



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la

Producción

"Diseño de una central de potencia para pruebas de equipos
oleohidráulicos"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Examen Complexivo

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Lenin Enardo Yagual Soriano

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A mi Madre y mi Padre que hicieron posible mi educación y me guiaron en cada momento de mi vida.

DEDICATORIA

A MI ESPOSA

A MIS HIJAS

A MI FAMILIA

TRIBUNAL DE SUSTENTACION

Handwritten signature of Efraín Terán in blue ink, written over a horizontal line.

Efraín Terán, M.Sc.

VOCAL

Handwritten signature of Jonathan León in blue ink, written over a horizontal line.

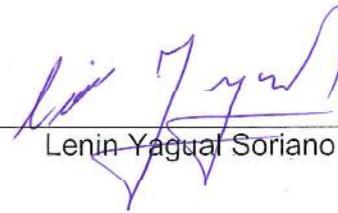
Jonathan León, M.Sc.

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Lenin Yagual Soriano

RESUMEN

En el presente informe se diseña una central de potencia para pruebas oleohidráulicas, con el fin de mejorar el tiempo de reparación de los cilindros hidráulicos de los recolectores de basura del Consorcio Vachagnon y de esta manera, disminuir el periodo de permanencia dentro del campamento por reparaciones.

Se calculó el volumen requerido por los cilindros hidráulicos por medio de las ecuaciones de mecánica de fluidos; y de esta manera, poder determinar el caudal necesario de la bomba hidráulica a escoger; la misma que cumplió con las normas SAE – J744C e ISO 3019 -1. Con el caudal y la presión de trabajo se obtuvo la potencia teórica del sistema, y mediante la utilización de ecuaciones se determinó la potencia disponible del motor eléctrico.

Se utilizó ecuaciones de esfuerzo - deformación para obtener el espesor de la placa del reservorio de la central de potencia. Se utilizó un acero de especificación A-36. Teniendo el espesor de la placa y la forma de armado del reservorio se determinó el tipo de junta, soldadura y forma de soldar.

También se presenta el costo de la central de potencia y el tiempo estimado de retorno de la inversión.

La central de potencia permitió reducir el tiempo de reparación de los cilindros hidráulicos, ya que se puede verificar el resultado de la reparación antes que los cilindros sean montados en los camiones recolectores.

Mediante el uso de la central de potencia, el personal de mecánicos del Consorcio Vachagnon cuenta con un equipo para efectuar las reparaciones y verificaciones de los cilindros hidráulicos.

ÍNDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE PLANOS	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
1. ANTECEDENTES.	2
1.1. Reseña de la reparación de los equipos oleohidráulicos.	3
1.2. Descripción del sistema de reparación con la central.	4
1.3. Definición del problema.	6
CAPÍTULO 2	
2. DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	
2.1. Parámetros a considerar para elección de la bomba Hidráulica.	7
2.2. Requerimiento de los cilindros hidráulicos.	7
2.3. Selección de bomba hidráulica.	9

2.4.	Cálculo del espesor de la pared de la Central de potencia.	14
2.5.	Requerimientos de soldadura del reservorio.	19
2.6.	Diseño específico de la central de potencia.	23

CAPÍTULO 3

3. ESTIMACIÓN DE COSTOS.

3.1.	Costo de materiales, accesorios y equipos.	24
	3.1.2. Costo de mano de obra.	26
	3.1.3. Costo Total.	27
3.2.	Estimación del retorno de la inversión.	27
3.3.	Cronograma de la construcción.	29
3.4.	Evaluación de tiempos de reparación antes y después de la puesta en funcionamiento de la central de potencia	31

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES

4.1.	Conclusiones y recomendaciones.	33
------	---------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA	34
---------------------	----

ANEXOS	35
---------------	----

ABREVIATURAS

AISI	Instituto Americano del Hierro y el Acero
ASTM	American Society for Testing and Materials
gal	galones
gpm	galones por minuto
HP	Caballos de fuerza
in ³	pulgadas cubicas
kg	Kilogramo
kgf/m	Kilogramo fuerza por metro
ksi	kilo Psi
m	metro
max	Máximo
min	minutos
MPa	Mega pascales
N	Newton
Psi	libras fuerzas por pulgada cuadrada
rev	revolución
rpm	Revoluciones por minuto
s	segundos
SUS	Segundo Universal Saybolt
V	voltios

SIMBOLOGÍA

A_g	Área del cilindro
b	Longitud de placa
t	Tiempo de extensión del cilindro
g	Diámetro del cilindro
p	Diámetro del pistón
f	Esfuerzo de flexión
e_1	Espesor de la plancha superior
h	Espesor de placa
	Integral
I	Momento de Inercia
L	Longitud
L_B	Longitud de la base a soldar
L_l	Longitud lateral a soldar
L_{SB}	Longitud a soldar de la base
L_{SL}	Longitud a soldar de las laterales
M_i	Momento punto i
M_{max}	Momento máximo
n	Factor de diseño
N	Velocidad
	P_i
P	Potencia necesaria

P_s	Potencia perdida
P_{th}	Potencia teórica
Q	Caudal disponible
$Q_{necesario}$	Caudal Necesario del sistema
Q_s	Caudal de fuga
Q_{th}	Caudal Teórico
R_A	Reacción en el punto A de la plancha
R_B	Reacción en el punto B de la plancha
F_y	Sumatoria de fuerzas en el eje y
M_A	Sumatoria de momentos en el punto A
S_y	Esfuerzo de Fluencia
V_i	Fuerza cortante en el punto i
$V_{inicial}$	Volumen Inicial
V_{final}	Volumen Final
V_p	Volumen de desplazamiento
V_t	Volumen Total
W_M	Carga distribuida
W_{SB}	Peso de la soldadura a usar en la base
W_{SP}	Peso de la soldadura a usar en las paredes
W_{ST}	Peso total se la soldadura
X	Distancia
X_E	Numero de electrodo
X_T	Distancia al momento máximo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1	Grafico que muestra los cilindros oleohidráulicos en la tolva de un camión de recolector de basura	4
Figura. 2	Fotografía de una tolva, deslizador y cuchilla de un camión recolector de basura	4
Figura. 3	Recolector desalojando basura compactada.	5
Figura. 4	Foto del cilindro hidráulico utilizado para nuestro cálculo.	8
Figura. 5	Caudal de Fuga (Q_s) vs presión (p)	11
Figura. 6	Bomba hidráulica de paletas modelo T6C-006	12
Figura. 7	Perdida de Potencia (P_s) vs presión (p)	13
Figura. 8	Motor eléctrico de 15 Hp, trifásico de 220v	14
Figura. 9	Diagrama de fuerzas en la tapa superior del reservorio.	14
Figura. 10	Diagrama de esfuerzos en la tapa superior del reservorio.	15
Figura. 11	Dimensiones de la plancha de Acero para la tapa superior del reservorio.	17
Figura. 12	Longitudes a soldar del reservorio.	21
Figura. 13	Imagen de la Central de potencia.	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Parámetros de operación típico 115 SUS	10
Tabla 2.	Propiedades del aceite hidráulico	12
Tabla 3.	Propiedades mecánicas del Acero A-36	18
Tabla 4.	Tipos de juntas.	20
Tabla 5.	Juntas de esquina para soldar vertical descendente	20
Tabla 6.	Juntas de esquina para soldar horizontal.	21
Tabla 7.	Costo de materiales, accesorios y equipos.	25
Tabla 8.	Costo de mano de obra.	26
Tabla 9.	Costo total del equipo.	27
Tabla 10.	Programa de mantenimiento.	28
Tabla 10-A.	Retorno de inversión	28
Tabla 11.	Cronograma de la construcción Compra	29
Tabla 12.	Cronograma de la construcción fabricación	30
Tabla 13.	Cronograma de la construcción montaje	30
Tabla 14.	Evaluación de las reparaciones	31
Tabla 15.	Estimación del tiempo de reparación	31

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1.	Vista en explosión A-3	34
Plano 2.	Ensamble a color A-3	35
Plano 3.	Ensamble en blanco y negro A-3	36
Plano 4.	Vista superior	37
Plano 5.	Vista lateral	38
Plano 6.	Vista frontal	39

INTRODUCCIÓN

Al inicio del contrato de recolección de basura por parte del Consorcio Vachagnon en la ciudad, gran parte de los trabajos de reparaciones mayores se los efectuaba fuera del campamento; en talleres que se contrataban para tales reparaciones. A medida que se fue consolidando el contrato se empezó a invertir, tanto en capacitación de personal, como en equipos destinados a la reparación de los sistemas constitutivos de la unidad recolectora.

El principal problema que se ha tenido es el tiempo de respuesta de los talleres externos cuando se ha requerido de su servicio; ya que, el Consorcio Vachagnon trabaja los 365 días del año durante las 20 horas del día y debe mantener; 30 unidades recolectoras tipo carga trasera, una unidad tipo Front Loader y 8 unidades tipo Roll on-off operativas en la ciudad de Guayaquil.

El desarrollo del siguiente trabajo abarca principalmente lo siguiente:

En el Capítulo 1 se realiza una reseña de la reparación de los equipos oleohidráulicos; la descripción de la forma actual de reparación con la central de potencia en funcionamiento y para terminar se presenta la definición del problema.

En el Capítulo 2 se efectúa la determinación de los requerimientos del diseño, lo que involucra los parámetros a considerar para elegir la bomba hidráulica, el motor eléctrico, el desarrollo del cálculo del espesor de las paredes del reservorio y la soldadura a utilizar. Al final, se realiza el diseño específico de la central de potencia.

