



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“Diseño y construcción de un modelo de máquina
expendedora inversa (RVM) automatizada, orientada al
reciclaje de botellas plásticas PET para la facultad de
Mecánica - ESPOCH.”**

**Castillo Herrera Willan Pablo
Daquilema Guaraca Richard**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-09-26

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

WILLAN PABLO CASTILLO HERRERA

Titulada:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE MÁQUINA EXPENDEDORA INVERSA (RVM) AUTOMATIZADA, ORIENTADA AL RECICLAJE DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA - ESPOCH”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán Gallegos

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jorge Lema Morales
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Miguel Aquino Arroba

ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-09-26

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

RICHARD DAQUILEMA GUARACA

Titulada:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE MÁQUINA EXPENDEDORA INVERSA (RVM) AUTOMATIZADA, ORIENTADA AL RECICLAJE DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA - ESPOCH”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán Gallegos

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jorge Lema Morales
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Miguel Aquino Arroba

ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:WILLAN PABLO CASTILLO HERRERA

TÍTULO DE LA TESIS:“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE MÁQUINA EXPENDEDORA INVERSA (RVM) AUTOMATIZADA, ORIENTADA AL RECICLAJE DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA - ESPOCH.”

Fecha de Examinación:2014-07-10

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Víctor Vásconez Velasco PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jorge Lema Morales DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Miguel Aquino Arroba ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El (La) Presidente (a) del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Víctor Vásconez Velasco
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:RICHARD DAQUILEMA GUARACA

TÍTULO DE LA TESIS:“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE MÁQUINA EXPENDEDORA INVERSA (RVM) AUTOMATIZADA, ORIENTADA AL RECICLAJE DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA - ESPOCH.”

Fecha de Examinación:2014-07-10

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Víctor Vásconez Velasco PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jorge Lema Morales DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Miguel Aquino Arroba ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El (La) Presidente (a) del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Víctor Vásconez Velasco
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los (Autores). El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Willan Pablo Castillo Herrera

Richard Daquilema Guaraca

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis está dedicado con todo mi cariño y amora mis padres Pablo Castillo y María Herrera que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños.

WillanCastillo Herrera

Dedico este libro a mis padres Cesar Daquilema y María Guaraca, a mis hermanos y a todos mis amigos en especial a Harley Gómez que ha sido como un hermano a quien admiro y respeto.

Richard Daquilema Guaraca

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

WillanCastillo Herrera

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Richard Daquilema Guaraca

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos:</i>	3
2. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO	4
2.1 Estado del arte.	4
2.2 Marco teórico.....	8
2.2.1 <i>Reciclaje de botellas de plástico</i>	8
2.2.2 <i>Tipos de botellas de plástico de tereftalato de polietileno (PET)</i>	12
2.2.3 <i>Compactadoras de botellas de plástico.</i>	18
2.2.4 <i>Tipos de compactadoras de botellas de plástico</i>	19
2.2.5 <i>Reverse Vending Machine</i>	23
3. ESPECIFICACIONES DE LA NECESIDAD	26
3.1 Objetivo de la investigación	26
3.2 Necesidades del operario	29
3.3 Necesidades del cliente.....	30
3.4 Matriz de necesidades-medidas.	31
4. DISEÑO DEL MODELO DE MÁQUINA EXPENDEDORA INVERSA.	33
4.1 Diseño del sistema de identificación	34
4.2 Diseño del sistema de compactación.....	37
4.3 Diseño del sistema de almacenamiento.....	85
4.4 Diseño del sistema de pago por botella	87
5. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	98
5.1 Construcción del sistema de identificación de botellas plásticas.....	104
5.2 Construcción de la tolva para el acopio de botellas no compactadas	105
5.3 Construcción del sistema para el pago por botella plástica.....	106
5.4 Construcción del almacenamiento de botellas compactadas	107
5.5 Construcción del mecanismo de compactación de las botellas plásticas.....	108
5.6 Construcción de la estructura exterior	110
5.7 Montaje de elementos constitutivos	111
5.8 Montaje del modelo de máquina.....	111
6. PRUEBAS	116
6.1 Pruebas de funcionamiento.	116
6.1.1 <i>Pruebas en el sistema de recepción de botellas plástica</i>	116
6.1.2 <i>Pruebas en la tolva para el acopio de botellas no compactadas</i>	116
6.1.3 <i>Pruebas en el sistema de pago por cada botella plástica.</i>	116
6.1.4 <i>Pruebas en el sistema de almacenamiento de botellas plásticas</i>	116
6.1.5 <i>Pruebas en el sistema de compactación de botellas plásticas</i>	117
6.1.6 <i>Pruebas en la estructura exterior</i>	117
6.1.7 <i>Análisis de resultados</i>	118
6.1.8 <i>Análisis económico de la máquina RVM</i>	118
7. ANÁLISIS DE COSTOS	119

7.1	Costos.....	119
7.2	Costos directos.....	119
7.2.1	<i>Costos indirectos</i>	123
7.2.2	<i>Costos totales</i>	123
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
8.1	Conclusiones.....	125
8.2	Recomendaciones.....	126

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Características de una compactadora hidráulica	20
2	Características de la botella plástica de 500 ml.....	28
3	Necesidades del operario.....	29
4	Necesidades del cliente	31
5	Matriz de necesidades – medidas	32
6	Selección de máquina compactadora.....	33
7	Propiedades del sensor PET.....	35
8	Selección de la condición geométrica	39
9	Selección de la cédula del rodillo compactador móvil.....	42
10	Selección del material del rodillo compactador móvil y fijo	43
11	Propiedades mecánicas y requerimientos de tracción.....	43
12	Características del rodillo seleccionado	43
13	Datos de los dientes de compactación y arrastre	44
14	Selección del motorreductor	50
15	Motorreductor seleccionado	51
16	Datos técnicos del peso	52
17	Propiedades mecánicas aproximadas de algunos aceros al carbono.....	56
18	Determinación del valor de F_n para rodamiento de bolas.....	64
19	Determinación del factor L_{hyfn} para rodamientos de bolas.....	65
20	Dimensiones del rodamiento FAG rígido de bolas de una hilera	67
21	Determinación de la capacidad de carga dinámica y estática del rodamiento FAG rígido de bolas de una hilera	67
22	Par de apriete y tamaño de la llave para los pernos roscados de los rodamientos, serie 562	68
23	Características del rodamiento FAG.....	70
24	Dimensiones del rodamiento FAG con soporte de pie de fundición gris	71
25	Propiedades mecánicas aproximadas de algunos aceros al carbono.....	72
26	Tamaños de cuñas y tornillos prisioneros estándar en Estados Unidos para flechas de tamaño en pulgadas.....	73
27	Selección del tamaño de la chaveta	73
28	Propiedades mecánicas aproximadas de algunos aceros al carbono.....	75
29	Resistencia de pernos de acero- milimétricos	75
30	Diámetro y área de roscas métricas de paso basto	76
31	Factores de concentración de esfuerzos por fatiga.	76
32	Constantes equivalentes de Willeman.....	76
33	Resistencia de pernos de acero- milimétricos	80
34	Diámetro y área de roscas métricas de paso basto	80
35	Factores de concentración de esfuerzos por fatiga.	81
36	Constantes equivalentes de Willeman.....	81
37	Características del LOVE JOY seleccionado.....	84
38	Selección del toque del LOVE JOY	85
39	Cargos tarifarios.....	97
40	Partes constructivas de la máquina RVM.....	99
41	Tiempos en la construcción de la máquina RVM.....	100
42	Montaje del sistema de identificación de botellas	111
43	Montaje de la tolva para el acopio de botellas.....	111
44	Montaje del sistema de pago de botellas.....	111
45	Montaje del sistema de almacenaje de botellas	112
46	Montaje del sistema de identificación de botellas	112

47	Montaje de la estructura exterior	112
48	Total costos directos	119
49	Materiales comprados para la construcción	120
50	Costo mano de obra.....	122
51	Costo de máquinas y herramientas	122
52	Costo de transporte.....	123
53	Total costos indirectos (30%)	123
54	Costos totales	124

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Reciclado mecánico de botellas de plástico..... 8
2	Reciclado químico de botellas de plástico 9
3	Reciclado químico de metanólisis.....10
4	Reciclado energético de botellas de plástico11
5	Reciclado mecánico de envases PET.....11
6	Tasa de recuperación de PET12
7	Clasificación de plásticos.....13
8	Clasificación de termoplásticos.....15
9	Moldeo por inyección.....15
10	Fabricación de plásticos por extrusión.....16
11	Moldeo por soplado.....16
12	Compactadora hidráulica.....20
13	Compactadora neumática.....21
14	Compactadora de rodillos con muela.....21
15	Compactadora con púas.....22
16	Compactadora de un solo rodillo22
17	Compactadora de superficies inclinadas.....23
18	Máquina Reverse Vending Machine25
19	Respuesta 126
20	Respuesta 226
21	Respuesta 327
22	Respuesta 427
23	Respuesta 527
24	Respuesta 628
25	Partes de una botella plástica.....29
26	Canal de alimentación34
27	Sensor PET35
28	Sensor PET35
29	Potencia relativa de recepción lumínica.....36
30	Servomotor de 3.2 kg37
31	Análisis geométrico del sistema de compactación37
32	Presión interna del cilindro de compactación móvil.....40
33	Tambor compactador.....44
34	Análisis de fuerzas en el sistema de compactación45
35	Reductores de engranajes cónicos.....49
36	Análisis estático del eje52
37	Análisis estático del eje en el plano XY.....53
38	Diagrama de fuerza cortantes en el plano Xy53
39	Diagrama de momentos flectores54
40	Diagrama de fuerzas en el plano XY54
41	Diagrama de fuerzas en el plano XZ.....55
42	Diagrama de momentos flectores55
43	Diagrama de flexión.....56
44	Diagrama de torsión57
45	Determinación del factor q sometido a flexión.....59
46	Determinación del factor Kt sometido a flexión.....59
47	Diseño del eje de la máquina.....62
48	Rodamiento radial62

49	Selección del rodamiento	63
50	Rodamiento rígido de bolas.....	64
51	Soporte de pie de fundición gris	69
52	Rodamiento seleccionado	71
53	Cubo del eje diseñado	72
54	Simbología de la chaveta	74
55	Vista frontal de la chaveta	74
56	Mecanismo de pago por botella.....	87
57	Servomotor adaptado al mecanismo	88
58	Programación de la máquina del inversor de giro del motor	89
59	Programación de la máquina con el botón verde de Reset.....	89
60	Programación de la máquina de la línea del guardamotor	90
61	Programación de la máquina para el sensor de PET	91
62	Programación de la máquina para la activación de la placa del servomotor ..	91
63	Programación de la máquina en forma de diagrama de bloques	92
64	Programación de la máquina en forma de diagrama en escalera	93
65	Programación de la máquina en forma de diagrama en escalera	94
66	Diagrama de control de la máquina RVM	94
67	Diagrama de potencia de la máquina RVM.....	95
68	Flujograma del sistema de identificación de botellas plásticas.....	105
69	Flujograma de la construcción de la tolva para el acopio de botellas no compactadas	106
70	Flujograma del proceso de construcción del sistema para el pago por botella plástica	107
71	Flujograma de la construcción del almacenamiento de botellas compactadas	108
72	Flujograma del mecanismo de compactación de las botellas plásticas.....	109
73	Flujograma de la construcción de la estructura exterior de la máquina RVM.....	110
74	Flujograma de montaje de la máquina RVM	113
75	Vista frontal de la máquina RVM.....	114
76	Vista superior de la máquina RVM.....	114
77	Vista isométrica de la máquina RVM	115
78	Estructura exterior de la máquina	117

SIMBOLOGÍA

Tn	Masa	Ton
Cc	Capacidad de carga	$\frac{kg}{h}$, $\frac{TN}{año}$
Q	Caudal	$\frac{lt}{min}$
P	Potencia	HP, kW,
Mm	Masa	Kg, g
L	Longitud	mm, m, in
F	Fuerza	N
Vol	Volumen	cm^3 , lt,
Temp	Temperatura	°C
CE	Consumo energético	kW h
Res	Resistencia	$\frac{kg}{cm^2}$
D, δ	Densidad	$\frac{g}{cm^3}$, $\frac{kg}{m^3}$
T	Tensión	V
C	Corriente	A
t	Tiempo	min, s
T, M	Torque o momento	kg.cm;Nm
\emptyset	Diámetro	mm
$\emptyset b$	Diámetro de la botella	mm
$\emptyset p$	Diámetro del pico de la botellas	mm
L g	Ancho de compactación	mm
$a + b$	Ángulo de condición de agarre y empuje	°
$sen(a)$	Función trigonométrica del seno	°

a,b,c,d,e	Ángulos de la geometría del rodillo	°
CF	Longitud horizontal del centro del rodillo móvil a la mitad del ancho de compactación	mm
CA	Longitud inclinada del centro del rodillo móvil al centro de la botella	mm
R r	Radio del rodillo	mm
a+c+90	Sumatoria de ángulos internos igual	180°
R b	Radio de la botella	mm
CD	Longitud inclinada del centro del rodillo a la altura del diente de agarre	mm
DA	Radio de la botella	mm
cos(<i>b</i>)	Función trigonométrica coseno	°
<i>d_n</i> , <i>dc</i>	Diámetro del perno	mm
<i>A_b</i>	Área del perno	mm ²
<i>L_b</i>	Longitud del perno	mm
<i>K_b</i>	Constante de rigidez del perno	$\frac{N}{mm}$
<i>K_{mt}</i>	Constante de rigidez el perno con la teoría de Willeman	$\frac{N}{m}$
α , β	Factores de la teoría de ITO	mm
\emptyset r	Diámetro del rodillo	mm
L r, d	Longitud del rodillo	mm, m
<i>L</i>	Longitud del perno	mm
<i>C</i>	Porcentaje de carga externa transmitida	%
<i>P</i>	Pretensión de la junta del perno	N
μ	Coefficiente de rozamiento	Adimensional
w, N	Velocidad angular constante	RPM, $\frac{rad}{seg}$
ac	Aceleración centrípeta	$\frac{m}{s^2}$
v	Velocidad lineal	m/s

M_r	Masa del rodillo	kg
N	Fuerza de compactado normal	N
P	Presión	Pa
A	Área	m^2 ,
$P_{i_{req}}$	Presión interna requerida del rodillo	Psi, Pa
σ_r	Esfuerzo radial	Psi, Pa
b, r	Radio interno del rodillo	m
c	Radio externo del rodillo	m
σ_t	Esfuerzo tangencial	MPa
S_y	Límite de fluencia	MPa
n, ns	Coefficiente de seguridad	2
$P_{i_{dis}}$	Presión interna disponible	Psi
E	Módulo de elasticidad del acero	Pa
δ	Deformación del rodillo	m
F_r	Fuerza de rozamiento	N
F_c	Fuerza centrípeta	N
F_t	Fuerza tangencial	N
d	Arco de rotación	mm
\varnothing	Desplazamiento angular de trabajo del rodillo	rad
α	Aceleración angular	$\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$
I	Momento de inercia respecto a su eje	$kg \cdot mm^2$
T_c	Torque en punto c	Nm
M_f	Momento flector	Mn
S_u, s_{ut}	Esfuerzo ultimo de tracción	MPa

σ	Esfuerzo de flexión	$\frac{N}{m^2}, \frac{N}{mm^2}$
σ_a	Esfuerzo de flexión de amplitud	$\frac{N}{m^2}, \frac{N}{mm^2}$
τ	Esfuerzo de torsión	$\frac{N}{m^2}, \frac{N}{mm^2}$
σ_m	Esfuerzo de torsión medio	$\frac{N}{m^2}, \frac{N}{mm^2}$
σ_a	Esfuerzo de flexión de amplitud	$\frac{N}{m^2}, \frac{N}{mm^2}$
σ_m	Esfuerzo de flexión medio	$\frac{N}{m^2}, \frac{N}{mm^2}$
d	Diámetro del eje	in
σ_{eq_a}	Esfuerzo equivalente de amplitud	$\frac{N}{mm^2}$
σ_{ax_a}	Esfuerzo axial de amplitud	$\frac{N}{mm^2}$
τ_{T_a}	Esfuerzo de torsión de amplitud	$\frac{N}{mm^2}$
τ_{C_a}	Esfuerzo de corte de amplitud	$\frac{N}{mm^2}$
σ_{eq_m}	Esfuerzo equivalente medio	$\frac{N}{mm^2}$
σ_{ax_m}	Esfuerzo axial medio	$\frac{N}{mm^2}$
τ_{C_m}	Esfuerzo de corte medio	$\frac{N}{mm^2}$
τ_{T_m}	Esfuerzo de torsión medio	$\frac{N}{mm^2}$
k_f	Factor de concentración de esfuerzos para fatiga	Adimensional
q	Sensibilidad a muescas	Adimensional
$\frac{D}{d}$	Relación de diámetros del eje	Adimensional
$\frac{r}{d}$	Relación entre de ranura y diámetro menor del eje	Adimensional
K_t	Factor de sección de concentración de esfuerzo	Adimensional
K_g	Inverso del factor de concentración de esfuerzo	Adimensional
$K_{f_{ax}}$	Factor de concentración de esfuerzos axial	Adimensional
K_{f_f}	Factor de concentración de esfuerzos de flexión	Adimensional
K_{f_c}	Factor de concentración de esfuerzos de corte	Adimensional

K_{ft}	Factor de concentración de esfuerzos de torsión	Adimensional
K_a	Factor de superficie	Adimensional
K_b	Factor de tamaño	Adimensional
K_c	Factor de confiabilidad	Adimensional
K_d	Factor de temperatura	Adimensional
K_g	Factor de efecto varios	Adimensional
S_e	Límite de fatiga	MPa
S_e'	Límite de fatiga para flexión	MPa
R_{RADIAL}	Reacción radial en el punto A y B de apoyo	N
f_n	Factor de velocidad	Adimensional
f_l	Factor de vida	Adimensional
f_s	Factor de servicio	Adimensional
p	Fuerza dinámica en el rodamiento	N
X	Factor radial	Adimensional
Y	Factos axial	Adimensional
C_{REQ}	Capacidad de carga dinámica requerida	kN
P_o	Fuerza estática en el rodamiento	N
X_o	Factor radial estático	Adimensional
Y_o	Factos axial estático	Adimensional
F_R	Fuerza radial del rodamiento	N
F_A	Fuerza axial del rodamiento	N
$C_{O_{REQ}}$	Capacidad de carga estática requerida	kN
$C_{O_{DIS}}$	Capacidad de carga estática disponible	kN
$\frac{d}{D}$	Relación del asiento o cubo del eje	Adimensional

L Longitud de la chaveta

cm

LISTA DE ABREVIACIONES

API	Instituto Americano del Petróleo.
PET	Polietileno de Tereftalato.
C1	Contactador 1.
C2	Contactador2.
P1	Inversor de giro del motorreductor.
LR	Luz Roja.
LA	Luz Amarilla.
MM	Motor Monedero.
MS	Motor Sensor PET.
VDC	Voltaje de corriente directa.
VAC	Voltaje de corriente alterna.
RVM	Máquina Expendedora Inversa.
RSU	Residuos Sólidos Urbanos.
CO ₂	Dióxido de carbono.
Ing.	Ingeniero.
ANSI	Instituto Nacional Americano Estándar (American National Estándar Institute)
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices.
AISI	American Iron and Steel Institute.
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.
PLS	ProductSpecificationLevel.
STD	Cédula estándar.
I.A.A	EngineeringCompanion Tecnología Confiable.
Gr B	Material grado B con tratamiento.
ASTM	Sociedad Americana de Pruebas y Medidas.
VCU	Varillas Cuadrada.
KF37D	Designación del motorreductor.
T71C4	
KF	Versión con brida B5.
DT	Versión con patas
71C	Tamaño del motor
M1	Posición de montaje 1
DCL	Diagrama de Cuerpo Libre
Ay, B y	Reacción de los rodamientos en el plano XY
A z, B	Reacción de los rodamientos en el plano XZ
z	

LISTA DE ANEXOS

- A** Determinación de botellas durante el día en los diferentes bares de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.
- B** Determinación de botellas durante la semana en los diferentes bares de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.
- C** Determinación de botellas durante el mes en los diferentes bares de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.
- D** Encuesta realizada en la ESPOCH
- E** Resultados de la encuesta.
- F** Motorreductor
- G** Manual de mantenimiento.

GLOSARIO

Contaminación. Degradación que sufre el medio ambiente por las sustancias perjudiciales que se vierten en él.

Máquina. Conjunto de mecanismos dispuestos para producir, aprovechar o regular una energía motriz.

Residuos inorgánicos. Materiales que quedan como inservibles en cualquier trabajo u operación.

Prototipo. Primer ejemplar de alguna cosa que se toma como modelo para crear otros de la misma clase.

Rodillo. Cilindro muy pesado que se hace rodar para allanar y apretar algún objeto.

Motorreductor. Máquina destinada a producir movimiento a expensas de una fuente de energía.

Ciclo. Conjunto de una serie de fenómenos u operaciones que se repiten ordenadamente.

Plástico. Material que puede cambiar de forma y conservar esta de modo permanente, a diferencia de los cuerpos elásticos.

Biodegradable. Sustancia química que se descompone por un proceso natural biológico.

Eficiencia. Capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles.

Automatización. Aplicación de procedimientos automáticos a un aparato, proceso o sistema.

Medio Ambiente. Es un sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados y que son modificados por la acción humana.

RESUMEN

El diseño y construcción del modelo de máquina expendedora inversa (RVM) automatizada tiene como finalidad proteger el planeta Tierra y de entregar a futuras generaciones un hábitat saludable y maravilloso para vivir. Ese deber impulsa a utilizar la tecnología y ciencia para ponerla al servicio de la sociedad con herramientas que desarrollan cultura ambiental y disminuyan la contaminación.

Con la ayuda de las metodologías inferenciales se pudo determinar un modelo de máquina compactadora de PET de botellas de $\frac{1}{2}$ litro, para la cual todo esto dio lugar a una investigación y estadísticamente se encontró que 400 botellas de medio litro son consumidas diariamente dentro de la ESPOCH.

Se realizaron ensayos de compactación en la Máquina Universal, obteniéndose así una fuerza de compresión de 3000 N. A partir de esta condición y por la propia complejidad, la máquina posee 4 sistemas fundamentales. Teniendo en primer lugar un sistema de identificación que gracias a un sensor fotoeléctrico ML-100 y un servomotor de 3.2 KG, identifica y gira el material PET 1 para iniciar el ciclo respectivamente; seguido se activa el sistema de pago, para desde allí en 2 segundos el mecanismo biela manivela del monedero, retribuir automáticamente al usuario 1 centavo de dólar. En estas condiciones cuando la botella se encuentra dentro de la tolva de almacenamiento se activa el sistema de compactación durante 10 segundos. Ésta es la parte medular de la máquina que comprime las botellas de plástico a un espesor de 24mm. La característica fundamental de este mecanismo es que tiene un solo rodillo compactador, además el espesor del rodillo es de $\frac{1}{4}$ de pulgada; esto implicó considerar en el diseño un eje de 2 pulgadas de diámetro, también un motorreductor de 0.33 HP con un torque de 150 Nm. Cabe recalcar que durante el proceso de compactación la botella es introducida al depósito de capacidad de 1200 botellas por unos dientes dispuestos de tal forma que en efecto arrastran y rompen las botellas.

Finalmente se automatizó la máquina RVM, la cual implicó considerar un Logo Soft 230 RC como controlador. Así mismo se estableció un consumo mensual de energía en la máquina de 1.879 USD, teniendo un ingreso mensual líquido de hasta aproximadamente 100 USD.

ABSTRACT

The design and construction of an automated reverse-vending machine model (RVM) with the purpose to protect the planet earth and delivery for future generations a healthy and wonderful habitat for living. That obligation forces to use technology and science to put in available to the society service with tools developing environmental culture and reduce the pollution.

With the help of inferential statistics in research methodology was possible to determine a ½ - liter PET plastic bottle compactor machine model, which all of this allowed to carry out a research and statistically was found that 400 ½-liter bottles are consumed every day within the ESPOCH campus (Higher Education).

Tests were carried out for compacting in the Universal machine, obtaining a compression force of 3000 N. From this condition and for the own complexity, the machine have 4 fundamental systems. In first place an identification system which thanks to a ML-100 photoelectric sensor and 3.2 KG servomotor, identifies and spins the PET 1 material to start the cycle respectively; then the payment system is activated, and after two second the slider crank mechanism from the coin slot, then the machine pay automatically one cent to the user. In these conditions when the bottle is located within the storage hopper the compacting system is activated for 10 seconds. Compacting up to 24 mm thick plastic bottle is the most important part of the machine. The fundamental characteristic of this mechanism have only one roller compactor, moreover the roller thickness is ¼ inch; this involves to consider in the design a 2-inch-axle diameter, also a geared-motor of 0.33 HP with a 150 Nm torque. It is necessary to emphasize during compacting process the bottle is inserted to the tank capacity of 1200 bottle with teeth available both sweep and break up the bottles.

Finally the RVM machine was automated, which implied to consider a Logo Soft 230 RC as a driver. In this way it was established monthly energy consumption in the machine a cost of 1.879 USD, with monthly revenues up to 100 USD.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la actualidad debido a la importancia que significa el medio ambiente para toda la sociedad de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; en el mercado nacional e internacional se han desarrollado máquinas y equipos de reciclaje de botellas de plástico, siendo el principal centro de estudio mecanismos compactadores y trituradores de plásticos automatizados con el concepto de eco consumo, que abarca los términos de reducir, reusar y reciclar, es así que para nuestro enfoque es necesario detallar los principales avances tecnológicos que se han desarrollado en máquinas recicladoras de botellas de plásticos con el sistemas Reverse Vending Machine.

“Diseño de un sistema de residuos sólidos inorgánicos (plásticos y vidrio) para el Gobierno Municipal del Cantón Palora, Provincia de Morona Santiago” (Ecuador): Es el sistema integral de residuos sólidos inorgánicos con mayor proporción de plástico PET (Polietileno Tereftalato), tiene un área total de 50 m^2 que brindan alternativas de recolección y tratamientos de desechos. En suma este sistema tiene un costo de 12,708.88 USD.

“Diseño de equipo para molienda y lavado de PET “(Ecuador): Se trata de un equipo de molienda y lavado de plástico reciclado, se diseñó para Guayaquil. Esta máquina tiene una fuerza de 9984.08 N, posee un factor de confiabilidad de 1 y su sistema de transmisión es mediante poleas y bandas.

“Sistema electromecánico compactador de botellas” (Perú): En este documento de tesis el inventor Benjamín Barriga Gamarra desarrolló una máquina con un sistema de compactación la cual usa dos rodillos con púas para perforar y compactar las botellas; la transmisión es mediante cadena con un motorreductor. También posee una estructura superior e inferior de fácil montaje.

“Diseño y simulación de una máquina trituradora de plásticos de 15 kg/h para el laboratorio de conformado de la Facultad de Ingeniería Mecánica”. (Ecuador): En suma para encontrar la potencia de esta máquina se realizó un benchmarking de máquinas similares existentes en el mercado de la marca Wittman, posee un eje que transmite el torque a 8 cuchillas dispuestas a lo largo del mismo cada una de ellas desfasadas 12°.

“Diseño y construcción de un prototipo de máquina Vending Inversa para la aceptación, compactación y almacenamiento de botellas PET de 250 a 300cm³ para SERPRA CIA LTDA” (Ecuador). En resumen esta máquina tiene un sistema de identificación de botellas, un sistema neumático para compactar, y un sistema electrónico de intercambio de botellas por tiques de impresión.

Hoy en día vivimos en un mundo globalizado que directa o indirectamente ocasionan un impacto ambiental a nuestro planeta; por ello el gobierno exige buenas prácticas de manufactura y reciclaje en el Ecuador.

1.2 Justificación

TÉCNICO

Se busca comprender que a través de la implementación del plan de reciclaje Reverse Vending Machine se logrará muchos beneficios.

- Un reciclaje de calidad sostenible y sustentable.
- Reducir el impacto ambiental.
- Producir materia prima.
- Convenios de negocios.
- Una fuente de ingreso económico.

En fin son muchos los puntos críticos, de allí la importancia del reciclaje que es el encargado de dar un buen uso a estos residuos, usados como materia prima para diferentes aplicaciones, crear una buena cultura de reciclaje en la población y disminuir los riesgos ambientales.

ECONÓMICA

Los beneficios que obtendremos mediante la implementación de estos planes de reciclaje destinados al plástico en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se puede aplicar a las diferentes ciudades del país, disminuyendo considerablemente la contaminación que estos producen y generando ganancias a todas las partes que participan en este sistema de reciclaje, ya que el dueño de la máquina vende la materia prima (botellas plásticas) de una forma compactada o se puede manufacturar nuevas sustancias de plásticos, y las personas recicladoras obtendrán una ganancia retribuida en dinero y por ende todos se benefician.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar y construir un modelo de máquina expendedora inversa (RVM) automatizada, orientada al reciclaje de botellas plásticas PET para la Facultad de Mecánica - ESPOCH.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Investigar el estado actual en que se encuentran el sistema de reciclaje en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Seleccionar los componentes más óptimos para el diseño del modelo de máquina expendedora inversa automatizada que tiene los siguientes sistemas.

- Sistema electrónico de identificación del material.
- Sistema de compactación mecánica.
- Sistema de pago electrónico.
- Sistema de almacenamiento del producto terminado.

Diseñar y construir el modelo de máquina expendedora inversa automatizada.

Realizar las pruebas experimentales del modelo de máquina.

CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del Arte.

Anteriormente el reciclaje en el Ecuador ha sido tratado como un tema de poca importancia dentro del margen político, ambiental, social y cultural. Esto es debido a varios factores como son la falta de culturización por parte de la población en general, la falta de leyes que promuevan el buen uso de los recursos utilizados.

Dentro de este contexto todas las ciudades tienen problemas medioambientales desde hace décadas. Muchos son los ruegos por parte de la población para que sus gobernantes realicen obras y gestiones para que engalanen a las ciudades ya que la contaminación visual y urbana que estos residuos sólidos plásticos ocasionan, estaban fuera de control. Pero pese a ello unos pocos emprendedores se interesaron en el tema medio ambiental como es el caso de Mario Bravo Presidente Ejecutivo de Reciclajes RECYNTER desde 1970.(Bravo, 2014)

Dentro de este aspecto, este trabajo era sobreexplotado y muy mal remunerado ya que de hecho en el año 2011 la tonelada de PET oscilaba entre 270 USD y 300 USD. Hasta hace poco en el Ecuador, después de todas las reformas que se hicieron para la ejecución de la norma en el año 2012 se puso en vigencia la creación del impuesto redimible a las botellas plásticas con el fin de culturizar a las personas sobre reciclaje.

Gracias a su gran acogida el Ecuador tuvo lugar en el Libro de los Records Guinness con una recolección de más de 1,5 millones de botellas de plástico en quince días dentro de los tres meses. Cifra que superó a Japón que es uno de los más grandes recicladores de botellas plásticas. Y en ese año el Servicio de Rentas Internas (SRI) recaudó 14'000.000 USD dejando a la vista que esto es un negocio muy sustentable.

El reciclaje surge desde tiempos inmemorables como una necesidad de cuidar el medio en que vivimos y se ha extendido de una manera significativa que se lo llama el negocio del futuro.

Por tal motivo un sinnúmero de trabajos de tesis, monografías, artículos, inventos, proyectos, periódicos, tienen buena acogida desde el punto de vista ambiental y económico.(TelandWeb, 2014)

Es por ello que visionarios en el cuidado del medio ambiente y que vieron como un negocio rentable introdujeron el concepto de Reverse Vending Machine que no son más que máquinas que distribuyen artículos de diferente índole de forma automática. En la esfera de este concepto la primera patente de Reverse Vending Machine se produjo en EEUU en el año del 1920.

Paso el tiempo y a finales de 1950 la primera máquina automática de retorno de botellas fue inventada y fabricado por Wicanders en Suecia. Desde ahí en adelante muchos son los fabricantes de este gran invento siendo Garby una empresa española, el primero en fabricar en España.(2013, 2013)

Por todo esto y más, precisa detallar que en el Ecuador se ha desarrollado algunos tipos de trabajos por ejemplo de entre los cuales se puede mencionar los siguientes:

“Estudio de mercado para la implementación de un proyecto de reciclaje de plástico en el Distrito Metropolitano de Quito para la obtención del título de Magister Internacional en Administración de Empresas del Programa de Posgrado de la ESPE”: Que en resumen se concluyó que existe una demanda insatisfecha de materia prima PET con la cual el proyecto tiene una expectativa de crecimiento en 10 años y garantizará la permanencia en el mercado.(usuario1, 2012)

“Diseño de un sistema de residuos inorgánicos (plástico vidrio) para el Gobierno Municipal del Cantón Palora, Provincia de Morona Santiago”: En suma se selecciona una máquina granuladora (picadora) I.S.V.E MODELO GR240ML con capacidad de picado de 80 a 120 kg/h y se concluye que este proyecto es viable.(Eduardo, 2010)

“Diseño de equipo para molienda y lavado de PET(polietileno tereftalato)”: En resumen esta máquina tiene una capacidad de molienda de 200 kg/h, una potencia de 7 ½ HP, un caudal de agua de 16 lt/min, un peso aproximado de 350 kg y un costo total de \$ 7794.00 y con todo esto se obtiene un ahorro en el tiempo de producción.(USER, 2009)

“Diseño y simulación de una máquina trituradora de plástico de 15 kg/h para el laboratorio de conformado de la facultad de Ingeniería Mecánica”: En suma esta máquina tiene tres módulos que son de ingreso de la materia prima, cámara de trituración, y almacenaje.

La capacidad de almacenamiento es de 70 kg, el accionamiento es por un motor eléctrico de 1.5 HP y toda la máquina pesa 90 kg. Todos los cálculos se comprobaron y simularon en Solidworks. (Vásconez Ortiz, 2013)

“Diseño de una máquina compactadora de botellas de plástico”: En conclusión dentro del Campus Universitario de la PUCP se construyó un prototipo de máquina que reduce el volumen de las botellas a un valor de 10 mm, mediante dos rodillos que giran en sentido contrario gracias a un motorreductor de engranajes cilíndricos de 1.1 kW.(Medina, 7)

“Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET) en la ciudad de Guayaquil.”: En resumen se identificó la cultura de reciclaje entre los ciudadanos, se requiere una inversión de 2 322 668 USD, esta planta está localizada en la Zona industrial tipo II (ZI-2), además tiene una rentabilidad de 94.19 %.(Quintana, 2012)

“Diseño y construcción de un prototipo de máquina vending inversa para la aceptación, compactación y almacenamiento de botellas PET de 250 a 3000cm³ para SERPRA CÍA. LTDA“.

En resumen este proyecto es totalmente automática, se usaron programas computacionales CAE para su simulación. Para su compactación requiere una fuerza de 5466 N efectuada mediante un cilindro neumático de doble efecto, para finalmente comprimir las botellas a un tercio del tamaño original.(Pabs, 2013)

Además, en el Ecuador se han desarrollado programas de reciclaje como por ejemplo, la implementación de camiones recolectores que mediante un horario de recorrido receptan de tachos de basura los desechos. De hecho ciudades como Quito, Cuenca, Ambato, Guayaquil, Ibarra han trabajado con estos sistemas de recolección.

