

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad De Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño de un Compactador Para Pequeños y Medianos Centros
de Acopio de Materiales Reciclables”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Miguel Ángel Barona Aguayo

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

Mi eterna gratitud a nuestro padre celestial Jehová por permitirme culminar mis estudios.

A mis padres que con su sacrificio y valores guiaron mi largo camino en esta travesía. A María Auxiliadora Paredes por su apoyo sin condición e infinita paciencia y especialmente al Ing. Ernesto Martínez L. Director del proyecto, por su constante apoyo previo y durante el desarrollo de este proyecto de graduación.

DEDICATORIA

A Jehová mi Dios, por darme
las fuerzas y la alegría en mi
día a día. A mis padres
Miguel y Lorena, por su
infinito amor y a todas esas
personas que pusieron su
confianza en mí.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Ernesto Martínez I.
DIRECTOR DEL TFG



Ing. Julián Peña E.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Miguel Ángel Barona Aguayo

RESUMEN

Para el trabajo de graduación se diseñó un compactador de desechos que contó con el gato hidráulico de doble efecto como principal herramienta, accionado por el sistema hidráulico capaz de generar 10 toneladas de fuerza para comprimir materiales comúnmente desechados.

Los desechos más comunes que se producen en las industrias son el papel-cartón, plástico, vidrio, aluminio y la hojalata. Para efectos de este estudio no se consideró los desechos inorgánicos ya que estos son desalojados después de ser recolectados por las empresas pertinentes en rellenos sanitarios.

El compactador tuvo como principal función reducir considerablemente el volumen de los residuos previamente clasificados por los respectivos tachos para los desechos en los centros de acopio, para facilitar el almacenamiento y posteriormente su trasportación hasta las industrias donde finalmente serán convertidos en materia prima para la elaboración de nuevos productos.

El proceso de diseño se desarrolló en varias etapas, se tomó como punto de partida la fuerza máxima necesaria para comprimir los desechos y esta se halló en base a ensayos realizados, hasta que finalmente se llegó al diseño del compactador. Se contó como apoyo con el programa SOLIDWORK® que facilitó y agilizó los cálculos correspondientes para el diseño de la estructura y el pin de sujeción entre el vástago del gato y la placa compactadora.

Se entregó los planos del compactador tanto de diseño como de funcionamiento, además del análisis económico.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS.....	vi
SIMBOLOGÍA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE PLANOS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Reciclaje en el Ecuador.....	5
1.3. Sistemas de Compactación.....	14
1.4. Objetivos del Proyecto.....	19
CAPÍTULO 2	
2. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL DISEÑO.....	21
2.1 Diseño Conceptual.....	21
2.2 Selección de la Alternativa más Conveniente.....	28
2.3 Diseño del Compactador.....	31
2.3.1 Diseño del Sistema Hidráulico.....	49

2.3.2 Selección de Motor.....	52
-------------------------------	----

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE ESTIMACIÓN DE COSTOS.....	71
--	----

3.1 Presupuesto de Materiales del Compactador.....	71
--	----

3.2 Costo de Servicios para la Fabricación.....	73
---	----

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
--	----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

AISC	American Iron Steel Construction
AISI	American Iron and Steel Institute
ANSI	American National Standards Institute
atm	Atmósfera
AWS	American Welding Society
cm	Centímetro
ft ³	Pie cúbico
Hp	Horse Power
h	Hora
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
Kg	Kilogramos
Kw	Kilowatt
lb	Libra
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
min	Minuto
mm	Milímetros
Pág.	Página
Pot	Potencia
Psi	Libras por pulgada cuadrada

pulg	Pulgada
RPM	Revoluciones por minuto
seg.	Segundo
SRI	Servicio de Rentas Internas
Ton	Tonelada

SIMBOLOGÍA

Ap	Área de la placa de compactación
Ac	Área del cilindro
Ae	Área del embolo
C	distancia del punto al eje neutral
D	Diámetro del cilindro
d	Diámetro del embolo
M	momento flector
Di	Diámetro interno de mangueras
F	Fuerza
I	Momento de inercia
J	Inercia de la sección transversal del vástago
ka	Factor de modificación de la condición superficial
kb	Factor de modificación de tamaño
kc	Factor de modificación de la cara
kd	Factor de modificación de la temperatura
ke	Factor de modificación de efectos diversos
L_e^2	Longitud de pandeo del vástago, que depende del método de sujeción empleado en su montaje.
E	Módulo de elasticidad depende del material del vástago
Fc	valor de la fuerza realizada por el cilindro en kN
Nc	Número de ciclos

P	presión de servicio en el interior del cilindro en bares
P _{cr}	Fuerza crítica del vástago
S _e	Límite de resistencia a la fatiga
Se	Límite de resistencia a la fatiga corregido
S _f	Resistencia a la fatiga
S _{ut}	Resistencia última a la tracción
S _y	Resistencia a la fluencia
V	fuerza cortante
V _i	Volumen inicial de los desechos
V _f	Volumen final de los desechos
X	distancia en el eje longitudinal.
yd ³	Yarda cúbica
3D	Tercera dimensión
%	Porcentaje
\$	Dólares
°C	Grados centígrados
π	Pi
σ	Esfuerzo normal debido a la flexión
σ _a	Esfuerzo normal alterno
σ _m	Esfuerzo normal medio
σ'	Esfuerzo de Von Mises
λ	Esfuerzo cortante

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1	Depósitos diferenciados.....	7
Figura 1.2	Porcentaje de hogares que clasifican en el país.....	8
Figura 1.3	Razones por las cuales no se recicla en Guayaquil.....	9
Figura 1.4	Personas reciclando.....	12
Figura 1.5	Arte a base de objetos reciclados.....	13
Figura 1.6	Compactador Vertical.....	16
Figura 1.7	Relación de compactación vs porcentaje de reducción de volumen.....	17
Figura 1.8	Densidad de los derechos sólidos vs presión aplicada.....	19
Figura 2.1	Tipos de uniones y soldadura.....	25
Figura 2.2	Compactadora de basura propuesta.....	30
Figura 2.3	Factor de seguridad de la estructura simulada.....	35
Figura 2.4	Esfuerzo de VON MISES de la estructura simulada.....	35
Figura 2.5	Compuerta de Admisión.....	36
Figura 2.6	Compuerta de desalojos.....	37
Figura 2.7	Diagrama de fuerzas que actúan en el pin.....	39

Figura 2.8	Diagrama de cuerpo libre del pin.....	39
Figura 2.9	Diagrama de fuerza cortante del pin.....	40
Figura 2.10	Diagrama de momento flector del pin.....	41
Figura 2.11	Esfuerzos principales máximos en la simulación.....	45
Figura 2.12	Factor de seguridad del pin.....	45
Figura 2.13	Cojinete de deslizamiento.....	47
Figura 2.14	Pasador de corbata.....	48
Figura 2.15	Tanque reservorio de aceite	55
Figura 2.16	Motor eléctrico.....	59
Figura 2.17	Casos de extremos de columnas según Euler.....	63
Figura 2.18	Cilindro hidráulico	65
Figura 2.19	Manguera flexible para aplicación hidráulica.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros para el diseño de compactadores.....	23
Tabla 2	Espesores mínimos de soldadura según espesor de la placa.....	25
Tabla 3	Características técnicas del electrodo E7018.....	27
Tabla 4	Matriz de decisión.....	29
Tabla 5	Características de la estructura.....	36
Tabla 6	Factor de seguridad de mangueras de cauchos.....	68
Tabla 7	Costos de accesorio de central hidráulica.....	72
Tabla 8	Costos de materiales.....	73
Tabla 9	Costos de servicios para la fabricación.....	73
Tabla 10	Costos totales.....	74

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Diagrama hidráulico
Plano 2	Vista general del compactador
Plano 3	Vista de secciones del compactador

INTRODUCCIÓN

El TFG abarca principalmente lo siguiente.

En el capítulo 1 se introduce sobre los desechos y el desarrollo del reciclaje en el país, también se da una breve reseña sobre los tipos de compactadores y las maneras existentes de compactación.

En el capítulo 2 se empezará a describir el proceso de diseño del compactador de desechos en sus diferentes etapas, se utilizarán cálculos, simulaciones y análisis de movimiento 3D de deformaciones y esfuerzos, también el análisis del proceso de fabricación

Por su parte en el capítulo 3 se analizará los costos que se requieren para su elaboración. Se comprará componentes disponibles en el mercado, por ejemplo, el motor eléctrico, cilindro hidráulico, por lo que reducirá el costo del equipo, ya que se eliminará la necesidad de la construcción de estos.

Finalmente en el capítulo 4 se darán las respectivas conclusiones y recomendaciones del diseño del compactador de desechos.

CAPÍTULO 1

1 GENERALIDADES

1.1 Antecedentes.

Desde hace algunas décadas se viene desarrollando un fenómeno que incita a las personas en obtener más objetos de los necesarios y luego su pronta renovación dejando dichos objetos si algún tipo de uso. Este fenómeno se debe a varias razones y se lo conoce principalmente como la transición del consumo al consumismo.

Es por ello que organizaciones que se dedican al cuidado del planeta realizan novedosas campañas para hacer que la ciudadanía concientice sobre el daño que se le hace al planeta por diversas razones y se cuide un poco de este.

Se creó la regla de las tres erres (3R), regla que cuida el medio ambiente, específicamente para reducir el volumen de basura generada.

Reducir: Es la palabra más importante de las 3R. Si se redujera la producción y el uso de productos innecesarios no fuera necesario la reutilización ni el reciclaje.

Reutilizar: Al utilizar objetos que anteriormente han sido guardados o desechados por vanidad hasta que cumplan su vida útil se contribuye de gran manera con la naturaleza ya que se va a necesitar menos materia prima para la fabricación de nuevos artefactos.

Reciclar: Es la R más común en la teoría pero la menos eficaz en la práctica. Consiste en utilizar la materia prima de un material haya sido desechado para luego convertirse en un producto nuevo.

1.2 Reciclaje en el Ecuador

Hasta hace poco años la idea de que el reciclaje en el país era una actividad improductiva o poco desarrollada era aceptada por casi todos, hasta que a finales del 2011 entrara en vigencia en el

Ecuador el Impuesto Redimible a las Botellas Plásticas no Retornable y según el Servicio de Rentas Internas (SRI) al año posterior se formalizaron 16 centros de acopio y solo en ese año se logró recaudar más de \$14 millones de dólares por motivo de reciclaje. En el presente existen más de 20 compañías legalmente constituidas para reciclar, cerca de 1 200 centros de acopio y cerca de 150000 recicladoras pequeñas.

En la actualidad la cultura del reciclaje se encuentra en un constante desarrollo y se está concientizando sobre el efecto que causa enterrar los desechos en lugar de reciclar, es más, en el 2012 el país obtuvo un Record Guinness gracias a la recolección de más de un millón y medio de botellas de plástico en el lapso de quince días.

Según la cámara ecuatoriana-americana en el Ecuador se reciclan aproximadamente 678 000 toneladas de material por año, gran parte se lo asigna para el consumo interno y el excedente es exportado a estados unidos y china como países principales.

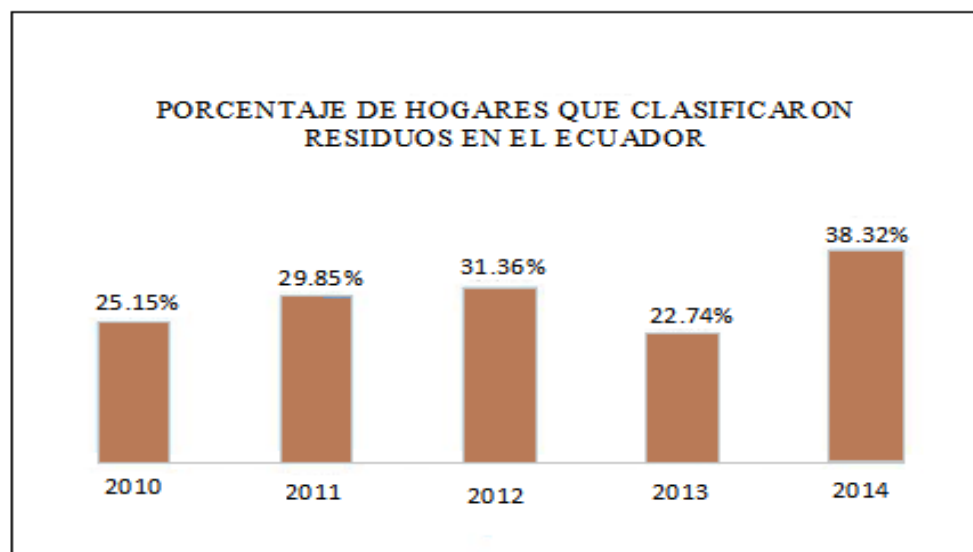
Hoy en día es común observar en distintos puntos de las ciudades y en establecimientos, tachos para la basura diferenciados que clasifican los desechos en tres tipos de materiales (vidrio,

plástico/latas y papel/cartón) para un óptimo reciclaje como se demuestra en la figura 1.1.



FIGURA 1.1 DEPÓSITOS DIFERENCIADOS. [1]

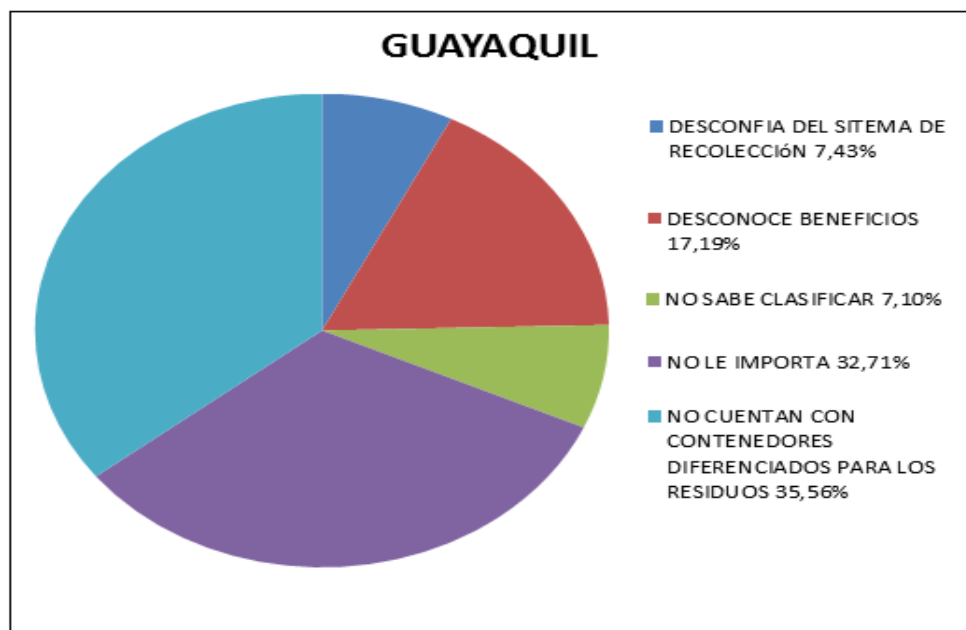
El INEC presentó un informe en su página principal sobre el porcentaje de hogares que clasificaron sus desechos los últimos cinco años y los representa de manera gráfica a continuación. Véase figura 1.2.



