

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

"DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EVALUACIÓN DE
CALENTADORES COMERCIALES DE AGUA A GAS CON TANQUE DE
ACUMULACIÓN SEGÚN NORMA ANSI/ASHRAE 118.1-2008"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Antony Alonso Mosquera Alvarado

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mi padre que en paz descansa, a mi madre, familia, mis mentores, por su invaluable apoyo y a todas las personas que aportaron para la finalización de este proyecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

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

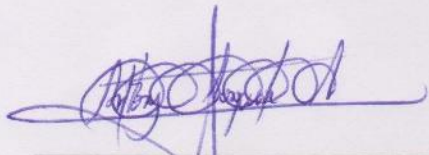
Antony Alonso Mosquera Alvarado

Director 1: PhD. Guillermo Soriano Idrovo

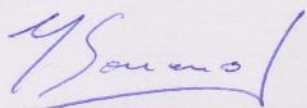
Director 2: PhD. Freddy Xavier Jervis Calle

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”.

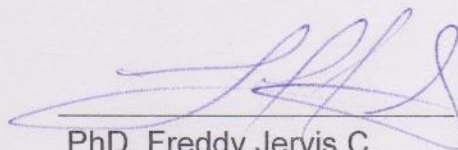
Estoy también de acuerdo que el vídeo de la presentación oral es de plena propiedad de la FIMCP.



Antony Mosquera A.



PhD. Guillermo Soriano I.



PhD. Freddy Jervis C.

RESUMEN

Dentro del cambio de la matriz energética y matriz productiva de Ecuador es necesario determinar el desempeño energético de los diferentes tipos de calentadores de agua comerciales, con el objetivo de implementar mejores opciones de sistemas para proveer agua caliente sanitaria.

En este trabajo se diseña un banco de pruebas para la evaluación de calentadores comerciales desde 30 kW a 108 kW, con la finalidad de obtener datos experimentales de eficiencia térmica, capacidad de recuperación y entrega de agua en horas pico, para de esta forma que poder clasificarlos, para poder implementar mayores y mejores sistemas de calentamiento de agua en el área comercial.

Para el diseño del banco pruebas se propone utilizar una plataforma de plywood como base. Para la línea de proceso se tiene, una bomba centrífuga de caudal medio de ½ HP con conexión de 1 ½", válvulas de cierre rápido, 1 tanque de expansión de 12 litros, 2 mangueras de caucho con acople rápido para fácil instalación. Como referencia para la selección de los equipos de instrumentación y control se usa la norma norteamericana ANSI/ASHRAE 118.1-2008 que describe el procedimiento para rating de calentadores comerciales a gas, eléctricos y diésel con su respectiva exactitud. Entre las variables de mayor importancia en la medición se tiene la temperatura, flujo y presión por lo que se seleccionan equipos que provean una gran exactitud en la toma de datos. Además, será necesario un sistema de adquisición de datos y un controlador con lo que se pueden obtener los resultados necesarios para las pruebas y el control de flujo con respecto a la temperatura.

Como resultado de presente trabajo se obtuvo el respectivo procedimiento experimental, donde se describen equipos involucrados, los pasos para la preparación del equipo, toma de datos, cálculo de resultados. Adicionalmente se diseñó los planos de montaje del equipo, se estimó el costo total y el cronograma de montaje propuesto.

El diseño fue concebido priorizando la exactitud especificada por la norma e ANSI/ASHRAE 118.1-2008, su durabilidad y factibilidad en el medio local para aceptación del equipo de prueba. Actualmente, en el Ecuador no se cuenta con un lugar donde se puedan realizar pruebas de eficiencia energética para calentadores de uso de gas, diésel y eléctricos de forma rápida y exacta, para disminuir la incertidumbre en los resultados finales.

Palabras Clave:

Calentadores comerciales, calentadores de acumulación, banco de pruebas, métodos de prueba, eficiencia térmica.

ABSTRACT

This project comprises the design of an experimental apparatus to test the performance of commercial water heaters between 30 kW and 108 kW. The performance includes metrics of thermal efficiency, resilience and water delivery during peak hours. The data obtained could be used in the design of improved commercial water heating systems.

A systematic design methodology is presented, including a formal definition of the problem, form design, detailed design, parts selection, budget and schedule. The design takes into account restrictions of space, budget and availability of auxiliary services. The ANSI / ASHRAE Standard 118.1-2008 which describes a procedure for rating commercial gas heaters, electric and diesel is strictly followed in the design process.

Additionally, an appropriate experimental procedure is developed and presented. The procedure includes steps to obtain data and present results relevant to describe the energy performance of a specific water heater. Finally, Recommendations for future work and integration of the water heater test apparatus are included in this document.

Keywords:

Commercial heaters, accumulation, test bench, test methods, thermal efficiency.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE PLANOS	XII
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. Marco teórico	3
1.3.1. Calentadores de agua	3
1.3.2. Calentadores comerciales.....	3
1.3.3. Tipos de Calentadores	3
1.3.4. Clasificación por el modo de operación.....	6
1.3.5. Alcance de la norma ANSI/ASHRAE 118.1-2008 para prueba calentadores comerciales.	7
1.3.6. Necesidades de agua caliente para consumo comercial	7
1.3.7. Requerimientos para la selección de un equipo o sistema de agua caliente 8	
1.3.8. Fuentes que influyen en la eficiencia de un equipo de combustión	8
1.3.9. Normas aplicadas para el proceso de diseño	11
CAPÍTULO 2.....	13

2. METODOLOGÍA DE DISEÑO.....	13
2.1. Estudio de Alternativas	13
2.2. Análisis y selección de alternativas	15
2.3. Diseño de forma y configuración del banco de Pruebas.....	17
2.4. Diagrama P&ID del sistema.....	19
2.4.1. Parámetros generales del proceso	20
2.4.2. Parámetros para suministro de gas	21
2.5. Selección de tuberías y equipos.	21
2.5.1. Tuberías de agua	21
2.5.2. Tubería de Gas	22
2.5.3. Selección de tanque de almacenamiento.....	23
2.5.4. Selección del tanque de expansión.....	25
2.6. Equipos de Instrumentación	26
2.6.1. Medidores de Flujo.....	27
2.6.2. Medidores de temperatura	29
2.6.3. Medidor de la presión.....	33
2.7. Selección del aislamiento térmico.....	35
2.8. Selección de la bomba de proceso	36
2.9. Selección del sistema de regulación de flujo	37
2.10. Selección del sistema de adquisición de datos	39
2.11. Controlador.....	42
CAPITULO 3.....	43
3. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO, PROPUESTA DE GUIA DE ENSAYO, SEGURIDAD, ANALISIS DE COSTOS.....	43
3.1. Funcionamiento General	43
3.2. Preparación del calentador antes de la prueba.	43
3.3. Propuesta para el ensayo experimental	44
3.4. Seguridad durante la prueba experimental.....	50
3.5. Análisis de costos	51
3.5.1. Costos directos	51
3.5.2. Costos indirectos.....	55

3.5.3. Costos totales	55
3.6. Cronograma de montaje	56
CAPÍTULO 4.....	58
4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	58
4.1. Conclusiones	59
4.2. Recomendaciones.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....	61

ABREVIATURAS

ANSI/ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado).
ANSI/ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales)
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
INER	Instituto de eficiencia energética y energías renovables
HPWHs	Heat Pump Water Heaters (Calentadores de Agua con Bomba de Calor)
CPVC	Policloruro de vinilo clorado
EES	Engineering Equation Solver
F.E.M	Fuerza electromotriz
GPM	Galones por minuto
mV	Milivoltios
mA	Miliamperios
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
mmHg	Milímetros de mercurio
PCS	Poder calorífico superior
PCI	Poder calorífico inferior
PP	Polipropileno
Pa	Pascal
RTD	Termómetro de Resistencia

SIMBOLOGÍA

$^{\circ}\text{F}$	Grados Fahrenheit
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius
$^{\circ}\text{K}$	Grados Kelvin
\dot{m}	Flujo másico del combustible (kg/s)
C_s	Factor de corrección aplicada al gas si este no está a temperatura y presión estándar
C_p	Calor específico del agua a 60°C
$C_{p\ g}$	Calor específico nominal para el agua
D	Diámetro interior del tubo de agua (mm)
D_{gas}	Diámetro interior de conducción de gas en (mm)
d_r	Densidad relativa del gas
e	Espesor de la lana de vidrio a la temperatura (m)
E_t	Eficiencia térmica
f_d	Coefficiente de dilatación del agua
FR	El flujo de agua obtenido por el medidor de flujo de agua (GPM)
FR_{0t}	Flujo de agua al inicio de la prueba (GPM)
FR_{tf}	Flujo de agua al final de la prueba (GPM)
f'	Aplastamiento gravitacional
g_l	Aceleración de la gravedad local
gal/h	Galones por hora
H	Calor latente de vaporización del GLP
hf°	Entalpía de formación ($kJ/kmol$)
h	Entalpía a la temperatura deseada ($kJ/kmol$)
h°	Entalpía estándar ($kJ/kmol$)
h_c	Entalpía de combustión.
H_{prod}	Entalpía a la temperatura de la salida de los productos ($kJ/kmol$)
H_{react}	Entalpía de los reactivos a temperatura ambiente ($kJ/kmol$)
I	Potencia de consumo del calentador (kW)
L_E	Longitud equivalente del tramo en metros, igual a la longitud real del tramo más las longitudes equivalentes de los accesorios.

P_1, P_2	Presiones inicial y final del tramo en mbar
P_{max}	Presión absoluta a la temperatura máxima (presión de tarado más la presión atmosférica)
P_{min}	La Presión absoluta a la temperatura de llenado (Presión debida a la columna de líquido más la presión atmosférica)
P_{atm}	Presión atmosférica local
P_0	Presión normalizada
P_g	Presión absoluta de gas medida (kPa)
P_s	Presión absoluta estándar del GLP (kPa)
P_c	Poder calorífico (kJ/kg)
\dot{Q}_{real}	Calor combustible real aprovechado por el calentador
\dot{Q}_{Total}	Calor entregado por el combustible
Q	Caudal en m^3/h , medidos en condiciones normales
Q_{gas}	Caudal de gas en m^3/h
Q_{tg}	Cantidad de energía consumida de gas durante la prueba de eficiencia térmica (J)
Q_{t_o}	Cantidad de energía diese consumida durante la prueba
R_v	Velocidad de recuperación de agua (<i>Litros/h</i>)
R	Constante general de los gases
T_s	Temperatura de suministro de agua ($^{\circ}C$)
T_o	Temperatura de salida de agua ($^{\circ}C$)
t_{ft}	Tiempo al final de la prueba de eficiencia térmica en (<i>h</i>)
T_{ot}	Temperatura de salida promedio ($^{\circ}C$)
T	Temperatura local
T_g	Temperatura de gas medida ($^{\circ}C$)
T_{sglp}	Temperatura estándar del GLP ($^{\circ}C$)
t_{ot}	Tiempo de inicio de la prueba de eficiencia térmica en (<i>min</i>)
t_{ft}	Tiempo al final de la prueba de eficiencia térmica en (<i>min</i>)
$T_{o,m}$	Temperatura de salida promedio ($^{\circ}C$)
$T_{s,m}$	Temperatura de suministro promedio ($^{\circ}C$)
t_d	Diferencia de temperatura entre la entrada y la salida ($^{\circ}C$)