En la actualidad, en la ciudad de Riobamba se implementaron 600 contenedores de basura para el sistema de carga lateral, así mismo se puede mencionar que en mayo

de 2013 dentro de la ESPOCH por parte de ESPOCH RECICLETHEC reciclaron desechos electrónicos y eléctricos por sus distintas facultades para común concientizar a las personas.(AKREAR, 2013)

En el mismo contexto otra de las iniciativas que se dio en junio de 2013 en la ESPOCH, la facultad de Ciencias de la Escuela de Biotecnología Ambiental organizó un proyecto denominado WALL- E, el mismo que impulsaba la creatividad para elaborar productos con objetos reciclados.

Por tal motivo cabe recalcar que actualmente se está impulsando una buena cultura de reciclaje dentro de la ESPOCH, ya que de hecho en cada facultad se han instalado recipientes con distintivos de reciclaje.

Hoy en día se impulsan campañas de reciclaje en todo el Ecuador, y como muestra de ello han participado y siguen en ello Escuelas, Colegios, Municipios como Quinindé, Empresas como Enkador, Recynter, y muchos más, que aparte de ver esto como un negocio rentable, se busca culturizar a la población en beneficio del medio ambiente.

Se puede también decir que existen diálogos empresariales en nuestro país con la finalidad de aprovechar el recurso reciclado en la elaboración de prendas de vestir, como muestra de ello tenemos empresas como Enkador y Vicunha. (ecuadorenvivo, 2013)

Bueno el reciclaje genera muchas fuentes de empleo para la población de escasos recursos económicos que de una manera digna pero casi insalubre se ganan la vida humildemente. De hecho en este año la demanda de botellas recicladas se incrementó gracias a las buenas políticas y publicidad en pos del concepto de Eco Consumo y se ve que el objetivo de culturizar a la población es lo primordial.(TOUSSAINT, 2016)

Todo esto es beneficioso para el medio ambiente de hoy, pero en vista de que los recicladores también llamados mineros son los más vulnerables al deterioro de su salud ya que de una forma insalubre se somete a ambientes casi deplorables y con todos estos acontecimientos se debería implementar un mejor sistema de reciclaje como es la RVM que desde tiempo atrás se practica en países de primer mundo teniendo una excelente acogida.

La tendencia del reciclaje está en aumento y se estima que para el año 2016 la cultura de reciclaje, y la tecnología se fusionen ya que ideas innovadoras como la RVM son bienvenidas gracias al incentivo que la población recibe, además todo esto es posible gracias a la inversión extranjera, a las oportunidades de negocios que se están incrementando y beneficios que estos generan para muchos aspectos de importancia como es el medio ambiente social.

2.2 Marco teórico

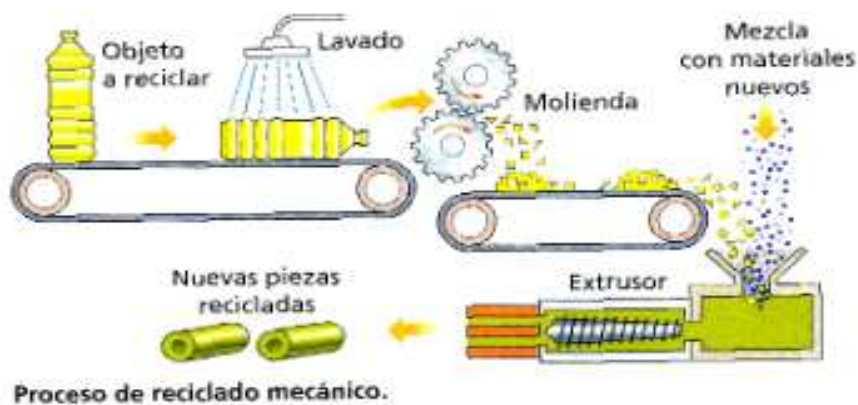
2.2.1 Reciclaje de botellas de plástico

Reciclar. Significa introducir en un nuevo ciclo de vida los productos usados, como papel, vidrio, metales, y para nuestro interés botellas de plásticos.(libre, 2014)

Existen tres métodos de reciclar:

Reciclado mecánico. Se trata de máquinas que mediante procesos físicos de calor y presión se someten los termoplásticos cuyo objetivo es darles nuevas formas o conseguir materia prima como pellet reciclado.

Figura 1. Reciclado mecánico de botellas de plástico



Fuente: (Medusa, 2011)

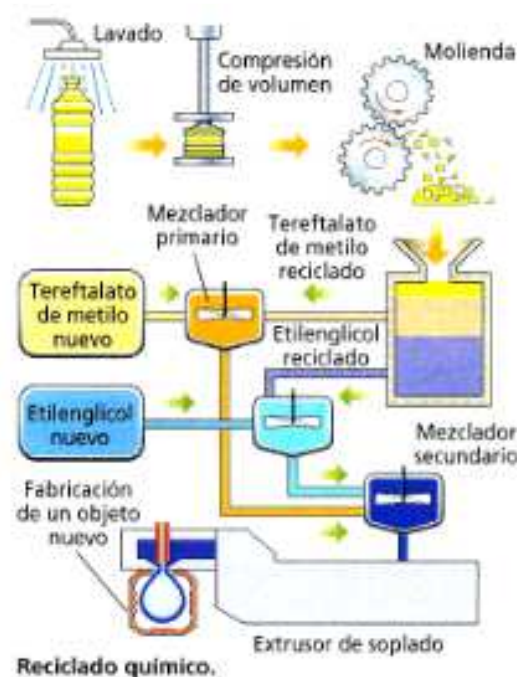
Las etapas de reciclado mecánico son:

- Recolección de botellas.
- Botellas prensadas.
- Selección de botellas.

- Separación, triturado y lavado.
- Escamas.
- Descontaminación y extrusión.
- Pelletizado.
- Pellet.

Reciclado Químico. Mediante procesos químicos se logra separar los monómeros que forman el plástico. Además se puede lograr productos mixtos disminuyendo considerablemente los costos de materia prima.

Figura 2. Reciclado químico de botellas de plástico



Fuente: (Medusa, 2011)

De entre los métodos químicos tenemos:

- *Pirólisis.* Rotura de las moléculas por calentamiento en vacío, la cual genera hidrocarburos que en una refinería son procesadas.
- *Hidrogenación.* Los plásticos son sometidos a hidrógeno y calor, se quiebran las cadenas poliméricas y nos queda un petróleo sintético para usarse en plantas petroquímicas.
- *Gasificación.* Se someten a aire u oxígeno los plásticos obteniendo gases como hidrógeno y monóxido de carbono.

- *Chemólisis*. Mediante procesos solvólíticos como hidrólisis, glicólisis transforman nuevamente los monómeros para ser polimerizados.
- *Metanólisis*. Es uno de los métodos vanguardistas en donde el PET es sometido a metanol y se consigue separar las moléculas para finalmente producir resina virgen.

Figura 3. Reciclado químico de metanólisis.

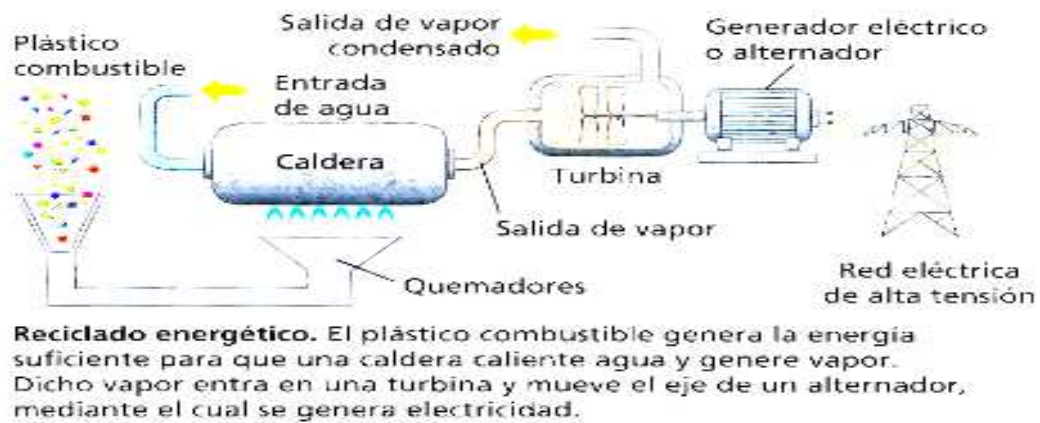


Fuente: (Medusa, 2011)

Reciclado Energético. Se usan los termoplásticos como combustibles para generar energía eléctrica, pero en este proceso se desprende CO₂ la cual contamina el ambiente. Por ello debe estar bajo vigilancia para que las emisiones estén bajo los regímenes establecidos.

El reciclaje de botellas PET es un método para ahorrar energía, disminuir el impacto ambiental, y por ahora un negocio creciente. (Medusa, 2011)

Figura 4. Reciclado energético de botellas de plástico



Fuente: (Medusa, 2011)

Luego de todo este proceso se consigue un producto de calidad que sirve para varias aplicaciones como: PET botellas, textiles, sunchos, láminas para termo formados, madera plástica, fibra para relleno térmico, tela no tejida, alfombras, decoraciones artísticas, etc.

Figura 5. Reciclado mecánico de envases PET.

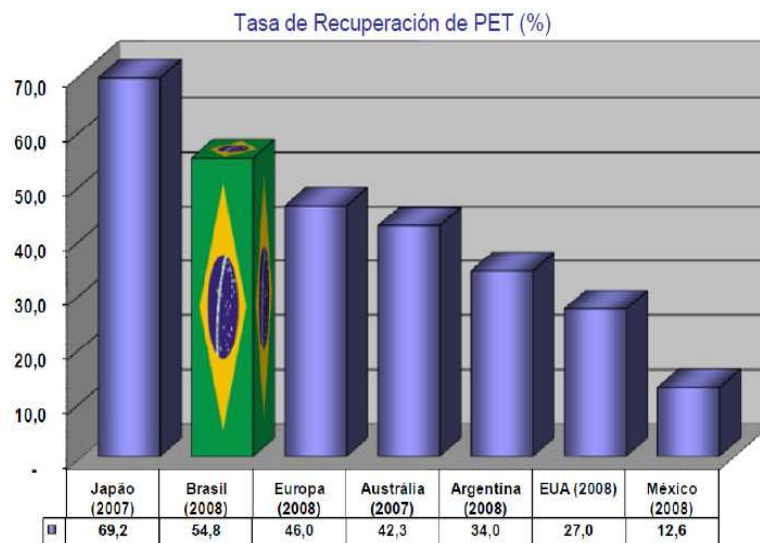


Fuente: (Ortiz, 2009)

En el mundo cada año se consumen 11 millones de PET.

A continuación se muestra una figura en donde se puede observar que existen países que aprovechan la materia prima para desarrollar nuevos productos.(PETENKADOR, 2010)

Figura 6. Tasa de recuperación de PET



Fuente: (Ortiz, 2009)

2.2.2 *Tipos de botellas de plástico de tereftalato de polietileno (PET).* Los plásticos suelen ser sintéticos o derivados del petróleo y naturales como la celulosa o látex.(Ortiz, 2009)

Propiedades de los plásticos.

- **Mecánicas:**
 - La resistencia es inversamente proporcional a la temperatura.
 - Tienden a fluir si se eleva el esfuerzo. O sea a deformarse bajo tensión.
 - Resistencia a compresión: Varía de 500 a 2500 kg/cm² dependiendo del tipo de plástico.
 - Resistencia a tracción: Varía de 350-550 kg/cm², pero plásticos extruidos en frío pueden llegar hasta los 4500 kg/cm². Todo depende del sistema de moldeo.
 - Es maleable para hacer láminas.

- **Acústicas:**
 - Es un excelente aislante del ruido.
 - Es un conductor acústico.

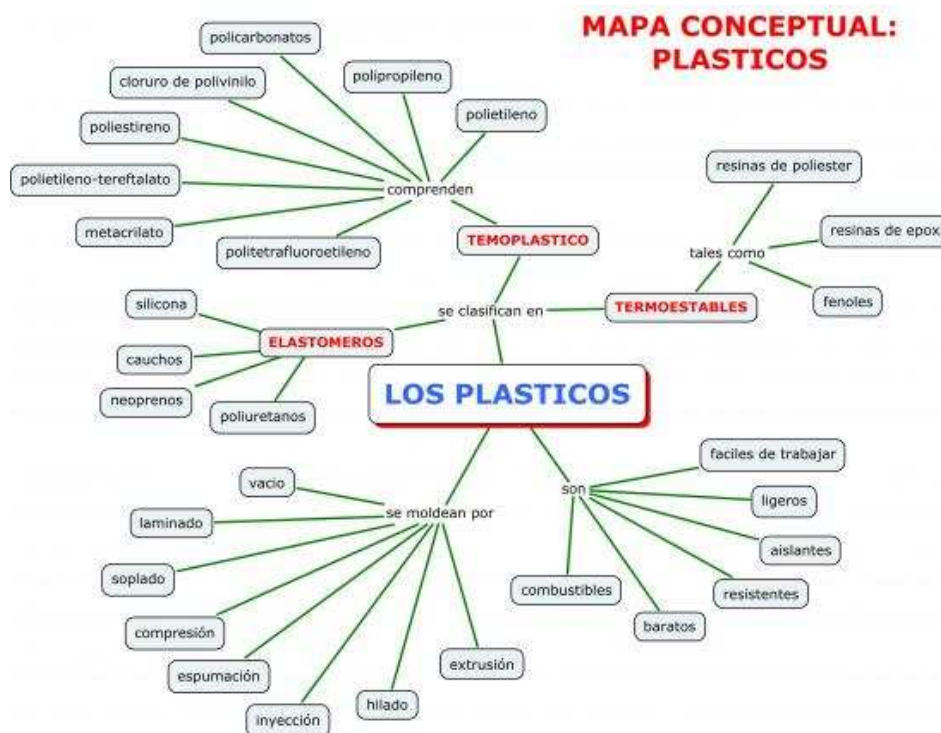
- **Eléctricas:**
 - Es un aislante y se usa para recubrimientos de cables.

- **Térmicas:**

- Es un aislante térmico lento se puede dilatar y contraer
- Químicas:
 - No se corroen
 - Resistente a los rayos ultravioletas
 - Permeabilidad
- Ecológicas:
 - Reciclables
 - Tóxicos
 - Biodegradables.
- Son ligeros.

Los mismos pueden ser clasificados en tres tipos: Termoplásticos, Termoestables, y Elastómeros.(chointecnología)

Figura 7 Clasificación de plásticos



Fuente:(chointecnología)

Para nuestro enfoque de estudio nos centraremos en los termoplásticos uno en común llamado PET.(paco_jr, 2013)

Los termoplásticos se fabrican de diferentes materiales dependiendo de su función.

- *Polietileno de alta densidad (PEAD)*. Es un polímero conformado repetitivamente de etileno a bajas presiones. Es una resina económica, flexible, tenaz, ligero, translúcida, resistente al impacto, su densidad es $0.952 \frac{g}{cm^3}$, es la más usada en botellas, no se usan en productos que requieren un sellado hermético o sea por encima de los $71.1 \text{ }^\circ\text{C}$.

- *Polietileno de baja densidad (PEBD)*. Es un polímero de adición repetitiva de etileno y se realiza a alta presión de 1500- 2000 bar. Tiene estructura de cadenas ramificadas y su densidad varía de 0.92 a $0.94 \frac{g}{cm^3}$. Tiene poca rigidez, su resistencia química es limitada, es muy translucido, más económico que el PEAD, y están destinadas para bebidas.

- *Politereftalato de etileno (PET)*. Es un polímero lineal que resulta de una reacción de poli condensación entre el ácido tereftalato y etilenglicol. Proporciona buena barrera para alcoholes, aceites esenciales, su aplicación más frecuente son para bebidas carbonatadas, y botellas de agua, textiles y satisface temperaturas de hasta 71.1°C . Este material fue elaborado en 1941 por dos científicos británicos Whinfield y Dickson, quienes lo usaron para textiles.







Desde 1976 se emplea para envases rígidos como por ejemplo botellas de agua mineral.

- *Policloruro de vinilo (PVC)*. De naturaleza clara, buena resistencia para impactos, dúctil, tenaz, excelentes para gases, usos cosméticos, champús, químicamente es vulnerable a solventes y se degrada a 71.1°C .

- *Polipropileno (PP)*. Es un termoplástico que procede de la polimerización del propileno, que resiste hasta temperaturas de $200 \text{ }^\circ\text{F}$, excelente para esterilización con vapor, se usa para jarras, su densidad es $0.91 \frac{g}{cm^3}$. Tiene poca resistencia al impacto en temperaturas frías.

- *Poliestireno (PS)*. Es una resina que se usa para productos secos como vitaminas, gelatinas, es un material claro, y tiene poca resistencia al impacto

Figura 8. Clasificación de termoplásticos.

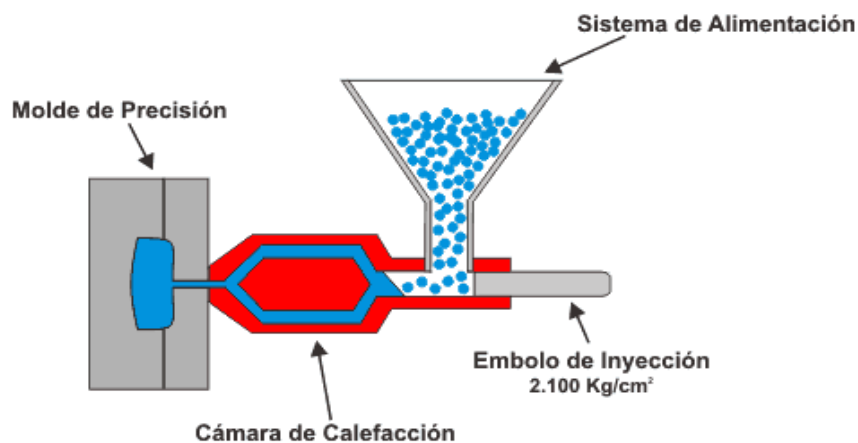
Termoplásticos		Aplicaciones	Usos después del reciclado	
Poliétileno tereftalato	PET	 PET	Botellas, envasado de productos alimenticios, moquetas, refuerzos neumáticos de coches.	Textiles para bolsas, lonas y velas náuticas, cuerdas, hilos
Poliétileno alta densidad	PEAD	 PE-HD	Botellas para productos alimenticios, detergentes, contenedores, juguetes, bolsas, embalajes y film, laminas y tuberías.	Bolsas industriales, botellas detergentes, contenedores, tubos
Poliétileno de baja densidad	PEBD	 PE-LD	Film adhesivo, Bolsas, revestimientos de cubos, recubrimiento contenedores flexibles, tuberías para riego.	Bolsas para residuos, e industriales, tubos, contenedores, film uso agrícola, vallado
Policloruro de vinilo	PVC	 PVC	Marcos de ventanas, tuberías rígidas, revestimientos para suelos, botellas, cables aislantes, tarjetas de crédito, productos de uso sanitario.	Muebles de jardín, tuberías, vallas, contenedores
Polipropileno	PP	 PP	Envases para productos alimenticios, Cajas, tapones, piezas de automoviles, alfombras y componentes eléctricos.	Cajas multiples para transporte de envases, sillas, textiles
Poliestireno	PS	 PS	Botellas, vasos de yogures, recubrimientos	Aislamiento térmico, cubos de basura, accesorios oficina

Fuente:(blogspot.)

Los plásticos se fabrican básicamente por tres métodos:

- *Moldeo por inyección.* Se trata de inyectar gránulos de pellets en una tolva; gracias al movimiento lineal del embolo inyector se introduce el material a una cámara de calefacción en la cual el polímero se funde y se transporta hasta un molde en el cual se solidifica, se abre el molde y se retira la pieza.

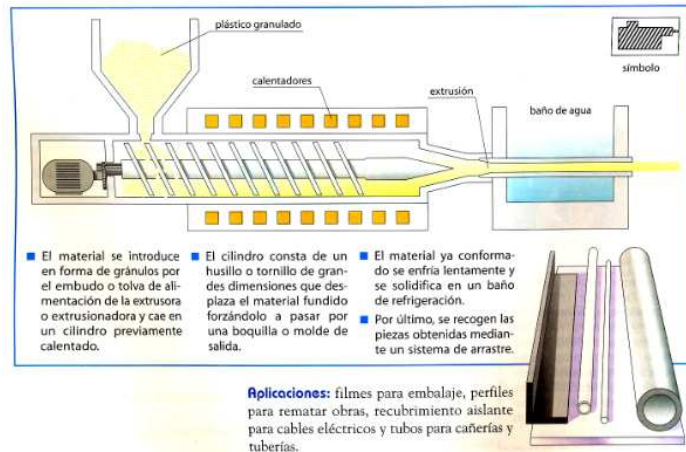
Figura 9. Moldeo por inyección



Fuente: (Medusa, 2011)

- **Extrusión.** Los gránulos entran a un cilindro previamente calentado, que tiene un tornillo que obliga a ingresar el material por una boquilla, al final se solidifica este la pieza.

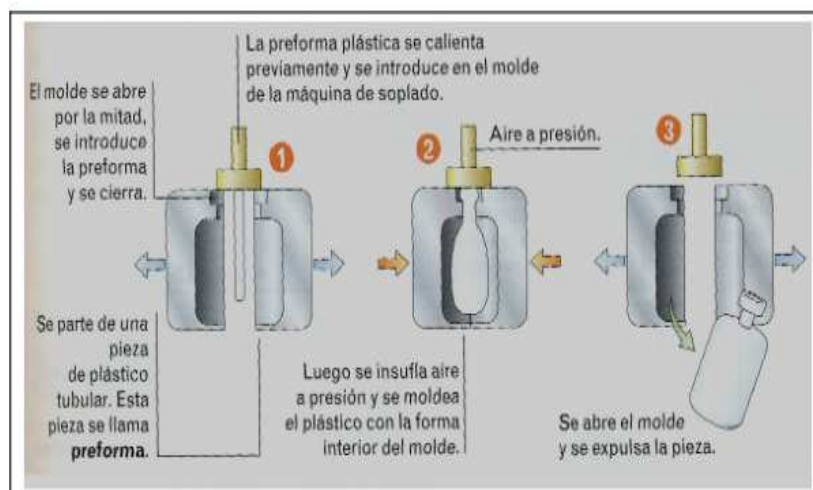
Figura 10. Fabricación de plásticos por extrusión



Fuente:(Medusa, 2011)

- **Moldeo por soplado.** Como podemos darnos cuenta tenemos una preforma caliente en forma de tubo, se introduce en un molde de dos matrices, se le inyecta aire comprimido hasta ocupar la forma del molde y por último se abre el molde y se retira la pieza. Con esto obtenemos piezas huecas como botellas de plásticos.

Figura 11. Moldeo por soplado.



Fuente: (Medusa, 2011)

Las botellas de plástico son recipientes utilizados para contener fluidos líquidos, el contenido adquieren la forma del recipiente. Son más versátiles que las botellas de vidrio además más económicas.

Elaboración de las botellas de plástico.

- La resina virgen o pellet derivado del petróleo, reacciona con procesos químicos y se tiene el PET.
- Se funde los pellets a 200 °C. Más tarde esta sustancia entra en una máquina especial, que le da la preforma.
- La preforma entra a una máquina en donde la temperatura es de 120 °C y ésta no se funde y con una varilla se lo estira para luego introducir aire comprimido para terminar la forma.
- En cuanto tiene la forma de la botella una máquina coloca la etiqueta.
- Se llena del producto consumible, por ejemplo Arca Continental produce 36000 botellas de medio litro por hora.
- Se distribuye en varias cadenas de locales y es consumido por el cliente de su preferencia.

Degradación de las botellas

Una botella tarda en degradarse alrededor de 500 años naturalmente. Estos productos no se degradan fácilmente y tiene su complejidad ya que son hechos a base de petróleo. Vivimos en un mundo lleno de contaminación que si decidimos usar de manera responsable los recursos podemos cambiar este problema.

Debido a estos problemas nace el concepto de productos biodegradable, que no son más que materiales que después de cumplir su vida útil se degradan químicamente mediante agentes ambientales.

Los productos pueden degradarse de dos maneras que son degradación aeróbicas si desprenden dióxido de carbono y agua y, anaeróbicas si los productos son metano y dióxido de carbono.(Tonelli, 2006)

Los métodos de degradación son:

- *Compostable.* Descomposición biológica que produce dióxido de carbono agua, compuestos inorgánicos y biomasa.
- *Oxo-degradables.* Se degradan mediante varias etapas utilizando aditivos químicos.
- *Foto degradables.* Son productos que se degradan gracias a los rayos ultravioletas que básicamente pierden su resistencia y se rompen en diminutas partículas.
- *Solubles en agua.* Se solubilizan con el agua y finalmente se biodegradan gracias a los microorganismos.
- *Biodesintegrables.* Estos materiales tienen una fracción orgánica que gracias a los microorganismos metabolizan la parte orgánica. (Tonelli, 2006)

2.2.3 Compactadoras de botellas de plástico. Desde la invención de las máquinas o revolución industrial en el siglo XIX se busca sustituir la mano de obra para acrecentar la productividad en la manufactura de los productos.

Con estos se busca dar soluciones a necesidades cotidianas del ser humano. Es por ello que las máquinas son diseñadas según las necesidades del cliente.

Las máquinas compactadoras de botellas de PET son un conjunto de mecanismos perfectamente ensamblados que mediante diferentes fuentes de energía como la mecánica, eléctrica, hidráulica, cinética, potencial, se consigue reducir el volumen de los productos plásticos hasta espesores mínimos.

El objetivo es utilizar la ventaja mecánica de las máquinas para comprimir las botellas de PET a volúmenes pequeños.

Los mecanismos de compactado son diversos como por ejemplo de rodillos, superficies planas, y con prensas hidráulicas o neumáticas.

El funcionamiento por lo general es mediante energía eléctrica, para ello tiene una fuente de control y otra de potencia.

Hoy en día son muy utilizados los compactadores de botellas de PET por empresas que reciclan este producto y que buscan dar soluciones eficientes para su tratamiento y manufactura.

Gracias a la automatización electrónica ahora estas máquinas compactadoras son mucho más amigables y eficientes, con esto se pretende reducir la mano de obra, pero se ha comprobado que por más que sea automática siempre necesitaran la presencia humana.

En el Ecuador solo las empresas recicladoras grandes como ENKADOR, poseen estos tipos de máquinas pero sus dimensiones son enormes, claro está, es para una gran cantidad de botellas de plásticos.

Sus costos también son considerables en vista a su gran tamaño y capacidad de compactado y existen desde los USD 10.000,00.

2.2.4 Tipos de compactadoras de botellas de plástico. Los compactados suelen realizarse mediante tres métodos:

Compactado por prensas.

En este compactado un gran volumen de botellas de PET se centran en la máquina para luego una prensa reducir o comprimir hasta un volumen pequeño.

Tenemos:

- *Hidráulica.* Son diseños de ingeniería hidráulica, utilizan una prensa hidráulica vertical y una fuente de aceite la cual permite multiplicar la fuerza y gracias a ello se puede compactar grandes volúmenes de material reciclado y disminuirlo a pacas pequeñas.(MACFAB, 2011)

Con este sistema se reduce los costos de transporte y se incrementa la productividad. El avance del pistón es mínimo pero se incrementa la fuerza de compactado.

Dimensiones.

Tabla 1. Características de una compactadora hidráulica

Altura	2.336 m
Anchura	2.050 m
profundidad	0.861 m
Peso	562 kg
Voltaje	220-440 V
Motor monofásica	2.2 kW. 16 A
Producción	Hasta 8 toneladas
Nivel de ruido	72 dB

Fuente: (MACFAB, 2011)

Figura 12. Compactadora hidráulica.



Fuente: (MACFAB, 2011)

- *Neumático.* Este sistema de compactado se lo hace mediante una fuente de aire comprimido. Aquí la velocidad del pistón se incrementa pero se reduce la fuerza.

Figura 13. Compactadora neumática



Fuente:(Medina, 7)

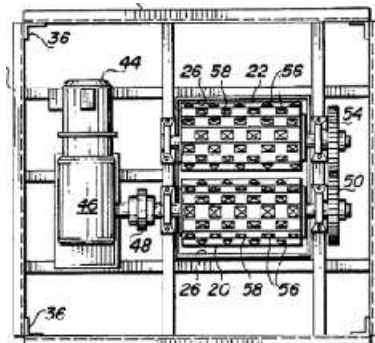
Compactado por rodillo

En este compactado se emplean uno o dos rodillos que mediante unas garras o púas arrastran a las botellas y en el estrechamiento las compactan para luego caer por gravedad al lugar de almacenamiento.

Los compactadores de dos rodillos suelen tener los diámetros pequeños, y debido a que las muelas abrasivas son grandes el compactado se reduce.

- *Compactadora de rodillos con muelas.* Podemos darnos cuenta que se emplea un motorreductor para dar potencia al sistema, los rodillos tienen unas púas del tipo piramidal, y la inversión de giro se realiza mediante engranajes con relación 1 a 1.(Medina, 7)

Figura 14. Compactadora de rodillos con muela



Fuente:(Medina, 7)

- *Compactador con púas.* Este sistema de compactado es de manera industrial para volúmenes grandes, consiste en dos rodillos que rotan gracias a dos motorreductores dispuestos en sentidos contrarios para cada uno. Tienen unas púas de hasta dos centímetros para el agarre y arrastre de las botellas recicladas. (Medina, 7)

Figura 15. Compactadora con púas



Fuente: (Medina, 7)

- *El compactador de un solo rodillo.* Un solo rodillo compacta las botellas gracias a sus dientes con púas y a una superficie estática que sirve de apoyo. Es beneficioso porque se optimiza el espacio, muy usado en lugares donde no se dispone de ello. Trabaja con un motorreductor de velocidades el cual aquí se incrementa la carga en la máquina y la potencia debido a la fricción con la superficie estática.

Figura 16. Compactadora de un solo rodillo

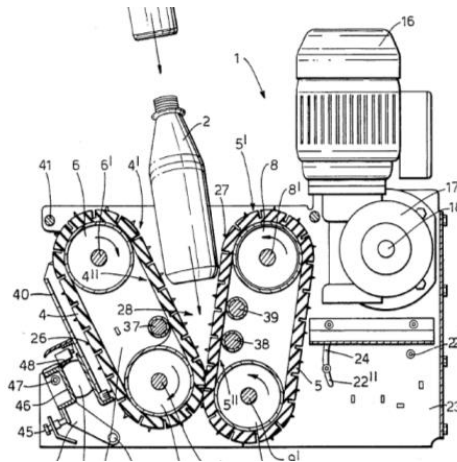


Fuente: (Medina, 7)

Compactado por superficies inclinadas.

Es una máquina en donde el mecanismo de compactado tiene dos fajas como bandas transportadoras verticales e inclinadas, las superficies tienen unas púas para el agarre y arrastre hasta la parte inferior donde se compacta gracias a su reducción de espesor.

Figura 17. Compactadora de superficies inclinadas



Fuente:(Medina, 7)

2.2.5 Reverse Vending Machine. El sistema de Vending es un método revolucionario que consiste en la interacción de una persona con una máquina inteligente automática que mediante un intercambio de productos ambas partes se benefician. En el mundo actual se emplean estas máquinas que de forma automática venden productos como bebidas, tabaco, preservativos, helados, llamadas telefónicas, cajeros, etc. El hecho está en que alguien compra un producto solo con depositar dinero en la máquina y esta le entrega el producto deseado. La empresa Coca Cola ha trabajado con esta tecnología desde décadas atrás, la cual ha significado un negocio creciente para la compañía.

Esta idea ha revolucionado a los visionarios que han visto en este sistema una manera de hacer conciencia social, y además un negocio en auge.

Antes solo se usaba para vender producto mediante el ingreso de una moneda. De esta idea surge el reverse vending machine para reciclar.

Acá ocurre todo lo contrario se trata de reciclar productos en este casos botellas de PET, para que reciba un incentivo en dinero.

Existe máquinas que a cambio de un producto reciclado te entrega un ticket, o papel para canjear por productos en supermercados, otra oferta de estas máquinas es por ejemplo en Japón se usa este sistema para pagar el transporte masivo en trenes. O sea con una botella se viaja; existen varios sistemas de concientización humana para reciclar productos usados que de una manera responsable se pueden cuidar y así ayudar al medio ambiente.

Muchas empresas están trabajando con esta tecnología. Tal es el caso de GARBY una empresa de España que está dedicado al reciclaje con conciencia social. Dinamarca, Alemania trabaja con este sistema en supermercados y centros de interés.

Para el usuario de interés lo único que debe realizar es terminar el contenido de sus productos avistar la máquina e introducir el producto terminado.

La máquina inteligente detecta y constata el material a fin, posteriormente mediante un sistema mecánico bien las compacta o tritura según la función de la máquina, posterior a esto se le compensa al reciclador con incentivo ya sea en dinero o mediante cupones de reciclaje. Al final las botellas caen a un centro de almacenamiento la cual guarda hasta su posterior retiro.

La base de estas máquinas son diseños de Ingeniería Mecánica complementada con Ingeniería Electrónica y Eléctrica, la cual entra una programación para cargar el programa a la RVM, para su posterior uso en los diferentes centros de interés, como podemos verificar el sistema de máquinas RVM son complementos del reciclaje para cuidar nuestro medio ambiente.

La cultura de las personas desde siempre ha sido, explotar los recursos hasta casi agotarlo, estamos acostumbrados a recibir y recibir y no ayudar a nuestro medio de vida. Es necesario mejorar el medio ambiente y más aún la cultura de las personas.

Por todo eso y más la máquina diseñada tiene un sistema de incentivo en dinero por botella, esperamos mejorar el reciclaje y hacer de esto una cultura general.

La gente necesita dinero, que mejor aún si así mejoramos nuestro medio ambiente, con esta campaña se motivara al reciclaje y reducir los RSU, y por todo eso y más la tecnología cambiará nuestra cultura.

Figura 18. Máquina Reverse Vending Machine



Fuente: (Rentero, 2010)

Existen máquinas RVM de varios precios y cómo podemos darnos cuenta son máquinas bien complejas con sistemas electrónicos en el cual dependiendo de la aplicación y de su complejidad sus precios van desde los \$ 7000.00 USD(Rentero, 2010)

CAPÍTULO III

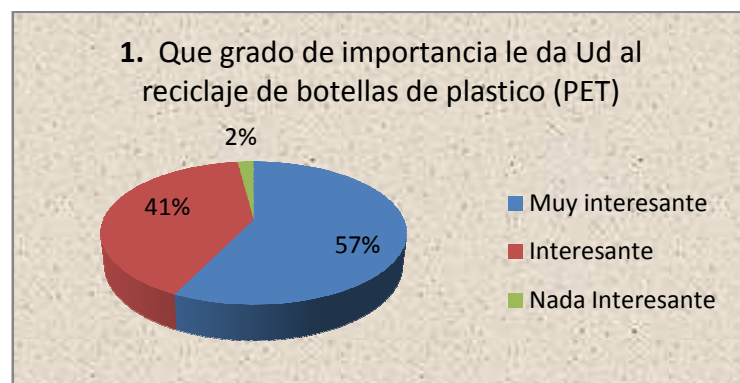
3. ESPECIFICACIONES DE LA NECESIDAD

3.1 Objetivo de la investigación

Para nuestro interés se procedió a realizar una encuesta (Anexo D) dentro de la ESPOCH y se pudo determinar que aproximadamente el consumo semanal de botellas plásticas son de 2005 botellas plásticas de 500ml (Anexo C), las mismas que son consumidas en los diferentes bares de la institución.