**FIGURA 1.2 PORCENTAJE DE HOGARES QUE
CLASIFICAN EN EL PAÍS [2]**

ELABORADO POR MIGUEL BARONA

En la figura 1.3 se muestran las razones por las cuales los ciudadanos no reciclan según un estudio elaborado por el instituto nacional de estadísticas y censos (INEC) realizado en el 2014 en la ciudad de Guayaquil



**FIGURA 1.3 RAZONES POR LAS CUALES NO SE
RECICLA EN GUAYAQUIL [2]**

ELABORADO POR MIGUEL BARONA

El instituto ecuatoriano de normalización (INEN) así como la American National Standards Institute (ANSI) y la American Iron Steel Construction (AISC) no poseen registros de estándares para la construcción de equipos similares, es por eso que la relación entre fuerza necesaria para la compactación y el volumen a compactar, se lo halló por medio de pruebas realizadas en el laboratorio.

A continuación se dará a conocer sobre las ventajas de reciclar las materias que se podrán introducir en la compactadora.

El 42% de la madera del planeta se la emplea para la fabricación de papel y como fuente principal de la elaboración del papel se emplea la madera. Al reciclar papel se contribuye en la preservación de la vida de bosques y un ahorro del 33% de la energía necesaria para su producción. Por cada tonelada de papel que se recicla se ahorra 50 000 litros de agua y 300 kilos de combustible necesarios para su elaboración además de la tala de 17 árboles.

Evitando la tala se contribuye a la oxigenación del planeta ya que un árbol adulto produce en un año el oxígeno necesario para que respiren 4 personas de por vida. El papel puede ser reciclado hasta 11 veces.

El plástico está conformado por compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales, al reciclarlo se permite la disminución del consumo de este, considerado como un recurso escaso para ciertos países previniendo así la destrucción de áreas protegidas como por ejemplo el Yasuní ITT.

El vidrio es un material totalmente reciclable, reciclar vidrio supone un ahorro de un 90% de energía., se clasifica de acuerdo a su color siendo los más comunes los verdes, azules y transparentes. Está compuesto desde un 68% hasta un 75% por arena de sílices proveniente de los ríos, preservando así la vida de diferentes animales marinos y el medio ambiente.

El aluminio es el tercer elemento más común encontrado en la naturaleza, se extrae de la bauxita de manera natural y también por medio de la electrólisis de la alúmina y es infinitamente reciclable esto conlleva a un gran ahorro de energía. La energía que el metal requiere para ser procesado puede ser suministrada para familias e industrias

Ventajas del reciclaje

El reciclaje posee importantes beneficios no solo para la matriz productiva y económica del país sino también para la preservación del planeta.

Al reciclar se disminuye el impacto negativo sobre el aire si los desechos son incinerados y reduce el impacto ambiental que produce el efecto invernadero, la lluvia ácida, extinción de especies y deforestación.



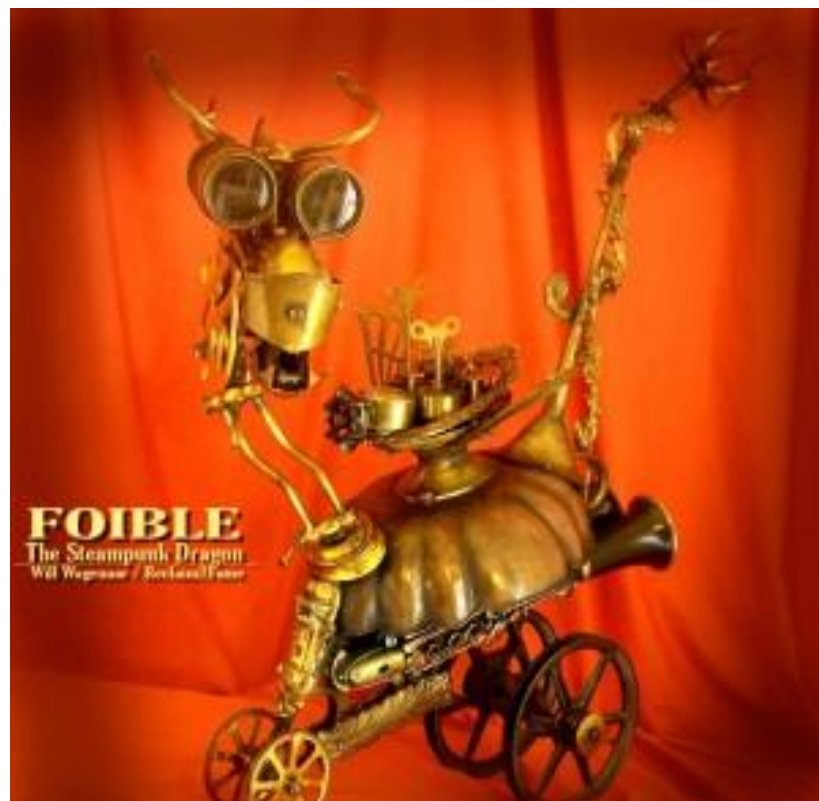
FIGURA 1.4 PERSONAS RECICLANDO [3]

Como se puede observar en la figura anterior, en las calles de Ecuador los recicladores dejan sus hogares por las noches para salir a buscar materiales reciclables para luego proceder a su venta. La generación de plazas de trabajo para personas de escasos recursos, que a través de la venta de los productos reciclados generan ingresos para el sustento de sus hogares. Según datos del Ministerio de Industrias pueden llegar a percibir hasta \$600 mensuales.

El reciclaje aparte de tener como objetivo principal la reutilización de la materia prima también tiene derivaciones como la reutilización de productos y en esto se basan artesanos para poder crear

manualidades en base a productos reciclables y comercializarlas para que este sea su medio de sustento.

El reciclaje también está asociado al arte, en este mundo por descubrir numerosos artistas han reutilizado materiales reciclables de todo tipo, y han sorprendido con sus genialidades devolviéndole la vida a plásticos, hierro, cobre entre otros materiales para darles un valor y un significado.



**FIGURA 1.5 ARTE A BASE DE OBJETOS
RECICLADOS [4]**

1.3 Sistemas de Compactación

Compresión

Se entiende por compresión al proceso físico que sufre un cuerpo, sometido a dos fuerzas de igual magnitud pero de dirección opuesta con la finalidad de reducir su volumen.

La relación de compactación expresa cuantitativamente la diferencia de volúmenes antes y después de la compactación.

$$\text{Relación de compactación} = \frac{V_I}{V_F}$$

El porcentaje de la reducción de volumen se la expresa de la siguiente manera:

$$\text{Reduccion de volumen (\%)} = \frac{V_I - V_F}{V_I} \cdot 100 \quad (1)$$

Existen tres tipos de sistemas en la compactación:

- Mecánico
- Hidráulico
- Neumático

Para todos los sistemas antes mencionados, existen los equipos de compactación estacionarios y los móviles. Cuando los desechos se depositan en el compactador manual o se lo alimenta de manera automática sin desplazarse, se dice que el compactador es estacionario.

En cambio, si los mecanismos de compactación son montados sobre ruedas o algún mecanismo para su movimiento, el compactador es móvil.

Dentro del sistema hidráulico, la compresión se puede clasificar de tres formas diferentes:

- Horizontal
- Vertical
- Circular

De los tres tipos de mecanismo antes mencionados, la compactación vertical representa la forma más utilizada de compresión, ya que los sistemas de compactación horizontal necesitan de una mayor área para trabajar y los compactadores circulares tienen una baja eficiencia en la compactación comparados con los compactadores verticales. Por estas razones es que se elige esta forma de compactación para el diseño.

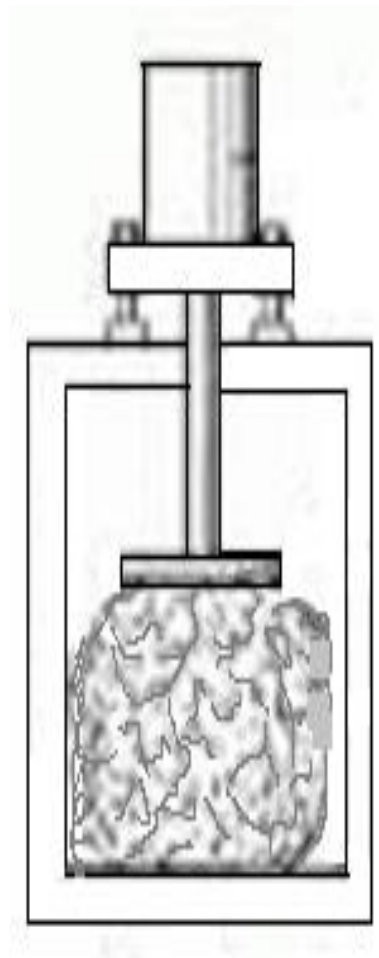
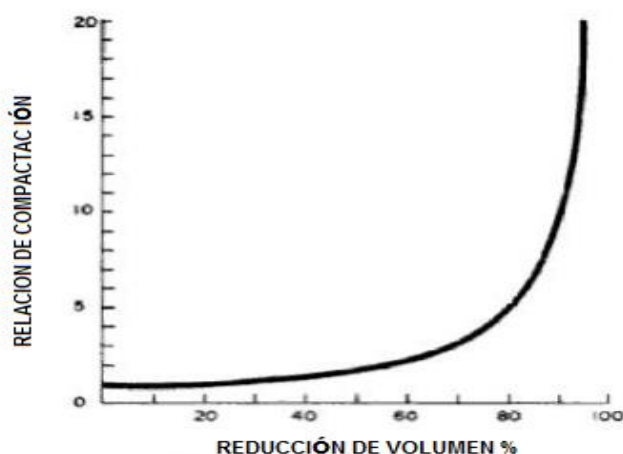


FIGURA 1.6 COMPACTADOR VERTICAL

La relación entre la relación de compactación y la reducción de volumen se muestra gráficamente en la Figura 1.7. Si se observa la gráfica la relación de compactación empieza desfasada en una unidad, eso quiere decir que para que haya reducción de volumen nunca puede ser igual a la unidad la relación de compactación. La reducción de volumen y la relación de compactación son directamente proporcionales, se aprecia en la curva que a mayor relación de compactación, mayor va a ser el porcentaje de reducción de volumen. La grafica sufre un cambio exponencial cuando aproximadamente la reducción de volumen llega a más del 80%, eso quiere decir que la relación de compactación necesita un aumento desproporcionado para que la reducción de volumen incremente.



**FIGURA 1.7 RELACIÓN DE COMPACTACIÓN VS
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE VOLUMEN. [5]**

La relación entre la carga aplicada y la densidad dentro de los factores de relevancia en la reducción de volumen, está la densidad de los desechos después de la compactación. En la Figura 1.8 se presentan algunas curvas de desechos sólidos. Para desechos sólidos municipales sin fraccionar el valor de la densidad asintótica utilizada en estas curvas es 1,800 lb/yd³, que es consistente con valores obtenidos usando compactadores de alta presión. La densidad puede incrementar hasta un 40% si se fragmentan los desechos bajo igualdad de condiciones.

Las curvas presentan en la asíntota de las densidades un valor inicial de 200 lb/yd³, y todas las curvas una densidad máxima de 1500 lb/yd³ aproximadamente, para la máxima carga aplicada.

El contenido de humedad relativa del lugar, también es importante sobre el grado de compactación.

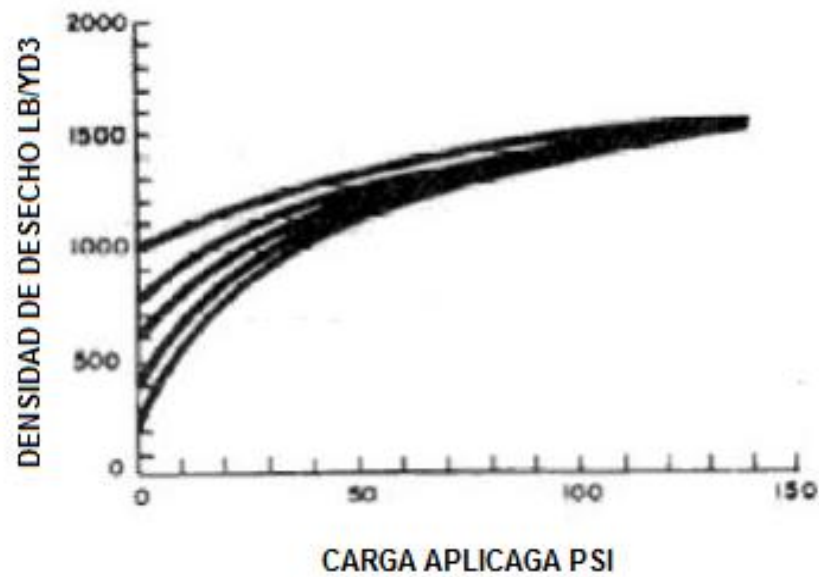


FIGURA 1.8 DENSIDAD DE LOS DESECHOS SÓLIDOS VS PRESIÓN APLICADA [5]

1.4 Objetivos del Proyecto

Los Objetivo del proyecto se clasifican en dos partes los cuales son:

- Objetivos Generales
 - ✚ Diseñar un equipo de compactación de basura para residuos
 - ✚ Realizar el análisis de costos para la construcción del equipo
 - ✚ Concientizar sobre la importancia del reciclaje en el país

- Objetivos Específicos

- ✚ Diseñar los accesorios para un óptimo y eficiente funcionamiento del compactador
- ✚ Analizar la mejor opción para el compactador basándose en una matriz de decisión
- ✚ Determinar la presión de compactación, tiempo de vida y capacidad de carga del equipo

CAPÍTULO 2

2 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL DISEÑO.