En el Capítulo 3 se efectúa la estimación de costos; donde se involucran los costos de materiales, accesorios y equipos; y, el costo de la mano de obra para determinar el costo total de la central de potencia; y adicionalmente, se realiza una estimación del retorno de la inversión. Además, se presenta un cronograma de la construcción y una evaluación de los tiempos de reparación antes y después de la entrada en funcionamiento de la central de potencia.

En el Capítulo 4 se presenta como conclusión a la construcción e implementación de la central de potencia; una reducción importante en los tiempos de reparaciones de los equipos oleohidráulicos, obteniendo una mejora en los costos operativos del consorcio Vachagnon.

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES.

1.1 Reseña de la reparación de los equipos oleohidráulicos.

Al inicio del contrato de recolección de basura por parte del Consorcio *Vachagnon* en la ciudad, gran parte de los trabajos de reparaciones mayores se los efectuaba fuera del campamento, en talleres que se contrataban para tales reparaciones. A medida que se fue consolidando el contrato, se empezó a invertir tanto en capacitación de personal como en equipos destinados a la reparación de los sistemas constitutivos de la unidad recolectora.

El principal problema que se ha tenido es el tiempo de respuesta de los talleres externos cuando se ha requerido de su servicio, ya que el Consorcio *Vachagnon* trabaja los 365 días del año durante las 20 horas del día y debe mantener 30 unidades recolectoras tipo carga trasera, una unidad tipo *Front Loader* y 8 unidades tipo *Roll on-off* operativas en la ciudad de Guayaquil. Además se debe considerar 3 unidades para parroquias rurales que también son atendidas, lo que provocaba demora en la habilitación de las unidades recolectoras.

Por lo antes expuesto se hace imprescindible efectuar las reparaciones de una manera rápida y efectiva para mantener la mayor cantidad de unidades operativas y proceder a recoger los desechos sólidos de la ciudad sin ningún inconveniente, ya que de no hacerlo los desechos se acumularan.

Los únicos que pueden reparar los daños de las unidades, son los miembros del personal del Consorcio, ya que conocen las necesidades, exigencias y requerimientos existentes

Por esta razón se procedió a diseñar y fabricar una central de potencia para pruebas oleohidráulicas, acorde a las necesidades del Consorcio, con el fin de optimizar los procesos y, de esta manera, no depender de talleres externos para las reparaciones de los sistemas hidráulicos de las unidades recolectoras.

1.2 Descripción del sistema de reparación con la central.

Mediante la instalación de una central de potencia se optimizó los recursos, ya que, para efectuar el montaje, acoplamiento y puesta en operatividad al sistema se necesita destinar horas hombre de trabajo, pero podemos hablar de trabajo efectivo ya que los equipos se montan verificados. Las pruebas realizadas a los cilindros hidráulicos determinan lo efectivo de la reparación cuando se realizan los cambios de sellos, o ring, fajas y mediciones de desgaste de las camisas.

A nivel del Consorcio *Vachagnon* se tienen varios casos en los cuales se necesitan que los gatos hidráulicos trabajen de una forma simétrica, que se desplacen a una velocidad equivalente, para que no ocurran inconvenientes en lo que respecta a la recolección, ya que, si el funcionamiento no es el adecuado, se tienen problemas de descarrilamiento del deslizador de desechos en cuanto a carga trasera se refiere.

Además cuando existe un desgaste excesivo en las camisas y sellos de los gatos hidráulicos, no se realiza la debida compactación de los desechos, lo que trae como consecuencia, unidades diseñadas para transportar doce toneladas, alcancen una capacidad menor a la requerida. Esto produce pérdidas para el Consorcio tanto de tiempo como de dinero y están sujetos a castigos económicos.

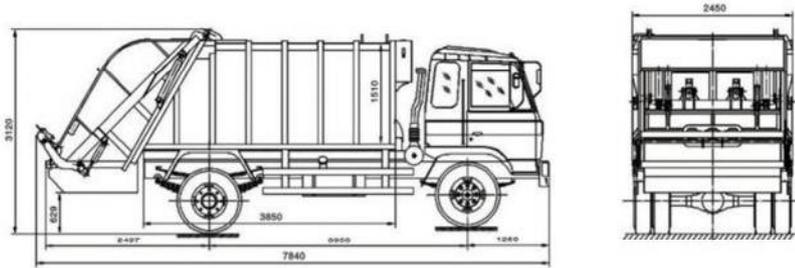
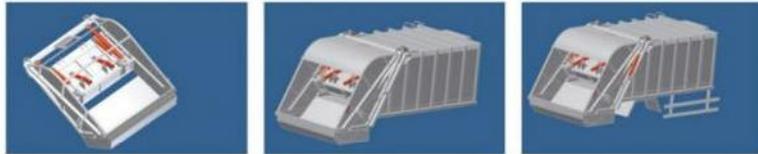


Figura.1 Gráfico que muestra los cilindros oleo hidráulicos en la tolva de un camión recolector de basura.



Figura. 2 Fotografía de una tolva, deslizador y cuchilla de un camión recolector de basura.



Figura.3 Recolector desalojando basura compactada.

1.3 Definición del problema.

Las unidades recolectoras del Consorcio Vachagnon cuentan con tres tipos de cilindros oleohidráulicos que son: cilindros de doble efecto, cilindros de simple efecto y cilindros telescópicos. Cabe mencionar que a las tres mil horas de trabajo se debe proceder al mantenimiento y/o reparación de los cilindros oleohidráulicos. Las unidades del Consorcio Vachagnon cumplen este intervalo de tiempo aproximadamente al año de labores.

Teniendo presente las reparaciones programadas se debe considerar los daños imprevistos de los sistemas oleohidráulicos de las unidades.

Se buscó una respuesta para reducir el tiempo de permanencia de los recolectores en el área de taller, debido a fallas oleohidráulicas. **Se requiere diseño de una central de potencia para pruebas oleohidráulicas, para minimizar la estadía de los camiones recolectores en el área de taller, sea por reparaciones o por mantenimientos programados**

Se puede decir que el medio en que se desenvuelven es muy nocivo y la falta de cultura en la disposición de los desechos sólidos ocasiona desperfectos, los cuales en ciertos casos pasan a ser daños mayores. Entendiéndose como daño mayor que la unidad recolectora permanezca más de tres días dentro del campamento en reparación.

El hecho de no poder efectuar las reparaciones a tiempo conlleva retrasos en la recolección y penalizaciones económicas.

CAPÍTULO 2

2. DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO

2.1 Parámetros a considerar para la elección de la bomba hidráulica

Para determinar la bomba hidráulica necesaria para la central de potencia se deben considerar varios parámetros que enunciamos a continuación:

- Tamaño de los cilindros hidráulicos a reparar.
- Ciclo de compactación.
- Velocidad del sistema.
- Presión de trabajo.
- Viscosidad del aceite hidráulico.

2.2 Requerimiento de los cilindros hidráulicos.

Los cilindros hidráulicos transforman la energía hidráulica disponible en energía mecánica lineal, es decir, energía que provoca movimiento a lo largo de una línea recta la cual se aplica a un objeto móvil que opone resistencia, para realizar trabajo.

Un cilindro hidráulico consiste básicamente de un cuerpo cilíndrico, cerrado por los extremos, un pistón móvil y un vástago unido al pistón.

Posee dos orificios en cada extremo que permiten la entrada y salida del fluido,

Después de esta breve descripción y siendo necesario determinar las dimensiones del cilindro hidráulico de mayor volumen para realizar el cálculo de la bomba de la central de potencia y así poder determinar el volumen total V y el caudal necesario Q_s tenemos:



Figura.4 Foto de los cilindros Hidráulicos utilizados para nuestro cálculo

Para determinar el volumen final del cilindro (con el vástago extendido) utilizamos la ecuación. (1)

$$V_{\text{final}} = A_g * L \quad [1] \quad (1)$$

$$= \frac{\pi d_g^2 L}{4}$$

$$= \frac{(7)^2 * (80)}{4}$$

$$V_{\text{final}} = 3078.76 \text{ in}^3$$

Calculo del V_{inicial} mediante la ecuación. (2)

$$V_{\text{inicial}} = \frac{(\pi d_p^2 - \pi d_g^2) * L}{4} \quad [1] \quad (2)$$

$$= ((7)^2 - (2.5)^2) * (80) / 4$$

$$V_{\text{inicial}} = 2686.06 \text{ in}^3$$

El Volumen total por medio de la ecuación. (3)

$$V_t = V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}} \quad [1] \quad (3)$$

$$V_t = 392.69 \text{ in}^3$$

El Caudal necesario para la operación del cilindro hidráulico a través de la ecuación. (4)

El t es el tiempo que toma la extensión y retorno del vástago del cilindro.

$$Q_{\text{necesario}} = V / t \quad [1] \quad (4)$$

$$= 392.69 \text{ in}^3 / 12 \text{ s}$$

$$= 32.72 \text{ in}^3 / \text{s}$$

$$= 32.72 \text{ in}^3 / \text{s} * 1 \text{ gal} / 231 \text{ in}^3 * 60 \text{ s} / 1 \text{ min}$$

$$Q_{\text{necesario}} = 8.49 \text{ gpm}$$

2.3 Selección de bomba hidráulica

En un sistema hidráulico, la bomba convierte la energía mecánica de rotación en energía hidráulica (potencia hidráulica) impulsando fluido al sistema.

Todas las bombas funcionan según el mismo principio, generando un volumen creciente en la succión y un volumen decreciente en el lado de presión.

Las bombas de desplazamiento positivo son las más utilizadas en los sistemas hidráulicos industriales. Estas bombas son fiables, tienen un rendimiento elevado y son de fácil mantenimiento. Generalmente, se requiere una velocidad mínima de 600 rpm y cubren caudales medianos con presiones de funcionamiento hasta 3000 psi.