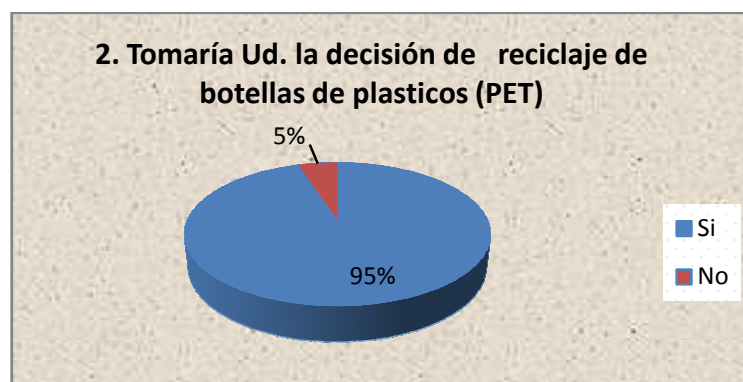
El tamaño de muestra para ser encuestada es de 500 estudiantes, cuyo resultado se muestra a continuación

Figura 19. Respuesta 1



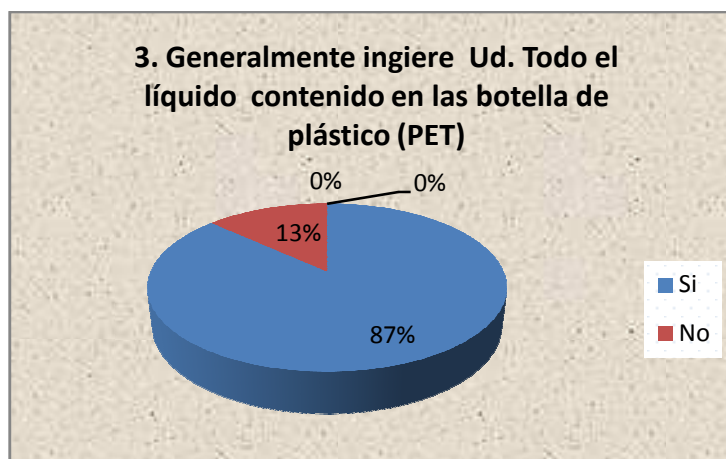
Fuente: (Autores)

Figura 20. Respuesta 2



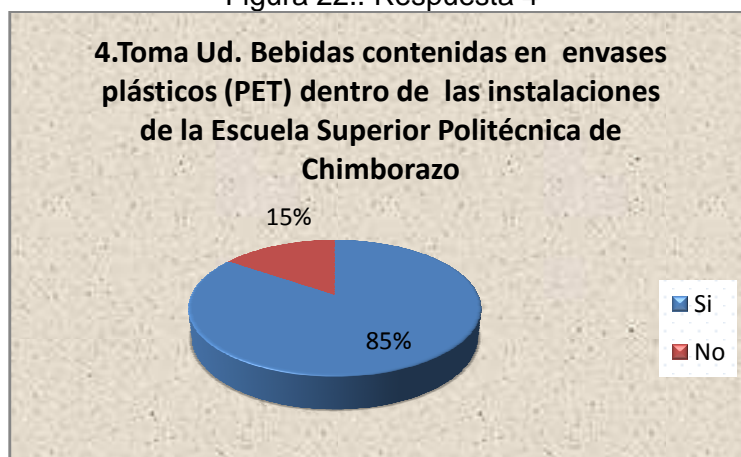
Fuente: (Autores)

Figura 21. Respuesta 3



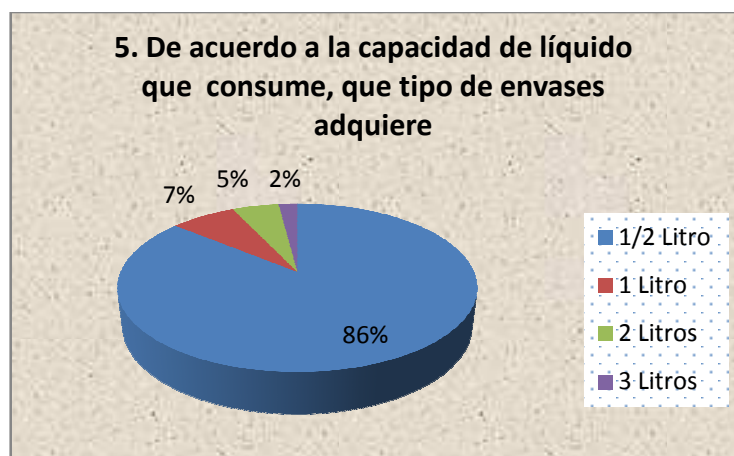
Fuente: (Autores)

Figura 22.. Respuesta 4



Fuente: (Autores)

Figura 23. Respuesta 5



Fuente: (Autores)

Figura 24.Respuesta 6



Fuente: (Autores)

Características de las botellas de plásticos.

Dado los resultados de la encuesta efectuada en la ESPOCH, se llegó a concluir que las botellas más consumidas son de medio litro. Para este volumen setiene las siguientes características:

Tabla 2. Características de la botella plástica de 500 ml

Masa (g)	25
Altura de la botella (mm)	150 - 250
Diámetro de la botella (mm)	65-72
Diámetro del pico (mm)	27
Altura del pico de la botella (mm)	12
Altura del anillo (mm)	4
Altura de la etiqueta (mm)	34-44

Fuente: (Autores)

Se debe anotar tambien que los picos de las botellas en todos loa tamaños vienen estandarizados y se concluye que semanalmente 2005 botellas de 500 ml son consumidas en toda la institución.

Figura 25. Partes de una botella plástica



Fuente:(Medina, 7)

3.2 Necesidades del operario

A continuación se detalla una tabla en la cual se determina las diferentes actividades que el operario realizará para tener siempre eficiente la máquina recicladora de botellas de 500 ml.

Tabla 3. Necesidades del operario

Deseo o exigencia	Operario	Descripción
E	Desempeño	<ul style="list-style-type: none"> • Que sea fácil de manipular y su accionar sea en el menor tiempo posible • Gracias a su diseño una persona operara esta máquina • Que no desprenda contaminantes en el momento de su funcionamiento.
E	Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Operar únicamente cuando las puertas de la

		<p>máquina estén cerradas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • No poner por ningún motivo en riesgo la integridad física del operario
E	Ergonomía	<ul style="list-style-type: none"> • Gracias a su diseño ergonómico el operario estará de pie y acostado para hacer el mantenimiento y se recicla a una altura de 125 cm.
E	Montaje	<ul style="list-style-type: none"> • Que el montaje y traslado de la máquina sea rápida y simple de realizarla
E	Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Que las partes mecánicas, eléctricas, y electrónicas sea de fácil mantenimiento y sin complicaciones. Según el desgaste de los elementos electromecánicos será el mantenimiento • Que los repuestos de interés se pueden encontrar en el mercado nacional y dentro de la ciudad
E	Señales	<ul style="list-style-type: none"> • Que las señales de encendido, apagado, alarmas sean fácil de comprender y rápido de ver y escuchar.

Fuente: (Autores)

3.3 Necesidades del cliente

Dentro de las necesidades del cliente se tiene involucrado a dos beneficiarios:

El primero una persona que deposita su botella de 500 ml a la máquina y como beneficio recibirá 1 centavo de dólar.

Otra persona es quien compra las botellas compactadas dándole un buen uso de reciclaje para generar otros productos, evitando así la contaminación del medio ambiente.

Tabla 4. Necesidades del cliente

Deseo o exigencia	Cliente	Descripción
E	Pago	Que el pago por el reciclaje sea de 1 centavo de dólar por botella
E	Empresa	Que las botellas recicladas vengan en pacas compactadas y pesadas.

Fuente: (Autores)

Todos los usuarios recicladores, como estudiantes, profesores o cualquier persona natural que contribuya al cuidado del medio ambiente tendrán acceso a un pago.

- Recibir un pago de un centavo de dólar por botella reciclada con la máquina RVM.

Destino de la materia prima

Para las pequeñas o grandes empresas que se destinan esta materia prima se debe considerar.

- Sacar las botellas compactadas del sistema de almacenamiento de la RVM una vez escuchada la alarma de llenado.
- Pesar y hacer pacas de botellas para venderlas a los recicladores en cantidad y calidad.

3.4 Matriz de necesidades-medidas.

Luego de establecer las necesidades del operario, se consideran las posibles aspiraciones que se esperan del bien generado por la RVM.

Tabla 5. Matriz de necesidades – medidas

MEDIDA	Si / No	Si / No	Si / No	Si / No	Si / No	Si / No	Si / No	Si / No	Si / No
Necesidades	Hoja técnica	Operación máxima de dos personas	PET 100% reciclable	100% seguro de operar	Diseño ergonómico	RVM móvil	Respuestas	Fácil instalaciones , mecánicas eléctricas y electrónicas	Alarmas visuales y auditivas
Fácil operación	Si								
Personas encargadas de la máquina		Si							
Existen problemas de contaminación			No						
Totalmente seguro				Si					
Existen dificultades en la operación					No				
Existe dificultad de movilizar la RVM						No			
Los repuestos se encuentran fácilmente							Si		
Mantenimiento fácil								Si	
Alarma fácil de detectar									Si

Fuente: (Autores)

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO DEL MODELO DE MÁQUINA EXPENDEDORA INVERSA.

De los diferentes tipos de máquinas y mecanismo compactadores de botellas plásticas expuestos anteriormente se prosigue a seleccionar el diseño más óptimo.

Tabla 6. Selección de máquina compactadora

TIPOS DE COMPACTADORAS REQUERIMIENTOS	PRENSA HIDRÁULIC A	PRENSA NEUMÁTIC O	CON DOS RODILLOS	UN SOLO RODILLO	SUPERFICIES INCLINADAS
Economía	7500.00	6000.00	4500.00	3248.00	4500.00
Seguridad	98%	98%	99%	99%	98%
Transmisión	Pistón hidráulico	Pistón neumático	Cadena	LOVE JOY	Cadena
Energía	Electro Hidráulica (aceite hidráulico)	Electro neumático (compresor)	Electromecánic a	Electromecánic a	Electromecánic a
Almacenamient o de botellas	No dispone	Depósito inferior	Depósito inferior	Depósito inferior de la estructura	Parte inferior de la máquina
Tiempo operación	3 min	1min	10 segundos	10 segundos	20 segundos
accesibilidad	Muy accesible	Muy accesible	Excelente	Excelente	Muy accesible
Montaje	Satisfactorio	Satisfactorio	Muy bueno	satisfactorio	Muy bueno
Automatización	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Autores)

Según los requerimientos expuestos en la tabla 6 se establece que todas las máquinas son realizables, pero considerando el factor económico, simplicidad, tiempo y eficiencia, se selecciona una máquina con un solo rodillo compactador.

4.1 Diseño del sistema de identificación

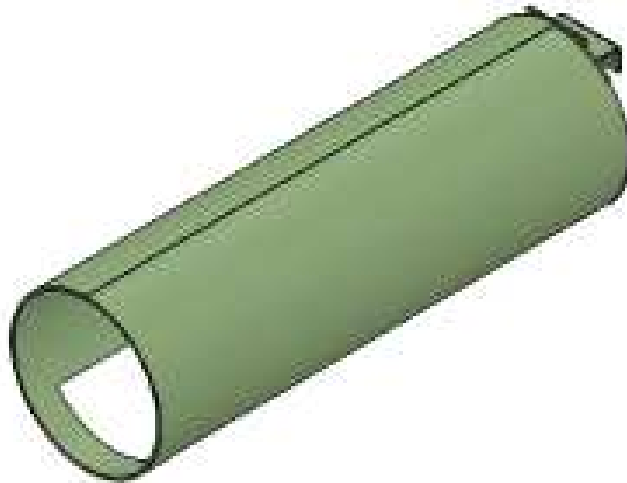
El diseño de este dispositivo giratorio exige de elementos mecánicos y electrónicos. Esto conlleva a realizar una programación en el software LOGO SOFT, que mediante un cable de datos del LOGO se transmite la información de la computadora al único dispositivo controlador que es el LOGO SIEMENS y gracias a esto se logra el objetivo de identificar al material y rotar el ducto interno para introducir la botella a la tolva de almacenamiento.

Parámetros mecánicos.

El diseño de este dispositivo, se basó según el peso de la botella que es de 25 g y su geometría. Como todos sabemos la densidad del acero es mucho mayor que el plástico, entonces empíricamente se seleccionó el material el cual satisface las necesidades requeridas.

En vista de que la masa a soportar es muy pequeña de 25 g, y por disponibilidad de material se selecciona una plancha laminada al frío: ASTM A 36, de espesor de 1/20".

Figura 26. Canal de alimentación



Fuente: (Autores)

- Material: ASTM A36
- Dimensiones: \varnothing 100x 330 mm
- Ducto interno: PVC \varnothing 3.5"
- Altura ergonómica: 1250 mm

Parámetros electrónicos

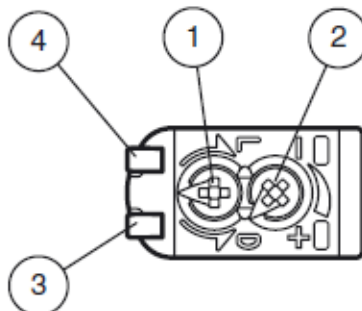
El sistema electrónico de identificación del PET 1 se lo llevó a cabo con un sensor fotoeléctrico de detección directa ML-100 que se caracteriza por su carcasa en miniatura con casquillos metálicos y con rosca interior integrada completamente. La variante óptica consta de un LED emisor rojo.(GmbH, 2004)

Figura 27. Sensor PET



Fuente: (GmbH, 2004)

Figura 28. Sensor PET



Fuente(GmbH, 2004)

Tabla 7, Propiedades del sensor PET

1	Conmutación claro-oscuro reversible	
2	Regulador de sensibilidad	
3	Indicatore de senal	amarillo
4	Indicación de operación	verde

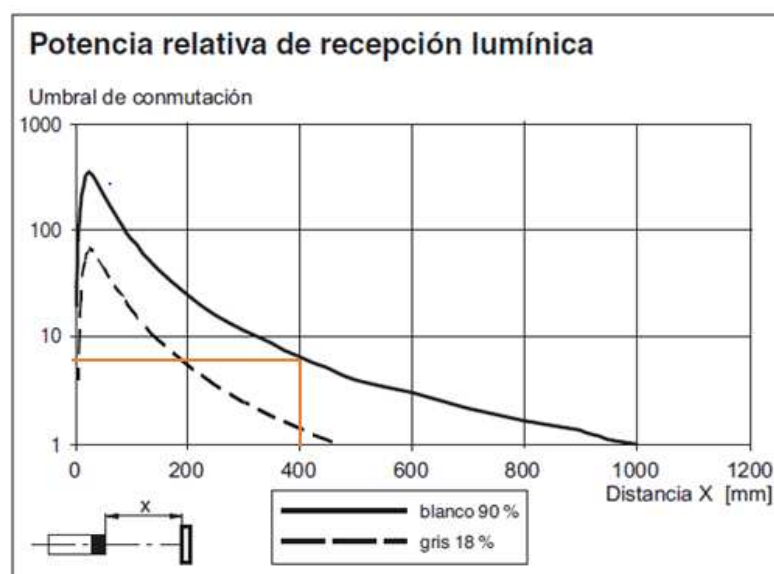
Fuente: (GmbH, 2004)

La conmutación tiene que ver el tipo de señal invertida o normal. El sensor de PET detecta el material y envía una señal de 12 V, y si no detecta envía 5 V.

La regulación de sensibilidad tiene que ver con la distancia de trabajo del material, dentro del rango de detección que es de 0 a 1000 mm, se calibró a 400 mm para tener una buena identificación del material, que a través de colores se realiza el trabajo y la función.

- *Indicación de trabajo.* LED verde: LED rojo
- *Indicación de función.* LED amarillo, se enciende si el receptor (botella) recibe luz.

Figura 29. Potencia relativa de recepción lumínica



Fuente: (GmbH, 2004)

Se debe indicar que la calibración se realiza durante la detención del material de PET 1 y también permite que rote el ducto interno gracias a la acción del servomotor de 3.2 kg, el mismo que tiene las siguientes características.

- Denominación: HS-311
- Modelo: Servomotor
- Torque: 3.2 Kg
- Giro: 180°
- Señal de control (entrada): 1500 microsegundos de pulsos
- Señal del pulso de entrada: 3-5 V
- Voltaje de alimentación: 4.8-6 VDC
- Con 4.8 V tiene un torque de 3kg con 6 V tiene un torque de 3.7 kg

Rodillo

Condición de agarre y empuje

$$a + b \geq 90^\circ \quad (1)$$

Geometría de los rodillos

Función trigonométrica seno en el triángulo ACF

$$\begin{aligned} \operatorname{sen}(a) &= \frac{CF}{CA} & (2) \\ \operatorname{sen}(a) &= \frac{Rr + 5.5}{Rr + Rb} \\ \operatorname{sen}(a) &= \frac{178 + 5.5}{178 + 36} \\ a &= 59^\circ \end{aligned}$$

Suma de ángulos complementarios en el triángulo ACF

$$\begin{aligned} a + c + 90 &= 180 & (3) \\ c &= 31^\circ \end{aligned}$$

Ley del coseno en el triángulo CAD

$$\begin{aligned} CD^2 &= DA^2 + CA^2 - 2DA \cdot CA \cdot \cos(b) & (4) \\ \cos(b) &= \frac{DA^2 + CA^2 - CD^2}{2DA \cdot CA} \\ \cos(b) &= \frac{(Rb)^2 + (Rr + Rb)^2 - (Rr + 10)^2}{2(Rb)(Rr + Rb)} \\ \cos(b) &= \frac{(36)^2 + (178 + 36)^2 - (178 + 10)^2}{2(36)(178 + 36)} \\ b &= 40.31^\circ \end{aligned}$$

Ley del seno

$$\begin{aligned} \frac{\operatorname{sen}(b)}{CD} &= \frac{\operatorname{sen}(e)}{DA} & (5) \\ e &= 7.11^\circ \end{aligned}$$

Tabla 8. Selección de la condición geométrica

Rrod	sen(a)	cos(b)	a+b	a	a	b	b
110	0,79109589	0,78120244	90,9170283	0,912598499	52,2879201	0,6742067	38,6291082
120	0,804487179	0,77742165	92,5354353	0,934811585	53,5606332	0,68024021	38,9748021
130	0,81626506	0,77409639	93,9892417	0,954915726	54,712513	0,68550984	39,2767287
140	0,826704545	0,77114899	95,3042861	0,97322506	55,7615581	0,69015241	39,542728
150	0,836021505	0,76851852	96,5010901	0,989991847	56,722222	0,69427384	39,7788681
160	0,844387755	0,76615646	97,5961838	1,005421317	57,6062634	0,69795741	39,9899204
170	0,851941748	0,76402373	98,6030493	1,01968238	58,4233602	0,70126951	40,1796891
178	0,857476636	0,76246106	99,3525546	1,030345165	59,0342913	0,70368809	40,3182633
180	0,858796296	0,76208848	99,5328048	1,032915497	59,1815602	0,70426372	40,3512447
190	0,865044248	0,76032448	100,394711	1,045238561	59,8876181	0,7069838	40,5070933
200	0,870762712	0,75870998	101,196552	1,056751359	60,5472513	0,70946579	40,6493007

Fuente: (Autores)

$$99.31^\circ \geq 90^\circ$$

Si cumple la condición

Parámetros del tambor o rodillo compactador.

- Diámetro del rodillo: $\varnothing r = 356$ mm
- Longitud del rodillo: $L_r = 320$ mm
- Coeficiente de rozamiento: $U = 0.25$
- Fuerza de compactación: $N = 3000$ N fuerza de compactado
- 18 RPM velocidad de rotación tomada en base a requerimientos de alto torque
- Masa del rodillo: $M_r = 19.61$ kg

$$1.88 \frac{rad}{seg}$$

Presión sometida el rodillo compactador.

$$P = \frac{F}{A} \quad (6)$$

$$\text{Área del cilindro} = 2\pi r(h + r) \quad (7)$$

$$A = 2\pi(0.178)(0.32 + 0.178)[m^2]$$

$$A = 0.557 [m^2]$$

$$P = \frac{3000 N}{0.557 [m^2]}$$

$$P_{i_{req}} = 5385.99 [Pa] = 0.781 PSI$$

Presión interna del cilindro

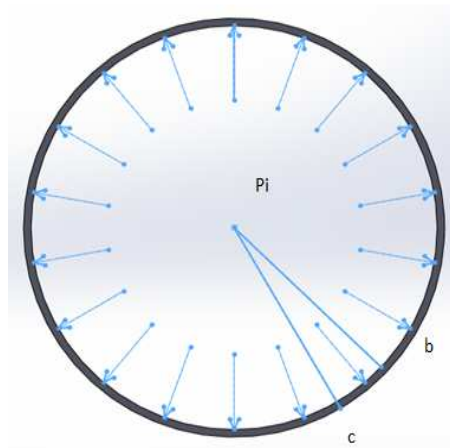
$$P = 5385.99 \text{ [Pa]} = 0.781 \text{ PSI}$$

Esfuerzo radial y tangencial

$$\sigma_r = \frac{Pi * b^2}{c^2 - b^2} \left(1 - \frac{c^2}{r^2}\right) \quad (8)$$

$$\sigma_t = \frac{Pi * b^2}{c^2 - b^2} \left(1 + \frac{c^2}{r^2}\right) \quad (9)$$

Figura 32. Presión interna del cilindro de compactación móvil



Fuente: (Autores)

$$\text{Si } r = b$$

$$\sigma_r = -Pi$$

$$\sigma_t = \frac{Pi(b^2 + c^2)}{c^2 - b^2}$$

Aplicando el criterio VON MISSES

$$\frac{Sy}{n} \geq \sqrt{\sigma_t^2 - \sigma_t * \sigma_t + \sigma_r^2} \quad (10)$$

$$n = \text{coeficiente de seguridad} = 2$$

Comprobación con la presión interna

Seleccionado un espesor de ¼ "

Esfuerzo radial y tangencial

$$\sigma_r = \frac{Pi * b^2}{c^2 - b^2} \left(1 - \frac{c^2}{r^2}\right)$$

$$\sigma_t = \frac{Pi * b^2}{c^2 - b^2} \left(1 + \frac{c^2}{r^2}\right)$$

$$\text{Si } r = b = 0.17165 \text{ m}$$

$$C = 0.178 \text{ m}$$

$$\sigma_r = -Pi$$

$$\sigma_t = \frac{Pi(b^2 + c^2)}{c^2 - b^2}$$

$$\sigma_r = -Pi$$

$$\sigma_t = 27.54 * Pi$$

Aplicando el criterio VON MISSES

$$\frac{Sy}{n} \geq \sqrt{\sigma_t^2 - \sigma_t * \sigma_r + \sigma_r^2}$$

$$\frac{241000000}{2} \geq \sqrt{(27.54 * Pi)^2 + (27.54)Pi^2 + Pi^2}$$

$$120500000 \geq \sqrt{758.45 + (27.54) + 1} * Pi$$

$$Pi_{dis} = 4295388.4 \text{ Pa} = 622.9 \text{ Psi}$$

$$Pi_{dis} \geq Pi_{req}$$

Cálculo de la deformación

$$\mu = 0.15$$

$$E = 207000000000 \text{ Pa}$$

$$\partial = \frac{b \cdot P}{E} \left(\frac{c^2 + b^2}{c^2 - b^2} + \mu \right) \quad (11)$$

$$\partial = \frac{0.17165 * 4295388.4}{207000000000} \left(\frac{0.178^2 + 0.17165^2}{0.178^2 - 0.17165^2} + 0.15 \right) [m]$$

$$\partial = 0.0001019 \text{ m}$$

$$\partial = 0.1 \text{ mm}$$

Tabla 9. Selección de la cédula del rodillo compactador móvil

Nominal Pipe Size inches	OD mm	10	20	30	STD	40	60	XS	80	100	120	140	160	XXS	5S	10S	40S	80S	Vol/m ³		
1/8	10.30				1.73 0.37	1.73 0.37		2.41 0.47	2.41 0.47								1.24 0.28	1.73 0.26	2.41 0.48	0.0001	
1/4	13.70				2.24 0.63	2.24 0.63		3.02 0.80	3.02 0.80								1.66 0.51	2.24 0.64	3.02 0.82	0.0002	
3/8	17.10				2.31 0.84	2.31 0.84		3.26 1.10	3.26 1.10								1.65 0.64	2.31 0.85	3.26 1.12	0.0003	
1/2	21.30				2.77 1.27	2.77 1.27		3.73 1.62	3.73 1.62				4.78 1.95	7.47 2.55	1.66 0.82	2.11 1.01	2.77 1.20	3.73 1.65		0.0004	
3/4	26.70				2.87 1.69	2.87 1.69		3.91 2.20	3.91 2.20				5.56 2.90	7.82 3.64	1.66 1.04	2.11 1.31	2.87 1.71	3.91 2.24			
1	33.40				3.78 2.40	3.38 2.50		4.55 3.24	4.55 3.24				6.35 4.24	9.05 5.45	1.65 1.33	2.77 2.15	3.38 2.55	4.55 3.28		0.0011	
1 1/4	42.20				3.56 3.25	3.56 3.25		4.85 4.47	4.85 4.47				6.35 6.61	9.70 7.77	1.65 1.58	2.77 2.76	3.56 3.46	4.85 4.56		0.0018	
1 1/2	48.30				3.68 4.05	3.68 4.05		5.08 5.41	5.08 5.41				7.14 7.25	10.18 9.56	1.66 1.95	2.77 3.17	3.68 4.12	5.08 5.51		0.0023	
2	60.30				3.81 5.44	3.81 5.44		5.54 7.48	5.54 7.48				8.74 11.11	11.07 13.44	1.66 2.44	2.77 4.01	3.81 5.54	5.54 7.63		0.0036	
2 1/2	73.00				5.16 8.67	5.16 8.63		7.01 11.41	7.01 11.41				9.53 14.32	14.62 20.75	2.11 3.77	3.68 5.36	5.16 8.81	7.01 11.64		0.0053	
3	88.90				5.43 11.78	5.43 11.39		7.62 15.27	7.62 15.27				11.13 21.25	15.24 27.68	2.11 4.60	3.68 6.58	5.43 11.52	7.62 15.59		0.0079	
3 1/2	101.60				5.74 13.52	5.74 12.52		8.08 18.63	8.08 18.63						2.11 5.28	3.68 7.55	5.74 13.84	8.08 19.01		0.0103	
4	114.30				6.02 16.07	6.02 16.07		8.56 22.32	8.56 22.32				11.13 28.32	13.49 33.64	2.11 5.98	3.68 8.52	6.02 16.40	8.56 22.77		0.0130	
5	141.30				6.55 21.72	6.55 21.72		9.53 30.97	9.53 30.97				12.70 40.28	15.88 49.11	2.77 9.67	3.40 11.82	6.55 22.20	9.53 31.58		0.0199	
6	168.30				7.11 28.76	7.11 28.76		10.97 42.56	10.97 42.56				14.27 54.20	18.26 67.56	2.77 11.55	3.40 14.13	7.11 28.83	10.97 43.42		0.029	
8	219.10		8.35 33.31	7.04 36.81	8.18 42.55	8.18 42.55	10.31 53.08	12.70 64.64	12.70 64.64	18.09 78.92	18.26 90.44	20.62 100.02	23.01 111.27	22.23 107.92	2.77 15.09	3.78 20.37	8.18 43.38	12.70 65.95		0.048	
10	273.10		8.38 41.77	7.80 51.03	9.27 60.31	9.27 60.31	12.70 81.55	12.70 81.55	18.09 98.01	18.26 114.75	21.44 133.06	25.40 155.15	28.58 172.33	28.40 155.15	3.40 23.08	4.19 28.34	9.27 61.52	12.70 83.19		0.074	
12	323.90		8.35 49.73	8.38 65.20	9.53 73.88	9.53 73.88	10.31 79.73	14.27 108.56	12.70 97.46	17.48 132.08	21.44 158.91	25.40 186.97	28.58 208.14	33.32 238.76	25.40 186.97	3.58 31.89	4.57 36.73	9.53 75.32	12.70 89.43		0.104
14	355.60	8.35 54.69	7.92 67.90	8.53 81.33	9.53 81.33	11.13 94.55	15.09 126.71	12.70 107.39	15.05 158.10	23.83 194.96	27.79 224.65	31.75 253.56	35.71 281.70		3.58 35.06	4.78 42.14				0.126	
16	406.40	8.35 62.64	7.92 77.83	8.53 93.27	9.53 93.27	12.70 123.30	16.66 160.12	12.70 123.30	21.44 203.53	26.19 245.56	30.98 286.64	36.53 333.19	40.49 365.35		4.19 42.41	4.78 48.26				0.16	

Fuente:(I.A.A, 2007)

Tabla 10. Selección del material del rodillo compactador móvil y fijo

API5L PSL1 Petróleo y gas de la línea de costura tubería recta

Inicio » Serie de producto

El diámetro	219mm~406mm	
Espesor de la pared	6mm~14mm	
Estándar	API-5L PSL1	
Material	GrB~X60	
Aplicación	Se utiliza para entrega de petróleo , la industria de gas natural , gas .agua y aceite , variedades de tubería de línea terrestre y tubería submarina .	

Fuente: (UNICON)

Tabla 11. Propiedades mecánicas y requerimientos de tracción

PSL1					
Grado	Límite de Fluencia		Resistencia a la Tracción		Alargamiento en 50,8 mm (2 pulg), Mínimo %
	psi	Mpa	psi	Mpa	
B	35,000	241	60,000	414	a
X42	42,000	290	60,000	414	a
X52	52,000	359	66,000	455	a
X60	60,000	414	75,000	517	a

Fuente: (UNICON)

Tabla 12. Características del rodillo seleccionado

Designación Comercial	Diámetro Externo		Espesor de Pared		Peso		Tipo	Presión mínima de Prueba (psi)			
	mm	pulg	mm	pulg	Kg/m	lb/pie		Grado			
								B	X42	X52	X60
14	355,6	14.000	6,4	0.250	55,11	36.75	STD	750	1280	1580	1820
							ALT	940	1280	1580	1820
			7,1	0.281	61,02	41.21	STD	840	1430	1770	2050
							ALT	1050	1590	1970	2270
			7,9	0.312	67,74	45.65	STD	940	1590	1970	2270
							ALT	1170	1590	1970	2270
			8,7	0.344	74,42	50.22	STD	1030	1750	2170	2510
							ALT	1290	1750	2170	2510
			9,5	0.375	81,08	54.62	STD	1120	1910	2370	2730
							ALT	1410	1910	2370	2730

Fuente: (UNICON)

Se puede concluir lo siguiente:

- Se puede apreciar una deformación del rodillo de 0.1 mm que es muy ínfimo lo cual es aceptable.
- Tenemos de esta manera un tubería de acero Norma API5L PLS1 con una cédula de STD y diámetro exterior 356mm
- Se recomienda un espesor de ¼" o 6.35mm que es el espesor más pequeño para la cédula estándar.

Masa de las varillas

Tabla 13. Datos de los dientes de compactación y arrastre

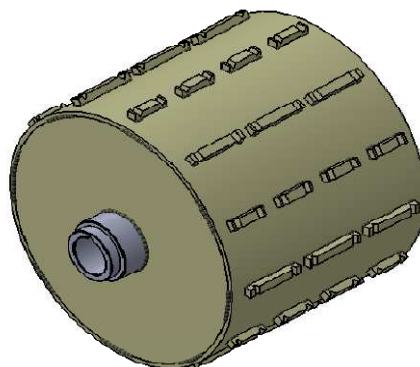


Fuente: (DIPAC)

$$\delta = 7900 \frac{kg}{m^3}$$

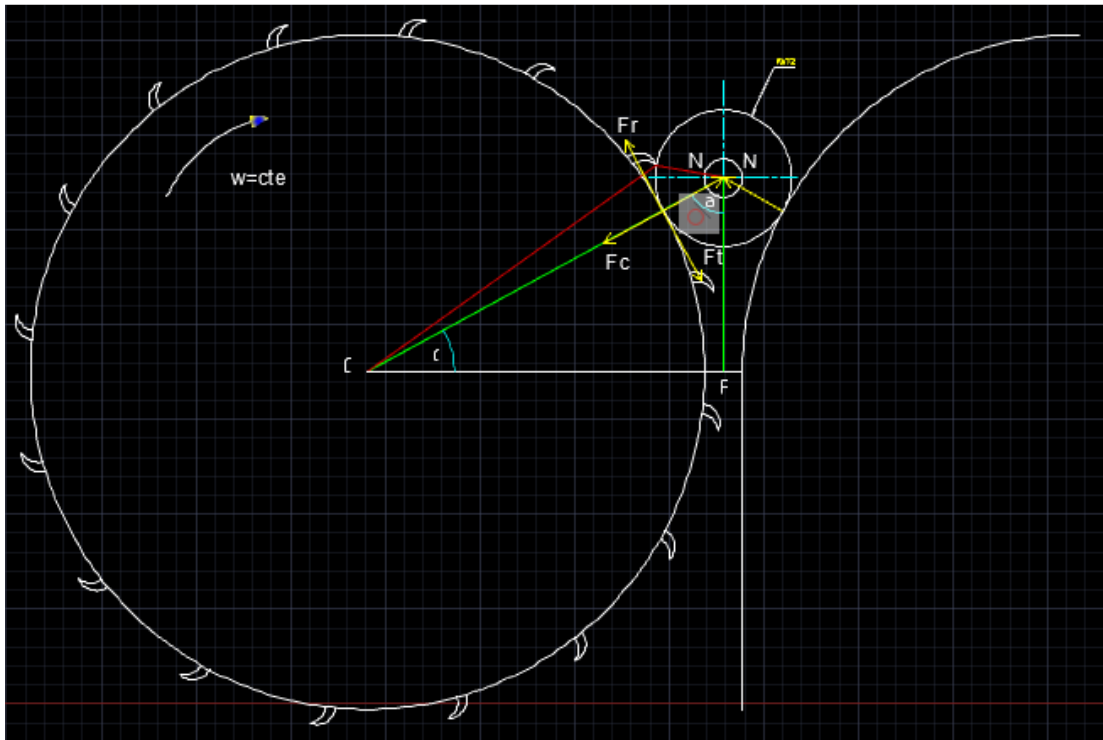
$$m = 2 \text{ kg}$$

Figura 33. Tambor compactador



Fuente: (Autores)

Figura 34. Análisis de fuerzas en el sistema de compactación



Fuente: (Autores)

Para la cinemática del sistema se determina del movimiento circular uniforme

$$w = \text{constante}$$

$$ac = w \cdot v = w^2 \cdot Rr \quad (12)$$

$$ac = \left(1.88 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2 (0.178\text{m})$$

$$ac = 0.63 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$v = \frac{ac}{w}$$

$$v = \frac{0.63 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.88 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

$$v = 0.33 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Arco de rotación.

$$d = \varnothing Rr \quad (13)$$

$$\vartheta = c + e \quad (14)$$

$$\vartheta = 31^\circ + 7.11^\circ = 38.11^\circ$$

$$\vartheta = 0.665 \text{ rad}$$

$$d = (0.665 \text{ rad})(178 \text{ mm})$$

$$d = 118.4 \text{ mm}$$

Por el cambio de velocidad de cero (reposo) a constante. Experimentalmente el tiempo de arranque es de 3 segundos.