2.1 Diseño Conceptual

Una vez claros los conceptos de la etapa anterior, se procede a definir las dimensiones de la estructura de la compactadora que conforman la parte exterior e interior del cuerpo y del mecanismo que lo acciona. Es importante tener en cuenta que las dimensiones propuestas en esta etapa, pueden variar una vez que realice un análisis detallado de los esfuerzos a los que se somete la estructura.

En esta fase se define la geometría, dimensionamiento de los elementos y movimiento del mecanismo. Para simplificar nuestra tarea, tener resultados más exactos y modelarlos, se acudió al programa SolidWork®.

La compactadora de desechos se diseñará para que ocupe el menor espacio posible y que su forma se fácil de transportar

Estará conformada por los siguientes elementos:

- Placa de compactación
- Caja compactadora
- Central hidráulico
- Tensores
- Sistema de control

Factores que se deben considerar en el equipo de compactación

Se elabora una tabla con valores estimados en bases a pruebas.

Véase tabla 1

TABLA 1
PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE COMPACTADORAS

	Unidad	Rango	Observaciones
Tamaño de la caja de compactación	m ³	0.1 - 1	Tamaño máximo del volumen de desechos que se pueden ser colocados en el compactador.
Tiempo del ciclo	S	30 – 90	El tiempo que recorre el pistón partiendo de posición de retracción total hasta volver a la posición inicial.
Carrera	cm.	10- 90	Distancia que recorre el pistón partiendo de posición de retracción total hasta su máxima tracción
Presión de compactación	Psi.	1000 – 10 000	La presión sobre la cara de trabajo del pistón
Relación de compactación		2:1 - 10:1	El volumen inicial dividido para el volumen después de la compactación.
Dimensiones	cm.		Son variables dependiendo de la necesidad que satisfaga el fabricante

Elaborada por Miguel Barona

SOLDADURA.

Se entiende por soldadura como la coalescencia localizada de metal que se produce debido al corto circuito entre el electrodo y el metal base que se desea soldar depositándose el núcleo del electrodo fundido al material base que se está soldando, las temperaturas de trabajo rodean los 5500 °C con o sin la utilización de metal de aporte y de presión.

El material de aporte o soldadura debe ser compatible con el metal base para ser utilizado. Las superficies deben de estar libres de impurezas o de suciedades

La American Welding Society (AWS) establece procedimientos y uniones para la soldadura como normas aceptables y, si se aplican. Véase figura 2.1

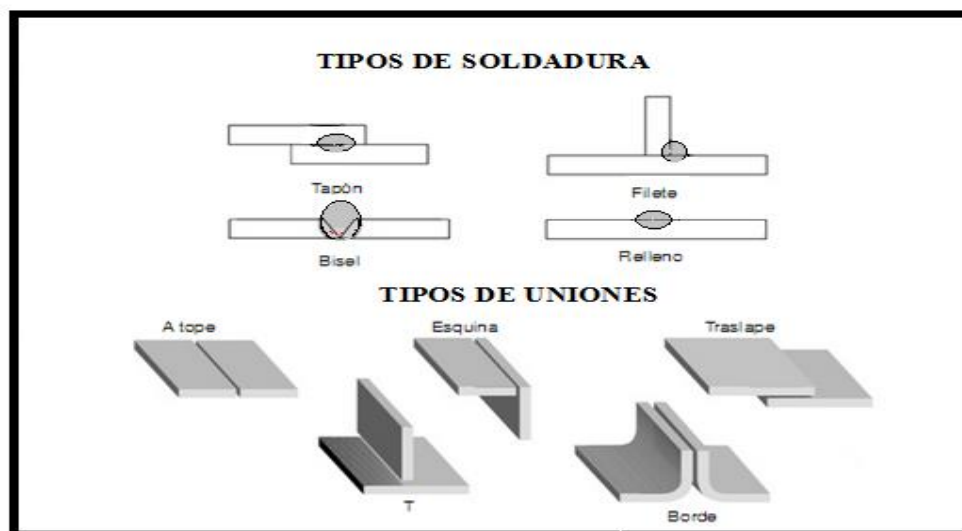


FIGURA 2.1 TIPOS DE UNIONES Y SOLDADURA.

TABLA 2

**ESPEORES MÍNIMOS DE SOLDADURA SEGÚN ESPESOR
DE LA PLACA**

Espesor de la placa (mm)	Tamaño mínimo (mm)
Menor de 0,5	0,1875
Entre 0,5 y 0,75	0,25
Entre 0,75 y 1,5	0,3125
Entre 1,5 y 2,25	0,5
Entre 2,25 y 6	0,625

Fuente Diseño de Mecanismos Mott.

En la tabla anterior se aprecia el espesor mínimo que debe tener la garganta del cordón de soldadura, basado en el espesor de las planchas a soldar.

Para la unión de la estructura del compactador se utilizará el electrodo 7018

Clasificación de los electrodos:

E XXAB

E Electrodo para soldadura eléctrica aplicada manualmente.

XX Indican la mínima resistencia a la tracción, sin tratamiento térmico post soldadura del metal depositado. Las más comunes son la E 60 y la E 70, las unidades pueden ser en Ksi (Kilo libras/pulgada²)

A Este número indica la posición en la que se puede soldar con el electrodo que se tiene en ese momento.

Si es 1 significa que el electrodo es válido para soldar en todas las posiciones como plana, vertical, techo y horizontal

Si es 2 significa para posiciones planas y horizontales.

B El último número indica tres puntos, el tipo de corriente eléctrica puede ser corriente o alterna, la polaridad para que el electrodo trabaje de manera óptima, y el tipo de revestimiento que posee.

TABLA 3
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELECTRODO
E7018

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,06%; Mn 1,05%; Si 0,49%; P 0,015%; S 0,010%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 535 MPa	490 MPa	130J a -30°C	27J a -30°C
Límite de fluencia : 445 MPa	400 MPa		
Alargamiento en 50 mm : 30%	22%		

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		min.	máx.	
2,4	300	70	120	55
3,2	350	120	150	28
4,0	350	140	200	20
4,8	350	200	275	14

Referencia www.indura.net

En la tabla 3 se describe las características técnicas del electrodo como amperaje necesario, etc.

2.2 Selección de Alternativa más conveniente

Una vez ya establecidos los parámetros del compactador y teniendo en cuenta las alternativas de los procesos para el diseño de este, se procederá a realizar la matriz de decisión tomando en consideración dos alternativas

La primera diseñar un compactador y la segunda importar un equipo de similares características, toman para las dos alternativas los mismos factores que son costo de inversión como principal punto, seguido por la facilidad de construcción y como tercer factor la capacidad de operación.

Finalmente se verá cual opción tiene el mayor porcentaje según las ponderaciones. Véase tabla 4

TABLA 4
MATRIZ DE DECISIÓN

Factores	Ponderación	Opción A: Diseñar un compactador	Opción B: Importar un compactador
Costo de Inversión	50 %	40%	25%
Facilidad de Construcción	30 %	20%	25%
Capacidad de Operación	20 %	20%	20%
Total	100%	80%	70%

Elaborada por Miguel Barona

Una vez ya realizada la matriz y habiendo analizado y asignado el correspondiente valor para cada factor se puede observar bajo estos parámetros, que la alternativa más conveniente es la Opción A. Es decir, bajo estos factores asignados resulta más conveniente diseñar un compactador para su construcción en lugar de importar un equipo de similares características. Véase figura 2.2 y Apéndice C

Diseño preliminar.

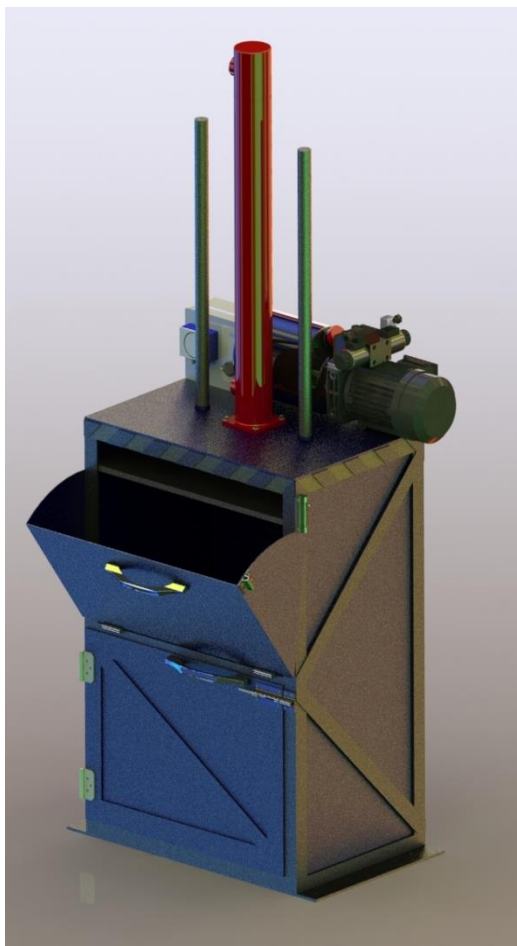


Figura 2.2 Compactadora de basura propuesta

2.3 Diseño del Compactador.

Diseño de la estructura del compactador.

Para diseñar la estructura del compactador, se parte de las medidas requeridas de los desechos ya compactados.

Según el estudio de mercado realizado, los compactadores para las pequeñas y medianas industrias tienen medidas promedio dimensiones de 60cm x 45cm x 30cm.

Estipuladas las medidas de los desechos después de ser compactados (60cm x 45cm) se obtiene el área de trabajo de la compactadora, para diseñar la placa de compactación se toma como referencia el área de compactación y se reduce un centímetro por lado para que no exista fricción con las cara de la caja de compactación, ya que según las medidas de esta y la fuerza de compactación (da el espesor de la placa), se obtendrá los desechos ya compactados listos para ser colocados en las gavetas y estas luego ser almacenadas para su futuro desalojo.

Según las pruebas realizadas con un modelo similar al de la compactadora se obtuvo una presión máxima de 75000 psi con una caja de medidas 60x45x50 y un cilindro hidráulico de diámetro del embolo $D_e = 50$ mm cabe recalcar que la relación de compactación fue de 7:1

Datos según pruebas

$$AC = 45 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} = 2700 \text{ cm}^2$$

$$V_p = 60 \text{ cm} \times 45 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 54000 \text{ cm}^3$$

$$D_e = 50 \text{ mm}$$

$$PH = 7500 \text{ psi}$$

Véase Anexo F

El material de la estructura del compactador es un ASTM A36

Que cuenta con las siguientes propiedades mecánicas:

$$S_y = 250 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 400 \text{ MPa}$$

Para comprobar que el diseño es correcto se recurre a la teoría de falla de Goodman que establece la siguiente ecuación

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{\eta}$$

Donde η es el factor de seguridad y debe ser $\eta \geq 1$

Por medio de la fórmula de Marín se calcula el Se , que no es más es la resistencia del material para una vida infinita más de 10^7 ciclos

$$Se = Ka Kb Kc Kd Ke Se'$$

Donde

$$Se' = 0.504 Sut$$

$$Se' = 0.504 \times 400 = 201.6 \text{ MPa}$$

El factor de superficie Ka se considera que la pieza es maquinada en frío.

$$Ka = aSut^b$$

$$Ka = 0.664$$

El factor de carga Kc se considera que está sometida a flexión.

$$Kc = 1$$

Se considera que el compactador trabaja a temperatura ambiente.

Por lo tanto

$$Kd = 1$$

Para soldadura el factor de concentración de esfuerzos es $Kf = 2.7$,

por lo tanto

$$Ke = \frac{1}{Kf} = 0.37$$

Ahora reemplazando esos valores en la fórmula mencionada y se obtiene que

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S_e'$$

$$S_e = 0.664 \times 0.86 \times 1 \times 1 \times 0.37 \times 201.6$$

$$S_e = 42.59 \text{ Mpa}$$

Para hallar los valores de σ_a y σ_m se considera

$$\sigma_{min} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = \sigma' = 34.99 \text{ MPa}$$

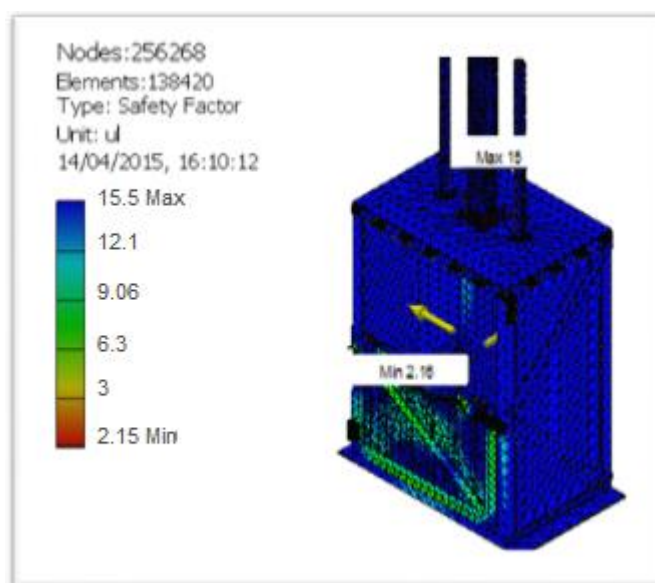
$$\text{Por lo tanto } \sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma'}{2} = 17.496 \text{ MPa}$$

Reemplazando todos los factores en la ecuación

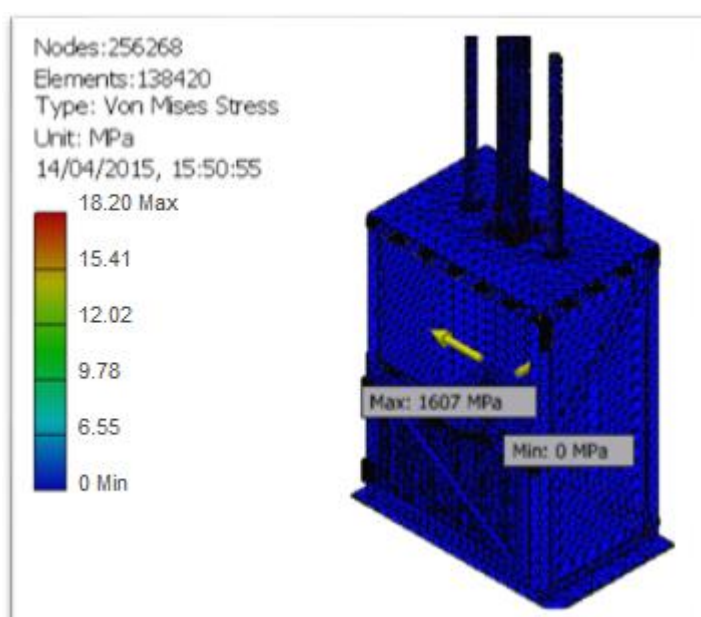
$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{\eta}$$

Se tiene que $\eta = 2.20$

A continuación se presentan los resultados en forma gráfica de la simulación de la estructura del compactador con la ayuda del programa.