V	Velocidad del agua en (m/s)
v	Volumen específico del agua (m^3/kg)
V_f	Volumen final del tanque de expansión. $(litros)$
V_i	Volumen de agua de la instalación cuando la temperatura del agua es más baja.
Vol_t	Volumen de gas consumido durante la prueba de eficiencia térmica (m^3)
W_t	Peso total del agua durante la prueba de eficiencia térmica (kg)
λ	Conductividad térmica de la lana de vidrio
ρ	Densidad del agua en (kg/m^3)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Calentador de depósito de gas.....	3
Figura 2 Calentador de depósito a diésel.	4
Figura 3 Calentador tipo instantáneo.....	4
Figura 4 Calentador eléctrico de depósito.	5
Figura 5 Principio de funcionamiento del calentador de agua con bomba de calor.....	6
Figura 6 Proceso de combustión para el dióxido de carbono.	10
Figura 7 Configuración de la línea de proceso y línea de suministro de gas.....	17
Figura 8 Área seleccionada.	19
Figura 9 Diagrama P&ID del sistema.....	20
Figura 10 Tanque de 25000 litros.	24
Figura 11 Curva caudal vs carga.	37
Figura 12 Comportamiento de la curva del sistema de conducción.	38
Figura 13 Control de gasto por variación de velocidad en la bomba.	38
Figura 14 Diagrama de instrumentación y control seleccionada.....	40
Figura 15 Chasis NI Compactdaq modelo NI CDAQ-9174.	41
Figura 16 Módulo ni 9207. Fuente: National Instruments, 2015.	41
Figura 17 Módulo ni 9211. Fuente: National instruments, 2015.....	42
Figura 18 Controlador lógico programable MICRO 820.....	42
Figura 19 Configuración de RTD en el interior del tanque de almacenamiento.....	44
Figura 20 Cronograma para la ejecución del proyecto.	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rango de estudio de los calentadores comerciales.....	7
Tabla 2 Demanda y uso de agua caliente para varios tipos de edificios.....	8
Tabla 3 Entalpía de formación de ciertas sustancias a 25 °C y 1 atm.	10
Tabla 4 Poderes caloríficos de los gases combustibles.....	11
Tabla 5 Condiciones para las pruebas de calentadores con bomba de calor.....	15
Tabla 6 Análisis de los criterios de selección.....	16
Tabla 7 Valoración de las alternativas seleccionadas.....	16
Tabla 8 Selección de la alternativa con mayor puntuación.....	17
Tabla 9 Coeficiente de dilatación en función de la temperatura máxima de servicio.	25
Tabla 10 Exactitud requerida para las variables de prueba y control	27
Tabla 11 Parámetros para la selección del medidor de flujo de agua	28
Tabla 12 Especificaciones técnicas del medidor de flujo seleccionado	28
Tabla 13 Requerimientos mínimos del medidor de flujo de agua	29
Tabla 14 Especificaciones técnicas del medidor de flujo de gas del proveedor local.	29
Tabla 15 Material y rango de medidas de termopares.....	30
Tabla 16 Parámetro requerido para la selección del transductor de temperatura.	31
Tabla 17 Especificaciones técnicas del transductor de temperatura	32
Tabla 18 Especificaciones técnicas del transductor de temperatura consultado	32
Tabla 19 Características de los transductores de presión	33
Tabla 20 Parámetros requeridos para el transductor de presión de agua	34
Tabla 21 Especificaciones técnicas del transductor de presión del proveedor local..	34
Tabla 22 Parámetros requeridos para el transductor de presión de gas	35
Tabla 23 Especificaciones técnicas del transductor de presión de gas seleccionado.	35
Tabla 24 Válvula proporcional para control de flujo de agua.	39
Tabla 25 Datos registrados por el sistema DAQ.....	47
Tabla 26 Costos de materiales y equipos (DDP).	52
Tabla 27 Costos de construcción.....	53
Tabla 28 Costos de montaje e instalación.	54
Tabla 29 Costos indirectos	55
Tabla 30 Resumen de costos totales.....	56

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Vista en planta.
PLANO 2	Disposición de equipos y vistas generales.
PLANO 3	Disposición de equipos del banco de pruebas
PLANO 4	Disposición general de tuberías - vista superior.
PLANO 5	Disposición general de tuberías - vista frontal.
PLANO 6	Disposición general de tuberías - vista lateral derecha
PLANO 7	Base de soporte del calentador.
PLANO 8	Diagrama de instrumentación general.
PLANO 9	Diagrama de flujo de equipos seleccionados.
PLANO 10	Diagrama de flujo de equipos de transducción y control.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

Dentro del cambio de la matriz energética y matriz productiva de Ecuador es necesario determinar el desempeño energético de los diferentes tipos de calentadores de agua comerciales, con el objetivo de determinar las mejores opciones de sistemas para proveer agua caliente sanitaria.

Por esta razón se da la necesidad de diseñar un banco de pruebas para calentadores de agua a gas que cumpla con la norma ANSI/ASHRAE 118.1-2008, con una capacidad térmica mayor a 30 kW y menor a 108 kW. El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) provee la Norma INEN 2603:2012, que describe procedimientos de prueba para calentadores a gas en el rango descrito, por lo que será de vital importancia para la selección de la alternativa de diseño del presente trabajo. Sin embargo, en la metodología de diseño sólo se toma en cuenta la norma ANSI/ASHRAE 118.1-2008, porque describe los tipos de prueba necesaria para cada tipo de calentador, de tal manera que al plantear la matriz de decisión, se especifica las ventajas y desventajas de cada sistema llegando a la solución más apropiada. Actualmente en el Ecuador no se cuenta con un lugar donde se puedan realizar pruebas de eficiencia energética para calentadores de uso de gas, diésel y eléctricos de forma rápida y exacta, para disminuir la incertidumbre de error en los resultados finales.

Por este motivo, se pretende desarrollar el diseño de banco de pruebas con sus respectivos procedimientos, que ayuden a determinar la eficiencia energética que se puede obtener, y de esta forma dar soluciones integrales para el desarrollo local de mejores alternativas para calentamiento de agua sanitaria con el uso de este tipo de calentadores.

Los requerimientos específicos para cada calentador, varían con el volumen total, velocidad de flujo, cantidad de suministro en horas pico y capacidad volumétrica. Entre los sectores de mayor demanda podemos citar los edificios residenciales, edificios de oficinas, hoteles, servicios de alimentos, edificios de departamentos, entre otros.

Entre las limitaciones para el desarrollo del diseño se puede mencionar, que el peso del calentador no sea mayor a 400 Kg. Las dimensiones varían dependiendo de la marca de calentador, potencia y modelo de calentador.

Una de las principales restricciones para la selección final los equipos de instrumentación lo establece la norma ANSI/ASHRAE 118.1-2008, con respecto a la exactitud de los equipos; donde las variables de mayor interés son la temperatura, flujo volumétrico y presión.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar un banco de pruebas que cumpla con la norma ANSI/ASHRAE 118.1-2008, que sirva para medir el desempeño energético de calentadores de agua a gas con tanque de acumulación de uso comercial.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar y comparar la norma ANSI/ASHRAE 118.1-2008, con normas nacionales que comprendan el rango de calentadores comerciales.
- Diseñar un equipo de prueba en el que se pueda determinar parámetros como la eficiencia térmica, capacidad de entrega de agua caliente, capacidad de recuperación y la energía consumida.
- Seleccionar el tipo de configuración requerida para el banco de pruebas.
- Realizar la ingeniería de detalle del sistema según la configuración seleccionada.
- Elaborar metodología de prueba para el banco de pruebas y planos de detalle
- Desarrollar un cronograma de montaje, con su respectivo análisis de costos.

1.3. Marco teórico

1.3.1. Calentadores de agua

Son equipos utilizados para elevar la temperatura del agua para el uso en diferentes aplicaciones, tanto domésticas, comerciales o industriales.

1.3.2. Calentadores comerciales

Son equipo utilizado para aplicaciones en el área comercial o con requerimientos de energía superiores a los calentadores domésticos. El rango de potencia para calentadores comerciales se especifica en la sección 1.3.5.

1.3.3. Tipos de Calentadores

Calentadores de acumulación

Utilizan un depósito para almacenar agua, generalmente sus conexiones de agua se encuentran ubicadas por la parte superior, como se muestra en la Figura 1. Este tipo de calentadores pueden trabajar con sistemas de gas y diésel. Incorporan el quemador(es), tanque de almacenamiento, revestimiento exterior, y los controles en una sola unidad y tienen una relación de entrada a la capacidad de almacenamiento al menos de 300 W por litro o más, y un termostato para controlar la entrada de energía al calentador (Procuraduría federal del Consumidor , 2012; ver Figura 1 y 2).

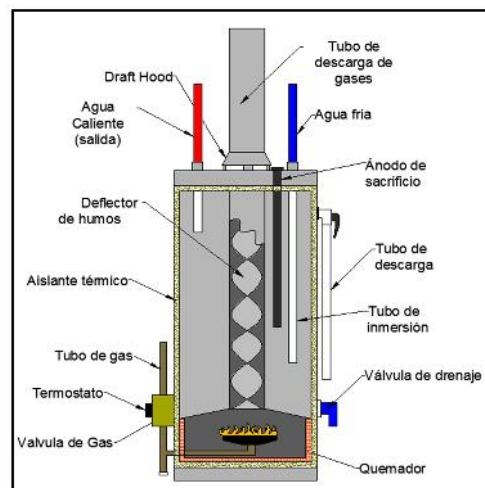


Figura 1 Calentador de depósito de gas
Fuente: Elaboración propia.

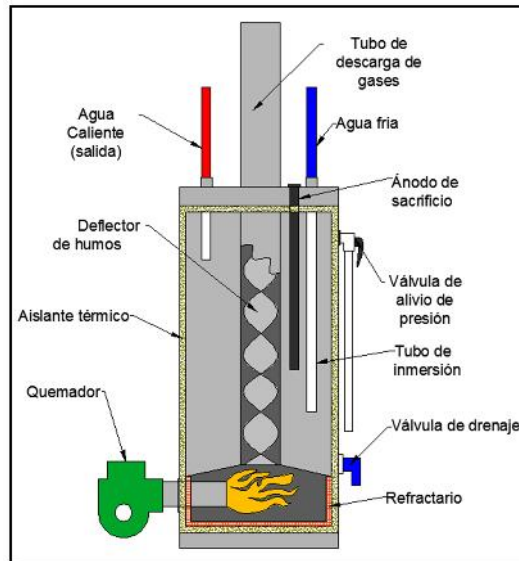


Figura 2 Calentador de depósito a diésel
Fuente: Elaboración propia.

Calentadores Instantáneos

Calienta el agua al paso, encendiendo y apagando su quemador en forma instantánea, al momento de requerir agua caliente. Tienen una mínima capacidad de almacenamiento de agua. Por lo general, tienen un interruptor de flujo que controla el quemador, y pueden tener una válvula de combustible de regulación que varía el flujo de combustible como los cambios de flujo de agua (Procuraduría federal del Consumidor , 2012). (Ver figura 3)



Figura 3 Calentador tipo instantáneo
Fuente: Servicaldera, 2015.

Calentadores para agua de rápida recuperación

Opera por diferencia de temperatura en el agua. Funciona cuando sus controles termostáticos detectan una disminución en la temperatura del agua y permiten el paso del gas a través de dichos controles a sus quemadores. Tienen una relación de capacidad de entrada a almacenamiento de 300 W por litro o más, y un termostato para controlar la entrada de energía al calentador.

Calentadores Eléctricos

Los calentadores de agua eléctricos se pueden clasificar en calentadores eléctricos de almacenamiento y calentadores con bomba de calor:

Calentadores de agua de tanques de almacenamiento comerciales

Los calentadores de agua eléctricos generalmente son de tipo almacenamiento, es decir, que está constituido por un tanque con uno o más elementos de calentamiento de inmersión (ver Figura 4).

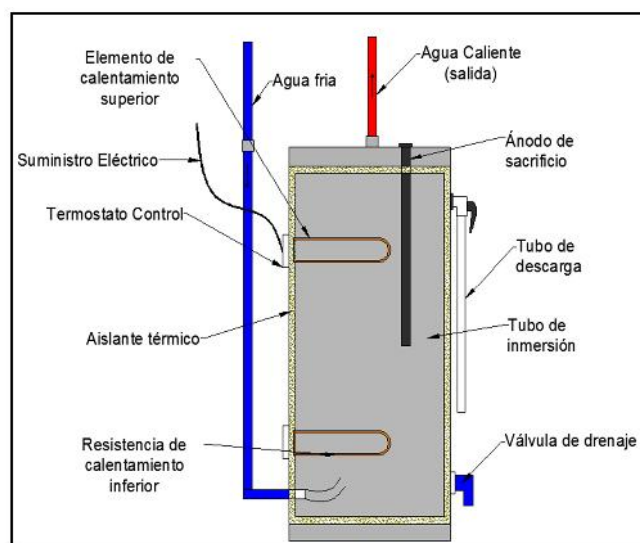


Figura 4 Calentador eléctrico de depósito

Fuente: Elaboración propia.

Calentadores de agua con Bomba de Calor (HPWHs)

Como se puede observar en la Figura 5, utilizan un ciclo de refrigeración por compresión de vapor para extraer energía de una fuente de aire o agua para calentar el agua. Como el HPWH recoge calor, proporciona un efecto de enfriamiento potencialmente útil y deshumidifica el aire. HPWHs suelen tener una temperatura de salida máxima de 60°C. Cuando se requiere una temperatura de entrega

superior, se debe utilizar un tipo de almacenamiento o de refuerzo calentador de agua convencional después de la bomba del tanque de almacenamiento de calor. HPWHs funcionan más eficientemente cuando la temperatura del agua de entrada es baja y el aire que entra es cálido y húmedo. Son considerados comerciales en un tamaño superior a 6 kW (Procuraduría federal del Consumidor , 2012).

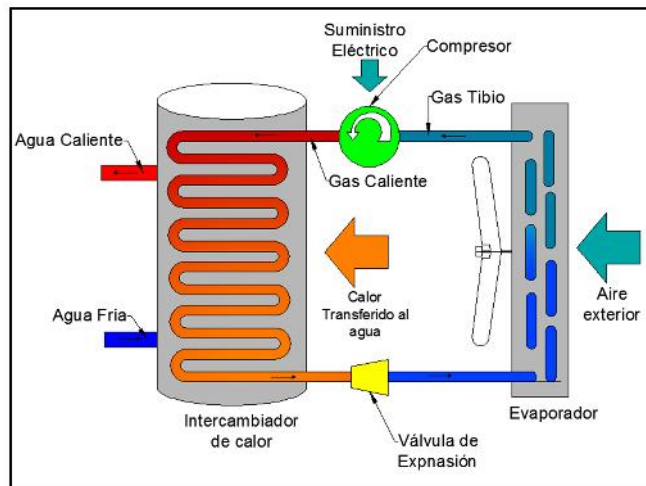


Figura 5 Principio de funcionamiento del calentador de agua con bomba de calor

Fuente: Elaboración propia.

