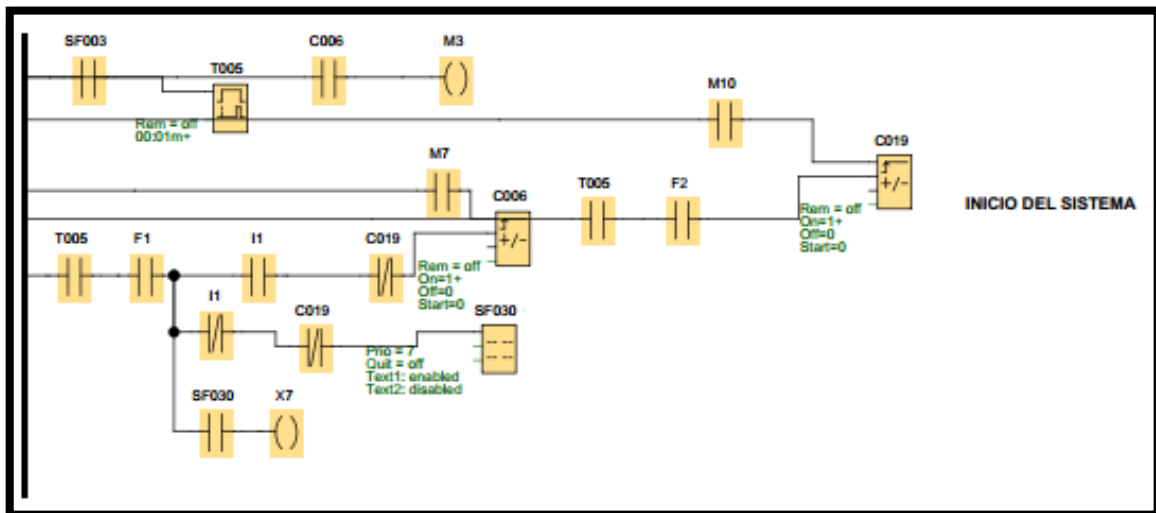


Figura 3. 28 Inicio del sistema

Fuente: Ana Bravo

En la figura 3.29 se observa la adquisición de datos desde la PT100 y el envío al PLC para que este guarde los datos.

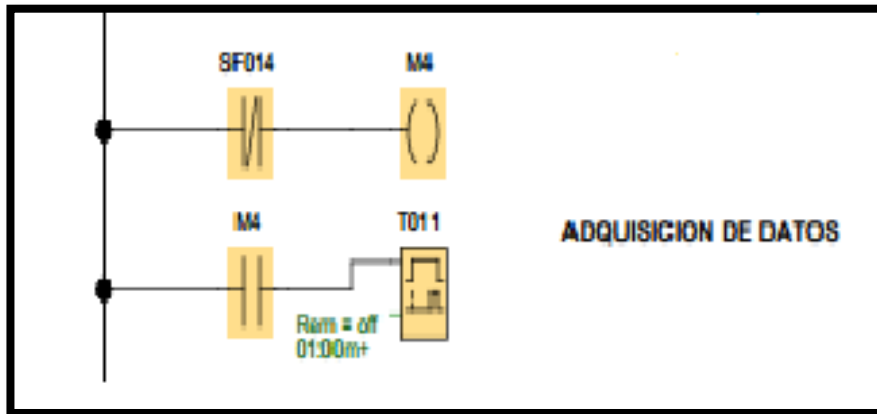


Figura 3. 29 Adquisición de datos

Fuente: Ana Bravo

En la figura 3.30 se observa el accionamiento del motor que hará girar las paletas el cual será enviado desde el PLC.

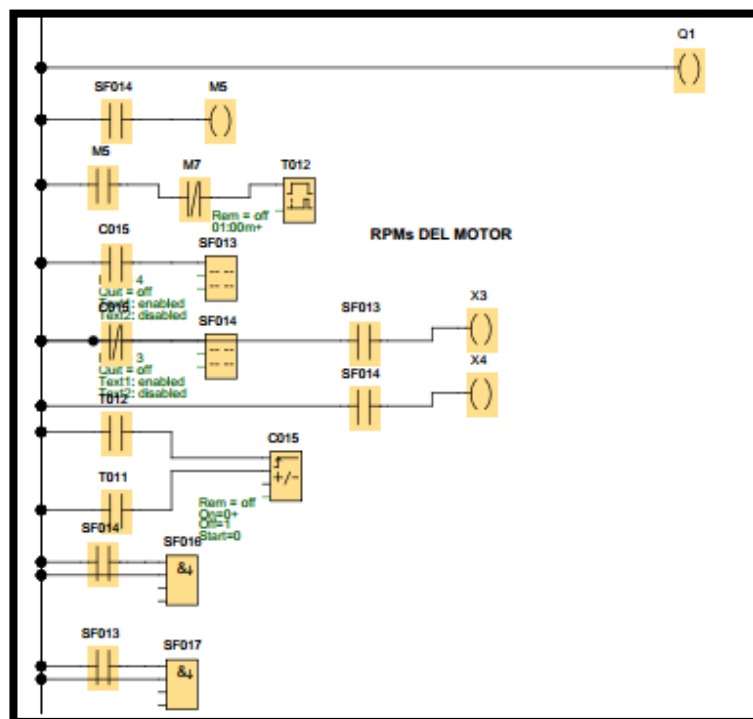


Figura 3. 30 Accionamiento del motor

Fuente: Ana Bravo

En la figura 3.31 se observa el tiempo de enfriamiento que se indicará en la pantalla LOGO! TD.

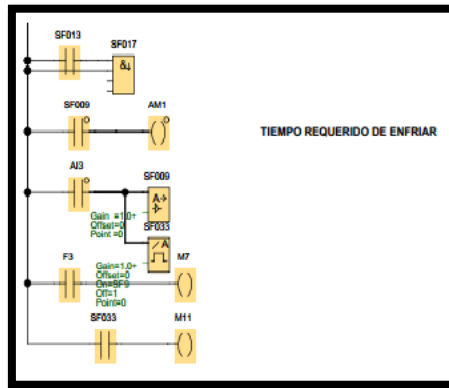


Figura 3. 31 Tiempo de enfriamiento

Fuente: Ana Bravo

En la figura 3.32 se observa el tiempo de enfriamiento que se indicará en la pantalla LOGO! TD.



Figura 3. 32 Tiempo de enfriamiento

Fuente: Ana Bravo

En la figura 3.33 se observa el paro de emergencia que se indicará en la pantalla LOGO! TD.

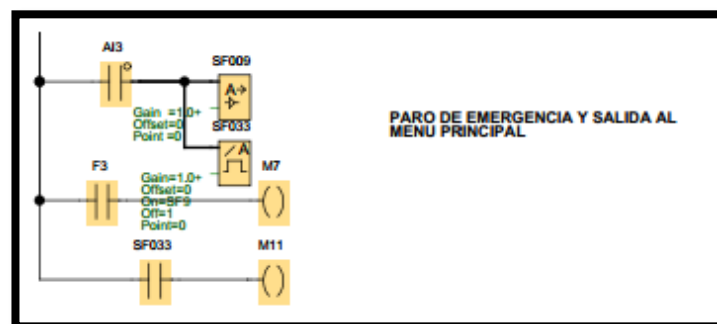


Figura 3. 33 Tiempo de enfriamiento

Fuente: Ana Bravo

CAPITULO IV

CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS

4.1 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DE ESTUDIO

En este capítulo se desarrollará la etapa de construcción de la máquina de estudio.

