

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

"Diseño de un banco de pruebas para bombas sumergibles de turbina
vertical ensambladas localmente"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Jorge Tomas Holguin Anzules

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mis padres, a mi hijo,
a mi esposa, a mis hermanos,
a mis sobrinos y a mis profesores
por su apoyo e invaluable
ayuda.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Jorge Tomas Holguín Anzules.

Ing. Jorge Roca Garcia.

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".



Jorge Tomas Holguín Anzules



Ing. Jorge Roca Garcia

RESUMEN

En el Ecuador hay empresas dedicadas a la importación de toda la gama de productos sumergibles, esto incluye bombas sumergibles. No obstante, en los últimos años estas empresas, a fin de reducir los precios de ventas y ser más competitivos en el mercado, han decidido disminuir la importación del equipo, e importar las partes para ensamblar la bomba localmente. Este proceso de ensamble debería finalizar con el control de calidad de cada uno de los equipos pero hasta la actualidad ninguna de estas empresas lo realiza, porque no tienen un equipo que permita realizar las pruebas que corresponden.

Este proyecto presenta el diseño un banco de pruebas que permite medir los parámetros característicos: caudal (Q), capacidad (cabezal) (H), para bombas sumergibles de turbina vertical que son ensambladas en el Ecuador.

Como parte del trabajo se ha realizado una revisión de la literatura relacionada con el proyecto, tecnologías similares de evaluación de bombas, diferentes métodos de medición para la toma de datos tales como caudal y presión, y sistemas de control.

El diseño final del banco de pruebas tiene dimensiones de 3,0 metro de alto y ancho, está constituido por un acumulador de agua de estructura metálica con medidas estándar, una altura de 1,20 metro y ancho 0.50 metros. un cilindro neumático de 100mm de diámetro y 700mm de carrera, dos válvulas de globo de diferentes medidas, una junta de expansión, instrumentos de medición y el sistema de adquisición de datos. El diseño fue elaborado priorizando economía en los equipos, simplicidad en su forma y selección de controles con parámetros de precisión.

Finalmente se estimó un presupuesto por la construcción del banco de prueba, se adjuntan hojas de especificaciones técnicas de los elementos más importantes, planos generales, además se realizó un análisis económico del costo de construcción local vs el costo de importación de un banco de prueba de las mismas condiciones.

ABSTRACT

In Ecuador there are companies dedicated to the import of the full range of submersible products, this includes submersible pumps. However, in recent years these companies to reduce sales prices and become more competitive in the market, have decided to reduce the importation of equipment, and import the parts to assemble the pump locally. This assembly process should end with the quality control of each of the teams but until now none of these companies is done, because they have the equipment to perform the tests that apply.

This work presents the design a test to measure the characteristic parameters: flow rate (Q), capacity (head) (H), for submersible vertical turbine pumps that are assembled in Ecuador.

As part of the work was carried out a review of the literature related to the project, similar technologies assessment pumps, different measurement methods for collecting data such as flow rate and pressure, and control systems.

The final design of the test bed has dimensions of 3.0 meter high and wide, consists of a water tank steel structure with standard measurements, a height of 1.20 meters wide and 0.50 meters. a tire diameter and 100mm 700mm stroke cylinder two globe valves of different sizes, an expansion joint, measuring instruments and data acquisition system. The design was developed giving priority economy equipment, simplicity in form and selection of controls with precision parameters.

Finally a budget estimated for the construction of the test bench are attached technical specification sheets of the most important elements, shots, plus an economic analysis of the cost of local building vs the cost of importing a bank test was conducted the same conditions.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema.	5
1.2 Objetivos.....	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 Marco teórico	5
1.3.1 Turbomaquinarias	6
1.3.2 Bombas.....	6
1.3.3 Bombas sumergibles de turbina vertical para pozo.	6
1.3.4 Motor electrosumergible (E.S.)	8
1.3.5 Curvas características	9
CAPÍTULO 2.....	13
2. Metodología del Diseño	13
2.1 Definición de especificaciones del equipo.	14
2.2 Creación de los conceptos de diseño.	14
2.3 Propuestas de alternativas de diseño.....	15
2.4 Toma de decisión.	15
2.5 Presentación del diseño.	18

2.7 Sistema de control	22
CAPÍTULO 3.....	32
3. resultados	32
3.1 Detalle técnico del banco de prueba.....	32
3.2 Esquema técnico del banco de prueba.....	34
3.3 Análisis de costos	35
3.4 Análisis económico	36
CAPÍTULO 4.....	38
4. Discusión y Conclusiones	38
4.1 Conclusiones.	38
4.2 Recomendaciones	39
Anexos A	47
Anexos B	49

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
ISO	International Organization for Standardization.
NOM	Normas Oficiales Mexicanas.
RTE	Reglamento Técnico Ecuatoriano.
HMI	Interfaz Hombre Maquina.

SIMBOLOGÍA

A	Área
c_p	Calor específico ($W/kg\ ^\circ K$)
E_{in}	Energía que ingresa al sistema
E_{out}	Energía que egresa del sistema
g	Constante de gravitación universal ($9.8\ m/s^2$)
\bar{h}	Coeficiente promedio de transferencia de calor por convección ($W/m^2\ ^\circ K$)
I	Intensidad de corriente eléctrica
k	Conductividad térmica ($W/m\ ^\circ K$)
L_c	Longitud característica (Volumen/Área de superficie)
m	Masa
P	Presión estática local
q_{max}	Flujo de calor máximo obtenido (W/m^2)
q''	Flujo de calor por unidad de área (W/m^2)
q''_{gen}	Flujo de calor generado por unidad de área (W/m^2)
q''_{per}	Flujo de calor perdido por unidad de área (W/m^2)
Q_p	Potencia de bombeo con eficiencia de 1, (W)
Q_t	Calor disipado (W)
r	Coordenada radial
R	Resistencia eléctrica
R_{hs}	Resistencia térmica del disipador de calor (K/W)
Re	Número adimensional de Reynolds (vr/ν)
T_{aw}	Temperatura adiabática de pared ($^\circ C$)
T_f	Temperatura final ($^\circ C$)
T_i	Temperatura inicial ($^\circ C$)
T_{in}	Temperatura de entrada ($^\circ C$)
T_s	Temperatura de superficie ($^\circ C$)
U	Velocidad de corriente libre para flujo no viscoso
V	Flujo volumétrico

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Costos de mano de obra asociados a las reparaciones por garantía de bombas sumergibles ensambladas localmente	3
Figura 1.3.4.1 Esquema motor eléctrico sumergible	8
Figura 1.3.6.1 Curvas del sistema y aumento de perdidas	10
Figura 1.3.7.1 Curva de rendimiento de una bomba	12
Figura 2.1.1 Proceso de diseño, adaptado al proyecto	13
Figura 2.6.2.1 Esquema de una válvula de globo	19
Figura. 2.6.2.2 Procedimiento para seleccionar una válvula de globo	20
Figura 2.6.3.1 Esquema del reservorio de agua	20
Figura. 2.6.4.1. Selección del diámetro del cilindro	22
Figura 2.7.1.1 Pantalla HMI DOP-B	24
Figura 2.7.1.2 Dimensiones de pantalla DOP-B	25
Figura 2.7.2.1 Método de exploración del PLC	26
Figura 2.7.2.2 Dimensiones del PLC DVP20-SX211R	27
Figura 2.7.5.1 Diagrama eléctrico de control	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ventas de bombas sumergible	3
Tabla 1.3.4.1 Características técnicas de motores	9
Tabla 2.4.1 Factores de importancia	16
Tabla. 2.4.1 Matriz de decisión	17
Tabla. 2.7.1.1 Especificaciones técnica de pantalla HMI	24
Tabla 2.7.2.1 Especificaciones técnica del PLC	27
Tabla 2.7.3.1 Comparación de requerimientos del transductor	28
Tabla 2.7.4.1 Comparación de requerimientos del caudalímetro	29
Tabla 3.2.1.1 Detalle de costos del proyecto	32
Tabla 3.3.1 Proyección de gastos durante los dos primeros años, para el banco de prueba de construcción local	37
Tabla 3.3.2 Proyección de gastos durante los dos primeros años, para el banco importado	37

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Diagrama general del banco de prueba.
- PLANO 2 Despiece general del banco de prueba.
- PLANO 3 Vistas generales del banco de prueba.
- PLANO 4 Estructura Principal.
- PLANO 5 Vistas principal riel guía.
- PLANO 6 Estructura de correderas.
- PLANO 7 Estructura de soporte de tubería.
- PLANO 8 Placa de soporte de tubería.
- PLANO 9 Estructura de tubo soporte.
- PLANO 10 Soporte de tubería para flujo de agua.
- PLANO 11 Sujeciones.
- PLANO 12 Estructura del reservorio de agua.
- PLANO 13 Vista principal del reservorio de agua
- PLANO 14 Diagrama general del circuito de flujo.
- PLANO 15 Diagrama conexión del sistema de control.
- PLANO 16 Diagrama eléctrico del sistema de control.
- PLANO 17 Diagrama general del sistema de control.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Las bombas sumergibles permiten impulsar un fluidos estando sumergida, incluso puede trabajar a grandes profundidades. Está conformada por el cuerpo de la bomba y un motor eléctrico, el material de construcción del equipo depende mucho del fluido de trabajo.

Entre las principales ventajas es que pueden proporcionar fuerza de elevación significativa porque no depende de la presión de aire externa, además el enfriamiento de motor se realiza con el fluido que transporta y su operación no genera ruido al exterior.

Estos equipos son muy utilizados cuando el fluido a transportar es agua, porque tiene alta eficiencia y vida útil prolongada, la gama de productos de estas bombas sumergible es amplia y se puede clasificar en:

- bombas sumergibles para agua negras
- bombas sumergibles de turbina vertical

Este proyecto está enfocado en las bombas de turbina vertical específicamente en bombas para pozos profundo de diámetro de 6" y 8". Es indispensable hacer énfasis que al discutir acerca de bombas sumergibles se hace referencia a dos partes: el motor eléctrico encapsulado de forma cilíndrica, y la unidad hidráulica multietapa.

El campo de aplicación de estos equipos es muy amplio pero los usos más importantes a nivel local son:

- Campo agrícola.
- campo de la construcción.
- campo industrial.

En el Ecuador las empresas dedicadas a la comercialización de bombas sumergibles, en los últimos años han decidido disminuir la importación del equipo e importar las partes para ensamblar la bomba localmente (con lo cual la bomba figura como un producto nacional), con la finalidad de disminuir los precios de ventas y ser más competitivos en el mercado. Las bombas ensambladas en nuestro país tienen potencia en el rango de 10HP a 50HP, en diferentes presiones y caudales.

Las bombas sumergibles ensambladas localmente presentan las siguientes ventajas para las empresas que las comercializan:

- Disminución de costos de importación.
- Es posible ofrecer bombas sumergible con capacidades adaptadas a las necesidades del cliente.
- Amplio stock de partes y piezas (repuestos).
- Aumento de la utilidad en la línea de negocio.
- Al ser un producto ensamblado en el país se lo considera como un producto nacional; tal como se lo mencionó previamente.

Todo este proceso de ensamble debería finalizar con el control de calidad de cada uno de los equipos pero hasta la actualidad ninguna de estas empresas lo realiza, porque no tienen el sistema ni las instalaciones adecuadas para hacer este tipo de pruebas.

Debido a la falta de esta última etapa en el proceso las empresas han tenido que lidiar con varios problemas que ponen en riesgo la calidad de la marca, entre ellos se mencionan los siguientes:

- Equipos que no cumplen con la capacidad requerida por el cliente.
- Devolución por defectos técnicos.
- Bombas sobre dimensionadas.
- Aumento en los indicadores de garantías de producto.
- Aumento en la carga de mano de obra de servicio técnico.

A continuación en la Tabla 1.1, se muestra la una referencia de monto de ventas y costo mano de obra por de equipos por relaciones en garantía:

Tabla 1.1 Ventas de bombas sumergible

Semestre	Ventas	Costos M/O	Porcentaje
Primero 2014	\$ 55.000,00	\$ 90,00	0,2%
Segundo 2014	\$ 65.000,00	\$ 250,00	0,4%
Tercero 2014	\$ 48.900,00	\$ 360,00	0,7%
Cuarto 2014	\$ 40.000,00	\$ 420,00	1,1%
Primer 2015	\$ 47.090,00	\$ 320,00	0,7%
Segundo 2015	\$ 55.350,00	\$ 460,00	0,8%
Tercer 2015	\$ 37.000,00	\$ 289,00	0,8%
Cuarto 2015	\$ 29.000,00	\$ 540,00	1,9%
TOTAL	\$ 377.340,00	\$ 2.729,00	0,7%

Fuente: archivo trimestral de empresa comercializadora de bombas Guayaquil.

Elaboración propia

Como se observa casi el 1% del valor total de ventas es usado para como gasto en mano de obra de equipos reparados por garantía. Además según pasa el tiempo estos valores aumentan como muestra en la Figura 1.1.

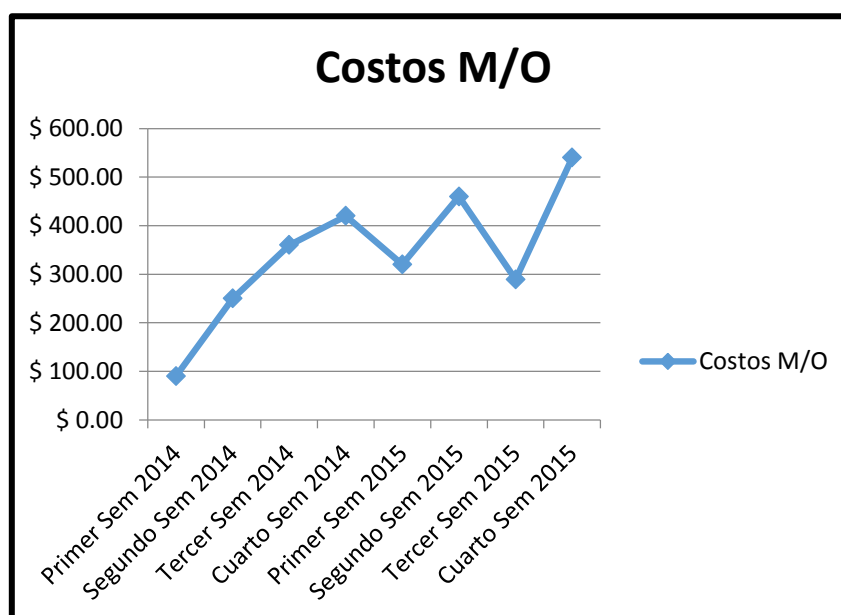


Figura 1.1 Costos de mano de obra asociados a las reparaciones por garantía de bombas sumergibles ensambladas localmente.

Fuente: Datos trimestrales de empresa comercializadora de bombas sumergibles de Guayaquil.

Elaboración propia

Las industrias internacionales que fabrican bombas, bajo un convenio formal con el distribuidor nacional y una serie de requisito que este debe cumplir, Puede certificar

o avalar a la empresa que ensambla estos productos mediante un certificado que lo acredita como SUBFACTORY (Es un concepto que habilita a un distribuidor a realizar el ensamble y ensayo de equipos manteniendo los estándares de calidad de la compañía, al igual que las garantías de origen. No es una habilitación permanente sino que debe ser nuevamente certificada cada dos años, según indica Grunfos pums, 2010).

Para obtener esta certificación se debe cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ Amplio stock de partes y piezas
- ✓ Establecimiento físico
- ✓ Banco de prueba
- ✓ Mano de obra calificada

Este proyecto propone diseñar un banco de prueba para las bombas de turbina vertical sumergibles, con la finalidad que cada uno de estos equipos sea sometido a diferentes pruebas y condiciones; y proporcionar al cliente la curva de la bomba. El banco de pruebas tiene que medir los parámetros característicos: caudal (Q), capacidad (cabezal) (H), eficiencia (η); además de poder certificar que el conjunto bomba motor cumple con las condiciones de diseño.

El banco de prueba deberá estar constituido por tres partes importantes que son el acumulador de agua, sistema de tuberías con válvulas y el sistema de automatización para control.

El funcionamiento general de un banco de prueba se realiza mediante el método de estrangulación, inicialmente se asegura la bomba para evitar el movimiento y la vibración que se generan en el arranque del motor y durante la prueba, Todas las variaciones según la posición de la válvula estranguladora, son censados por los equipos de instrumentación y estas señales son enviadas al tablero de control que se encargada de procesar la información y generar las curvas características de la bombas.

1.1 Descripción del problema.

En la actualidad las empresas que ensamblan bombas sumergibles de turbina vertical en el Ecuador, se han visto en la necesidad de crear un departamento para el control de calidad de sus bombas, debido a los problemas presentados con sus clientes finales (previamente mencionados en la sección anterior), la causa de estos problemas es que para estas bombas ensambladas localmente no se emite:

- Certificado de condiciones de trabajo del equipo.
- Curvas características de la bomba
- Certificado de pruebas.
- Los puntos de máxima eficiencia.

La solución a estos inconvenientes es la adquisición de un banco de pruebas porque permite obtener los parámetros característicos (previamente mencionados) de cada equipo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un banco de prueba para bombas sumergibles de turbina vertical ensambladas en el Ecuador, para obtener certificación de calidad por parte del proveedor.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar el sistema hidráulico que simule que un equipo puede trabajar a máxima carga.
- Realizar el análisis económico del proyecto.

1.3 Marco teórico

En esta sección se presenta brevemente los fundamentos teóricos para el desarrollo del proyecto.

1.3.1 Turbomaquinarias

Se denomina turbomaquinarias a las bombas y turbinas que son dispositivos en los cuales se suministra o extrae energía mediante un eje.

1.3.2 Bombas

Las máquinas hidráulicas que impulsan líquidos (aumentando su presión de salida) se las denominan bombas, se entenderá para efectos de éste trabajo a este término como una turbomáquina de fluido incompresible.

Según la aplicación se pueden encontrar diferentes tipos de bombas con características de igual similitud, diseñadas para un tipo de operación. Por ser un tema muy amplio por las variedades de aplicación que existen, nos enfocaremos en las bombas de turbina vertical con motor sumergible para pozo profundo, porque esta relacionadas con este proyecto.

1.3.3 Bombas sumergibles de turbina vertical para pozo.

También recibe el nombre de bomba sumergible tipo lápiz y permite extraer líquidos provenientes de pozos profundos.

El diseño de este equipo está basado en etapas múltiples, ofrece una gran flexibilidad en la selección de la bomba y permite modificar la capacidad de la bomba para adaptarla a las necesidades. Esta bomba no necesita ser cebada (llenar de fluido las cámaras hidráulicas) antes de su arranque, porque al ser sumergida también lo harán los impulsores.