Aceleración angular.

$$\alpha = \frac{w}{t} \quad (15)$$

$$\alpha = \frac{1.88 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{3 \text{ seg}}$$

$$\alpha = 0.62 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Momento de inercia de un cilindro hueco respecto a su eje

$$I = \frac{1}{12} (Mr) ((Re^2) + (Ri^2)) \quad (16)$$

$$I = \frac{1}{12} (19 \text{ kg}) ((178^2) + (171.65^2))$$

$$I = 96817.22 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2$$

$$I = (96817.22 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2) \left(\frac{\text{m}^2}{\text{mm}^2} \right)$$

$$I = 0.0968 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\sum Tc = I \alpha \quad (17)$$

$$Ft \cdot Rr - Fr \cdot Rr = (0.0968 \text{ kg} \cdot \text{m}^2) (0.62 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2})$$

$$Ft \cdot Rr - Fr \cdot Rr = 0.06 \text{ Nm}$$

$$F_t = \frac{0.06 Nm + F_r \cdot R_r}{R_r}$$

$$F_t = \frac{0.06 Nm + (0.25)(3000N)(0.178m)}{0.178m}$$

$$F_t = 750 N$$

Dinámica de rotación

$$w = \text{constante} \rightarrow \alpha = 0$$

$$\sum T_c = I \alpha \quad (18)$$

$$F_t \cdot R_r - F_r \cdot R_r = 0$$

Dinámica de traslación

Tangencial

$$\sum F_t = 0 \quad (19)$$

$$F_t - F_r = 0$$

$$F_t = F_r$$

$$F_t = u \cdot N$$

$$F_t = (0.25)(3000N)$$

$$F_t = 750 N$$

Momento o Torque

$$M = F_t \cdot R_r \quad (20)$$

$$M = (750 N)(0.178m)$$

$$M = 133.5 Nm$$

Potencia

$$P = (T)(RPM) \quad (21)$$

$$P = (133.5Nm)(18RPM)$$

$$P = (133.5Nm) \left(1.8 \frac{rad}{s} \right)$$

$$P = 240.3 W$$

$$P = (240.3 W) \left(\frac{HP}{746W} \right)$$

$$P = 0.32HP$$

Esta potencia se convierte en la potencia útil de salida para realizar el trabajo necesario de compactación.

Selección del motorreductor de velocidades

Para la selección del motorreductor primero se aplica la ley de conservación de la energía.

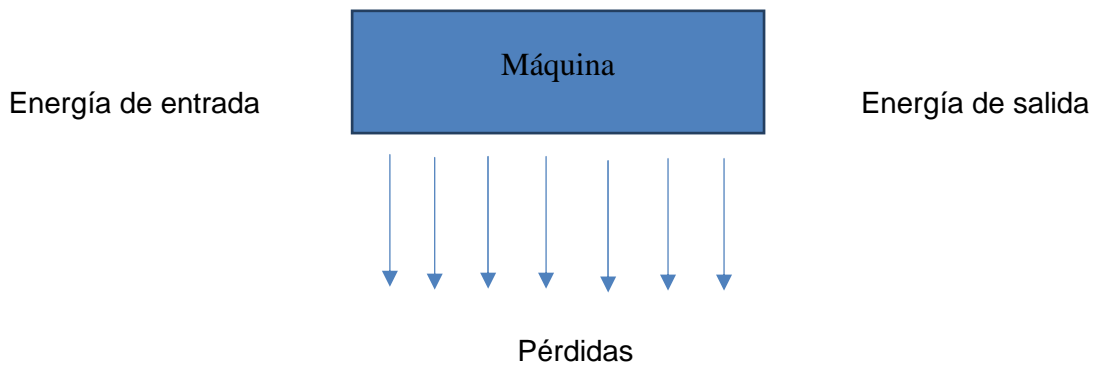
Transformación de la energía:

$$P_{ent} = P_{sal} + P_{per} \quad (22)$$

El rendimiento del motorreductor

$$\eta = \frac{P_{sal}}{P_{ent}} \quad (23)$$

De la ley de la conservación de la energía tenemos que al transformar la energía existen pérdidas, la cual nos lleva a seleccionar un motorreductor con una potencia de entrada mayor para satisfacer esas pérdidas.



Con este preámbulo tenemos que el motorreductorseleccionado tiene una potencia de entrada mayor al requerido, la cual tiene una eficiencia de 94%.

$$P_{ent} = \frac{P_{sal}}{\eta}$$

$$P_{ent} = \frac{P_{sal}}{\eta}$$

$$P_{ent} = \frac{0.32}{0.95}$$

$$P_{ent} = 0.33HP$$

Pérdida de potencia del motorreductor seleccionado

En la selección del motorreductor se aproxima la potencia de entrada a la más cercana, que para nuestro caso es de 0.33 HP.

$$P_{per} = P_{ent} - P_{sal}$$

$$P_{per} = (0.33 - 0.32)HP$$

$$P_{per} = 0.01 HP$$

$$P = 0.33 HP$$

$$M = 133.55Nm$$

$$N = 18RPM$$

Figura 35. Reductores de engranajes cónicos



Fuente: (EURODRIVER, 2002)

Tabla 14. Selección del motorreductor

**Selections
Gearmotors**

Motor Power P ₂ HP	Output Speed n ₂ rpm	Service Factor	Torque T ₂ lb-in	OHL Frs	Ratio i	Gear Stages ¹⁾		Gear	Model Motor
						Pr.	Sec.		
0.33	321.0	10.0	85	630	5.30	3	-	K37	DT71C4
	270.0	17.0	77	665	6.37	3	-	K37	DT71C4
	253.0	16.0	82	680	6.80	3	-	K37	DT71C4
	234.0	25.0	58	1120	7.36	3	-	K47	DT71C4
	216.0	14.0	96	713	7.96	3	-	K37	DT71C4
	201.0	20.0	104	1170	8.56	3	-	K47	DT71C4
	193.0	13.0	108	740	8.91	3	-	K37	DT71C4
	164.0	11.0	127	780	10.40	3	-	K37	DT71C4
	142.0	9.8	147	620	12.14	3	-	K37	DT71C4
	131.0	9.2	158	630	13.68	3	-	K37	DT71C4
	126.0	19.0	165	1360	13.65	3	-	K47	DT71C4
	123.0	8.4	169	650	8.91	3	-	K37	DT71D6
	112.0	6.4	185	670	15.31	3	-	K37	DT71C4
	108.0	16.0	192	1400	15.86	3	-	K47	DT71C4
	100.0	7.7	210	900	17.15	3	-	K37	DT71C4
	91.0	6.2	231	930	12.14	3	-	K37	DT71D6
	88.0	10.0	235	1520	19.58	3	-	K47	DT71C4
	85.0	6.7	245	950	20.19	3	-	K37	DT71C4
	79.0	13.0	265	1580	21.81	3	-	K47	DT71C4
	74.0	6.1	280	990	23.36	3	-	K37	DT71C4
	69.0	5.8	305	1010	24.99	3	-	K37	DT71C4
	66.0	11.0	315	1660	25.21	3	-	K47	DT71C4
	64.0	4.9	325	1000	17.15	3	-	K37	DT71D6
	60.0	5.1	331	1050	28.63	3	-	K37	DT71C4
	57.0	4.9	355	1060	29.96	3	-	K37	DT71C4
	55.0	2.4	380	1750	31.20	3	-	K47	DT71C4
	48.0	4.1	430	1120	35.57	3	-	K37	DT71C4
	45.0	3.8	460	1140	37.57	3	-	K37	DT71C4
	43.0	7.4	480	1860	39.61	3	-	K47	DT71C4
	39.0	3.3	540	1190	44.46	3	-	K37	DT71C4
37.0	6.4	555	1850	46.33	3	-	K47	DT71C4	
35.0	2.9	605	1290	49.79	3	-	K37	DT71C4	
31.0	2.6	670	1250	35.57	3	-	K37	DT71D6	
29.0	2.5	710	1270	58.60	3	-	K37	DT71C4	
27.0	4.8	765	1840	63.30	3	-	K47	DT71C4	
25.0	2.2	820	1320	67.60	3	-	K37	DT71C4	
24.0	2.0	880	1340	72.54	3	-	K37	DT71C4	
23.0	3.9	910	1800	75.20	3	-	K47	DT71C4	
22.0	5.7	931	2230	76.56	3	-	K57	DT71C4	
21.0	1.8	1010	1380	83.69	3	-	K37	DT71C4	
20.0	3.4	1030	1600	85.12	3	-	K47	DT71C4	
19.0	3.2	1100	1620	90.96	3	-	K47	DT71C4	
18.0	1.5	1180	1400	87.61	3	-	K37	DT71C4	

NOTES: Consult Assembly Center for additional speed (rpm) selections or dimension pages not listed.
 See page 288 for available mounting options. See page 412 for weights.
 Overhung loads (OHL) apply only for K gearmotors and are at the shaft midpoint.
 See page 356 for index to K gearmotor dimension pages. Dimensions are on pages 358 - 360.
¹⁾ Pr. = primary reducer Sec. = secondary reducer.



Tabla 15. Motorreductor seleccionado

**Selections
Gearmotors**

Motor Power P_a HP	Output Speed n_a rpm	Service Factor	Torque T_a lb-in	OHL F_{1a}	Ratio i	Gear Stages τ_1		Model	
						Pri.	Sec.	Gear	Motor
18.0	1.5	1180	1400	97.81	3	*	K37	DT71C4	

0.33

Fuente: (EURODRIVER, 2002)

Designación del modelo del motorreductor

- KF37DT71C4

Modelo del motorreductor GRUPO CONICO

- KF: versión con brida B5
- Tamaño del reductor 37
- Motores de CA estándar de la serie
- DT: Versión con patas
- Tamaño del motor
- 71C y 4 polos.

Se dispone de varias características adicionales del Motorreductor en el ANEXO F.

Rendimiento

En los reductores de engranajes cilíndricos, de ejes paralelos y de grupo cónico, el rendimiento depende del número de etapas de engranajes, quedando entre el 94 % (3 etapas) y 98 % (1 etapa) (EURODRIVER, 2002)

En fin la eficiencia del motorreductor seleccionado es de 95%.

Tabla 16. Datos técnicos del peso

**Technical Data
Weights**

Listed below are weights for complete units less oil. Reducer weights less input cover are shown in the **Gear Unit** chart and combined reducer and motor weights are shown in the **Gearmotor** chart. For flanged and/or hollowshaft reducers as well as gearmotors add the flange and/or hollowshaft weight shown in the **Gear Unit** chart (a negative value must be subtracted). For brakemotors add the brake weight listed at the bottom of the **Gearmotor** chart.

Note: Oil weighs approximately 7.5 lbs/gallon (2 lb/liter). Reference Lubrication Sheet for volume of oil required. All weights in **lbs.**

Note: All weights listed are approximations based on the heaviest unit of the type listed.

Model	Reducer	Add for			Model	DT				DV			
		KF	KA	KAF		71	80	90	100	112M	132S	132M	132ML
K37	26	5	-1	3	K37	40	46	60	84	—	—	—	—
K37R17	—	5	-1	3	K37R17	46	—	—	—	—	—	—	—
K47	40	7	-2	4	K47	55	62	77	101	—	—	—	—
K47R37	64	7	-2	4	K47R37	77	82	—	—	—	—	—	—
K57	53	10	-6	8	K57	66	73	90	115	130	—	—	—
K57R37	77	10	-6	8	K57R37	90	97	108	—	—	—	—	—
K67	64	13	-5	7	K67	79	86	101	126	141	152	—	—
K67R37	90	13	-5	7	K67R37	104	110	—	—	—	—	—	—
K77	117	18	-15	1	K77	135	143	157	181	194	209	254	276
K77R37	143	18	-15	1	K77R37	157	163	174	—	—	—	—	—
K87	194	22	-26	2	K87	—	221	232	265	276	287	331	353
K87R57	254	22	-26	2	K87R57	265	276	287	298	—	—	—	—
K97	320	45	-43	12	K97	—	—	364	386	408	419	463	485
K97R57	386	45	-43	12	K97R57	397	408	419	441	463	—	—	—
K107	562	24	-64	-11	K107	—	—	—	650	662	673	717	739
K107R77	673	24	-64	-11	K107R77	684	695	706	728	739	761	—	—
K127	893	92	-64	18	K127	—	—	—	—	—	—	1058	1080
K127R77	1025	92	-64	18	K127R77	1036	1047	1058	1080	1091	1103	—	—
K127R87	1058	92	-64	18	K127R87	—	—	1103	1125	1147	1147	1213	1213
K157	1389	176	-72	54	K157	—	—	—	—	—	—	—	—
K157R97	1720	176	-72	54	K157R97	—	1742	1764	1786	1786	1808	1852	1874
K157R107	1808	176	-72	54	K157R107	—	—	—	—	—	—	—	1962
K167	2271	—	-88	—	K167	—	—	—	—	—	—	—	—
K167R97	2580	—	-88	—	K167R97	—	2602	2624	2646	2668	2668	2712	2734
K167R107	2668	—	-88	—	K167R107	—	—	—	—	—	—	—	2844
K187	3550	—	-150	—	K187	—	—	—	—	—	—	—	—
K187R97	3859	—	-150	—	K187R97	—	3903	3903	3925	3947	3947	3991	4013
K187R107	3947	—	-150	—	K187R107	—	—	—	—	—	—	4101	4123
Add for Brake						6	6	22	22	26	33	53	55
Add for Double Disc Brake						—	—	—	—	—	—	—	—

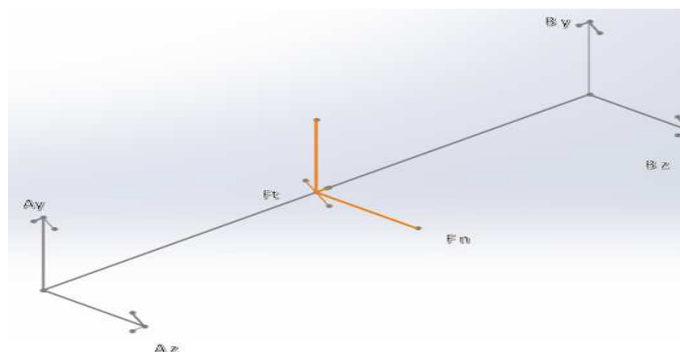
Fuente: (EURODRIVER, 2002)

Dimensionamiento del eje

Análisis estático. (JOSHEP,1989)

DCL

Figura 36. Análisis estático del eje



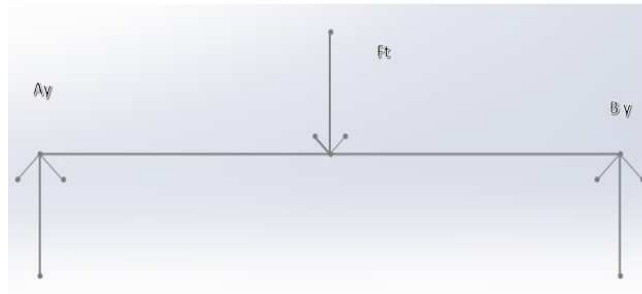
Fuente: (Autores)

Ft = Genera torsión al eje como flexión en el plano XY.

F_n = Genera compresión y flexión en el plano XZ.

Plano XY

Figura 37. Análisis estático del eje en el plano XY



Fuente: (Autores)

$$\sum M_A = 0 \quad (24)$$

$$F_t * 0.27m - B_y * 540 = 0$$

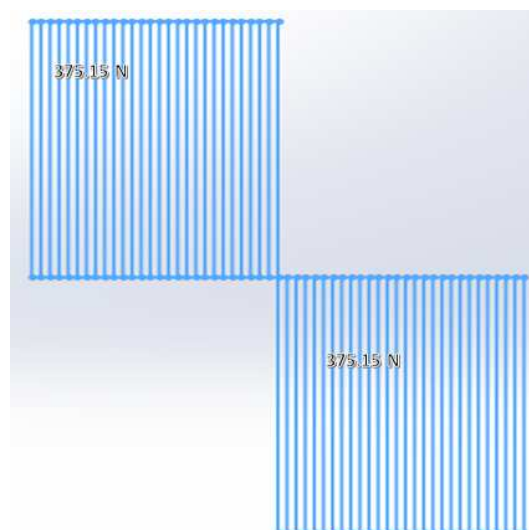
$$B_y = 375.15 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 \quad (25)$$

$$A_y + B_y - F_t = 0$$

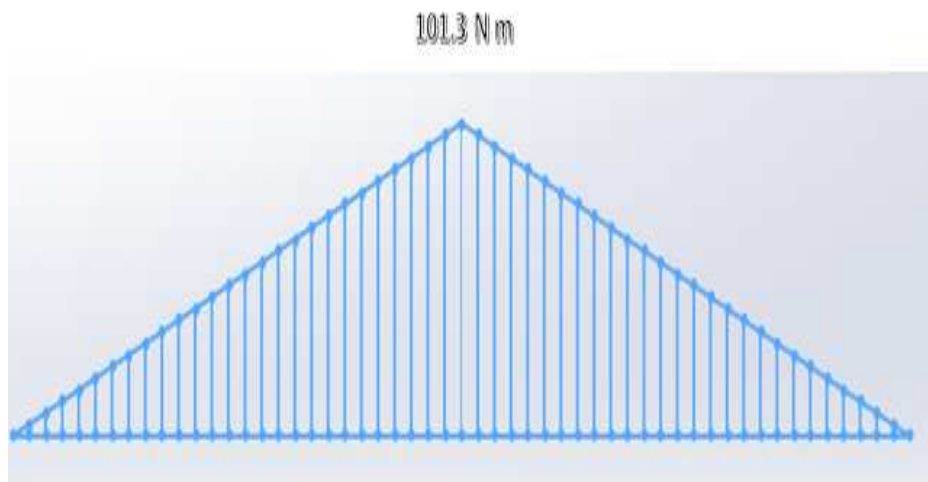
$$A_y = 375.15 \text{ N}$$

Figura 38. Diagrama de fuerza Cortantes en el plano Xy



Fuente: (Autores)

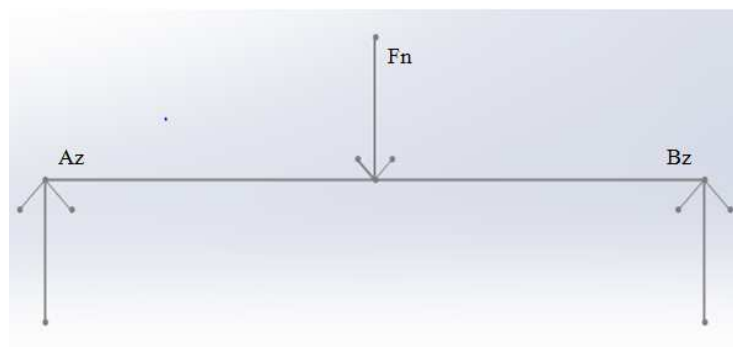
Figura 39. Diagrama de momentos flectores



Fuente: (Autores)

Plano XZ

Figura 40. Diagrama de fuerzas en el plano XY



Fuente: (Autores)

$$\sum M_A = 0$$

$$F_t * 0.27m - B_y * 540 = 0$$

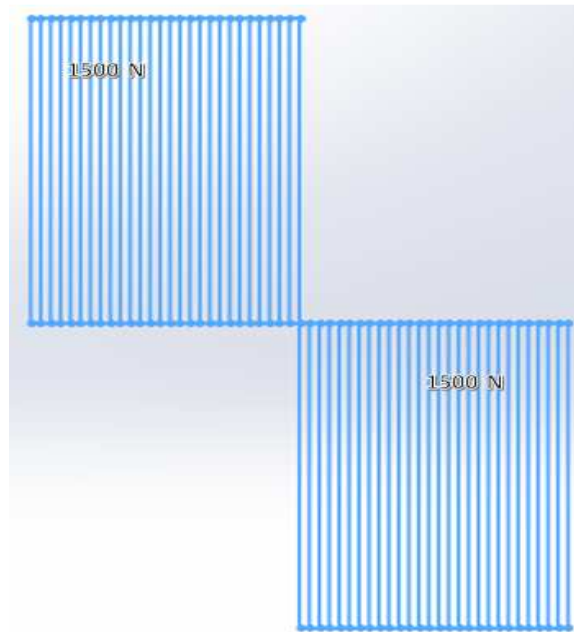
$$B_z = 1500 \text{ N}$$

$$\sum F_z = 0$$

$$A_z + B_z - F_n = 0$$

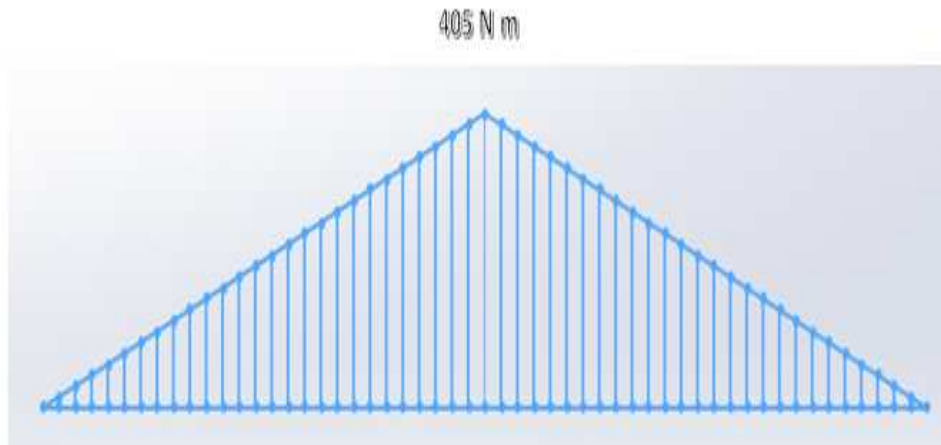
$$A_z = 1500 \text{ N}$$

Figura 41. Diagrama de fuerzas en el plano XZ



Fuente: (Autores)

Figura 42. Diagrama de momentos flectores



Fuente: (Autores)

Momento flector resultante

Punto crítico en la mitad del eje

$$Mf = \sqrt{Mxy^2 + Mxz^2} \quad (26)$$

$$Mf = \sqrt{101.3^2 + 405^2}$$

$$Mf = 417.47 Nm$$

Esfuerzos dinámicos

Tabla 17. Propiedades mecánicas aproximadas de algunos aceros al carbono

Material		Resistencia de fluencia en tracción S_y (0.2%)		Esfuerzo último en tracción S_u		Elongación (en 2 in)	Dureza Brinell
SAE/AISI	Estado	ksi	MPa	ksi	MPa	%	HB
1010	Laminado en caliente	26	179	47	324	28	95
	Laminado en frío	44	303	53	365	20	105
1016 **	Laminado en caliente	40	275	57	390	25	160
	Estirado en frío (calibrado)	54	370	78	540	10	200
1020 *	Laminado en caliente	30	207	55	379	25	111
	Laminado en frío	57	393	68	469	15	131
	Recocido	43	296	60	414	38	121
1030	Laminado en caliente	38	260	68	469	20	137
	Normalizado @ 1650 °F	50	345	75	517	32	149
	Laminado en frío	64	441	76	524	12	149
	Templado y revenido @ 1000 °F	75	517	97	669	28	255
	Templado y revenido @ 800 °F	84	579	106	731	23	302
	Templado y revenido @ 400 °F	94	648	123	848	17	495
1035 *	Laminado en caliente	40	276	72	496	18	143
	Laminado en frío	67	462	80	552	12	163

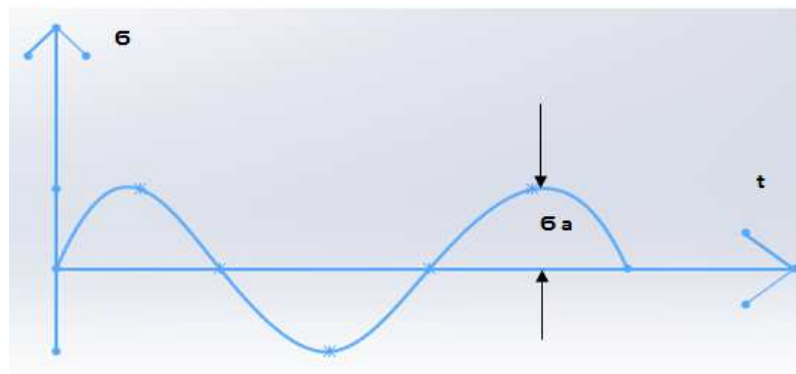
Fuente: (UTP, 2009)

- Se selecciona un eje de transmisión 1035
- Como el eje rota con inversión completa, el esfuerzo de flexión va cambiando de tracción a compresión y viceversa.
- Esfuerzo por torsión cuyo torque es constante de 133.1 Nm.

Diagramas.

Flexión

Figura 43. Diagrama de flexión



Fuente: (Autores)

Torsión

Figura 44. Diagrama de torsión



Fuente: (Autores)

Para flexión.

$$f_a = \frac{32 \cdot Mf}{\pi d^3} \quad (27)$$

$$f_m = 0$$

$$f_a = \frac{32 \cdot (417.47 \text{ Nm})}{\pi d^3} = \frac{4252.3}{d^3} \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Para torsión

$$m = \frac{16 \cdot T}{\pi d^3} \quad (28)$$

$$m = \frac{16(133.55 \text{ Nm})}{\pi d^3} = \frac{680.16}{d^3} \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Asumiendo un diámetro de 50 mm = 0.05 m.

Para flexión.

$$f_a = \frac{4252.3}{0.05^3} = 34018400 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$f_a = 34.01 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Para torsión.

$$m = \frac{680.16}{0.05^3} = 5441280 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$
$$m = 5.44 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Esfuerzos equivalentes.

Criterio de Tresca

$$\sigma_{eq_a} = \sqrt{(\sigma_{ax_a} + \sigma_{f_a})^2 + 4 (\tau_{c_a} + \tau_{T_a})^2} \quad (29)$$

$$\sigma_{eq_a} = \sqrt{(0 + 34.01)^2 + 4 (0)^2}$$

$$\sigma_{eq_a} = 34.01 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{eq_m} = \sqrt{(\sigma_{ax_m} + \sigma_{f_m})^2 + 4 (\tau_{c_m} + \tau_{T_m})^2} \quad (30)$$

$$\sigma_{eq_m} = \sqrt{(0 + 0)^2 + 4 (0 + 5.44)^2}$$

$$\sigma_{eq_m} = 10.88 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Criterio de Von Mises Hencky

- Factor de concentración de esfuerzos (kg)

$$K_g = 1/k_f \quad (31)$$

K_f. Generalmente se denomina factores de concentración de esfuerzo en el caso de fatiga, aunque también se utiliza para materiales frágiles bajo cargas estáticas

Este último factor viene definido mediante la ecuación.

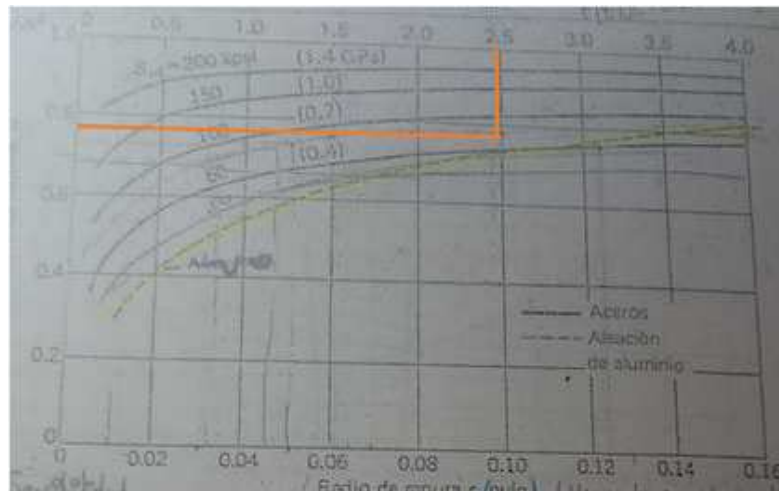
$$K_f = 1 + q(k_t - 1) \quad (32)$$

Dónde:

q= sensibilidad a muescas (va de 0 a 1)

Sensibilidad = q = 0.79

Figura 45. Determinación del factor q sometido a flexión

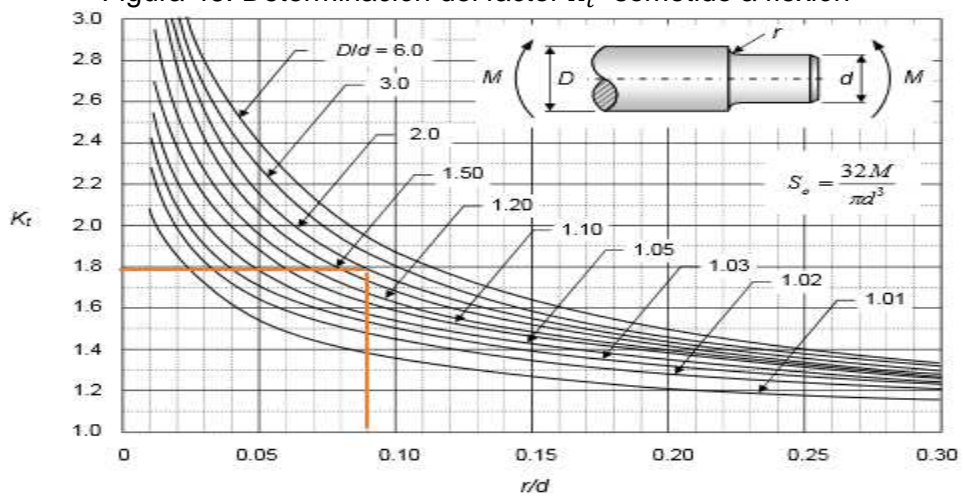


Fuente: Tablas de diseño de elementos de máquinas I

$$\frac{D}{d} = \frac{50}{25.4} = 1.96 \quad (33)$$

$$\frac{r}{d} = \frac{2.5}{25.4} = 0.09 \quad (34)$$

Figura 46. Determinación del factor K_t sometido a flexión



Fuente: <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Apendices.pdf>

$$K_t = 1.8$$

$$K_g = \frac{1}{k_f} = \frac{1}{1.63} = 0.6$$

$$Kf_f = 1 + q(kt - 1) = 1 + 0.79(1.8 - 1) = 1.63$$

$$\begin{aligned} \sigma_{eq_a} \\ = \sqrt{(Kf_{ax} \cdot \sigma_{ax_a} + Kf_f \cdot \sigma_{f_a})^2 + 3 (Kf_c \cdot \mathcal{T}c_a + Kf_t \cdot \mathcal{T}T_a)^2} \end{aligned} \quad (35)$$

$$\sigma_{eq_a} = \sqrt{(1.63 * 34.01)^2}$$

$$\sigma_{eq_a} = 55.5 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{eq_m} = \sqrt{(\sigma_{ax_m} + \sigma_{f_m})^2 + 3 (\mathcal{T}T_m)^2} \quad (36)$$

$$\sigma_{eq_m} = \sqrt{3 (5.44)^2}$$

$$\sigma_{eq_m} = 9.4 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Límite de fatiga

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_{car} K_e S'_e \quad (37)$$

- Factor de superficie (K_a)

$$K_a = 0.75 \quad \text{Maquinado}$$

- Factor de tamaño (K_b)

Para determinar el factor K_b se realiza con la siguiente fórmula

$$K_b = 1.189(d)^{-0.097} \quad \text{si } 8\text{mm} < d \leq 250\text{mm} [2] \quad (38)$$

Donde d es el diámetro de la probeta sometida a flexión.

$$K_b = 1.189(50)^{-0.097} = 0.81$$

- Factor de confiabilidad K_c

Se optó por una confiabilidad del 90% con un factor $K_c = 0.897$

$$K_c = 0.897$$

Confiabilidad del 90%

- Factor de temperatura (K_d)

Según información bibliográfica, si el límite de fatiga permanece más o menos constante entre la temperatura ambiente y 450 °C el factor $K_d = 1$

$$K_d = 1, \quad \text{si } T_{emp} \leq 450^\circ C$$

Por lo tanto se determina el factor $K_d = 1$

- Factor de efectos varios (K_e)

$$K_e = 1$$

- Factor de carga (K_{car})

Como nuestro diseño predomina la Flexión se procede a determinar $K_{car} = 1$

Cálculo del límite de fatiga

$$S_e = (0.75)(0.81)(0.897)(1)(1)(1)(0.5 * 496 \text{ MPa})$$

$$S_e = 135.1 \text{ MPa}$$

Criterio de Goodman

$$\frac{\sigma_{eqa}}{S_e} + \frac{\sigma_{eqm}}{S_{ut}} = \frac{1}{ns} \quad (39)$$

$$\frac{55.5 \text{ MPa}}{135.1 \text{ MPa}} + \frac{9.4 \text{ MPa}}{496 \text{ MPa}} = \frac{1}{ns}$$

$$ns = 2.3$$

- Se diseñó y se selecciona un eje de transmisión 1035 de 540mm de longitud.
- El factor de seguridad es aceptable.

- Se estandariza el diámetro del eje principal a 2"

Figura 47. Diseño del eje de la máquina

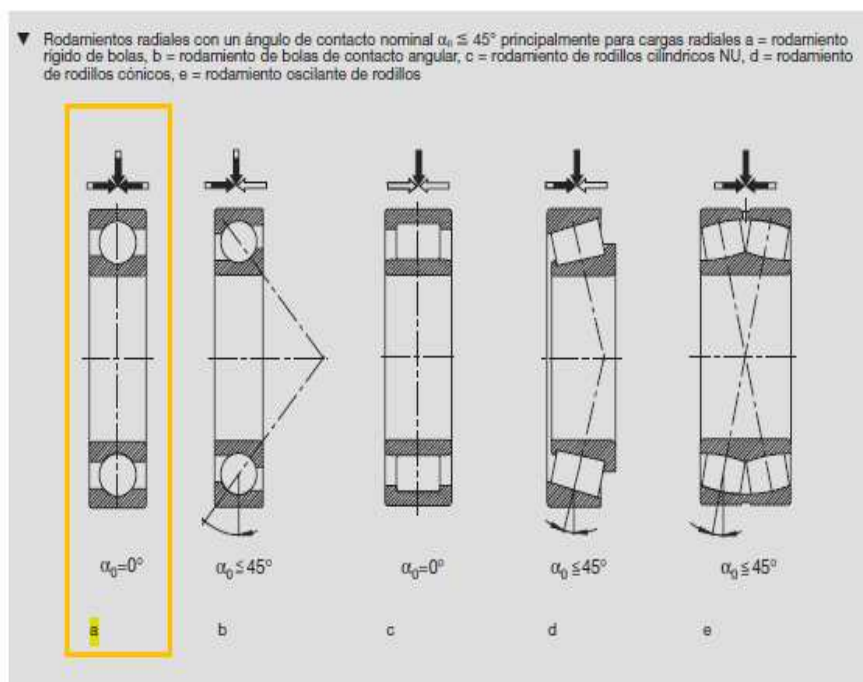


Fuente: (Autores)

Selección del rodamiento

Una vez determinadas las medidas y esfuerzos sobre el eje, se procede a realizar un procedimiento para seleccionar los rodamientos. (FAG, 2000)

Figura 48. Rodamiento radial



Fuente: (FAG, 2000)

Figura 49. Selección del rodamiento

Tipos de rodamientos

Cuadro sinóptico: Tipos de rodamientos y sus características

Tipo de rodamiento	Características:			
	Carga radial	Carga axial en ambas direcciones	Compensación longitudinal en el rodamiento	Compensación longitudinal con ajuste delizante
Rodamientos rígidos de bolas	●	●	○	●
Rodamientos de bolas de contacto angular	●	●	○	● _a
Rodamientos de bolas de contacto angular, de doble hilera	●	●	○	●
Rodamientos para husillos	●	●	○	● _a
Rodamientos con cuatro caminos de rodadura	●	●	○	○
Rodamientos oscilantes de bolas	●	●	○	●
Rodamientos de rodillos cilíndricos NJ, N	●	○	●	○
NJ	●	●	●	○
NUP, NJ + HJ	●	●	○	●
NN	●	○	●	○
NCF, NJzVH	●	●	●	●
NNC, NNF	●	●	○	●

● Aptitud muy buena ● limitada
 ● buena ○ no adecuada / no aplicable
 ● normal / aceptable

← Rodamientos individuales y rodamientos en tandem en un sentido a) para montaje por parejas b) para baja carga axial

Fuente: (FAG, 2000)

Reacción existente en el eje:

$$R_{RADIAL} = \sqrt{(R_{XY})^2 + (R_{XZ})^2} \quad (40)$$

Para el punto A

$$R_{RADIAL} = \sqrt{(375.15)^2 + (1500)^2} = 1546.2 \text{ N}$$

Para el punto B

$$R_{RADIAL} = \sqrt{(375.15)^2 + (1500)^2} = 1546.2 \text{ N}$$

Se selecciona un rodamiento rígido de bolas ya que la carga radial es elevada, además por su versatilidad y economía.