4.1.1 EQUIPOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Para la fabricación del enfriador se necesitarán los siguientes equipos detallados en la tabla 4.1.

Tabla 4. 1 Tipos de máquinas, herramientas y equipos

CÓDIGO	HERRAMIENTA	TIPO
H	Brocas	Herramienta
	Esmeril	
	Sierra de arco	
	Machuelos	
	Llaves	
	Prensas	
	Limas	
I	Escuadra	Instrumento
	Calibrador (pie de rey)	
	Nivel	
	Flexómetro	
E1	Equipo de suelda eléctrica	Máquina Herramienta
E2	Equipo de pintura	
M1	Fresadora	
M2	Esmeril	
M3	Taladro de banco	
M4	Dobladora	
M5	Rectificadora	
M6	Amoladora	
M7	Baroladora	

Fuente: Ana Bravo

4.1.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE CONSTRUCCIÓN

Simbología utilizada para el diagrama de flujo para la construcción del enfriador se detalla en la tabla 4.2

Tabla 4. 2 . Simbología estándar para diagrama de flujo

ACTIVIDAD	SIMBOLOGIA
Operación: Indica las principales fases del proceso.	○
Inspección: verifica la cantidad o calidad de algo	□
Traslado: Indica el movimiento de los materiales	➔
Termino de proceso: Indica el término del proceso.	▽

Fuente: Ana Bravo

4.1.3 IMPLEMENTACION DE LA TOLVA

En la figura 4.1 se observa el flujograma de la construcción de la máquina en general.

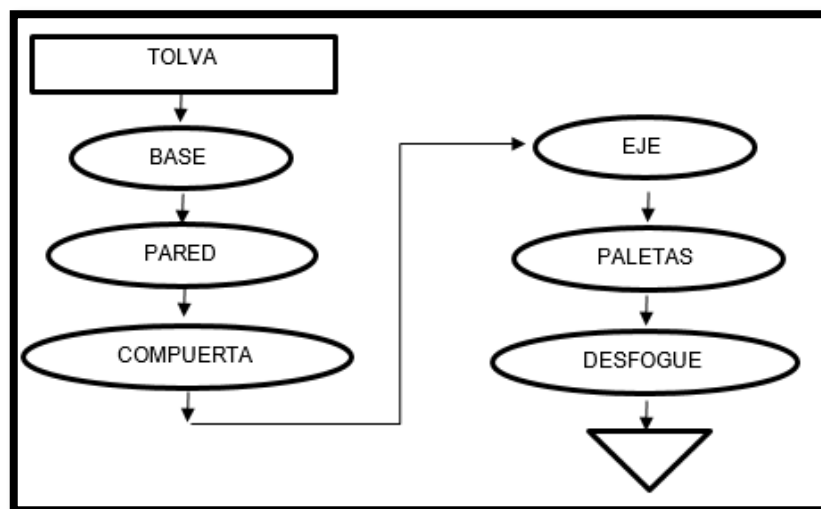


Figura 4. 1 Flujograma general de construcción

Fuente: Ana Bravo

Al terminar la construcción de las diferentes partes que conforman el enfriador se procede al montaje de los mismos indicados en la figura 4.2 y 4.3







		
a. Corte de la base	b. Pegado de la pared	c. Corte del eje
		
d. Construcción de la estructura	e. Implementación de paletas en el eje	f. Tolva completa

Figura 4. 2 Construcción paso a paso de la tolva

Fuente: Ana Bravo




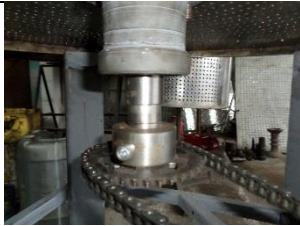
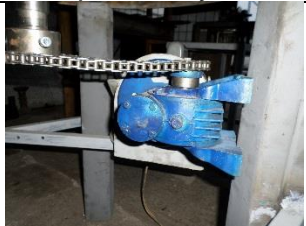

		
a. Selección de la brida	b. Selección de piñones y cadena	c. Implementación de brida en el eje
		
d. Colocación de piñones y cadena al eje	e. Colocación de la caja reductora	f. Implementación del motor

Figura 4. 3 Implementación Mecánica

Fuente: Ana Bravo

4.1.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA CAJA DE CONTROL Y PROGRAMACIÓN

En la figura 4.4 se observa el flujograma de implementación, construcción y programación de la caja de control

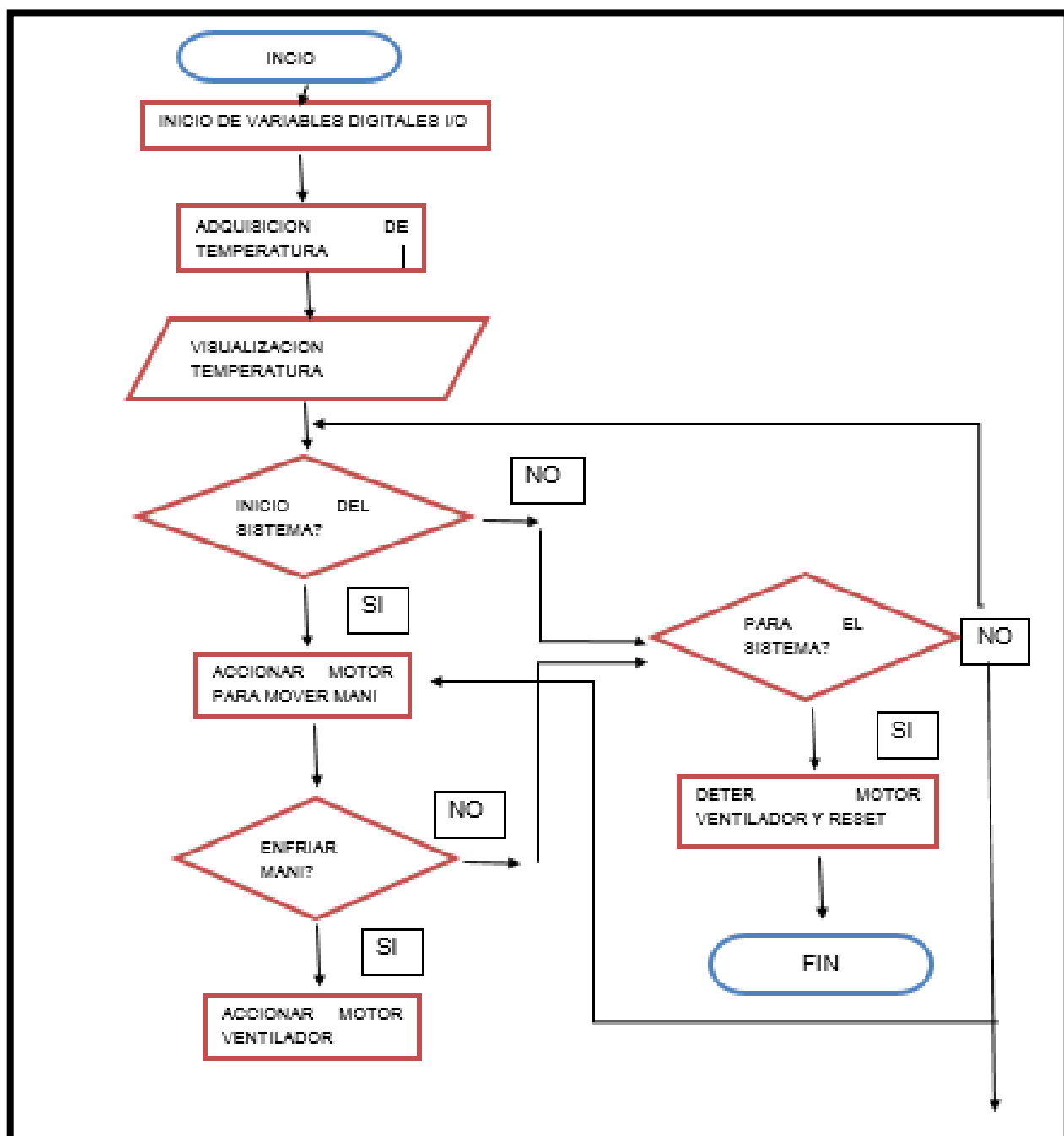


Figura 4. 4 Diagrama de Programación

Fuente: Ana Bravo

4.1.4.1 Construcción de la caja de control

En la figura 4.5 se observa las partes ensambladas de la caja de control ya implementado.