La presión de trabajo del sistema hidráulico de los recolectores es 2000 psi la velocidad del motor eléctrico más común es 1800 rpm Por esta razón consideramos una bomba de paletas para nuestra central de potencia ya que cumple con los rangos de operación.

Cálculo por medio del manual el volumen de desplazamiento mediante la ecuación. (5)

$$\begin{aligned}
 V_p &= 231 Q_{\text{necesario}} / N \quad [2] \quad (5) \\
 &= 231 (8.49) / 1800 \\
 &= 1.089 \text{ in}^3 / \text{rev}
 \end{aligned}$$

Tabla 1: Parámetros de operación típicos (115 SUS)

Series	Volumetric Displacem. Vp	Speed n (RPM)	Flow Q (GPM)		Input power P (Hp)	
			P = 0 PSI	P= 2000 PSI	P = 100 PSI	P= 2000 PSI
T6C-003	0.66 In ³ /rev	1200	3.42	1.83	1.61	5.80
		1800	5.14	3.55	2.09	8.53
T6C-005	1.05 In ³ /rev	1200	5.45	3.86	1.76	8.21
		1800	8.18	6.59	2.26	12.07
T6C-006	1.30 In ³ /rev	1200	6.76	5.17	1.76	9.66
		1800	10.12	8.56	2.41	14.32
T6C-008	1.61 In ³ /rev	1200	8.36	6.78	1.93	11.58
		1800	12.55	10.97	2.57	17.22
T6C-010	2.08 In ³ /rev	1200	10.81	9.23	2.09	14.32
		1800	16.20	14.65	2.74	21.56
T6C-012	2.26 In ³ /rev	1200	11.76	10.18	2.09	15.44
		1800	17.63	16.04	2.74	23.17

Por medio de la tabla. 1 se selecciona el V_p próximo mayor (T6C-006)

$$V_p = 1.30 \text{ in}^3 / \text{rev}$$

Para el Caudal teórico tenemos la ecuación. (6)

$$Q_{th} = V_p * N / 231 \quad [2] \quad (6)$$

$$= 1.30 * 1800 / 231$$

$$Q_{th} = 10.12 \text{ gpm}$$

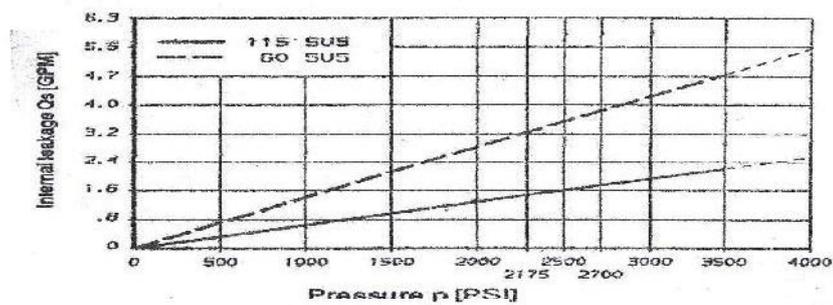


Figura. 5 Caudal de Fuga (Q_s) vs presión (p)

Ingresamos a la fig. 5 con la presión de 2000 psi y en la línea de 115 SUS y obtenemos el caudal de fuga.

$$Q_s = 1.28 \text{ gpm}$$

El caudal disponible de la ecuación (7)

$$Q = Q_{th} - Q_s \quad [2] \quad (7)$$

$$Q = 10.12 - 1.28$$

$$Q = 8.84 \text{ gpm}$$

Este es el caudal que nos permite determinar la bomba hidráulica a utilizar en la central de potencia.



Figura. 6 Bomba hidráulica de paletas modelo T6C-006.

Se va a utilizar aceite hidráulico ISO 68 porque es el aceite que utiliza toda la flota del Consorcio Vachagnon. Mostramos sus propiedades en la tabla. 2

Tabla 2: Propiedades del aceite hidráulico

GRADO ISO	68
Viscosidad cinemática (cts) a 40 grados C	68
Viscosidad cinemática (cts) a 100 grados C	8.8
Indice de viscosidad	102
Punto de inflamación en grados C	252
Punto de fluidez en grados C	-30
Gravedad específica (kg/l) a 15 grados C	0.883

La Potencia teórica P_{th} la ecuación. (8)

$$\begin{aligned}
 P_{th} &= Q_{th} * P / 1714 \quad [2] \quad (8) \\
 &= 10.12 * 2000 / 1714 \\
 P_{th} &= 11.80 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

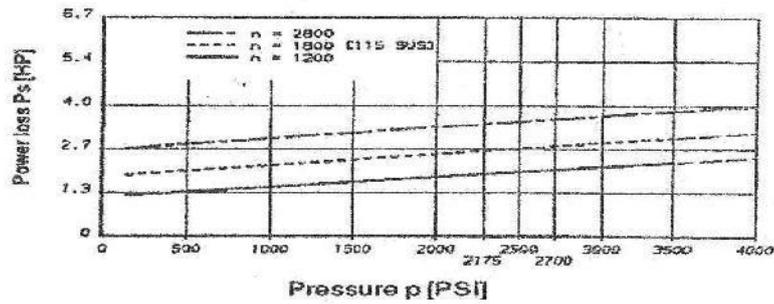


Figura. 7 Perdida de Potencia (P_s) vs presión (p)

Para determinar la perdida de potencia nos dirigimos a la fig. 7 a la presión de 2000 psi, a 115 SUS a 1800 rpm y determinamos el valor de P_s

$$P_s = 2.6 \text{ Hp}$$

La Potencia necesaria P la calculamos mediante la ecuación. (9)

$$P = P_{th} + P_s \quad [2] \quad (9)$$

$$= 10.80 + 2.6$$

$$P = 14.4 \text{ Hp}$$

Esta es la potencia mínima que debe tener el motor eléctrico para ser usado en la central de potencia. Debido a esto se escogió un motor de 15 Hp que cumple nuestros requerimientos.



Figura. 8 Motor eléctrico de 15 Hp trifásico de 220V

2.4 Cálculo del espesor de las paredes de la central

Podemos representar a la placa superior del reservorio como una viga simplemente apoyada. El peso de la bomba hidráulica y el motor eléctrico los representamos como cargas distribuidas a lo largo de la viga.

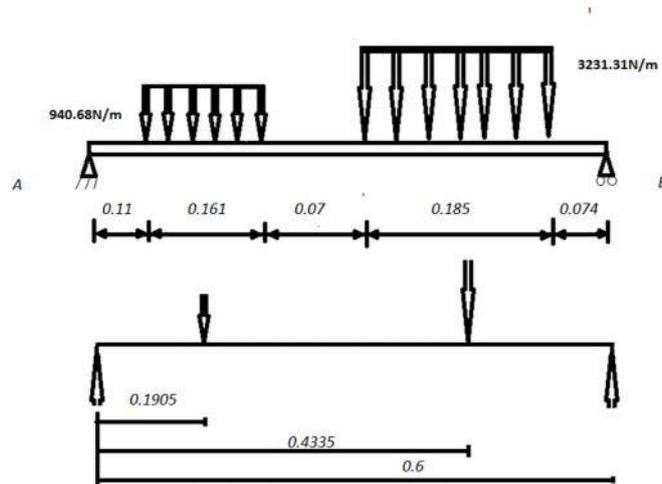


Figura. 9 Diagrama de fuerzas en la tapa superior del reservorio

Para calcular las reacciones realizamos la sumatoria de fuerzas en y $\sum F_y$ para determinar la R_A mediante la ecuación. (10)

$$\sum F_y = 0 \quad [3] \quad (10)$$

$$R_A + R_B - W_B - W_M = 0$$

$$R_A = -R_B + W_B + W_M$$

$$= -479.98 + 151.41 + 597.80$$

$$R_A = 269.23 \text{ N}$$

Para obtener la R_B realizamos la sumatoria de momentos alrededor del punto A. M_A por medio de la ecuación. (11)

$$\sum M_A = 0 \quad [3] \quad (11)$$

$$0 = -R_B(0.6) + W_B(0.1905) + W_M(0.433)$$

$$R_B = [W_B(0.1905) + W_M(0.4335)] / (0.6)$$

$$R_B = 479.98 \text{ N}$$

Realizamos los diagramas de esfuerzo cortante y momento

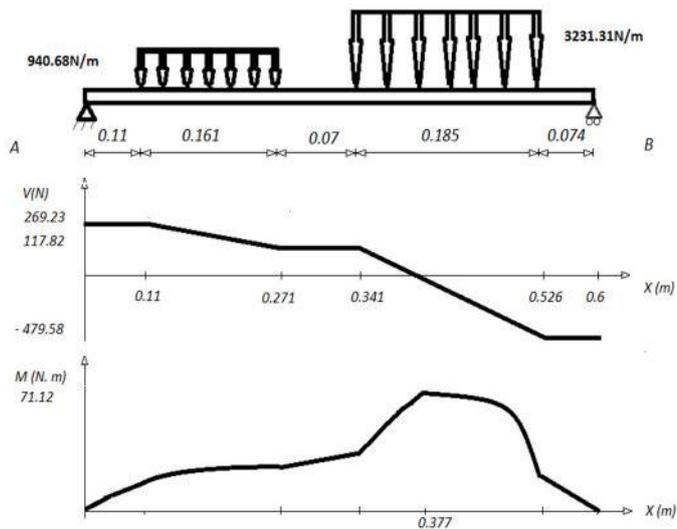


Figura.10 Diagrama de Fuerza cortante (V) y momento flector (M) en la tapa superior del reservorio.