**FIGURA 2.3 FACTOR DE SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA
SIMULADA**



**FIGURA 2.4 ESFUERZO DE VON MISES DE LA
ESTRUCTURA SIMULADA**

TABLA 5
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

Masa	53,5598 lbs
Área	7003710 mm ²
Volumen	24294300 mm ³
Centro de Gravedad	x=-26,273 mm y=144,593 mm z=873,017 mm

Compuertas de la compactadora

Para la compuerta de admisión se eligió una forma de apertura diferente a la compuerta de desalojos como se ilustra en las siguientes imágenes. Véase figura 2.5 y figura 2.6

Compuerta de Admisión

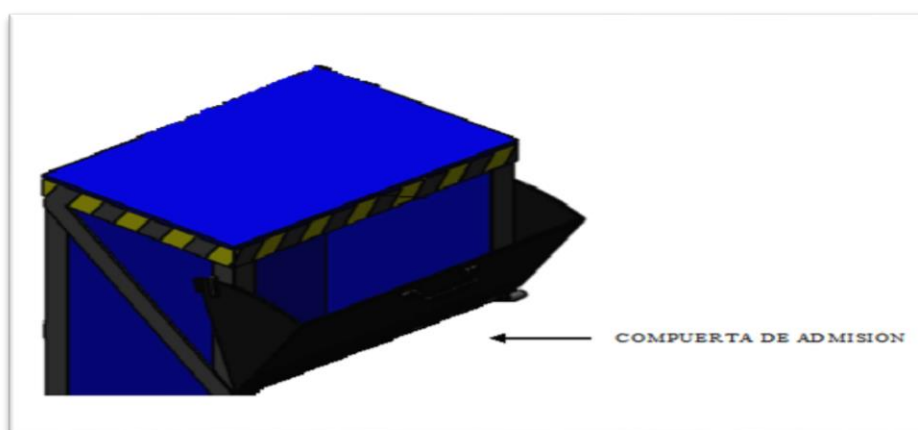


FIGURA 2.5 COMPUERTA DE ADMISIÓN

Compuerta de desalojo

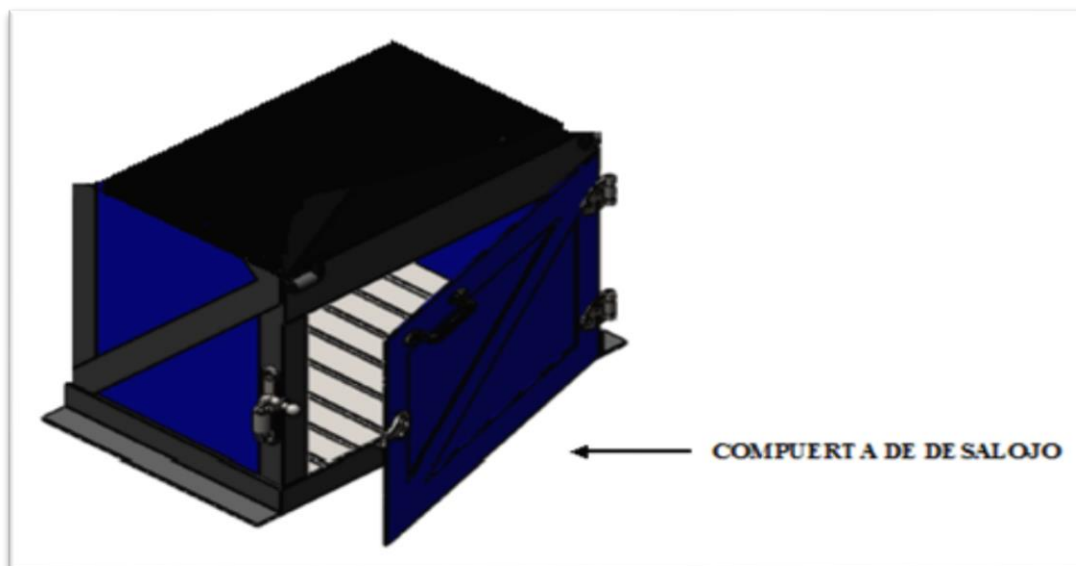


FIGURA 2.6 COMPUERTA DE DESALOJO

Diseño del pin entre la placa y el cilindro

En el diseño de sujeción se analizaron tres alternativas

- Soldadura
- Perno
- Acople mediante un pin

Luego del análisis de cada una de las alternativas se eligió la del acople mediante un pin, ya que para el mantenimiento o en caso de producirse algún daño del cilindro hidráulico o de la placa de compactación se puede desmontar de una manera sencilla y

rápida sin tener que incurrir en equipos de corte o complicadas herramientas.

Análisis de fuerzas del pin

Fuerzas en el cilindro:

Compresión:

$$F_c = \frac{0.785 PD^2}{10\,000}$$

$$F_c = \frac{510.20\text{bar} (50)^2 0.785}{10\,000}$$

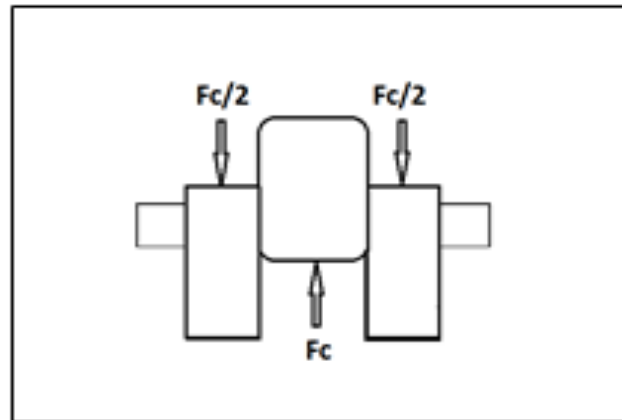
$$F_c = 100.13 \text{ KN}$$

Tracción (Ft):

$$F_t = \frac{P(D^2 - d^2) 0.785}{10\,000}$$

La fuerza de tracción va a ser menor a la fuerza de compresión ya que en la formula se diferencia el diámetro y para los cálculos pertinentes se toma la mayor fuerza, por este motivo no se procederá a calcularla.

A continuación se representa de manera gráfica las fuerzas que actúan sobre el pin



**FIGURA 2.7 DIAGRAMA DE FUERZAS QUE ACTÚAN
EN EL PIN**

Se procede a realizar el diagrama libre de cuerpo DCL como se ilustra en la siguiente figura 2.6

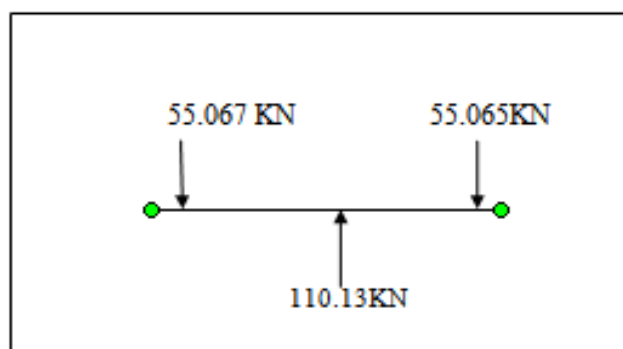


FIGURA 2.8 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL PIN

Una vez realizado el diagrama de cuerpo libre, se procederá a realizar el diagrama de fuerza cortante como se puede observar en la figuras 2.7

Diagrama de fuerza cortante:

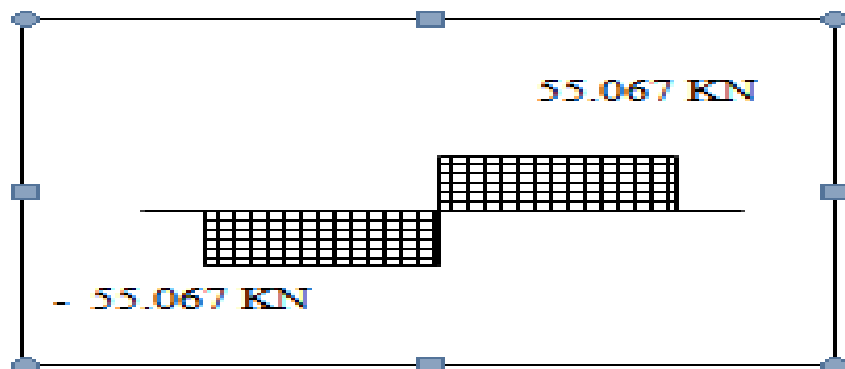
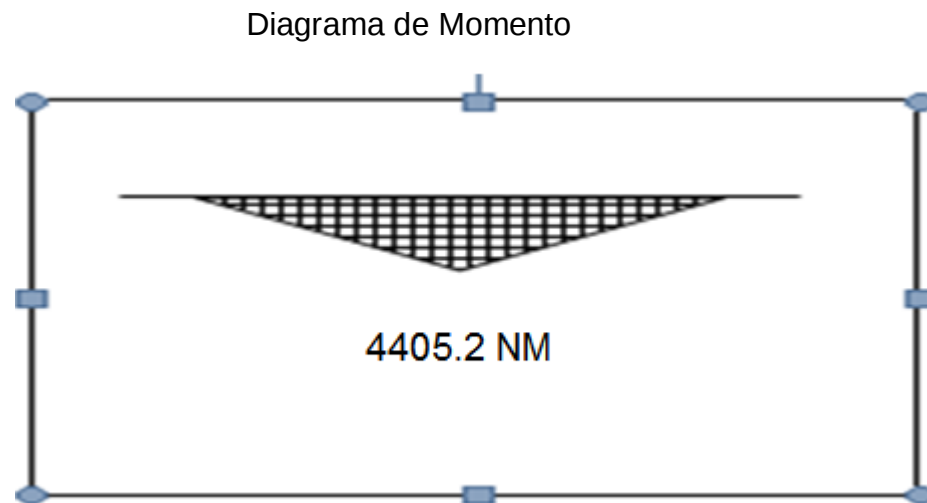


FIGURA 2.9 DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE DEL PIN

Habiendo realizado el diagrama de cortante, se graficará el diagrama de momento flector. Este se lo calcula integrando la fuerza cortante como se lo representa en la siguiente ecuación:

$$M = \int V \, dx$$



**FIGURA 2.10 DIAGRAMA DEL MOMENTO FLECTOR
DEL PIN**

Para el diseño del pin se toma como diámetro $d = 22.25\text{mm}$.

El material del eje que se va a utilizar es una aleación de acero inoxidable tipo 316 recocido en hojas laminado en frío.

Véase tabla c-8 Apéndice A

$$S_y = 276 \text{ Mpa}$$

$$S_{ut} = 621 \text{ Mpa}$$

Esfuerzo normal debido a la flexión

$$\sigma = \frac{M c}{I}$$

Donde:

$$\sigma = \frac{4405.2 \times 32}{\pi (0.02225)^3}$$

$$\sigma = 90.63 \text{ Mpa}$$

Esfuerzo cortante máximo para una barra circular

$$\lambda_{\max} = \frac{4}{3} \frac{V_{\max}}{A}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{2 \times 4 \times 55.067}{3 \pi (0.02225)^2}$$

$$\lambda_{\max} = 92.33 \text{ Mpa}$$

Para hallar el esfuerzo de Von Mises se ha definido la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3 \tau^2} = 183.81 \text{ Mpa}$$

Una vez obtenidos los valores de los esfuerzos se puede analizar si el diseño es o no factible.

Para comprobar que el diseño es correcto se recurre a la teoría de falla de Goodman.

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{\eta}$$

Donde η es el factor de seguridad y debe ser $\eta \geq 1$

Por medio de la fórmula de Marín se calcula el S_e , que no es más es la resistencia del material para una vida infinita más de 10^7 ciclos

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S_e'$$

Donde

$$S_e' = 0.504 S_{ut}$$

$$S_e' = 0.504 \times 621 = 312.98 \text{ MPa}$$

El factor de superficie K_a se considera que la pieza es maquinada en frío.

$$K_a = a S_{ut}^b$$

$$K_a = 0.471$$

El factor de tamaño K_b se considera que el diámetro del elemento es $d=22.25$ mm. Reemplazando en la fórmula se obtiene:

$$K_b = 0.859 - 0.00837 d$$

$$K_b = 0.86$$

El factor de carga K_c se considera que está sometida a flexión.

$$K_c = 1$$

Se considera que el compactador trabaja a temperatura ambiente.

Por lo tanto

$$K_d = 1$$

Para K_e , no se consideran otros factores

$$K_e = 1$$

Ahora reemplazando esos valores en la fórmula mencionada y se obtiene que

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S_e'$$

$$S_e = 0.471 \times 0.86 \times 1 \times 1 \times 1 \times 312.98$$

$$S_e = 126.78 \text{ Mpa}$$

Para hallar los valores de σ_a y σ_m se considera

$$\sigma_{min} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = \sigma' = 183.81 \text{ MPa}$$

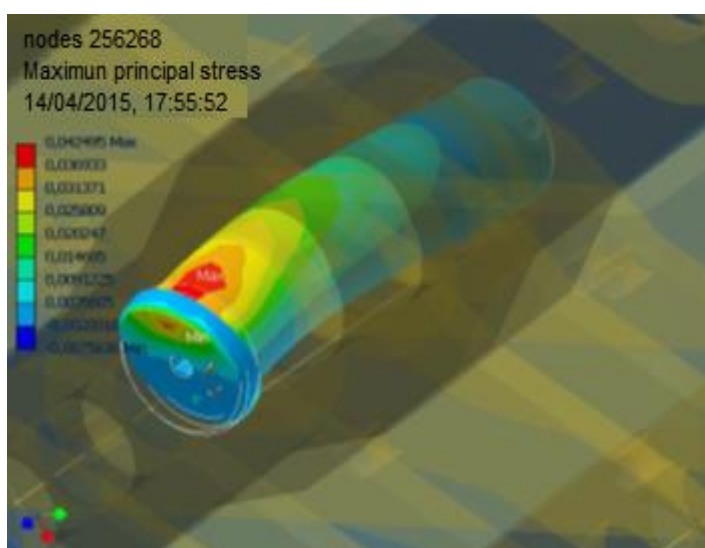
$$\text{Por lo tanto } \sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma'}{2} = 91.91 \text{ MPa}$$

Reemplazando todos los factores en la ecuación

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{\eta}$$

Se tiene que $\eta = 2.58$

A continuación se presentan los resultados en forma gráfica de la simulación del pin de sujeción la con ayuda del programa.