En aplicaciones industriales y comerciales los tipos de calentadores comúnmente utilizados son:

1. Calentadores de acumulación a gas.
2. Rápida recuperación.
3. Instantáneos
4. Calderas de suministro de agua caliente.

1.3.4. Clasificación por el modo de operación

Existen 5 tipos de operación de calentadores comerciales:

- ✓ **Tipo 1:** Unidad equipada con un reservorio propio, operación activada por un control de temperatura primario y no requiere circulación de agua para el calentamiento.
- ✓ **Tipo 2:** Unidad equipada con un reservorio propio, su operación es activada por un control de flujo primario y no requiere circulación de agua para el calentamiento.
- ✓ **Tipo 3:** Unidad equipada con un control operativo principal de temperatura operada a distancia.

- ✓ **Tipo 4:** Calentador de agua con bomba de calor con suministro de aire, que puede ser operada sin conexión a un tanque de almacenamiento.
- ✓ **Tipo 5:** Calentador de agua con bomba de calor con suministro de aire, que incluye el uso de un tanque integrado para su operación.

1.3.5. Alcance de la norma ANSI/ASHRAE 118.1-2008 para prueba calentadores comerciales.

La norma provee procedimientos de prueba para determinar la eficiencia y la capacidad de entrega de agua caliente de los equipos de calentamiento de agua.

La norma está aplicada a los calentadores de resistencia eléctrica, bomba de calor eléctrica con fuente de aire, equipos de calentamiento de agua a gas y diésel, incluido el suministro de agua caliente de equipos que cumplen los requisitos especificados en la Tabla 1.

Sistemas con:	Potencia
Resistencia eléctrica	>12 kW
Bomba de calor eléctrica	>6 kW (Incluyendo las tres fases independientes de entrada)
Gas	>75,000 Btu/h (22 kW)
Diésel	>105,000 Btu/h (31 kW)
Valores de entrada hasta	12500 Btu/h (2330 kW)

Tabla 1 Rango de estudio de los calentadores comerciales
Fuente: Norma ANSI/ASHRAE 118.1, 2008.

La norma no es aplicada a los calentadores de agua a gas que cumplan con las tres restricciones a continuación:

- a) Tener una capacidad de almacenamiento menor a dos galones.
- b) Que esté diseñado para suministrar agua controlada a una temperatura menor que 180 °F (80 °C).
- c) Que tenga potencia térmica menor a 200 000 Btu/h (59 kW).

1.3.6. Necesidades de agua caliente para consumo comercial

Las necesidades de agua caliente se definen según el tipo de diseño o aplicación para el que están diseñado el sistema de suministro de agua caliente; para que un sistema funcione al momento de diseñar será necesario considerar los siguientes aspectos:

- Aislante térmico
- Tuberías de recirculación de agua
- Presión y caudal de agua

- Fuente de energía para la generación de agua caliente al menor costo.
- Almacenamiento para suministro en horas pico.

1.3.7. Requerimientos para la selección de un equipo o sistema de agua caliente

Un sistema o equipo de calentamiento de agua es seleccionado en función del volumen total, velocidad de flujo, duración a la carga máxima y la temperatura. Pero también será necesario conocer la demanda en horas pico y diaria de los diferentes tipos de edificios, como muestra en la Tabla 2.

Demanda y uso de agua caliente para varios tipos de edificios			
Tipo de edificio	Hora pico	Consumo máximo diario	Promedio Diario
Dormitorio de hombres	14.4 L/estudiante	83.3 L/estudiante	49.7 L/estudiante
Dormitorio de mujeres	14.4 L/estudiante	100 L/estudiante	46.6 L/estudiante
Moteles: Numero habitaciones			
20 o menos	23 L/habitación	132.6 L/habitación	75.8 L/habitación
60	20 L/habitación	94.8 L/habitación	53.1 L/habitación
100 o mas	15 L/habitación	56.8 L/habitación	37.9 L/habitación
Asilo de ancianos	17 L/cama	114 L/cama	69.7 L/cama
Edificio de oficinas	1.5 L/persona	7.6 L/persona	3.8 L/persona
Establecimientos de servicio de comida			
Tipo A- Restaurantes y cafeterías	5.7 L/max comidas/h	41.7 L/max comidas/día	9.1 L/max comidas/día
Tipo B- Comidas rápidas	2.6 L/max comidas/h	22.7 L/max comidas/día	2.1 L/max comidas/día
Edificio de Departamentos: Numero de departamentos			
20 o menos	45.5 L/departamento	303.2 L/departamento	159.2 L/departamento
50	37.9 L/departamento	276.7 L/departamento	151.6 L/departamento
75	32.2 L/departamento	250 L/departamento	144 L/departamento
100	26.5 L/departamento	227.4 L/departamento	140.2 L/departamento
200 o mas	19 L/departamento	195 L/departamento	132.7 L/departamento
Escuelas	2.3 L/estudiante	5.7 L/estudiante	2.3 L/estudiante
Colegios y universidades	3.8 L/estudiante	13.6 L/estudiante	6.8 L/estudiante

Tabla 2 Demanda y uso de agua caliente para varios tipos de edificios
Fuente: Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado, 2003.

1.3.8. Fuentes que influyen en la eficiencia de un equipo de combustión

Altitud

Distancia vertical entre el nivel del mar y el equipo.

Presión atmosférica local

La presión atmosférica varía con la altitud, a mayor altitud menor presión atmosférica, y está relacionada con la presión atmosférica normalizada que es igual a 1013.25 hPa (760 mmHg) bajo condiciones normales ideales a una altitud de 0 m.s.n.m, temperatura ambiente de 20°C, humedad relativa de 65 % HR y densidad del aire de 1.2 kg/m³. La presión atmosférica local puede ser calculada por la Ecuación 1.

Ecuación 1:
$$P_{atm} = P_0 e^{\frac{-gl \cdot z}{RT}}$$

Donde P_{atm} es la presión atmosférica local, P_0 es la presión normalizada, gl es la aceleración de la gravedad local definida por la Ecuación 2, z es la altitud en metros, R es la constante general de los gases de 287.04 m²/seg²°K y T es la temperatura local en °K

La organización internacional de metrología legal, en el boletín OIML 127 (Thulin, 1992), recomienda la Ecuación 2 para el cálculo de la aceleración local, con una exactitud de 0.01%.

Ecuación 2:
$$gl = ge(1 + f' \cdot \sin^2 \Phi - f_4 \cdot \sin^2 2\Phi) - 3.086 \times 10^{-6} \cdot H$$

Donde ge es la aceleración de la gravedad en el Ecuador a la latitud Φ de 0° con un valor de 9.780318 m/seg², f' es el aplastamiento gravitacional de 0.0053024, f_4 es una constante de corrección de 0.0000058 y H es la altitud sobre el nivel del mar en metros.

Ley de los gases generales

Se define por la siguiente consideración: "si el volumen molar (volumen que ocupa un mol de molécula de gas) es el mismo para todos los gases en condiciones normales de presión y temperatura, entonces es posible considerar que es el mismo para todos los gases ideales a cualquier temperatura y presión que se someta el sistema" (Cengel, 2006) y se expresa por la Ecuación 3.

Ecuación 3:
$$P \cdot M_r = \delta \cdot R \cdot T$$

Entalpías de formación y de combustión

La entalpía de formación de un compuesto es la variación de entalpía de la reacción de formación de dicho compuesto a partir de las especies elementales que lo componen a condiciones estándar definidas a 25°C y 1 atm como estado de referencia. En la Tabla 3 se muestra la entalpía de formación para ciertas sustancias.

Entalpía de formación de ciertas sustancias a 25 ° C y 1 atm		
Sustancia	Fórmula química	h ^o f (kJ/kmol)
Dióxido de carbono	CO ₂	-393520
Hidrógeno	H ₂	0
Monóxido de carbono	CO	-110530
Butano	C ₄ H ₁₀	-126150
Nitrógeno	N ₂	0
Oxígeno	O ₂	0
Propano	C ₃ H ₈	-103850
Vapor de agua	H ₂ O	-241820
Agua	H ₂ O	-285830

Tabla 3 Entalpía de formación de ciertas sustancias a 25 ° C y 1 atm
Fuente: Adaptado de Cengel, 2006.

La entalpía de combustión representa la cantidad de energía liberada cuando un combustible se quema durante un proceso de flujo estable a un estado especificado, y es representada por la Ecuación 4.

Ecuación 4
$$h_c = H_{prod} - H_{react}$$

Donde h_c es la entalpía de combustión, H_{prod} es la entalpía de los productos y H_{react} es la entalpía de los reactivos. En la figura 6 muestra el proceso de combustión para el dióxido de carbono.

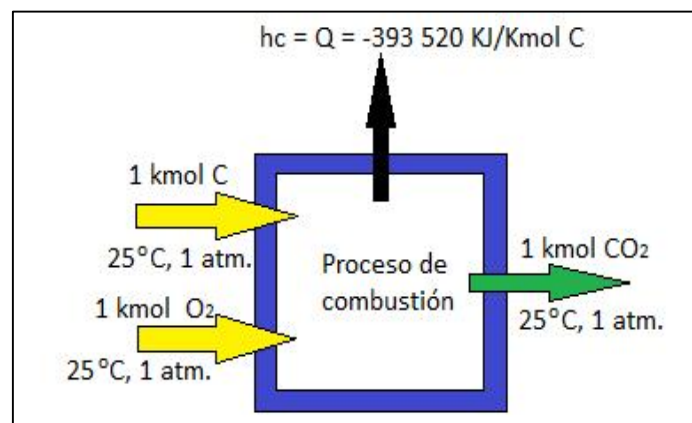


Figura 6 Proceso de combustión para el dióxido de carbono
Fuente: Adaptado de Cengel, 2006.

Densidad relativa

La densidad relativa es la relación entre la densidad absoluta del gas y del aire en las mismas condiciones de presión y temperatura, esta propiedad indica si un valor es más o menos pesado que el aire y se expresa por la Ecuación 5.

Ecuación 5
$$\partial = \rho / \rho_{aire}$$

Donde ρ es la densidad del gas y ρ_{aire} es la densidad del aire a la misma presión y temperatura que el gas.

Poder calorífico (PC)

Es la cantidad de calor desprendida por la combustión completa en condiciones normales por unidad de volumen o de masa de gas. El poder calorífico superior (PCS) es cuando el agua que resulte de los productos de la combustión está en forma líquida. Así mismo, el poder calorífico inferior (PCI) es cuando el agua que resulte de los productos de la combustión se supone en estado de vapor como los demás productos de los mismos. En la Tabla 4 se observan los poderes caloríficos inferior y superior de los gases más importantes.

Poderes caloríficos de los gases combustibles		
Gas	PCS	PCI
Hidrógeno	141800 kJ/kg	120000 kJ/kg
Metano	55530 kJ/kg	50050 kJ/kg
Propano	50330 kJ/kg	46340 kJ/kg
Butano	49150 kJ/kg	45370 kJ/kg
Gas natural	50000 kJ/kg	45000 kJ/kg
Propano comercial	12050 kcal/kg	11080 kcal/kg
Butano comercial	11880 kcal/kg	10950 kcal/kg

Tabla 4 Poderes caloríficos de los gases combustibles

Fuente: Adaptado de Cengel, 2006.

Potencia calorífica

Es la energía que se obtiene por unidad de tiempo en un aparato de gas, como resultado de la combustión de gas y puede ser expresado con PCS de gas por el volumen consumido dividido para el tiempo de consumo.

Eficiencia térmica de los equipos de calentamiento de agua

Es la relación existente entre el calor absorbido por el agua y el calor liberado por el combustible, expresado en porcentaje. La eficiencia del consumo de energía en un calentador de agua de almacenamiento viene dado por su factor de energía (EF).

1.3.9. Normas aplicadas para el proceso de diseño

Entre las normas utilizadas para el diseño del banco de prueba tenemos:

Normas Internacionales

- ANSI/ASHRAE standard 118.1-2008: Métodos de ensayo para equipos de servicio de calentamiento de agua a gas, diésel y eléctricos (Method of testing for rating commercial, gas, electric and oil service water heating equipment).
- ANSI/ASHRAE standard 41.1-1986 (RA-2006): Métodos para mediciones de temperatura (Standard Method for temperature Measurement).
- ANSI/ASTM D2156-94(2003): Método de prueba para la densidad de humo en los gases de combustión de la quema de combustibles destilados (Norma de Standard test method for smoke density in flue gases from burning distillate Fuels).