Cálculo la distancia del M_{max} a través de la ecuación. (12)

$$V_2 - V_1 = \int_{x_1}^{x_2} P \cdot dx \quad [3] \quad (12)$$

$$V(x) - V_1(0.34) = -W_M * x$$

$$0 - 117.82 = -3231.35 * x$$

$$x = 0.036$$

$$X_T = x + 0.341$$

$$X_T = 0.377 \text{ m}$$

Siendo X_T la distancia donde ocurre el momento máximo

Mediante el gráfico determinamos los momentos presentes en la placa. Se obtienen mediante el área bajo la curva del gráfico del cortante

$$M_1 = 269.23 * 0.11$$

$$M_1 = 29.61 \text{ N*m}$$

$$M_2 = M_1 + (151.41) * (0.08) + (117.82 * 0.16)$$

$$M_2 = 60.76 \text{ N*m}$$

$$M_3 = M_2 + (117.82 * 0.07)$$

$$M_3 = 69 \text{ N. m}$$

$$M_4 = M_3 + [117.82 * (0.377 - 0.341) / 2]$$

$$M_4 = 71.12 \text{ N*m}$$

$$M_5 = M_4 + [(-479.53) * (0.526 - 0.377) / 2]$$

$$M_5 = 35.4 \text{ N*m}$$

$$M_6 = M_5 + [(-479.53) * (0.6 - 0.526)]$$

$$M_6 = 0$$

Se determinó que el momento máximo ocurre a $X_T = 0,377$ m y tiene un valor de 71,12 N.m

Ahora se calcula el esfuerzo de flexión que actúa sobre la plancha para determinar el espesor.

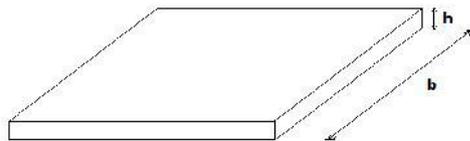


Figura. 11 Dimensiones de la plancha de acero para la tapa superior del reservorio.

El esfuerzo de fluencia del Acero A – 36 lo encontramos en la tabla. 3

$$S_y = 250 \text{ MPa (36 Ksi)}$$

$$M_{\max} = 71.12 \text{ N. m}$$

$$b = 0.6 \text{ m}$$

$$h = e_1$$

Para determinar el esfuerzo de flexión utilizamos la ecuación. (13)

$$f = M * c / I \quad [3] \quad (13)$$

$$I = b * h^3 / 12 \quad [3] \quad (14)$$

$$c = h / 2 \quad [3] \quad (15)$$

Reemplazamos la ecuación. (14) y (15) en (13) y tenemos

$$f = M_{\max} * [(h/2) / (b * h^3 / 12)]$$

$$f = 6 * M_{\max} / b * h^2$$

$$f = 6 * (71.12) / (0.6 * h^2)$$

$$f = 711.2 / h^2 \quad (16)$$

Tabla 3: Propiedades mecánicas del Acero A-36

Limite de Fluencia		Resistencia a la tracción			
Mpa	Psi	Psi		Mpa	
		Min	Max	Min	Max
250	36000	58000	80000	400	550

Se utilizó un factor de diseño $n = 2$ para poder determinar el espesor de la plancha superior del reservorio.

$$n = \text{Resistencia} / \text{Esfuerzo}$$

$$n = S_y / f \quad [3] \quad (17)$$

$$f = S_y / n$$

Mediante el uso de la ecuación. (16) y (17) logramos tener un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas.

$$711.2 / e_1 = S_y / n$$

$$e_1 = [(711.2 * n) / S_y]^{1/2}$$

$$e_1 = [(711.2 * 2) / 250 * 10^6]^{1/2}$$

$$e_1 = 2.38 * 10^{-3} \text{ m}$$

Obtenemos un valor de 2.38 mm de espesor de pared teórico para la central de potencia.

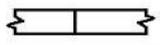
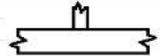
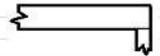
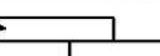
Como no existe esa dimensión utilizamos una plancha de 3 mm que es una medida comercial.

2.5 Requerimientos de soldadura del reservorio

Para la fabricación del reservorio de la central de potencia escogemos de material el acero A-36, que es un acero estructural que se encuentra bajo la norma ASTM.

Mediante la tabla. 4 obtenemos el tipo de junta a soldar y la clase de soldadura a utilizar.

Tabla 4: Tipos de juntas

Nombre	Grafico	Simbolo
Bult		B
Tee		T
Corner		C
Lap		L

Para nuestro diseño escogimos la junta de esquina y la soldadura de filete. [5]

Con el material elegido y el espesor correspondiente vamos a la TABLA. 5 y obtenemos: un paso de soldadura, el electrodo 6013 y el tamaño 3/16 in .La posición a soldar es vertical descendente para las paredes laterales.[5]

Tabla 5: Juntas de esquina para soldar horizontal

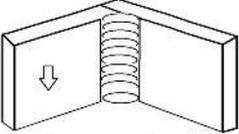
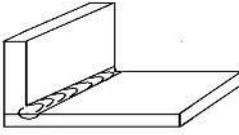
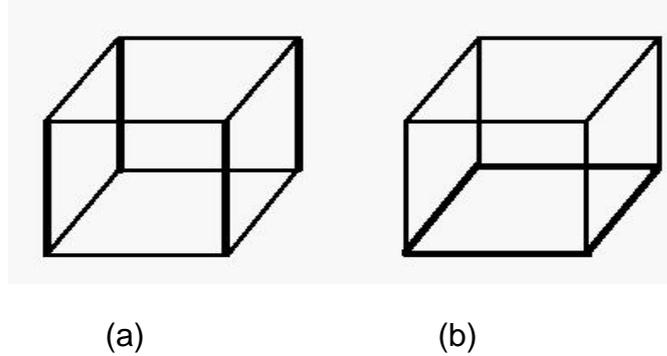
Position: Vertical down Weld Quality level: Comercial Steel Weldability: Good						
Plate Thickness (in)	0.048(18 ga)	0.060(16 ga)	0.075(14 ga)	0.105(12 ga)	0.135(10ga)	
Pass	1	1	1	1	1	
Electrode Class	E6013	E6013	E6013	E6013	E6013	
Size	(3/32)	(1/8)	(5/32)	(5/32)	(3/16)	
Current(amp) DC (+)	75	115	165	170	225	
Arc Speed (in/min)	16-20	17-21	19-23	18-22	16-20	
Electrode Req'd(lb/ft)	0,0418	0,0463	0,0583	0,0636	0,0916	
Total time (hr/ft of weld)	0,0111	0,0105	0,00953	0,01	0,0111	

Tabla 6: Juntas de esquina para soldar vertical descendente

Position: Flat and horizontal Weld Quality level: Comercial Steel Weldability: Good						
Plate Thickness (in)	0,048	0,060	0,075	0,105	0,135	
Pass	1	1	1	1	1	
Electrode Class	E6013	E6013	E6013	E6013	E6013	
Size	(3/32)	(1/8)	(5/32)	(5/32)	(3/16)	
Current(amp) DC (+)	70	105	155	160	210	
Arc Speed (in/min)	14-18	14-18	15-19	14-18	14-18	
Electrode Req'd(lb/ft)	0,0413	0,0495	0,067	0,0742	0,0926	
Total time (hr/ft of weld)	0,0125	0,0125	0,0118	0,0125	0,0125	

Para poder determinar el número de electrodos necesarios para soldar las juntas tenemos:



**Figura. 12 Longitudes a soldar de la central de potencia
(a) paredes laterales, (b) Base**

Para determinar la longitud a soldar de las paredes laterales tenemos:

$$\begin{aligned}L_{SL} &= L_1 * 4 \\L_{SL} &= 0,6 \text{ m} * 4 \\&= 2,4 \text{ m} \\&= 2,4 \text{ m} * (3,28 \text{ ft}/1\text{m}) \\L_{SL} &= 7,872 \text{ ft}\end{aligned}$$

Teniendo la longitud a soldar y por medio del factor de conversión que se presenta en la tabla. 5 determinamos el peso de la soldadura a utilizar

$$W_{SL} = 0,0926 \text{ lb/ft} * 7.872 \text{ ft}$$

$$W_{SL} = 0,7289 \text{ lb de electrodos}$$

Por medio de la tabla 6 obtenemos todos los datos para calcular el peso de soldadura necesario para la base de la central de potencia. Lo que cambia es la posición de soldar que es horizontal y el factor de requerimiento de soldadura de lb/ft [5]

$$W_{Sp} = 0,7210 \text{ lb de electrodos}$$

$$W_{ST} = W_{SL} + W_{SP}$$

$$W_{ST} = 0,7210 + 0,7289$$

$$W_{ST} = 1,449 \text{ lb de electrodos}$$

$$2,2 \text{ lb} \quad 33 \text{ electrodos}$$

$$1,449 \text{ lb} \quad X_E$$

$$X_E = 21,73 \text{ electrodos (por seguridad tomamos 30\% adicional).}$$

2.6 Diseño específico de la central de potencia.

En el Anexo A se presentan los gráficos y el despiece de la central de potencia que incluye todas las piezas que la conforma.



Figura. 13 Central de potencia hidráulica

CAPÍTULO 3

3. ESTIMACIÓN DE COSTOS

3.1 Costo de materiales, accesorios y equipos.

El costo de un producto terminado es uno de los aspectos más importantes, puesto que las maquinas construidas en nuestro país tienen que competir con las maquinas importadas, a un precio similar entre las mismas con la dificultad de conseguir repuestos, lo que significara el abandono del producto nacional por uno importado.