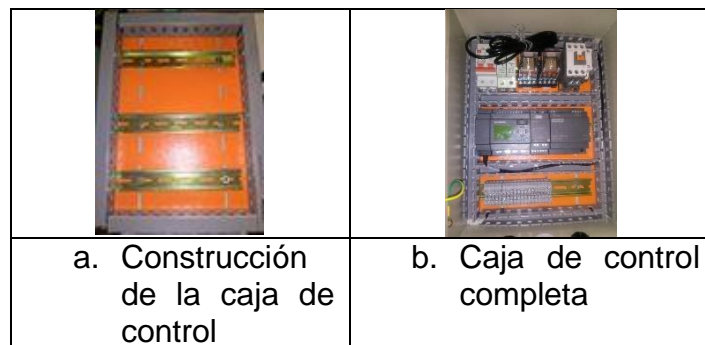


Figura 4. 5 Caja de control

Fuente: Ana Bravo

4.1.4.2 Programación de la caja de control

En la figura 4.6 se observa la pantalla de bienvenida programada

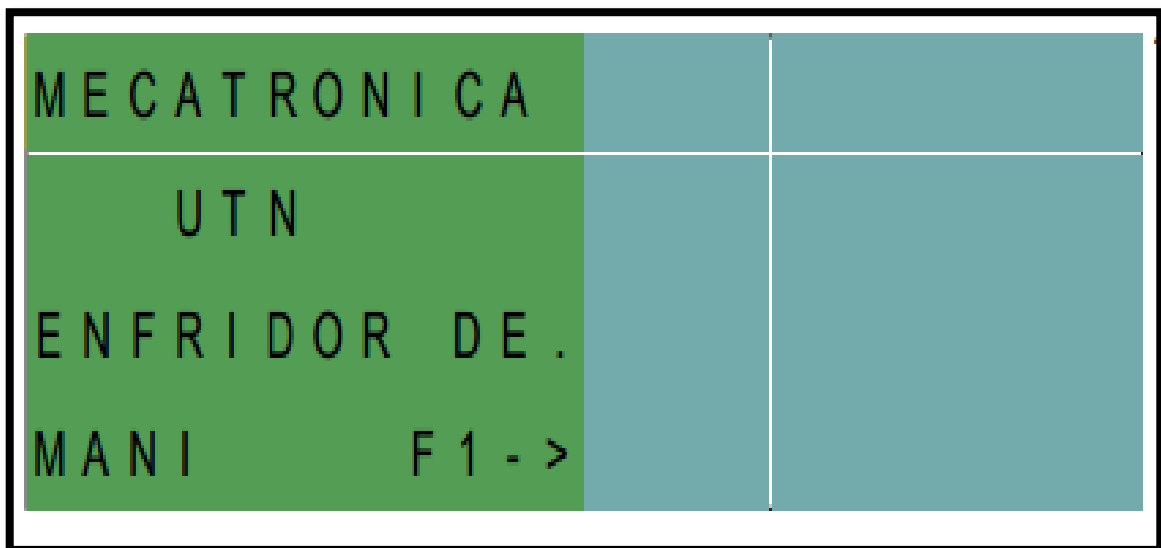


Figura 4. 6 Bienvenida

Fuente: Ana Bravo

En la figura 4.7 se observa en la pantalla la velocidad angular del ventilador y la temperatura a la que se está enfriando el maní

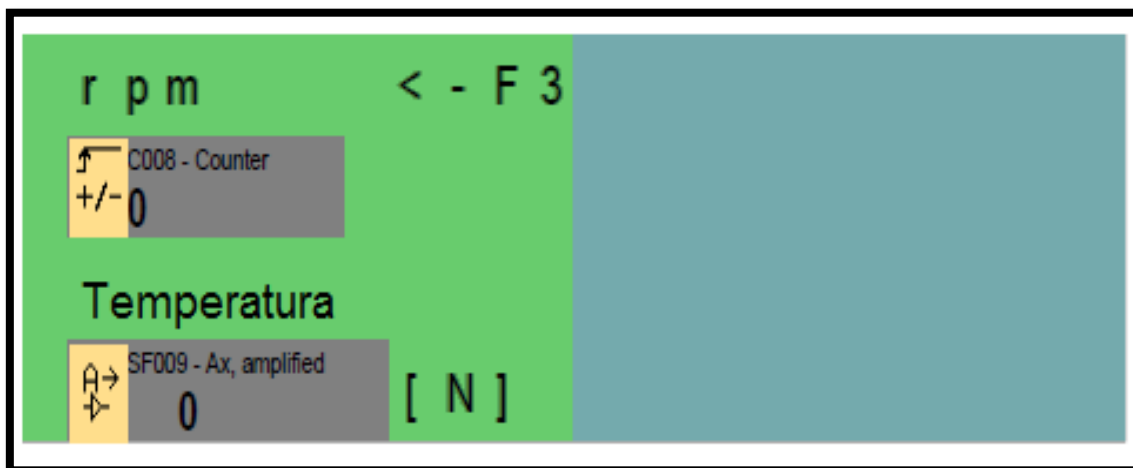


Figura 4. 7 Función de enfriamiento

Fuente: Ana Bravo

En la figura 4.8 se observa en la pantalla el testeo de temperatura que realiza la PT100



Figura 4. 8 testeo de temperatura

Fuente: Ana Bravo

En la figura 4.9 se observa en la pantalla los avisos de emergencia



Figura 4. 9 Avisos de emergencia

Fuente: Ana Bravo

4.2 PRUEBAS DE LA MÁQUINA DE ESTUDIO

Las siguientes pruebas se realizaron en la empresa donde se va a implementar la máquina. Para la realización de las mismas se tomó masas desde 10 hasta 50 libras de maní una vez tostado. Los resultados que arrojó cada una de las pruebas tomando en cuenta los diferentes factores para el funcionamiento de la misma se obtuvo los siguientes resultados detallados en la tabla 4.3

Tabla 4. 3 Pruebas de Funcionamiento

Prueba Nro.	Cantidad de maní [lb]	Tiempo de enfriado [min]	Cantidad de maní sin enfriar [lb]	Porcentaje de maní sin enfriar [%]
1	10	2	0,15	1,5
2	20	4	0,20	1
3	30	6	0,35	1,16
4	40	8	0,40	1
5	50	10	0,45	0,9