La bomba debe operar de forma sumergida dentro del pozo en todo momento y la tubería de descarga debe soportar el peso de la bomba y del motor, Por lo que se recomienda que estos accesorios sean fabricados con altos estándares de calidad, porque deben trabajar por largos períodos sin necesidad de ser cambiados, En algunos casos

estos equipos solo son sacado del pozo cuando deja de funcionar que en promedio seria tres a cinco años.

La instalación global de este sistema demanda de varios accesorios de tal forma que la bomba es ingresada en un pozo de diámetro establecido (el conjunto bomba-motor debe ingresar holgadamente). El mismo que va a estar sostenida por la propia tubería de descarga, la línea de alimentación de voltaje va a tener un recorrido hasta el tablero de protección y suministro eléctrico que está ubicado en la superficie. Este sistema está constituido por dos componente importantes; la parte hidráulica que es la bomba sumergible de pozo profundo o tipo lápiz y la parte eléctrica que es el motor sumergible gobernado por un tablero de control.

En la Figura 1.3.3.1. se presentan los componentes de una bomba sumergible vertical: una entrada (1), un número de etapas (2), salida o descarga (3), cada etapa de la bomba crea una diferencia de presión y, cuanta más presión se requiera, más etapas deberán incluirse.

Dentro de las etapas esta el impulsor (4), que está acoplado al eje de la bomba (5),

los álabes del impulsor transfieren energía al agua en términos de incremento de velocidad y presión.

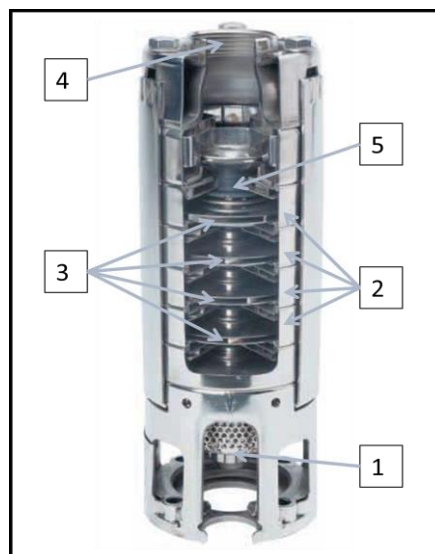


Figura. 1.3.3.1 Bombas sumergible de turbina vertical

Fuente: catalogo Grunfos pums, 2010

1.3.4 Motor electrosumergible (E.S.)

Los motores electrosumergibles son equipos encapsulados con una resina especial de tal forma que no permite el ingreso del fluido al área donde se encuentran las bobinas, trabajan con aceite mineral altamente refinado que posee alta rigidez dieléctrica. El enfriamiento lo realiza el mismo fluido que circula forzosamente alrededor del motor. Un esquema de un motor electrosumergible se presenta en la Figura.1.3.4.1

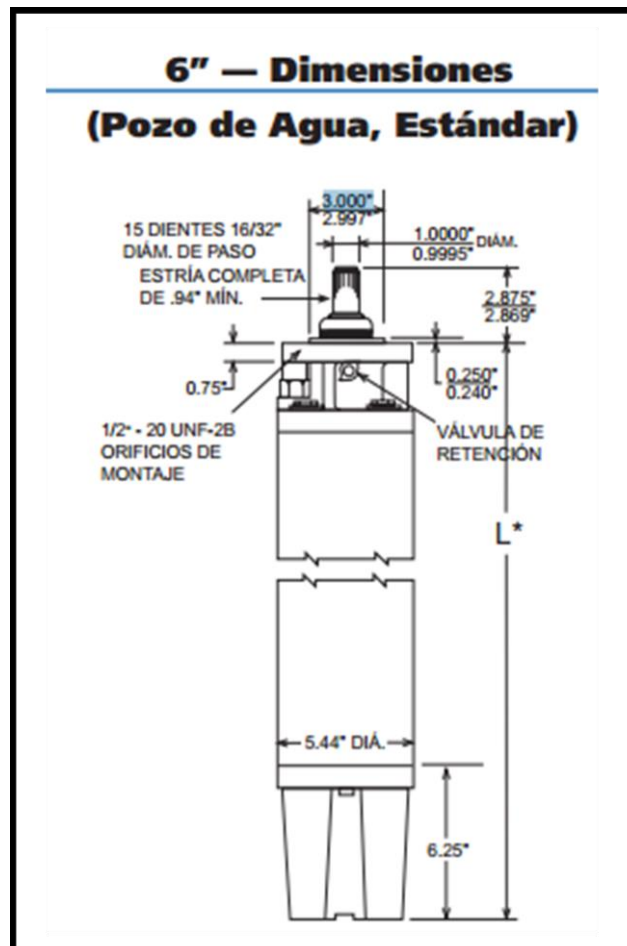


Figura 1.3.4.1 Esquema motor eléctrico sumergible

Fuente: catalogo Franklin Electric pums

A continuación se muestra la Tabla.1.3.4.1 con las potencias más comunes para estos motores electrosumergibles, indicando otras características importantes.

Tabla 1.3.4.1 Características técnicas de motores

Potencia	Diámetros	Fuerza torsión	Voltaje	Tipos de arranques
1 HP ó menos	4 in	10 lb-ft	110 - 220 V.	Directo (3 hilos).
10 HP	4 in ó 6 in	100 lb-ft	220 - 440V.	Directo (3 hilos).
20 HP	6 in	200 lb-ft	220 - 440 V.	Directo o Estrella triangulo (3 hilos ó 6 hilos).
50 HP	6 in ó 8 in	400 lb-ft	220 - 440V.	Directo o Estrella triangulo (3 hilos ó 6 hilos).

Fuente: Manual Franklin Electric y elaboración propia

Como se observa en la tabla. 1.3.4.1 solo se muestra hasta potencias de 50HP porque es la potencia máxima de las bombas que van a ser sometidas al banco de prueba.

El voltaje de alimentación del motor es un dato muy importante, en algunos casos los motores funcionan con arranque directo para potencias pequeñas, pero mayores a 10HP se recomienda que se realice una conexión de arranque estrella triangulo lo que permite disminuir un 30% la corriente de arranque o inicial.

1.3.5 Curvas características

Las curvas de funcionamiento o curvas características, señalan gráficamente la dependencia entre caudal [Q] y la altura [H], rendimiento [n], NPSHr además de la potencia absorbida en el eje de la bomba.

Son de mucha importancia porque muestra el comportamiento en condiciones de servicio lo que permite tener una selección apropiada de una bomba

1.3.6 Obtención de curvas características

Los fabricantes de bombas obtienen estas curvas de forma experimental mediante un banco de pruebas. Los bancos de pruebas son sistemas en donde las condiciones de operación de la bomba son controladas y conocidas; las cuales varían para obtener las distintas variables que maneja la bomba, de tal forma que permiten conocer el rango donde es óptimo su funcionamiento.

El procedimiento experimental que se aplica para la obtención de las curvas es el método de estrangulamiento. En este método de estrangulamiento cierra la válvula en la descarga moderadamente, para aumentar secuencialmente la carga dinámica del sistema o cabezal de la bomba, para generar los parámetros de caudal y presión. Estas pruebas se realizan normalmente con la bomba funcionando a velocidad constante.

La Figura 1.3.6.1 Muestra la variación de la curva del sistema según el aumento de la carga dinámica en la bomba.

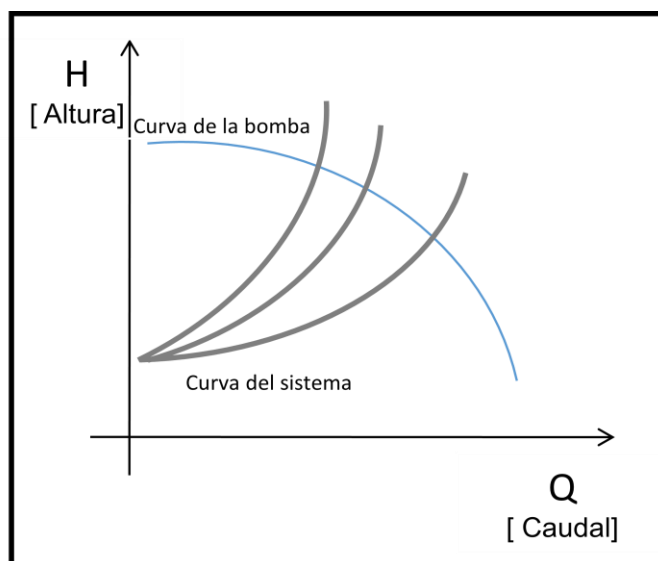


Figura 1.3.6.1 Curva del sistema al aumentar las pérdidas.

Fuente: Elaboración propia

1.3.7 Obtención curvas de eficiencia.

El trabajo realizado por una bomba al movilizar un líquido depende del peso del mismo en un tiempo específico contra una altura de presión.

La potencia hidrostática es proporcional a la potencia útil que se entrega al fluido que no necesariamente debe ser agua. La ecuación está definida como:

$$\text{Potencia hidrostática} = \dot{w}_{\text{hidrostática}} = \rho g Q H$$

Donde:

ρ : Densidad del fluido

g : Gravedad

Q : Caudal

H : Carga hidrostática

La potencia externa que se proporciona a la bomba se la denomina potencia de freno o potencia de accionamiento (bhp) y está determinada por la ecuación:

$$\text{Potencia de freno (bhp)} = \dot{w}_{\text{bhp}} = \omega T$$

donde:

ω : velocidad rotacional

T : Momento o par de torsión suministrado.

La eficiencia se la obtiene mediante la relación de la potencia hidrostática con la potencia de freno como lo indica la ecuación:

$$\eta = \frac{\dot{w}_{\text{hidrostática}}}{\dot{w}_{\text{bhp}}} = \frac{\rho g Q H}{\omega T}$$

La eficiencia de la bomba alcanza su valor máximo en algún punto entre la condición de cierre y la condición de descarga libre, este punto de operación de eficiencia máxima se denomina punto de la mejor eficiencia (PME) o punto de diseño, según muestra el gráfico:

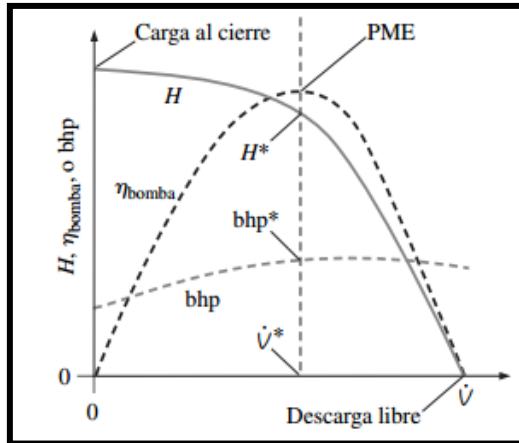


Figura 1.3.7.1 Curva de rendimiento de una bomba

Fuente: Cengel, 2006

1.3.8 Normativa

Este diseño se realizara de acuerdo a los antecedentes que se mencionaron y se basará en las normas Internacionales y nacionales:

- Norma internacional ISO 9906:2012 Ensayos de rendimiento hidráulico para bombas sumergibles.
- La norma Mexicana NOM-010-ENER-2004 Eficiencia del conjunto bomba motor sumergibles tipo pozos profundos.
- Normativa Ecuatoriana RTE INEN 094 Eficiencia energética de conjunto bombas motor.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

El método utilizado para establecer las funciones requeridas y los límites del sistema para el diseño de este proyecto, está basado en el modelo descriptivo para el proceso del diseño de Shigley (2008), divididos en cuatro etapas:

1. Definición de especificaciones del equipo.
2. Creación de los conceptos de diseño.
3. Toma de decisión.
4. Presentación del diseño.

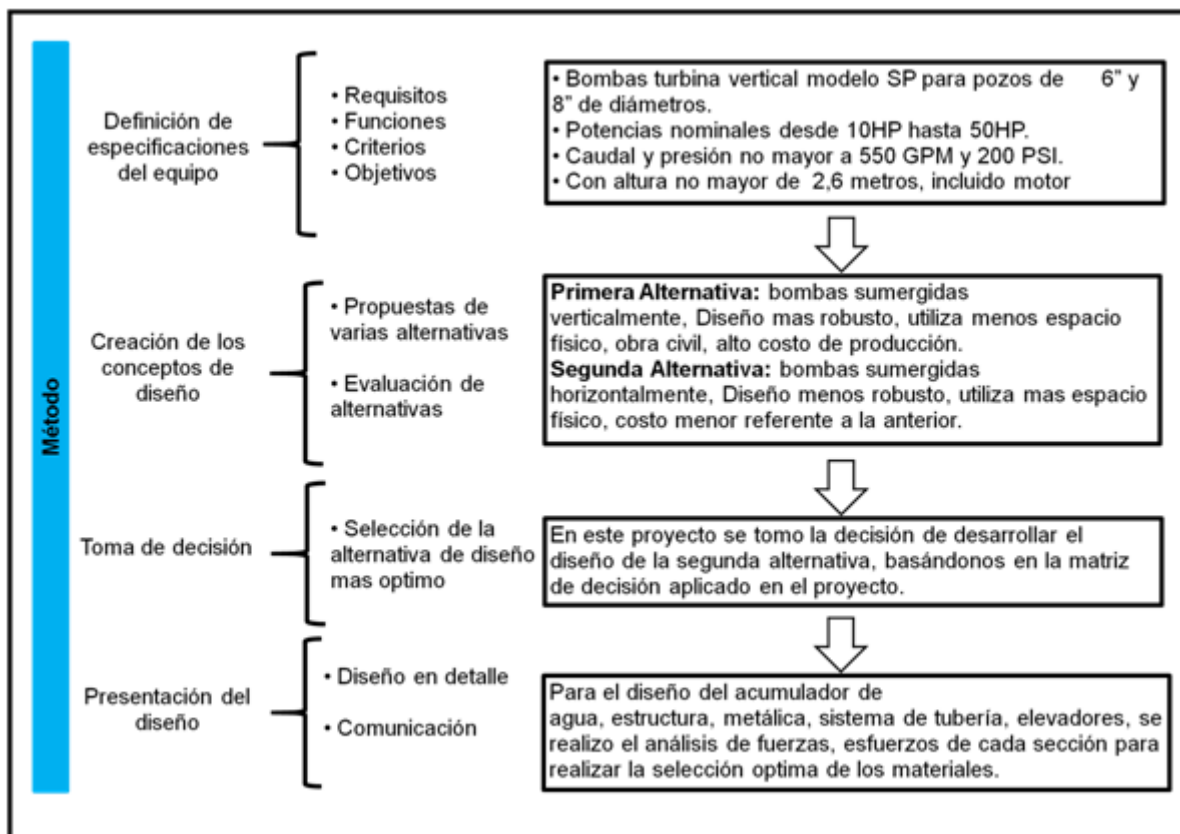


Figura 2.1.1 Proceso de diseño, adaptado al proyecto

Fuente: Shigley, 2008

2.1 Definición de especificaciones del equipo.

En la primera etapa del proceso de diseño, se realizó toda la investigación teórica y práctica, para tener un mejor enfoque del problema, además de determinar todas las variables que van a intervenir.

Se realizó una búsqueda sobre proyectos semejantes realizados en otros países, además se revisó información relacionada sobre: bombas sumergibles, selección de bombas, pérdidas de fricción, tuberías, accesorios, curvas características de bombas e instrumentación.

El proceso de diseño del banco de pruebas tiene tres componentes:

- Diseño mecánico.
- Diseño hidráulico.
- Sistema de automatización.

El alcance del proyecto está dado por el tipo de bomba, el diseño del banco de prueba considerará las características:

- Verticales tipo lápiz modelo SP para pozos de 6" y 8" de diámetros.
- Con potencias nominales de debe ser desde 10HP hasta 50HP.
- Con caudal no mayor a 550 Galones por minutos.
- Con presión no mayor a 200 PSI.
- Con altura no mayor de 2.60m, acoplado el motor electrosumergible.

Estas características fueron establecidas porque las bombas que se ensamblan localmente tienen estas características.

2.2 Creación de los conceptos de diseño.

En esta etapa se revisaron normas que estén relacionadas con el objetivo de este trabajo, además se crearon propuestas como alternativas de diseño, se analizaron cada una de ellas y finalmente se evaluaron en base a los objetivos del proyecto.

2.3 Propuestas de alternativas de diseño.

En esta etapa se promovieron varias opciones, pero se establecieron solo dos. Estas alternativas seleccionadas cumplían con las componentes de diseño y el alcance del proyecto mencionado anteriormente en el Capítulo 2.1.

2.3.1 Primera Alternativa:

La primera alternativa permite diseñar un banco de pruebas con el acumulador de agua en posición vertical, su ubicación es bajo la superficie por lo que se necesita realizar una obra civil, además se tendría un banco de pruebas de posición fija. En la parte de automatización utiliza variador de velocidad para el arranque de los motores.

2.3.2 Segunda Alternativa:

La segunda alternativa permite diseñar un banco de pruebas con el acumulador de agua en posición horizontal, su ubicación es sobre la superficie lo que permite que el banco de prueba sea un solo conjunto, permitiendo la facilidad de que sea un sistema móvil. En la parte de automatización utiliza arrancadores suaves para el arranque de los motores.

2.4 Toma de decisión.

A continuación en esta sección se construirá una matriz de decisión que nos permitirá definir cuál es la mejor alternativa, tomando en cuenta las ventajas y desventajas expuestas anteriormente, considerando el objetivo principal del presente proyecto y factores de importancia para el diseño.

Los factores de importancia son los siguientes:

Costo

Ubicación física.

Tiempo de prueba.

Tabla 2.4.1 Factores de importancia

Factores de importancia	Descripción
Costos	Se refiere principalmente al costo de los equipos, su factor de importancia es alto debido a que es el criterio más determinante para el diseño, factor de importancia 40, (calificación máxima 3).
Ubicación física	Se refiere a espacio físico que va a utilizar, además es importante analizar las ventajas al tener un banco de prueba fijo o móvil, factor de importancia 30, (calificación máxima 3).
Tiempo de prueba.	Específicamente es el tiempo que toma en realizar la prueba a una bomba, factor de importancia 30, (calificación máxima 3).

Fuente: Elaboración propia

Las Alternativas serán calificadas de manera comparativa entre sí, siendo el 0 la calificación más baja y la más alta es según el factor de importancia indicado en la Tabla 2.4.1 acorde a sus respectivas ventajas y desventajas. Finalmente se hará la sumatoria total para determinar el método de mayor conveniencia.