Cabe resaltar que la mayoría de partes constitutivas del sistema, tales como el motor eléctrico, bomba hidráulica, válvula direccional y demás accesorios fueron cotizados en distintas casas comerciales importantes de la localidad lo que garantiza la existencia de repuesto en nuestro medio.

La conformación de la estructura, montaje y alineamiento entre la bomba y el motor pueden ser realizados, utilizando para ello mano de obra nacional.

El sistema diseñado tiene un costo estimado de \$ 4,200 dólares lo que representa un ahorro para cualquier empresa y al mismo tiempo crear fuentes de trabajo para el país.

A continuación se presenta en la tabla 7 el costo de cada una de las partes del sistema, para determinar el precio total que costaría en el mercado.

Tabla 7: Costo de materiales, accesorios y equipos

Item.	Cant.	DESCRIPCION	Precio Unid.	Precio Total
1	1	Filtro de succión de 1 1 / 2 " para 20 gpm	17	17
2	1	Bomba de 10 gpm a 1800 Rpm	371	370.95
3	1	Flange para bomba	85	85
4	1	Matrimonio motor - bomba	95.15	95.15
5	1	Manómetro de 0 a 3000 psi	18.58	18.58
6	1	Motor eléctrico de 15 Hp a 1800 Rpm a 220 v	981.6	981.56
7	1	Filtro de aire	10	10
8	1	Control de nivel y temperatura	11.07	11.07
9	1	Válvula Relief de 0 a 3000 psi	86	86
10	1	Subplaca	49.97	49.97
11	1	Electrovalvula direccional de 110 v	219.5	219.46
12	1	Set de acoples y mangueras	200	200
13	1	Sistema eléctrico (contactores- pulsadores - micros).	284	284
14	2	Plancha negra de 3 mm por 1220 * 2440	60.98	121.96
15	2	Pintura cromato de zinc (1 litro)	8.16	16.32
16	2	Pintura negro esmalte mate (1 litro)	8.16	16.32
17	2	Diluyente laca (1 litro)	3	6
18	28	Soldadura 6013 Φ 3 / 16 (33E / 1 Kg)	2.65	74.2
20	4	Ruedas 4PR 1 1 / 2	14.52	58.08
21	30	Pernos completos 7 / 16 x 1 1 / 2 H.G	0.15	4.5
22	42	Aceite hidráulico gal.	9	378
				3,104.1

3.1.2 Costo de mano de obra.

El Consorcio Vachagnon tiene un Taller de Metalmecánica e Hidráulica, el cual abarca toda la parte estructural e hidráulica de la unidad recolectora, estando en ella agrupadas:

- Hidráulica
- Soldadura
- Pintura
- Enderezado
- Rotulación
- Torno

En todas las funciones enunciadas anteriormente se cuenta con personal capacitado e idóneo para poder efectuar lo diversos trabajos a ellos asignados.

Mediante la elaboración del cronograma de trabajo, se determina el costo de la mano de obra necesario para poder fabricar la central de potencia, con los respectivos obreros y el tiempo requerido para la Compra – Fabricación – Montaje y puesta a punto de la misma.

El cálculo del costo de mano de obra se encuentra detallado en la tabla 8

Tabla 8: Costo de mano de obra

Personal	Sueldo	Décimo 14 avo	Total	IESS	Total Día \$	Días Trabajados	Mano de Obra \$
Pintor	16.18	1.348	17.53	3.35	20.88	2	477.599
Soldador	22.73	1.348	24.08	4.705	28.78	4	115.121
Hidráulico	25	1.348	26.35	5.175	31.52	4	126.094
Eléctrico	16.18	1.348	17.53	3.35	20.88	2	41.759
Asistente de compras	31.82	1.348	33.17	6.586	39.75	4	159.012
Supervisor	45.45	1.348	46.8	9.409	56.21	10	562.121
						Total	\$1,045.87

3.1.3 Costo Total

Para determinar el costo total de la central de potencia para pruebas oleohidráulicas, debemos considerar los costos de mano de obra y los costos de materiales, accesorios y equipos.

En la tabla 7 presentamos los valores de los materiales, accesorios y equipos. Mientras que en la tabla 8 encontramos los valores a cancelar a todos los involucrados en este proyecto, teniendo en cuenta que el valor nos da una idea de lo que costaría fabricar la central de potencia.

Mediante la suma de estos dos costos obtenemos el costo total del sistema que lo presentamos en la tabla 9

Tabla 9: Costo total del equipo

ITEM	DESCRIPCION	PRECIO \$
1	Materiales, accesorios y equipos	3,104
2	Mano de obra	1,045.86
		\$4,149.86

3.2 Estimación del tiempo de retorno de la inversión.

El retorno de la inversión, que es de \$ 4,200 dólares, se obtuvo a los nueve meses de uso de la central de potencia.

Para calcular el tiempo de retorno de la inversión se consideró lo siguiente:

Se tiene una flota de 40 camiones recolectores carga trasera que poseen cuatro cilindros de doble efecto y dos de simple efecto cada uno. De estos 4 cilindros trabajan un promedio de 4 horas por turno (ocho horas diarias), lo que involucra cerca de 3000 horas al año, que es el tiempo recomendado por el fabricante para proceder al cambio de sellos, rines y/o fajas.

Además se cuenta con 8 unidades *roll on –off* que poseen cuatro gatos de doble efecto. Estos cilindros estarían cumpliendo sus horas de trabajo cerca de los dos años.

Se presentó un programa de mantenimiento para efectuar las reparaciones de los sistemas oleohidráulicos y solo tomado como base este plan, se obtuvo que en 9 meses de funcionamiento de la central de potencia se estuviera amortizando el total invertido. Esto se presentó por medio de la tabla 10, en donde se muestra la amortización mensual y por medio de la tabla 10 - A. el valor amortizado.

Tabla 10: Programa de mantenimiento

	Cantidad Semanal	Cantidad Mensual	Costo Unitario	Costo Total
Reparación cilindros hidráulicos	4	16	20	320
Revisión banco de válvula de la caja recolectora	1	4	10	40
Revisión banco de válvula de la tolva	1	4	10	40
Revisión del winche	1	4	10	40
Limpieza del reservorio	1	4	10	40
TOTAL MES				\$ 480

Tabla 10 – A: Retorno de inversión.

Tiempo	Costo/mes	PRECIO
mes	\$/mes	\$
9	480	4,320

3.3 Cronograma de la construcción

El cronograma de la construcción se elabora en base a los días que trabajaran los diferentes empleados inmersos en el proyecto, a medida de que se ejecutara el avance en la fabricación de la central de potencia.

Se detalla en la tabla 11, tabla 12 y tabla 13, en las cuales se describen los trabajos a realizar y el tiempo empleado.

Tabla 11: Cronograma de la construcción compra

COMPRA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4
Un filtro de succión de 1 1/2 para 20 gpm	■			
Una bomba T6C - 006 a 1800 RPM	■			
Un flange para bomba	■			
Un matrimonio motor - bomba	■			
Un manómetro de 0 - 3000 psi	■			
Un motor eléctrico de 15 HP a 1800 RPM y a 220 V		■		
Un filtro de aire		■		
Un control de nivel y temperatura	■			
Una válvula relief de 0 - 3000 psi			■	
Una válvula direccional.			■	
Un set de acoples y mangueras			■	
Un sistema eléctrico (Contactores - pulsadores - micros)		■		
Dos planchas ASTM A36				■
Pintura cromato de zinc 1.5 litros				■
Pintura negro esmalte mate 1.5 litros				■
Diluyente laca 4 litros				■
Veinti ocho electrodos 6013 diámetro 3/16 (33E/1 kg)				■
Cuatro ruedas 4PR 1 1/2			■	

Tabla 12: Cronograma de la construcción fabricación

FABRICACION	DIA 5	DIA 6	DIA 7	DIA 8	DIA 9	DIA 10	DIA 11
Cortar tapas laterales del reservorio	■						
Cortar tapas superior e inferior del reservorio	■						
Pulir tapas	■						
Biselar tapas	■						
Fabricar tapas de limpieza	■						
Fabricar placa desviadora	■						
Puntear estructura		■					
Soldar estructura		■					
Colocar tapón de drenaje					■		
Realizar orificio para la entrada de succión			■				
Realizar orificio para medidor de nivel			■				
Colocar medidor de nivel					■		
Realizar orificio para tapa de cadena del reservorio			■				
Colocar ángulos en la parte superior del de las paredes			■				
Soldar ángulos en las parte superior de las paredes laterales			■				
Soldar tuercas en angulos para asegurar tapa superior.			■				
Empernar tapas de limpieza					■		
Colocar y soldar placa desviadora		■					
Ubicar tablero de control.					■		
Pintar con anticorrosivo interna y externamente.				■			
Pintar con esmalte negro interna y externamente.				■			
Soldar estructura de la base móvil.						■	
Colocar bases para las ruedas						■	
Pintar con anticorrosivo interna y externamente							■
Pintar con esmalte negro interna y externamente							■
Colocar dos llantas giratorias						■	
Colocar dos llantas fijas.						■	

Tabla 13: Cronograma de la construcción montaje

MONTAJE	DIA 12	DIA 13	DIA 14
Ubicar filtro de succión	■		
Llenar con 42 galones de aceite hidráulico	■		
colocar pernos de la tapa superior	■		
Ubicar motor - bomba hidráulica		■	
Alinear el sistema		■	
Realizar conexiones eléctricas			■
colocar válvula direccional			■
Colocar manómetro			■
Fabricar y acoplar sistema de mangueras y tuberías			

3.4 Evaluación de los tiempos de reparación antes y después de la puesta en funcionamiento de la central de potencia

Las reparaciones se efectuaban en el área de mantenimiento del consorcio y los cilindros hidráulicos eran montados en las unidades para verificar su normal funcionamiento. En ciertos casos dicha reparación no era satisfactoria y se tenía que proceder a desmontar el cilindro para ajustar o corregir la falla.