**FIGURA 2.11 ESFUERZOS PRINCIPALES MÁXIMOS
EN LA SIMULACIÓN**

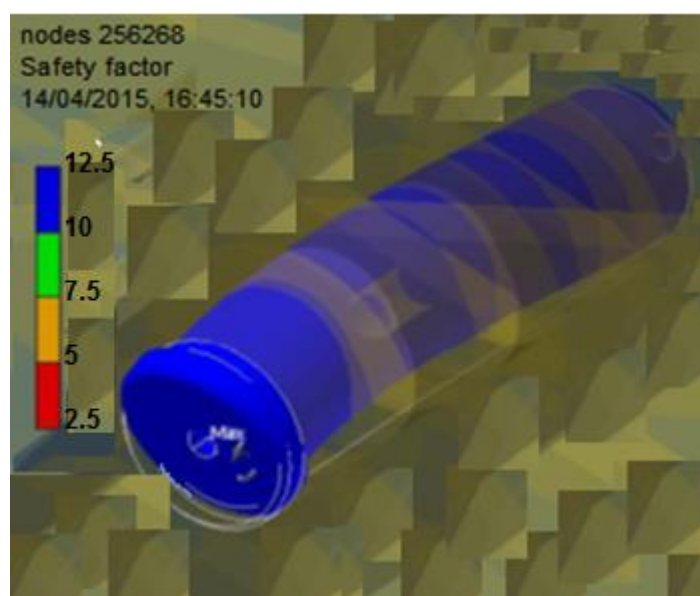


FIGURA 2.12 FACTOR DE SEGURIDAD EN LA SIMULACIÓN

Cojinetes de deslizamiento

Los cojinetes de deslizamiento en este diseño tienen como función proporcionar a los ejes que actúan como guías de una superficie sobre la cual apoyarse a medida que se desplace el mecanismo

Con el uso del compactador, la constante fricción entre elementos hace que uno o los dos elementos en contacto pierdan masa. De esta manera el ajuste entre elementos que se escoge cuidadosamente en el diseño se pierde con el tiempo, lo que lleva a tener que manufacturar nuevamente una pieza y reemplazarla en el compactador

Para diseñar estos cojinetes de deslizamiento es necesario escoger el ajuste y las tolerancias correctas entre los elementos que se van a ensamblar.

A continuación se representa de manera gráfica el ensamble de los cojinetes de deslizamiento.

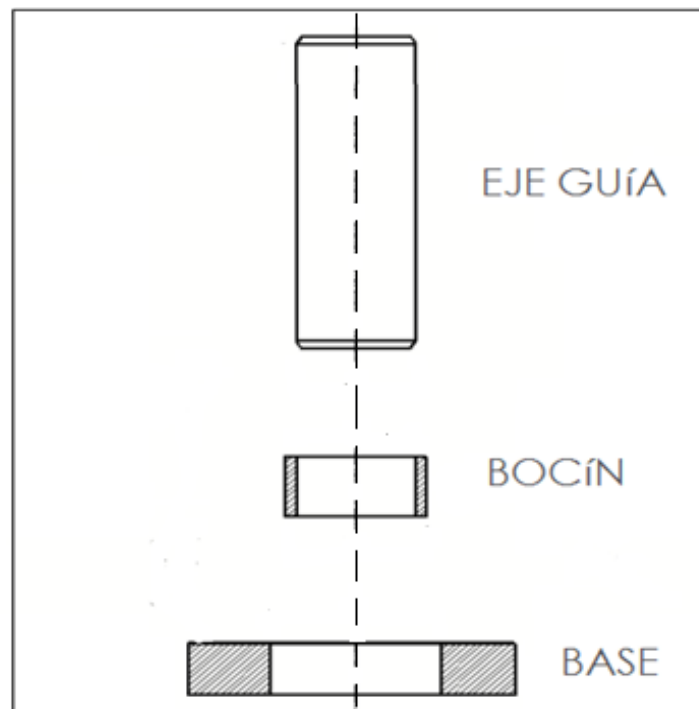


FIGURA 2.13 COJINETE DE DESLIZAMIENTO

Según las tablas de recomendaciones se escogieron los siguientes ajustes y tolerancias:

- Entre el cojinete de deslizamiento y la base H8 / f8
(Agujero base)
- Entre el cojinete de deslizamiento y el eje D10 / h10 (Eje base)

Pasadores de corbata

Con la finalidad de asegurar el pin se utiliza el pasador de corbata. Este se coloca al final del pin que sujeta el cilindro hidráulico y la placa de compactación.

En el mercado se encuentra pasadores de corbata de diferentes diámetros, debido a su bajo costo se escoge el más grande disponible con un diámetro de 8 mm.



FIGURA 2.14 PASADOR DE CORBATA

2.3.1 Diseño del Sistema Hidráulico

Sistema hidráulico

En un sistema hidráulico hay que hacer distinción entre los sistemas que utilizan impacto de líquidos que se encuentran en movimiento y los que se accionan comprimiendo fluidos en recipientes que se encuentran cerrados. Los sistemas hidráulicos que utilizan impacto de fluido para poder producir energía se denominan sistema hidrodinámico.

Los sistemas hidráulicos que se accionan por fuerzas aplicadas al líquido encerrados en un recipiente se denomina sistema hidrostático: en la que la presión es la fuerza aplicada por unidad de superficie.

Sistema oleohidráulico

Cuando se necesita grandes fuerzas, grandes torques y precisión en los movimientos es apropiado el uso de la oleohidráulica.

VENTAJAS DEL USO DE UN CIRCUITO OLEOHIDRAULICO

Un circuito oleohidráulico posee las siguientes ventajas:

- Velocidad variable
- Reversibilidad
- Protección contra sobrecargas

- Tamaños pequeños
- Pueden bloquearse

Velocidad variable

La mayor parte de los motores eléctricos funcionan a velocidades constantes.

El funcionamiento (lineal o rotativo) puede moverse a velocidades infinitamente variables.

Reversibilidad

Son escasos los actuadores primarios que son reversibles, por lo general se deben desacelerar hasta cero para poder invertir el movimiento.

En cambio los actuadores oleohidráulicos pueden invertir inmediatamente su dirección sin algún tipo de problema

Protección contra sobrecargas

En los circuitos hidráulicos se colocan válvulas de alivio, esta protege al sistema de las sobrepresiones, cuando la carga de presión es superior a la de la válvula instantáneamente el caudal que proporciona la bomba es descargado al tanque.

Tamaños pequeños

Los componentes hidráulicos proporcionan grandes velocidades y elevadas capacidades de presión y todo se lo puede conseguir en equipos de tamaños y pesos pequeños.

Pueden bloquearse

Los motores eléctricos al bloquearse producen muchos daños. Un actuador hidráulico sin embargo puede quedar bloqueado sin que se produzcan daños.

Cálculos

$$P_H = 7500 \text{ psi} \cdot \frac{1 \text{ Bar}}{14.7 \text{ psi}} = 510.20 \text{ Bar}$$

$$P_H = \frac{F}{A_e}$$

$$F = P_H \cdot A_e$$

$$F = P \cdot \pi \frac{D_e^2}{4}$$

$$F = 520.40 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot (3.1416) \frac{(5\text{cm})^2}{4}$$

$$F = 10\,218.13 \text{ kg.f}$$

$$F = 10.22 \text{ ton} \longrightarrow F = 100.13 \text{ KN}$$

Velocidad de descenso del cilindro hidráulico:

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

Como la relación de compactación es 7 a 1, entonces el volumen inicial será:

$$V_o = 7 \times V_p = 7 \times 0.054$$

$$V_o = 0,378 \text{ m}_3$$

$$L = \frac{V_o}{A_c} = \frac{0.378}{0.27}$$

$$L = 1.4 \text{ m.}$$

Por razones de construcción, no se puede diseñar la carrera del cilindro de 140 cm de largo pero la compactación se la puede realizar en dos etapas sucesivas con un recorrido parcial de 70 cm. cada una.

$$\text{Por lo tanto } L = 70\text{cm}$$

Se asume un tiempo de compactación de $t = 45 \text{ s.}$ por lo tanto la velocidad del cilindro será:

$$V = \frac{70 \text{ cm}}{45 \text{ s}} = 1.56 \text{ cm/s}$$

Diseño de tanque reservorio de aceite.

El tanque o depósito además de almacenar el fluido al circuito hidráulico, también tiene varias funciones. Algunos diseñadores aseguran que el tanque es el componente fundamental para un funcionamiento eficaz del sistema hidráulico.

Al transferir y disipar calor a través de sus paredes, el tanque trabaja como un intercambiador de calor por lo que siempre es deseable un tanque de grandes dimensiones para fines de enfriamiento. También sirve como un desaireador, permitiendo que el aire atrapado se eleve y ayude a que los sólidos contaminantes se depositen en el fondo del mismo.

Para el diseño del reservorio se utiliza una regla industrial que indica que la capacidad del tanque en galones es igual a los galones por minuto de proporciona la bomba por un factor de tres.

$$\text{Tanque (galones)} = \text{GPM (bomba)} \times 3$$

$$Q = V \cdot A$$

$$V = 1.56 \text{ cm/s}$$

$$A = 19.64 \text{ cm}^2$$

$$Q_{\text{teórico}} = 19.64 \cdot 1.56 = 30.64 \text{ cm}^3/\text{s} \longrightarrow Q_{\text{teórico}} = 1.84 \text{ l/min}$$

$$\text{Tanque (galones)} = (0.48 \text{ gal/min}) \cdot 3$$

$$\text{Tanque (galones)} = 1.45 \text{ gal}$$

El caudal hallado en la sección anterior es el caudal teórico que va a necesitar el compactador ya que para hallar el caudal real es necesario tomar en consideración las fugas del sistema como se lo representa en la siguiente fórmula

$$Q_{\text{real}} = \frac{Q_t}{\eta}$$

Donde:

Q_{real} = caudal real del fluido necesario para que el cilindro realice su trabajo, en (l/min).

Q_t = caudal teórico, en (l/min).

η = rendimiento volumétrico del cilindro se toman en consideración las fugas, por lo general el valor es de 0,95.

Por lo tanto el caudal real

$$Q_{\text{real}} = \frac{1.84 \text{ l/min}}{0.95}$$

$$Q_{\text{real}} = 1.94 \text{ l/min}$$



FIGURA 2.15 TANQUE RESERVORIO DE ACEITE [6]

Bombas hidráulicas

Las bombas hidráulicas son elementos destinados a elevar un fluido desde un nivel determinado a otro, también se puede decir que convierten energía mecánica (velocidad de rotación) en hidráulica (caudal).

Las bombas se las puede dividir en dos tipos:

- Bombas de desplazamiento positivo o hidrostáticas
- Bombas hidrodinámicas.

Las que poseen desplazamiento positivo se caracterizan por la transmisión de energía y las de desplazamiento no positivo son usadas para trasiego de fluidos.

En el diseño del circuito hidráulico de la compactadora de basura es necesario conocer conceptos básicos de las bombas de desplazamiento positivo.

Bomba de desplazamiento positivo

Una bomba de desplazamiento positivo o hidrostática posee componentes destinados a transformar la energía mecánica en hidráulica. Las bombas hidrostáticas realizan dos funciones la primera crear un vacío en la línea de succión que permite que la presión atmosférica ejerza fuerza al líquido depositado en el tanque y esta se dirija hacia la bomba; el segundo la acción mecánica hace que el fluido vaya al orificio de salida y este se introduce al circuito oleohidráulico.

Cabe recalcar que la bomba genera desplazamiento del fluido mas no presión; la presión que se genera con la resistencia al paso del fluido en el circuito oleohidráulico.

Bombas oleohidráulico

Las bombas de desplazamiento positivo se agrupan según el tipo de elemento de bombeo (engranaje, paletas, pistones, etc.) este tipo de bombas se clasifican como bombas de desplazamiento fijo y variable.

La presión viene determinada por la carga de trabajo y exceptuando las fugas el caudal de salida es independiente a la presión y hace que la bomba de desplazamiento positivo sea más adecuada para utilizar en la transmisión de potencia.

2.3.2 Selección del motor

El motor eléctrico es aquel motor que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, por medio de la repulsión que presenta un objeto metálico cargado eléctricamente ante un imán permanente

Los motores eléctricos se clasifican en:

- Motor de corriente alterna
- Motor de corriente continua

A su vez, los motores de corriente continua se clasifican según la forma como estén conectados, en:

- Motor en serie
- Motor compound
- Motor shunt
- Motor eléctrico sin escobillas

Los motores de corriente alterna se clasifican en 4 tipos detallados a continuación, siendo el primero y el último los más utilizados:

- Motor universal, puede trabajar tanto en CA como en CC.
- Motor asíncrono
- Motor síncrono
- Motor de jaula de ardilla

$$Pot = \frac{P \cdot Q}{K N_t}$$

Donde:

N_t es la eficiencia de los motores eléctricos que se encuentra entre 0.80 y 0.90

Constante K puede ser 602 si Pot es en Kw o 1714 si Pot es en HP

$$Pot = \frac{(510.20) \cdot (1.94)}{602 (0.8)}$$

$$Pot = 2.06 \text{ kw}$$

$$Pot = 2.75 \text{ HP} \longrightarrow 3 \text{ HP}$$



FIGURA 2.16 MOTOR ELÉCTRICO [7]

Selección del cilindro hidráulico.

Los cilindros hidráulicos son los dispositivos comúnmente utilizados para la conversión de energía producida por un fluido hidráulico presurizado, típicamente algún tipo de aceite en energía mecánica. El cilindro hidráulico consiste básicamente en dos piezas: un cilindro barril o camisa y un pistón o émbolo móvil conectado a un vástago. El cilindro barril está cerrado por los dos extremos, en uno está el fondo y en el otro, la cabeza por donde se introduce el pistón, que tiene una perforación por donde sale el vástago. El pistón divide el interior del cilindro en dos cámaras: la

cámara inferior y la cámara del vástago. La presión hidráulica actúa en el pistón para producir el movimiento lineal.