Los costos para la primera alternativa son mucho mayores porque tiene un rubro adicional con respecto a la segunda alternativa que es la obra civil, el valor aproximado es de \$1200,00. La primera alternativa incluye variadores de velocidad, mientras que la segunda alternativa propone arrancadores suaves cuesta aproximadamente la mitad de un Variador. En conclusión bajo esta condición favorable para la segunda alternativa le se lo califica con el valor más alto de 3, por el otro lado para el método de estado transitorio se califica con un valor de 1 razonando que sus costos serán representativamente mayores.

La ubicación es indispensable, la primera alternativa ofrece una ubicación fija, la misma que no puede ser removida a otro lugar, mientras que la

segunda alternativa ofrece un banco de pruebas ensamblado en un solo equipo permitiendo se cambiado a otro espacio en caso de requerirlo, por este motivo se califica la primera alternativa con una puntuación de 1 y la segunda alternativa con la calificación máxima de 3.

Los tiempos de inversión para la realización de las pruebas de las bombas serán totalmente opuestos, la primera alternativa se estima que tomará mucho más tiempo referente a la segunda alternativa, porque la bomba ingresa al banco de pruebas de forma vertical, esta proceso demanda de mucho mas detalles, se estima que la prueba tomaría aproximadamente 30 minutos. Mientras que para la segunda alternativa tomaría 15 minutos, por este motivo se califica con la menor puntuación de 0 a la primera alternativa y la segunda tendrá calificación máxima de 3.

2.4.1 Matriz de decisión.

A continuación se detalla la matriz de decisión resultante de acuerdo a los criterios expuestos:

Tabla. 2.4.1.1 Matriz de decisión

Alternativas	Factores						Total
	Costos Factor 18		Ubicación física Factor 8		Tiempo de prueba Factor 7		
Primera alternativa	3	54	3	24	3	21	99
Segunda alternativa	1	18	1	8	0	0	28

Fuente: Elaboración propia

Luego de observar la matriz de decisión generada de acuerdo a los factores se concluye que la mejor opción será diseñar el banco de pruebas basado en la segunda alternativa.

2.5 Presentación del diseño.

Una vez seleccionado la alternativa de solución para el diseño del proyecto, es indispensable analizar todas las partes en detalles para que sean seleccionado cada uno de los equipos e instrumentos que se utilizarán en el banco de prueba, es por esto que para el diseño del acumulador de agua, estructura, metálica, se realizó todo el análisis estático y dinámico de los elementos que conforma aunque en el proyecto se presentan los más representativos, de la misma manera para el sistema de tubería, elevadores, para realizar la selección óptima de los materiales.

2.6 Diseño y selección del proyecto.

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, en la presente sección se detallará el proceso de diseño y selección de los materiales, equipos e instrumentación utilizados.

2.6.1 Válvulas

Las válvulas pueden ser de varios tipos según sea el diseño del cuerpo y el movimiento del obturador. En este proyecto se utilizaron dos válvulas de globo que son las que mejores funcionan cuando se trata de estrangulamiento, por lo que a continuación describiremos las funciones y el método a seguir para su selección de modo que cumplan con la función requerida.

2.6.2 Válvulas de globo

Este tipo de válvula son de mucho interés en el mercado porque tiene la ventaja de ser capaz regular bien al flujo además actúan rípidamente. Posee un tapón obturador en forma de cono sujeto y accionado por un vástago para abrir, cerrar o regular el flujo del líquido que pasa por el orificio de paso que se encuentra en el cuerpo de la válvula.

Las pérdidas de carga que resultan de una válvula totalmente abierta, por ejemplo, pueden ser despreciables. Pero una válvula cerrada parcialmente puede provocar la pérdida de carga más grande en el sistema.

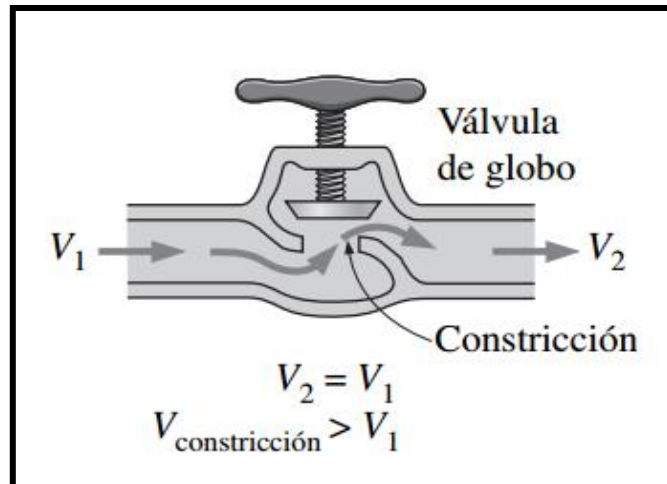


Figura 2.6.2.1 Esquema de una válvula de globo

Fuente: Cengel, 2006

Selección y dimensionamiento.

La correcta selección de una válvula implicará que esta regule de forma deseada para todos los rangos de carrera del obturador al igual que la carencia de cavitación en la válvula o la disminución de ruidos y vibraciones en la misma.

Los fabricantes de estos equipos desarrollaron un coeficiente que representa la capacidad de una válvula, esta descrito de la siguiente manera:

$$C_v = Q \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P}}$$

Donde:

Q: Caudal [gpm].

γ : Gravedad específica [Adimensional]

ΔP : Caída de Presión a través de la válvula [psi]

A continuación se muestra un resumen del procedimiento para la selección de las válvulas:

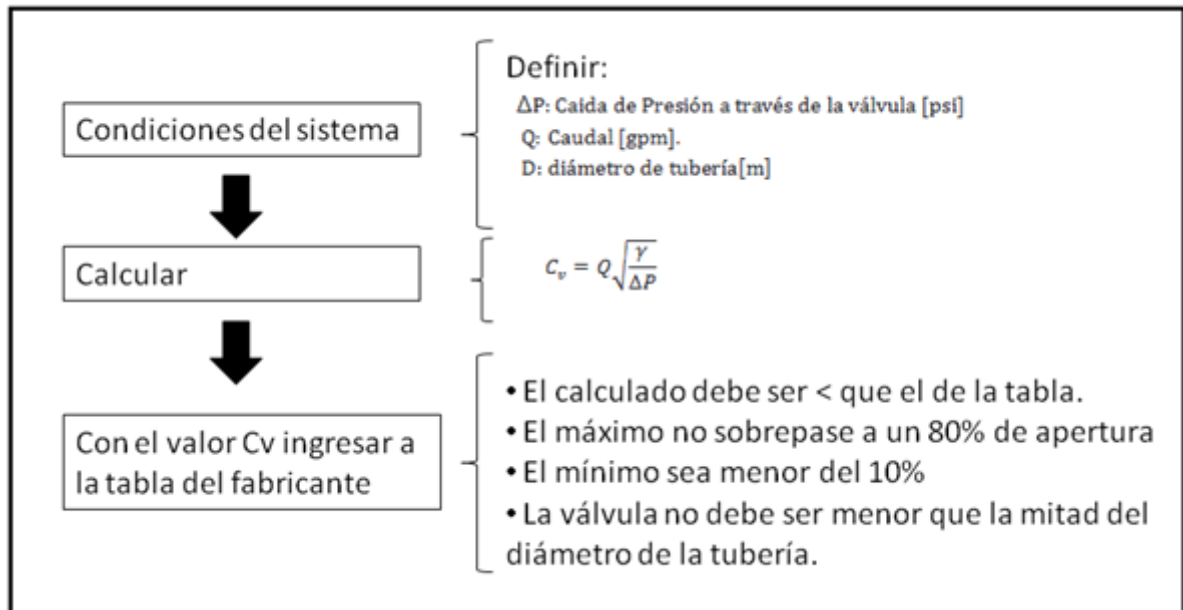


Figura. 2.6.2.2 Procedimiento para seleccionar una válvula de globo

Fuente: Elaboración propia

2.6.3 Acumulador de agua

Para el acumulador de agua primero se encontró la mayor fuerza hidrostática, según la figura a continuación:

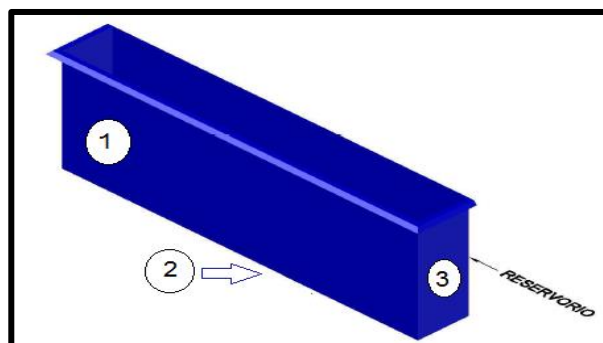


Figura 2.6.3.1 Esquema del reservorio de agua

Fuente: Elaboración Propia.

En el anexo B está demostrado que la mayor fuerza hidrostática esta en el segmento 1.

Para el cálculo de espesor del tanque utilizamos de referencia la máxima fuerza hidrostática calculada y la formula de (Megyesy, 1992).

$$t = 2,45 L \sqrt{\alpha_n \frac{P_n}{S}}$$

donde;

t: Espesor de la pared [pulg]

L: longitud de la pared. [pulg]

α_n : Factor de relación de altura y longitud.

P_n : Presión del fluido [*lbr/pulg²*]

S: valor de esfuerzo del material.

Los datos a continuación son del materia de construcción:

L	142 Pulg
α_n	0,0012
P_n	0,89 [<i>lbr/pulg²</i>]
S	23 [<i>lbr/pulg²</i>]

$t = 0,115 \text{ pulg} = 2.921\text{mm}$. Por lo tanto se usará una plancha de 3mm de espesor

2.6.4 Diseño del sistema neumático

Los cilindros neumáticos son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras, Un cilindro neumático es un componente sencillo, de bajo coste y fácil de instalar. La carrera del cilindro determina el movimiento máximo que este puede producir.

Su funcionamiento consisten en un recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o pistón. Al introducir un determinado caudal de aire comprimido, éste se expande dentro de la cámara y provoca un desplazamiento lineal.

Selección de cilindros neumáticos

Para seleccionar el cilindro neumático necesitamos conocer los siguiente dato:

$$m_{bomba\ max} = 250kg$$

$$m_{estructura\ movil} = 100Kg$$

$$m_{total} = 350Kg = 770\ lb$$

$$P_{trabajo} = 80\ psi - 100\ psi\ (Presion\ de\ aire\ que\ entrega\ el\ compresor)$$

$$Desplazamiento\ o\ carrera = 700mm$$

Con estos datos ingresamos a la tabla y seleccionamos el valor más cercano del peso total, dependiendo también del valor de la presión del trabajo que está determinado por la carga del compresor en ese punto:

Bore	Piston Area	Pressure								Cubic Feet Displacement per Inch of Extended Stroke
		40	50	60	80	90	100	125	150	
1.50	1.77	71	88	106	141	159	177	221	265	.00102
2.00	3.14	126	157	188	251	283	314	393	471	.00182
2.50	4.91	196	245	295	393	442	491	614	736	.00284
3.25	8.30	332	415	498	664	747	830	1037	1244	.00480
4.00	12.57	503	628	754	1005	1131	1257	1571	1885	.00727
5.00	19.63	785	982	1178	1571	1767	1963	2454	2945	.01136
6.00	28.27	1131	1414	1696	2262	2545	2827	3534	4241	.01636

Figura. 2.6.4.1. Selección del diámetro del cilindro

Fuente: Catalogo Asco neumatic, 2013

Según nos muestra la tabla de selección el cilindro soportaría un peso de 1005 libas, con un cilindro de diámetro 4" y carrera 700mm, en el mercado lo podemos encontrar como: Cilindro neumático doble efecto de 100mm de diámetro y 700m de carrera.

2.7 Sistema de control

Un sistema de control del proceso puede definirse como un sistema de realimentación de la información de las variables que interviene en el

mismo. El proceso es una combinación global de personas, equipo, materiales utilizados, métodos y medio ambiente, que colaboran en la producción. El comportamiento real del proceso, la calidad de la producción y su eficacia productiva dependen de la forma en que se diseña y se construye.

2.7.1 Interfaz Hombre Maquina

Una interfaz hombre maquina (HMI) es una plataforma que permite la interacción entre los usuarios y equipos de automatización. Los mismos que proporcionan varios puertos de comunicación y permiten rapidez en el control de una o varias maquinas,

Hoy en día por el avance acelerado de las tecnología estas HMI están disponibles generalmente en pantalla táctil a color permite la introducción de parámetros de manera sencilla de diferentes maneras mediante el software de edición además permite mostrar los datos, gráficos de elementos de una manera visual fácil de entender en tiempo real.

Pantalla HMI BOP-B

Esta interfaz nos permite comunicarnos con una gran cantidad de PLC's y controladores además de ser más amigable y completas que otros equipos, este permite una comunicación de transferencia de datos con un ordenador a alta velocidad vía conexión USB, de cometer un error el usuario en la programación o ejecución del mismo nos alerta mediante alarmas, a esta ventajas podemos sumarle que el software es de libre uso y está disponible en las pagina del proveedor, a continuación mostramos una Figura. 2.7.1.1 de la pantalla HMI modelo BOP-B:



Figura 2.7.1.1 Pantalla HMI DOP-B

Fuente: Catalogo técnico Delta Electric, 2012

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará una pantalla HMI DOP-B debido a las bondades que entrega el equipo, la especificaciones técnicas se detalla a continuación:

Tabla. 2.7.1.1 Especificaciones técnica de pantalla HMI

Características	Especificaciones técnicas
Modelo	DOP-B
Modulo	Pantalla LCD TFT de 7" de ancho (65,536 colores)
Sistema Operativo	Screen Editor 2.00
Memoria back up	256 Kb
Interfaz Ethernet	IEEE 802,3 / IEEE 802,3U 10/100 Mbps
Puerto Serial	RS-232
Método de Enfriamiento	Circulación de aire natural
Aprobaciones de Seguridad	IP 65 / NEMA 4 / CE / UL
Tensión operativa	DC +24V.
Consumo de energía	6,5 W
Batería back up	Batería de litio de 3V CR2032
Dimensiones	196,9 mm X 142,9 mm
Peso	840g.

Fuente: Catalogo técnico Delta Electric, 2012

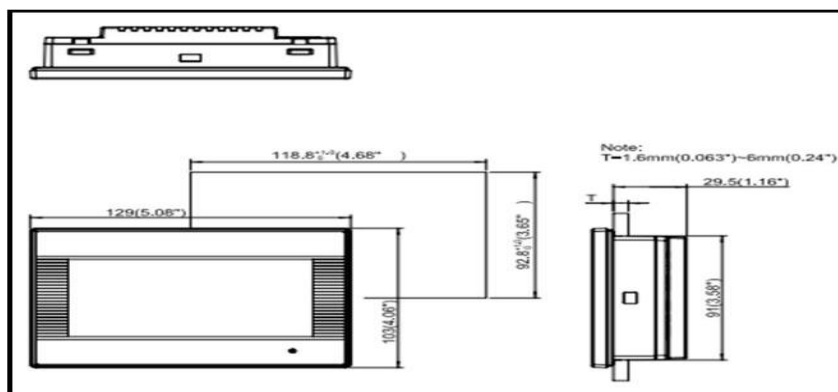


Figura 2.7.1.2 Dimensiones de pantalla DOP-B

Fuente: Catalogo técnico Delta Electric, 2012

2.7.2 Controlador lógico programable.

El PLC, es un ordenador puede controlar una amplia variedad de dispositivos para solucionar sus necesidades de automatización. permite monitorea entradas y modifica salidas conforme al control del programa de usuario. El programa de usuario ofrece operaciones de lógica, conteo, temporización, operaciones matemáticas complejas y comunicaciones con otros dispositivos.

El método de exploración del PLC inicialmente tiene las señales de entradas donde lee el estado de ON/OFF (activado / desactivado). Una vez que el estado de la entrada externa es almacenado en la memoria interna, cualquier cambio hecho a las entradas externas no se actualizará hasta el inicio del próximo ciclo de exploración, en la etapa intermedia esta la programación donde ejecuta instrucciones en el programa de usuario de arriba a abajo y de izquierda a derecha y luego almacena los datos evaluados. Finalmente Cuando se llega al comando FIN la evaluación del programa está completa. La memoria de salida se transfiere a las salidas físicas externas.

PLC DVP20-SX211R.

Es un PLC compacto, pequeño con entradas integradas con excelentes funciones posee cuatro entradas y dos salidas analógicas, algo muy importante es el software de programación que está disponible en la página web del fabricante de manera gratuita, además es fácil de utilizar.

Este equipo es muy fiable cuando trabaja en proyectos de monitoreo y control de señales de proceso donde se requiere supervisar niveles, partidas o paradas de bombas. Según los detalles y ventajas mencionados del PLC DVP20-SX211R se tomo la decisión de seleccionar este equipo para el desarrollo del proyecto.

El método de exploración del equipo lo describimos en la figura 2.7.2.1

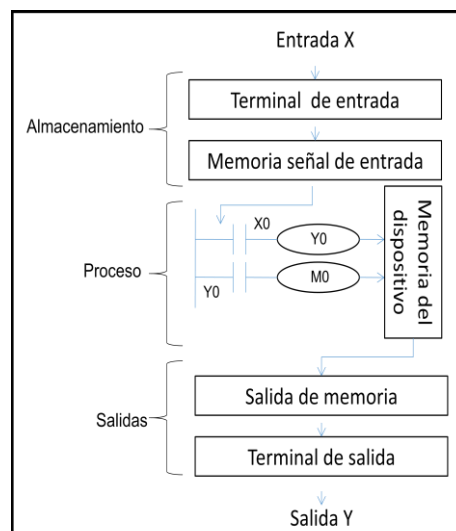


Figura 2.7.2.1 Método de exploración del PLC

Fuente: Catalogo técnico Delta Electric, 2012

Las especificaciones técnicas del PLC seleccionado son las siguientes:

Tabla 2.7.2.1 Especificaciones técnica del PLC

Características	Especificaciones técnicas
Capacidad	Adopta la CPU de 32 bits
Capacidad de Programa	6k pasos
Registro de datos	10k palabras
Velocidad de la ejecución del programa	0.35 μ s
Puertos incorporados	Un puerto ==> RS -232 Dos puertos==> RS-485 (maestro / esclavo)
Entradas incorporadas	4 entradas analógicas a 12 bit's (-20~20mA o -10v~10v) y 2 salidas analógicas a 12 bit's (0~20Ma o -10v~10v).
Función de control de movimiento	4 puntos de salida de pulsos de alta velocidad: 100kHz

Fuente: Catalogo técnico Delta Electric, 2012

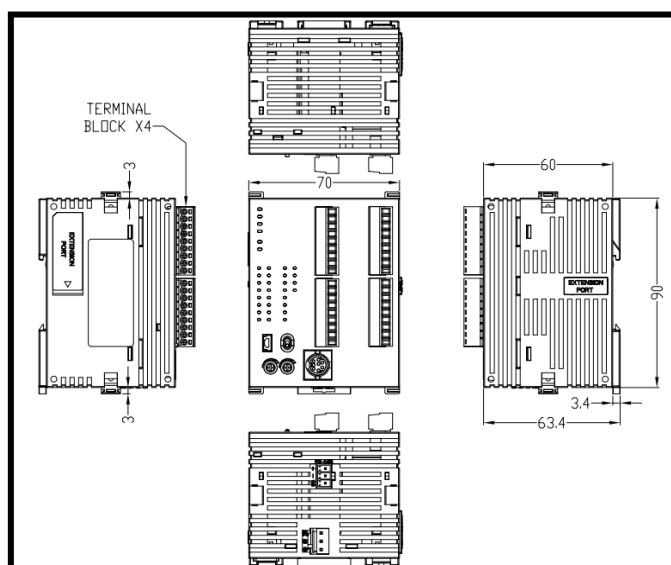


Figura 2.7.2.2 Dimensiones del PLC DVP20-SX211R

Fuente: Catalogo técnico Delta Electric, 2012

2.7.3 Transductor de presión

Los transmisores de presión son compactos están diseñados para utilizarse en la mayoría de los equipos industriales y ofrecen una medición de presión fiable, incluso en condiciones adversas. Abarca una señal de salida de 4 a 20 mA.