Figura 50. Rodamiento rígido de bolas.



Fuente: (FAG, 2000)

Factor de velocidad de giro f_n solo depende del número de revoluciones.

Tabla 18. Determinación del valor de F_n para rodamiento de bolas

▼ Valores f_n para rodamientos de bolas

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33}{n}}$$

n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n	n	f_n
min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹		min ⁻¹	
10	1,49	55	0,846	340	0,461	1800	0,265	9500	0,152
11	1,45	60	0,822	360	0,452	1900	0,26	10000	0,149
12	1,41	65	0,8	380	0,444	2000	0,255	11000	0,145
13	1,37	70	0,781	400	0,437	2200	0,247	12000	0,141
14	1,34	75	0,763	420	0,43	2400	0,24	13000	0,137
15	1,3	80	0,747	440	0,423	2600	0,234	14000	0,134
16	1,28	85	0,732	460	0,417	2800	0,228	15000	0,131
17	1,25	90	0,718	480	0,411	3000	0,223	16000	0,128
18	1,23	95	0,705	500	0,405	3200	0,218	17000	0,125
19	1,21	100	0,693	550	0,393	3400	0,214	18000	0,123
20	1,19	110	0,672	600	0,382	3600	0,21	19000	0,121
22	1,15	120	0,652	650	0,372	3800	0,206	20000	0,119
24	1,12	130	0,635	700	0,362	4000	0,203	22000	0,115
26	1,09	140	0,62	750	0,354	4200	0,199	24000	0,112
28	1,06	150	0,606	800	0,347	4400	0,196	26000	0,109
30	1,04	160	0,593	850	0,34	4600	0,194	28000	0,106
32	1,01	170	0,581	900	0,333	4800	0,191	30000	0,104
34	0,993	180	0,57	950	0,327	5000	0,188	32000	0,101
36	0,975	190	0,56	1000	0,322	5500	0,182	34000	0,0993
38	0,957	200	0,55	1100	0,312	6000	0,177	36000	0,0975
40	0,941	220	0,533	1200	0,303	6500	0,172	38000	0,0957
42	0,926	240	0,518	1300	0,295	7000	0,168	40000	0,0941
44	0,912	260	0,504	1400	0,288	7500	0,164	42000	0,0926
46	0,898	280	0,492	1500	0,281	8000	0,161	44000	0,0912
48	0,886	300	0,481	1600	0,275	8500	0,158	46000	0,0898
50	0,874	320	0,471	1700	0,27	9000	0,155	50000	0,0874

Fuente: (FAG, 2000)

$$f_n = 1.3$$

Factor de velocidad para 15 RPM

Factor de esfuerzos dinámicos f_l que determina el valor nominal de la vida del rodamiento.

Tabla 19. Determinación del factor $L_h y f_n$ para rodamientos de bolas

▼ Valores f_L para rodamientos de bolas

$$f_L = \sqrt{\frac{L_h}{500}}$$

L_h	f_L	L_h	f_L	L_h	f_L	L_h	f_L	L_h	f_L
h		h		h		h		h	
100	0,585	420	0,944	1700	1,5	6500	2,35	28000	3,83
110	0,604	440	0,958	1800	1,53	7000	2,41	30000	3,91
120	0,621	460	0,973	1900	1,56	7500	2,47	32000	4
130	0,638	480	0,986	2000	1,59	8000	2,52	34000	4,08
140	0,654	500	1	2200	1,64	8500	2,57	36000	4,16
150	0,669	550	1,03	2400	1,69	9000	2,62	38000	4,24
160	0,684	600	1,06	2600	1,73	9500	2,67	40000	4,31
170	0,698	650	1,09	2800	1,78	10000	2,71	42000	4,38
180	0,711	700	1,12	3000	1,82	11000	2,8	44000	4,45
190	0,724	750	1,14	3200	1,86	12000	2,88	46000	4,51
200	0,737	800	1,17	3400	1,89	13000	2,96	48000	4,58
220	0,761	850	1,19	3600	1,93	14000	3,04	50000	4,64
240	0,783	900	1,22	3800	1,97	15000	3,11	55000	4,79
260	0,804	950	1,24	4000	2	16000	3,17	60000	4,93
280	0,824	1000	1,26	4200	2,03	17000	3,24	65000	5,07
300	0,843	1100	1,3	4400	2,06	18000	3,3	70000	5,19
320	0,862	1200	1,34	4600	2,1	19000	3,36	75000	5,31
340	0,879	1300	1,38	4800	2,13	20000	3,42	80000	5,43
360	0,896	1400	1,41	5000	2,15	22000	3,53	85000	5,54
380	0,913	1500	1,44	5500	2,22	24000	3,63	90000	5,65
400	0,928	1600	1,47	6000	2,29	26000	3,73	100000	5,85

Fuente: (FAG, 2000)

$$f_l = 3.73$$

Factor de vida para 26000 horas

Factor de esfuerzos estáticos f_s

Se toma como valor de seguridad contra deformaciones demasiado elevadas en los puntos de contacto de los cuerpos rodantes. Para rodamientos que deban girar con gran suavidad y facilidad, habrá que elegir un factor de esfuerzos estáticos f_s mayor.

Si las exigencias de suavidad de giro son más reducidas, bastan valores más pequeños.

Se selecciona el factor de servicio $f_s = 1.2$ para exigencias normales.

Análisis dinámico

$$P = XF_R + YF_A \quad (41)$$

$X = \text{Factor radial}$

$Y = \text{Facto axial}$

Como $F_A = 0$ entonces $x = 0$

$$P = F_R = 1546.2 \text{ N} \quad (41)$$
$$C_{REQ} = \frac{fl * P}{fn} = \frac{(3.73)(1546.2 \text{ N})}{1.3} = 4436.4 \text{ N} = 4.43 \text{ KN}$$

Análisis estático.

$$P_o = X_o.F_R + Y_o.F_A \quad (42)$$

$X_o = \text{Factor radial}$

$Y_o = \text{Factor axial}$

Como $F_A = 0$ entonces $X_o = 0$

$$P_o = F_R = 1546.2 \text{ N}$$

$$C_{oREQ} = fs * P_o$$

$$C_{oREQ} = (1.2)(1546.2) = 1855.44 \text{ N} = 1.85 \text{ KN}$$

$$d = 25.4 \text{ mm}$$

$$N = 15 \text{ RPM}$$

Capacidad de carga

$$C_{DIS} = 7.2 \text{ kN}$$

$$C_{DIS} = 7.2 \text{ kN}$$

$$C_{oDIS} = 4.65 \text{ kN}$$

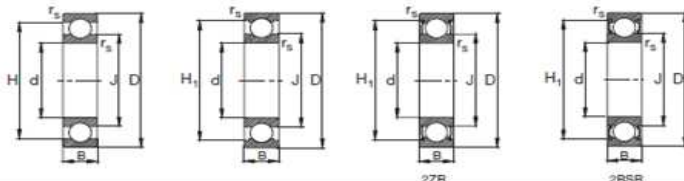
Finalmente:

$$C_{REQ} \leq C_{DIS}$$

$$C_{REQ} \leq C_{DIS}$$

Tabla 20. Dimensiones del rodamiento FAG rígido de bolas de una hilera.

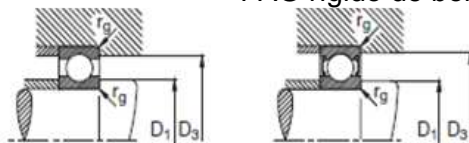
Rodamientos FAG rígidos de bolas de una hilera



Eje	Dimensiones						Peso	
	d	D	B	r_s min	H	H ₁	J	
	mm						kg	
25	25	47	8	0,3	39,7	41,1	32,2	0,055
25	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,08
25	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,082
25	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,083
25	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,084
25	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,083
25	25	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,128
25	25	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,128
25	25	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,132
25	25	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,132
25	25	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,132
25	25	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,132
25	25	52	18	1	43,6	45,4	33,5	0,156
25	25	62	17	1,1	50,2	52,5	36,4	0,234
25	25	62	17	1,1	50,2	52,5	36,4	0,237
25	25	62	17	1,1	50,2	52,5	36,4	0,24
25	25	62	17	1,1	50,2	52,5	36,4	0,242
25	25	62	17	1,1	50,2	52,5	36,4	0,245
25	25	62	24	1,1	50,2	52,5	36,4	0,272
25	25	80	21	1,5	63,1		45,4	0,56

Fuente: (FAG, 2000).

Tabla 21. Determinación de la capacidad de carga dinámica y estática del rodamiento FAG rígido de bolas de una hilera



Capacidad de carga		Velocidad límite	Velocidad de referencia	Denominación abreviada	Medidas auxiliares		
dyn. C	stat. C ₀				D ₁ min	D ₃ max	r _s max
kN		min ⁻¹		FAG	mm		
7,2	4,65	19000	14000	16005	27	45	0,3
10	5,85	36000	17000	6005	28,2	43,8	0,6
10	5,85	36000	17000	S6005.W203B	28,2	43,8	0,6
10	5,85	15000	17000	6005.2ZR	28,2	43,8	0,6
10	5,85	10000		6005.2RSR	28,2	43,8	0,6
10	5,85	10000		S6005.2RSR.W203B	28,2	43,8	0,6
14	7,8	17000	17000	6205	30,6	46,4	1
14	7,8	17000	17000	S6205.W203B	30,6	46,4	1
14	7,8	14000	17000	6205.2ZR	30,6	46,4	1
14	7,8	9000		6205.2RSR	30,6	46,4	1
14	7,8	9000		S6205.2RSR.W203B	30,6	46,4	1
14	7,8	9000		62205.2RSR	30,6	46,4	1
22,4	11,4	28000	15000	6305	32	55	1
22,4	11,4	28000	15000	S6305.W203B	32	55	1
22,4	11,4	11000	15000	6305.2ZR	32	55	1
22,4	11,4	7500		6305.2RSR	32	55	1
22,4	11,4	7500		S6305.2RSR.W203B	32	55	1
22,4	11,4	7500		62305.2RSR	32	55	1
36	19,3	22000	14000	6405	36	69	1,5

Fuente: (FAG, 2000)

Unidades FAG de rodamientos S

Las unidades FAG de rodamientos S se usan principalmente en aplicaciones sencillas. Se encuentran en maquinaria agrícola, instalaciones de extracción, máquinas para la construcción y similares. Una unidad con rodamiento S consta de un rodamiento rígido de bolas con superficie exterior esférica, obturado a ambos lados y de un soporte de fundición gris o de chapa de acero estampada.

Los rodamientos S se montan, casi exclusivamente, como rodamientos fijos. Por ello son apropiados principalmente para los apoyos de ejes cortos y para aplicaciones en las que sólo hay que contar con dilataciones pequeñas. (FAG, 2000)

Normas

- Rodamientos S ISO 9628 y DIN 626-1
- Soportes ISO 3228 y DIN 626-2

Ejecuciones básicas de los rodamientos S

En los diferentes soportes se montan rodamientos rígidos de bolas de las series 162, 362B, 562 y 762B.2RSR.

Los rodamientos de las tres series citadas en primer lugar tienen un aro interior ancho.

Se fijan al eje mediante anillos excéntricos (series 162 y 362B) o mediante dos pernos roscados (serie 562, ver par de apriete y tamaño de la llave en la tabla).

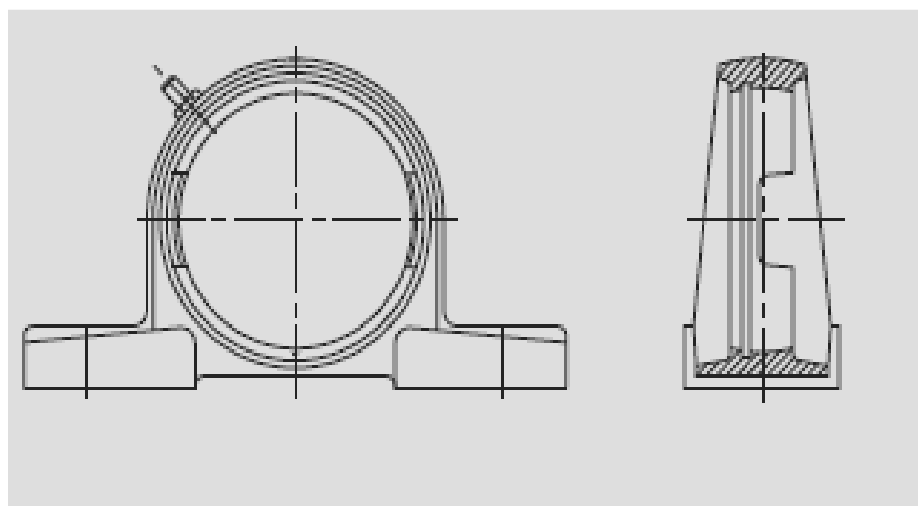
Las chapas deflectoras con que van equipados los rodamientos de las series 362 y 562 sirven como protección contra contaminantes gruesos.

Tabla 22. Par de apriete y tamaño de la llave para los pernos roscados de los rodamientos, serie 562

Serie de rodamientos FAG 562	Número característico del agujero									
	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Par de apriete en Nm	6	6	6	12	12	12	23	23	23	
Tamaño de la llave en mm	3	3	3	4	4	4	5	5	5	

Fuente: (FAG, 2000)

Figura 51. Soporte de pie de fundición gris



Fuente: (FAG, 2000)

Lubricación

Los rodamientos S no necesitan mantenimiento.

El relleno de grasa procedente de la fábrica es suficiente, por regla general, para la vida en servicio del rodamiento. Si se prevé de lubricación de los rodamientos, hay que optar por soportes de fundición gris.

En estos soportes está previsto un engrasador tipo GU1.

Los rodamientos tienen dos orificios de lubricación en el aro exterior que están distanciados circunferencialmente 180°.

Temperatura de servicio

La temperatura de servicio máxima es de 110°C y la temperatura inferior de aplicación de 30°C.

Capacidad de carga de los rodamientos S

Dependiendo de si las máquinas trabajan por temporadas o en servicio continuo, se exigen factores de esfuerzos dinámicos f_1 entre 1 y 4, correspondientes a valores de la duración a la fatiga entre 500 y 30.000 horas.

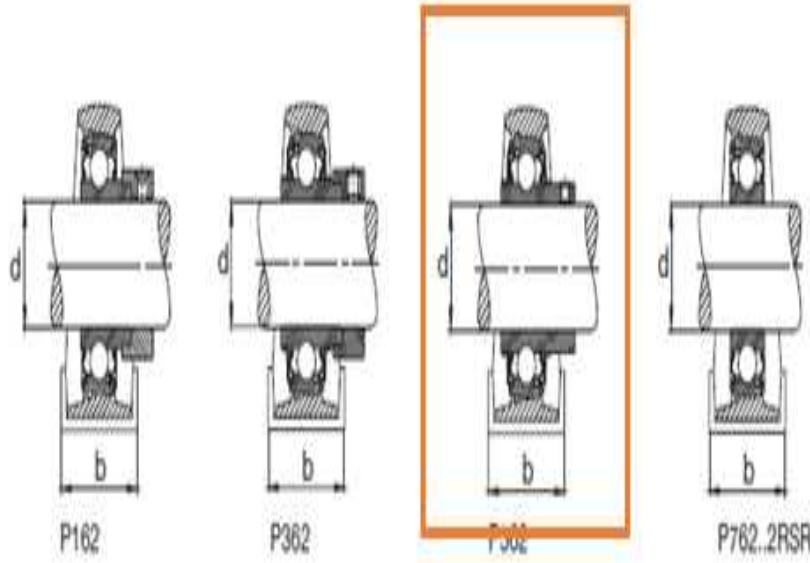
En los rodamientos S con soporte de fundición puede aprovecharse toda la capacidad de carga del rodamiento.

Por esta razón se emplean preferentemente soportes de fundición si existen cargas elevadas.

Protección de los soportes para rodamientos S.

Todas las superficies exteriores de los soportes de fundición que no están mecanizadas están protegidas con pintura protectora. Las superficies mecanizadas también están protegidas.

Tabla 23. Características del rodamiento FAG



Denominación abreviada			Peso
Unidad de soporte	Rodamiento con dispositivo de seguridad	Soporte	Unidad de rodamiento S
FAG	FAG	FAG	kg
P16205.100	16205.100	P205	0.917
P36205.100	36205.100	P305	0.988
P56205.100	56205.100	P205	0.888

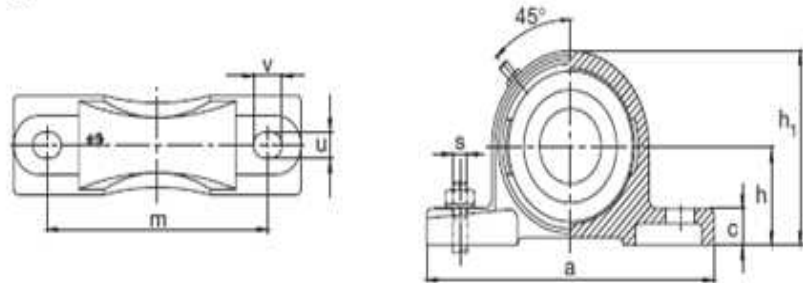
Fuente: (FAG, 2000)

Tabla 24. Dimensiones del rodamiento FAG con soporte de pie de fundición gris

Unidades FAG de rodamientos S

Series P162, P362, P562, P762...2RSR

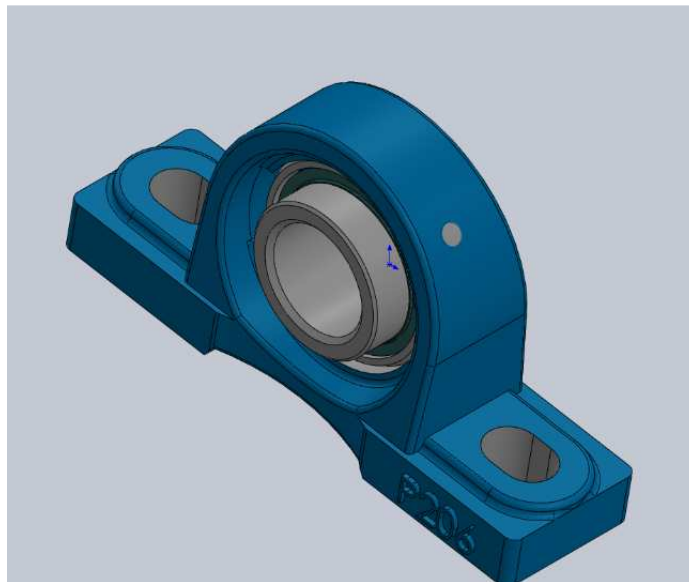
Soporte de pie de fundición gris



Eje	Dimensiones										Tornillos de fijación	
	d	a	b	c	h	h ₁	m	u	v	s		
mm in	mm									mm	in	
1	25,4	140	38	15	36,5	71	105	11,5	16	M10	3/8	
	25,4	140	38	15	36,5	71	105	11,5	16	M10	3/8	
	25,4	140	38	15	36,5	71	105	11,5	16	M10	3/8	

Fuente: (FAG, 2000)

Figura 52. Rodamiento seleccionado



Fuente: (Autores)

Se selecciona unos rodamientos con soporte de piso para fijar en la estructura, con un diámetro de eje de 1" cuya denominación es FAG P562.100

Dimensionamiento de los asientos o cubos del eje

Por motivos de diseño, este cubo debe tener un diámetro interno de 50.8mm o sea el diámetro del eje y se procede a determinar su diámetro externo. En base a la experiencia de diferentes máquinas similares a esta, se recomienda y se estima una relación entre el diámetro interno y el externo igual a 0.6. Por motivos de diseño la longitud de este elemento es igual a la longitud de la chaveta 50 mm; además el material a seleccionar es un acero de transmisión 1020, por su resistencia.

Tabla 25. Propiedades mecánicas aproximadas de algunos aceros al carbono

Material		Resistencia de fluencia en tracción S_y (0.2%)		Esfuerzo último en tracción S_u		Elongación (en 2 in)	Dureza Brinell
SAE/AISI	Estado	ksi	MPa	ksi	MPa	%	HB
1010	Laminado en caliente	26	179	47	324	28	95
	Laminado en frío	44	303	53	365	20	105
1016 **	Laminado en caliente	40	275	57	390	25	160
	Estirado en frío (calibrado)	54	370	78	540	10	200
1020 *	Laminado en caliente	30	207	55	379	25	111
	Laminado en frío	57	393	68	469	15	131
	Recocido	43	296	60	414	38	121

Fuente: (UTP, 2009)

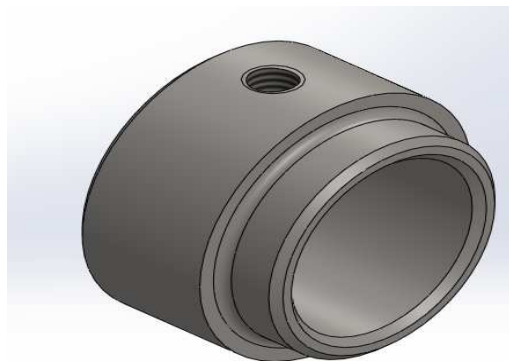
$$d=2'' = 50.8\text{mm}$$

$$\frac{d}{D} = 0.666$$

$$D = \frac{50.8}{0.666} = 76.27\text{mm}$$

$$D = 3''$$

Figura 53. Cubo del eje diseñado



Fuente: (Autores)

Diseño de la chaveta del eje

Para la selección de la chaveta se realizó en función del diámetro del eje en la cual la mitad de la chaveta está en contacto con el cubo y la otra mitad esta con el eje y la norma para la selección de chavetas es la ANSI B17.1-1967 y ANSI B17.2-1967(American National Standards Institute).

Tabla 26. Tamaños de cuñas y tornillos prisioneros estándar en Estados Unidos para flechas de tamaño en pulgadas

Diámetros de las flechas (in)	Ancho nominal de la cuña (in)	Diámetro del tornillo prisionero (in)
$0.312 < d \leq 0.437$	0.093	#10
$0.437 < d \leq 0.562$	0.125	#10
$0.562 < d \leq 0.875$	0.187	0.250
$0.875 < d \leq 1.250$	0.250	0.312
$1.250 < d \leq 1.375$	0.312	0.375
$1.375 < d \leq 1.750$	0.375	0.375
$1.750 < d \leq 2.250$	0.500	0.500
$2.250 < d \leq 2.750$	0.625	0.500
$2.750 < d \leq 3.250$	0.750	0.625
$3.250 < d \leq 3.750$	0.875	0.750
$3.750 < d \leq 4.500$	1.000	0.750
$4.500 < d \leq 5.500$	1.250	0.875
$5.500 < d \leq 6.500$	1.500	1.000

Fuente: (UTP, 2011)

Tabla 27. Selección del tamaño de la chaveta

Table 1. Key Size Versus Shaft Diameter ANSI B17.1-1967 (R1998)

Nominal Shaft Diameter		Nominal Key Size			Normal Keyseat Depth	
Over	To (Incl.)	Width, <i>W</i>	Height, <i>H</i>		<i>H/2</i>	
			Square	Rectangular	Square	Rectangular
$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$...	$\frac{3}{64}$...
$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{64}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{1}{8}$
$1\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$
$3\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{16}$
$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$
$4\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$
$5\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$
Square Keys preferred for shaft diameters above this line; rectangular keys, below						
$6\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{4}$
$7\frac{1}{2}$	9	2	2	$1\frac{1}{2}$	1	$\frac{3}{4}$
9	11	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$

*Some key standards show $1\frac{1}{4}$ inches; preferred height is $1\frac{1}{2}$ inches.

Fuente:(UTP, 2011)

Longitud de la chaveta

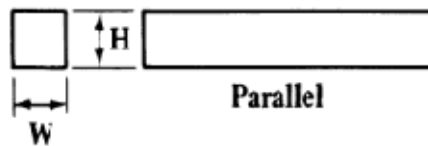
Se recomienda usar la siguiente ecuación:

$$L \leq 1.5d; L \geq 4W \quad (43)$$

$$L \leq 1.5(50.8); L \geq 4(12.7)$$

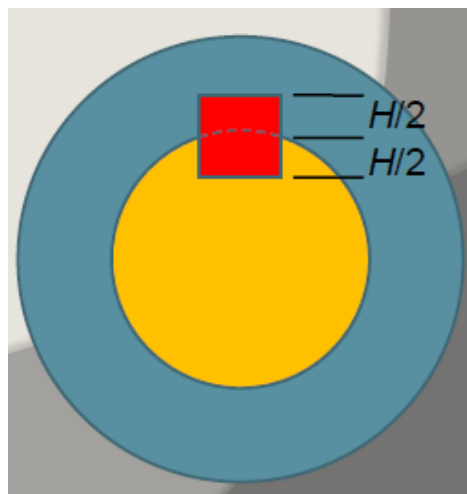
$$L \leq 76.2; L \geq 50$$

Figura 54. Simbología de la chaveta



Fuente: (UTP, 2011)

Figura 55. Vista frontal de la chaveta



Fuente: (UTP, 2011)

Material de la chaveta:

La Resistencia de fluencia en tracción (S_y) del material de la chaveta para cuestiones de diseño debe ser menor al (S_y) del eje, por lo que se selecciona un acero SAE 1010 con $S_y = 303$ MPa.

$$S_{y_{eje}} \geq S_{y_{chaveta}}$$

Tabla 28. Propiedades mecánicas aproximadas de algunos aceros al carbono

Material		Resistencia de fluencia en tracción S_y (0.2%)		Esfuerzo último en tracción S_u		Elongación (en 2 in)	Dureza Brinell
SAE/ AISI	Estado	ksi	MPa	ksi	MPa	%	HB
1010	Laminado en caliente	26	179	47	324	28	95
	Laminado en frío	44	303	53	365	20	105

Fuente: (UTP, 2009)

Dimensionamiento de pernos de sujeción

Para fijar el sistema de compactación a la estructura se selecciona 8 pernos de $\frac{3}{8} \times 3$ " o M10x1.5 de paso basto clase 5.8; 4 para fijar el rodillo y 4 para fijar el motorreductor, ensamblado con una tuerca hexagonal que sirve para mantener unido dos partes de la máquina para lo cual se procede a determinar la rigidez del perno y la carga máxima que el conjunto de ensamble puede soportar con el factor de seguridad de 2.3 ya encontrado y su comprobación.

Junta rodillo compactador y estructura

Para una rosca métrica M10 de paso basto o grueso, cuyas características son:

Tabla 29. Resistencia de pernos de acero- milimétricos

Grupo métrico SAE	Rango de diámetros de cresta mm	Resistencia a la rotura por tensión S_u MPa	Resistencia a la fluencia S_y MPa	Resistencia de prueba S_p MPa
4.6	M5-M36	400	240	225
4.8	M1.6-M16	420	340	310
5.8	M5-M24	520	415	380
8.8	M17-M36	830	660	600
9.8	M1.6-M16	900	720	650
10.9	M6-M36	1040	940	830
12.9	M1.6-M36	1220	1100	970

Fuente: (JOSHEP, 1989)

Tabla 30. Diámetro y área de roscas métricas de paso basto

Diámetro mayor nominal mm	Paso p	Área de esfuerzo de resistencia A_t mm^2	Área al diámetro medio A_c mm^2
1.6	0.35	1.27	1.07
2	0.4	2.07	1.79
2.5	0.45	3.39	2.98
3	0.5	5.03	4.47
3.5	0.6	6.78	6
4	0.7	8.78	7.75
5	0.8	14.2	12.7
6	1	20.1	17.9
8	1.25	36.6	32.8
10	1.5	58	52.3
12	1.75	84.3	76.3
14	2	115	104

Fuente: (JOSHEP, 1989)

Tabla 31. Factores de concentración de esfuerzos por fatiga.

Grado SAE	Grado métrico	Roscas laminadas	Roscas cortadas	Filete
0-2	3.6-5.8	2.2	2.8	2.1
4-8	6.6-10.9	3	3.8	2.3

Fuente: (JOSHEP, 1989)

Tabla 32. Constantes equivalentes de Willeman

Material	Coefficiente de Poisson ν	Módulo de elasticidad E GPa	Constantes numérica A_i	Constantes numérica B_i
Acero	0.291	206.8	0.78715	0.62873
Aluminio	0.334	71.0	0.79670	0.63816
Cobre	0.326	118.6	0.79568	0.63553
Hierro fundido	0.211	100	0.77871	0.61616

Fuente: (JOSHEP, 1989)

$$Ht = \frac{0.5 \text{ pasos}}{\tan \phi} = \frac{0.5}{\tan(30)} = 0.866 \text{ pasos} \quad (44)$$

$$Dm = Dn - 2 * 0.625Ht \quad (45)$$

$$Dm = 10 - 2 * 0.625 * 0.866 = 8.9175 \text{ mm}$$

Constante de rigidez del perno del rodillo

Considerando que todo el perno es fileteado.

$$A_b = \frac{\pi * d_n^2}{4} = \frac{\pi * 10^2}{4} = 78.53 \text{ mm}^2 \quad (46)$$

$$L_b = 15 + 40 = 55 \text{ mm} \quad (47)$$

$$K_b = \frac{A_b * E_b}{L_b} = \frac{78.53 * 210000}{55} = 299841.81 \frac{N}{mm} \quad (48)$$

Aplicando la teoría de Willeman:

$$K_i = E_i * d_b * A_i * e^{\frac{B_i * d_b}{L_m}} \quad (49)$$

$$K_{ac} = 210000000000 * 0.01 * 0.78715 * e^{\frac{0.62873 * 0.01}{0.04}}$$

$$= 1934373291 \frac{N}{m}$$

$$K_{Hf} = 100000000000 * 0.01 * 0.77871$$

$$* e^{\frac{0.61616 * 0.01}{0.015}} = 1174281838 \frac{N}{m}$$

$$\frac{1}{K_{mt}} = \frac{1}{1934373291} + \frac{1}{1174281838} \quad (50)$$

$$K_{mt} = 730701647.3 \frac{N}{m}$$

Aplicando la teoría de ITO

Para el acero

$$L = L_i * \tan \phi = 40 * \tan(30) = 23.1 \text{ mm} \quad (51)$$

$$\alpha = 0.5 * dc = 0.5 * 10 = 5 \text{ mm} \quad (52)$$

$$\beta = 2.5 * dc = 2.5 * 10 = 25 \text{ mm} \quad (53)$$

Para el hierro fundido

$$L = L_i * \text{tang}\phi = 15 * \text{tang}(30) = 8.66 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0.5 * dc = 0.5 * 10 = 5 \text{ mm}$$

$$\beta = 2.5 * dc = 2.5 * 10 = 25 \text{ mm}$$

$$K_{mi} = \frac{\pi * Em * dc * \text{tang}\phi}{2Ln\left[5 \frac{(L + \alpha) * \beta}{(L + \beta) * \alpha}\right]}$$

Constante de rigidez para el acero

$$K_{mac} = \frac{\pi * 210000 * 10 * \text{tang}(30)}{2Ln\left[5 \frac{(23.1 + 5) * 25}{(23.1 + 25) * 5}\right]} = 710630.3 \frac{N}{mm}$$

Constante de rigidez para el hierro fundido

$$K_{mHf} = \frac{\pi * 100000 * 10 * \text{tang}(30)}{2Ln\left[\frac{(8.66 + 5) * 25}{(8.66 + 25) * 5}\right]} = 1281837 \frac{N}{mm}$$

$$\frac{1}{K_{mt}} = \frac{1}{710630.3} + \frac{1}{1281837}$$

$$K_{mt} = 457177.9 \frac{N}{mm} = 457177999.1 \frac{N}{m}$$

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_{mt}} = \frac{299841.81}{299841.81 + 457177.9} = 0.396 \quad (54)$$

Esto significa que solo el 39.6% de la carga externa se transmite al perno.

Análisis estático

Los pernos permiten hacer una junta desmontable, por lo que para este tipo de junta se recomienda un valor de pretensión igual a:

Ecuación inicial:

$$F_i = 0.75 * F_p. \quad (55)$$

$$F_i = 0.75 * 58 * 380 = 16530 \text{ N}$$

Pretensión

$$\frac{F_i}{A_t} = 0.75 * S_p \quad (56)$$

$$\frac{F_i}{A_t} + \frac{c * n * P}{A_t * N} \leq S_y$$

$$0.75 * S_p + \frac{c * n * P}{A_t * N} \leq S_y$$

$$0.75 * 380 + \frac{0.396 * 2.3 * P}{58 * 2} = 415$$

$$P = 16556.8 \text{ N}$$

Esta carga se divide para Los 2 pernos que trabajan en la junta y cada perno soporta 8278.43 N

La carga máxima que puede soportar un perno con un coeficiente de seguridad $n=2.3$ es:

$$P = 8278.43 * 2.3 = 19040.40 \text{ N}$$

El coeficiente de seguridad se determina así:

$$F_i - (1 - c) * P * n = 0 \quad (58)$$

$$n = \frac{F_i}{(1 - c) * P}$$

$$n = \frac{16530}{(1 - 0.396) * 8278.43} = 3.3$$

- Se concluye que cada perno soporta hasta una carga externa máxima de 8278.43 N por lo que se demuestra que sí soporta la junta empernada entre la chumacera y la estructura metálica.
- Para nuestra necesidad se selecciona 4 pernos $\frac{3}{8} \times 3''$ o M10x1.5 por una longitud de 3".

Junta motorreductor con la estructura

Para ello calcularemos la rigidez del perno y la carga máxima que el conjunto de ensamble puede soportar con el factor de seguridad de 2.3 ya encontrado y su comprobación.