El desplazamiento desde el punto de retracción total hasta el punto máximo de tracción del cilindro se llama carrera

La fuerza máxima es función de la superficie activa del émbolo y de la presión máxima admisible, donde:

$$F \text{ (kg)} = P \text{ (kg/cm}^2\text{)} * A \text{ (cm}^2\text{)}$$

Esta fuerza es constante desde el inicio hasta la finalización de la carrera. La velocidad depende del caudal de fluido y de la superficie del pistón.

$$\text{Velocidad} = \text{caudal (cm}^3\text{/min)} / \text{área del cilindro (cm}^2\text{)}$$

Según la versión, el cilindro puede realizar fuerzas de tracción y/o compresión.

Los cilindros según su efecto pueden ser clasificados en dos grupos:

- Simple efecto.
- Doble efecto.

Los cilindros de efecto simple se accionan en un solo sentido necesitando así un método de retracción para volver a la posición inicial

Los cilindros de efecto doble a diferencia de los de efecto simple acciona dos superficies de efecto opuesto es decir la fuerza del cilindro puede ser de tracción como de retracción.

Para diseñar cilindros hidráulicos se asume que el vástago se comporta como una columna esbelta sometido a esfuerzo de compresión y va a fallar por flexión lateral o pandeo y para calcular el diámetro de este se va a aplicar la teoría de Euler

Según Euler, la fuerza crítica que resiste una columna sin que exista flexión lateral o pandeo viene dada por:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_e^2}$$

Donde:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \text{ para un vástago de sección circular de diámetro } d;$$

$$E = 103.4 \text{ Gpa. Véase apéndice G tabla C-1}$$

$$L_e = 0.35 \text{ m}$$

$$P_c = 100.15 \text{ K}$$

$$L_e = K \cdot L$$

$$K = 0.5 \text{ Véase figura 2.17 caso 4}$$

$$L = 700 \text{ mm}$$

$$L_e = 0.5 \cdot 0.7 = 0.35 \text{ m}$$

$$100.15 \text{ KN} = \pi^2 \cdot 103.4 \text{ Gpa} \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{64 \cdot (0.35)^2}$$

$$d = 0.02224 \text{ m}$$

$$d = 22.25 \text{ mm} \longrightarrow \text{Diámetro del vástago del cilindro}$$

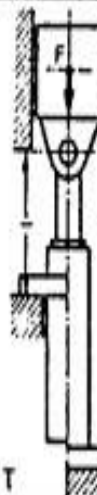
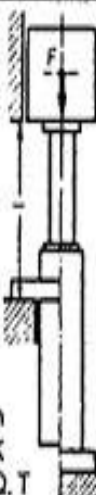
Solicitaciones según Euler				
Solicitaciones según Euler	Caso 1	Caso 2 (básico)	Caso 3	Caso 4
	Un extremo libre, un extremo fijo	Dos extremos articulados	Un extremo articulado, un extremo fijo	Dos extremos fijos
Gráfico				
Longitud libre de pandeo	$s_K = 2l$	$s_K = l$	$s_K = l \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}$	$s_K = \frac{l}{2}$
Situación de montaje del cilindro	 Forma de sujeción C, D, F, H, K L, M, N, P, Q, T	 Forma de sujeción B, E, G, R, S	Indicación: Guiado cuidadoso de la carga, posible bloqueo  Forma de sujeción C, D, F, H, K L, M, N, P, Q, T	Indicación: Desfavorable; gran posibilidad de bloqueo  Forma de sujeción C, D, F, H, K L, M, N, P, Q, T

FIGURA 2.17 CASOS DE EXTREMOS DE COLUMNAS
SEGÚN EULER [8]

Número de ciclos del cilindro hidráulico

Se elige como material del vástago una fundición de hierro ASTM

A48 clase 20. Véase apéndice A tabla C-7 Sut: 130 Mpa

$$N_c = \frac{\sigma^{\frac{1}{b}}}{a}$$

a y b son constantes del material del vástago

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A_v}$$

$$= \frac{100.13 \text{ KN}}{0.000388} \longrightarrow 257.75 \text{ Mpa}$$

$$b = \frac{-\log\left(\frac{\sigma_f'}{S'_e}\right)}{\log(2 N_e)}$$

$$\sigma_f' = S_{ut} + 345$$

$$= 130 + 345 \longrightarrow 475 \text{ Mpa}$$

$$S'_e = 0.5 S_{ut}$$

$$= 0.5 * 130 \text{ Mpa} \longrightarrow 65 \text{ Mpa.}$$

$$N_e: 10^6 \text{ ciclos}$$

$$b = \frac{-\log\left(\frac{475}{65}\right)}{\log(2 \cdot 10^6)} \longrightarrow -0.137$$

$$a = \frac{f^2 S_{ut}^2}{S'_e}$$

$$f = \frac{\sigma_f'}{S_{ut}} (2 \times 10^3)^b$$

$$= \frac{475 \text{ Mpa}}{130 \text{ Mpa}} (2 \times 10^3)^{-0.137} \longrightarrow 1.29$$

$$a = \frac{1.29^2 130^2}{65} \quad 432.51 \text{ Mpa}$$

$$N_c = \frac{\sigma_b^{\frac{1}{b}}}{a}$$

$$= \frac{257.75^{-\frac{1}{0.137}}}{432.51}$$

$$N_c = 4.37 \times 10^9 \text{ ciclos}$$

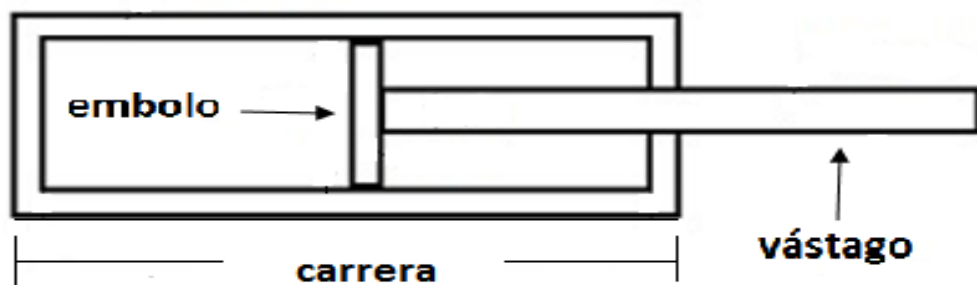


FIGURA 2.18 CILINDRO HIDRÁULICO

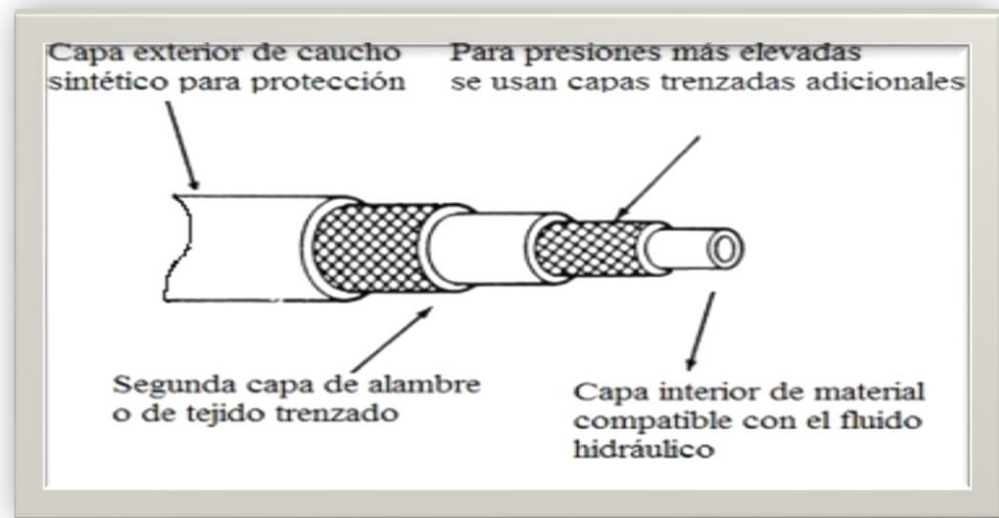
Selección de mangueras y accesorios

Para sistemas hidráulicos la energía es transmitida a través de tuberías o mangueras. Esta energía es función del caudal y de la presión del aceite que circula en el sistema.

La característica más destacable de los sistemas de potencia de fluidos es que la fuerza generada por la fuente, controlada por válvulas puede ser convertida fácilmente a cualquier tipo de movimiento.

En hidráulica, las válvulas realizan varias funciones y tienen su denominación según el uso que tengan razón por la cual se ha realizado una sección exclusivamente para explicar todas las válvulas y sus diferentes categorías.

Para aplicaciones móviles y de distancias cortas, se suele emplear mangueras de caucho como la que se muestra en la figura 2.19.



**FIGURA 2.19 MANGUERA FLEXIBLE PARA
APLICACIONES HIDRÁULICA**

Para las mangueras de caucho hay que considerar el factor de seguridad F_s , en función de la presión de servicio a la que trabaje la manguera.

TABLA 6

FACTOR DE SEGURIDAD EN MANGUERAS DE

CAUCHO, FS.

Presión de servicio (bares)	Fs
0-70	8
70-175	6
Mayor a 175	4

Presión de Rotura = FS * Presión de Servicio

Cálculo de mangueras del sistema

Para calcular el diámetro interior de una manguera de caucho se tienen en cuenta el caudal y la velocidad media de circulación del fluido.

$$Di = \sqrt{\frac{Q}{1.5 * \pi * V}}$$

$$Di = \sqrt{\frac{30.64 \text{ cm}^3/\text{s}}{1.5 * \pi * 1.56 \text{ cm}/\text{s}}}$$

$D_i = 2.04 \text{ cm}$ → Manguera de caucho con mallas internas como refuerzo.

Tipos de Válvulas

1. Válvulas distribuidoras.

Estas válvulas son las encargadas de repartir el fluido según la función deseada. Pueden influir en el arranque de receptores, como pueden ser los cilindros; y gobernar a otras válvulas.

2. Válvulas de presión.

Válvulas de presión o válvulas limitadoras de presión. Limitan la presión de trabajo en el circuito, limitan la presión de la bomba y pueden funcionar como elemento de seguridad.

3. Válvulas de cierre.

Las válvulas de cierre tienen como objetivo impedir el paso de fluido en sentido opuesto, al de libre circulación del fluido.

4. Válvulas de flujo.

Este tipo de válvulas son usadas cuando se desea variar la velocidad de un actuador, cilindro, etc.

Una vez ya seleccionado todos los componentes del compactador se alcanza el principal objetivo, que es el diseño de este, proponiendo una solución real al problema del acopio de los desechos.

En el siguiente capítulo se calculará los costos para el estimado de la construcción del compactador. Cabe recalcar que la etapa de diseño tiene carácter iterativo; es decir los resultados presentados son producto de la evaluación de valores, corrección y asignación para los respectivos cálculos.

CAPÍTULO 3

3 ANÁLISIS DE ESTIMACIÓN DE COSTOS

Se hace un análisis de los costos inherentes para la fabricación del compactador en base a los equipos y materiales seleccionados anteriormente y a la mano de obra requerida para el desarrollo del proyecto

3.1 Presupuesto de Materiales del Compactador

TABLA 7

COSTOS DE ACCESORIO DE CENTRAL HIDRAULICA

COSTOS DE ACCESORIO DE CENTRAL HIDRAULICA			
DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	PRECIO DE VENTA
Cilindro Hidráulico de 700mm	1	\$ 980.00	\$ 980.00
Bomba Hidráulica	1	\$ 350.00	\$ 350.00
Motor Eléctrico de 3 HP	1	\$ 380.00	\$ 380.00
Mangueras Hidráulicas de 7500 psi	2	\$ 25.00	\$ 50.00
Válvula Reguladora	2	\$ 148.50	\$ 297.00
Válvula Solenoide	1	\$ 120.00	\$ 120.00
Acople Motor-Bomba	1	\$ 90.00	\$ 90.00
Tanque de 1.5 Gl.	1	\$ 35.00	\$ 35.00
Manómetro de 12500 PSI	1	\$ 54.00	\$ 54.00
Aceite hidráulico	6	\$ 7	\$ 42
TOTAL			\$2398

TABLA 8
COSTOS DE MATERIALES

COSTOS DE MATERIALES			
DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	PRECIO DE VENTA
Plancha de acero ASTM A36 de ¼"	5	\$ 94.14	\$ 475.71
Perfiles tipo C en ASTM A36 2"x1"	2	\$ 50.50	\$ 101.00
Barra redonda acero ASTM A36 d=1900mm	2	\$ 14.72	\$ 29.44
Bisagras	4	\$ 6	\$ 24.00
Seguro de puertas	2	\$ 12	\$ 24.00
Bocines de bronce	2	\$ 15	\$ 30.00
Pasador	1	\$ 20	\$ 20.00
Botonera	1	\$ 90	\$ 90
TOTAL			\$ 776.15

3.2 Costo de Servicios para la Fabricación

TABLA 9
COSTOS DE SERVICIOS PARA LA FABRICACIÓN

DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR
Soldador	80	\$280
Ayudante de Taller	120	\$300
Trabajo de Fresadora	1	\$120
Trabajo de Torno	1	\$200
Dirección y supervisión	120	\$600
Instalación sistema Hidráulico	8	\$80
Diseño	1	\$1500
TOTAL		\$3080

TABLA 10
COSTOS TOTALES

DESCRIPCION	VALOR
Costos de accesorio de central hidráulica	\$2398
Costos de servicios para la fabricación	\$3080
Costos de materiales	\$776.15
TOTAL	\$6254.15

En los costos de servicios no se incluye costo de equipos y herramientas utilizadas para la fabricación, ni equipo de protección personal para los trabajadores.

CAPÍTULO 4

4 Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones

1. Los objetivos planteados en el proyecto fueron alcanzados
2. El uso del programa SOLIDWORKS®, proporciona resultados confiables en el análisis matemático planteado.
3. La construcción del compactador resultaría factible debido a la disponibilidad de los materiales en el mercado local y a los altos precios que tienen equipos similares en el exterior. Contribuyendo además a la disminución de la salida de divisas en el país.
4. Finalmente se puede concluir que este proyecto representa un impulso al desarrollo del talento humano, satisfaciendo una necesidad que aún no ha sido cubierta y que en el país se encuentra en un importante crecimiento.