Transductor de presión MBS-3000

Este transductor tiene excelente estabilidad ante las vibraciones, estructura robusta y alto nivel de protección lo que hacen que sea un transmisor de presión con los requisitos industriales más estrictos. En la siguiente tabla describimos los requerimientos del proyecto en cuanto al transductor de presión comparado con las características que ofrece este modelo de transductor.

Tabla 2.7.3.1 Comparación de requerimientos del transductor

Especificaciones	Requerimientos (proyecto)	Características MBS-3000
Tipo de trabajo	Trabajo severo, húmedo	IP65
Temperatura de medio	25 - 35 °C	-40°C hasta 85°C
Tipo de conexión	1/4"- 1/2" Rosca NPT	1/4" Rosca NPT
Rango de presión	200 PSI MAX.	0 - 230 PSI
Señal de salida	4 - 20 mA.	4 - 20 mA.
Vibración	Resistente	Estadidad a vibraciones

Fuente: Elaboración Propia

Según muestra la Tabla 2.7.3.1, todas las especificaciones del transductor de presión requeridas, cumple satisfactoriamente, por lo que basándonos en la información mencionada seleccionamos modelo MBS-3000 como el transductor para el diseño del proyecto.

2.7.4 Caudalímetro magnético

El medidor de caudal deberá estar seleccionado acorde a los caudales esperados de acuerdo a la capacidad de la bomba y la tubería. Dentro de los rangos establecidos los equipos consultados se resumen en la siguiente tabla con sus respectivas características.

Tabla 2.7.4.1 Comparación de requerimientos del caudalimetro

Características	Especificaciones técnicas
Material de revestimiento	Teflon (PTFE)
Material de electrodos	Acero Inoxidable 316ss
Tipo de brida y material	Acero Inoxidable 316ss
Categoría de brida	Clase 300
Certificación de calibración	ISO 10474
Señal de salida	4-20 mA.
Rango de caudal	0-600GPM

Fuente: Elaboración Propia

2.7.5 Diagrama eléctrico del sistema de control

En la figura 2.7.5.1 se muestra el diseño completo del diagrama eléctrico para el sistema de control. El diseño debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Mostrar las entradas y salidas digitales del PLC.
- Mostrar los canales de entrada y salidas analógicas del PLC.
- Fuente de alimentación del PLC y la HMI.
- Alambrado de comunicación entre el PLC y la HMI.
- Los puertos de comunicación del PLC y de la HMI con la PC.
- Mostrar la forma de conectar los sensores en los canales de entrada analógicos

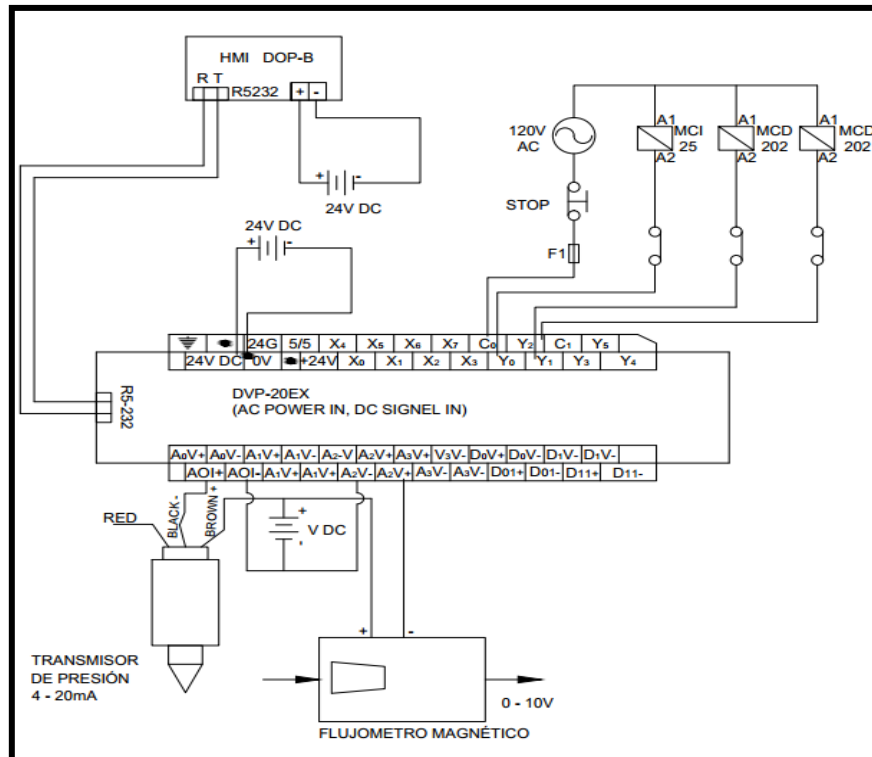


Figura 2.7.5.1 Diagrama eléctrico de control

Fuente: Elaboración Propia

2.7.6 Arrancador suave

Esta aplicación es muy utilizada en la industria de nuestro país debido que existen motores que no permiten realizar conexiones para disminuir el consumo de corriente en el arranque. Un arrancador suave es una solución perfecta y completa para el arranque de motores. Teniendo la corriente del motor sirve de información para que el control ajuste el perfil de rampa más indicado para el motor. Se ha seleccionado este equipo en lugar de un variador de velocidad por dos condiciones importantes; la primera es porque la pruebas las realizaremos a velocidad constante no se necesita variar la velocidad, la segunda es que el costo de un arrancador es cuatro veces menos que un variador de velocidad.

Las principales ventajas son:

- Adapta automáticamente el mejor perfil de arranque y paro de acuerdo a la aplicación

- Ahorro de espacio, menor coste de cableado y fácil substitución
- Permite que los motores utilicen su máximo potencial sin ser dañados por sobrecargas.

Para nuestro proyecto utilizaremos tres arrancadores; el primero que es de 25 Amperios permitirá probar las bombas hasta 10HP, el segundo de de 30 Amperios para bombas hasta 30HP y el ultimo arrancador serviría hasta potencias más alta que en este caso es 50HP

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Detalle técnico del banco de prueba.

A continuación se presenta un detalle de los elementos y equipos que se utilizarán en el banco de prueba.

3.1.1 Sistema mecánico

En esta sección se detallan todos los elementos importantes, las medidas y las cantidades requeridas. Está dividido en dos partes que relaciona todos los perfiles y materiales seleccionados para el diseño.

Tabla 3.1.1.1 Elementos seleccionados para el sistema mecánico

	Segmento	Perfil / Viga	Material	Medidas [mm]	Cant.
Estructura principal	Viga principal	Cuadrado	AISI 316	100X100X3	1
	Columna principal	Cuadrado	AISI 316	100X100X3	2
	Articulaciones	Cuadrado	AISI 316	100X100X3	1
	Placa base	Cuadrado	AISI 316	100X100X3	2
	Riel guía	Canal tipo C	AISI 316	C80X50X3	2
	Placa soporte	Placa rectangular	AISI 316	3000x1220x6	1
	Soportes	Platina	AISI 316	30x3mm	8
	Sujeciones	Cilindro maquinado	AISI 316	35X280	6
	Reservorio	Estructura reservorio	Tubo cuadrado	AISI 316	50X50X3
Estructura reservorio		Lamina	AISI 316	3000X1000	2
				500X1000	2

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Sistema neumático.

Esta sección hace referencia al cilindro neumático seleccionado la tabla a continuación muestra las dimensiones y características de trabajo:

Tabla 3.1.2.1 Elementos seleccionados para el sistema.

Equipo	Sistema	Diámetro [mm]	Carrera [mm]	Presión de trabajo [psi]
Cilindro neumático	Doble efecto	100	700	80 - 100

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 Sistema de hidráulico.

La tabla 3.3.1 muestra el detalle de los elementos seleccionado para el circuito hidráulico como son las válvula y la parte de instrumentación para la toma de datos.

Tabla 3.1.3.1 Elementos seleccionados para el sistema hidráulico.

	Partes	Material	Dimensiones	Cant
Válvulas	Globo	Acero Inox.	4"	1
	Globo	Acero Inox.	2-1/2"	1
	Expansión	Acero Inox/caucho	4"	1
Instrumentación	Manómetro de presión	Acero Inox.	0 - 1000PSI	1
	Flujometro	Acero Inox.	0 - 800GPM	1
	Transductor de Presión	Acero Inox.	0- 20 Bar	1

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4 Sistema de Control.

Esta sección detalla las partes más representativa en lo que corresponde al tablero de control entre lo más importante esta la pantalla HMI y el PLC, la descripción se detalla a continuación:

Tabla 3.1.4.1 Elementos seleccionados para el sistema mecánico

	Partes	Dimensiones	Cant.
Control	Pantalla HMI BOP-B	196,9 X142,9 mm	1
	PLC DVP20-SX211R.	90 X 63,4 mm	1
	Arrancador suave 10hp	25 Amperios	1
	Arrancador suave 30hp	30 Amperios	1
	Arrancador suave 50hp	50 Amperios	1
	Panel de control	1000X800X600 mm	1

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Esquema técnico del banco de prueba.

En las figuras siguientes se muestra un esquema de las partes que consta el banco de prueba y como están ubicados en el equipo:

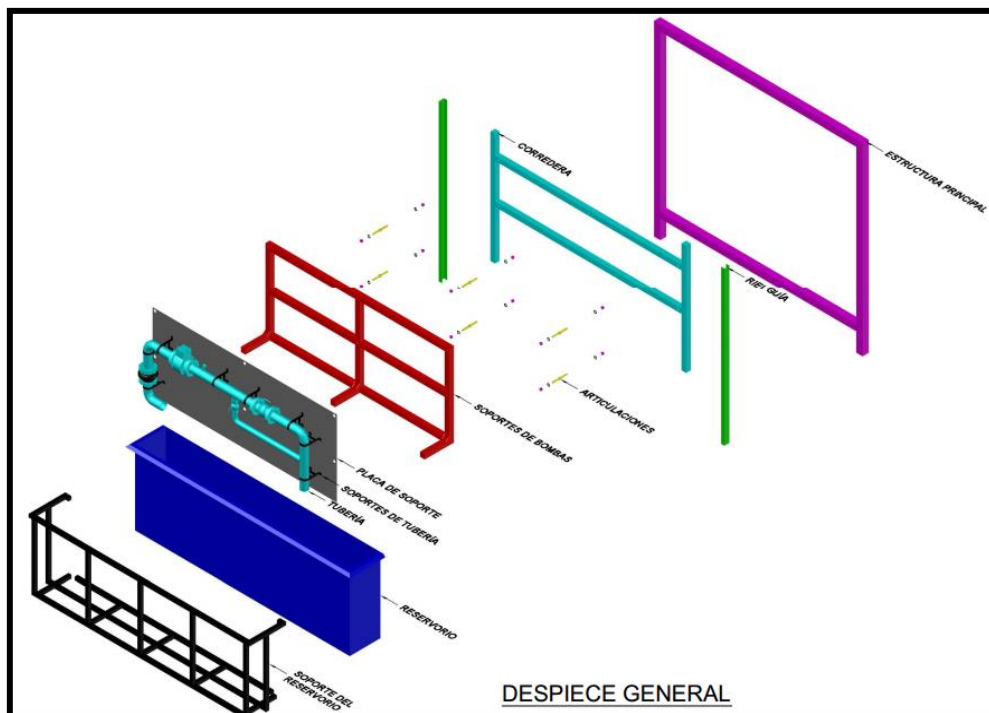


Figura 3.2.1 Despiece general del banco de pruebas

Fuente: Elaboración Propia

El banco de prueba quedaría conformado de la siguiente manera tal como muestra la figura a continuación:

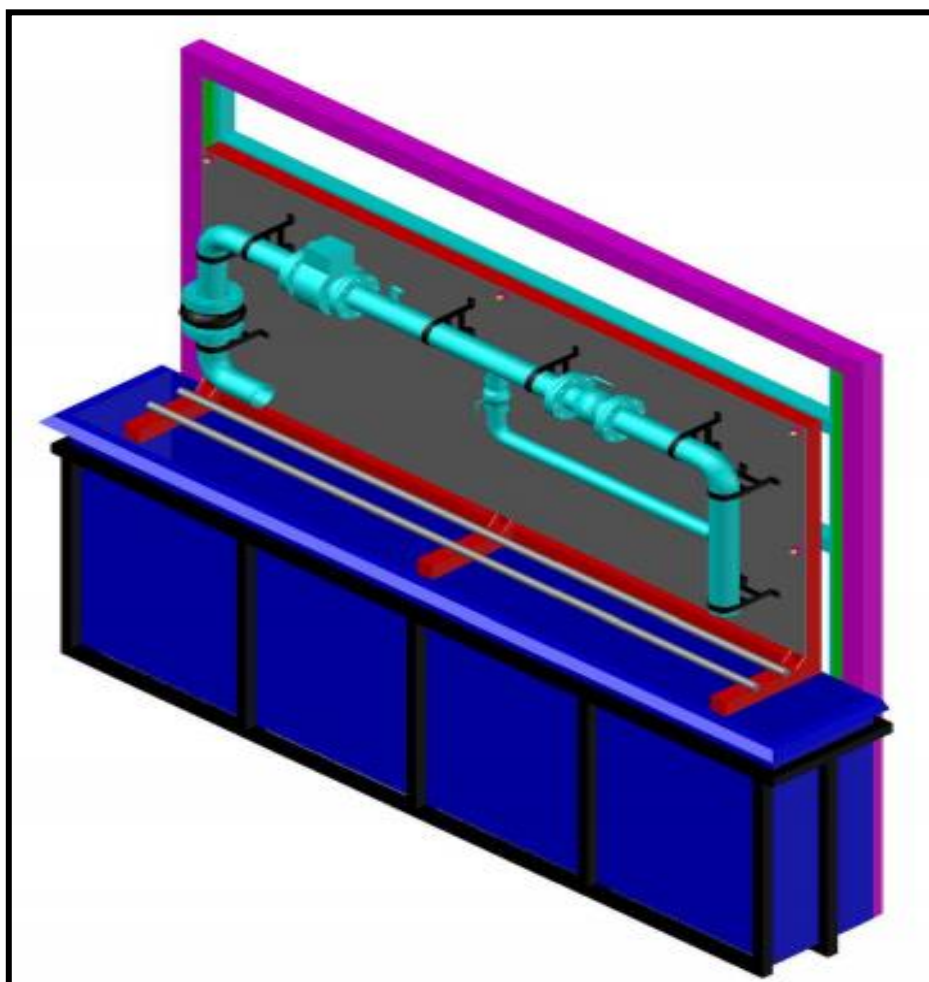


Figura 3.1.2 Esquema general del banco de pruebas

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Análisis de costos

3.3.1 Presupuesto

Para el análisis de los costos se han tomado en cuenta los rubros que involucran a este proyecto. Detallando los costos en tres partes que son los ejes fundamentales del equipo como lo muestra en detalle la tabla 10. además está incluido el costo de la ingeniería del proyecto y el costo de construcción que abarca todo lo relacionado a la mano de obra y costos indirectos del proyecto.

Tabla 3.2.1.1 Detalle de costos del proyecto

Descripción	Valor
Sistema mecánico	
Materiales metálicos	\$ 3.010,00
Válvulas	\$ 1.360,00
Tuberías	\$ 400,00
Flujometro	\$ 650,00
Transductor de presión	\$ 501,00
Sistema neumático	
Cilindro neumático (100X700)mm	\$ 1.150,00
Válvula neumática	\$ 250,00
Sistema de automatización	
Arrancador suave 50HP.	\$ 1.490,00
Arrancador suave 30HP.	\$ 940,00
Arrancador suave 15HP.	\$ 833,75
Pantalla HMI.	\$ 1.091,00
Controlador lógico programable.	\$ 448,00
Tablero de control + Protecciones eléctricas	\$ 1.750,00
Ingeniería	\$ 1.800,00
Costos de construcción	\$ 2.500,00
Costo total	\$ 18.173,75

Fuente: Elaboración propia, basado en proformas realizadas

Por lo tanto el costo de construcción del banco de prueba es de \$18.173,75. Este valor está basado en los precios que el mercado local ofrece en este momento, es probable que los valores presentados cambien en un futuro.

3.4 Análisis económico

La Tabla 3.2.1.1, Muestra el valor total del equipo. A este rubro se debe agregar costos que son valores indirectos que se generan una vez puesto en marcha el banco de prueba, estos son:

- Mantenimiento preventivos
- mantenimientos correctivos
- Calibración de equipos.

Aunque la calibración de los instrumentos se realiza cada dos años, según indica el manual del equipo. La Tabla 3.3.1, muestra los gastos total proyectados en dos años una vez que el banco de prueba es puesto en marcha.

Tabla 3.3.1 Proyección de gastos durante los dos primeros años, para el banco de prueba de construcción local

Costos	Primer año	Segundo año	Total
Proyecto	\$ 18.173,75	\$ 0,00	\$ 18.173,75
Mantenimiento preventivo	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 200,00
Mantenimiento correctivo	\$ 250,00	\$ 250,00	\$ 500,00
Calibración de equipos	\$ 0,00	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Costo total durante los dos primeros años			\$ 20.073,75

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de la Tabla 3.3.1, permiten realizar una comparación, con los costos de la tabla 3.3.2, que describe los valores que se obtienen si la empresa decide importar el equipo y no dar apertura a este proyecto.