Normas Nacionales

- NTE INEN 2603:2012- Primera edición: Calentadores de agua a gas. requisitos e inspección.
- NTE INEN 2260:2010-Segunda revisión: Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. Requisitos

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DE DISEÑO

2.1. Estudio de Alternativas

El banco de pruebas propuesto en este proyecto debe estar regido principalmente por la norma ANSI/ASHRAE 118.1-2008, que describe métodos de evaluación para calentadores comerciales. Sin embargo, es importante identificar las ventajas y desventajas de los sistemas de calentamiento que describe la mencionada norma, con respecto al medio local, normas locales y desarrollo del proyecto de diseño:

Alternativa A. Banco de pruebas para calentadores de acumulación a gas:

Las siguientes son las ventajas:

- Norma local comprende igual rango de pruebas para calentadores comerciales (INEN 2603-2012).
- Son los de mayor uso en el medio local comercial.
- Comprenden mayor entrega de agua en horas pico.
- Suministra agua caliente a temperatura constante, por tantos litros como casi la totalidad de depósito.
- No necesita de ambiente controlado.

Las siguientes son las desventajas:

- Ocupan mayor espacio para su instalación.
- Tienen mayor peso que los instantáneos.
- Necesitan de instalación a gas para su funcionamiento.

Alternativa B. Banco de pruebas para calentadores eléctricos instantáneos y de depósito:

Las siguientes son las ventajas:

- Son los más utilizados domésticamente.
- No hace falta instalación de gas.
- La temperatura del agua es constante.
- Funcionamiento sencillo.
- Uso de resistencias eléctrica para calentar el agua.

- Es un diseño que podría ser aplicado para calentadores de tipo doméstico por su uso y aplicación.

Las siguientes son las desventajas:

- Poca velocidad a la que es capaz de calentar el agua.
- Costos más elevados de consumo eléctrico para el área comercial.

Alternativa C. Banco de pruebas para calentadores instantáneos a gas:

Las siguientes son las ventajas:

- No hay pérdida de espera, debido a que utilizan su energía más eficientemente que los calentadores de acumulación.
- No hay pérdida de agua ya que se calienta de inmediato.
- Son más pequeños y utilizan menos espacio.

Las siguientes son las desventajas:

- No cubren grandes demandas o uso de agua caliente al mismo tiempo.
- De poco uso comercial debido a su baja capacidad de entrega de agua en horas pico.
- Mayor costo que el de acumulación.
- La temperatura puede variar inesperadamente.
- Necesita un caudal mínimo para funcionar.

Alternativa D. Banco de pruebas para calentadores con bomba de calor

Las siguientes son las ventajas:

- Es el que comprende mayor factor de energía, debido al aprovechamiento del calor del aire.
- Utilizan el mismo principio de los aires acondicionados, pero con ciclo invertido.

Las siguientes son las desventajas:

- Para la prueba es necesario el uso de ambiente controlado y de suministro de agua controlada, según la Tabla 5.
- Aplicación poco conocida en la industria local para uso comercial.
- Complejidad en su instalación.

Condiciones para la pruebas de calentadores con bomba de calor		
Entrada de aire al evaporador, (°C)		Entrada de agua al condensador, (°C)
Bulbo seco	Bulbo húmedo	
26.7	19.4	12.8
26.7	19.4	43.3

Tabla 5 Condiciones para las pruebas de calentadores con bomba de calor

Fuente: Norma ANSI/ASHRAE 118.1, 2008.

2.2. Análisis y selección de alternativas

Una vez especificadas las ventajas y desventajas, que son de vital importancia para la selección de la mejor propuesta de diseño, se realiza la selección de la alternativa con el método ponderado, donde se analizarán los siguientes criterios de selección:

- Uso para el medio local.
- Costo.
- Manipulación del calentador.
- Facilidad de pruebas.
- Tiempo de prueba.
- Consumo energía.

En este caso, se da prioridad a los calentadores de mayor uso en el medio comercial ecuatoriano, según un estudio realizado, debido a que el objetivo es plantear un diseño que pueda ser de util a corto plazo. Por lo tanto se considera la siguiente valoración de criterios:

Criterio a > Criterio b	Valor = 1
Criterio a = Criterio b	Valor = 0.5
Criterio a < Criterio b	Valor = 0

En la Tabla 6 se realiza la respectiva ponderación y análisis de los criterios de selección.

Criterio a \ Criterio b	Uso para el medio local	Costo	Manipulación	Facilidad de prueba	Tiempo de prueba	Consumo de energía	\sum +1	Ponderación
	Uso para el medio local	Costo	Manipulación	Facilidad de prueba	Tiempo de prueba	Consumo de energía		
Uso para el medio local	1	1	0	1	1	1	5	0.24
Costo	0	1	1	0.5	0.5	0.5	4	0.19
Menor Manipulación	0	0	0.5	0.5	1	1	3	0.14
Facilidad de prueba	1	0	0.5	1	0	1	3.5	0.17
Tiempo de prueba	0	0.5	0.5	1	1	1	4	0.19
Consumo de energía	0	0.5	0	0	0	0	1.5	0.07
Totales							21	1.00

Tabla 6 Análisis de los criterios de selección

Fuente: Elaboración propia.

Una vez analizada la ponderación de criterios de selección en la Tabla 6, se procede a dar valor a cada alternativa según el criterio en la Tabla 7, considerando 5 para el de mayor valor y 1 para el de menor valor.

Criterios de selección	% de Ponderación	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
Uso para el medio local	24%	5	3	4	2
Costo	19%	3	5	4	2
Menor Manipulación	14%	4	4	3	2
Facilidad de prueba	17%	5	4	3	2
Tiempo de prueba	19%	4	5	3	2
Consumo de energía	7%	3	2	3	5

Tabla 7 Valoración de las alternativas seleccionadas

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 8 se puede observar la puntuación total sobre 5 de cada alternativa de selección considerada.

Criterios de selección	% de Ponderación	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
Uso para el medio local	24%	1.19	0.71	0.95	0.48
Costo	19%	0.57	0.95	0.76	0.38
Menor Manipulación	14%	0.57	0.57	0.43	0.29
Facilidad de prueba	17%	0.83	0.67	0.50	0.33
Tiempo de prueba	19%	0.76	0.95	0.57	0.38
Consumo de energía	7%	0.21	0.14	0.21	0.36
Puntuación sobre 5		4.14	4.00	3.43	2.21

Tabla 8 Selección de la alternativa con mayor puntuación
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los valores obtenidos se observa que la alternativa A obtuvo el puntaje mayor (4.14/5). Por lo tanto, se concluye el banco de pruebas para calentadores de acumulación de agua a gas es la alternativa de diseño más viable a corto plazo, según el medio local.

2.3. Diseño de forma y configuración del banco de Pruebas

Para el diseño de forma se considera en su totalidad los equipos principales y los equipos e instrumentos necesarios, como se muestra en la Figura 7; además, de un breve conocimiento de la normativa que debe cumplir para la implementación del mencionado banco.

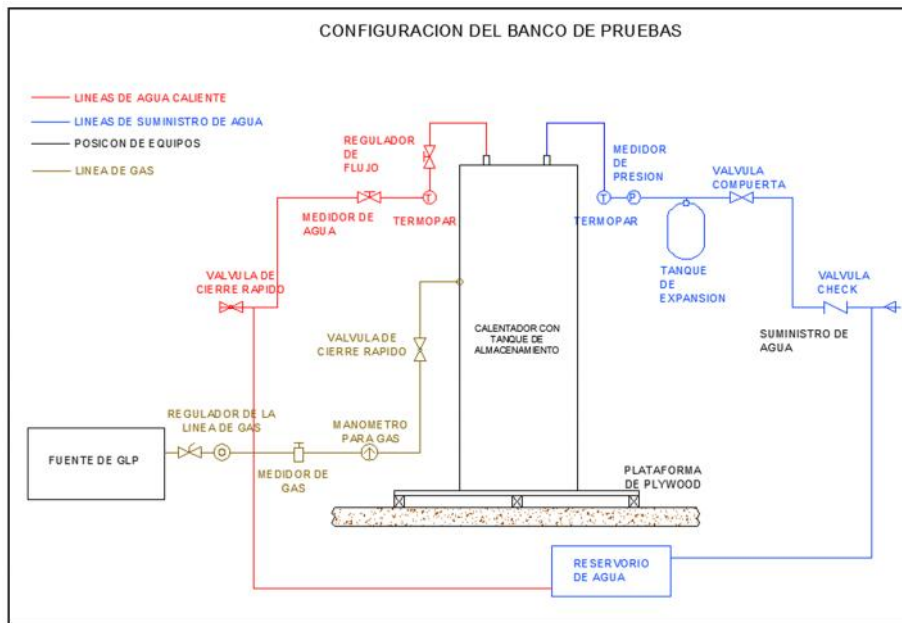


Figura 7 Configuración de la línea de proceso y línea de suministro de gas

Fuente: Elaboración propia.

Descripción de la configuración de la línea de agua caliente y suministro de agua (línea en color rojo y azul, respectivamente)

El banco de pruebas propuesto en la Figura 7 estará conformado por una línea de suministro de agua, a la que se agregará una válvula check, que funciona de tal forma que no exista retorno del agua en el proceso. Los tubos y accesorios como codos, se proponen de tubería de poliprolino reticulado (PP), que pueda soportar una presión hidrostática de 1,27 MPa a temperaturas de máximas de 60 a 80°C. Es importante dotar al proceso de una bomba que pueda ser regulada a un flujo volumétrico entre 240 a 600 galones por hora (gal/h), ya que en este rango se obtienen las temperaturas entre 50 y 80°C.

Será necesario el uso de un tanque de expansión de diafragma que ayuda a absorber el exceso de presión del agua, a fin de que no se produzca un golpe de ariete o ruido en el sistema.

En el suministro de agua se ubicará un termopar o RTD y un transductor de presión. Para controlar los transductores dependerá de la precisión que se requiera obtener. A la salida de la línea de proceso de agua se colocará un regulador o un variador de frecuencia en la bomba, con un medidor de flujo de agua.

Descripción de la configuración de la línea de suministro de gas (línea amarilla).

Para la línea de suministro de gas se utilizará tubería de cobre, la misma que partirá desde el depósito de suministro de gas y llegará hasta el calentador de agua. En esta parte, se colocará un regulador de flujo de gas, un medidor del flujo de gas, un manómetro y transductor de presión. Es posible que para la instalación del tanque de almacenamiento se utilice un regulador de primera etapa y uno de segunda etapa. Según André (2005), el regulador de primera etapa es útil para manejar presiones manométricas aproximadas entre 0.35 a 1.4 bar (5 a 20 psig), y el de segunda etapa maneja presiones manométricas en rangos aproximados de entre 0.022 a 0.032 bar (0.325 a 0.469 psig).

Área asignada para el banco de pruebas

Se asignará un área aproximada de 3 metros de ancho por 3 metros de profundidad, como se muestra en la Figura 8. Una de las restricciones de este diseño es que todo el banco de pruebas tiene que ser compacto a fin de ser instalado en el interior del Laboratorio de Ensayos Térmicos y Eficiencia Energética (LABET), el mismo que está ubicado en el edificio 33 del Campus Gustavo Galindo (Km 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil).

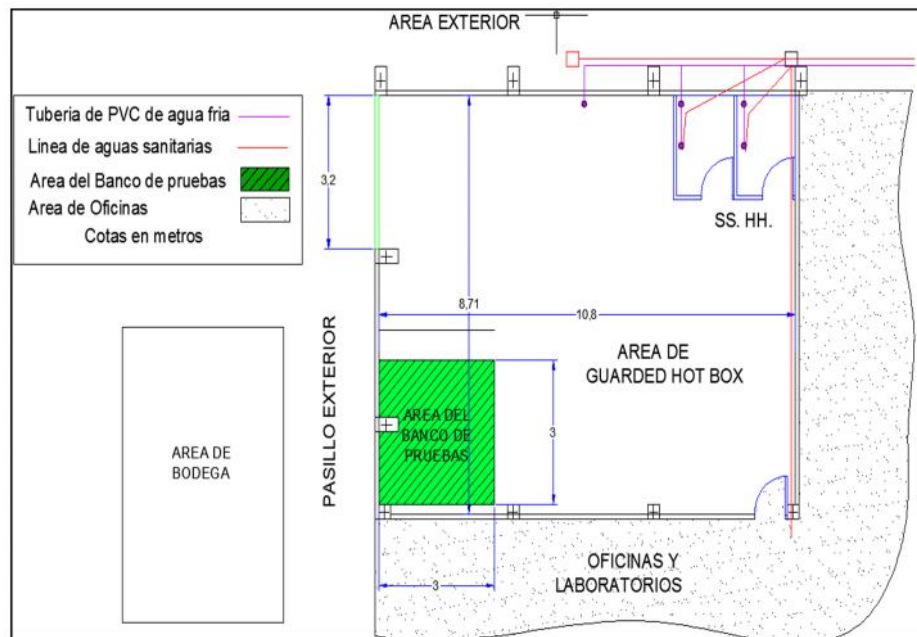


Figura 8 Área seleccionada

Fuente: Adaptado de planos generales de laboratorio LABET.

2.4. Diagrama P&ID del sistema

El diagrama P&ID del banco de pruebas se muestra en la Figura 9, el cual cumple con la norma ANSI/ISA S5.1-1984 (R 1992), donde se muestra el proceso de control con sus respectivas válvulas de control del proceso y equipos de instrumentación necesarios. Con la finalidad de mantener un orden, se asigna una identificación a las líneas de proceso y de suministro de gas: a la línea de suministro de agua se le da la numeración 101, para la línea de agua caliente 105, para la línea de suministro de gas 104 y para la línea de recirculación al tanque 102.