Fuente: Ana Bravo

CONCLUSIONES

- Durante el diseño se estableció que la Máquina Enfriadora de Maní Tostado en su capacidad máxima de enfriamiento soportaría la carga de 25 kg; por lo que se determinó la capacidad de la tolva que contiene al maní tostado para su enfriamiento diseñada para un volumen de $0,0416\text{m}^3$, correspondientes a 25kg, proporcionándose una tolerancia positiva de 2,4kg de diferencia entre la capacidad real y la capacidad requerida para el diseño.
- La simulación de los elementos mecánicos principales se lo realiza utilizando el software de diseño Autodesk Inventor como elemento de comprobación de los cálculos realizados utilizando criterios de diseño mecánico, obteniendo resultados semejantes.
- El sistema de control utilizado permite controlar el ciclo de enfriamiento del maní, avisando al operario la finalización del ciclo de enfriamiento para que este proceda a la descarga del maní enfriado quedando lista para un nuevo ciclo de enfriamiento.
- Las características como resistencia a la fluencia, resistencia máxima a la torsión y el módulo de elasticidad del material que se eligió (Acero AISI 304) para la construcción de determinadas partes que se encuentran en contacto con el maní, cumplen con los requerimientos y especificaciones dentro de los parámetros exigidos por las norma de fabricación de maquinaria para la industria alimenticia.
- Con la implementación de esta máquina se logró DISMINUIR el tiempo de enfriamiento de 30 A 10 minutos, que traducidos a costo del producto se logra una disminución del 50%.

RECOMENDACION

- No exceder el peso y aplicar el debido mantenimiento porque su diseño está calculado para una vida útil de entre 5 a 10 años, por las propiedades del material seleccionado.
- Utilizar elementos originales o de similar características de funcionamiento para una futura reparación, por la fácil adquisición en el mercado local.
- Realizar capacitación al personal que va a ejecutar la operación de la máquina para evitar accidentes personales y destrucción de la máquina, optimizando de esta manera la prolongación de la vida útil de la maquina enfriadora de maní tostado.
- Realizar el mantenimiento de la máquina de acuerdo al manual de usuario para evitar un deterioro prematuro, minimizando los gastos de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- ABASCAL, C. (Enero de 2013). *CASA ABASCAL*. Obtenido de http://www.casaabascal.com/app/article/572-CON_CASCARA.html
- ALVAREZ, J. (s.f.). *SLIDESHARE*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/jalvarez60/las-grandes-propiedades-del-cacahuate>
- Anónimo. (FEBRERO de 2013). *www.clasf.co.ve*. Obtenido de <http://www.clasf.co.ve/luz-piloto-en-maracay-694260/>
- Anónimo. (FEBRERO de 2013). *www.emb.cl*. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1478&edi=78>
- Anónimo. (FEBRERO de 2013). *www.es.rs-online.com*. Obtenido de <http://es.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=control-de-procesos/logo>
- Anónimo. (FEBRERO de 2013). *www.oncurso.cnice.mec.es/*. Obtenido de http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_cadena-pinon.htm
- Anónimo. (FEBRERO de 2013). *www.robomake.blogspot.com*. Obtenido de <http://robomake.blogspot.com/2010/09/siemens-logotd.html>
- Anónimo. (FEBRERO de 2013). *www.sensoresdeproximidad.blogspot.com*. Obtenido de <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/p/sensor-fin-de-carrera-el-final-de.html>
- ANÓNIMO. (FEBRERO de 2013). *www.shop.kassidiaris.gr*. Obtenido de http://shop.kassidiaris.gr/index.php?main_page=product_info&cPath=22_65&products_id=80&zenid=agi4e8n9hb7lun3j85jfgpmbu5
- ASOCIART. (FEBRERO de 2013). *WWW.ASOCIART.COM.AR*. Obtenido de www.asociart.com.ar/triptico_Electrico
- BARAHONA, B. (2011). *CONSTRUCCION DE UNA MÁQUINA ETIQUETADORA AUTOMÁTICA PARA ENVASES CILÍNDRICOS CON ETIQUETAS AUTOADHESIVAS*. QUITO: Escuela Politécnica Nacional.
- BONILLA, F., & RON, N. (2011). *REDISEÑO DEL HORNO DE LA "TOSTADORA DE MANÍ" DEL LABORATORIO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA*. Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO.
- Budynas R., N. J. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigle*. Mexico.

- Budynas R., N. J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (Octava ed.).
- CALDERÓN, J. (FEBRERO de 2013). *www.sisdepro.blogspot.com*. Obtenido de http://sisdepro.blogspot.com/2012_11_01_archive.html
- CHAMORRO, D. (Junio de 2012). CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SECADORA DE PELLETS DE BALANCEADO. Ibarra, Ecuador.
- CLEMAS. (FEBRERO de 2013). *www.tektam.com.mx/*. Obtenido de <http://www.tektam.com.mx/portafolio/bornes-de-conexi%C3%B3n/>
- CNICE. (MARZO de 2006). *www.concurso.cnice.mec.es*. Obtenido de http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_cadena-pinon.htm
- CORRALES, L. (2006). *INSTRUMENTACION INDUSTRIAL*. QUITO: Escuela Politecnica Nacional.
- DE LUCA Monica, P. M. (Enero de 2013). *SABIDURIA DE LA LUZ*. Obtenido de <http://www.sabiduriadelaluz.org/2011/07/julio-mes-de-soles-lunas-y-eclipses.html>
- Dipac Manta S.A. . (2012). *Catálogo de Productos DIPAC*.
- DIRECT INDUSTRY. (FEBRERO de 2013). *www.directindustry.es*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/emas/conmutadores-botones-selectores-luminosos-38087-774013.html>
- EL COMERCIO. (ENERO de 2013). *WWW.ELCOMERCIO.COM*. Obtenido de http://www.elcomercio.com/agromar/mani-apetecido-sabor_0_614338692.html
- EL COMERCIO. (24 de diciembre de 2013). *WWW.ELCOMERCIO.COM*. Obtenido de http://www.elcomercio.com/agromar/mani-apetecido-sabor_0_614338692.html
- ENGORMIX. (ENERO de 2013). *www.engormix.com*. Obtenido de http://www.engormix.com/shanghai-zhengchang-internacional-maquinaria-ingenieria-ltd/enfriador-linea-skln-sh13618_pr25842.htm
- FAO. (ENERO de 2013). *ORGANIZACION DE LA NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S0f.htm>
- Hibbeler, R. (1996). *Ingeniería Mecánica, Estática*. México: Pearson Educación.
- INFOAGRO. (FEBRERO de 2013). *INFOAGRO.COM*. Obtenido de <http://eco.wiz.uni-kassel.de/> - <http://www.pmnh.gov.pk/>