Con la entrada de la central de potencia al área de mantenimiento se pudo optimizar el tiempo de reparación, ya que, mediante su uso se realizaba el montaje de los cilindros probados.

En la tabla 15 se muestra el tiempo destinado para la reparación. Además podemos mostrar que se mejoró el tiempo del proceso en un 33 %.

Tabla 14: Evaluación de las reparaciones

Cilindros a reparar	Tiempo de reparacion con central (Horas)	Tiempo de reparacion sin central (Horas)	Taller externo Horas
1	12	18	53.5

Tabla 15: Estimación del tiempo de reparación

Trabajo	Con central de potencia horas	Sin central de potencia horas	% de mejora del tiempo de reparacion
Desmontaje	1,5	1,5	
Arreglo	9,5	9,5	
Montaje	1	1	
Desmontaje 2		1	
Arreglo 2		4	
Montaje 2		1	
Total	12	18	33,3

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El principal factor de diseño en un sistema hidráulico es la presión de trabajo, ya que, partiendo de esta se selecciona todos los componentes.
- Verificado los equipos oleohidráulicos mediante la central de potencia antes de su instalación en las unidades recolectoras, se minimizo el tiempo de reparación y montaje en los recolectores, se mejoró el tiempo de las reparaciones de los equipos oleohidráulicos en un 33%, valor que estaba dentro de lo requerido por la administración del Consorcio Vachagnon.
- Optimizado el tiempo de reparación, la planificación de las paradas de las unidades mejoró considerablemente, y esto influyo en una reducción de los costos operativos del consorcio.
- Diseñada y construida la central de potencia se la utilizo para realizar las reparaciones y verificaciones de los sistemas hidráulicos con el soporte de los mecánicos del Consorcio Vachagnon. Los trabajos que eran tercerizados se los realizo internamente.
- Con la utilización de la central de potencia para reparar determinados daños en el camión recolector de basura, se

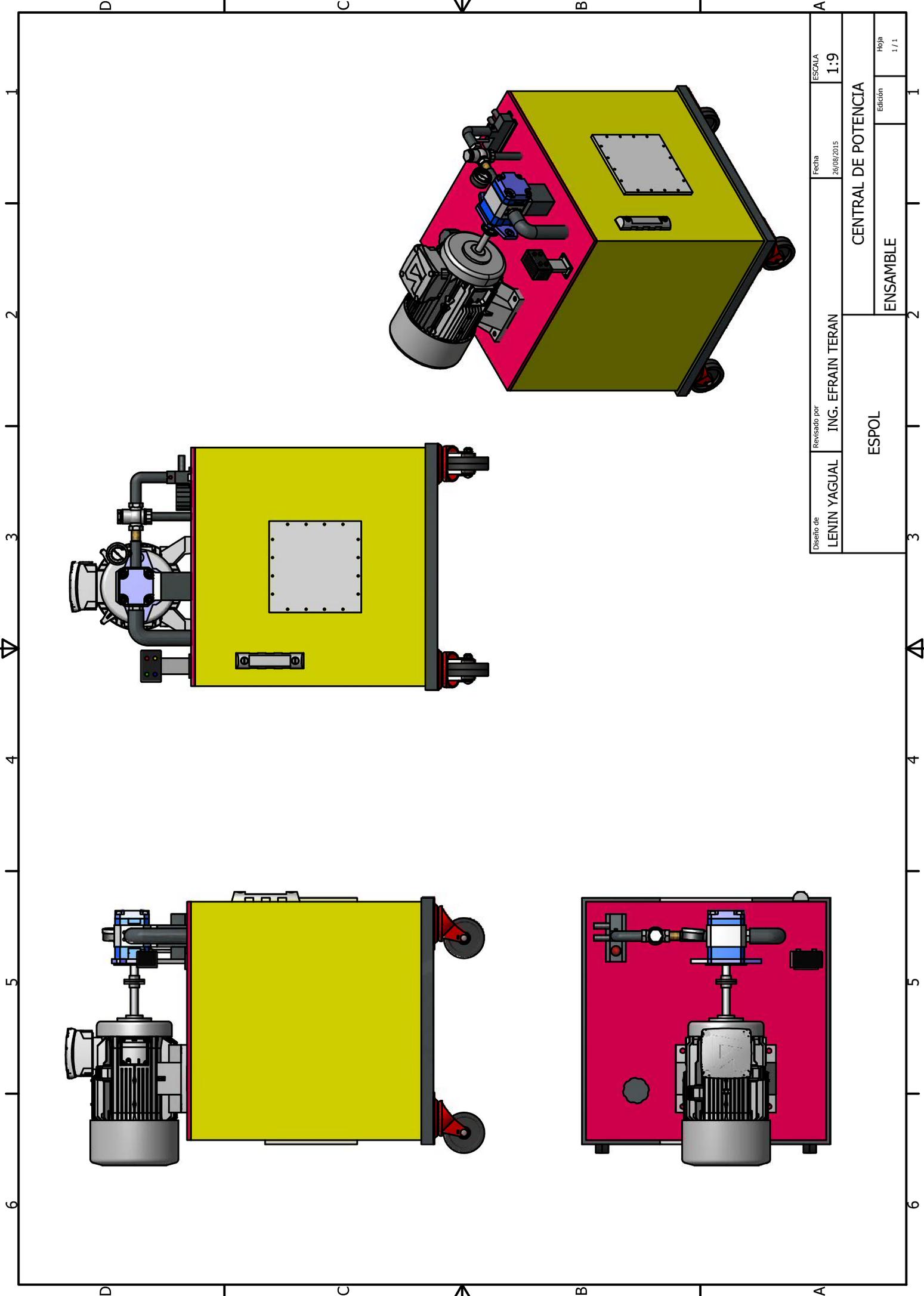
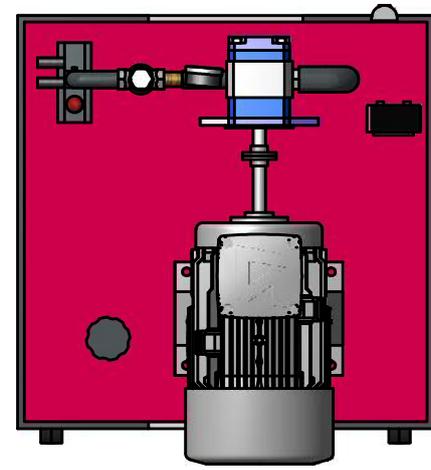
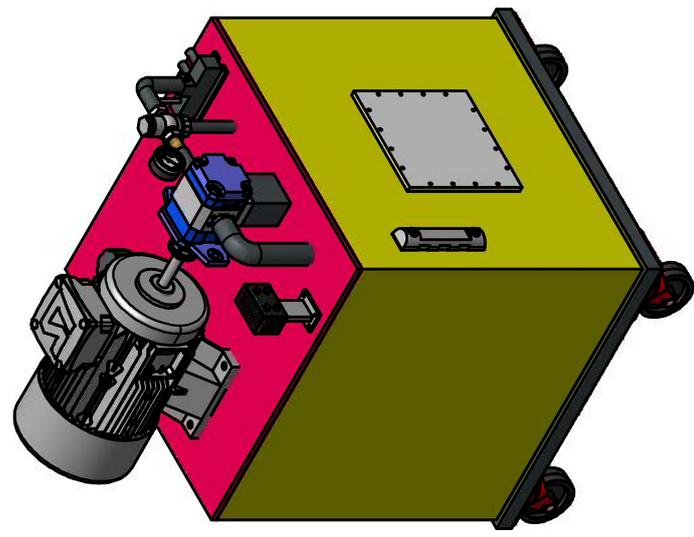
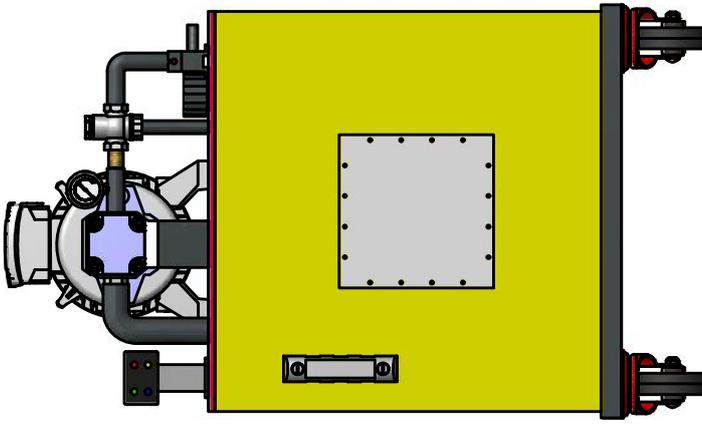
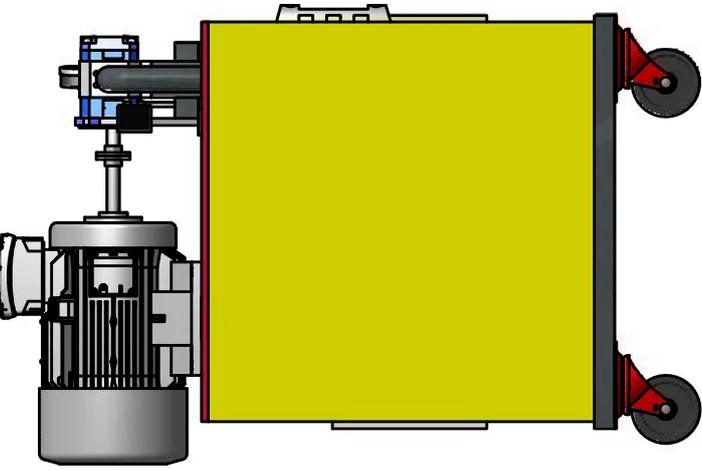
pudo prescindir del uso de la parte mecánica del mismo, para las pruebas y verificaciones requeridas.