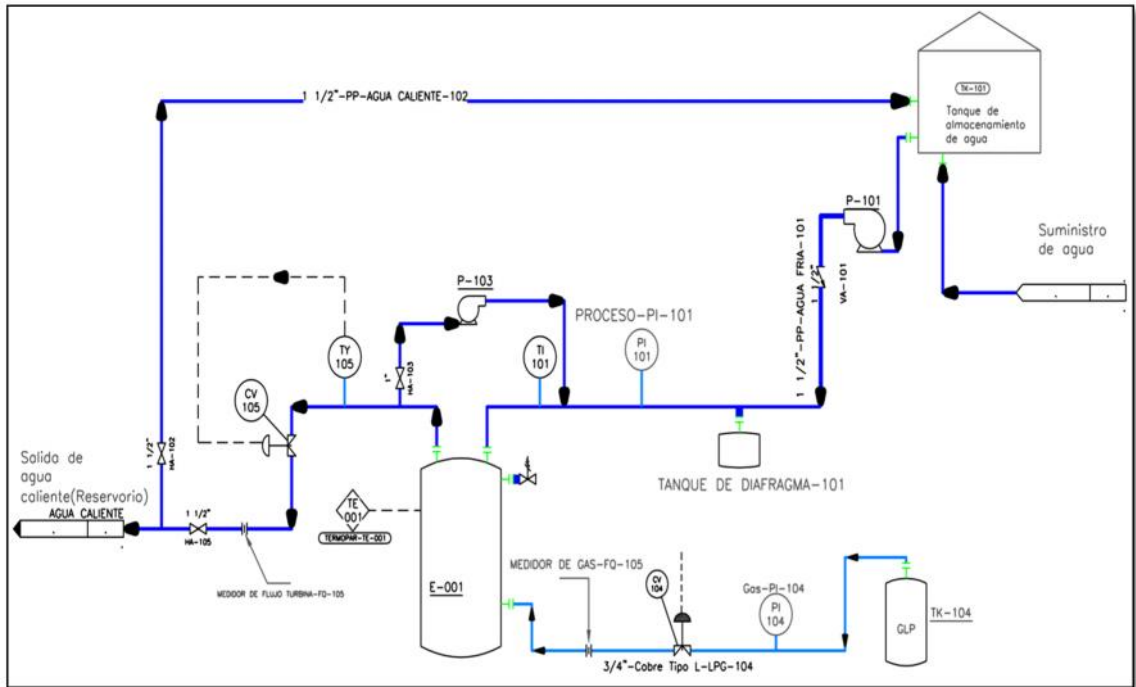


Figura 9 Diagrama P&ID del sistema. Nota: Ver completo en planos esquemáticos
 Fuente: Elaboración propia. (Autodesk AutoCAD P&ID 2016 – English – Versión estudiantil)

En la línea 101 se encuentran ubicados los equipos principales como la bomba de proceso (P-101), válvula check 1 1/2", tanque de expansión, medidor de presión (PI-101), medidor de temperatura (TI-101). En la línea 105 se ubica el medidor de temperatura para agua caliente (TY-105), la válvula de control (CV-105), el medidor de flujo (FQ-105). En la línea 104 se ubica el medidor de flujo de gas (FQ-104), el medidor de presión de gas (PI-104) y su respectivo tanque de suministro de gas (TK-104), y el regulador de presión de gas de segunda etapa (CV-104). También están los termopares necesarios para la preparación del calentador de agua (TE-001).

2.4.1. Parámetros generales del proceso

Según la norma ANSI/ASHRAE 118.1-2008, los parámetros generales sobre los que se plantea el estudio del presente proyecto, son:

- Capacidad máxima de almacenamiento: De 50 a 74 galones.
- Temperatura controlada de agua: $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- Carga térmica: Comprendida entre 30 kW a 108 kW.
- Flujo Volumétrico: 240 a 600 gal/h (370 gal/h aproximadamente a temperatura controlada).

- Temperatura ambiente del cuarto de prueba debe estar a una temperatura de bulbo seco entre 18°C y 32°C.
- Presión máxima: Es seleccionada de acuerdo a la norma ANSI Z21.22, que regula una presión máxima para válvulas de alivio no mayor de 150 psi.
- Peso máximo del calentador: 400 kg.
- Altura máxima del calentador : 1.80 m
- Ancho máximo del calentador: 0.8 m
- Regulador de presión de gas: Se debe mantener la presión de salida $\pm 10\%$ de la presión recomendada por el fabricante.

2.4.2. Parámetros para suministro de gas

Los parámetros de suministro de gas dependen de cada fabricante, por lo que se toma como referencia la norma INEN 2603-2012. Adicionalmente, este sistema también estará regido por la norma ecuatoriana NTE INEN 2260-2010, que describe la instalación tuberías de gases combustibles para sistemas con gas licuado de petróleo (GLP).

2.5. Selección de tuberías y equipos.

En esta sección se seleccionará las tuberías para suministro de agua, las tuberías de suministro de gas, tanque de almacenamiento y tanque de expansión.

2.5.1. Tuberías de agua

Según la norma hidrosanitaria NHE NEC-11, para la instalación de equipos de suministro de agua caliente, las tuberías pueden ser metálicas (acero galvanizado y cobre); y, plásticas como el policloruro de vinilo clorado (CPVC), polietileno reticulado (PER), polipropileno (PP), con la capacidad de soporte térmico y de presión. Por lo que será de suma importancia analizar sus usos y características.

El cobre como material de transporte de agua caliente es poco utilizado en el medio local debido a su costo, adicionalmente es un gran conductor y es más utilizado para procesos de transferencia de calor por su alta conductividad térmica. El acero galvanizado también es un buen conductor, pero produce caídas de presión a grandes longitudes, en este caso, según análisis de estudio, la caída de presión no afectaría y soporta presiones hasta de 1200 psi, aunque tiene la desventaja que a temperaturas entre 50°C y 70°C se puede producir procesos de corrosión, dependiendo de la composición química del agua.

Con respecto a las tuberías plásticas, las tuberías de polipropileno son las más utilizadas debido a su fácil montaje y usos con accesorios metálicos como válvulas de bronce, fundición o acero. Su desventaja es que a grandes temperaturas disminuye la resistencia a la presión, por ejemplo a una temperatura de 60°C, se pueden obtener presiones de trabajo hasta de 51 psi (ver apéndice B). La tubería de policloruro de vinilo clorado (CPVC) es menos conocida, aunque con grandes prestaciones de presión y temperatura, pero con la desventaja de que la unión con accesorios se vuelve más compleja.

Por lo tanto, se selecciona una tubería de polipropileno (PP) por su facilidad de montaje y prestaciones a altas temperaturas, pero será necesario el uso de una válvula de alivio inmediatamente después de la salida de agua caliente para seguridad. El diámetro de la tubería será de 1½", debido a que se encuentra estandarizado para el rango establecido de calentadores.

2.5.2. Tubería de Gas

Para la selección de la tubería de suministro de gas, será necesario considerar que se necesita suministrar la suficiente cantidad de GLP para el proceso de prueba. Por esta razón, se toma como potencia nominal máxima 108 kW. Generalmente el requerimiento de GLP, ya sea en volumen o en calor por unidad de tiempo, lo da el fabricante en la placa del equipo.

La tubería de cobre debe soportar una presión neumática máxima de 0.686 MPa (NTE INEN 2260, 2010).

Selección del material de la tubería

Uno de los principales factores que se deben tomar en cuenta a la hora de seleccionar la tubería es la presión a la que fluye el GLP. Es necesario indicar que la norma INEN 2260 (2010), clasifica las siguientes instalaciones:

- De baja presión (BP): hasta 0.05 bar
- De media presión A (MPA): hasta 0.4 bar (6 psig)
- De media presión B (MPB): hasta 4 bar (60 psig)

Tipos de materiales para suministro de GLP

Según la norma NTE INEN 2260 (2010), se definen materiales metálicos y plásticos para las tuberías que suministro de GLP:

- Tubería de acero al carbón, mínimo cédula 40, de acuerdo a norma ISO 65 Heavy o ASTM 53.
- Tubería de cobre rígida o flexible sin costura, de acuerdo a norma ISO 1635 o ASTM B 88 de tipo K o L.
- Tubería flexible corrugada de acero inoxidable, de acuerdo a norma ANSI/AGA LC 1.
- Tubería plástica de polietileno (PE) para instalaciones enterradas, que cumpla la norma ISO 4437/ASTM D 2513 o equivalente a la INEN 2260 (2010).

De acuerdo a lo planteado, según la norma técnica ecuatoriana, en lo que respecta al uso de cobre como material de conducción, la tubería de cobre tipo L es la adecuada mientras la presión no supere los 1.4 bar (20 psi). Otro de los factores que se debe analizar es que las tuberías tipo L soportan temperaturas hasta de 1083°C; esta característica lo hace apropiado para el transporte de gas y puede evitar la propagación de incendios (Centro Español de Información del Cobre, 2012).

Se necesitan dos reguladores, uno de alta que regule la presión entre 0.35 bar y 1.4 bar (5 a 20 psig), y un regulador denominado de segunda etapa que recete la presión entregada y la regule a la presión de consumo del calentador de agua.

Entre Los diámetros más utilizados para tubería de cobre se plantean $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ ", y 1". Según los cálculos realizados, que se adjuntan en el apéndice A, se utilizará tubería tipo L con diámetro nominal de $\frac{3}{4}$ ".

2.5.3. Selección de tanque de almacenamiento

Según la norma ANSI/ASHRAE 118.1-2008, la temperatura a la que llega el agua al tanque de almacenamiento es aproximadamente 60°C; esto es de suma importancia si se utiliza un solo un tanque, debido a que puede tener cambios de temperatura durante los 30 minutos de prueba. Se proponen dos opciones, la primera es el uso de un tanque que pueda suministrar agua durante 30 minutos sin que cambie su temperatura 1°C; y la segunda opción es el uso de un tanque para el suministro de agua y otro para la descarga de agua de menores dimensiones que significarían menor costo.

Para la primera opción, se calcula el flujo de calor neto añadido o retirado, con el volumen necesario para que la temperatura del agua no cambie 1°C, cuando se transfiere agua a 60°C a un caudal máximo de 370 gal/h durante un periodo de 30 minutos. Considerando una temperatura de almacenamiento de 25°C, según el apéndice A, se obtiene un volumen total de 24000 litros, necesarios para que la

temperatura no cambie 1°C, pero en el mercado local se tienen tanques de 25000 litros (ver Figura 10), los tanques con esta capacidad de almacenamiento tienen un costo mayor a 4000 dólares según un proveedor local, por lo que será importante evaluar una opción con la que se obtenga un menor costo (Rotoplas,2015).



Figura 10 Tanque de 25000 litros
Fuente: Rotoplas,2015.

Para la segunda opción se propone el uso de dos tanques. Para el tanque de almacenamiento será necesario proveer 370 gal/h, lo que no supone un problema. Sin embargo, para el tanque de descarga se propone que la temperatura promedio al final de los 30 minutos no sea mayor a 40°C, con lo que se plantea un ejercicio de análisis térmico para calcular el volumen de agua requerido. De los resultados se obtiene un volumen de 1600 litros, pero en el mercado se encuentran tanques desde 2000 a 2500 litros de polietileno de alta densidad. Esto conlleva un costo no mayor a 600 dólares entre los dos tanques, pero con la desventaja de que el tiempo aproximado para que el agua vuelva a tener 25°C y sea reutilizada es de aproximadamente 12 horas expuesto a la intemperie (ver apéndice A).

Por temas de costo y para efectos de prueba se escoge la segunda opción en tanques, por lo que será necesario aumentar un termopar, una boya para nivel y una bomba con tuberías de ¾" al sistema que no supone un costo mayor a 300 dólares según proveedores locales. Esto, sin embargo, aumentaría el tiempo de espera de llenado desde el tanque de reserva hacia el tanque de suministro de agua en aproximadamente 1 hora a una velocidad del fluido no mayor a 1.5 m/s.

2.5.4. Selección del tanque de expansión

El tanque de expansión seleccionado se calcula en función de la presión máxima tarado de la válvula de seguridad o válvula de alivio del calentador de agua. En este caso, debido a que no se tiene un calentador fijo, se escoge el caso más crítico de presiones y volúmenes requeridos.

Se calcula el vaso de expansión con la Ecuación 6 (Cadenas, 2011).

$$\text{Ecuación 6} \quad V_f = \frac{P_{m\acute{a}x}}{P_{n\acute{a}} - P_{min}} \cdot f_d \cdot V_i$$

Donde V_f es el volumen final del tanque en litros, $P_{m\acute{a}x}$ es la presión absoluta a la temperatura máxima (presión de tarado más la presión atmosférica), P_{min} es la presión absoluta a la temperatura de llenado (presión debida a la columna de líquido más la presión atmosférica), f_d es coeficiente de dilatación del agua a la temperatura media, y V_i que es el volumen del agua de la instalación cuando la temperatura del agua es más baja.