Recomendaciones

1. Se recomienda no sobrepasar la capacidad de carga ya que podrían causar daños en válvulas, mangueras o en el cilindro hidráulico.
2. Instruir al operario sobre el correcto funcionamiento del equipo por su seguridad y por seguridad del compactador.
3. No mantener el compactador en lugares donde el polvo o el agua puedan malograr los componentes del equipo como el motor eléctrico u otros.
4. Se recomienda no introducir materiales que no hayan sido los antes especificador ya que pudieren causar daños en la estructura del compactador.
5. En el mantenimiento del equipo, se debe detener y apagar antes de abrir el compactador, ya que pudiere causar daños irreparables.
6. Colocar un botón de parada de emergencia, para que la compactadora al momento de algún desperfecto o problema en la compactación, el operario la neutralice con el fin de resguardar su seguridad o prevenir daños graves al equipo

7. Se proyecta la posibilidad de introducir un sistema el cual expulse el material reciclado al exterior de la máquina. Esto implicará la adquisición de un cilindro adicional de baja potencia que trabaje de manera perpendicular al cilindro de compactación.

Apéndices

APÉNDICE A

ESPECIFICACIONES PARA FUNDICIONES DE HIERRO GRIS

FUNDICIÓN GRIS

Las fundiciones son aleaciones de hierro, carbono y silicio en las cuales hay una cantidad de carbono superior a la que puede contener la solución sólida de austenita a la temperatura eutéctica. En las fundiciones grises, el exceso de carbono precipita como hojuelas de grafito.

Las fundiciones grises contienen típicamente de 2,5 a 4% de carbono, 1% a 1,2% de silicio y adiciones de manganeso que dependen de la microestructura que se desee obtener (tan bajo como 0,1% Mn en fundiciones ferríticas y tan alto como 1,2 en las perlíticas). También existen pequeñas cantidades de azufre y fósforo que son consideradas impurezas.

Generalmente se puede asumir que tanto el mecanizado fino, como el módulo de elasticidad y la resistencia al desgaste aumentan desde la clase 20 a la clase 60.

TABLA 11

CLASIFICACIÓN PARA FUNDICIONES DE HIERRO
GRIS NORMA ASTM A48

ASTM A48	Resis tenci a ultim a a la tracci ón (Mpa)	Durez a Brine ll	Estru ctura
Grado	[Sut]	[HB]	
20	138	130- 180	F, P
30	207	170- 210	F, P, G
40	276	210- 260	P,G
50	345	240- 280	P,G
60	414	260- 300	B, G

APÉNDICE B
COTIZACIONES DE EQUIPOS SIMILARES

EQUIPO A

Precios de equipos similares al compactador en el extranjero



June 25,

2012
Construparedes
090593 Guayaquil
Ecuador

QUOTATION

ORWAK Bagging Trash Compactor model 5030 compacts into bags that are fitted on the outside of a bottomless stainless steel drum, which ingeniously prevents ripping of the bag.

Drum Size:	20" diameter x 32" high
Standard Voltage:	Single Phase – please
specify needs	
Ceiling Clearance:	5030-B 8' 9"
(Standard Version-Full Piston Stroke)	5030-C 7' 9"

Supplies and Optional Accessories:

ORWAK Bags 100	# 486 81 24-00	\$ 75.00/case
Bag Lifter	# 486 82 10-10	\$895.00 each
Bag Dispenser	# 486 84 10-00	\$ 89.00
Bag with 500 wires	# 486 86 10-00	\$ 79.00
5030 "Starter Kit" (includes the 4 options above)		
\$995.00		

Winterizing for use in unheated very cold space
\$295.00

Lead Time:	F.O.B.	Payment Terms:
Usually from stock	Shelton, CT	Payment Prior to
Shipment outside US		

Above prices are good for 30 days. We are looking forward to your

Prices are in \$US; Taxes are not included. Purchase order!

Warranty: 12 months on parts
Sales Manager

Paula Chiungos,

2012 Purchase Price for one 5030 Compactor:
\$9,315.00



FIGURA A.1 COMPACTADOR ORWAK

EQUIPO B

TABLA 12

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO B

Model B36 Specifications (specifications subject to change)	
Capacity	35 ft ³ 0.10 m ³
Unit Height	123" 3125 mm
Unit Width	53" 1346 mm
Unit Depth	49" 1245 mm
Deck Space	19 ft ² 1.76 m ²
Unit Weight	2,300 lb 1043 kg
Cycle Time	60 seconds
Compaction Force	60,000 lb 30 t
Electric 240V, 480V (Three Phase)	5HP / 15.5, 7.8 Amps
Air Requirements (1áximo)	100 PSI / 7 Bar
Air Requirements (1áximo)	75 CFM/ 2m ³ /min
Hydraulic System (1áximo)	3000PSI/ 210 Bar
LIST PRICE	\$23 600



FIGURA B.1. COMPACTADOR B36

EQUIPO C

TABLA 13

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO DT-200i

Volume 0,2 m ³ / container volume 180 litres.
Loading opening 650 mm x 260 mm
Total height, incl. plunger 1958 mm
External dimensions (W x D x H) 680 mm x 705 mm x 1958 mm
Length of stroke 600 mm
Compression force 9 tons
El. Motor 1,5 kW
El. Power 220V/ 380~440V/ 480V/ 690V, 50~60Hz,
16A, 3 phase
Weight (including container) 199 Kg
Price \$17 000



FIGURA C.1 COMPACTADOR DT 200I

APÉNDICE C

PRUEBAS DE COMPACTACIÓN

En este apéndice se muestran las fotos tomadas por el autor del presente Proyecto de Graduación, los parámetros arrojados por los ensayos satisfacen las condiciones de diseño.

En la Figura C.1 se muestra cuando se carga la caja compactadora con material de reciclaje



FIGURA C.1 COMPACTADORA LLENA DE DESECHOS

En las Figuras C.2 y C.3 se observa en acción el equipo de prueba.



FIGURA C.2 EQUIPO DE PRUEBA LISTO PARA COMPACTAR



FIGURA C.3 EQUIPO DE PRUEBA EN PLENO TRABAJO

Para finalizar la prueba se desarma el equipo de prueba y se puede observar como los desechos sufrieron cambios físicos. Con un equipo de medición de distancia se toma la medida inicial del volumen y la final denotando que los desechos se redujeron siete veces en relación a su volumen inicial.



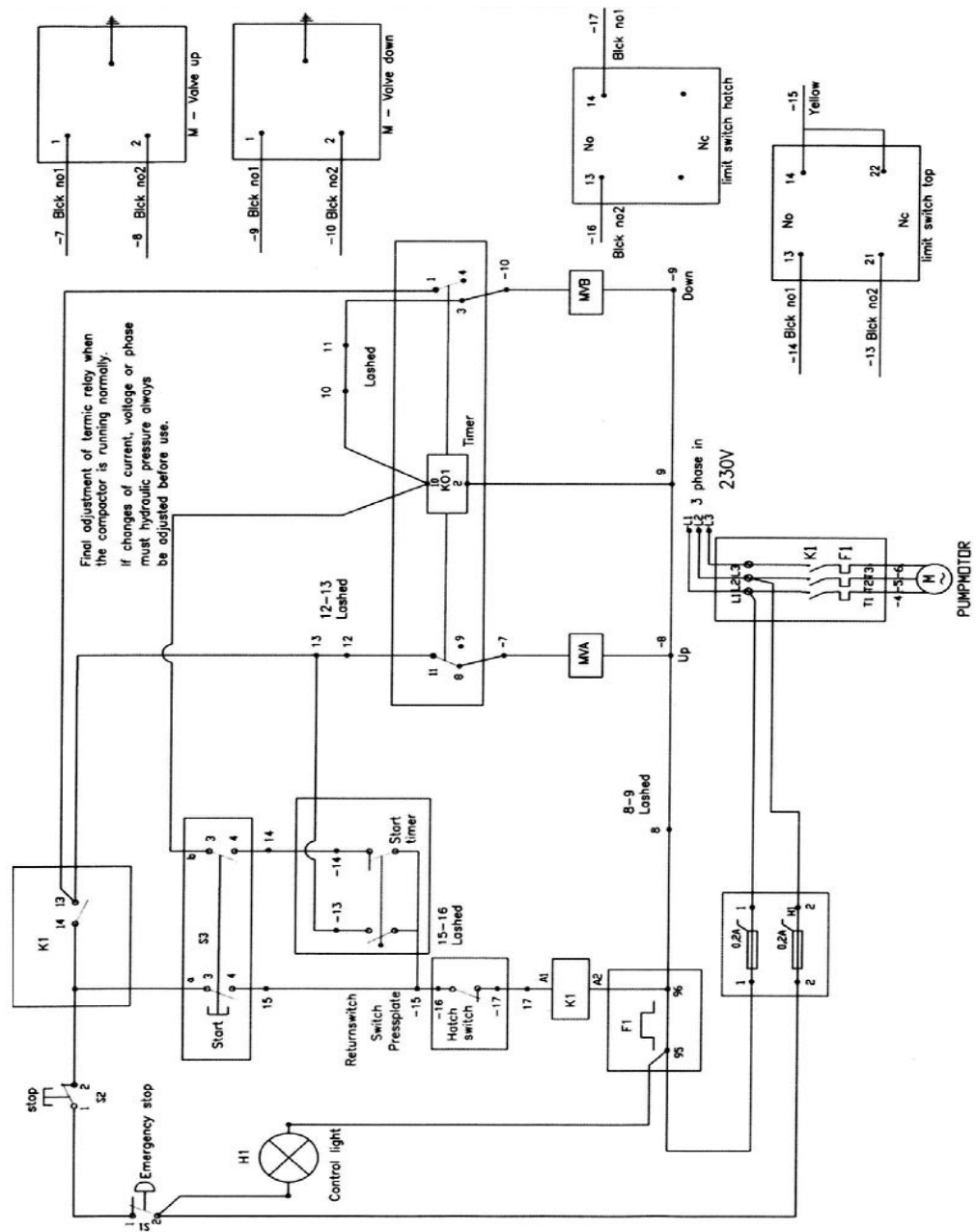
FIGURA C.4 COMPACTADORA

Para el diseño del compactador se toma la lectura máxima del manómetro, alcanzando la presión máxima de 7500 psi



FIGURA C.5 MANÓMETRO

APÉNDICE E DIAGRAMA ELÉCTRICO



APÉNDICE F

PROPIEDADES MECÁNICAS DE ACEROS AL CARBONO

998

DISEÑO DE MÁQUINAS

TABLA C-9 Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbono

Datos de varias fuentes.* Valores aproximados. Consulte a los fabricantes de los materiales para información más precisa.

Número SAE/AISI	Estado	Límite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Elongación en 2 in %	Dureza Brinell -HB
		kpsi	MPa	kpsi	MPa		
1010	laminado en caliente	26	179	47	324	28	95
	laminado en frío	44	303	53	365	20	105
1020	laminado en caliente	30	207	55	379	25	111
	laminado en frío	57	393	68	469	15	131
1030	laminado en caliente	38	259	68	469	20	137
	normalizado @ 1 650°F	50	345	75	517	32	149
	laminado en caliente	64	441	76	524	12	149
	templado y revenido @ 1 000°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
1040	laminado en caliente	42	290	76	524	18	149
	normalizado @ 1 650°F	54	372	86	593	28	170
	laminado en frío	71	490	85	586	12	170
	templado y revenido @ 1 200°F	63	434	92	634	29	192
	templado y revenido @ 800°F	80	552	110	758	21	241
	templado y revenido @ 400°F	86	593	113	779	19	262
1045	laminado en caliente	45	310	82	565	16	163
	laminado en frío	77	531	91	627	12	179
1050	laminado en caliente	50	345	90	621	15	179
	normalizado @ 1 650°F	62	427	108	745	20	217
	laminado en frío	84	579	100	689	10	197
	templado y revenido @ 1 200°F	78	538	104	717	28	235
	templado y revenido @ 800°F	115	793	158	1 089	13	444
	templado y revenido @ 400°F	117	807	163	1 124	9	514
1060	laminado en caliente	54	372	98	676	12	200
	normalizado @ 1 650°F	61	421	112	772	18	229
	templado y revenido @ 1 200°F	76	524	116	800	23	229
	templado y revenido @ 1 000°F	97	669	140	965	17	277
	templado y revenido @ 800°F	111	765	156	1 076	14	311
1095	laminado en caliente	66	455	120	827	10	248
	normalizado @ 1 650°F	72	496	147	1 014	9	13
	templado y revenido @ 1 200°F	80	552	130	896	21	269
	templado y revenido @ 800°F	112	772	176	1 213	12	363
	templado y revenido @ 600°F	118	814	183	1 262	10	375

* SAE Handbook, Society of Automotive Engineers, Warrendale Pa.; Metals Handbook, American Society for Metals, Materials Park, Ohio.

PROPIEDADES MECÁNICAS DE ALGUNAS ALEACIONES DE HIERRO FUNDIDO Y ACERO INOXIDABLE

TABLA C-7 Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de hierro fundido

Datos de diversas fuentes. * Valores aproximados. Consulte a los fabricantes de los materiales para información más precisa

Aleación de hierro fundido	Estado	Límite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Resistencia a la compresión		Dureza Brinell -HB
		kpsi	MPa	kpsi	MPa	kpsi	MPa	
Fundición de hierro gris—clase 20	tal y como se fundió	—	—	22	152	83	572	156
Fundición de hierro gris—clase 30	tal y como se fundió	—	—	32	221	109	752	210
Fundición de hierro gris—clase 40	tal y como se fundió	—	—	42	290	140	965	235
Fundición de hierro gris—clase 50	tal y como se fundió	—	—	52	359	164	1 131	262
Fundición de hierro gris—clase 60	tal y como se fundió	—	—	62	427	187	1 289	302
Hierro dúctil 60-40-18	recocido	47	324	65	448	52	359	160
Hierro dúctil 65-45-12	recocido	48	331	67	462	53	365	174
Hierro dúctil 80-55-06	recocido	53	365	82	565	56	386	228
Hierro dúctil 120-90-02 24	revenido y templado	120	827	140	965	134	924	325

* *Properties of Some Metals and Alloys*, International Nickel Co., Inc., N.Y.; *Metals Handbook*, American Society for Metals, Materials Park, Ohio.