Tabla 3.3.2 Proyección de gastos durante los dos primeros años, para el banco importado

Costos	Primer año	Segundo año	Total
Banco de prueba importado	\$ 16.800,00	\$ 0,00	\$ 16.800,00
Trabajos previos a la instalación	\$ 500,00	\$ 0,00	\$ 500,00
Mantenimiento preventivo	\$ 0,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
Mantenimiento correctivo	\$ 0,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
Calibración de equipos	\$ 0,00	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Costo total durante los dos primeros años			\$ 20.500,00

Fuente: Elaboración Propia

AL realizar la comparación se constata que el costo del banco de prueba de construcción local es ligeramente más económico que adquirirlo por importación.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones.

Se realizó el diseño de un banco de prueba para bombas sumergibles de turbina vertical ensambladas en nuestro país, para obtener certificación de calidad por parte del proveedor, además esto permitirá a la empresa ser acreditada como una SUBFACTORY (empresa certificada por el fabricante).

La ejecución de este proyecto atraerá a la empresa varias ventajas; en la parte del producto le permitirá posicionar la marca dentro del mercado por ser un equipo certificado, en la parte comercial incrementará su ventas de tal forma que la utilidad o márgenes de ganancias serán mayores, en la parte técnica disminuirían los gastos que son utilizados en la reparación de equipos por garantías.

El diseño del banco de prueba permitirá realizar la evaluación del equipo mediante el método de estrangulamiento manual para simular diferentes puntos de carga, de tal forma que el software de la pantalla HMI automáticamente graficará las señales que fueron enviados durante las pruebas por el transductor de presión y caudal.

La configuración de la estructura mecánica, se encuentra diseñada para facilitar el montaje de las bombas. Además en la línea de descarga se incluyó una junta de expansión para disminuir la rigidez de la tubería y de esta forma evitar el desalineamiento, asegurando el ensayo durante el proceso de prueba.

La interface de control seleccionado utiliza software, que es un programa amigable, comprensible y de fácil uso para realizar el monitoreo y gráficas, además presenta flexibilidad para la comunicación con los arrancadores

suaves y el PLC, evitando completamente el conflicto en el sistema de automatización.

El costo de un banco de prueba importado tiene un valor mucho menor al costo del banco de prueba de construcción local. Pero si proyectamos todos los costos que implican en dos años a partir del funcionamiento del equipo, podemos determinar que construirlo localmente es más factible que importarlo porque su costo es menor, tal como muestran las tablas Tabla.- 3.3.1 y Tabla.- 3.3.2.

4.2 Recomendaciones

Como mejora del proyecto en un futuro se pueden reemplazar las válvulas de globo por válvulas de posición con accionamiento eléctrico o neumático dependiendo del análisis de factibilidad en el momento, para que el estrangulamiento no sea de forma manual sino automática, la ventaja es que el interfaz de usuario seleccionado permite aplicar esta opción.

Si consideran evaluar bombas de mayor capacidad a las definidas en el alcance, se debe calcular el diámetro de la tubería en base al caudal es probable que tengan que reemplazarla, además se debe seleccionar e instalar un nuevo arrancador suave con los respectivos accesorios eléctricos que tenga la capacidad para arrancar los motores con las la nuevas potencias.

Es indispensable siempre verificar que el motor sumergible tenga la opción de conexión de voltaje en 440V. Porque puede estar en 220V sin embargo cuando se presenta este caso se resuelve cambiando el terminal de voltaje en el motor.

no deben ser paradas en forma brusca, sino cerrar la válvula de descarga en forma gradual y con mucha lentitud, el tiempo que la bomba debe trabaja a válvula completamente cerrada debe ser muy corto (Tres segundos), caso

contrario el fluido estaría en recirculación internamente y puede afectar a los impulsores de la bomba.

Evitar funcionar la bomba y motor si haberlo sumergido, los cojinetes que utiliza la bombas son de caucho que sirven de sellos, estos tienen un elevado coeficiente de fricción y se pueden averiar en pequeños instantes de tiempo. Por lo que se recomienda que estén sumergidas al menos 30 cm del nivel de superficie de agua

Se debería tomar en consideración el realizar las actividades de mantenimiento preventivo enumeradas en el apéndice C – rutina de mantenimiento preventivo.

BIBLIOGRAFÍA.

Herrera D. (2011). Diseño y simulacion de un banco de pruebas dinamicas para secciones sellantes TR4 y TR5 utilizadas en un sistema de bombeo, Quito.

Piñeiro M. Carlos G. (2008). diseño y construcción de un banco de pruebas para bombas sumergibles verticales empleadas en las obras de construcción de túneles subterráneos, Trabajo especial de grado Caracas, Universidad Central de Venezuela.

Cengel Y, Cimbala J. (2006). Mecánica de fluidos, fundamentos y aplicaciones. Primera edición, México.

Shigley, J. (2008), Diseño mecánico, proceso de diseño pág. 3.

Norton, (2006). Diseño de maquinas. Parámetros de diseño mecanico, pág.20

Cross, N. (2005). Métodos de Diseño, estrategias para el diseño de productos.

México: Limusa Wiley.

Manzano, F. (1994). Diseño de un Banco de Pruebas para Bombas Centrífugas Verticales. Trabajo especial de grado Caracas, Universidad Central de Venezuela.

Manual técnico, (2010).GOULS PUMS, bombas de turbina vertical.

Manual de Grunfos pums, (2010). Auditoras SUBFACTORY, 2010

Apendice

Specifications

MODEL		DOP-B03S211	DOP-B03E211	DOP-B03S111	DOP-B07S411	DOP-B07S401K DOP-B07S411K	DOP-B07S415 DOP-B07PS415	DOP-B07E415
LCD MODULE	Display Type	4.3" TFT LCD (65536 colors)		5.6" TFT LCD (65536 colors)	7" Widescreen TFT LCD (65536 colors)			
	Resolution	480 x 272 pixels		320 x 234 pixels	800 x 480 pixels			
	Backlight	LED Back Light (less than 10,000 hours half-life at 25°C) ¹⁾						
	Display Size	95.04 x 53.856mm		113.28 x 84.70mm	154.08 x 85.92mm		152.4 x 91.44mm	
Operating System		Delta Real Time OS						
MCU		32-bit RISC Micro-controller						
Flash ROM		Flash ROM 128 MB(OS System: 30MB / Backup: 16MB / User Application: 62MB)						
SDRAM		64Mbytes						
Backup Memory		16Mbytes						
Sound Effect Output	Buzzer	Multi-Tone Frequency (2K ~ 4K Hz) / 85dB						
	AUX	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Stereo output
Ethernet Interface		N/A	IEEE 802.3, IEEE 802.3u 10/100 Mbps Auto-sensing (has built-in isolated power circuit ³⁾)	N/A	N/A	N/A	N/A	IEEE 802.3, IEEE 802.3u 10/100 Mbps Auto-sensing (has built-in isolated power circuit ³⁾)
Memory Card		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	SD card (support SDHC)	
USB		1 USB Host ²⁾ Ver 1.1 / 1 USB Client Ver 2.0						
Serial COM Port	COM1	RS-232 (Supports hardware flow control) / RS-485		RS-232 (supports hardware flow control)				
	COM2	RS-422 / RS-485		RS-232 / RS-485		RS-232 / RS-422 RS-485	RS-232 / RS-422 RS-485 (has built-in isolated power circuit ³⁾)	
	COM3	N/A		RS-422 / RS-485		RS-232 / RS-422 RS-485	RS-232 / RS-422 RS-485 (has built-in isolated power circuit ³⁾)	
Function Key		N/A				8	N/A	
Perpetual Calendar (RTC)		Built-in						
Cooling Method		Natural air circulation						
Safety Approval		CE / UL ⁴⁾ / KCC ⁵⁾						
Waterproof Degree		IP65 / NEMA4						
Operation Voltage ⁶⁾		DC +24V (-10% ~ +15%) (please use isolated power supply)						DC +24V (-10% ~ +15%) (has built-in isolated power circuit ³⁾)
Voltage Endurance		AC500V for 1 minute (between charging DC24 terminal and FG terminals)						
Power Consumption ⁷⁾		2.64W	2.64W	3.0W	4W	4W	5W	7.5W
Backup Battery		3V lithium battery CR2032 x 1						
Backup Battery Life		It depends on the temperature used and the conditions of usage, about 3 years or more at 25°C						
Operation Temp		0°C ~ 50°C						
Storage Temp		-20°C ~ +60°C						
Ambient Humidity		10% ~ 90% RH (0 ~ 40°C), 10% ~ 55% RH (41 ~ 50°C), Pollution Degree 2						
Vibration / Shock		IEC 61131-2 compliant 5Hz ~ 8.3Hz = Continuous; 3.5mm, 8.3Hz ~ 150Hz = Continuous; 1.0g IEC 60068-2-27 compliant 15g peak for 11 ms duration, X, Y, Z directions for 6 times						
Dimensions (W) x (H) x (D) mm		129 x 103 x 39	129 x 103 x 39	184 x 144 x 50	215 x 161 x 50	215 x 161 x 50	215 x 161 x 50	215 x 161 x 50
Panel Cutout (W) x (H) mm		118.8 x 92.8	118.8 x 92.8	172.4 x 132.4	196.9 x 142.9	196.9 x 142.9	196.9 x 142.9	196.9 x 142.9
Weight		Approx. 230g	Approx. 264g	Approx. 670g	Approx. 820g	Approx. 820g	Approx. 970g	Approx. 970g

1) The half-life of backlight is defined as original luminance being reduced by 50% when the maximum driving current is supplied to HMI.

2) USB Host port can provide up to 5W/500mA of power.

3) The isolated power circuit can withstand a 1500V voltage peak for 1 minute.

4) Some models are in the process of application for UL and KCC certification. For more information, please consult our distributors.

5) The value of the power consumption indicates the electrical power consumed by HMI with no peripheral devices connected.

To ensure normal operation, it is recommended using a power supply with a capacity 1.5 ~ 2 times the value of the power consumption.

6) Users can download the DOPSoft, the program editor of Delta HMI products and the user manual via the following link: <http://www.deltaww.com>

7) The content of this catalogue may be revised without prior notice. Please consult our distributors or download the most updated version at <http://www.deltaww.com>

Dimensiones

Características VLT® Arrancador compacto MCD 200

Modelo	Potencia (kW)	Frecuencia corriente AC-50/60* (Ampes)	Dimensiones (mm) A1 x A2 x F	Aprobaciones
MCD 201/ MCD 202	7.5	18 Ac 4-6: 50/4	202 x 98 x 165	UL C - UL CE CCC C-disk Iloyd
	15	24 Ac 4-6: 50/4		
	18	42 Ac 4-6: 50/4		
	22	48 Ac 4-6: 50/4		
	30	68 Ac 4-6: 50/4		
	37	75 Ac 4-6: 50/4	215 x 145 x 193	
	45	85 Ac 4-6: 50/4		
	55	100 Ac 4-6: 50/4		
	75	140 Ac 4-6: 50/4		
	90	170 Ac 4-6: 50/4		
110	200 Ac 4-6: 50/4			

*Ejemplo: ACE 180/36 + 6/25/4 = corriente de arranque máx. 4 veces FLC (A1x4) en 6 segundos, 25/4 segundos mínimos entre arranques

Características VLT® Arrancador Suave MCD 100

Modelo	Potencia (kW)	Frecuencia (Ampes)	Dimensiones (mm) A1 x A2 x F	Aprobaciones
MCD 100	1.5	3 Ac 5-5/10 (AC 5/10)	102 x 22,5 x 124	UL, CSA, CE
	7.5	15 Ac 5-2: 100-1000 (AC 5/1a)	110 x 45 x 128	
	11	25 Ac 6-0/100-900 (AC 5/1a)	110 x 60 x 128	

Características VLT® Arrancador Suave MCD 500

Potencia Motor (kW)	Cód. tamaño	Arranques por hora	Max. FLC	Rango corriente FLC (40°C, 1000m) conexión motor Delta					
				Ligero 200%, 30s, bypass interno		Normal 400%, 30s, bypass interno		Pesado 450%, 30s, bypass interno	
11	G1 (sin ventilador)	10	23	21	31	15			
18.5		10	43	37	31	26			
22		10	50	43	37	30			
25		10	53	53	46	37			
30		6	76	68	55	47			
37	G1	6	97	84	69	58			
45		6	100	89	74	61			
55		6	105	105	95	78			
68	G2	6	145	131	106	90			
75		6	170	141	121	97			
90		6	200	195	160	134			
110		6	220	215	178	149			
Potencia Motor (kW)	Cód. tamaño	Arranques por hora	Max. FLC	SIN bypass	Bypass externo	SIN bypass	Bypass externo	SIN bypass	Bypass externo
132	G3x	6	255	245	255	195	201	171	176
185	G4x	6	360	360	360	303	310	259	263
260		6	380	380	380	348	359	293	299
320		6	430	428	430	355	368	301	309
315		6	620	595	620	515	540	419	434
335		6	650	619	650	532	561	437	455
445	G5x	6	790	790	790	694	714	567	579
590		6	930	927	930	830	859	644	661
650		6	1200	1200	1200	1135	1200	983	1021
750	G5x	6	1410	1410	1410	1187	1319	1023	1114
850		6	1600	1600	1600	1433	1600	1227	1353

Nota: utilice el software de PC WinSoft para una selección más precisa

Especificaciones

Tipo	VLT® Soft Starter MCD 300	VLT® Soft Start Controller MCD 100
	La solución de arrancador más completa. Proporciona métodos de control avanzados para el arranque y paro, y protecciones especiales para motores y aplicaciones.	Un arrancador para instalarlo y olvidarlo con montaje en canal DIN. El MCD100 proporciona funciones básicas de marcha y paro.
Concepto	Mejora del arranque y paro suave Protección del sistema y motor 7,5 – 180 kW @ 400 V (21 – 1600A) Tensión de red: 200 – 600 V Tensión de control: 110 – 220 V CA @ 24 V CA/CC Control SCR – 3 Fases	Arranque suave Paro suave 0,1 – 11 kW @ 400 V Tensión de red: 200 – 600 V Tensión de control: 24 – 480 V CA/CC Control SCR – 3 Fases
Marcha/paro	Control Adaptativo de Aceleración (AAC) Límite de corriente de arranque Doble conjunto de parámetros Sobrecorriente de arranque Velocidad fija – JOG	Rampa de aceleración de tensión Par de arranque ajustable Función de sobrecorriente de arranque seleccionable
	Control Adaptativo de Deceleración (AAC) Paro suave rampa de tensión Parada por inercia Función freno CC – tres fases Función de frenado suave Velocidad fija – JOG	Rampa de deceleración de tensión
Protección	Como el MCD 300 + Baja tensión Desequilibrio de corriente Sobretensión Retardo de arranque Aviso antes de disparo por fallo Sensibilidad ajustable del desequilibrio de fases – Entrada de disparo programable – Disparo por pérdida de fase individual – Disparo cortocircuito SCR individual – Relé de bypass interno de sobrecarga – Relé de bypass interno de fallo Protecciones totalmente ajustables Tiempo de bus de comunicaciones Sobretensión de disipadores Fallo batería/relé Frecuencia de alimentación Fallo externo	
Salidas	Tres relés de salida programables Salida analógica programable Terminar de motor	
Control	Display y panel gráfico en 8 idiomas Menú rápido y menú de aplicaciones Pulsadores marcha, paro, reset y control remoto Entradas para el control a 2 o 3 hilos Opcional: Módulo para comunicación serie Kit de operador remoto Software PC	Control a dos hilos Programable a través de 3 potenciómetros
Otras características	Bypass hasta 100 kW Barras de bus configurables a partir de 300 A Temporizadores Velocidad baja fija – JOG Auto reset de fallos Funcionamiento de emergencia 99 registros de datos Registro de fallos Medidor y lecturas programables por el usuario Simulación antes de conectar a la tensión de red	Diseño robusto de SCR para limitado número de arranques por hora, LED indicadores, IP 30

Dimensionamiento de los caudalímetros magnéticos

Dimensionamiento del caudalímetro

El tamaño del medidor modifica la velocidad del caudal. Puede ser necesario seleccionar un medidor mayor o menor que la tubería para asegurar que la velocidad del fluido queda dentro del rango especificado para el sensor. En la Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5 se proporcionan recomendaciones y ejemplos para las dimensiones de velocidades normales en diversas aplicaciones. Es posible también obtener un funcionamiento aceptable al trabajar fuera de estas recomendaciones.

Tabla 3. Recomendaciones para el dimensionamiento

Aplicación	Rango de velocidad (ft/s)	Rango de velocidad (m/s)
Servicio normal	0-39	0-12
Servicio especial	2-20	0,6-6,1
Suspensiones acuosas abrasivas	3-10	0,9-3,1
Suspensiones acuosas no abrasivas	5-15	1,5-4,6

Para hacer la conversión de la medida del caudal a la velocidad del mismo, se aplica la siguiente ecuación y el factor adecuado de los mostrados en la Tabla 4.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Factor}}$$

Ejemplo: Unidades SI

Tamaño del magnético: 100 mm (factor de la Tabla 4 = 492,0)
Caudal normal: 800 l/min

$$\text{Velocidad} = \frac{800 \text{ (l/min)}}{492,0}$$

$$\text{Velocidad} = 1,7 \text{ m/s}$$

Ejemplo: Unidades del sistema inglés

Tamaño del magnético: 4 in. (factor de la Tabla 4 = 39,679)
Caudal normal: 300 GPM

$$\text{Velocidad} = \frac{300 \text{ (gpm)}}{39,679}$$

$$\text{Velocidad} = 7,56 \text{ ft/s}$$

Tabla 4. Relación entre el tamaño de la tubería y el factor de conversión

Tamaño nominal de tubería mm (in.)	Factor para galones/minuto	Factor para litros/minuto
4 (0.15)	0.055	0,683
8 (0.30)	0.220	2,732
15 (½)	0.947	11,745
25 (1)	2.693	33,407
40 (1½)	6.345	78,69
50 (2)	10.459	129,7
65 (2½)	14.922	185,0
80 (3)	23.042	285,7
100 (4)	39.679	492,0
150 (6)	90.048	1,116
200 (8)	155.94	1,933
250 (10)	245.78	3,048
300 (12)	352.51	4,371
350 (14)	421.70	5,229
400 (16)	550.80	6,830
450 (18)	697.19	8,645
500 (20)	866.51	10,745
600 (24)	1,253.2	15,541
750 (30)	2,006.0	24,877
900 (36)	2,935.0	36,398

SERIES ASM

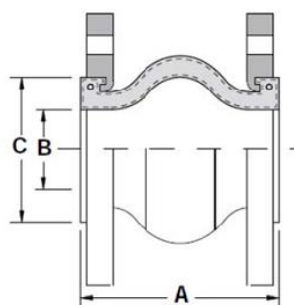
NEOPRENE/EPDM FLANGED SINGLE SPHERE CONNECTOR

SPECIFICATION

Single Sphere Connector body material shall be neoprene cover and tube elastomer with nylon cord fabric reinforcement. The single sphere connector will have Carbon Steel, Zinc Plated flanges and a hard steel wire frame. The twin sphere connector shall be SSI ASM Series.