Para una rosca métrica M10 de paso basto o grueso, cuyas características son:

Tabla 33 Resistencia de pernos de acero- milimétricos

Grupo métrico SAE	Rango de diámetros de cresta mm	Resistencia a la rotura por tensión Su MPa	Resistencia a la fluencia Sy MPa	Resistencia de prueba Sp MPa
4.6	M5-M36	400	240	225
4.8	M1.6-M16	420	340	310
5.8	M5-M24	520	415	380
8.8	M17-M36	830	660	600
9.8	M1.6-M16	900	720	650
10.9	M6-M36	1040	940	830
12.9	M1.6-M36	1220	1100	970

Fuente: (JOSHEP, 1989)

Tabla 34. Diámetro y área de roscas métricas de paso basto

Diámetro nominal mm	Paso p	Área de esfuerzo de resistencia $A_t mm^2$	Área al diámetro medio $A_c mm^2$
1.6	.35	1.27	1.07
2	0.4	2.07	1.79
2.5	0.45	3.39	2.98
3	0.5	5.03	4.47
3.5	0.6	6.78	6
4	0.7	8.78	7.75
5	0.8	14.2	12.7
6	1	20.1	17.9
8	1.25	36.6	32.8
10	1.5	58	52.3

12	1.75	84.3	76.3
14	2	115	104

Fuente: (JOSHEP, 1989)

Tabla 35. Factores de concentración de esfuerzos por fatiga.

Grado SAE Kf	Grado métrico	Roscas laminadas	Roscas cortadas	Filete
0-2	3.6-5.8	2.2	2.8	2.1
4-8	6.6-10.9	3	3.8	2.3

Fuente: (JOSHEP, 1989)

Tabla 36. Constantes equivalentes de Willeman

Material	Coficiente de Poissonv	Módulo de elasticidadEGPa	Constantes numéricaAi	Constantes numéricaBi
Acero	0.291	206.8	0.78715	0.62873
Aluminio	0.334	71.0	0.79670	0.63816
Cobre	0.326	118.6	0.79568	0.63553
Hierro fundido	0.211	100	0.77871	0.61616

Fuente: (JOSHEP, 1989)

Esta junta se realiza entre la brida de acero de forma de pie del motorreductor y la estructura.

Constantes equivalentes de Willeman

$$Ht = \frac{0.5 \text{ pasos}}{\text{tang}\phi} = \frac{0.5}{\text{tang}(30)} = 0.866 \text{ pasos}$$

$$Dm = Dn - 2 * 0.625Ht$$

$$Dm = 10 - 2 * 0.625 * 0.866 = 8.9175 \text{ mm}$$

Constante de rigidez del perno del rodillo

Considerando que todo el perno es fileteado:

$$A_b = \frac{\pi * d_n^2}{4} = \frac{\pi * 10^2}{4} = 78.53 \text{ mm}^2$$

$$L_b = 6.35 + 40 = 46.35 \text{ mm}$$

$$K_b = \frac{A_b * E_b}{L_b} = \frac{78.53 * 210000}{46.35} = 355799.35 \frac{N}{mm}$$

Aplicando la teoría de Willeman:

$$K_i = E_i * d_b * A_i * e^{\frac{B_i * d_b}{L_m}}$$

$$K_{ac} = 210000000000 * 0.01 * 0.78715 * e^{\frac{0.62873 * 0.01}{0.04}}$$

$$= 1934373291 \frac{N}{m}$$

$$K_{ac2} = 210000000000 * 0.01 * 0.77871$$

$$* e^{\frac{0.61616 * 0.01}{0.00635}} = 4315233682 \frac{N}{m}$$

$$\frac{1}{K_{mt}} = \frac{1}{1934373291} + \frac{1}{4315233682}$$

$$K_{mt} = 1335647636 \frac{N}{m}$$

Aplicando la teoría de Ito

Para el acero estructural

$$L = L_i * \text{tang}\phi = 40 * \text{tang}(30) = 23.1 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0.5 * dc = 0.5 * 10 = 5 \text{ mm}$$

$$\beta = 2.5 * dc = 2.5 * 10 = 25 \text{ mm}$$

Para el acero brida

$$L = L_i * \text{tang}\phi = 6.35 * \text{tang}(30) = 3.66 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0.5 * dc = 0.5 * 10 = 5 \text{ mm}$$

$$\beta = 2.5 * dc = 2.5 * 10 = 25 \text{ mm}$$

$$K_{mi} = \frac{\pi * E_m * dc * \text{tang}\phi}{2 \text{Ln} \left[5 \frac{(L + \alpha) * \beta}{(L + \beta) * \alpha} \right]}$$

$$K_{mac} = \frac{\pi * 210000 * 10 * \text{tang}(30)}{2 \text{Ln}[5 \frac{(23.1 + 5) * 25}{(23.1 + 25) * 5}]} = 710269 \frac{N}{mm}$$

$$K_{mac2} = \frac{\pi * 210000 * 10 * \text{tang}(30)}{2 \text{Ln}[5 \frac{(3.66 + 5) * 25}{(3.66 + 25) * 5}]} = 941842.8 \frac{N}{mm}$$

$$\frac{1}{K_{mt}} = \frac{1}{710269} + \frac{1}{941842.8}$$

$$K_{mt} = 404913.1 \frac{N}{mm}$$

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_{mt}} = \frac{355799.35}{355799.35 + 404913.1} = 0.46$$

Esto significa que solo el 46% de la carga externa se transmite al perno del apriete.

Análisis estático

Los pernos permiten hacer una junta desmontable. Por lo que para este tipo de junta se recomienda un valor de pretensión igual a:

Ecuación Inicial

$$F_i = 0.75 * F_p$$

$$F_i = 16530 \text{ N}$$

Pretensión

$$\frac{F_i}{A_t} = 0.75 * S_p$$

$$\frac{F_i}{A_t} + \frac{c * n * P}{A_t * N} \leq S_y$$

$$0.75 * S_p + \frac{c * n * P}{A_t * N} \leq S_y$$

$$0.75 * 380 + \frac{0.46 * 2.3 * P}{58 * 4} = 415$$

$$P = 28506.6 \text{ N}$$

Esta carga se divide para los 4 pernos que trabajan y cada perno soporta 7126.65 N

La carga máxima que puede soportar un perno con un coeficiente de seguridad $n=2.3$ es:

$$P = 7126.65 * 2.3 = 16391.3 \text{ N}$$

Entonces el factor de seguridad sería:

$$F_i - (1 - c) * P * n = 0$$

$$n = \frac{F_i}{(1 - c) * P}$$

$$n = \frac{16530}{(1 - 0.46) * 7126.65} = 4.2$$

- Se concluye que cada perno soporta una carga externa máxima de 7126.65 N por lo que se demuestra que si soporta la junta empernada entre la brida pie del motorreductor y la estructura metálica.
- Para nuestra necesidad se selecciona 4 pernos M10x1.5 por una longitud de 2.5”.

Selección de la junta elástica

Tabla 37. Características del LOVE JOY seleccionado

Acoplamiento LOVEJOY tipo “L”									Cubo				
									Acero sinterizado	Fundición	Aluminio	Acero inox.	Bronce
Ref.	A	B	C	D	E	A máx.	y	Peso Kg.					
L.035	15,9	20,6	7,1	6,7	15,9	10		0,05	X	X		X	
L.050	27,4	43,6	11,9	15,9	27,4	15		0,14	X	X	X	X	
L.070	34,5	50,8	12,7	19,1	34,5	19		0,27	X	X	X	X	
L.075	44,5	54,0	12,7	20,6	44,5	24		0,45	X	X	X	X	X
L.090	53,6	54,0	12,7	20,6	53,6	28	65	0,68	X	X	X	X	X
L.095	53,6	63,5	12,7	25,4	53,6	28	65	0,81	X	X	X	X	X
L.100	64,3	89,0	19,1	34,9	64,3	32	77	1,58	X	X	X	X	X
L.110	84,1	108,0	22,2	42,9	84,1	42	99	2,97	X	X	X	X	X
L.150	95,3	114,3	25,4	44,4	95,3	48	103	4,10	X	X	X	X	X
L.190	114,3	123,8	25,4	49,2	101,6	55	146	7,65		X		X	X
L.225	127,0	136,5	25,4	55,6	108,0	60		10,35		X		X	

Fuente: (SERGIO, 2005)

Tabla 38. Selección del toque del LOVE JOY

Ref.	PAR Nm.			Kw/100 rpm		KW Potencia transmitida a diferentes velocidades					Momento de inercia Kg/cm ²
	E + A	IN-SHEAR	H	E + A	H	NBR					
	NBR	URETANO	HYTREL	NBR	HYTREL	500	750	1000	1500	3000	
L.035	0,390			0,004		0,020	0,030	0,040	0,060	0,120	0,01
L.050	2,95		5,60	0,031	0,059	0,155	0,230	0,310	0,465	0,930	0,2
L.070	4,84		12,8	0,051	0,134	0,255	0,380	0,510	0,765	1,53	0,3
L.075	10,1		25,4	0,106	0,267	0,530	0,795	1,06	1,59	3,18	1
L.090	16,3	38	45,3	0,171	0,474	0,85	1,27	1,71	2,56	5,11	2
L.095	21,7	38	62,8	0,228	0,660	1,14	1,71	2,28	3,42	6,84	3
L.100	46,7	63	127	0,490	1,33	2,45	3,68	4,90	7,45	14,7	8
L.110	88,7	123	254	0,930	2,67	4,65	6,98	9,30	14,0	27,9	26
L.150	139	205	415	1,46	4,36	7,30	11,0	14,6	21,9	43,8	34
L.190	194	330	524	2,03	5,50	10,2	15,2	20,3	30,5	60,9	115
L.225	262		697	2,75	7,32	13,8	20,6	27,5	41,3	82,5	190

Fuente: (SERGIO, 2005)

4.3 Diseño del sistema de almacenamiento

El diseño de almacenamiento de las botellas compactadas y recicladas por la RVM depende del volumen ocupado por cada botella compactada. La forma diseñada y seleccionada cumple con los requisitos de estética e innovación, de hecho tiene la forma de una botella.

Volumen del cilindro

$$V = \pi * r^2 * h \quad (59)$$

$$V = \pi * (0.4m)^2 * 0.6m$$

$$\text{Volumen} = 0.344m^3$$

Volumen de la botella

- Alto= 21 cm
- Ancho = 7.2 cm
- Diámetro de la rosca = 2.7 cm

- Derrame = 540ml
- Capacidad nominal = 500 ml
- Peso = 25 gr

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$V = \pi * \left(\frac{7.2}{2} \text{ cm}\right)^2 * 21 \text{ cm}$$

$$V = 855.01 \text{ cm}^3 * \frac{1\text{m}^3}{(100\text{cm})^3}$$

$$V = 8.55 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

Volumen de la botella compactada

Con el objetivo de reducir al máximo el diámetro de las botellas recicladas se estableció una separación del rodillo compactador de 11mm, teniendo con esto una compactación de las botellas de 6.5 veces su diámetro, esto sería en el mejor de los casos (idealmente), Pero teniendo en cuenta las características elástica de las botellas se tiene una reducción de 1/3 de su volumen total. Concluyendo así con un volumen de botella compactada de $285 * 10^{-6} \text{ m}^3$, es decir 24 mm.

Número de botellas en el contenedor

$$\text{Número de botellas} = \frac{\text{Volumen del contenedor}}{\text{Volumen de la botella}} \quad (60)$$

$$\text{Número de botellas} = \frac{0.344 \text{ m}^3}{285 * 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$\text{Número de botellas} = 1200 \text{ botellas}$$

Parámetros

- Material: tubo cuadrado de 1 ½" x 1.5 de espesor.
- Capacidad de botellas: 1200
- Capacidad en Kg: 30 kg
- Número de botellas por kilogramo: 40 botellas

4.4 Diseño del sistema de pago por botella

Se diseñó empíricamente un mecanismo biela manivela que gracias a la programación realizada en el LOGO acciona un servomotor de 15 kg el cual realiza la función.

Para suplir esta necesidad en la RVM se diseñó un sistema de pago por monedas, que mediante la encuesta realizada se estableció un pago de un centavo de dólar a la persona que recicla una botella de plástico de 500 ml, y a partir de los parámetros de las monedas de un centavo de dólar se diseñó el sistema de pago.

Al revisar la geometría de las monedas de un centavo de dólar encontramos espesores diferente, esto fue relevante para el diseño del monedero.

Parámetros mecánicos

Figura 56. Mecanismo de pago por botella



Fuente: (Autores)

- Material: ASTM A36
- Mecanismo: Biela manivela
- Capacidad: 120 centavos
- Dimensiones: Ø 30.3x 250 mm

Parámetros electrónicos

El diseño electrónico del sistema de pago, consta de dispositivos accesibles capaces de cumplir la función específica.

Se seleccionó un servomotor de 15 kgde torque, por su versatilidad en el diseño de su transmisión hecha de engranajes de bronce y capacidad para vencer la resistencia del mecanismo biela manivela. Además por ser el servomotor con mayor torque disponible

$$T = F \cdot d \quad (61)$$

$$F = \frac{T}{d} = \frac{15KGcm}{1.5cm}$$

$$F = 10kgf$$

Figura 57. Servomotor adaptado al mecanismo



Fuente: (Autores)

Características del servomotor:

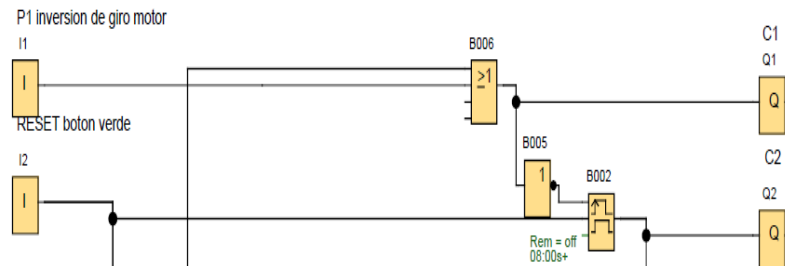
- Denominación: MG 995
- Voltaje de alimentación: 4.8-7 VDC
- Con 4.8 V :13kgy con 7V: 15kg
- Voltaje de calibración de 5V
- Amperaje: 100 mA
- Peso: 55.2 g

Programación de la máquina

P1 inversión de giro motor. Pulsador que mediante los bloques not me activa el rele de disparo de barrido por flancos, y éste a su vez activa primero C1 que es el un contactor que es quien activa el giro del motor horariamente y luego de dejar de pulsar gira al lado de compactación.

Este diagrama permite resetear cuando la máquina se apaga el motor por exceso de botellas la cual lleva a un aumento de corriente en el motor y por ello se acciona el guarda motor, protegiendo las conexiones eléctricas, entonces pulsamos el inversor de giro y al instante de dejar de pulsar se invierte el giro listo para compactar las botellas por 10 seg para finalmente apagarse automáticamente.

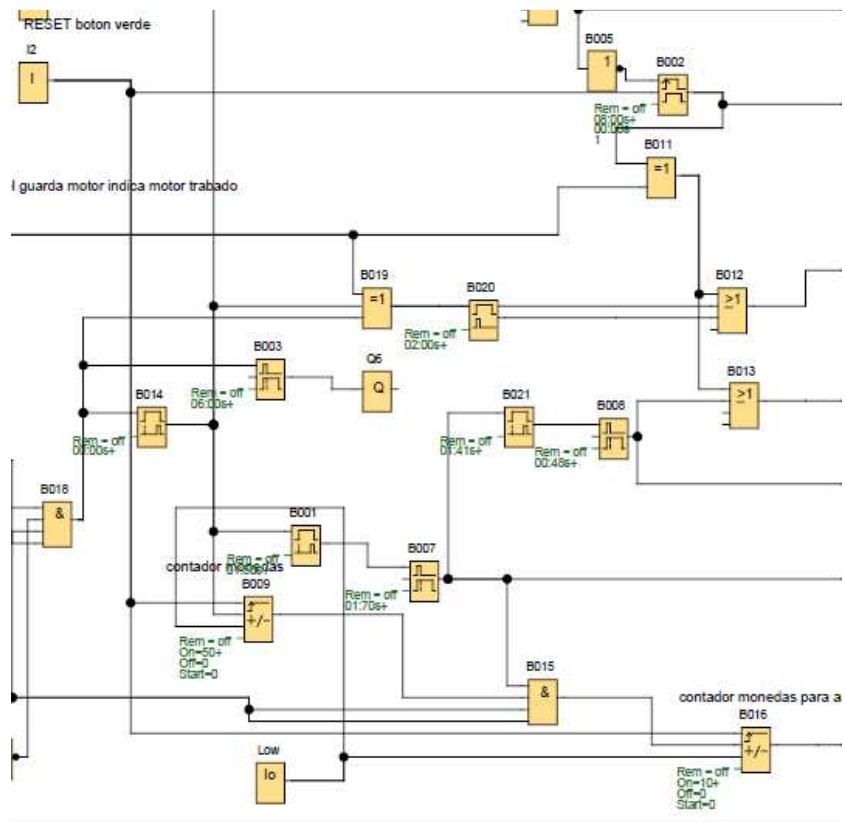
Figura 58. Programación de la máquina del inversor de giro del motor



Fuente: (Autores)

Reset botón verde. Entrada de pulsador que inicializa los contadores, este pulsador va conectado a todos los Reset de los bloques para reiniciar todo el proceso.

Figura 59. Programación de la máquina con el botón verde de Reset

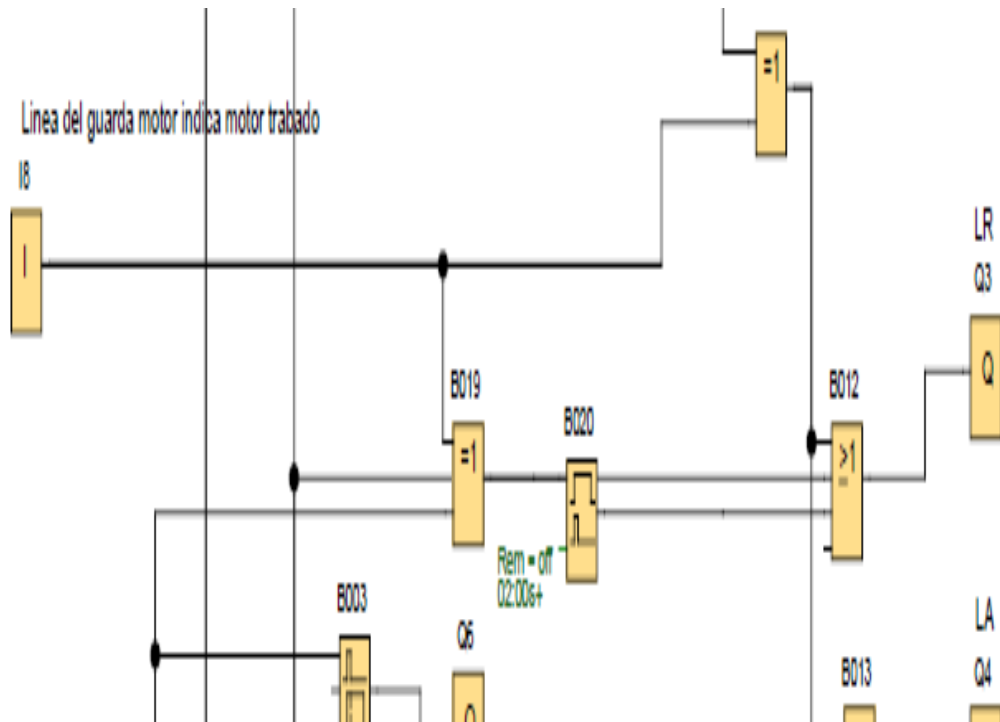


Fuente: (Autores)

Línea del guardamotor. Esta entrada es dada por una línea del guardamotor, la cual nos indica que el motor se atascó, esta señal va unida al Reset y las luces indican que existe un problema debido a una sobre carga en el motorreductor.

Con esto tenemos una advertencia de que el motor se paró, éste control está dirigida por la compuerta XOR del contactor y guardamotor.

Figura 60. Programación de la máquina de la línea del guardamotor

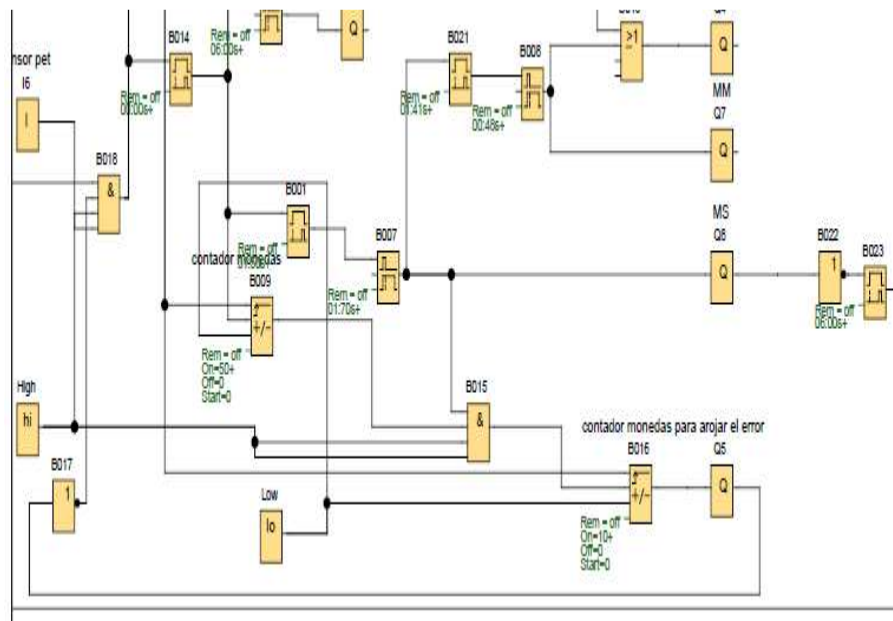


Fuente: (Autores)

Sensor PET. Esta entrada posee dos bucles de retroalimentación, un lazo de retroalimentación es para la seguridad de la alarma de los centavos mediante una compuerta and por 5 segundos, el otro lazo es para dar un tiempo de espera entre botellas, esto ayuda para que no entreguen monedas y espere a que se ubique bien el cilindro de recepción de botellas.

Son seguridades de funcionamiento, cada vez que el sensor detecta envía una señal que nos indican una botella acumulada y lista para la activación del tambor compactador.

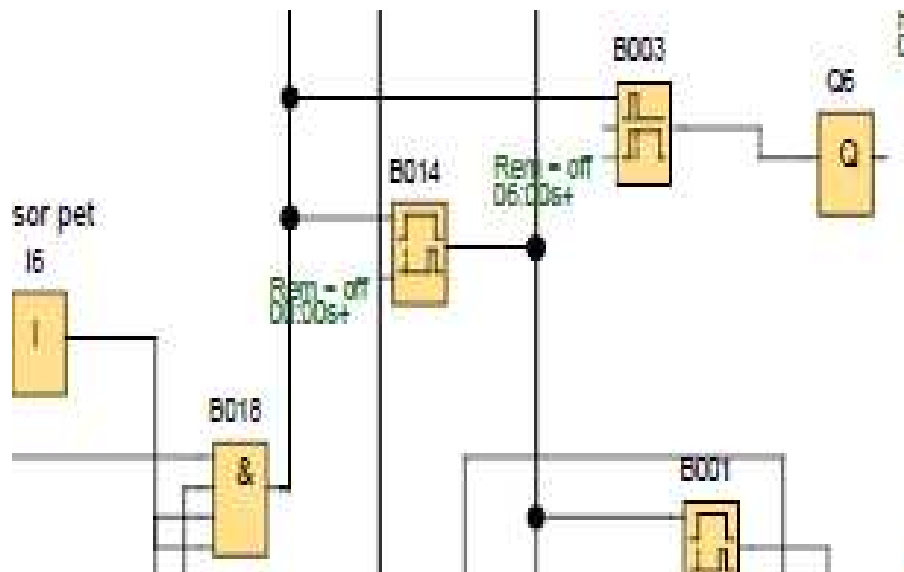
Figura 61. Programación de la máquina para el sensor de PET



Fuente: (Autores)

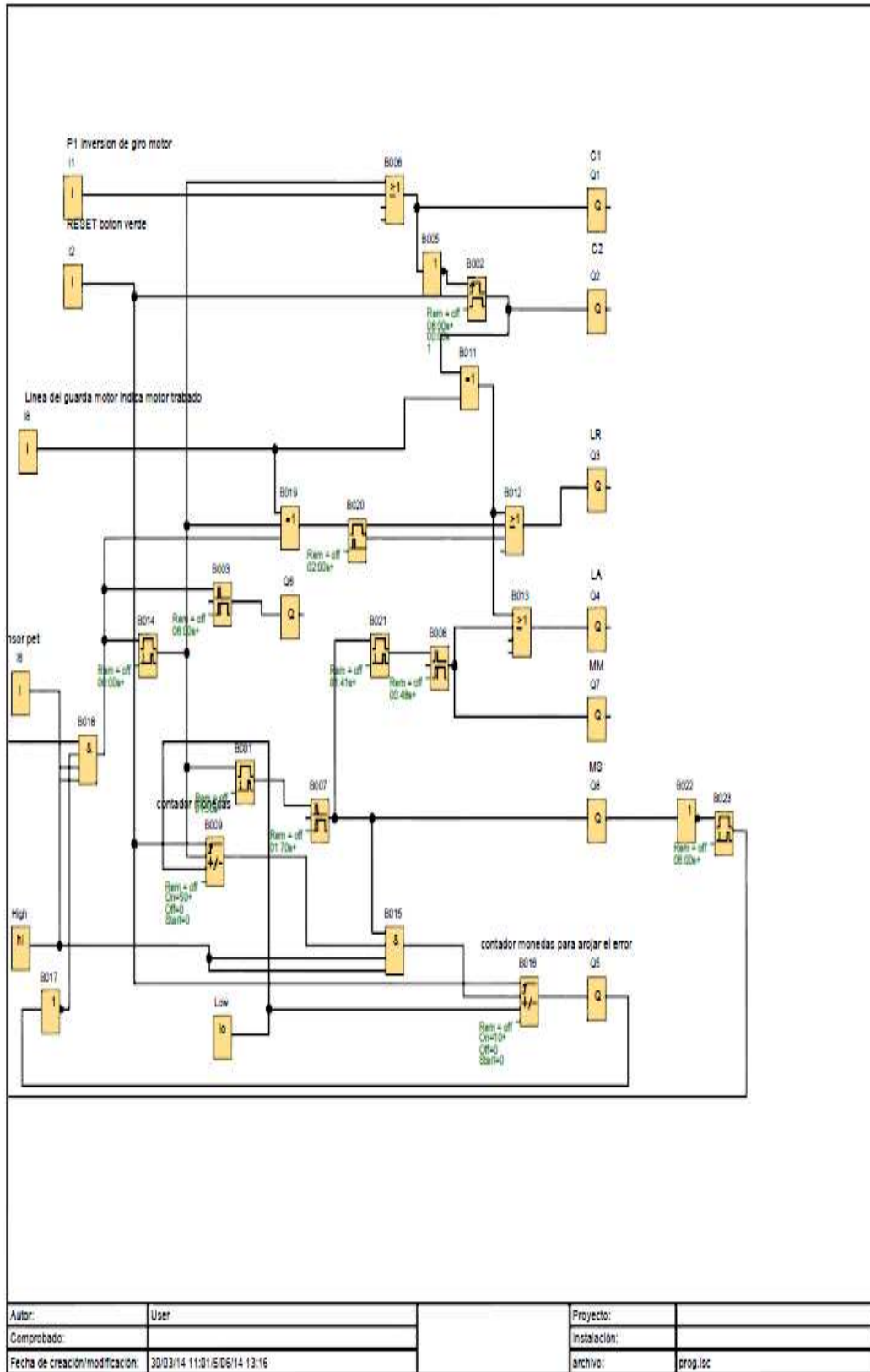
Activación de la placa del servomotor. Para activar el servomotor se realiza mediante un control desde el logo debido a que las trascientes del motor al arrancar y detenerse van a afectar al micro controlador dando un mal funcionamiento. Con esto solo lo activamos en el servo cuando el motor esta encendido. Y luego se desenergiza.

Figura 62. Programación de la máquina para la activación de la placa del servomotor



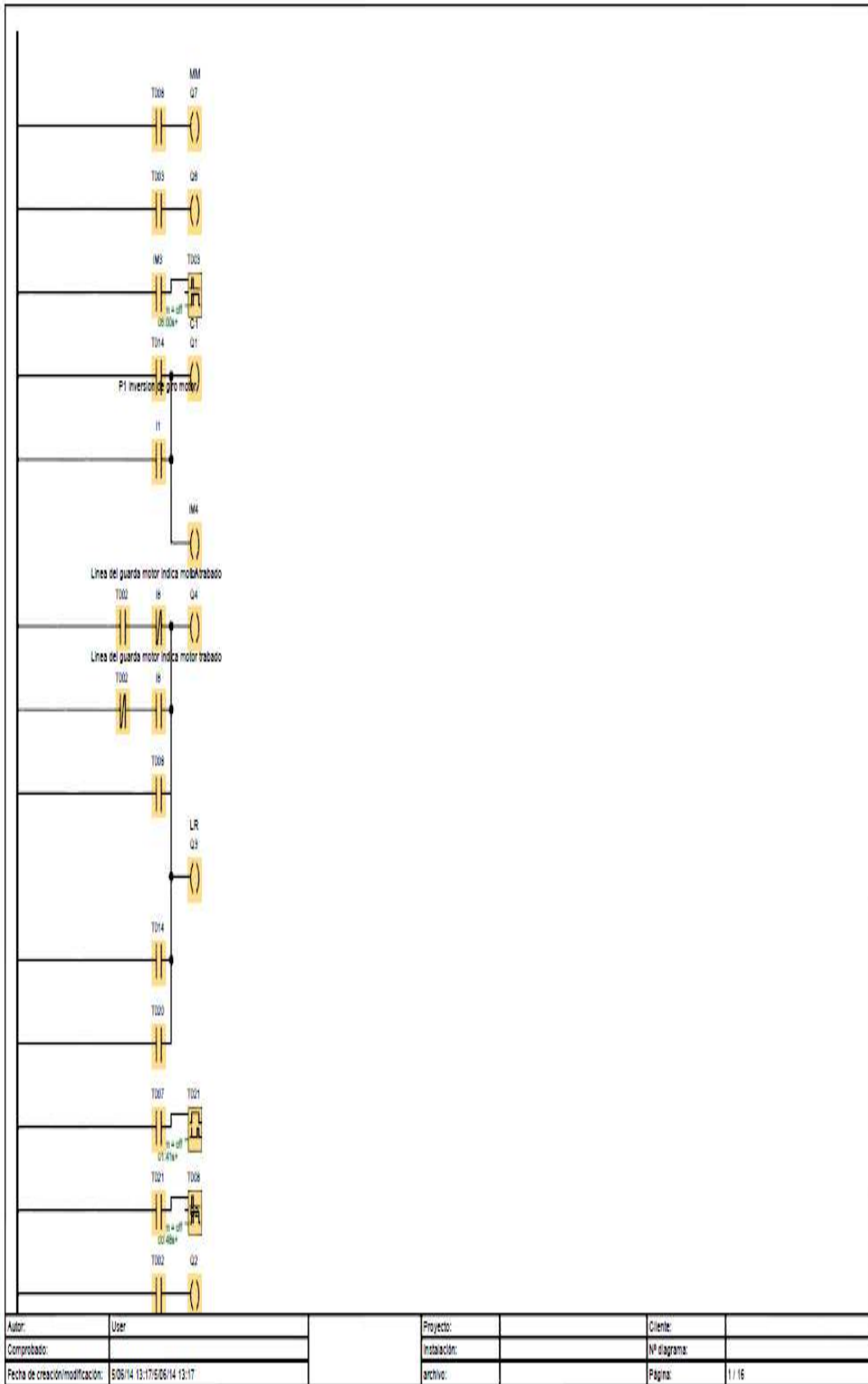
Fuente: (Autores)

Figura 63. Programación de la máquina en forma de diagrama de bloques



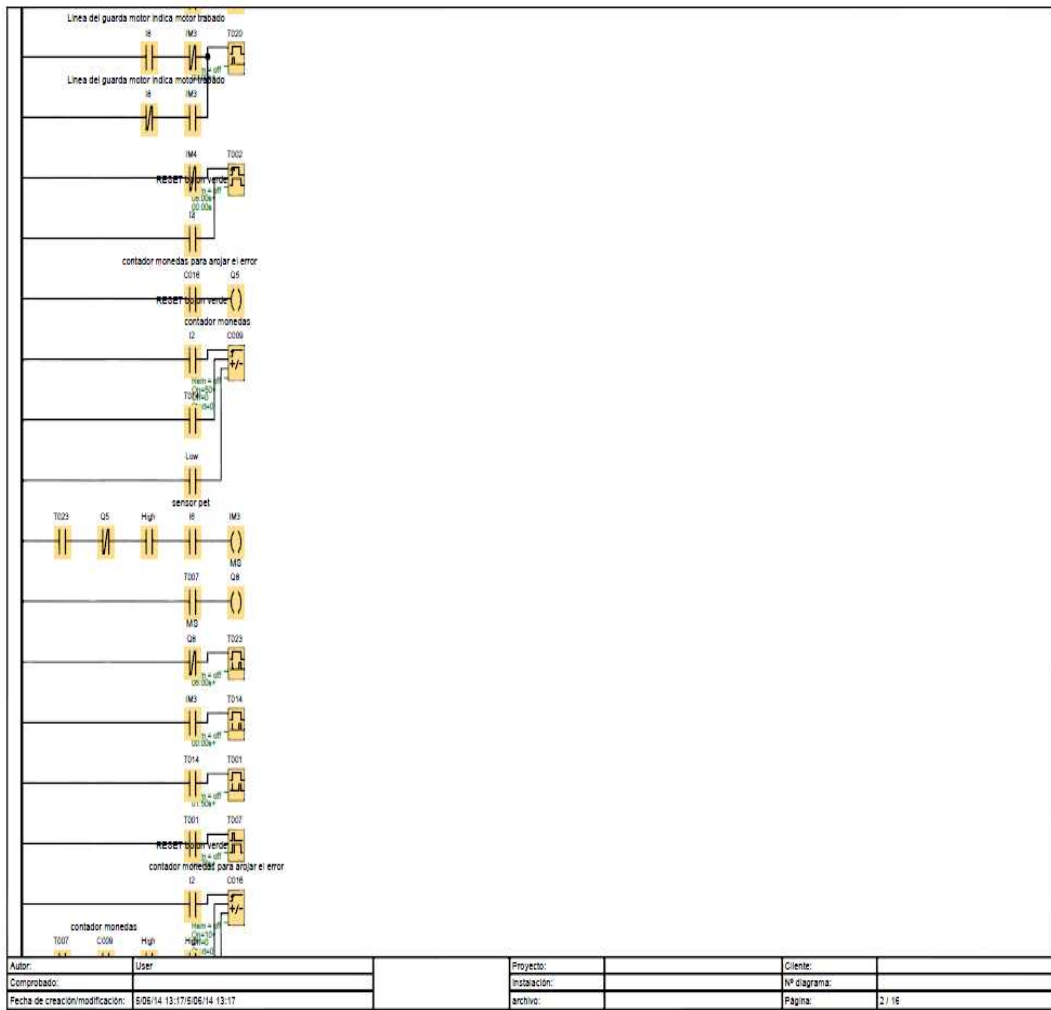
Fuente: (Autores)

Figura 64. . Programación de la máquina en forma de diagrama en escalera



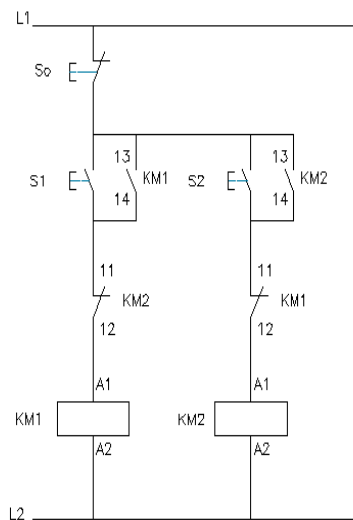
Fuente: (Autores)

Figura 65. Programación de la máquina en forma de diagrama en escalera



Fuente: (Autores)

Figura 66. Diagrama de control de la máquina RVM

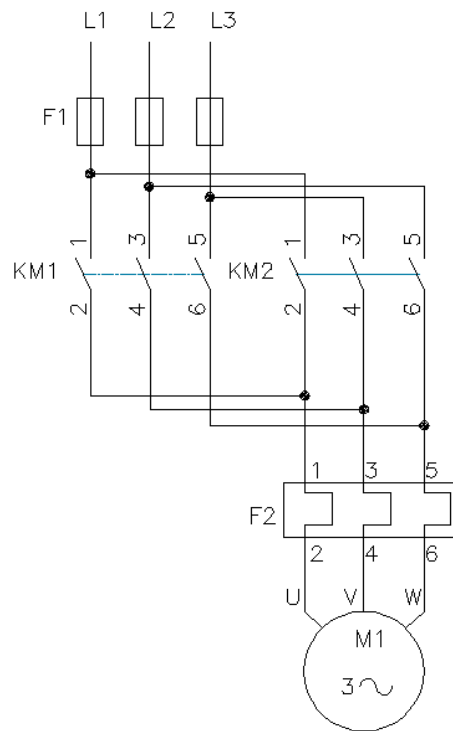


Fuente: (Autores)

Diagrama de potencia de la máquina RVM

En la siguiente figura se tiene el diagrama de potencia donde se representa la instalación de los diferentes motores que constituyen el funcionamiento de la máquina.