- INGEMECANICA. (2013). *www.ingemecanica.com*. Obtenido de <http://www.ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html#seccion4>
- INNOVA. (ENERO de 2013). *www.innova-ing.com*. Obtenido de <http://www.innova-ing.com/tratamiento-de-granos/ver/enfriadores>
- INTERMEC S.A. (2014). LA TRANSMICION DE POTENCIA POR CADENA DE RODILLO. *CATÁLOGO INTERMEC*, 5.
- La Industria Alimentaria - Universidad Politécnica de Cataluña. (ENERO de 2013). *ben.upc.es*. Obtenido de <http://ben.upc.es/documents/eso/aliments/html/pescado-6.html>
- Laneros. Copyright. (FEBRERO de 2013). *www.e-ducative.catedu.es*. Obtenido de http://e-ducative.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1106/html/34_elementos_de_proteccion.html
- MAQAFE. (ENERO de 2013). *MAQAFE*. Obtenido de <http://www.maqafe.com.mx/Tostadores.htm>
- MAVIMAR. (OCTUBRE de 2012). *maquinariasmavimar.blogspot.com*. Obtenido de <http://maquinariasmavimar.blogspot.com/2010/09/tostadoras.html>
- Moth, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*.
- Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: Person Educación.
- OMEGA. (FEBRERO de 2013). *es.omega.com*. Obtenido de <http://es.omega.com/prodinfo/pt100.html>
- OMRON. (FEBRERO de 2013). *www.directindustry.es*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/omron/reles-potencia-enclavamientos-polarizados-15954-543783.html>
- PRENSA INTA. (ENERO de 2013). *PREGON AGROPECUARIO*. Obtenido de <http://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=795>
- REINASA. (FEBRERO de 2013). *WWW.REINASA.COM*. Obtenido de <http://www.reinasa.com/cajas.html>
- RIBA, C. (2002). *Diseño Concurrente* (Primera ed.). España: Edicions UPC.
- SABROSITIO. (ENERO de 2013). *SABROSITIO*. Obtenido de <http://www.sabrositio.com/receta/mani-confitado>
- Shackelford, J. F. (2008). *Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros*.
- Shigley, J. (s.f.). *Diseño en ingeniería mecánica*, (8va Edición ed.).

- SIEMENS. (2012). Manual de Usuario LOGO TD.
- SKF. (2010). *Catálogo de Selección de Correas*.
- SKF. (2013). Catalogo de selección de rodamientos.
- SUMITEC S.A. (FEBRERO de 2013). CATALOGO DE ACERO AISI 304. Obtenido de <http://www.es.scribd.com/doc/44500095/Existen-Dos-Formas-de-Identificar-Los-Aceros>
- Tippens, P. E. (2001). *Física, Conceptos y Aplicaciones*. México: McGraw - Hill.
- TIRADO, S. (FEBRERO de 2013). *MONOGRAFIAS.COM*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos72/motores-induccion-monofasicos/motores-induccion-monofasicos.shtml>
- UNET VENEZUELA. (16 de ENERO de 2013). *www.unet.edu.ve*. Obtenido de <http://www.unet.edu.ve/~maqflu/doc/LAB-1-128.htm>
- UNICROM. (FEBRERO de 2013). *www.unicrom.com*. Obtenido de http://www.unicrom.com/Tut_fusible.asp
- VALERA, J. (ENERO de 2013). *www.jorgevaleranatura.com*. Obtenido de http://www.jorgevaleranatura.com/enfermedades/varios-alimentos/remedios_caseros_medicinas_naturistas.php?naturales=aceite-de-cacahuate
- WARK, K. (2001). *Termodinámica*. Madrid, España: McGRAW - HILL.

ANEXOS

ANEXO 1. MANUAL DE USUARIO

Leer las siguientes instrucciones antes de usar la MÁQUINA ENFRIADORA DE MANÍ TOSTADO, PARA LA INDUSTRIA ARTESANAL:

- Conectar la máquina a una toma de 110v.
- Encender la máquina con el botón on/off
- Antes de introducir el maní dentro de la maquina asegurarse de que la compuerta de salida este cerrada.
- Permitir que el maní tostado caiga directamente hacia la tolva de enfriamiento.
- Esperar que la máquina de avisos sonoros y visuales.
- Abrir la compuerta de descarga del maní enfriado y esperar hasta que la tolva este completamente vacía
- Una vez vaciada la tolva, cerrar la compuerta de descarga el maní enfriado.
- Apagar la maquina con el botón on/off
- Si es necesario detener la máquina durante el proceso de enfriado presionar el botón de paro de emergencia y la máquina se apagará.

PRECAUCIONES

No tocar ningún componente de la transmisión (cadenas y catarinas) mientras la maquina está en funcionamiento.

No introduzca objetos dentro de la cavidad que aloja la transmisión de la máquina.

No meta la mano dentro de la tolva mientras las paletas están girando.

Si nota alguna variación en el funcionamiento habitual de la enfriadora, apague la máquina y llame al técnico de mantenimiento.

ANEXO 2. MANUAL DE MANTENIMIENTO

Para que la máquina enfriadora de maní tostado funcione apropiadamente se debe realizar un mantenimiento periódico de la misma. En las siguientes tablas se detalla los mismos.

PLAN DE MANTENIMIENTO

DESCRIPCIÓN	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL
Catarinas y cadenas			x		
Motor					x
Ventilador				x	
Cables eléctricos	x				
Reajuste de pernos			x		
Rodamientos					x
Limpieza general de partes		x			

LUBRICACIÓN

DESCRIPCION	ANUAL	LUBRICANTE
Rodamientos	x	Grasa LGHP 2
Motor-rodamientos	x	Grasa LGHP 2
Venterol-rodamientos	x	Grasa LGHP 2

ANEXO 3. SELECCIÓN DE POLEAS Y BANDAS SKF

Guía para seleccionar las correas SKF Xtra Power

Procedimiento y fórmulas de selección

Ejemplo:

Máquina motriz: Motor eléctrico de 45 kW, 1 450 r/min, arranque directo en línea.

Máquina conducida: Ventilador, 550 r/min
Servicio: 8-10 h/día

La distancia aproximada entre centros es 900 mm

1 Factor de servicio (C_2)

Los factores de servicio describen la severidad de las condiciones de transmisión. Consultar **tablas 1, 2 y 3** en **página 5**.

Ejemplo: Servicio medio,

arrancador pesado

$C_2 = 1,2$

Nota:

Para accionamientos que incrementan velocidad, utilizar los factores de corrección de la **tabla 1** en **página 5**

2 Potencia de diseño (P_d)

Multiplicar la potencia de transmisión y el factor de servicio C_2 para obtener la potencia de diseño.

$P_d = P \cdot C_2$

Donde:

P_d = potencia de diseño [kW]

P = potencia nominal del motor o

potencia absorbida por la carga [kW]

C_2 = factor de servicio

Ejemplo:

$P_d = 45 \times 1,2 = 54 \text{ kW}$

3 Sección transversal de la correa

Consultar, en los **diagramas 1 y 2** de la **página 6**, la sección transversal adecuada según velocidad y potencia de diseño.

Ejemplo:

Selectad cross section SPB-XP

4 Ratio de velocidad requerida (I_1)

Dividir la velocidad del eje más rápido por la del más lento, para obtener la ratio de velocidad de polea necesaria.

$$I_1 = \frac{\text{r/min (eje más rápido)}}{\text{r/min (eje más lento)}}$$

Ejemplo:

$$I_1 = \frac{1450}{550} = 2,6$$

5 Determinación de la longitud de la correa (L_d)

Parte 1

Calcular la longitud teórica de la correa permitida por el tamaño de la polea seleccionada y las distancias mínima y máxima a los centros (CCp) de la aplicación.

$$L_d = \frac{2 \text{ CCp} + 1,57(D+d) + (D-d)^2}{4 \text{ CCp}}$$

Donde:

L_d = Longitud de correa (mm)

CCp = Distancia preliminar entre centros de polea (mm)

D = diámetro de polea mayor (mm)

d = diámetro de polea menor (mm)

Parte 2

Calcular la distancia real entre centros basada en la longitud de la correa seleccionada.

$$\text{CC} = \frac{a + \sqrt{A^2 - 8(D-d)^2}}{8}$$

Donde:

$a = 2(L_d) - 3,14(D-d)$

L_d = longitud de correa seleccionada

D = diámetro de polea mayor

d = diámetro de polea menor

Ejemplo:

Ratio de velocidad = 2,63

Diám polea = 500 mm

diám polea = 190 mm

Distancia CC = 945 mm

Longitud correa = 3 000 mm

6 Potencia nominal básica de la correa (P_b)

Consultar en las **páginas 8 a 14** las tablas de potencia nominal para las correas seleccionadas, a fin de obtener los valores de potencia nominal. La potencia nominal básica de la correa es la potencia nominal básica + la potencia nominal basada en el ratio de velocidad.