MATERIALS OF CONSTRUCTION

BodyNeoprene
 Reinforcing FabricNylon Cord Fabric
 WireHard Steel Wire
 Floating FlangesCarbon Steel Zinc Plated RST 37-2



Connections: 1" to 20" Flanged

Burst Pressure 850 PSIG

DIMENSIONS inches (mm) AND WEIGHTS pounds (kg)

Size	A	Allowable Movement				B	C	Weight	
		Axial Compression	Axial Extension	Lateral Deflection	Angular Deflection			Connector Only	With Rods
1	6	3/4	15/32	9/16	19/32	1 1/2	2 1/8	5	10
(25)	(152)	(19)	(12)	(14)	(15)	(39)	(75)	(2.3)	(4.7)
1 1/4	6	3/4	15/32	9/16	19/32	1 1/2	2 1/8	7	10
(32)	(152)	(19)	(12)	(14)	(15)	(39)	(75)	(3.2)	(4.7)
1 1/2	6	3/4	15/32	9/16	19/32	1 1/2	2 1/8	8	12
(38)	(152)	(19)	(12)	(14)	(15)	(39)	(75)	(3.6)	(5.4)
2	6	3/4	15/32	9/16	19/32	1 3/4	3 1/8	11	15
(51)	(152)	(19)	(12)	(14)	(15)	(48)	(86)	(5.0)	(7.0)
2 1/2	6	3/4	15/32	9/16	19/32	2 1/2	4 1/8	11	19
(64)	(152)	(19)	(12)	(14)	(15)	(63)	(105)	(5.0)	(8.7)
3	6	3/4	15/32	9/16	19/32	2 3/4	4 3/8	13	23
(76)	(152)	(19)	(12)	(14)	(15)	(73)	(118)	(5.9)	(10.4)
4	6 1/2	3/4	15/32	9/16	19/32	3 1/4	5 1/8	17	25
(102)	(156)	(19)	(12)	(14)	(15)	(100)	(148)	(7.7)	(11.4)
5	6 1/2	3/4	15/32	9/16	19/32	5	7 1/4	21	30
(127)	(156)	(19)	(12)	(14)	(15)	(127)	(178)	(9.5)	(13.6)
6	6 1/2	3/4	15/32	9/16	19/32	5 1/2	8 1/8	25	37
(152)	(156)	(19)	(12)	(14)	(15)	(147)	(210)	(11.3)	(16.8)
8	6 1/2	1	15/32	7/8	19/32	7 1/2	10 1/4	37	53
(203)	(156)	(25)	(12)	(22)	(15)	(199)	(260)	(15.8)	(24.0)
10	8	1	5/8	7/8	19/32	9 1/4	12 1/8	58	82
(254)	(203)	(25)	(16)	(22)	(15)	(248)	(322)	(25.3)	(37.2)
12	8	1	5/8	7/8	19/32	11 1/2	14 1/8	80	109
(305)	(203)	(25)	(16)	(22)	(15)	(296)	(370)	(35.3)	(49.4)
14	8	1	5/8	7/8	19/32	13 1/2	16 1/8	101	138
(356)	(203)	(25)	(16)	(22)	(15)	(336)	(413)	(45.8)	(62.6)
16	8	1	5/8	7/8	19/32	15 1/2	18 1/8	127	176
(406)	(203)	(25)	(16)	(22)	(15)	(385)	(464)	(57.6)	(79.8)
18	8	1	5/8	7/8	19/32	17 1/8	20 1/8	136	183
(457)	(203)	(25)	(16)	(22)	(15)	(440)	(524)	(61.7)	(83.0)
20	8	1	5/8	7/8	19/32	19 1/2	22 1/8	158	212
(508)	(203)	(25)	(16)	(22)	(15)	(490)	(573)	(71.7)	(96.1)

Other sizes available. Consult factory.
 Dimensions are subject to change. Consult factory for certified drawings when required.

Installation Note:
 For correct Installation & Maintenance instructions see page 244



ANEXOS A

Calculo de fuerza hidrostática

Superficie 1.

$$b: 3600 \text{ mm}$$

$$h: 1200 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h$$

$$A = (3600 \text{ mm}) \cdot (1200 \text{ mm})$$

$$A = 4320000 \text{ mm}^2 = 4,32 \text{ m}^2$$

$$F_R = \text{volumen} = \frac{1}{2}(\gamma h)(bh) = \gamma \left(\frac{h}{2}\right) A$$

$$F_R = \left(9,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,6 \text{ m} \cdot 4,32 \text{ m}^2\right)$$

$$Fr = 25,4 \text{ kN}$$

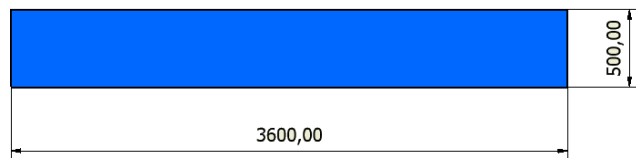


La mayor fuerza hidrostática está en la superficie lateral frontal del tanque.

Superficie 2.

$$b: 3600 \text{ mm}$$

$$h: 500 \text{ mm}$$



$$A = b \cdot h$$

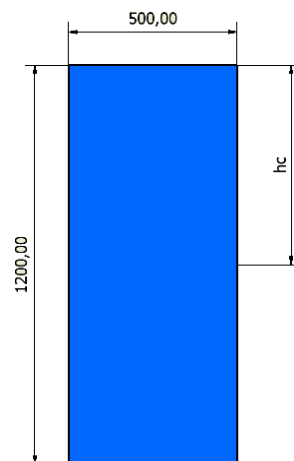
$$A = (3600 \text{ mm}) \cdot (500 \text{ mm})$$

$$A = 1800000 \text{ mm}^2 = 1,8 \text{ m}^2$$

$$F_R = P \cdot A = \gamma h A$$

$$F_R = \left(9,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1,2 \text{ m} \cdot 1,8 \text{ m}^2\right)$$

$$Fr = 21,17 \text{ kN}$$



Superficie 3.

$$b: 500 \text{ mm}$$

$$h: 1200 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h$$

$$A = (500 \text{ mm}) \cdot (1200 \text{ mm})$$

$$A = 600000 \text{ mm}^2 = 0,6 \text{ m}^2$$

$$F_R = \text{volumen} = \frac{1}{2}(\gamma h)(bh) = \gamma \left(\frac{h}{2}\right) A$$

$$F_R = \left(9,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,6 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m}^2 \right)$$

$$F_R = 3,53 \text{ kN}$$

Para el cálculo de espesor del tanque utilizamos de referencia la máxima fuerza hidrostática calculada y la formula de (Megyesy, 1992).

$$t = 2,45 L \sqrt{\alpha_n \frac{P_n}{S}}$$

t: Espesor de la pared [pulg]

L: longitud de la pared. [pulg]

α_n : Factor de relación de altura y longitud.

P_n : Presión del fluido [*lbr/pulg²*]

S: valor de esfuerzo del material.

Los datos a continuación

L	142 Pulg
α_n	0,0012
P_n	0,89 [<i>lbr/pulg²</i>]
S	23 [<i>lbr/pulg²</i>]

$t = 0,115 \text{ pulg} = 2.921 \text{ mm}$. Por lo tanto se usará una plancha de 3mm de espesor

ANEXOS B

Funcionamiento del banco de prueba.

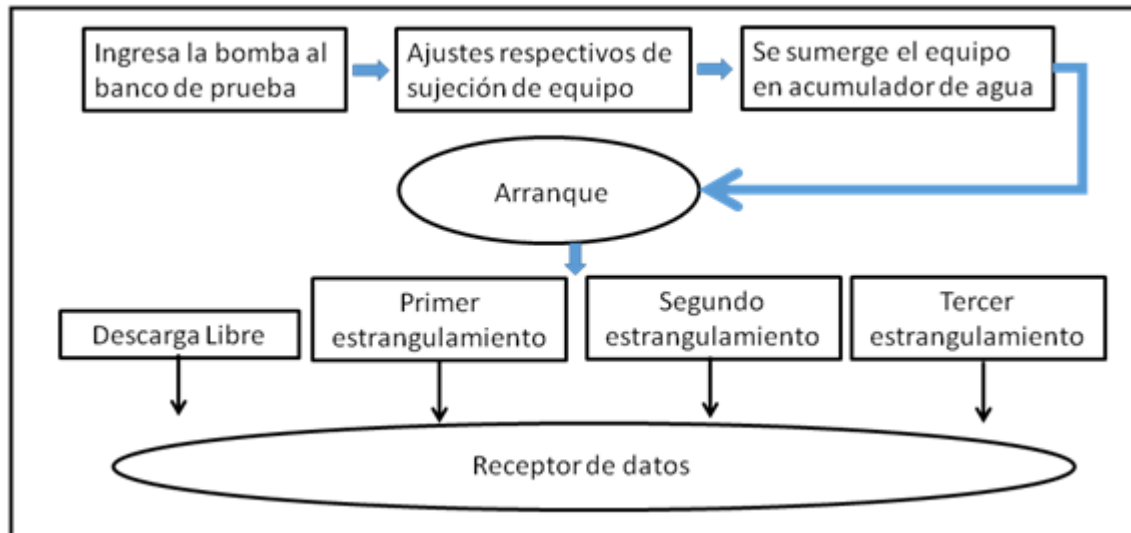


Figura.- Esquema de funcionamiento del banco de prueba

Fuente: Elaboración Propia.

El funcionamiento del sistema como tal, tienen varias características incluso trabajos de equipos que funciona paralelamente. La operación de este equipo se muestran en detalle en los siguientes pasos:

1. Se coloca la bomba acoplada con su respectivo motor en el soporte de bombas del banco.
2. Realizar los ajustes respectivos, tanto de la bomba - soporte y de la descarga con la brida de entrada a la tubería del banco de prueba.
3. Verificamos seguros, válvulas totalmente abiertas, conexión de equipos de instrumentación.
4. Accionamos el botón de elevación/bajada de la bomba, automáticamente el cilindro neumático realizará su trabajo, sumergiendo totalmente la bomba.
5. En la pantalla del sistema de control se selecciona la opción ON/BOMBA para encenderla.
6. Esperamos 1 minuto luego de arranque y empezamos a estrangular el sistema
7. este estrangulamiento se realizara en hasta en cuatro posiciones hasta llegar al último punto que es a válvula cerrada (solo es un instante).
8. Finalmente colocamos a su posición inicial la válvula de estrangulamiento.

9. Seleccionamos en la pantalla de control la opción OFF/Bomba, para apagarla.
10. Elevamos la bomba para sacarla del reservorio.
11. Revisamos los datos que están registrados en la pantalla de control.
12. Si los datos está acorde a lo que esperado generamos las curvas respectivas de la bomba y lo colocamos en el historial de la misma. Caso contrario repetimos todo el proceso desde el punto cuatro.
13. Imprimimos resultados.

PLANOS ESQUEMÁTICOS

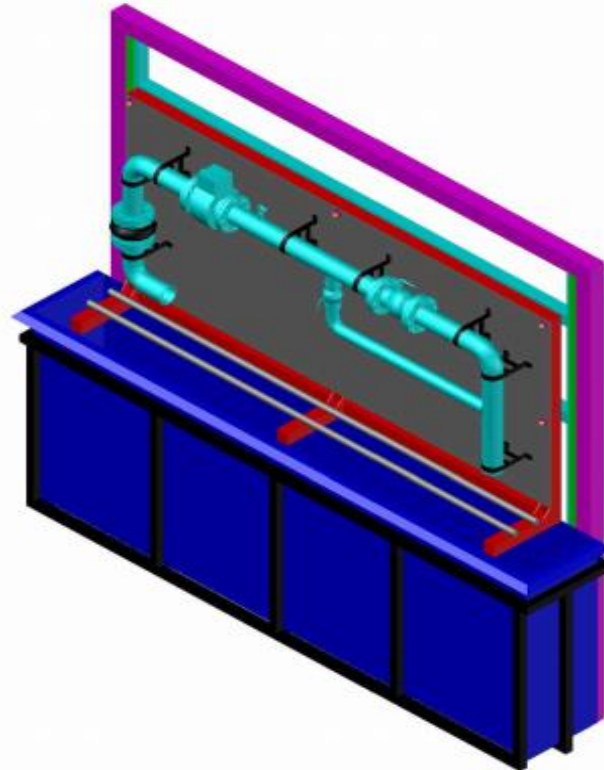
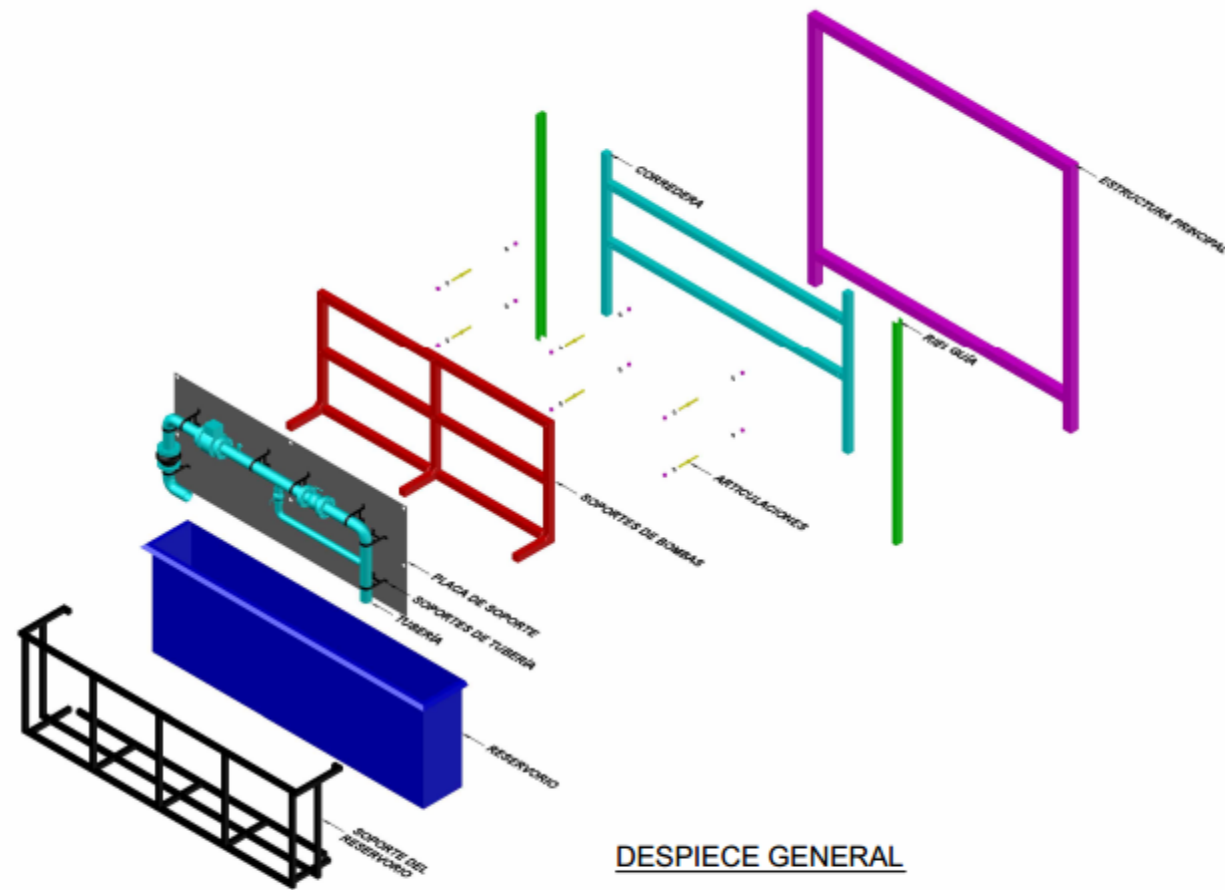
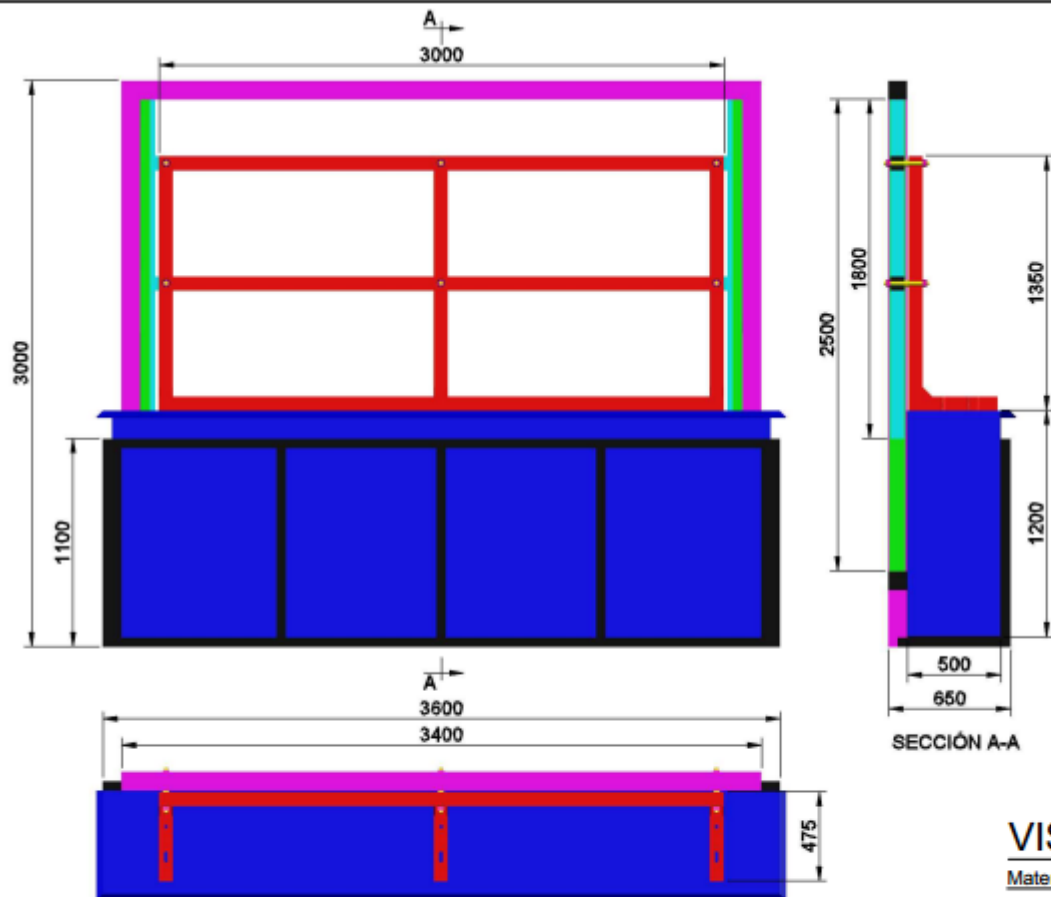