Figura 67. . Diagrama de potencia de la máquina RVM



Fuente: (Autores)

Consumo mensual de energía de la máquina

Voltios: 220 V

Amperaje: 1.5 A

$$\sqrt{3} = 1.73$$

$$\text{Potencia} = \text{voltaje} * \text{amperaje} * \sqrt{3} \quad (62)$$

$$\text{Potencia} = 220\text{V} * 1.5 \text{ A} * \sqrt{3}$$

$$\text{Potencia} = 571.57 \text{ W}$$

$$\text{Potencia} = 0.57 \text{ kW}$$

Tiempo de operación del motor

Botellas almacenadas diariamente =

aproximadamente 400 botellas de 500 ml

Botellas almacenadas en la tolva = 1 botellas

Encendidas del motor

$$= \frac{\text{botellas almacenadas diariamente}}{\text{botellas almacenadas en la tolva}}$$

$$\text{Encendidas del motor} = \frac{400}{1}$$

Encendidas del motor = 400 veces / día.

Tiempo aproximado del encendido del motor = 10

s

Tiempo total del encendido del motor = (10 s * 400
veces)/ día

Tiempo total del encendido del motor = 4000 s

Tiempo total del encendido del motor = 1.11 horas

Tiempo mensual = tiempo total del encendido del
motor * 30 días

Tiempo mensual = 1.11 * 30

Tiempo mensual = 33.3 horas

Consumo eléctrico por las horas de operación para determinar los kilovatios hora.

$$\text{Consumo} = \text{potencia} * \text{tiempo mensual} \quad (63)$$

$$\text{Consumo} = 0.57 \text{ kW} * 33.3 \text{ h}$$

$$\text{Consumo} = 18.981 \text{ kWh de electricidad al mes}$$

Tarifa por cada kWh

Tabla 39. Cargos tarifarios

CONELEC

PERIODO: **ENERO - DICIEMBRE ***

EMPRESAS ELÉCTRICAS:

AMBATO-AZOGUES-CNEL BOLÍVAR-CENTROSUR-COTOPAXI-NORTE-RIOBAMBA-SUR

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

ENERO - DICIEMBRE **

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/consumidor)
CATEGORÍA RESIDENCIAL			
NIVEL TENSIÓN BAJA Y MEDIA TENSIÓN			
0-50		0,091	
51-100		0,093	
101-150		0,095	
151-200		0,097	
201-250		0,099	
251-300		0,101	
301-350		0,103	
351-500		0,105	1,414
501-700		0,1285	
701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812	

Fuente: (ESPAÑOL)

$$\text{Consumo} = \text{consumo} * \text{tarifa}$$

$$\text{Consumo} = 18.981 \text{ kW hora} * 0.099 \frac{\text{USD}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Consumo} = 1.879 \text{ USD mensuales}$$

CAPÍTULO V

5. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

La construcción de la máquina RVM se lo llevó a cabo en un taller mecánico industrial localizado en el Parque Industrial de la ciudad de Riobamba.

En el proceso de construcción, montaje e instalación de la máquina RVM se utilizarán las siguientes máquinas herramientas las cuales se muestran a continuación.

- Torno
- Flexómetro
- Arco de sierra
- Moladora
- Taladro de mano
- Taladro pedestal
- Soldadora MIG
- Limas
- Compresor
- Llaves
- Machuelos
- Destornilladores
- Brocas
- Cuchillas para tornear
- Entenalla
- Soldadora eléctrica
- Multímetro
- Calibrador pie de rey
- Prensa de banco
- Hexagonales
- Remachadora
- Martillo
- Cortadora de tool
- Dobladora de tool

En la tabla 40 se muestra las partes constitutivas de la máquina RVM, sus elementos y el material del cual se construye.

Tabla 40. Partes constructivas de la máquina RVM

SISTEMA	ELEMENTO	CANT	MATERIAL / MODELO
Identificación de botellas	Ducto interno	1	PVC
	Tapa ducto	1	PVC
	Sujeción canal	1	ASTM A36
	Canal de alimentación	1	ASTM A36
	Acople del servomotor	1	Acero 1035
Tolva para el acopio de botellas	Contenedor de botellas	1	ASTM A36
	Placa frontal contenedor	1	ASTM A36
Sistema de pago de botellas	Barra accionamiento 1	1	ASTM A36
	Barra accionamiento 2	1	ASTM A36
	Soporte mecanismo pagador	1	ASTM A36
	Tolva de descarga pago	1	ASTM A36
	Alimentador de monedas	1	ASTM A36
Almacenaje de botellas	Estructura	1	ASTM A36
Sistema de compactación de botellas	Semi tambor	1	API-5L PSL1
	Tambor	1	API-5L PSL1
	Eje del tambor	1	AISI 1035
	Acople eje motorreductor	1	Acero 1045
	Soporte motor	1	ASTM A36
	Placa soporte motor	1	ASTM A36
	Cubos de tambor	1	ASTM A36
	Tapas de tambor	1	ASTM A36

Estructura exterior	Cubierta puerta superior 3	1	Acero galvanizado
	Cubierta puerta superior 2	1	Acero galvanizado
	Cubierta puerta superior 1	1	Acero galvanizado
	Cubierta puerta central 2	1	Acero galvanizado
	Cubierta puerta central 1	1	Acero galvanizado
	Cubierta puerta inferior 1	1	Acero galvanizado
	Puerta superior	1	ASTM A36
	Puerta central	1	ASTM A36
	Puerta inferior	1	ASTM A36

Fuente. (Autores)

En la tabla 41 se detalla los tiempos que se demora en construir cada elemento que conforma la máquina RVM.

Tabla 41. Tiempos en la construcción de la máquina RVM

SISTEMA	ELEMENTO	N°	OPERACIONES	TIEMPO (h)
IDENTIFICACIÓN DE BOTELLAS DE PLÁSTICO	Ducto interno	1	Toma de medidas	0,2
		2	Corte	1
		3	Rolado	1
		4	Taladrado	0,5
		5	Soldado	1
	Tapa ducto	6	Trazado	0,5
		7	Corte	0,2
		8	Pulido	0,4
		9	Montaje	1
	Sujeción canal	10	Trazado	0,2
		11	Cortado	0,3
		12	Rolado	0,4
		13	Taladrado	0,6
		14	Montaje	1
	Canal de alimentación	15	Toma de medidas	0,4

		16	Corte	0,2	
		17	Barolado	0,5	
		18	Taladrado	0,4	
		19	Soldado	1	
		Acople del servomotor	20	Trazado	0,2
			21	Corte	0,5
			22	Pulido	0,3
			23	Taladrado	0,4
			24	Montaje	0,3
TOLVA PARA EL ACOPIO DE BOTELLAS	Contenedor de botellas	25	Trazado	5	
		26	Corte	4	
		27	Doblado	3	
		28	Pulido	2	
		27	Soldado	1	
		30	Montaje	2	
	Placa frontal contenedor	31	Trazado	0,4	
		32	Corte	0,4	
		33	Doblado	0,2	
		34	Pulido	0,1	
35		Montaje	0,5		
PAGO DE BOTELLAS	Barra accionamiento 1	36	Trazado	0,8	
		37	Corte	1	
		38	Pulido	0,6	
		39	Montaje	0,5	
	Barra accionamiento 2	40	Trazado	0,8	
		41	Corte	1	
		42	Pulido	0,6	
		43	Montaje	0,5	
	Soporte mecanismo pagador	44	Trazado	0,5	
		45	Corte	0,8	
		46	Pulido	2	
		47	Montaje	5	
	Tolva de descarga pago	48	Trazado	1	
		49	Corte	2	
		50	Doblado	3	
		51	Soldado	2	
		52	Montaje	4	
	Alimentador de monedas	53	Trazado	1	
54		Corte	2		

		55	Pulido	0,5
		56	Montaje	0,5
ALMACENAJE DE BOTELLAS	Estructura	57	Toma de medidas	0,4
		58	Trazado	4
		59	Corte	5
		60	Doblado	6
		61	Pulido	3
		62	Soldado	2
		63	Taladrado	2,5
		64	Montaje	2
SISTEMA DE COMPACTACIÓN DE BOTELLAS	Semi tambor	65	Toma de medidas	0,5
		66	Trazado	0,6
		67	Corte	4
		68	Soldado	3
		69	Taladrado	2
		70	Montaje	0,5
	Tambor	71	Toma de medidas	0,3
		72	Trazado	0,2
		73	Corte	4
		74	Soldado	3
		75	Taladrado	0,3
		76	Montaje	2
	Eje del tambor	77	Toma de medidas	0,3
		78	Trazado	0,5
		79	Torneado	12
		80	Montaje	0,6
	Acople eje motorreductor	81	Toma de medidas	0,1
		82	Trazado	0,3
		83	Torneado	8
		84	Montaje	0,3
	Soporte motor	85	Toma de medidas	0,2
		86	Trazado	0,3
		87	Corte	0,5
		88	Doblado	2
		89	Soldado	1
		90	Taladrado	2
		91	Montaje	2
	Placa soporte motor	92	Toma de medidas	0,2
		93	Trazado	0,2

		94	Corte	1	
		95	Soldado	2	
		96	Taladrado	3	
		97	Montaje	0,5	
	Cubos de tambor	98	Toma de medidas	0,5	
		99	Trazado	0,2	
		100	Torneado	12	
		101	Montaje	0,3	
	Tapas de tambor	102	Toma de medidas	0,2	
		103	Trazado	0,5	
		104	Corte	1	
		105	Torneado	6	
		106	Montaje	3	
	ESTRUCTURA EXTERIOR	Cubierta puerta superior 3	107	Toma de medidas	0,3
			108	Trazado	0,5
			109	Corte	1
110			Montaje	1,5	
Cubierta puerta superior 2		111	Toma de medidas	0,3	
		112	Trazado	0,5	
		113	Corte	1	
		114	Montaje	1,5	
Cubierta puerta superior 1		115	Toma de medidas	0,3	
		116	Trazado	0,5	
		117	Corte	1	
		118	Montaje	1,5	
Cubierta puerta central 2		119	Toma de medidas	0,3	
		120	Trazado	0,5	
		121	Corte	1	
		122	Montaje	1,5	
Cubierta puerta central 1		123	Toma de medidas	0,3	
		124	Trazado	0,5	
		125	Corte	1	
		126	Montaje	1,5	
Cubierta puerta inferior 1		127	Toma de medidas	0,3	
		128	Trazado	0,5	
		129	Corte	1	
		130	Montaje	1,5	
Puerta superior	131	Toma de medidas	0,6		
	132	Trazado	1		

		133	Corte	2	
		134	Doblado	6	
		135	Soldado	2	
		136	Montaje	4	
		137	Toma de medidas	0,6	
		138	Trazado	1	
	Puerta central	139	Corte	2	
		140	Doblado	5	
		141	Soldado	2	
		142	Montaje	4	
		Puerta inferior	143	Toma de medidas	0,6
			144	Trazado	1
	145		Corte	2	
	146		Doblado	4	
	147		Soldado	2	
	148		Montaje	4	

Fuente: (Autores)

5.1 Construcción del sistema de identificación de botellas plásticas.

Para la elaboración del sistema de identificación es necesario efectuar un proceso de elaboración como se muestra en la figura 68 para lo cual se seleccionó una plancha metálica de 1/20 de espesor con medidas de 325x 330 mm para hacer el desarrollo, procediendo a cortar esta medida con una cizalla.

Luego se estableció la medida interna por donde va a caer la botella que es de 94x290mm, estas medidas se cortaron con un máquina llamada Plasma. Seguido se procedió a hacer un rolado en una máquina roladora terminando finalmente el cilindro externo.

Después se seleccionó un tubo PVC de 3.5" para el cilindro giratorio, a este se le hizo un corte con sierra de forma longitudinal para que la botella ingrese a la máquina, con las medidas del servomotor de 3.2 KG, se realizó su bastidor el cual fue soldado en la parte trasera del cilindro externo, y mediante pernos se ensambló el cilindro externo con el servomotor.

Después se hizo un agujero de ½” para hacer el acople del cilindro interno PVC con el servomotor. Esto se logró mediante un perno que unió ambos elementos giratorios. Se adicionó una suelda epóxica para una mejor junta giratoria.

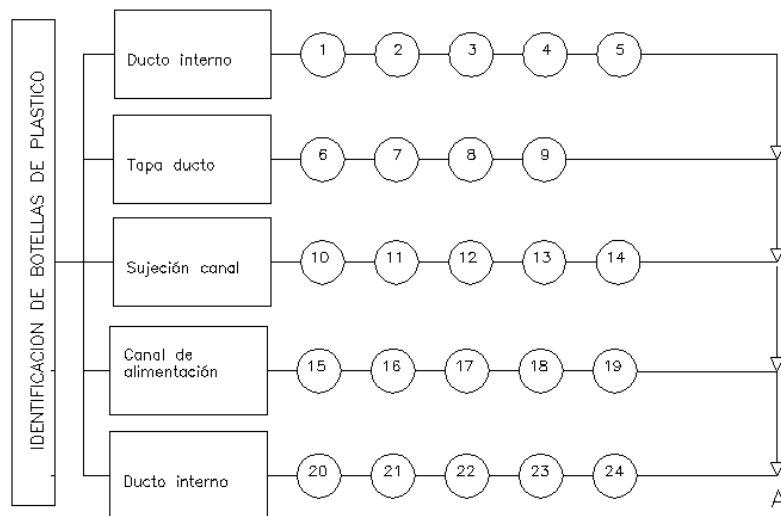
Todo este dispositivo se ensambló en la máquina mediante dos bridas hechas de chapa metálica de 2mm y mediante pernos se incorporó a la máquina RVM.

A todo este sistema se instaló un sensor fotoeléctrico de detección directa ML-100 que funciona con 12 VDC y un servomotor de 3.2 kgcon 5 VDC.

Para concluir se incorporó una alarma de color rojo que funciona con 120 VAC como indicador de la presencia del material reciclado.

A continuación se muestra el flujograma de la construcción el cual está correlacionado con la construcción de la máquina RVM.

Figura 68. Flujograma del sistema de identificación de botellas plásticas



Fuente: (Autores)

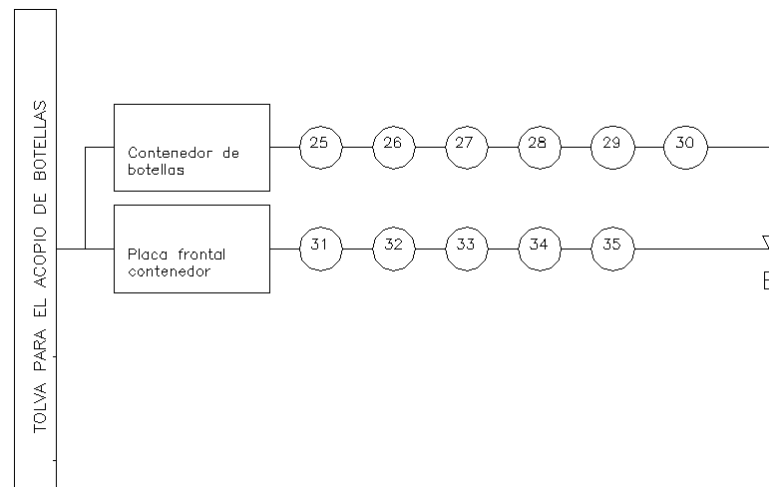
5.2 Construcción de la tolva para el acopio de botellas no compactadas

Para la realización de la tolva de almacenamiento como se muestra en la figura 69 se lo realizó con chapa metálica de 1/20”. Se cortó el material con una cizalla, se hicieron los doblados respectivos mediante una dobladora de tol metálico, la tapa se recortó y se hizo una unión emperrada para cerrar la tolva.

Tiene para una capacidad de 1 botellas y luego se acciona el sistema compactador, esta tolva se ensambla a la máquina mediante pernos de 4mm y finalmente se pintó de color verde.

A continuación se muestra el flujograma de la construcción el cual está correlacionado con la construcción de la máquina RVM.

Figura 69. Flujograma de la construcción de la tolva para el acopio de botellas no compactadas



Fuente: (Autores)

5.3 Construcción del sistema para el pago por botella plástica

La construcción del sistema de pago, se lo realizó tomando como referencia los monederos actuales. Seleccionado el servomotor de 15 kg que funciona con 5 VDC, se hizo una pequeña bancada para soportar el mecanismo biela manivela, se seleccionó un tubo externo de $\varnothing 30.3 \times 250$ mm, al cual se le torneo y se consiguió una rosca interna para acoplarse a un tubo con rosca externa que lleva los centavos el cual también fue maquinado con un torno.

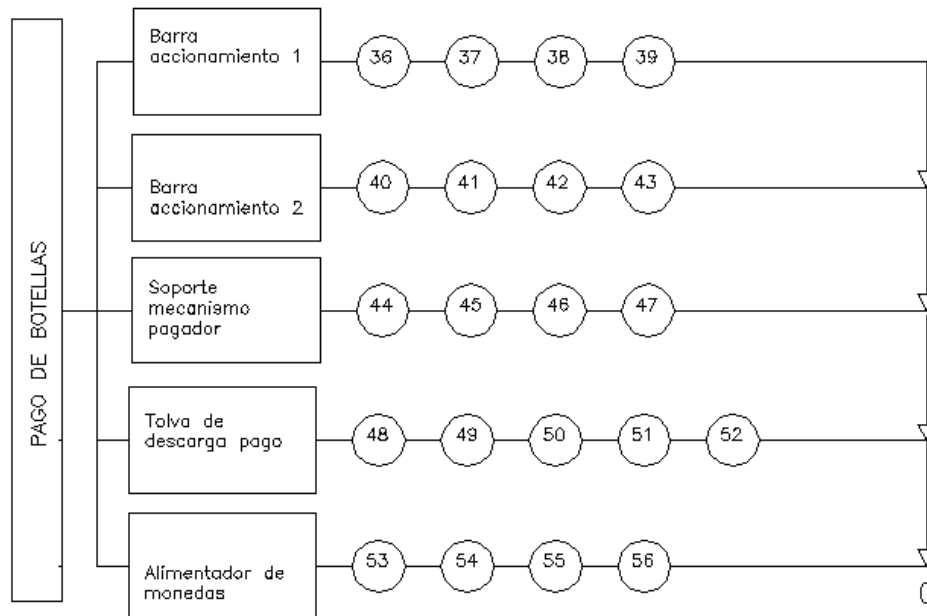
Además se dispone de un resorte para empujar y hacer avanzar las monedas, el mecanismo posee uniones soldadas y empernadas.

A este sistema se le adjunto una tolva para receptor las monedas e impedir así que estas se vayan al suelo, además se instaló una alarma de color verde para indicar la

acción del pago y finalmente se pintó de color rojo el mecanismo y plomo la tolva de monedas.

A continuación se muestra el flujograma de la construcción el cual está correlacionado con la construcción de la máquina RVM.

Figura 70. Flujograma del proceso de construcción del sistema para el pago por botella plástica



Fuente: (Autores)

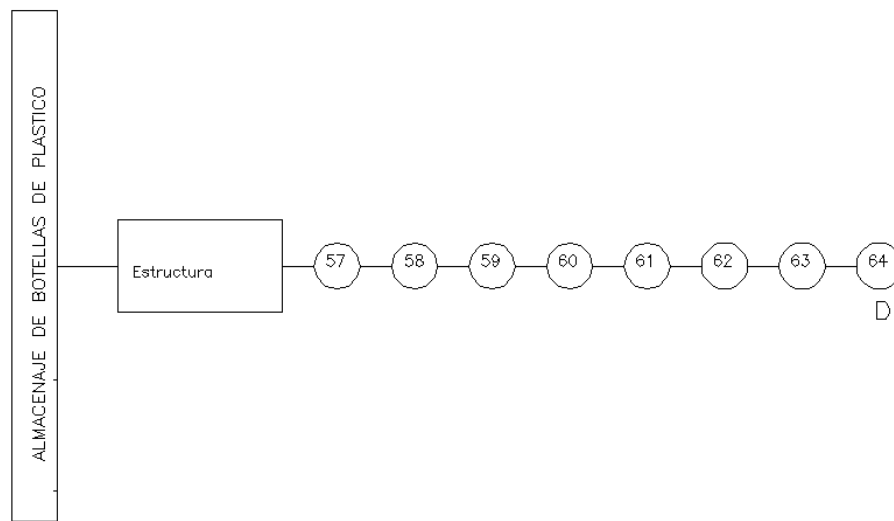
5.4 Construcción del almacenamiento de botellas compactadas

El almacenamiento de botellas tiene forma cilíndrica, con un volumen de $0.344m^3$ y capacidad de 1200 botellas diarias. Su construcción se lo realizó en la parte inferior de la máquina, con medidas de $\varnothing 855 \times 600mm$, la base de la estructura fue rolada y soldada, se usó una plancha de 2mm de espesor para la parte inferior.

Se forro con chapa metálica de $1/32''$, dispone de una puerta para retirar el material compactado y finalmente se pintó de color verde.

A continuación se muestra el flujograma de la construcción el cual está correlacionado con la construcción de la máquina RVM.

Figura 71. Flujograma de la construcción del almacenamiento de botellas compactadas



Fuente: (Autores)

5.5 Construcción del mecanismo de compactación de las botellas plásticas

El mecanismo de compactación se realiza optimizando los recursos disponibles y con la mejor calidad, en inicio se seleccionó las tuberías para hacer los tambores compactadores de $\frac{1}{4}$ de espesor y 356 mm de diámetro, luego se cortó con la máquina de Plasma una longitud de 310mm, después se mecanizó el eje de transmisión 1035 el cual fue torneado a un diámetro de 2" y un diámetro de 1" para colocar los rodamientos con soporte S, más tarde se hizo un fresado de 10mm para hacer el chavetero en el eje y se mecanizó dos asientos o cubos para hacer el acople del eje con el tambor rotativo teniendo un diámetro externo de 3", un diámetro interno de 2", y una longitud de 55mm lo cual se unió al eje mediante chaveta y prisioneros de $\frac{1}{2}$ ". Seguido se mecanizaron dos tapas de acero A36 con diámetros de 343 mm y un agujero en el centro de 3" para hacer el acople con el rodillo tambor compactador, estas tapas fueron soldadas junto con el rodillo y el cubo, y de esta manera formar el rodillo compactador.

En la parte externa del rodillo se adjuntaron unas garras o dientes hechos de varilla cuadrada y soldadas al tambor. Este sistema se fijó a la máquina mediante pernos de $\frac{1}{2}$ " de los rodamientos S a la estructura de la máquina.

Realizado esto se hizo el acople entre tambor rotativo con el motorreductor, esta junta se logró gracias a un lovejoy, se seleccionó esta junta por razones de espacio en la máquina y el lovejoy seleccionado fue el tipo L.150 por el torque a soportar de 133.5 Nm.

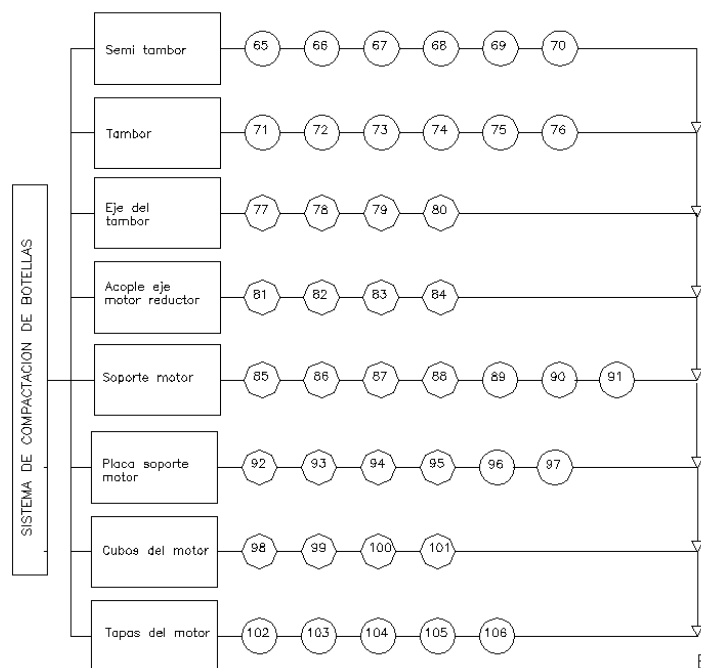
Seleccionado el motorreductor se fijó a la estructura con pernos de ½” mediante dos bridas de pie incorporado al motorreductor, además se colocó una placa base en la parte inferior del mismo y haciendo un bastidor para su colocación en la estructura de la máquina RVM. Para el acople se alinearon los ejes del tambor y del motorreductor.

Se hizo las instalaciones pertinentes para accionar el motorreductor de 220 VAC, que con una programación el controlador único que es el logo controla su accionar con TIMER.

Posterior se hizo la parte fija con la misma tubería seleccionada, se cortó con la máquina de Plasma ¼ del tambor, por razones de espacio, se unió con pernos a la estructura y finalmente el mecanismo compactador fue pintado.

A continuación se muestra el flujograma de la construcción el cual está correlacionado con la construcción de la máquina RVM.

Figura 72. Flujograma del mecanismo de compactación de las botellas plásticas



Fuente: (Autores)

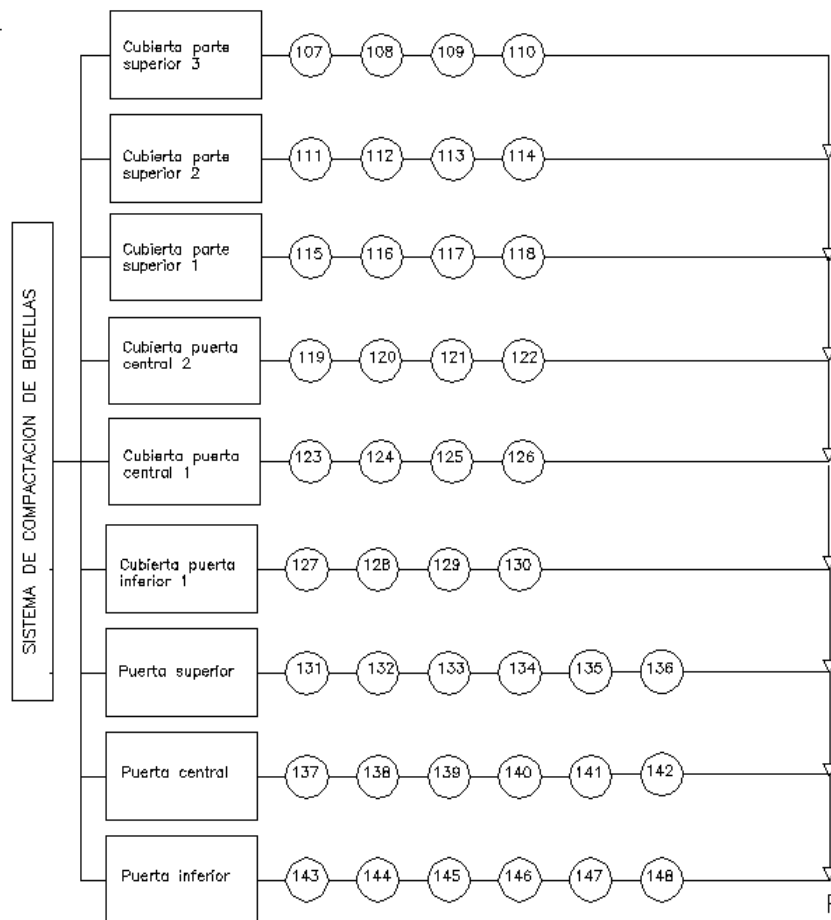
5.6 Construcción de la estructura exterior

La construcción de la estructura de la máquina depende del espacio disponible del sistema de compactado, de la capacidad de almacenamiento y de los elementos constitutivos. Con todo lo anterior se cortó el material de tubo cuadrado de 1 ½" y se roló los tubos para obtener la forma de una botella, soldando el material preparado y además varillas de ¼" para reforzar a la estructura.

El recubrimiento se lo hizo de chapa metálica para lo cual se taladró y se remachó, luego macillamos para darle un mejor acabado superficial pintando la estructura de color verde, y con los distintivos de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

A continuación se muestra el flujograma de la construcción el cual está correlacionado con la construcción de la máquina RVM.

Figura 73. Flujograma de la Construcción de la estructura exterior de la máquina RVM



Fuente: (Autores)

5.7 Montaje de elementos constitutivos

Para el montaje de elementos constitutivos se tiene aquellos que con adquiridos sean estos, los servomotores, el sensor, el logo Siemens 230Rc, la fuente de poder, la caja térmica y todos los elementos electrónicos.

5.8 Montaje del modelo de máquina

Los tiempos utilizados durante el montaje de la máquina se presentan a continuación.