Ejemplo:

$P_b = 13,50 + 1,21 = 14,7 \text{ kW}$

7 Potencia nominal básica de la correa (P_r)

Multiplicar la potencia nominal básica de la correa por C_1 y C_3 para obtener la potencia nominal real de la correa. Consultar las **tablas 4 y 5** en la **página 7**.

$P_r = P_b \cdot C_3 \cdot C_1$

Ejemplo:

$P_r = 14,7 \times 0,95 \times 0,98 = 13,68$

8 Cantidad de correas (N)

Dividir la potencia de transmisión (potencia de diseño) por la potencia nominal de la correa seleccionada para obtener la cantidad requerida de correas.

$$N = \frac{P_d}{P_r}$$

Redondear al primer entero.

Ejemplo:

$$N = \frac{54}{13,68} = 3,95 = 4$$

Se necesitan 4 correas PHG SPB3000XP.

La potencia resultante provista por las correas del ejemplo anterior sería 54,7 kW, lo que significa un factor de servicio real de 1,22.

Factores de servicio

Tabla 1

Ratio de incremento de velocidad

Para accionamientos que incrementan velocidad de

Ratio de velocidad 1,00-1,24
multiplicar factor de servicio por 1,00Ratio de velocidad 1,25-1,74
multiplicar factor de servicio por 1,05Ratio de velocidad 1,75-2,49
multiplicar factor de servicio por 1,11Ratio de velocidad 2,50-3,49
multiplicar factor de servicio por 1,18Ratio de velocidad 3,50 y más
multiplicar factor de servicio por 1,25

Tabla 2

Tipos de máquina motor

Arrancadores suaves

Motores eléctricos

Arrancador CA Estrella- delta

CC - Bobinado en derivación

Motores de combustión interna con
4 cilindros o másMáquinas motoras provistas con
embragues centrífugos, embragues
centrífugos, acoplamientos secos o
fluidos o dispositivos electrónicos
de arranque suave

Arrancadores pesados

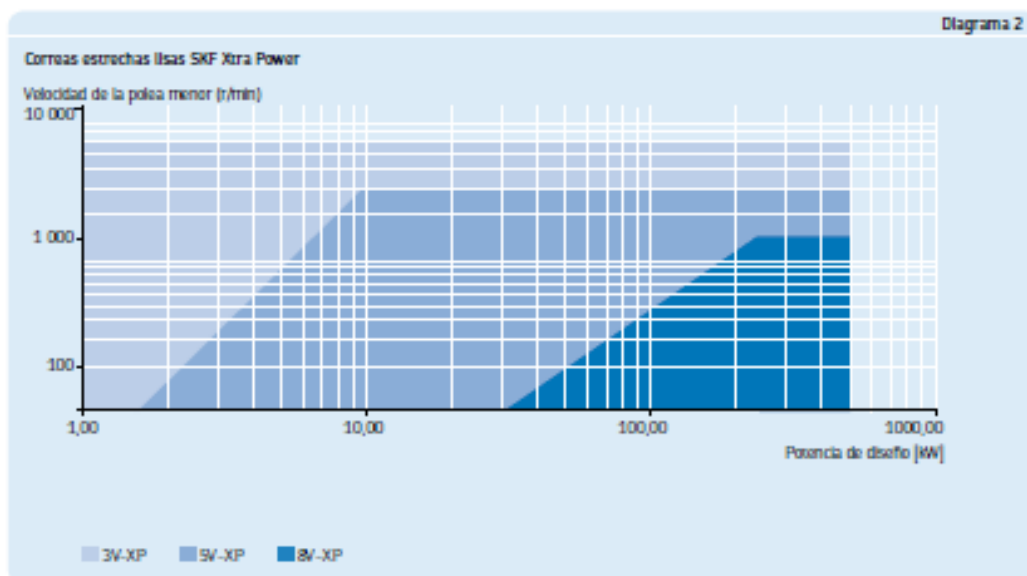
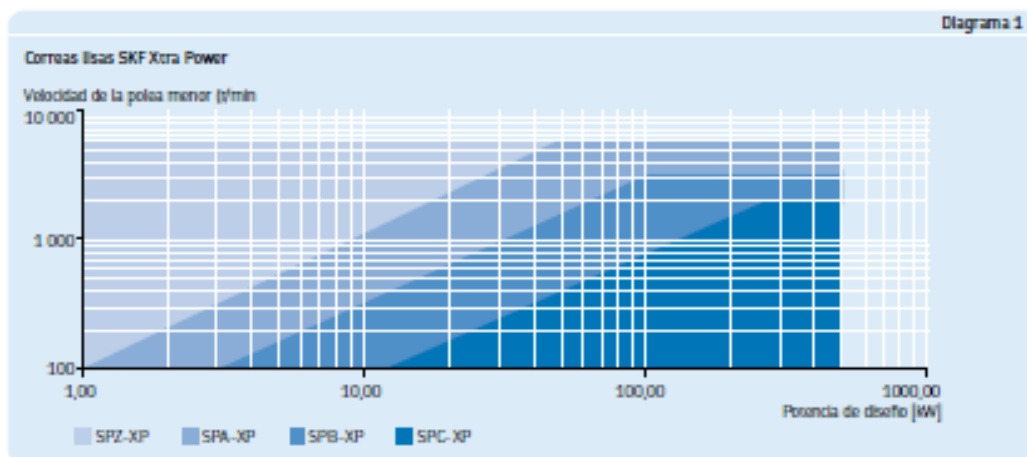
Motores eléctricos

Arrancador CA - directo - en
líneaCC- Bobinado compuesto y en
serieMotores de combustión interna
con menos de 4 cilindrosMáquinas motoras no
provistas con dispositivos de
arranque suave

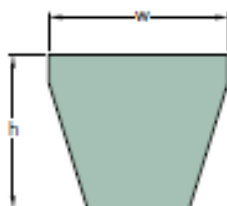
Tabla 3

Tipos de máquina conducida		Arrancadores suaves			Arrancadores pesados		
		Tiempo de servicio h/día			Tiempo de servicio h/día		
		->10 Incl.	10-> 16 Incl.	16->	->10 Incl.	10-> 16 Incl.	16->
"Clase 1 Servicio liviano"	Sopladores, extractores y ventiladores (hasta 7,5 kW), compresores centrífugos y bombas. Cintas transportadoras (con carga uniforme).	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
"Clase 2 Servicio medio"	Aglitadores (densidad uniforme), sopladores, extractores y ventiladores (más de 7,5 kW). Compresores rotativos y bombas (que no sean centrífugos). Cintas transportadoras (no cargadas uniformemente), generadores y excitadores, maquinaria de lavar, ejes de transmisión, máquinas herramienta, maquinaria de imprenta, de aserraderos y carpintería, cribas (giratorias).	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
"Clase 3 Servicio pesado"	Aglitadores y mezcladoras (densidad variable), maquinaria de ladrillos, elevador de cangilones, compresores y bombas (alternativos), transportadores (serv. pesado). Grúas, molinos (de manillo), pulverizadores, punzones, prensas, correas, plantas-cantera, maquinaria de caucho, cribas (vibratorias), maquinaria textil.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
"Clase 4 Servicio Extra pesado"	Trituradoras (giratorias, de mandíbulas, de rodillos), molinos (de bolas, de rodillos, de barras).	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Sección transversal de la correa