TABLA C-8 Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de acero inoxidable

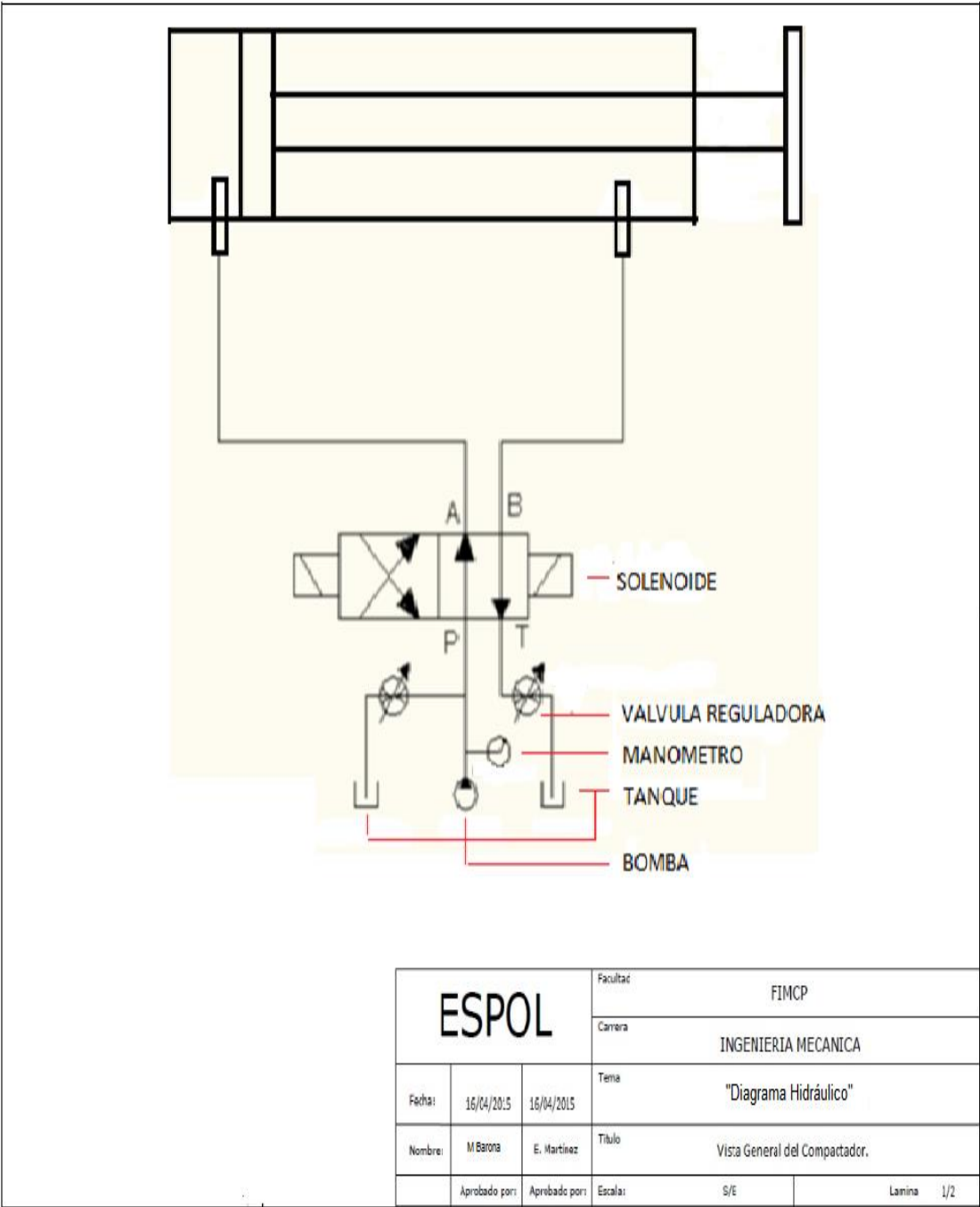
Datos de INCO. * Valores aproximados. Consulte a los fabricantes de los materiales para información más precisa

Aleación de acero inoxidable	Estado	Límite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Elongación en 2 in %	Dureza Brinell o Rockwell
		kpsi	MPa	kpsi	MPa		
Tipo 301	recocido en tira	40	276	110	758	60	85HRB
	laminado en frío	165	1 138	200	1 379	8	41HRC
Tipo 302	recocido en hojas	40	276	90	621	50	85HRB
	laminado en frío	165	1 138	190	1 310	5	40HRC
Tipo 304	recocido en hojas	35	241	85	586	50	80HRB
	laminado en frío	160	1 103	185	1 276	4	40HRC
Tipo 314	laminado en barra	50	345	100	689	45	180HB
Tipo 316	recocido en hojas	40	276	90	621	50	85HRB
Tipo 330	laminado en caliente	55	379	100	689	35	200HB
	recocido	35	241	80	552	50	150HB
Tipo 410	recocido en hoja	45	310	70	483	25	80HRB
	tratamiento térmico	140	965	180	1 241	15	39HRC
Tipo 420	recocido en barra	50	345	95	655	25	92HRB
	tratamiento térmico	195	1 344	230	1 586	8	500HB
Tipo 431	recocido en barra	95	655	125	862	25	260HB
	tratamiento térmico	150	1 034	195	1 344	15	400HB
Tipo 440C	recocido en barra	65	448	110	758	14	230HB
	templado y revenido 600°F	275	1 896	285	1 965	2	57HRC
17-4 PH (AISI 630)	endurecido	185	1 276	200	1 379	14	44HRC
17-7 PH (AISI 631)	endurecido	220	1 517	235	1 620	6	48HRC

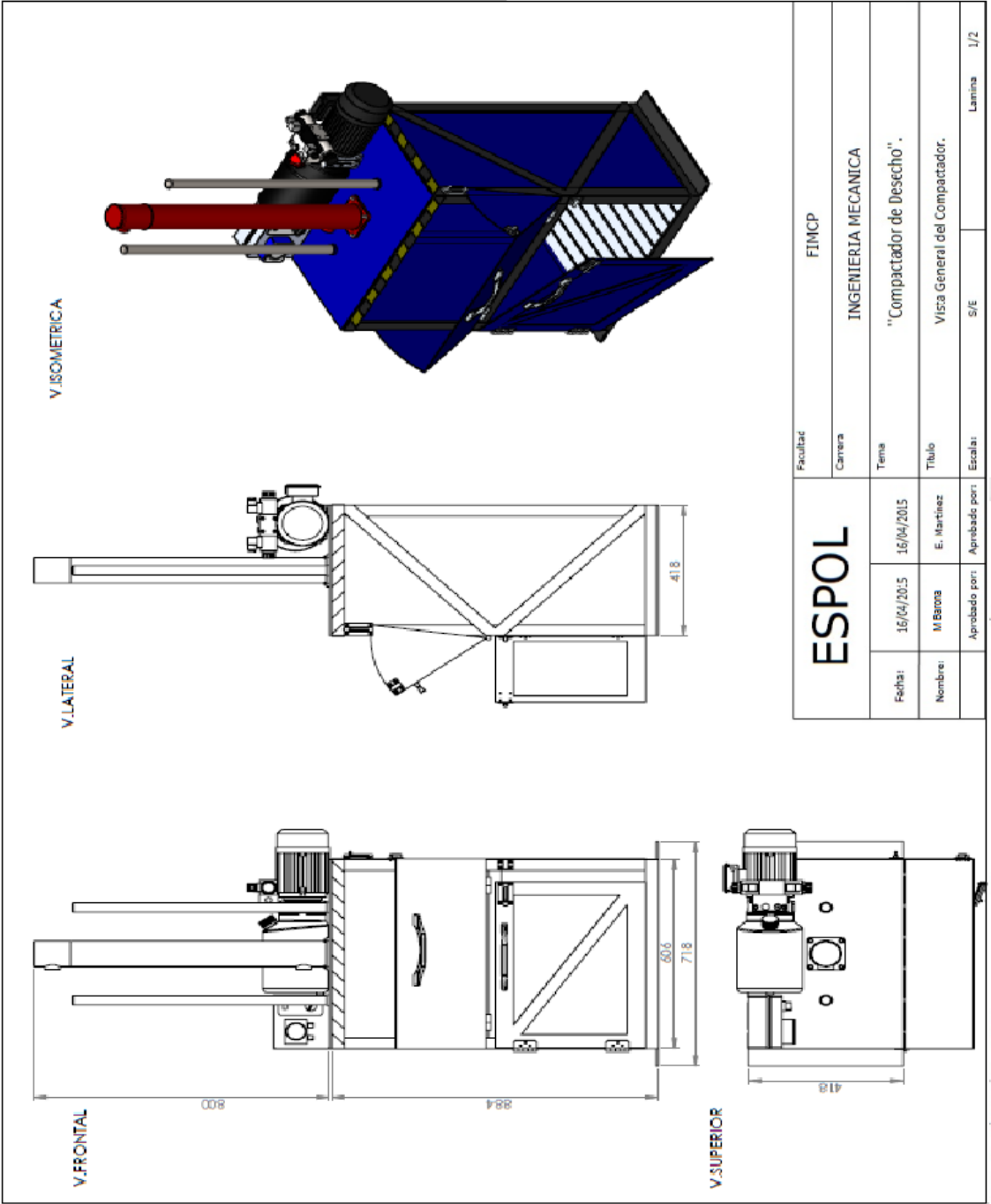
* *Properties of Some Metals and Alloys*, International Nickel Co., Inc., Nueva York.

PLANOS

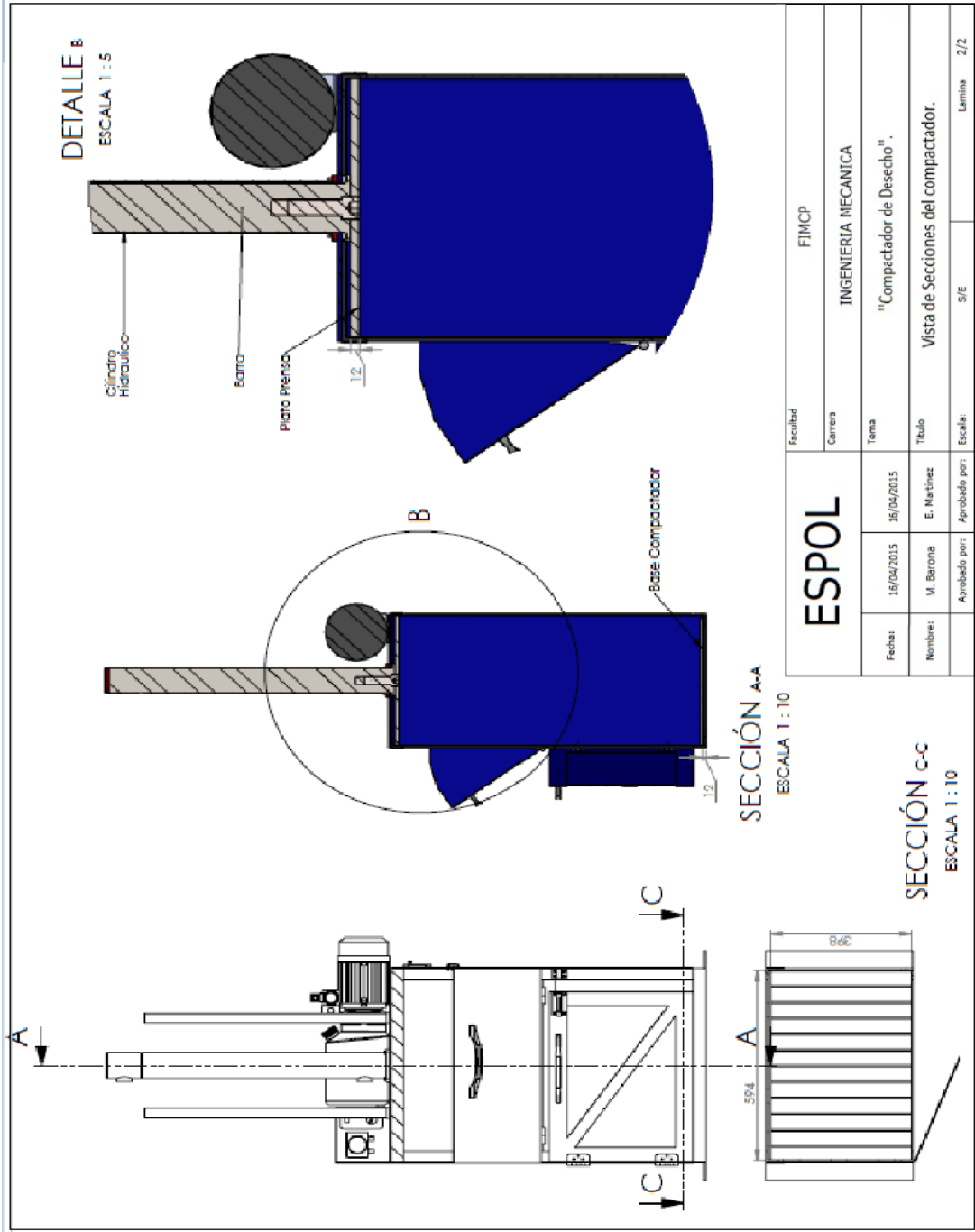
PLANO 1



PLANO 2



PLANO 3



BIBLIOGRAFÍA

- [1] Estadísticas del reciclaje en el ecuador. Tomado de:
<http://www.inec.gov.ec>, Fecha de consulta 08 de Noviembre del 2014
- [2] Figura de botellas de plásticos. Tomado de:
[www.Botella de plástico.htm](http://www.Botella.de.plastico.htm), Fecha de consulta 12 Enero del 2014
- [3] <http://www.eluniverso.com/noticias/2013/08/22/nota/1324366/basura-mal-que-afecta-sector>, Fecha de consulta 10 de Noviembre del 2014
- [4] <http://www.friki.net/fotos/88694-basura-hecha-arte.html>, Fecha de consulta 15 de Noviembre del 2014
- [5] <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/cursos/desecho2/desec-08.htm>, Fecha de consulta 1 de Diciembre del 2014
- [6] <http://www.rotamil.com.br/auto-pecas/47>, Fecha de consulta 20 de Diciembre del 2014

- [7] <http://www.bing.com/images/search?q=motores+electricos&FORM=HDRSC2#view=detail&id=6E7F677FB3626C83894C1E781464705EE357C658&selectedIndex=9>, Fecha de consulta 1 de Diciembre del 2014
- [8] Shigley Joseph E y Mischke Charles R, Diseño en Ingeniería Mecánica, 6ta Edición, McGraw- Hill, México, 2002.
- [9] Bohman Iván, Catálogo general de aceros. Iván Bohman, 2014
- [10] Singer F & Pytel L, Resistencia de Materiales, 3ra Edición Alfahomega, 2005
- [11] Silapu Roberto, Oleohidráulica industrial, 2013
- [12] Ponce Edison, Capacitación técnica industrial empresarial, 2008
- [13] Norton Robert L, Diseño de máquinas, 3ra Edición, McGraw-Hill, México, 2005
- [14] Bohler, Catálogo de Aceros Especiales Para Maquinar, 2014
- [15] Dipac, Catálogo de Perfiles Estructurales. 2014
- [16] Ipac, Catálogo general de aceros. Ipac, 2014