Tabla 42. Montaje del sistema de identificación de botellas

Montaje del sistema de identificación de botellas		
Operación	Símbolo	Tiempo (horas)
Montaje del ducto interno	M1	1
Montaje de la tapa ducto	M2	2
Montaje de la sujeción canal	M3	3
Montaje del canal de alimentación	M4	1,5
Montaje del acople del servomotor	M5	3
Subtotal		10,5

Fuente. Autor

Tabla 43. Montaje de la tolva para el acopio de botella

Montaje de la tolva para el acopio de botellas		
Operación	Símbolo	Tiempo (horas)
Montaje del contenedor de botellas	M1	1
Montaje de la placa frontal contenedor	M2	0,5
Subtotal		1,5

Fuente. Autor

Tabla 44. Montaje del sistema de pago de botellas

Montaje del sistema de pago de botellas		
Operación	Simbolo	Tiempo (horas)
Montaje de la barra accionamiento 1	M1	0,2
Montaje de la barra accionamiento 2	M2	0,5

Montaje del soporte mecanismo pagador	M3	2
Montaje de la tolva de descarga pago	M4	1,5
Montaje del alimentador de monedas	M5	3
Subtotal		7,2

Fuente. Autor

Tabla 45. Montaje del sistema de almacenaje de botellas

Montaje del sistema de almacenaje de botellas		
Operación	Símbolo	Tiempo (horas)
Montaje de la estructura	M1	5
Subtotal		5

Fuente. Autor

Tabla 46. Montaje del sistema de identificación de botellas

Montaje del sistema de identificación de botellas		
Operación	Símbolo	Tiempo (horas)
Montaje del semi tambor	M1	2
Montaje del tambor	M2	3
Montaje del eje del tambor	M3	1
Montaje del acople eje motorreductor	M4	0,5
Montaje del soporte motor	M5	0,5
Montaje de la placa soporte motor	M6	0,5
Montaje de los cubos del motor	M7	0,4
Montaje de las tapas del motor	M8	0,3
Subtotal		8,2

Fuente. Autor

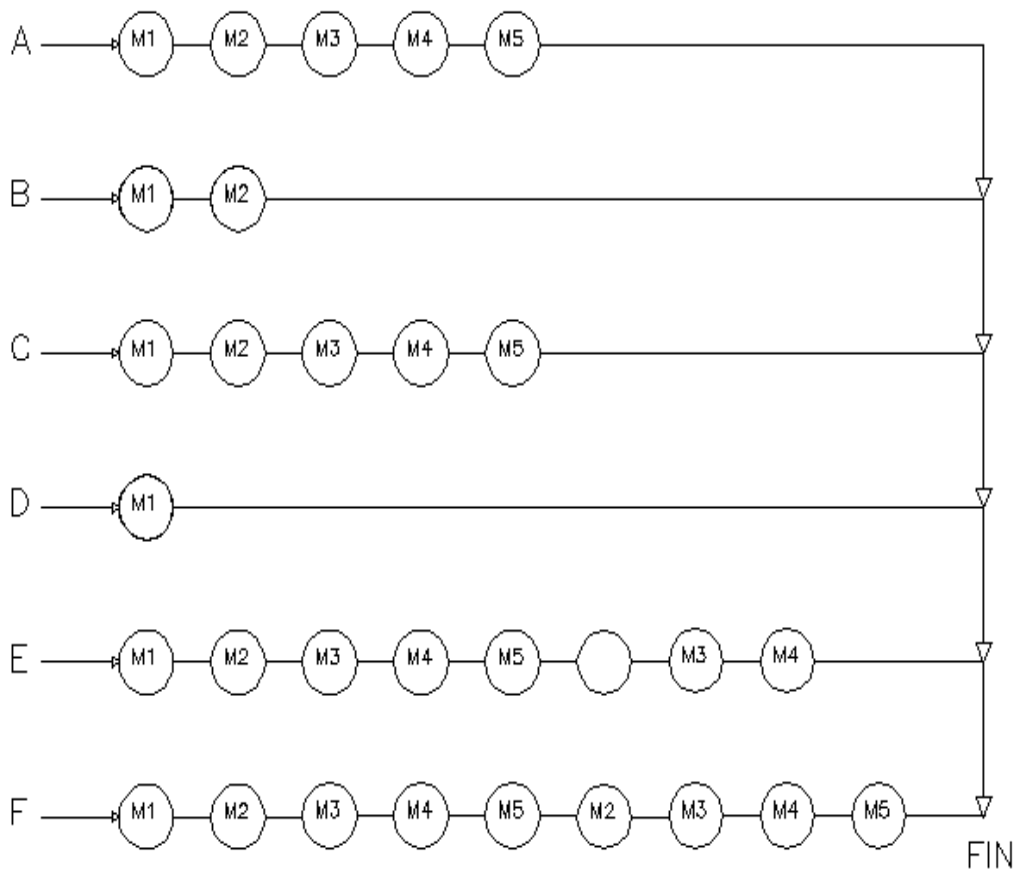
Tabla 47. Montaje de la estructura exterior

Montaje de la estructura exterior		
Operación	Símbolo	Tiempo (horas)
Montaje de la cubierta puerta superior 3	M1	1

Montaje de la cubierta puerta superior 2	M2	1
Montaje de la cubierta puerta superior 1	M3	1
Montaje de la cubierta puerta central 2	M4	1
Montaje de la cubierta puerta central 1	M5	1
Montaje de la cubierta puerta inferior 1	M6	1
Montaje de la puerta superior	M7	1
Montaje de la puerta central	M8	1
Montaje de la puerta inferior	M9	1
Subtotal		9

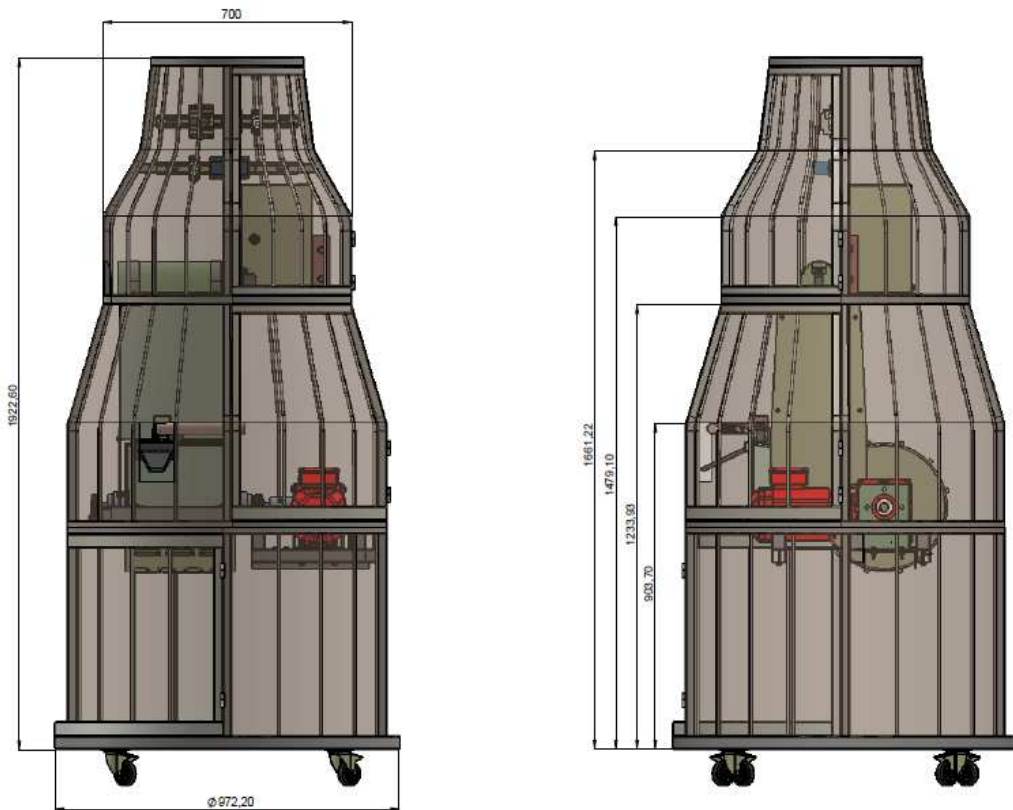
Fuente. Autor

Figura 74. Flujograma de montaje de la máquina RVM



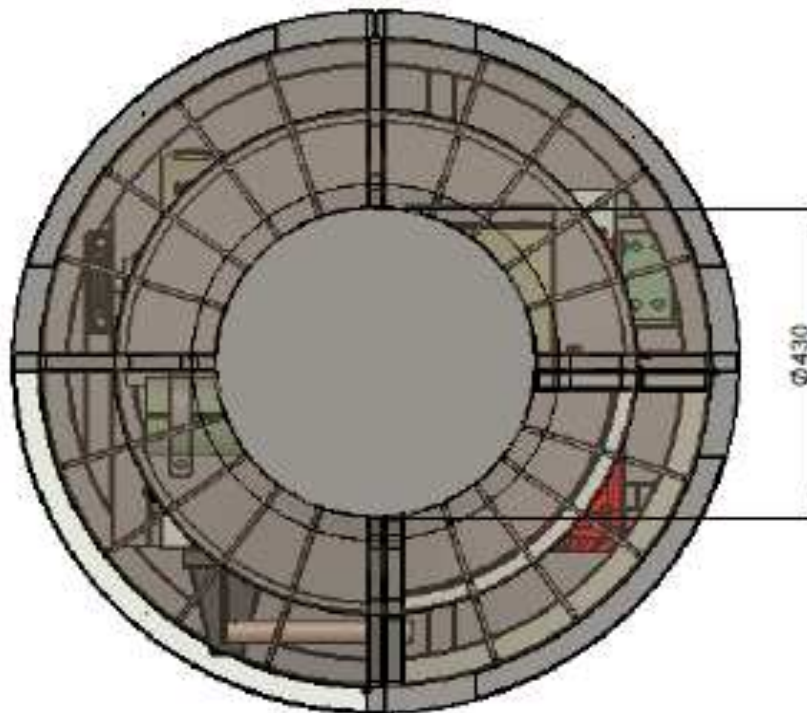
Fuente. Autor

Figura 75. Vista frontal de la máquina RVM



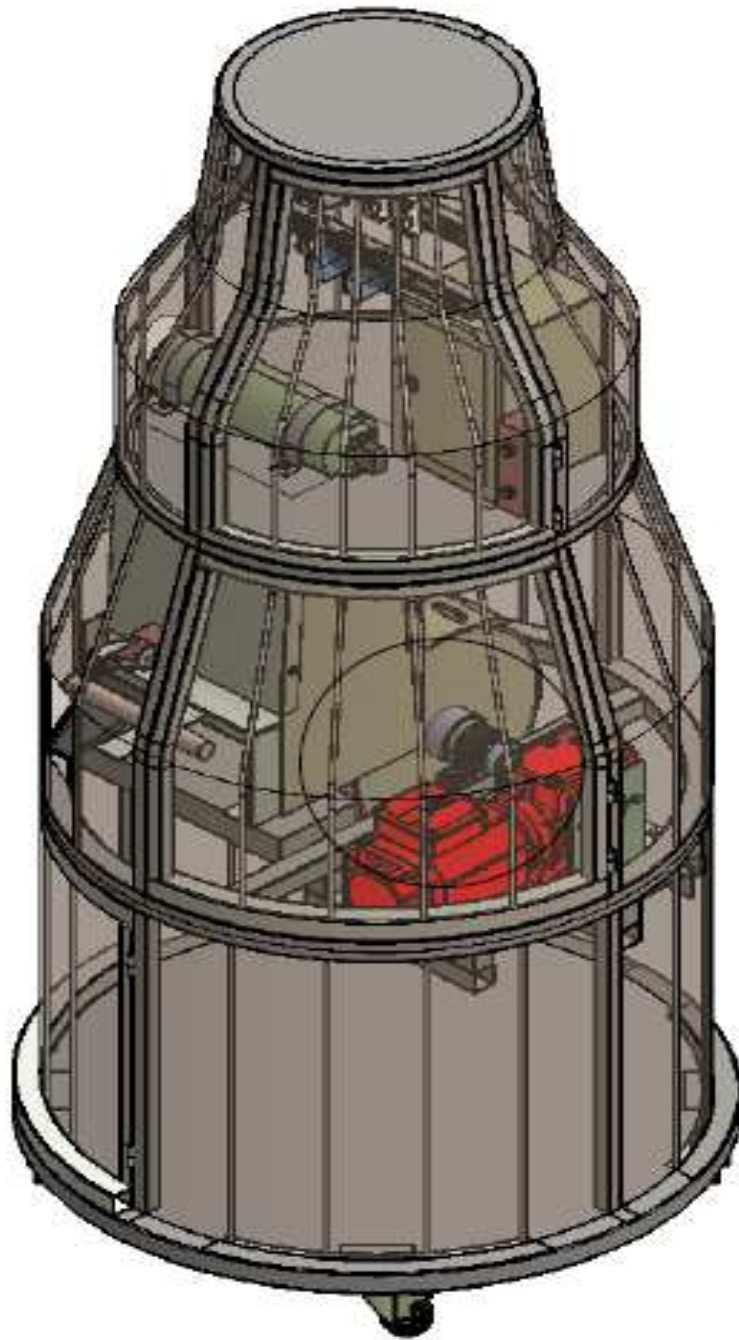
Fuente: (Autores)

Figura 76. Vista superior de la máquina RVM



Fuente: (Autores)

Figura 77. Vista isométrica de la máquina RVM



Fuente: (Autores)

CAPÍTULO VI

6. PRUEBAS

6.1 Pruebas de funcionamiento.

6.1.1 *Pruebas en el sistema de recepción de botellas plásticas.* En el sistema de recepción de botellas plásticas tenemos un sensor fotoeléctrico ML-100 el cual permite el ingreso de este producto a la máquina. Además el sensor puede receptar todo tipo de material por lo cual se recomienda reciclar solo botellas de PET 1 ya que de otro modo, se puede tener problemas al momento de compactar. Para aliviar este inconveniente se instaló un guardamotor que se acciona cuando exista una sobrecarga el motorreductor.

6.1.2 *Pruebas en la tolva para el acopio de botellas no compactadas.* Dentro de esta tolva se procede a almacenar 1 botella de diferente longitud, espesor y diámetro. Al introducir en el en el sistema de recepción las botellas caen de una altura no mayor a 60cm las mismas que se almacenan de una forma no ordenada, y están listas para la compactación. En esta tolva de almacenamiento se tienen botellas con las diferentes características.

- Botellas de 500 ml de plástico con tapa
- Botellas de 500 ml de plástico sin tapa
- Botellas de 500 ml de plástico con residuos de líquidos en su interior.

6.1.3 *Pruebas en el sistema de pago por cada botella plástica.* En este sistema se utilizó un mecanismo de biela- manivela acoplado con un servomotor de 15kgf .cm y mediante un resorte se procede a dar un centavo de dólar por cada botella plástica que se ingresa en la máquina. La entrega del centavo de dólar es de forma automática gracias a la programación instalada en el logo Siemens 230RC.

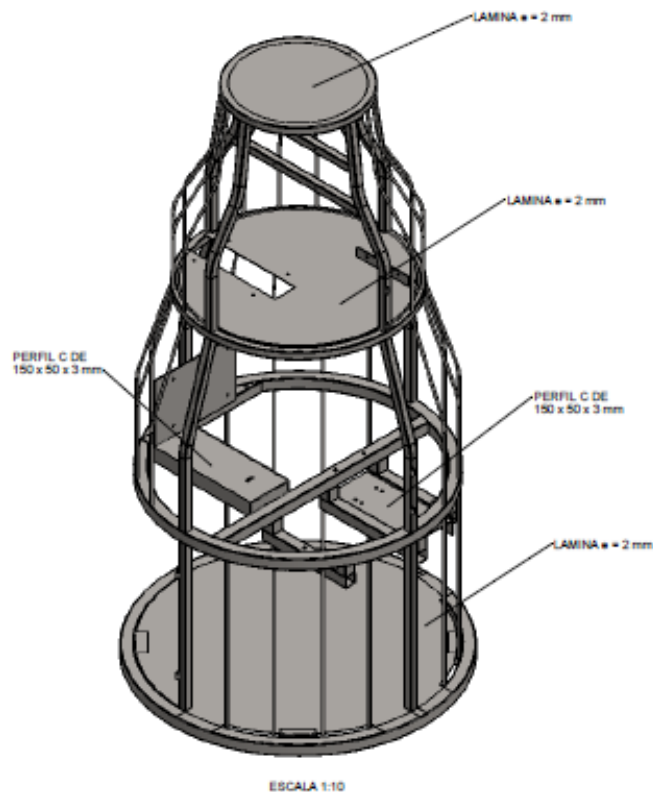
6.1.4 *Pruebas en el sistema de almacenamiento de botellas plásticas.* Con los diseños realizados anteriormente se pudo determinar un sistema de almacenamiento para 1200 botellas aproximadas ya compactadas.

6.1.5 Pruebas en el sistema de compactación de botellas plásticas. Con el tambor compactador y su conjunto cuando gira a 18 RPM cuya velocidad es transmitida por el motorreductor al momento que pasa la botella es arrastrada por el sistema de dientes que luego choca contra el tambor fijo y aquí se produce la compactación, teniendo como resultado una compactación de la botella con un volumen no mayor a 11 mm que es la separación entre el rodillo fijo y el móvil.

Cabe destacar que las botellas plásticas tienen una propiedad elástica y se recupera teniendo como espesor final 24 mm además el rodillo fijo tiene un mecanismo de regulación lo que nos permite acercarlo o alejarlo de una longitud del rodillo móvil y así poder tener mayor o menor espesor de las botellas compactadas.

6.1.6 Pruebas en la estructura exterior. Se concluye que la estructura de nuestra máquina es bien sólida, tiene un excelente acabado y además es impermeable. Además se determinó un peso total de 207 kg y soporta vibraciones producidas por el motorreductor al momento de la compactación.

Figura 78. Estructura exterior de la máquina



Fuente: (Autores)

6.1.7 Análisis de resultados. El resultado final de nuestra máquina que se obtuvo desde el momento de ingresar la botella de plástico de 500ml al sistema de identificación, se espera 2 s en pagar el centavo de dólar e instantáneamente se prende el motorreductor por 10 segundos para compactar a la botella que está almacenada en la tolva, posteriormente el servomotor en 5 segundos gira el ducto interno a la posición inicial de recepción de botellas teniendo como resultado un compactado de botellas con un volumen final de 24 mm.

6.1.8 Análisis económico de la máquina RVM.

Número de botellas diarias = 400 botellas de 500 ml aproximadamente

Peso aproximado diario = $400 * 25\text{gr} = 10000\text{gr}$

Peso aproximado diario = 10 Kilogramos

Peso aproximado mensual = Peso aproximado semanal * 20 días laborable en la ESPOCH

Peso aproximado mensual = 10 Kilogramos * 20 días laborable en la ESPOCH

Peso aproximado mensual = 200 Kilogramos

Ingreso mensual = Peso aproximado mensual * Costo de kilo de botellas compactadas de 500ml

Ingreso mensual = 200 Kilogramos * 0.90 centavos de dólar.

Ingreso mensual = 180 USD aproximados.

Egreso mensual = 8020 botellas plásticas de 500 ml.

Egreso mensual = 8020 centavos de dólar.

Egreso mensual = 80.20 dólares aproximados.

Consumo de energía mensual = 1.879 USD mensuales.

Ingreso líquido = Ingreso mensual - Egreso mensual - Consumo de energía mensual.

Ingreso líquido = 180 USD - 80.20 USD - 1.879 USD.

Ingreso líquido = 97.921 USD aproximados.

CAPÍTULO VII

7. ANÁLISIS DE COSTOS

Tomando en cuenta que para el diseño y construcción de la máquina no se disponía de ningún elemento, se ha tomado como referencia los diferentes materiales necesarios para el diseño, la construcción, automatización y funcionamiento de la máquina RVM.

7.1 Costos.

Para la realización del análisis de costos se tomó en cuenta los diferentes gastos que inciden en los costos directos, indirectos y costo total.

- Transporte
- Alquiler de taller
- Pruebas y funcionamiento
- Mano de obra

7.2 Costos directos.

Aquí se detalla la inversión fija que se necesitó, para la realización de la máquina

Tabla 48. Total costos directos

Total costos directos		
Ítem	Denominación	Total
1	Materiales	1613,49
2	Mano de obra	500,03
3	Costo de máquinas y herramientas	550
4	Transporte	100
5	Total de costos directos	2763,52

Fuente: (Autores)

Tabla 49. Materiales comprados para la construcción

ITEM	Denominación	Cantidad	Valor (USD)	Sub total (USD)
1	Tubo 1 1/12 in * 2 mm	1	90	90
2	Gasolina	1	5	5
3	Condensadores de motorreductor	1	32	32
4	Electrodos	1	20	20
5	Cuchilla para torno	1	5	5
6	Plancha dipac	2	15	30
7	Matrimonio	1	43,8	43,8
8	Prisionero de 1 in	2	0,85	1,7
9	Condensador	1	5	5
10	Mantenimiento de motorreductor	1	20	20
11	Pernos 5/16 *2 in	1	4,7	4,7
12	Pernos 3/8 in * 2 1/2 in	1	2,9	2,9
13	Llantas de 80 kg	4	2,63	10,52
14	Bisagras de ½ in	6	0,96	5,76
15	Varillas de 1/4 de in	1	4,3	4,3
16	Interruptor	1	5	5
17	Tiñer	1	5	5
18	Agarraderas	26	0,19	4,94
19	Módulo de expansión	1	65	65
20	Motorreductor	1	250	250
21	Eje	1	30	30
22	Chumacera	2	6,5	13
23	Caja térmica	1	12	12
24	Alarmas	2	4,25	8,5
25	Cuchilla	1	10	10
26	Rosca	1	2	2
27	Matrimonio	1	20	20
28	Pernos	1	3,49	3,49
29	Machuelo	12	1,5	18
30	Prisionero	1	0,5	0,5
31	Pernos	1	0,5	0,5
32	Tubo	1	10	10

33	Tubo con roscado	1	15	15
34	Material eléctrico	1	16,49	16,49
35	Pintura	1	40	40
36	Cable eléctrico	10	1,705	17,05
37	Masque	1	8,74	8,74
38	Enchufe	1	1,55	1,55
39	Relés	2	4,3	8,6
40	Tiras	1	1	1
41	Material eléctrico	1	115,044	115,044
42	Micro controlador + fuente	1	47,63	47,63
43	Cable	1	5	5
44	Condensadores	1	3	3
45	Malla	1	15,75	15,75
46	Servo	1	15	15
47	Guardamotor	1	32	32
48	Logo siemens 230 RC	1	176,25	176,25
49	Electrodos	1	4	4
50	Goma	1	6	6
51	Servo 15 kg	1	42,25	42,25
52	Tool	1	45,28	45,28
53	Pintura para base	1	5	5
54	Disco de desbaste	1	7	7
55	Material para decorar	1	6,35	6,35
56	Pernos	1	0,6	0,6
57	Arandela	4	0,5	2
58	Botellas	1	0,5	0,5
59	Aceite	1	1	1
60	Tuercas	6	0,19	1,14
61	Lockjoin	1	40	40
62	Caucho	1	12,6	12,6
63	Tubo PVC	1	10	10
64	Adaptadores trifásicos	2	5	10
65	Pernos 3/8 in	14	1,43	20,02
66	Pernos	1	0,85	0,85
67	Brujita	1	0,9	0,9

68	Tool	1	2	2
69	Lija	1	2,8	2,8
70	Masilla	1	5	5
71	Broca de 1in	1	2,25	2,25
72	Pintura	6	6,54	39,24
73	Vinil	20	45	90
74	Total			1613,49

Fuente: (Autores)

Tabla 50. Costo mano de obra

Ítem	Operador	Costo(h)	Horas trabajo	Costo (USD)
1	Técnico tornero	4,25	30	127,50
2	Técnico soldador	4,25	25	106,25
3	Ayudante mecánico	2,15	92	197,80
4	Pintor	2,14	32	68,48
	Costo total			500,03

Fuente: (Autores)

Tabla 51. Costo de máquinas y herramientas

Ítem	Equipo	Costo(h)	Horas trabajo	Costo (USD)
1	Torno	20	10	200
2	Soldadora	8	8	64
3	Prensa	15	2	30
4	Taladro	18	2,5	45
5	Amoladora	18,5	2	37
6	Compresor	14	3	42
7	Cortadora de plasma	6	4,5	27
8	Fresadora	12	3,5	42
9	Roladora	15	4	60
10	Herramientas varias	12	0,25	3
	Costo total			550

Fuente: (Autores)

Tabla 52. Costo de transporte

Descripción	Precio (USD)	Subtotal (USD)
Transportes al taller	100	100

Fuente: (Autores)

7.2.1 Costos indirectos. En los costos indirectos se estima un valor del 30% con relación a los costos directos, se considera una utilidad del 0% para fines de estudio realizado en el proyecto de tesis, estos valores se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 53. Total costos indirectos (30%)

Total de costos indirectos			
Item	Denominación	Porcen	Valor
1	Imprevistos costos directos	6%	96.80
2	Montaje de equipos	6%	96.80
3	Secretaria	0	0
4	Conserje	0	0
5	Servicios básicos (Luz, Agua, Telf.)	0	0
6	Utilidad	0	0
7	Diseño ingenieril	12%	193.80
8	Ingeniero residente	0	0
9	Construcciones provisionales	0	0
10	Combustible	6%	96.80
	Total costos indirectos	30%	484.04

Fuente: (Autores)

7.2.2 Costos totales. El costo total del proyecto está representado por la suma de los costos directos e indirectos, por lo tanto se tiene.

Tabla 54. Costos totales

Costo total		
Item	Denominación	Total (USD)
1	Costos directos (USD)	2763.52
2	Costos indirectos (USD)	484.04
	Costo total (USD)	3247.56

Fuente: (Autores)

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones.

Finalizando la tesis se pudo cumplir todos los objetivos planeados al inicio del proyecto.

Se determinó que dentro de los diferentes bares que comercializan botellas plásticas de 500 ml existe un consumo aproximado de 2005 botellas semanales.

Con respecto al diseño de la máquina, es muy ergonómica ya que permite de manera fácil y rápida el ingreso de las botellas plásticas de 500 ml a una altura no superior de 1.25m.

Con el dimensionamiento del sistema de recepción e identificación de botellas, permite recibir solo botellas de 500 ml con longitudes de (15 a 30 cm) y diámetro que varía entre (6 a 8 cm).

El tiempo de encendido del motorreductor será de 2 segundos con un giro horario y 8 segundos con giro anti horario para lo cual se podrá compactar 1 botella en cada encendida.

En la tolva de almacenaje se tendrá 1 botella plástica de 500 ml para poder ser compactada.

Para el sistema de entrega de centavos se tiene como un número máximo de 120 centavos almacenados, se dispone de un contador en el logo siemens el mismo que activará la alarma cuando ya se entreguen 50 centavos, además con una tolerancia de 10 centavos adicionales y finalmente con un sistema de apagado automático de la máquina si se entregan 60 centavos por seguridad.

En el sistema de almacenaje de botellas de plásticos se cuenta con un total aproximado de 1200 botellas ya compactadas en un máximo de tres días.

Se determinó que el consumo semanal de botellas de plástico de 500 ml es de 2005, proporcionando un peso aproximado de 50 kg.

Se adquirió materiales óptimos para la construcción de la máquina.

Se pudo determinar que el espesor de los centavos es variable (1.50 a 1.55mm).

Se puede incluir un guardamotor para que actúe en el momento de algún atascamiento de una botella y apague al motorreductor si su amperaje es superior a 1.7 A.

Para automatizar la máquina RVM se construyeron mecanismos eléctricos y mecánicos los cuales cumplen con las especificaciones propuestas anteriormente para la construcción de la máquina.

Se pudo determinar que aproximadamente 40 botellas de plástico de 500ml es un 1 kg.

Con el diseño del tambor compactador y su conjunto se puede obtener excelentes resultados, sea con botellas sin tapa, con tapa, y hasta incluso con botellas con residuos de agua teniendo así una excelente compactación de 1/3 de su volumen original, gracias a su sistema de púas que perfora las botellas y la parte plana que sirve para el arrastre y compactación de las mismas.

El consumo de energía mensual es de 18.981 KW / hora con un costo de 1.879 USD mensuales.

8.2 Recomendaciones.

Esperar 2 segundos para que el sensor de PET identifique la botella y posterior entregue el centavo de dólar.

Ingresar la nueva botella se espera 10 segundos.

No ingresar objetos que no sean de plástico por lo que podrían dañar a la máquina y el sensor capacitivo envía una señal digital para que se apague por completo la máquina.

Verificar la alarma de los centavos caso contrario se apagará la máquina además estar pendiente de recargar los centavos.

Verificar cada 3 días el sistema de almacenamiento de botellas por lo que solo almacena aproximadamente 1200 botellas.

Si en caso ocurriera un atascamiento del motorreductor se procede a poner en ON en el guardamotor, luego de dos minutos cuando se desenergiza la bobina del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

2013, GRABY. 2013. GARBY. *GARBY*. [En línea] 9 de JULIO de 2013. [Citado el: 20 de 03 de 2014.] <http://www.garby.net/garby/reverse-vending-machine/>.

AKREAR. 2013. [En línea] LA PRENSA, 27 de 09 de 2013. [Citado el: 19 de 03 de 2014.] <http://www.laprensa.com.ec/interna.asp?id=1645>.

blogspot. hablemosdetodounpoco68.blogspot.com.

hablemosdetodounpoco68.blogspot.com. [En línea] [Citado el: 18 de 03 de 2014.] https://www.google.com.ec/search?q=Clasificaci%C3%B3n+de+pl%C3%A1sticos&newwindow=1&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=eqHOU_3VJpLhsASvILEY&ved=0CBsQsAQ&biw=1519&bih=670&dpr=0.9#facrc=_&imgdii=_&imgrc=xkZaSpxXe916hM%253A%3BKKFig4J4G1rSAM%3Bhttp%253A%252F%.

Bravo, Grupo Mario. 2014. GMB. *GMB*. [En línea] 19 de JUNIO de 2014. [Citado el: 20 de 07 de 2014.] <https://twitter.com/grupomariobravo>.

chointecnologia. chointecnologia - LOS PLÁSTICOS. *chointecnologia - LOS PLÁSTICOS*. [En línea] [Citado el: 18 de 03 de 2014.]

https://www.google.com.ec/search?q=mapa+conceptual+plasticos&newwindow=1&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=CqPOU57YOojNsQTDy4GoBg&ved=0CBsQsAQ&biw=1519&bih=670&dpr=0.9#facrc=_&imgdii=_&imgrc=mOUg7c2gcfYFXM%253A%3BTTqQvmnvUqjnwM%3Bhttps%253A%252F%252Fchoi.

DIPAC. DIPAC PRODUCTOS DE ACERO. *DIPAC PRODUCTOS DE ACERO*. [En línea] [Citado el: 7 de 05 de 2014.] <http://www.dipacmanta.com/adescargas.php>.

ecuadorenvivo. 2013. ecuadorenvivo.com. *ecuadorenvivo.com*. [En línea] 4 de MARZO de 2013. [Citado el: 18 de 03 de 2014.]

<http://www.ecuadorenvivo.com/tecnologia/80-tecnologia/39-textileras-vicunha-y-enkador-presentan-tecnologia-exclusiva-para-confeccion-de-telas-ecologicas.html>.

Eduardo. 2010. 15T00410.pdf. *15T00410.pdf*. [En línea] GPL Ghostscript 8.63, 14 de 05 de 2010. [Citado el: 15 de 03 de 2014.]

<http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/263/1/15T00410.pdf>.

ESPAÑOL, e HOW EN. e HOW. e HOW. [En línea] [Citado el: 21 de 06 de 2014.]
http://www.ehowenespanol.com/calcular-costo-electricidad-motor-electrico-tres-fases-como_467940/.

EURODRIVER, SEW. 2002. Constant Speed Reducers R/F/K/S. *Constant Speed Reducers R/F/K/S.* [En línea] 18 de 10 de 2002. [Citado el: 24 de 04 de 2014.]
<http://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/9PD0016.pdf>.

FAG. 2000. *Catalogo de rodamiento WL 41 520/3 SB*. España : Ed. FAG, 2000.
—. **2000.** *Catalogo de rodamientos*. España : Ed. FAG, 2000.

GmbH, Pepperl-Fuchs. 2004. Datenblatt. *Datenblatt.* [En línea] 3 de 2 de 2004.
[Citado el: 26 de 03 de 2014.] http://files.pepperl-fuchs.com/selector_files/navi/productInfo/edb/210543_spa.pdf.

I.A.A. 2007. *I.A.A.* s.l. : Edition ES Editor, 2007.

JOSHEP, SHIGLEY. 1989. *Manual de diseño mecanico*. México : Mc Graw Hill, 1989.

Joven, Eco. 2013. El reciclado de plásticos. *El reciclado de plásticos.* [En línea] 2013.
<http://www.ecojoven.com/cuatro/12/plasticos.html>.

libre, WIKIPEDIA La enciclopedia. 2014. WIKIPEDIA. *WIKIPEDIA.* [En línea] 17 de 07 de 2014. [Citado el: 20 de 07 de 2014.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Reciclaje>.

MACFAB. 2011. Compactadora_para_botellas.pdf. *Compactadora_para_botellas.pdf.*
[En línea] 7 de 1 de 2011. [Citado el: 20 de 04 de 2014.]
http://www.esp.macfab.com/prensa_de_balas/Compactadora_para_botellas.pdf.

Medina, Samuel. 7.

MEDINA_BARRENECHEA_SAMUEL_COMPACTADORA_BOTELLAS_PLÁSTICO.pdf.

MEDINA_BARRENECHEA_SAMUEL_COMPACTADORA_BOTELLAS_PLÁSTICO.pdf. [En línea] Adobe Acrobat Pro 9.0.0, 2012 de 12 de 7. [Citado el: 18 de 03 de 2014.]
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1655/MEDINA_BARRNECHEA_SAMUEL_COMPACTADORA_BOTELLAS_PL%C3%81STICO.pdf?sequence=1.

Medusa, Proyecto. 2011. plasticos-tejina.pdf. *plasticos-tejina.pdf*. [En línea] OpenOffice.org 3.2, 14 de 9 de 2011. [Citado el: 17 de 03 de 2014.] <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2011/09/plasticos-tejina.pdf>.

Ortiz, Luis Arturo. 2009. slideshare. *slideshare*. [En línea] 18 de 6 de 2009. [Citado el: 18 de 03 de 2014.] <http://www.slideshare.net/kapoluis/tipos-de-plasticos>.

Pabs. 2013. ArticuloCientifico. *ArticuloCientifico*. [En línea] GPL Ghostscript 9.05, 6 de 3 de 2013. [Citado el: 19 de 03 de 2014.] <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6700/1/AC-MECA-ESPE-047026.pdf>.

paco_jr. 2013. monografias.com. *monografias.com*. [En línea] 13 de 02 de 2013. [Citado el: 20 de 03 de 2014.] <http://www.monografias.com/trabajos32/plasticos/plasticos.shtml>.

PETENKADOR, Presentacion 7Reciclaje. 2010. Proyecto reciclaje PET. *Proyecto reciclaje PET*. [En línea] ENKAKADOR, 27 de 7 de 2010. [Citado el: 18 de 03 de 2014.] <http://www.comaga.org.ec>.

Quintana, José Gabriel Hachi. 2012. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA RECICLAR ENVASES PLÁSTICOS DE POLIETILENO TEREFTALATO (PET), EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL. *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA RECICLAR ENVASES PLÁSTICOS DE POLIETILENO TEREFTALATO (PET), EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. [En línea] Adobe PDF Library 10.0, 10 de 10 de 2012. [Citado el: 18 de 03 de 2014.] <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2450/20/UPS-GT000106.pdf>.

Rentero, Antonio. 2010. NetMediaEurope © 2013. *NetMediaEurope © 2013*. [En línea] 30 de 06 de 2010. [Citado el: 25 de 04 de 2014.] <http://www.itespresso.es/su-dinero-gracias-la-maquina-que-te-paga-por-entregar-envases-85357.html>.

SERGIO. 2005. Diptico Lovejoy.pdf. *Diptico Lovejoy.pdf*. [En línea] 13 de 10 de 2005. [Citado el: 17 de 05 de 2014.] <http://www.citsa.com/dwn/PDFes/P3sp/lovejoy.pdf>.

tejina. 2011. iesvillalbahervastecnologia. *iesvillalbahervastecnologia*. [En línea] 14 de 9 de 2011. <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2011/09/plasticos-tejina.pdf>.

TelandWeb. 2014. Hoy ECONOMIA. *Hoy ECONOMIA*. [En línea] Ecuador: \$14 millones produjo el reciclaje en 2012, 22 de 07 de 2014. [Citado el: 22 de 07 de 2014.] <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/ecuador-14-millones-produjo-el-reciclaje-en-2012-579590.html>.

Tonelli, Mario. 2006. DEGRADACIÓN DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS. *DEGRADACIÓN DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS*. [En línea] Acrobat Distiller 5.0 (Windows), 13 de 3 de 2006. [Citado el: 17 de 04 de 2014.] <http://www.emmafiorentino.com.ar/PLASTIVIDA/BTI-21.pdf>.

TOUSSAINT, Marc. 2016. chapter74.pdf. *chapter74.pdf*. [En línea] Acrobat Distiller 7.0.5 (Windows), 17 de 9 de 2016. [Citado el: 17 de 03 de 2014.] <http://www.aede.eu/fileadmin/docs/project/gedecite/spanish/chapter74.pdf>.

UNICON. http://www.unicon.com.ve/petroleo_tubos_de_linea.html. *http://www.unicon.com.ve/petroleo_tubos_de_linea.html*. [En línea] [Citado el: 20 de 04 de 2014.] http://www.unicon.com.ve/petroleo_tubos_de_linea.html.

USAL. 2010. USAL. *USAL*. [En línea] 15 de 12 de 2010. <http://ocw.usal.es/eduCommons/enseanzas-tecnicas/materiales-ii/contenidos/PLASTICOS.pdf>.

USER. 2009. DISEO DE EQUIPO PARA MOLIENDA Y . *DISEO DE EQUIPO PARA MOLIENDA Y*. [En línea] Acrobat Distiller 8.1.0 (Windows), 5 de 3 de 2009. [Citado el: 16 de 03 de 2014.] <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2342/1/4626.pdf>.

usuario1. 2012. PROYECTO DE RECICLAJE DE PLASTICO EN EL DMQ. *PROYECTO DE RECICLAJE DE PLASTICO EN EL DMQ*. [En línea] Microsoft® Word 2010, 20 de 04 de 2012. [Citado el: 16 de 03 de 2014.] <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5228/1/T-ESPE-033187.pdf>.

UTP, Usuario. 2009. Apendices.pdf. *Apendices.pdf*. [En línea] 4 de 8 de 2009. [Citado el: 15 de 06 de 2014.] <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Apendices.pdf>.
—, **2011.** Capítulo 11 Otros elementos mecánicos de los accionamientos. *Capítulo 11 Otros elementos mecánicos de los accionamientos*. [En línea] 5 de 8 de 2011. [Citado el: 17 de 06 de 2014.] <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap-11-P2-Chavetas.pdf>.

Vásconez Ortiz, Alex Paúl. 2013. CD-4717. *CD-4717*. [En línea] GPL Ghostscript 8.70, 4 de 3 de 2013. [Citado el: 18 de 03 de 2014.]
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5901/1/CD-4717.pdf>.

Xinyuantai, La compañía de Tuberías de. XINYUANTAI. *XINYUANTAI*. [En línea] [Citado el: 18 de 05 de 2014.] <http://es.xytpipe.com/api5l-psl1-oil-gas-transportation-erw-steel-pipe.shtml>.