- Las empresas del Ecuador deberían fomentar el diseño y construcción de equipos para suplir sus necesidades, la central de potencia para pruebas oleohidráulicas mediante unos mecanismos adicionales puede ser usada como compactadora.
- La central de potencia al ser desmontable y transportable puede ser usada fuera de las instalaciones del Consorcio Vachagnon.

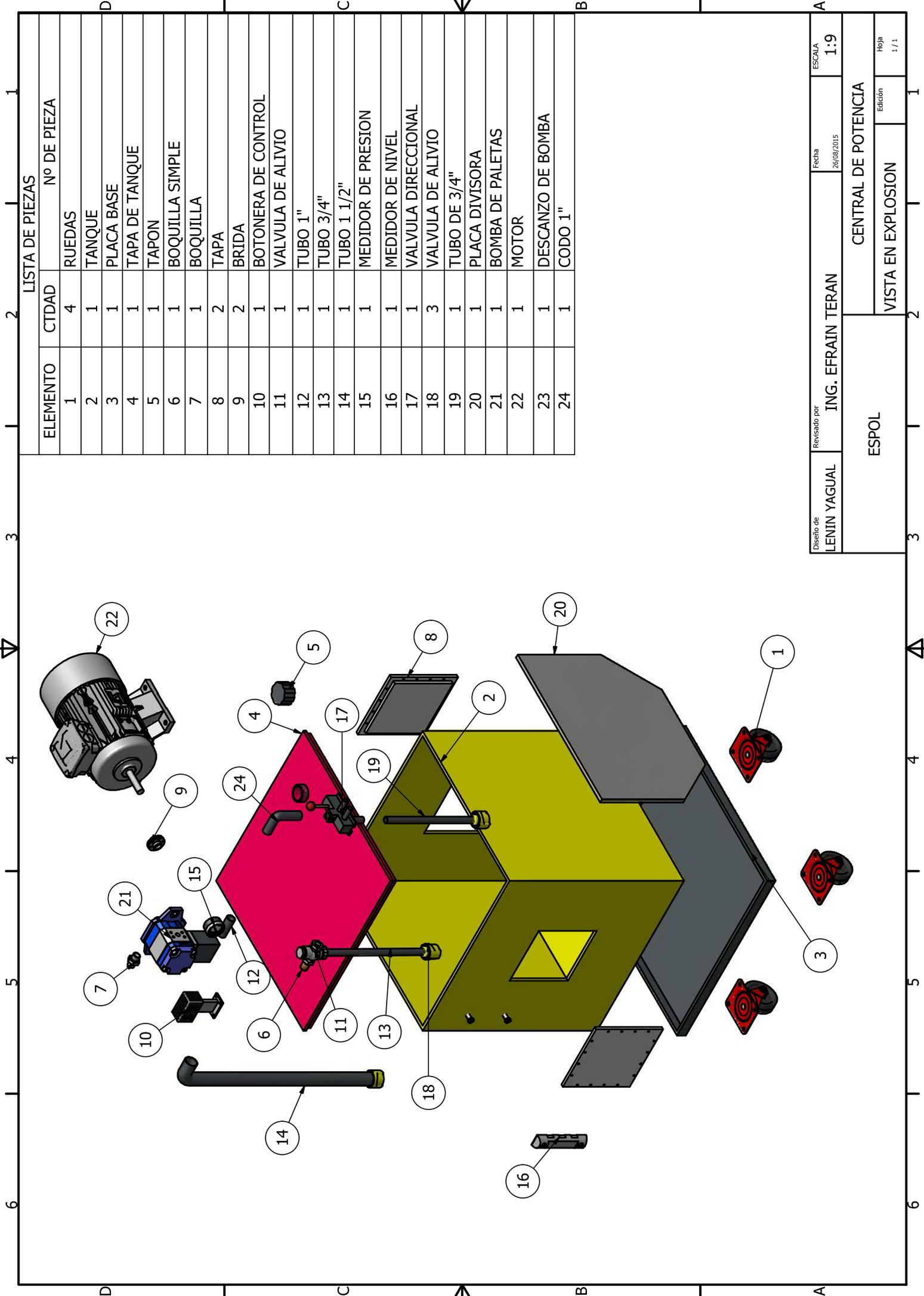
BIBLIOGRAFÍA

- [1]. VILLARONGA M, Manual de Oleo hidráulica Industrial, 5^{ta} Edición, España, Editorial *Vickers Training Center*”, 1993.
- [2]. WILLIAMSON H, Deninson Hydraulics catalog, sp-am440, “*Mary Sville Ohio*”, 1994.
- [3]. SHIGLEY J, Diseño en Ingeniería Mecánica, 5^{ta} Edición, México, “*MC GRAW-HILL*”, 1991.
- [4]. HANNIFIN P, Tecnología Oleo hidráulica Industrial, Boletín 0232-b9, “Cleveland Ohio, 1996.
- [5]. SABO R, “The Procedure Handbook of Arc Welding”, 13^{ava} edicion, Cleveland Ohio, 1994.

ANEXOS



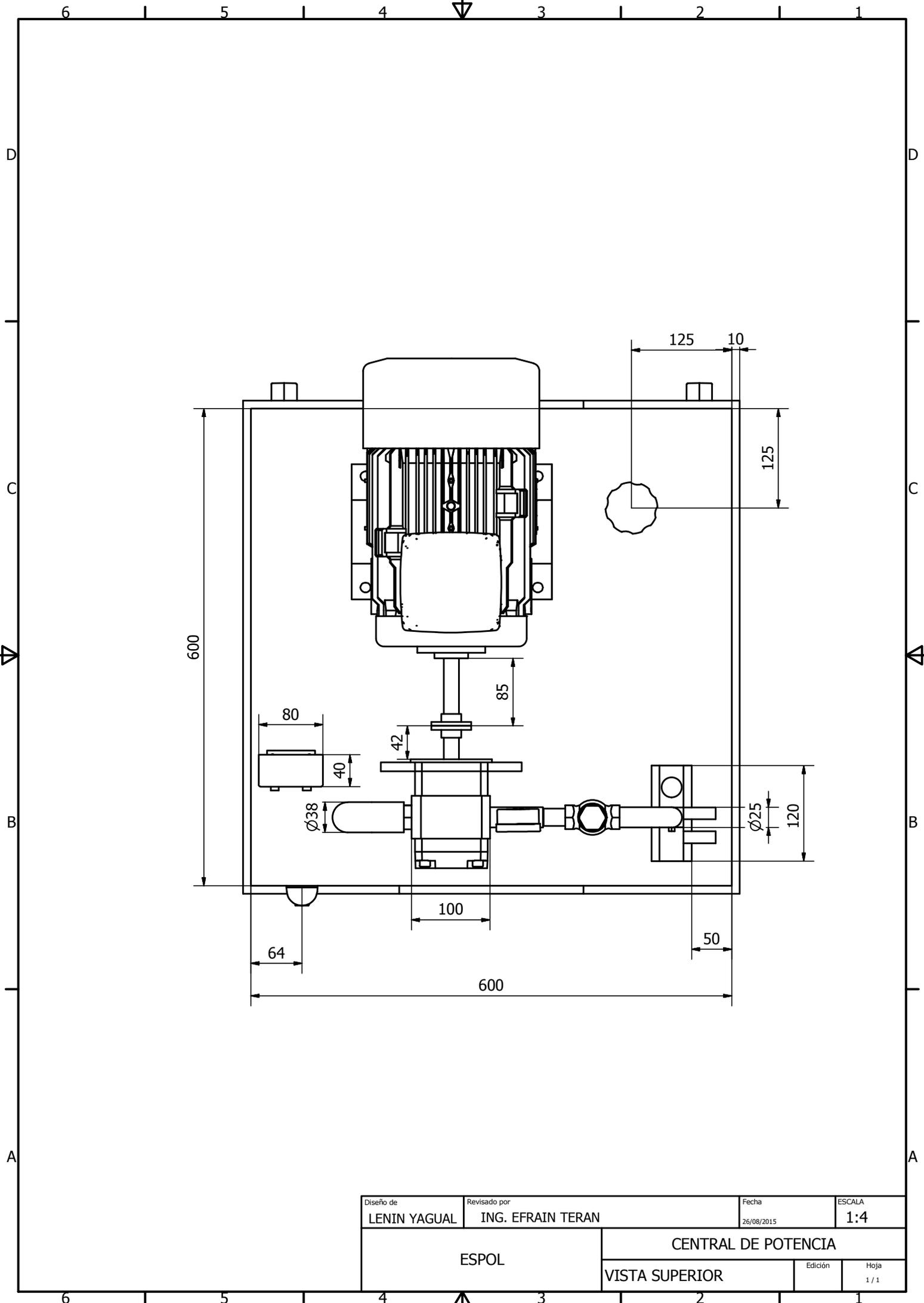
Diseño de LENIN YAGUAL	Revisado por ING. EFRAIN TERAN	Fecha 26/09/2015	ESCALA 1:9
ESPOL		CENTRAL DE POTENCIA	
		ENSAMBLE	
		Edición 1 / 1	Hoja 1 / 1