La presión a la temperatura máxima utilizada para el cálculo es determinada según la norma ANSI Z21.22, que regula una presión máxima para válvulas de alivio no mayor de 150 psi (10,34 bar), por lo que para temas de diseño se escoge una $P_{m\acute{a}x}$ de 8 bar, lo cual está dentro de lo que establece la norma, escogiendo un tanque de expansión de un fabricante (ver apéndice B) que tiene precarga de fábrica de 3 bar.

Para la selección del tanque de expansión también es necesario el cálculo de la temperatura media, que corresponde a la temperatura de suministro del agua que es de 25°C aproximadamente; y la temperatura máxima de salida del agua que podría llegar fácilmente a los 80°C, de donde se calcula una temperatura promedio de 52.5°C. Con esta temperatura promedio se selecciona el parámetro f_d de la Tabla 9.

Temp. Media (°C)	fd	Temp.	fd	Temp.	fd
		Media (°C)		Media (°C)	
10	0.0004	60	0.0171	90	0.0359
20	0.0018	70	0.0228	95	0.0396
30	0.0040	75	0.0258	100	0.0435
40	0.0079	80	0.0290	110	0.0515
50	0.0121	85	0.0324	120	0.0603

Tabla 9 Coeficiente de dilatación en función de la temperatura máxima de servicio

Fuente: Cadenas, 2011.

Interpolando entre las temperaturas de 50°C y 60°C se obtiene un valor para f_d de 0.0133. Sin considerar la temperatura de calentamiento de agua dentro del tanque, se asume que un volumen total del máximo de 100 gal máximo (378.54 litros). Entonces, calculando con la Ecuación 6, se obtiene un volumen del vaso de expansión 9.28 litros.

Tomando como referencia la tabla del fabricante de vasos de expansión (Ver apéndice B), se escoge un volumen superior al calculado, es decir 11 litros de capacidad. Sin embargo, por disponibilidad del mercado local se escoge un tanque de expansión de 12 litros.

2.6. Equipos de instrumentación

Para la selección de los equipos de instrumentación será necesario identificar las variables críticas que intervienen para su selección. La norma ANSI/ASRAE 118.1 (2008), especifica la exactitud como principal punto de selección y sus variables dependerán de la presión, temperatura y flujo volumétrico tanto de agua como de gas. Otro punto de interés en los equipos de instrumentación es la resolución con la que se obtendrán los datos. Estos conceptos de selección se imponen en el costo total del proyecto.

No es necesario un tiempo de respuesta inmediato, por lo que se puede utilizar sistemas de adquisición de datos para estado estacionario.

Selección de equipos de instrumentación

Para la selección de los equipos de instrumentación, es necesario tener claro que existe una gran variedad. Estos equipos dependen de muchos factores que influyen directamente sobre el instrumento. Es importante puntualizar las necesidades para cada caso como son; tipo de fluido, exactitud, caída de presión, temperatura de trabajo con el fluido y con el ambiente externo al instrumento, mantenimiento y tipo de señal requerida. De todos estos factores mencionados y de su diseño o tecnología usada depende su costo final. Considerando todos estos factores, se podrá tomar una buena decisión y con esto disminuir costos. (Morales Sánchez, 2007)

Los equipos requeridos para las mediciones deben cumplir con un grado de exactitud. Todos los equipos deberían ser calibrados por lo menos una vez a año, y anotar esta calibración como un registro para poder tener un control adecuado del equipo de medición. En la Tabla 10 se indica la exactitud permitida según la norma ANSI/ASRAE 118.1 (2008).

Instrumento para medir	Exactitud
Valor de Calentamiento	±0.5% del valor medido
Dióxido de Carbono	±0.1% de por volumen
Oxígeno	±0.1% de por volumen
Humo	½ de numero de Bacharach
Volumen de gas	±0.5% del valor medido
Temperatura	±2°F(0.1°C)
Temperatura a la salida y entrada	±5°F(0.3°C)
Flujo de agua	±1.0% de la medición del flujo
Peso	±1.0% de la medición del peso
Presión de Gas	±0.1% in. columna de agua (10 Pa)
Presión atmosférica	±0.01% in. mercurio (30 Pa)
Presión de agua	±1.0% psi (7 kPa)
Draft	±0.005 in. columna de agua (1 Pa)
Tiempo	±0.5 s/h

Tabla 10 Exactitud requerida para las variables de prueba y control
Fuente: Norma ANSI/ASHRAE 118.1, 2008.

2.6.1. Medidores de flujo

Como se puede observar en el diagrama de instrumentación de la Figura 7, se necesitan dos medidores de flujo, uno para la línea de proceso de agua caliente y otro para el sistema de suministro de gas.

Medidor de flujo en la línea de proceso

Este medidor se encuentra ubicado después del regulador de flujo y del termopar, trabajando con temperaturas hasta 80°C en su caso más crítico, y una presión máxima de 150 psi, que es la presión a la que se regula la válvula de alivio en el tanque. Estas consideraciones son tomadas por temas de seguridad del sistema.

Los parámetros críticos que se deben considerar para la selección del medidor de flujo de agua se especifican en la Tabla 11.

PARÁMETRO	VALOR
Intervalo de Medición	240 gal/h a 600 gal/h (4 a 10 gal/min)
Exactitud requerida	±1.0% de la medición del flujo
Presión máxima	150 psi
Grado de pérdida de presión	Baja
Tipo de fluido	Agua
Rango de temperatura del fluido	25°C a 80°C
Tipo de medición	Analógica
Calibración y configuración	Anual
Medio ambiente	Cálido -Húmedo 27- 37°C
Lugar de ubicación (PID)	Línea de proceso 105

Tabla 11 Parámetros para la selección del medidor de flujo de agua
Fuente: Norma ANSI/ASHRAE 118.1,2008.

Realizando un breve análisis con respecto al medidor de flujo para agua, se debe considerar el rango de exactitud debido a que no todos los medidores de flujo que se encuentran en el mercado tienen la misma aplicación. Para este caso, se analiza la opción de los medidores de flujo electromagnéticos con exactitudes hasta del 0.1 % y los medidores de flujo de turbina hasta 0.25 %. Cada uno cuenta con sus desventajas como la caída de presión en el caso de los de medidores de turbina, y la conductividad del fluido en el caso de los electromagnéticos.

Debido a que los medidores de flujo de turbina tienen una gran exactitud dentro del rango de medición, se procede con la búsqueda en OMEGA, de donde se obtiene el medidor de la Tabla 12.

MODELO	FTB-106
Exactitud	+/- 0.5 % del valor medido
Tipo	Turbina
Flujo	4 a 60 gal/min
Presión máxima de Operación	3850 psig
Temperaturas de trabajo	-268 °C a 232 °C
Salida eléctrica de pulsos	1 (pulso/(gal/min))
Proveedor	OMEGA



Tabla 12 Especificaciones técnicas del medidor de flujo seleccionado
Fuente: OMEGA, 2015.

Medidor de flujo de suministro de GLP

Los parámetros críticos que se deben considerar para la selección del medidor de flujo de gas se indican en la Tabla 13.

PARÁMETRO	VALOR
Intervalo de medición	0.5 a 0.35 dm^3/s
Exactitud requerida	$\pm 0.5\%$ del valor medido
Grado de pérdida de presión	Media
Tipo de fluido	GLP
Rango de temperatura del gas	15°C
Tipo de medición	Analógica
Calibración y configuración	Anual
Medio ambiente	Cálido -húmedo 27- 37°C
Lugar de ubicación	Línea de proceso 104

Tabla 13 Requerimientos mínimos del medidor de flujo de agua

Fuente: Norma ANSI/ASHRAE 118.1,2008.

Para la selección de este tipo de medidores es necesario considerar el precio del equipo para la aplicación, pero también cumple un papel principal la exactitud con los que se pueda obtener los datos de interés. Con los parámetros especificados en la Tabla 13, se consultó en el medio local el medidor de flujo de la Tabla 14.

MODELO	M-SERIES
Exactitud	$\pm (0.4\%$ de la lectura + 0.2% de la máxima escala)
Flujo máximo	0 – 4.17 dm^3/s
Presión de trabajo	175 psi
Temperatura de trabajo	-10 a 60°C
Salida eléctrica analógica	4-20 mA
Marca	ALICAT
Proveedor	DABULITSA S.A



Tabla 14 Especificaciones técnicas del medidor de flujo de gas del proveedor local.

2.6.2. Medidores de temperatura

Los equipos de instrumentación que comúnmente utilizamos para medir la temperatura en los procesos con líquidos en inmersión se pueden especificar como sigue:

- 1) Termopares.
- 2) Termómetros de resistencia (RTD)

Termopares

Son los elementos más utilizados en la industria y en diversos procesos experimentales para medir la temperatura. Trabaja con dos alambres conductores, hechos de diferente metal, unidos en su extremo los cuales, al entrar en contacto con el fluido, producen una diferencia de temperaturas provoca una tensión eléctrica (fuerza electromotriz F.E.M), aproximadamente proporcional a la temperatura. Esta tensión se debe a dos factores: la densidad de electrones diferentes de los dos materiales, y de la diferencia de temperatura entre el punto caliente y el punto frío. Este efecto termoeléctrico se lo conoce como efecto Seebeck (Cortes, 2007).

Existe una gran variedad de termopares, que se clasifican por su capacidad, rango de temperatura y condiciones de trabajo, tal como se muestra en la Tabla 15, donde se especifican sus aplicaciones.

Tipo	Combinación de metales		Aplicaciones
	Positivo	Negativo	
E	Cromel (+)	Constatan (-)	Alta sensibilidad (<1000°C)
J	Hierro (+)	Constatan (-)	Ambiente no oxidante (<760°C)
K	Cromel (+)	Alumel (-)	Altas temperaturas (<1372°C)
s	Platino/ 10%	Platino (-)	Estabilidad térmica en alta temperatura (<1768°C)
T	Cobre (+)	Constatan (-)	Ambientes reductores o en vacío (< 400°C)

Tabla 15 Material y rango de medidas de termopares

Fuente: Roberto, 2007.

Ventajas

- Presentan un amplio rango de temperaturas de operación (ver tabla 15).
- Simple.
- Uso en aplicaciones de alta vibración y golpes.
- Económico.
- Amplia variedad de formas físicas.
- Buena intercambiabilidad.

Desventajas

- No lineal.

- Baja tensión.
- Su precisión es moderada en comparación con los RTD.

Termómetros de resistencia (RTD)

Es un instrumento utilizado para medir las temperaturas, aprovechando la dependencia de la resistencia eléctrica de metales, aleaciones y semiconductores (termistores) con la temperatura. Consiste en un arrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado, bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o cerámica. El material que forma el conductor, se caracteriza por el "coeficiente de temperatura de resistencia", el cual expresa un cambio de resistencia en ohmios del conductor por grado de temperatura a una temperatura específica. Comprende rangos de temperatura desde -200°C a 950°C (Roberto, 2007).

Ventajas

- Muy estable.
- Amplio alcance de operación.
- Buena exactitud.
- Mejor linealidad que el termopar.
- Excelente intercambiabilidad.

Desventajas

- Caro con respecto a las termopares.
- Sensible a vibraciones y golpes.
- Tiempo de respuesta relativamente lento.
- Requiere fuente de corriente.
- Cambios pequeños de resistencia.

Por otro lado, es importante mencionar que, de acuerdo a la norma, el principal punto de consideración lo constituye la exactitud de la medición. En Tabla 16 se describen los parámetros principales para la selección del transductor.

PARÁMETRO	VALOR
Rango de prueba	20-80°C
Exactitud	±5°F(0.3°C) 0.5%
Presiones de trabajo	150 psi
Tipo de Fluido	Agua

Tabla 16 Parámetro requerido para la selección del transductor de temperatura

Fuente: Norma ANSI/ASHRAE 118.1, 2008.

Se puede mencionar que tanto los termopares como los RTD cubren el rango de temperaturas descrito en la Tabla 16. Adicionalmente, la exactitud define un papel importante: mientras que los termopares alcanzan exactitudes hasta de 0.5°C, los transductores RTD alcanzan exactitudes hasta de 0.008°C. Por esta razón, se considera un transductor RTD de platino para la medición de la temperatura a la entrada y a la salida del proceso. Por lo tanto, en la Tabla 17 se dan las especificaciones técnicas principales del elemento dadas por el proveedor local.

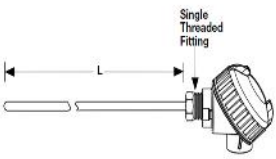
MODELO	STYLE RR RR J E 00 A 030 BB	
Tipo	RTD O PT100	
Exactitud	DIN Class A ($\pm 0.06\%$)	
Rango de medida	Max 260° C	
Longitud de bulbo	0.075 m - 0.1 m	
Salida eléctrica analógica	4-20 mA	
Display	Adicional	
Temo-pozo	Incluido 1/2" NPT	
Fabricante	WATLOC	
Proveedor	DABULITSA S.A	

Tabla 17 Especificaciones técnicas del transductor de temperatura
Fuente: Dibulitsa S.A. Proveedor local

En la Tabla 18, se pueden observar las especificaciones técnicas obtenidas de OMEGA.