DIAGRAMA GENERAL

	Nombre	Fecha	FIMCP - ESPOL
	Dibujado por: Jorge Holguín	15-02-2016	
Escala:	Aprobado por:		No.
1:37.5		BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES	1/14



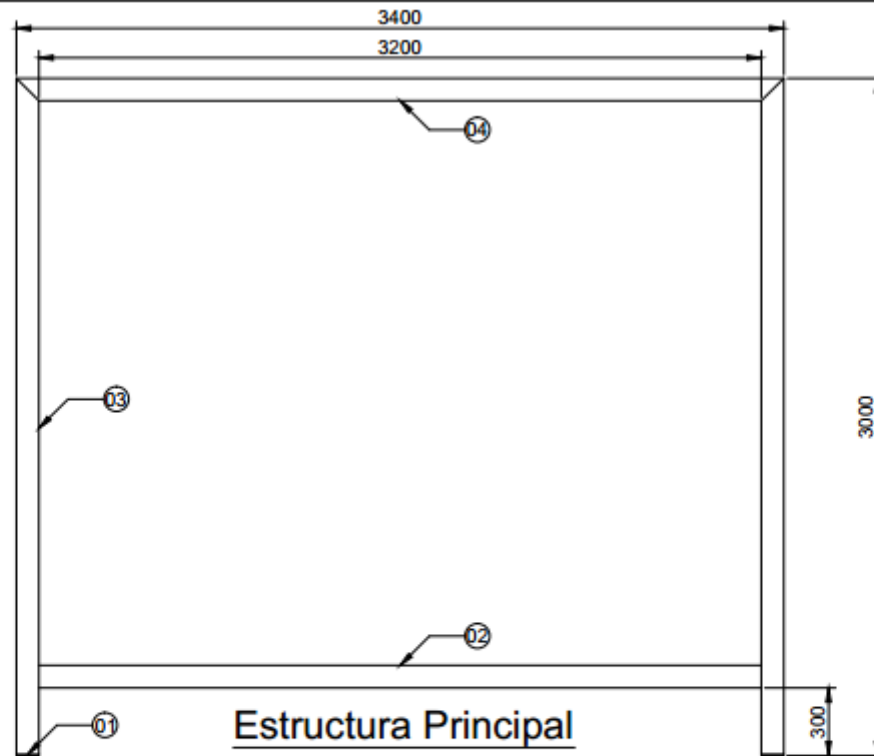
	Nombre	Fecha	FIMCP - ESPOL
	Dibujado por: Aprobado por:	Jorge Holguín	
Escala: 1:37.5	BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES		No. 2/14



VISTAS GENERALES

Material: Acero Inoxidable AISI-316

	Nombre	Fecha	FIMCP - ESPOL
	Dibujado por: Aprobado por:	Jorge Holguín	
Escala: 1:30	BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES		No. 3/14

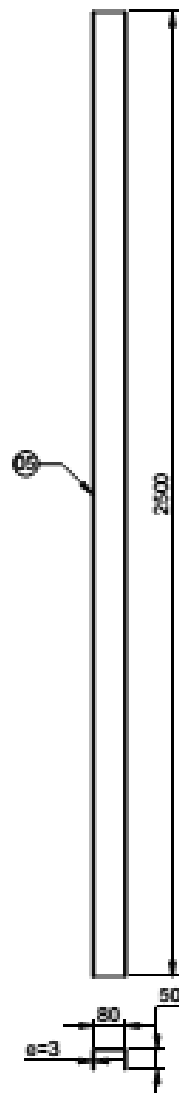


Estructura Principal

NOTA:
Uniones soldadas al contorno mediante proceso TIG.

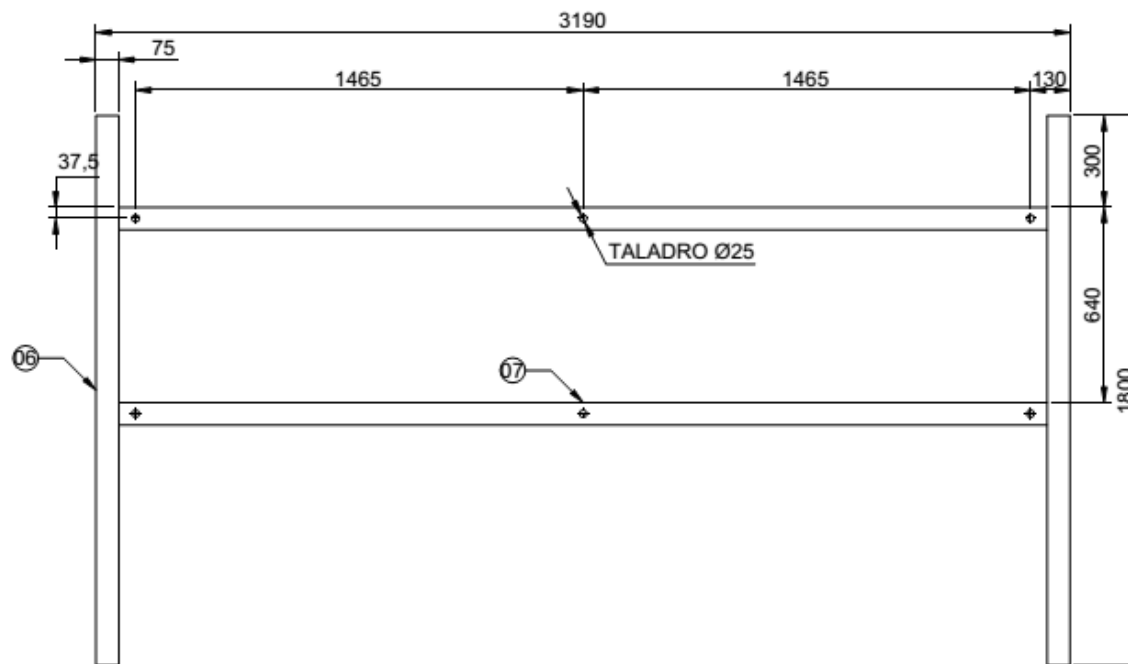
N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión
04	1	Viga Principal	Acero AISI 316	Tubo Cuadrado de 100x100x3, Longitud 3400mm
03	2	Columna Principal	Acero AISI 316	Tubo Cuadrado de 100x100x3, Longitud 2994mm
02	1	Articulación	Acero AISI 316	Tubo Cuadrado de 100x100x3, Longitud 3200mm
01	2	Placa Base	Acero AISI 316	PL 100x100x6mm

	Nombre		Fecha		FIMCP - ESPOL
	Dibujado por:	Jorge Holguín	15-02-2016		
Escala:		BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES			No.
1:25					4/14



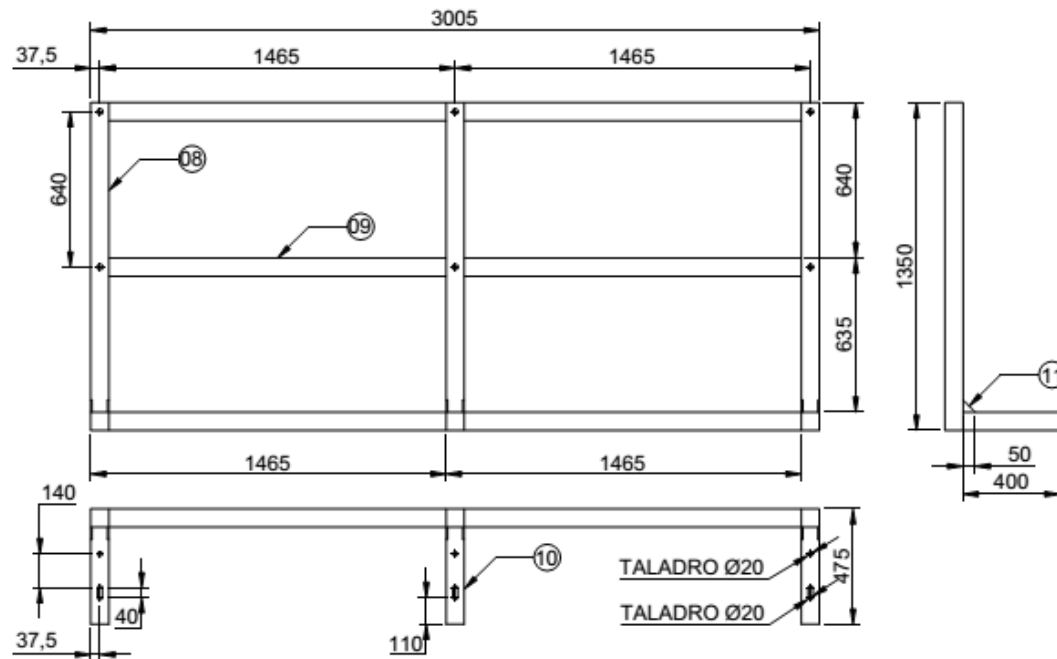
RIEL GUÍA

05	2	Riel Guía	Acero Aisl 316	Canal C-80x50x3, Longitud 2500mm	
N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión	
			Nombre	Fecha	FIMCP - ESPOL
			Dibujado por:	Jorge Holguín	
		Aprobado por:			
Escala:		BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES			No.
1:15					5/14



CORREDERA

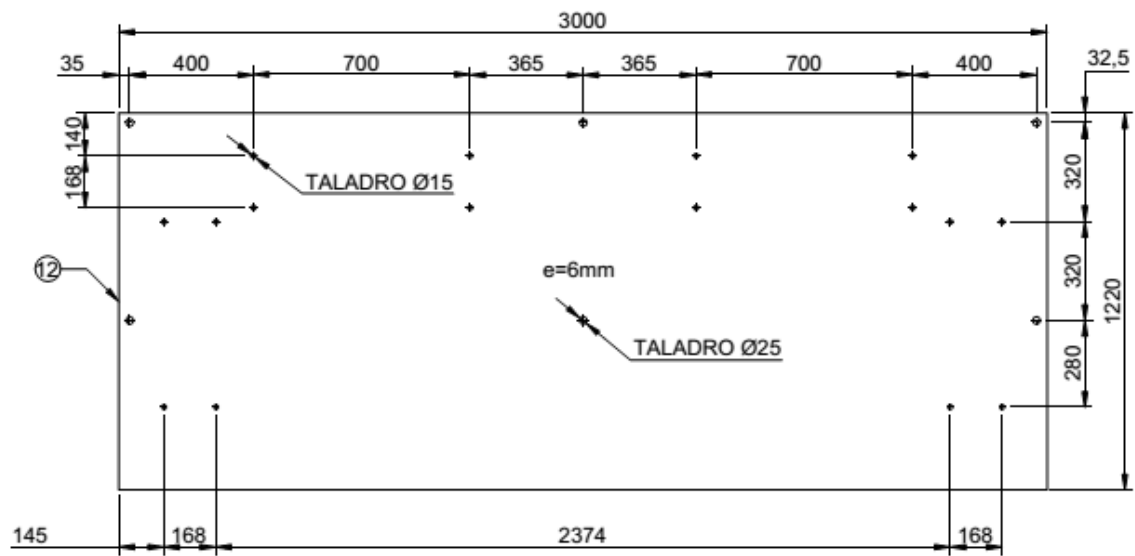
07	2	Viga Corredera	Acero AISI 316	Tubo Cuadrado de 75x75x3, Longitud 3040mm	
06	2	Columna Corredera	Acero AISI 316	Tubo Cuadrado de 75x75x3, Longitud 1800mm	
N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión	
			Nombre	Fecha	FIMCP - ESPOL
Escala:			Dibujado por:		
1:20		Aprobado por:	Jorge Holguín		BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES



ESTRUCTURA DE SOPORTE DE TUBERÍA

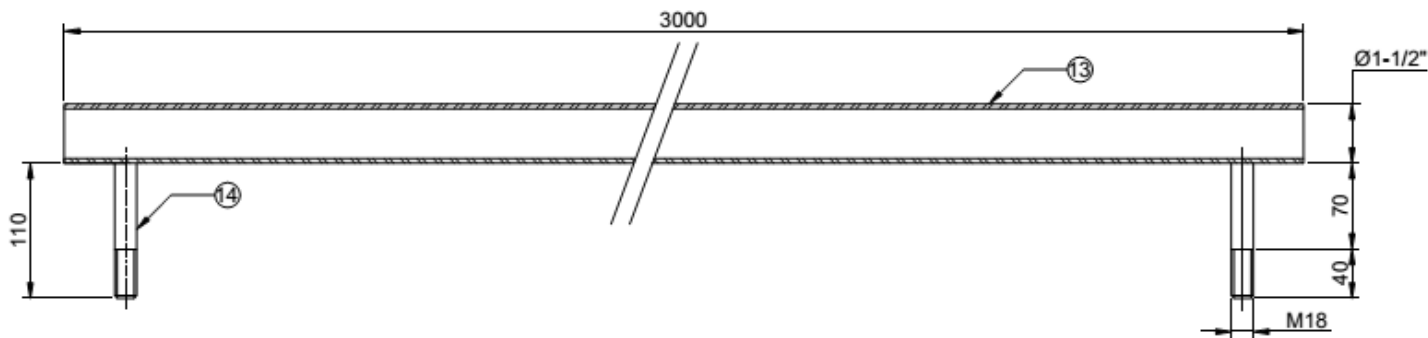
NOTA:
Uniones soldadas al contorno mediante proceso
TIG.

11	6	Cartela	Acero AISI 316	Placa triangular 50x50x6mm	
10	3	Soportes horizontales	Acero AISI 316	Tubo Cuadrado de 75x75x3, Longitud 3040mm	
09	6	Articulaciones	Acero AISI 316	Tubo Cuadrado de 75x75x3, Longitud 3040mm	
08	3	Soportes Verticales	Acero AISI 316	Tubo Cuadrado de 75x75x3, Longitud 3040mm	
N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión	
			Nombre	Fecha	
			Dibujado por: Jorge Holguín	15-02-2016	
		Aprobado por:	FIMCP - ESPOL		
Escala:		BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES			No.
1:25					



PLACA DE SOPORTE DE TUBERÍA

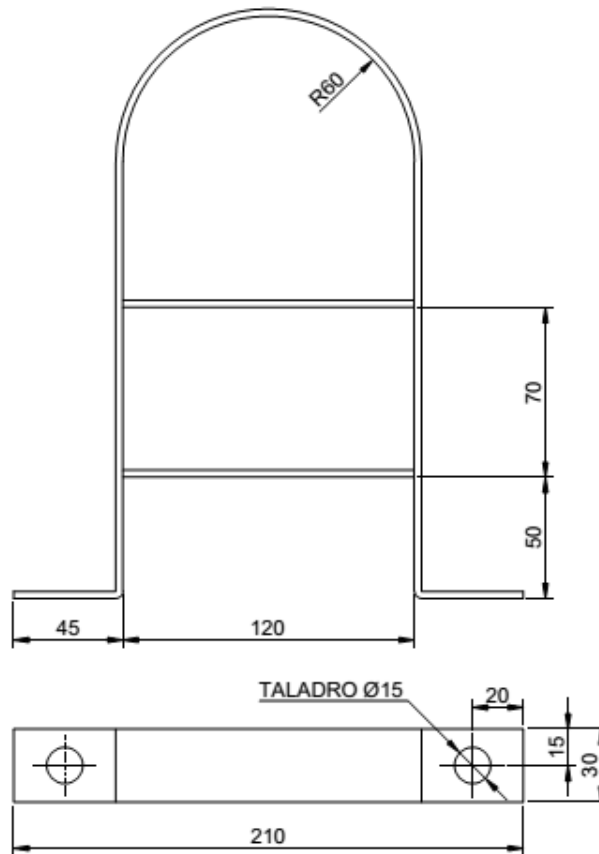
12	1	Cartela	Acero AISI 316	Placa rectangular 3000x1220x6mm	
N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión	
		Nombre	Fecha	FIMCP - ESPOL	
		Dibujado por:	Jorge Holguín		
Escala:		BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES			No.
1:20					8/14



TUBO DE SOPORTE

NOTA:
 Sujeción emperrada con la estructura de soporte de tubería por medio de tuercas de seguridad, utilizar arandela plana.
 Unión pernos - tubería, soldadas al contorno mediante proceso TIG

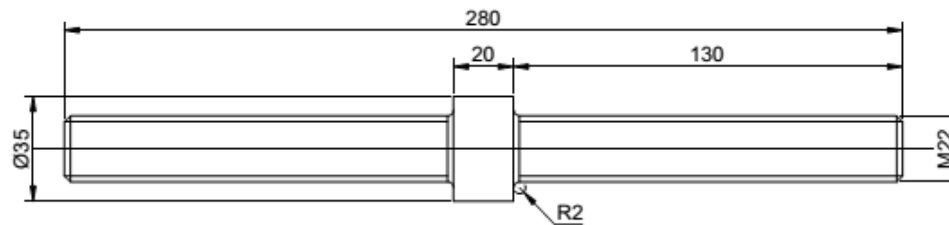
14	4	Perno de sujeción	Acero AISI 316	Perno M18, Longitud 110mm	
13	2	Soportes de bombas	Acero AISI 316	Tubería Ø 1-1/2" Sch 40, Longitud 3000mm	
N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión	
			Nombre	Fecha	
			Dibujado por: Jorge Holguín	15-02-2015	
			Aprobado por:		
Escala:		BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES			No. 9/14
1:5					
FIMCP - ESPOL					



SOPORTE TUBERÍA DE FLUJO DE AGUA

NOTA:
 Unión del soporte con placa por medio de pernos de Acero Inoxidable M14x1"; utilizar doble arandela y tuerca de seguridad.