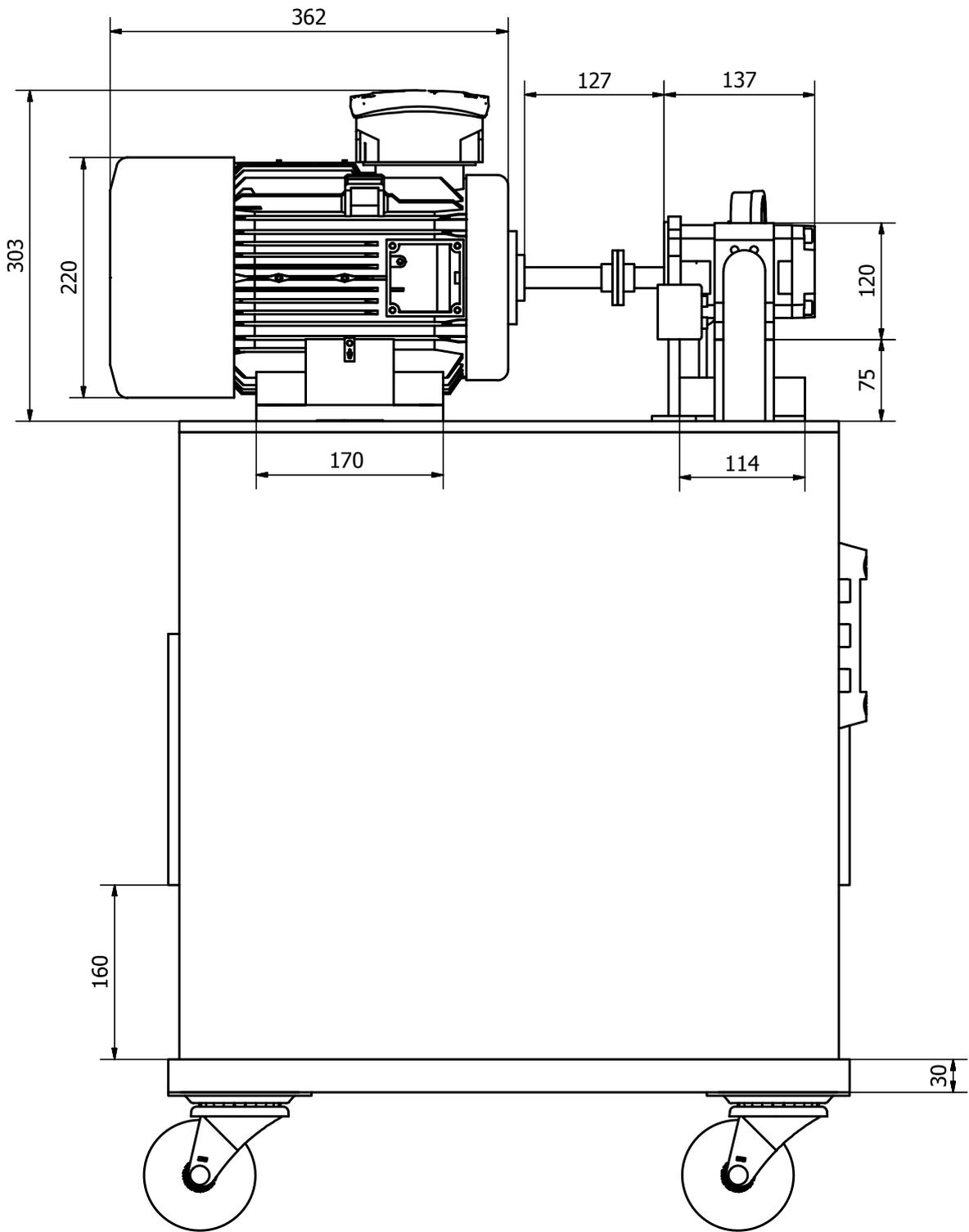
LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	4	RUEDAS
2	1	TANQUE
3	1	PLACA BASE
4	1	TAPA DE TANQUE
5	1	TAPON
6	1	BOQUILLA SIMPLE
7	1	BOQUILLA
8	2	TAPA
9	2	BRIDA
10	1	BOTONERA DE CONTROL
11	1	VALVULA DE ALIVIO
12	1	TUBO 1"
13	1	TUBO 3/4"
14	1	TUBO 1 1/2"
15	1	MEDIDOR DE PRESTION
16	1	MEDIDOR DE NIVEL
17	1	VALVULA DIRECCIONAL
18	3	VALVULA DE ALIVIO
19	1	TUBO DE 3/4"
20	1	PLACA DIVISORA
21	1	BOMBA DE PALETAS
22	1	MOTOR
23	1	DESCANZO DE BOMBA
24	1	CODO 1"

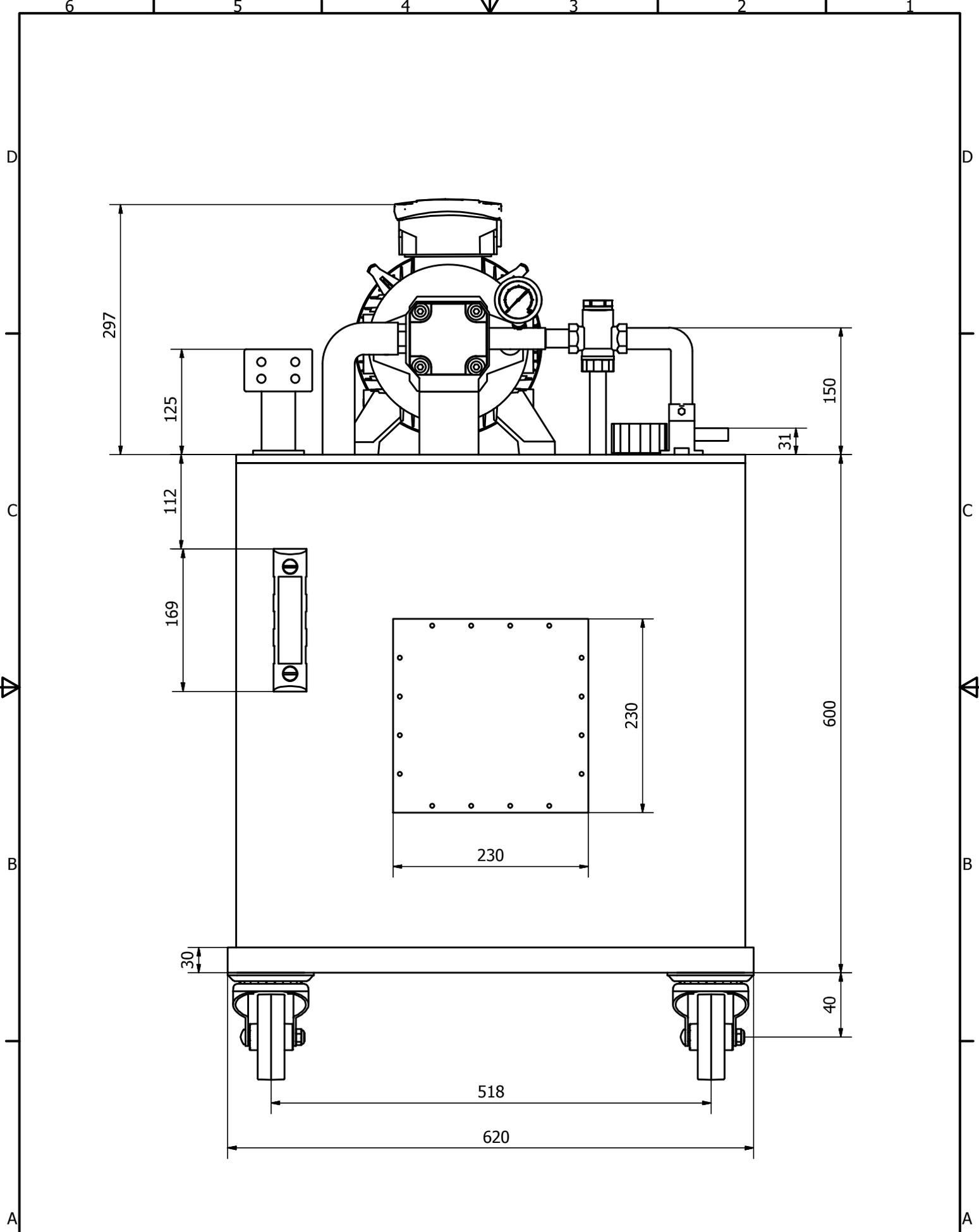
Diseño de LENIN YAGUAL	Revisado por ING. EFRAIN TERAN	Fecha 26/08/2015	ESCALA 1:9
ESPOL		CENTRAL DE POTENCIA	
		VISTA EN EXPLOSION	
		Edición 1 / 1	Hoja 1 / 1



Diseño de LENIN YAGUAL	Revisado por ING. EFRAIN TERAN	Fecha 26/08/2015	ESCALA 1:4
ESPOL		CENTRAL DE POTENCIA	
		VISTA SUPERIOR	Edición 1 / 1



Diseño de LENIN YAGUAL	Revisado por ING. EFRAIN TERAN	Fecha 26/08/2015	ESCALA 1:4
ESPOL		CENTRAL DE POTENCIA	
		VISTA LATERAL	Edición Hoja 1 / 1



Diseño de LENIN YAGUAL	Revisado por ING. EFRAIN TERAN	Fecha 26/08/2015	ESCALA 1:4
ESPOL		CENTRAL DE POTENCIA	
		VISTA FRONTAL	Edición Hoja 1 / 1