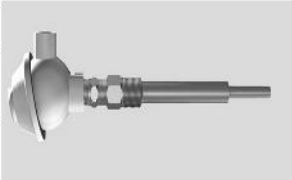
MODELO	HWC/PRTF-12-2-100- 1/4-4-E-SL/1/2-260S- U21/2-304SS	
Tipo	PT100	
Exactitud	DIN Class A ($\pm 0.06\%$)	
Rango de medida	Hasta 500°C	
Longitud de bulbo	0.1 m	
Salida eléctrica analógica	4-20 mA	
Display	Adicional	
Temo-pozo	Incluido 1/2" NPT	
Proveedor	OMEGA	

Tabla 18 Especificaciones técnicas del transductor de temperatura consultado
Fuente: OMEGA, 2015.

De la referencia técnica en OMEGA para RTD del apéndice B, se puede calcular, mediante la Ecuación 7, si el equipo transductor seleccionado cumple con la exactitud expuesta de la Tabla 16, considerando una temperatura promedio máxima de trabajo de 60°C (Omega, 2015).

Ecuación 7

$$P_{Class A} = \pm(0.15 + 0.002 * temp)$$

De donde *temp* es la temperatura promedio máxima de trabajo. Al resolver la ecuación, se obtiene una exactitud de $\pm 0.27^{\circ}\text{C}$, que está dentro del rango descrito en la Tabla 16 para la medición de la temperatura.

Analizando las dos opciones encontradas, se selecciona un transductor con termopozo de OMEGA, que cumple con las especificaciones planteadas, y su costo es menor.

2.6.3. Medidor de la presión

En el mercado local se dispone de una gran variedad de equipos de medición de presión. Estos transductores dependen del fluido, presión, temperatura, de la exactitud y el tipo de señal que se requiere obtener.

Para la selección es necesario referirse a la Tabla 19, que clasifica a los diferentes tipos de transductores con su respectiva exactitud.

Transductor de presión	Rango de medición (psi)	Rango de temperatura (°C)	Exactitud (%)
Tubo de burdon	0.5 a 100000	90 (max)	0.5 - 1
Diafragma	0.071 a 28.466	90 (max)	0.5 - 1
Fuelle	0.142 a 28.466	90 (max)	0.5 - 1
Capacitivo	14.696 u a 14.696	0 a 816	0.05 - 0.5
LVDT	30 a 10000	(-55 a 150)	0.05
Piezoeléctrico	30 a 10000	(-240 a 260)	1
Potenciómetro	0.1 a 10000	(-54 a 149)	1
Strain Gage	0,5 a 10000	(-270 a 371)	0.25

Tabla 19 Características de los transductores de presión

Fuente: Vera Romero, 2012.

Para la selección, se tiene que establecer cuáles son los parámetros y puntos importantes sobre los que se basa la selección. Entre los principales puntos de selección se puede mencionar la exactitud, costo y rango de medición. De acuerdo a la norma ANSI/ASHRAE 118.1, 2008 los parámetros que debe cumplir el transductor de presión se establecen en la Tabla 20 para la línea de proceso, y en la Tabla 22 para la línea de gas.

a) Selección de transductor de presión de la línea de proceso.

PARÁMETRO	VALOR
Presión de Trabajo	0-150 psi
Exactitud	±1.0 psi (7 kPa)
Rango de temperatura de trabajo	20-80°C
Tipo de fluido	Agua
Tipo de medición	Analógica
Lugar de ubicación	Línea de proceso 104

Tabla 20 Parámetros requeridos para el transductor de presión de agua.

Fuente: Norma ANSI/ASHRAE 118.1, 2008.

Para la selección de este transductor se escoge uno de tipo strain gage, el cual tiene una de las mayores exactitudes dentro de los transductores de presión y se puede obtener de forma analógica la señal de salida. Adicionalmente, es uno de los más utilizados en el medio industrial.

En la Tabla 21 se muestra las especificaciones técnicas de interés del transductor de presión proporcionada por el proveedor local.


Modelo	626-04-GH-P1-E4-S1 Industrial Pressure Transmitter	
Tipo	Gage	
Exactitud	0.25%	
Límites de Temperatura	-18 a 93°C	
Salida eléctrica analógica	4-20 mA	
Display	Adicional	
Conexión	Incluido 1/4" NPT	
Fabricante	Dwyer	
Proveedor	DABULITSA S.A	

Tabla 21 Especificaciones técnicas del transductor de presión del proveedor local

Nota: Datos obtenidos de la hoja técnica del proveedor local.

Para verificar si la exactitud se cumple, se toma una presión máxima de 150 psi, por lo que al multiplicar por 0.25% que es la exactitud que proporciona el transductor de la Tabla 21 se obtiene un valor de 0.375 psi. Este valor está dentro de lo especificado en la Tabla 20.

b) Selección de transductor de presión de la línea de suministro de gas.

PARÁMETRO	VALOR
Presión de trabajo	0 a 0.35 bar
Exactitud	±0.1 in. columna de agua (20 Pa)
Temperaturas de trabajo	Max 15°C
Tipo de fluido	GLP
Tipo de medición	Analógica
Lugar de ubicación	Línea de suministro de gas 105

Tabla 22 Parámetros requeridos para el transductor de presión de gas
Fuente: Norma ANSI/ASHRAE 118.1, 2008.

De igual manera que en en la selección del transductor anterior, se escoge uno de tipo strain gage por las razones ya mencionadas. En la Tabla 23 se presentan las especificaciones técnicas del mencionado transductor.

Modelo	AST4600-A-G0025-P-4-T-1-000 Standard Pressure Transducer	
Tipo	Gage	
Rango	Hasta 1 bar	
Exactitud	± 0.05 %	
Límites de Temperatura	-7 a 60°C	
Salida eléctrica analógica	4-20mA	
Conexión	Incluido 1/4" NPT	
Proveedor	OMEGA	

Tabla 23 Especificaciones técnicas del transductor de presión de gas seleccionado
Fuente: OMEGA, 2015.

Como se observa en la Tabla 22 la exactitud de la presión debe ser menor a 20 Pa. Según André (2005), la presión de trabajo máxima en la línea de segunda etapa es de 0.35 bar es decir 35 kPa. Por lo tanto, si se multiplica esta presión por la exactitud del transductor (ver Tabla 23) se obtiene un valor de 17.51 Pa, cumpliendo con los parámetros especificados en la Tabla 22.

2.7. Selección del aislamiento térmico

Según la norma ANSI/ASHRAE 118.1-2009, se debe cumplir con un aislante térmico que tenga una resistencia térmica de $0.7 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$, donde la resistencia será determinada con respecto al espesor y la conductividad del material seleccionado.

Entre los materiales más utilizados que se pueden obtener fácilmente en el medio local, los de menor costo son la lana de vidrio o lana mineral, espuma elastómera y de polietileno. De estos materiales, el más

económico y de uso más común es el de lana mineral. Además, tiene la propiedad de ser no inflamable, lo cual nos garantiza seguridad. Según el proveedor (ver apéndice B), se especifica la conductividad térmica para la lana de vidrio a diferentes temperaturas, de donde se obtiene que a 60 °C, la conductividad térmica es de 0.038 W/m·°C (Instituto Valenciano de la Edificación, 2012). Por lo que será necesario calcular el espesor mínimo para la lana de vidrio mediante la Ecuación 8.

Ecuación 8
$$R = e/\lambda$$

Donde R es la resistencia térmica del material en $m^2 \cdot ^\circ C/W$, e es el espesor del material aislante (lana de vidrio) en metros y λ es la conductividad térmica de la lana de vidrio en $W/m \cdot ^\circ C$. Reemplazando en la Ecuación 8 se obtiene un espesor de 0.0266 m, por lo que será necesario un aislante térmico con un espesor de pared no menor a 26.6 mm. Seleccionando los espesores preestablecidos para conducción (ver apéndice B), se obtiene que para tuberías de 1½" se recomienda un espesor de 25.4 mm. Sin embargo, este espesor no cumple con la norma, por lo tanto se selecciona el inmediato superior es decir 38 mm.

2.8. Selección de la bomba de proceso

El agua será suministrada desde un tanque de almacenamiento de 1100 litros, considerando un rendimiento para bombear agua hasta 600 gal/h, por un periodo de 30 minutos para efectos de cálculo. Por lo tanto, calculando la caída de presión en las tuberías, más los accesorios seleccionados, se obtiene un total de 2.17 m (ver apéndice A). Entonces, se selecciona una bomba centrífuga Pedrollo, para caudales medios, modelo Hfm 50 B, monofásica de ½ HP, con la curva caudal versus carga como se muestra en la Figura 11. La bomba, según especificaciones técnicas (ver apéndice B), proporciona una altura manométrica hasta 8.5 metros a 50 litros/min (660 gal/h), por lo que cumple con los requerimientos de caudal y presión del sistema.

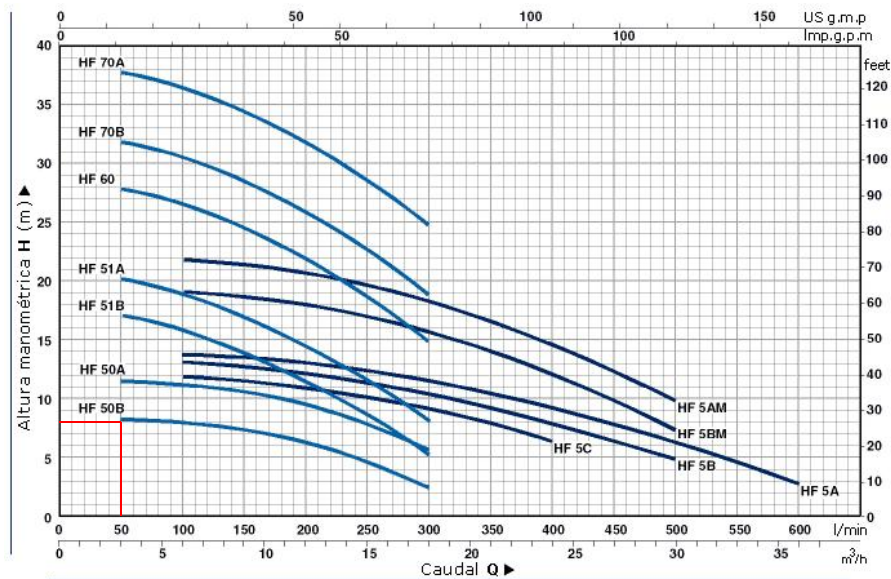


Figura 11 Curva caudal vs carga

Fuente: www.pedrollo.com, 2014.

2.9. Selección del sistema de regulación de flujo

Para los sistemas de regulación de flujo existen 4 alternativas:

- Válvula de estrangulamiento
- Regulación by-pass
- Regulación mediante arranque-parada
- Variador de frecuencia.

Para este caso, se analizará la alternativa de válvula de estrangulamiento y la de variador de frecuencia debido a que son las de mayor eficiencia. Adicionalmente, no es perjudicial para el motor de la bomba como es el caso de arranque-parada, que regula al caudal medio forzando el motor.

Válvula de estrangulamiento

Estrangula la salida de la bomba, produciendo una mayor resistencia al paso de fluido, introduciendo una pérdida adicional a la instalación. La bomba tiene que generar una mayor presión en el caudal, no pudiendo llegar a bombear el caudal nominal. Esto hace que el sistema solicite una energía de bombeo bastante superior a la requerida por el sistema, resultando en un bajo rendimiento de la instalación y su costo es menor que un variador de frecuencia.

Regulación electrónica de velocidad del motor

En este caso, al variar la velocidad varía la curva característica de la bomba. Al disminuir la velocidad, disminuyen a la vez la altura

manométrica y el caudal, consumiéndose sólo la potencia necesaria. Es el método más eficaz energéticamente.

Una vez descritas las dos alternativas es importante analizar el impacto de la caída de presión que tendría en el sistema cada proceso. En la Figura 12, se pueden observar las curvas con estrangulación o válvula de control y el dispositivo con variador de frecuencia o velocidad.

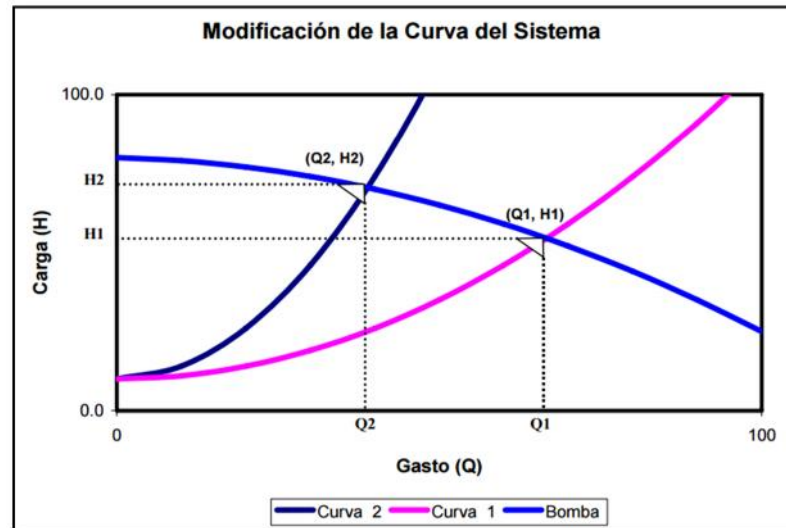


Figura 12 Comportamiento de la curva del sistema de conducción
Fuente: Ergon Plus Ingeniería, 2005.