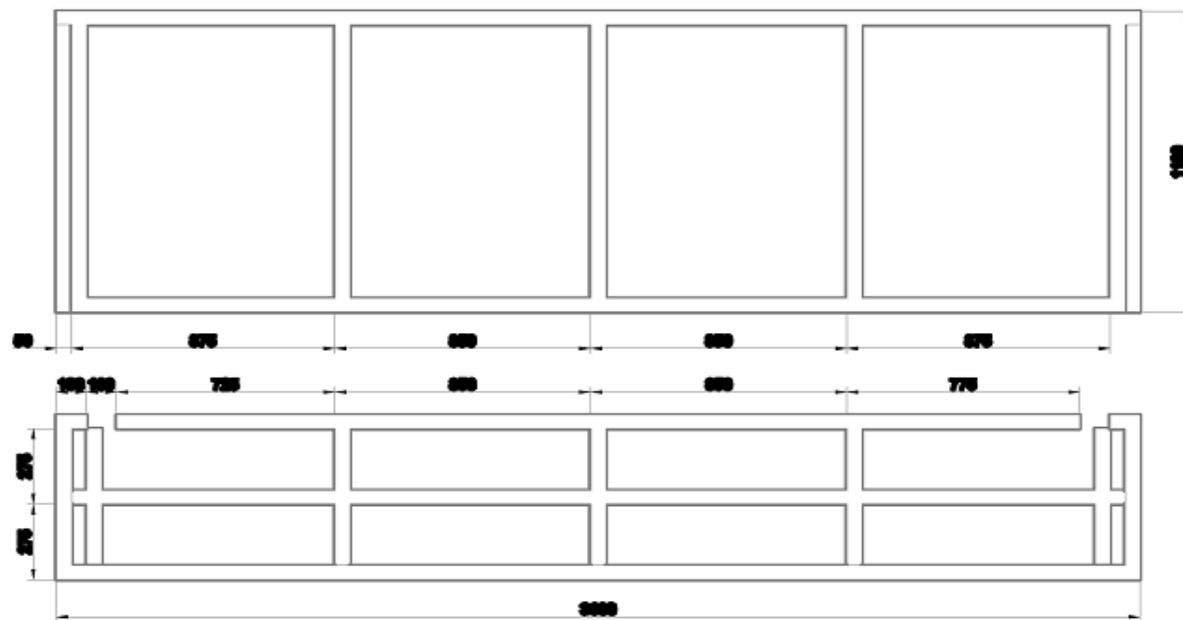
15	8	Soporte de tuberías	Aisi 316	Platina de 30x3mm, desarrollo de 635mm
N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión
		Nombre	Fecha	FIMCP - ESPOL
	Dibujado por:	Jorge Holguin	15-02-1016	
Escala:		BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES		No. 10/14
1:2.5				



SUJECIONES

NOTA:
 Sujeciones con estructuras y placas por medio de tuercas de seguridad M22 con doble arandela por seguridad.

16	6	Acoples estructura placa	Acero AISI 316	Ø35 x 280mm
N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión
		Nombre	Fecha	FIMCP - ESPOL
		Dibujado por:	Jorge Holguín	
Escala: 1:2		Aprobado por:		
		BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES		

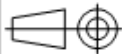


ESTRUCTURA RESERVORIO

17	1	Estructura del reservorio	AISI 316	Tubo Cuadrado de 50x50x3mm	
N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión	
			Nombre	Fecha	
			Dibujado por: Jorge Holguin	15-02-2015	
			Aprobado por:		
Escala:		BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES			No.
1:15					12/14



RESERVORIO

18	1	Estructura del reservorio	AISI 316	Lamina de Acero Inox de 3mm de espesor	
N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión	
	Dibujado por:		Nombre	Fecha	
	Aprobado por:		Jorge Holguin	15-02-2016	
Escala:		BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES			No.
1:15					13/14

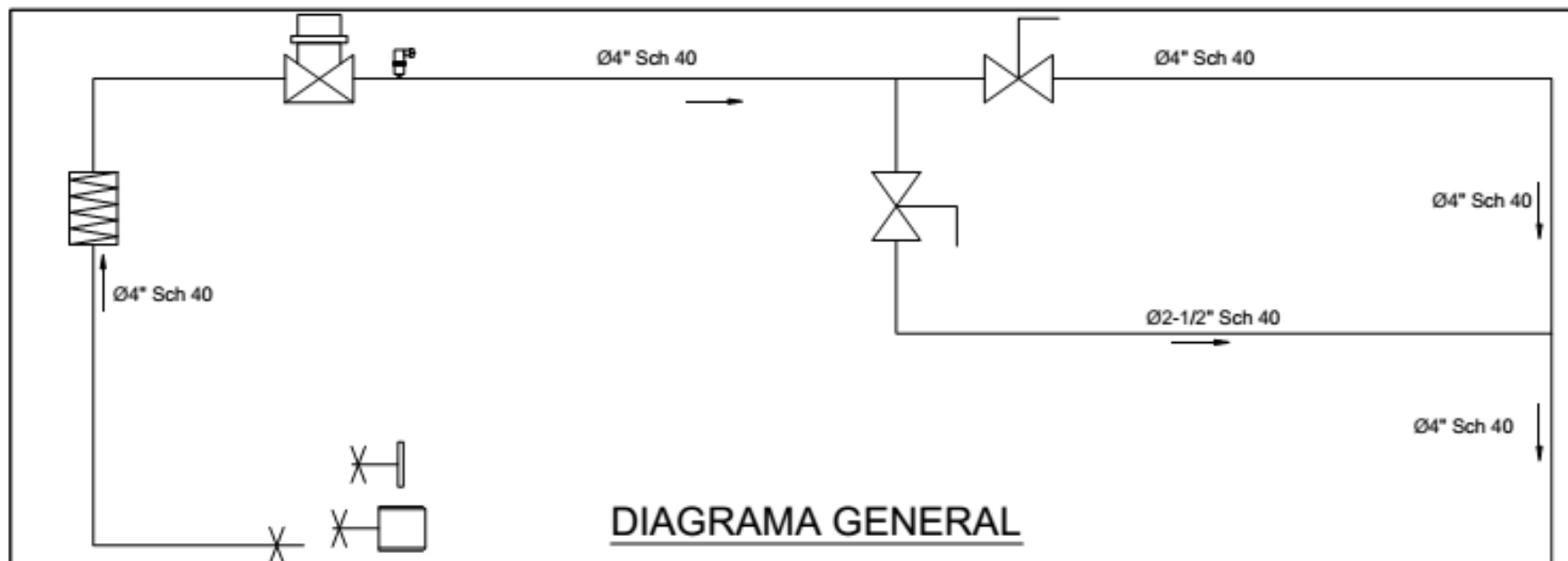


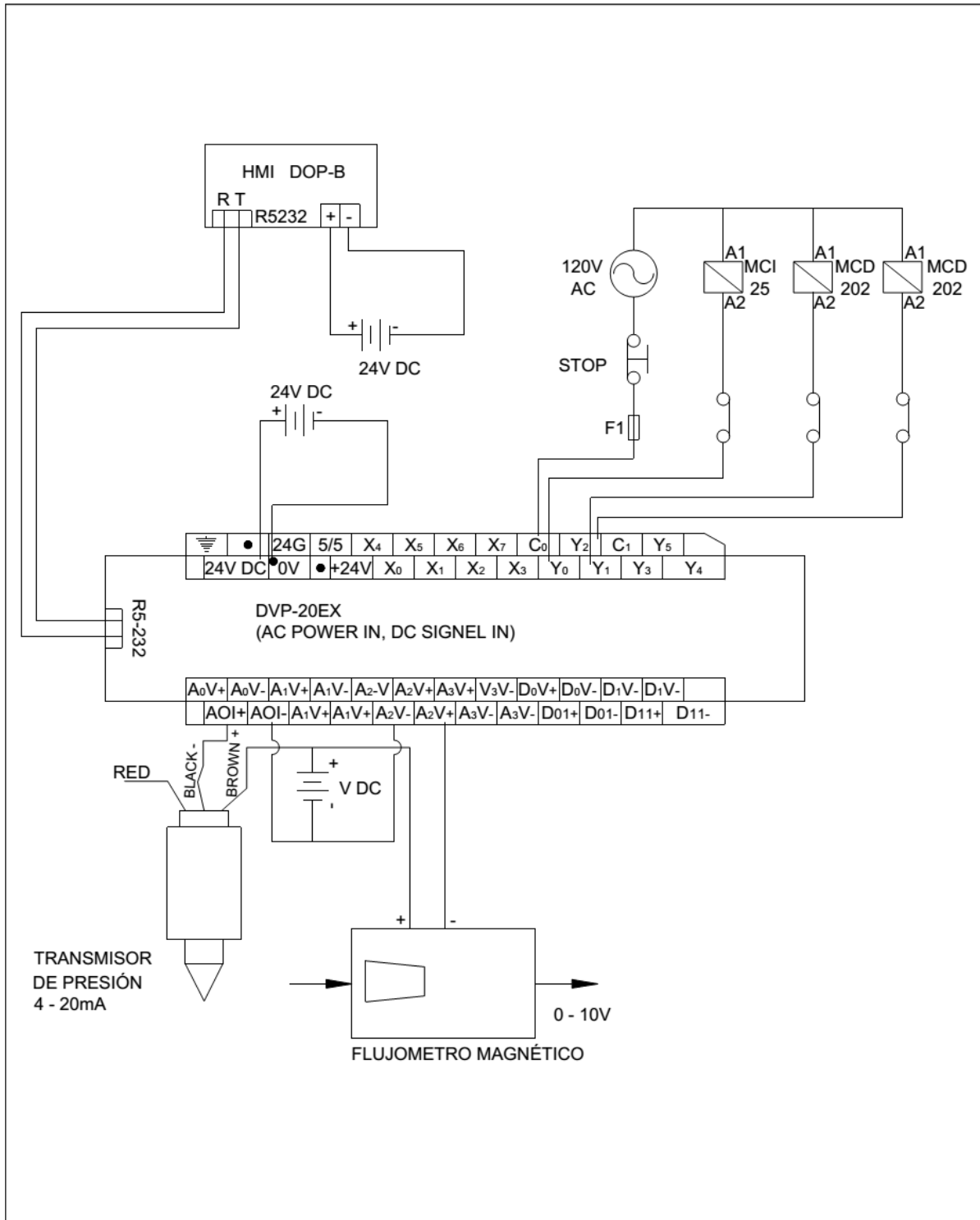
DIAGRAMA GENERAL

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	ACOPLE RANURA - ROSCA
	ACOPLE RANURA BRIDA
	UNION RANURADA
	JUNTA DE EXPANSIÓN
	FLUJOMETRO
	TRANSDUCTOR DE PRESIÓN
	VÁLVULA DE REGULACIÓN DE CAUDAL

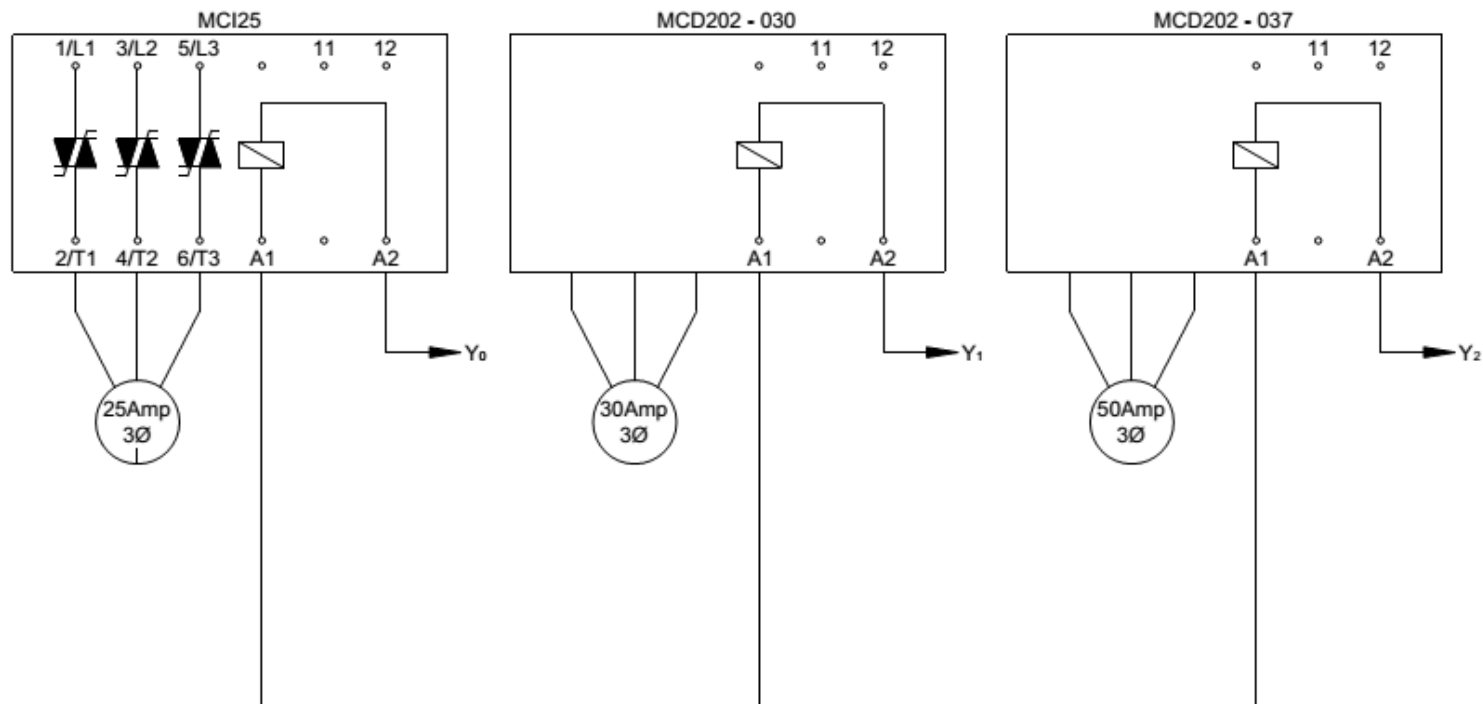
NOTA:
 Accesorios bridados.
 Tubería y accesorios fabricados en Acero Inoxidable.
 Tramos de Tubería y codos, soldados al contorno mediante proceso TIG.

N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión
			Nombre	Fecha
			Dibujado por: Jorge Holguín	15-02-1016
			Aprobado por:	
Escala:		BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES		
S/E				
				No. 14/14

FIMCP - ESPOL



N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión
			Nombre	Fecha
			Dibujado por: Jorge Holguín	15-02-1016
			Aprobado por:	
Escala: S/E		SISTEMA DE CONTROL BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES		
				No. C-1

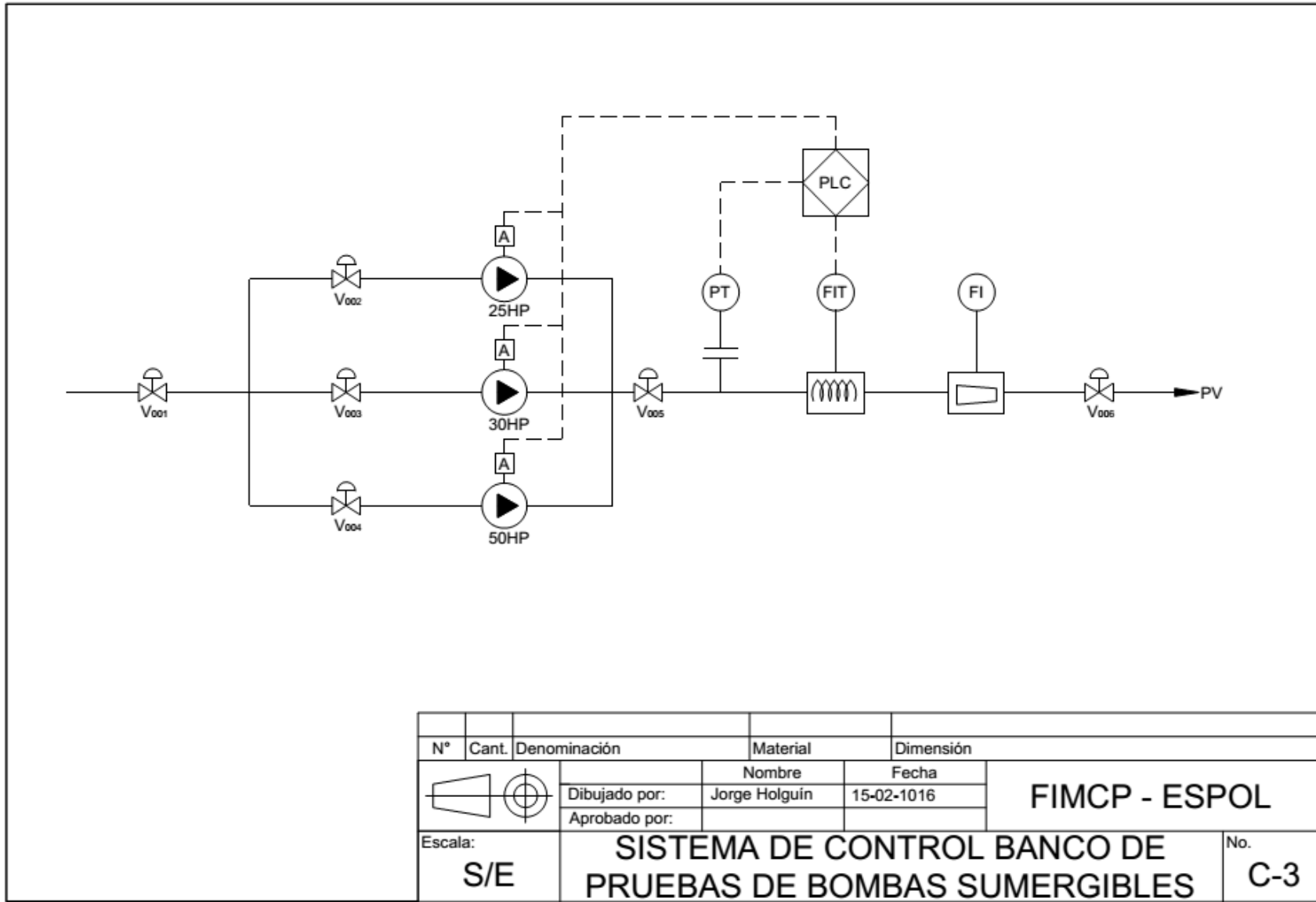


N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión
			Nombre	Fecha
			Dibujado por: Jorge Holguín	15-02-1016
			Aprobado por:	
Escala:		SISTEMA DE CONTROL BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES		
S/E				
				No. C-2

FIMCP - ESPOL

SISTEMA DE CONTROL BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES

No. **C-2**



N°	Cant.	Denominación	Material	Dimensión
			Nombre	Fecha
			Dibujado por: Jorge Holguin	15-02-1016
			Aprobado por:	
Escala:		SISTEMA DE CONTROL BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS SUMERGIBLES		
S/E				