Correas estrechas lisas SKF Xtra Power
3V-XP | 5V-XP | 8V-XP



Sección	Dimensiones		Ancho		Designación	Sección	Dimensiones		Ancho		Designación
	Longitudinal		-	-			Longitudinal		-	-	
	mm	polg.	-	-	-		mm	polg.	-	-	-
3V	1.207	47,5	9	8	PHG 2N750P	5V	4.572	180,0	16	13	PHG 5V1800P
	1.270	50,0	9	8	PHG 2N800P		4.826	190,0	16	13	PHG 5V1900P
	1.334	53,0	9	8	PHG 2N850P		5.080	200,0	16	13	PHG 5V2000P
	1.422	56,0	9	8	PHG 2N900P		5.285	212,0	16	13	PHG 5V2120P
	1.526	60,0	9	8	PHG 2N950P		5.490	224,0	16	13	PHG 5V2240P
	1.600	63,0	9	8	PHG 2N990P		5.994	236,0	16	13	PHG 5V2360P
	1.702	67,0	9	8	PHG 2N700P	6.350	250,0	16	13	PHG 5V2500P	
	1.803	71,0	9	8	PHG 2N750P	6.731	264,0	16	13	PHG 5V2640P	
	1.905	75,0	9	8	PHG 2N790P	7.112	280,0	16	13	PHG 5V2800P	
	2.032	80,0	9	8	PHG 2N800P	7.420	300,0	16	13	PHG 5V3000P	
	2.159	85,0	9	8	PHG 2N850P	8.002	316,0	16	13	PHG 5V3160P	
	2.284	90,0	9	8	PHG 2N900P	8V	2.640	100,0	26	23	PHG 8V1000P
	2.433	96,0	9	8	PHG 2N950P		2.845	112,0	26	23	PHG 8V1120P
	2.540	100,0	9	8	PHG 2N990P		2.997	118,0	26	23	PHG 8V1180P
	2.692	106,0	9	8	PHG 2N990P		3.174	126,0	26	23	PHG 8V1260P
	2.865	112,0	9	8	PHG 2V1200P		3.263	132,0	26	23	PHG 8V1320P
	2.997	118,0	9	8	PHG 2V1250P		3.554	140,0	26	23	PHG 8V1400P
	3.174	126,0	9	8	PHG 2V1250P	3.803	150,0	26	23	PHG 8V1500P	
3.363	132,0	9	8	PHG 2V1320P	4.064	160,0	26	23	PHG 8V1600P		
3.554	140,0	9	8	PHG 2V1400P	4.238	170,0	26	23	PHG 8V1700P		
5V	1.364	53,0	16	13	PHG 5V530P	4.572	180,0	26	23	PHG 8V1800P	
	1.422	56,0	16	13	PHG 5V600P	4.826	190,0	26	23	PHG 8V1900P	
	1.526	60,0	16	13	PHG 5V650P	5.080	200,0	26	23	PHG 8V2000P	
	1.600	63,0	16	13	PHG 5V690P	5.285	212,0	26	23	PHG 8V2120P	
	1.702	67,0	16	13	PHG 5V750P	5.490	224,0	26	23	PHG 8V2240P	
	1.803	71,0	16	13	PHG 5V790P	5.994	236,0	26	23	PHG 8V2360P	
	1.905	75,0	16	13	PHG 5V790P	6.350	250,0	26	23	PHG 8V2500P	
	2.032	80,0	16	13	PHG 5V800P	6.731	264,0	26	23	PHG 8V2640P	
	2.159	85,0	16	13	PHG 5V850P	7.112	280,0	26	23	PHG 8V2800P	
	2.284	90,0	16	13	PHG 5V900P	7.420	300,0	26	23	PHG 8V3000P	
	2.433	96,0	16	13	PHG 5V950P	8.002	316,0	26	23	PHG 8V3160P	
	2.540	100,0	16	13	PHG 5V990P	8.509	336,0	26	23	PHG 8V3360P	
	2.692	106,0	16	13	PHG 5V990P	9.017	356,0	26	23	PHG 8V3560P	
	2.865	112,0	16	13	PHG 5V1200P	9.525	376,0	26	23	PHG 8V3760P	
	2.997	118,0	16	13	PHG 5V1250P	10.140	400,0	26	23	PHG 8V4000P	
	3.174	126,0	16	13	PHG 5V1250P	10.796	426,0	26	23	PHG 8V4260P	
	3.363	132,0	16	13	PHG 5V1320P	11.430	450,0	26	23	PHG 8V4500P	
	3.554	140,0	16	13	PHG 5V1400P	12.045	476,0	26	23	PHG 8V4760P	
3.803	150,0	16	13	PHG 5V1500P							
4.064	160,0	16	13	PHG 5V1600P							
4.238	170,0	16	13	PHG 5V1700P							

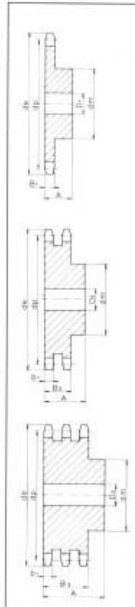
ANEXO 4. TRANSMISSION DE POTENCIA

Piñones			S			D			T		
Z	d _e	d _p	d _m	D ₁	A	d _m	D ₂	A	d _m	D ₃	A
3/4" x 7/16" 19,05 x 11,68 mm 12B - 1 - 2 - 3 Para cadena de rodillos según DIN 8187 ISO/R 606  *Construcción con moyu soldado											
8	58,0	49,78	31	12	30	31	16	45	31	16	65
9	63,9	55,70	37	12	30	37	16	45	37	16	65
10	69,8	61,64	42	12	30	42	16	45	42	16	65
11	75,8	67,61	46	16	35	47	16	50	47	20	70
12	81,8	73,60	52	16	35	53	16	50	53	20	70
13	87,8	79,59	58	16	35	59	16	50	59	20	70
14	93,8	85,61	64	16	35	65	20	50	65	20	70
15	99,8	91,63	70	16	35	71	20	50	71	20	70
16	105,8	97,65	75	16	35	77	20	50	77	20	70
17	111,9	103,67	80	16	35	83	20	50	83	20	70
18	117,9	109,71	80	16	35	89	20	50	89	20	70
19	123,9	115,75	80	16	35	95	20	50	95	20	70
20	130,0	121,78	80	16	35	100	20	50	100	20	70
21	136,0	127,82	90	20	40	100	20	50	100	25	70
22	142,0	133,86	90	20	40	100	20	50	100	25	70
23	148,1	139,90	90	20	40	110	20	50	110	25	70
24	154,1	145,94	90	20	40	110	20	50	110	25	70
25	160,2	152,00	90	20	40	120	20	50	120	25	70
26	166,2	158,04	95	20	40	120	20	50	120	25	70
27	172,3	164,09	95	20	40	120	20	50	120	25	70
28	178,3	170,13	95	20	40	120	20	50	120	25	70
29	184,4	176,19	95	20	40	120	20	50	120	25	70
30	190,4	182,25	95	20	40	120	20	50	120	25	70
31	196,5	188,31	95	20	40	*120	20	50	*130	25	70
32	202,5	194,35	95	20	40	*120	20	50	*130	25	70
33	208,6	200,40	95	20	40	*120	20	50	*130	25	70
34	214,6	206,46	95	20	40	*120	20	50	*130	25	70
35	220,7	212,52	95	20	40	*120	20	50	*130	25	70
36	226,8	218,58	100	25	40	*120	25	50	*130	25	70
37	232,8	224,64	100	25	40	*120	25	50	*130	25	70
38	238,9	230,69	100	25	40	*120	25	50	*130	25	70
39	244,9	236,75	100	25	40	*120	25	50	*130	25	70
40	251,0	242,81	100	25	40	*120	25	50	*130	25	70

PIÑON	mm
Radio diente r ₃	19
Anchura arco C	2
Anchura diente B ₁	11,1
Anchura diente b ₁	10,8
Anchura diente B ₂	30,3
Anchura diente B ₃	49,8

CADENAmm	
Paso	19,05
Anchura rodillo	11,68
Rodillo Ø	12,07

Material Fe 50



ANEXO 5. SELECCIÓN DE CATARINAS



PIGNONI SEMPLICI TEMPERATI AD INDUZIONE SUI DENTI
SIMPLEX SPROCKETS WITH HARDENED TEETH
GEHÄRTETE EINFACH KETTENRÄDER
PIGNONS SIMPLES AVEC DENTURES TREMPÉES HAUTE FREQUENCE
PIÑONES SIMPLES TEMPLADOS POR INDUCCION EN LOS DIENTES

3/8" x 7/32" - 06 B1

Z	D _e	D _p	PS			
			cod.	d	D	H
13	43,0	39,80	PS 05T13	28	10	25
14	46,3	42,80	PS 05T14	31	10	25
15	49,3	45,81	PS 05T15	34	10	25
16	52,3	48,82	PS 05T16	37	10	28
17	55,3	51,83	PS 05T17	40	10	28
18	58,3	54,85	PS 05T18	43	10	28
19	61,3	57,87	PS 05T19	45	10	28
20	64,3	60,89	PS 05T20	46	10	28
21	68,0	63,91	PS 05T21	48	12	28
22	71,0	66,93	PS 05T22	50	12	28
23	73,5	69,95	PS 05T23	52	12	28
24	77,0	72,97	PS 05T24	54	12	28
25	80,0	76,00	PS 05T25	57	12	28
30	94,7	91,12	PS 05T30	60	12	28

Pignoni per catene semplici, a rulli DIN 8187 - ISO/R 606
 Sprockets for simplex, chain to DIN 8187 - ISO/R 606
 Kettenräder mit einseitiger Nabe für Simplex-Rollenkette nach:
 DIN 8187 - ISO/R 606
 Pignons avec moyeu déporté pour chaînes simples, à rouleaux
 suivant les normes: DIN 8187 - ISO/R 606
 Piñones para cadena, de rodillos según las normas: DIN 8187 -
 ISO/R 606
Materiale C 43 - Material C 43 - Matière C 43 - Material C 43 UNI 7847



1/2" x 5/16" - 08 B1

Z	D _e	D _p	PS			
			cod.	d	D	H
12	53,0	49,07	PS 09T12	33	10	28
13	57,4	53,06	PS 09T13	37	10	28
14	61,8	57,07	PS 09T14	41	10	28
15	65,5	61,09	PS 09T15	45	10	28
16	69,5	65,10	PS 09T16	50	12	28
17	73,6	69,11	PS 09T17	52	12	28
18	77,8	73,14	PS 09T18	56	12	28
19	81,7	77,16	PS 09T19	60	12	28
20	85,8	81,19	PS 09T20	64	12	28
21	89,7	85,22	PS 09T21	68	14	28
22	93,8	89,24	PS 09T22	70	14	28
23	98,2	93,27	PS 09T23	70	14	28
24	101,8	97,29	PS 09T24	70	14	28
25	105,8	101,33	PS 09T25	70	14	28
30	126,1	121,50	PS 09T30	80	16	30

3/4" x 7/16" - 12 B1

Z	D _e	D _p	PS			
			cod.	d	D	H
12	81,5	73,60	PS 11T12	52	14	35
13	87,5	79,59	PS 11T13	58	14	35
14	93,6	85,61	PS 11T14	64	14	35
15	99,8	91,63	PS 11T15	70	14	35
16	105,5	97,65	PS 11T16	75	16	35
17	111,5	103,67	PS 11T17	80	16	35
18	118,0	109,71	PS 11T18	80	16	35
19	124,2	115,75	PS 11T19	80	16	35
20	129,7	121,78	PS 11T20	80	16	35
21	136,0	127,82	PS 11T21	90	20	40
22	141,8	133,86	PS 11T22	90	20	40
23	149,0	139,90	PS 11T23	90	20	40
24	153,9	145,94	PS 11T24	90	20	40
25	160,0	152,00	PS 11T25	90	20	40
30	190,5	182,25	PS 11T30	95	20	40

ANEXO 6. SELECCIÓN DE ACERO INOXIDABLE DIPAC



DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO



PLANCHAS

PLANCHAS
PL



REDUCCION DE FRACCIONES DE PULGADAS A MILIMETROS		
PULGADAS	MILIMETROS	PULGADAS MILIMETROS
1/120	0.20	25/64 = 9.92
1/64	0.40	13/32 = 10.32
3/120	0.60	27/64 = 10.72
1/40	0.64	7/16 = 11.11
1/32	0.79	29/64 = 11.51
1/25	1.00	15/32 = 11.91
3/64	1.19	31/64 = 12.30
1/20	1.27	1/2 = 12.70
1/16	1.59	33/64 = 13.10
5/64	1.58	17/32 = 13.49
3/32	2.38	35/64 = 13.89
7/64	2.78	9/16 = 14.29
1/8	3.18	37/64 = 14.68
9/64	3.57	19/32 = 15.08
5/32	3.97	39/64 = 15.48
11/64	4.37	5/8 = 15.88
3/16	4.76	41/64 = 16.27
13/64	5.16	21/32 = 16.67
7/32	5.56	43/64 = 17.07
15/64	5.95	11/16 = 17.46
1/4	6.35	45/64 = 17.86
17/64	6.75	23/32 = 18.26
9/32	7.14	47/64 = 18.65
19/64	7.54	3/4 = 19.05
5/16	7.94	49/64 = 19.45
21/64	8.33	25/32 = 19.84
11/32	8.73	51/64 = 20.24
23/64	9.13	13/16 = 20.64
3/8	9.53	53/64 = 21.03

DIMENSIONES EN (mm)			PESOS
ANCHO	LARGO	ESPEZOR	KG
1220	2440	2	48.74
1220	2440	3	70.10
1220	2440	4	93.47
1500	2440	4	114.02
1220	2440	5	118.84
1500	2440	5	143.68
1800	2440	5	172.39
1220	2440	6	140.21
1500	2440	6	172.39
1800	2440	6	208.88
1220	2440	8	188.94
1500	2440	8	229.85
1800	2440	8	275.82
1220	2440	10	233.68
1500	2440	10	287.31
1800	2440	10	344.77
1220	6000	12	680.54

MÉTODO PRACTICO PARA CALCULAR PESO DE LAS PLANCHAS DE ACERO

NOMENCLATURA
L = Largo (mm)
A = Ancho (mm)
E = Espesor (mm)
Peso = Kgs.

$$\text{Peso} = \frac{L \times A \times E \times 7,85}{1,000.00}$$

Ejemplo: $(L = 1220\text{mm} \times A = 2440 \text{ mm} \times E = 1,0\text{mm}) \times 7,85 = 23.368 \text{ Kg}$

ANEXO 7. PLANOS

PLANOS