En la Figura 12 se observa que, al estrangular la válvula de control y disminuir el caudal de Q_1 a Q_2 , la curva del sistema cambia haciendo que la carga se incremente de H_1 a H_2 .

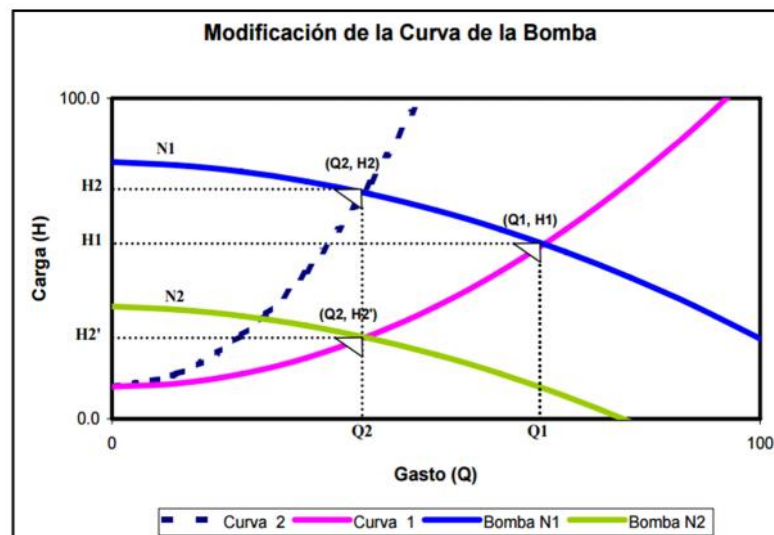


Figura 13 Control de gasto por variación de velocidad en la bomba
Fuente: Ergon Plus Ingeniería, 2005.

En cambio, en la Figura 13 con variador de frecuencia de velocidad de N1 a N2, podemos pasar de un gasto Q1 a Q2 sin incrementar la carga; por lo contrario, la nueva carga H2', es menor a la carga inicial H1 y mucho menor a la que se obtendría con la válvula de estrangulación H2 (Ergon Plus Ingeniería, 2005).

Una vez analizadas estas dos opciones, se propone la utilización de una válvula de control debido a que su uso no es prolongado y la bomba cubre la caída de presión extra que pueda provocar en el sistema. Además, su costo es de un 60% a 70% menor que el variador de frecuencia. En la Tabla 24 se describen las características principales del regulador de flujo seleccionado.

Modelo	TFV4-306
Características	
Tipo	Válvula proporcional
Uso	Agua
Control	On/off o sistema control proporcional, posición de abierto controlada por un control de señal
Temperatura de uso	2 °C a 90 °C
Cambio de Presión Máxima	0.6 MPa
Actuador	24VAC/DC±15%, proporcional (0(2)-10VDC/0(4)-20 mA)
Torque de salida	4N.m, 6N.m and 10N.m
Consumo	6 VA
Proveedor	TF Fluid Control Systems Co.,Ltd

Tabla 24 Válvula proporcional para control de flujo de agua.

Fuente: Fluid Control Systems CO., LTD, 2015.

Esta válvula seleccionada cumple con dos propósitos: controlar el cierre o abertura total de la válvula, y controlar el flujo en rangos intermedios requeridos para mantener la temperatura deseada.

2.10. Selección del sistema de adquisición de datos

Transmitir los datos medidos durante los experimentos a un ordenador será importante para obtener información de forma más precisa y con mayor resolución. Por este motivo, será necesario incluir en el diseño un sistema de adquisición de datos (D.A.Q).

Se consultaron equipos de la marca National Instruments, conocidos en el mercado local e internacional por su variedad de aplicaciones, precios,

modelos y confiabilidad. Una de las ventajas con estos equipos es que la ESPOL cuenta con el software compatible para esta marca (LabVIEW).

Entre los requerimientos para la selección se tiene el costo, resolución, aplicación, tipos y cantidad de entradas analógicas, velocidad de muestreo y voltaje máximo de entrada analógica compatible con todos los equipos antes seleccionados. En la Figura 14 se puede observar los equipos con la disposición requerida, con sus respectivas salidas analógicas proporcionadas al proveedor local para la selección de los equipos.

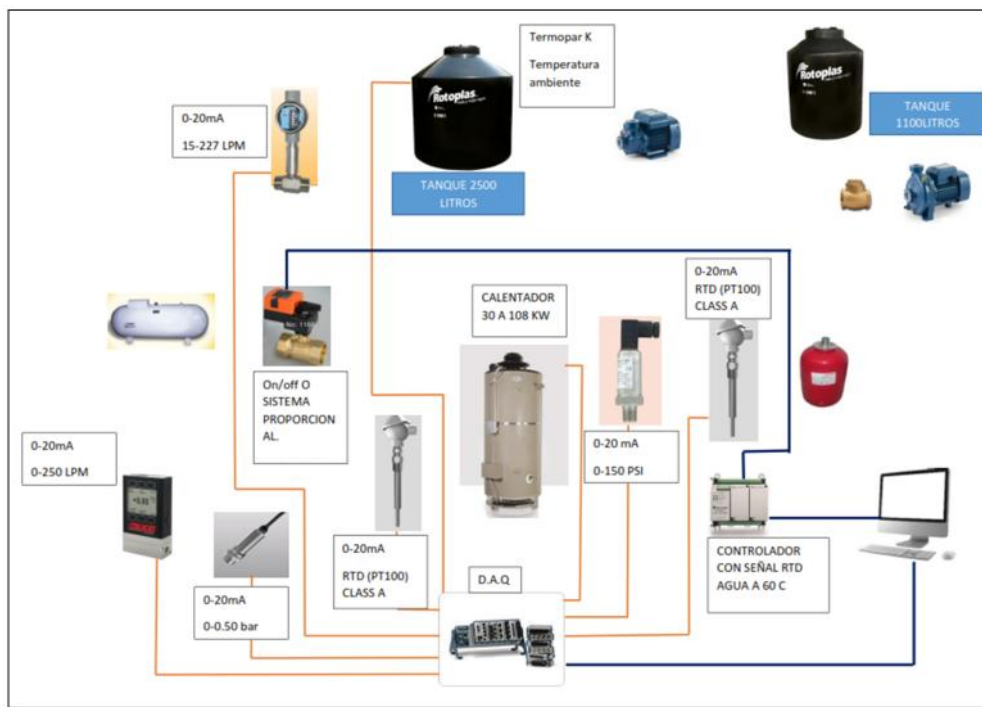


Figura 14 Diagrama de instrumentación y control seleccionada
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se determinan los equipos recomendados por el proveedor local, con sus especificaciones técnicas:

NI cDAQ-9174 Chasis NI CompactDAQ USB de 4 Ranuras (ver Figura 15)

- Permite escoger entre más de 50 módulos de E/S intercambiables en vivo con acondicionamiento de señales integrado.
- Obtiene acceso a los cuatro contadores/temporizadores de 32 bits de uso general integrados al chasis a través del módulo digital.
- Ejecuta simultáneamente siete operaciones temporizadas por hardware desde canales analógicos, digitales y de contador/temporizador.

- Aprovecha el soporte para SO Windows 7.
- Mide en minutos con el software NI-DAQmx y la generación automática de código usando el DAQ Assistant.



Figura 15 Chasis NI CompactDAQ MODELO NI cDAQ-9174

Fuente: National Instruments, 2015.

NI 9207 Módulo de Entrada de Voltaje/Corriente Analógica de 500 S/s, 16 Canales (ver Figura 16)

- Entradas de corriente y ocho entradas de voltaje, 500 S/s.
- Entradas de corriente de ± 21.5 mA, entradas de voltaje de ± 10 V, resolución de 24 bits.
- Modo de alta resolución con rechazo de 50/60 Hz.
- Aislamiento entre bancos CAT I de 60 VDC.
- Conector D-SUB de 37 pines estándar en la industria.
- Rango de operación de -40°C a 70°C , 5 g de vibración, 50 g de impacto.



Figura 16 Módulo NI 9207

Fuente: National Instruments, 2015.

NI 9211 Módulo de Entrada de Termopares de ± 80 mV, 14 kS/s, 4 Canales (ver Figura 17)

- Entrada de termopar de cuatro canales, 14 S/s.
- Entradas analógicas de ± 80 mV, resolución de 24 bits; rechazo de ruido de 50/60 Hz.
- Soporte para tipos de termopares J, K, T, E, N, B, R y S
- Aislamiento entre bancos CAT II de 250 Vrms.
- Conectividad con terminal de tornillo de 10 posiciones.
- Rango de operación de -40°C a 70°C , 5 g de vibración, 50 g de impacto.



Figura 17 Módulo NI 9211

Fuente: National Instruments, 2015.

Este sistema de adquisición de datos se plantea como opción para el sistema requerido para el banco de prueba. Adicionalmente, tiene salidas analógicas, lo que es fundamental para la regulación de la válvula proporcional mediante uso de un controlador.

2.11. Controlador (ver Figura 18)

Será necesario controlar el flujo de agua con respecto al sensor de temperatura de la salida de agua. Este control se comportaría como un sistema de primer y segundo orden, de estado estable debido a que su respuesta de la temperatura no es inmediata con respecto al tiempo.

Será necesario un controlador con señal de entrada analógica de 0-20 mA (ver ficha técnica del controlador en el apéndice C).



Figura 18 Controlador lógico programable Micro 820

Fuente: Allen-Bradley, 2015.

CAPITULO 3

3. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO, PROPUESTA DE GUIA DE ENSAYO, SEGURIDAD, ANALISIS DE COSTOS

3.1. Funcionamiento General

Considerando el objetivo general del proyecto, la meta es medir la eficiencia térmica de los calentadores de almacenamiento de agua de uso comercial a gas, descrita en la Ecuación 9. Para la ejecución de cada experimento, será necesario determinar el volumen de agua que contiene el calentador, flujo de agua para mantener la temperatura a 60°C de cada calentador, temperaturas a la entrada y salida del tanque, y volumen de gas entregado durante la prueba. Al final del cálculo, será posible determinar la tasa de recuperación de cada calentador. Para la obtención de datos, será necesario el uso del sistema de adquisición de datos, que podrá registrar cada variable durante un periodo de prueba de 30 minutos.

Para la ejecución de cada prueba será necesario preparar el calentador de gas con los materiales descritos en el Apéndice C.

3.2. Preparación del calentador antes de la prueba. (ANSI/ASHRAE 118.1, 2008)

- 1) Instalar los seis sensores de temperatura como muestra la Figura 19, en el centro del tubo de protección seleccionado y descrito en el apéndice C. Dentro del tubo, se colocará un alambre donde se fijará cada termopar a igual volumen de agua horizontal, los cuales tendrán una línea de conexión al sistema de adquisición de datos para el procedimiento de cálculo.
- 2) Este tipo de instalación se realizará reemplazando el ánodo de sacrificio del tanque o con el uso de una tee en la válvula de alivio del calentador, en el caso de que el ánodo de sacrificio esté en un lugar inaccesible.
- 3) En caso de que sea necesario retirar un poco del aislante térmico del tanque, retirar la menor cantidad posible (máximo el 10%).
- 4) Conectar tubos de 1½" en la entrada y salida de agua. Asegurarse, mediante el uso de silicón para altas temperaturas, de su correcto sellado.

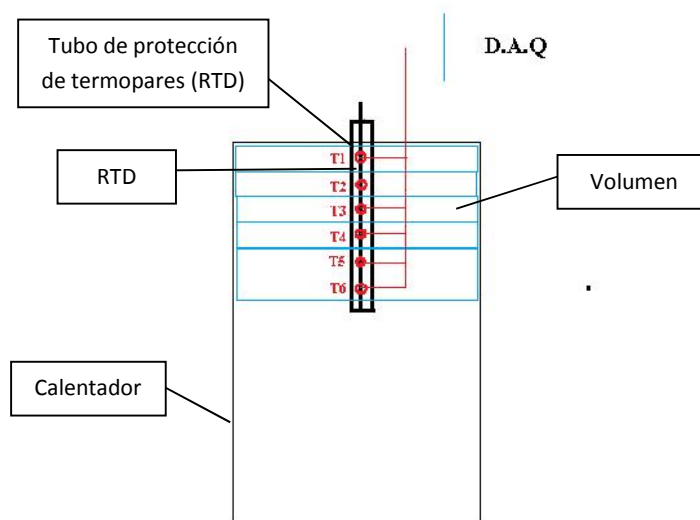


Figura 19 Configuración de RTD en el interior del tanque de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Propuesta para el ensayo experimental

La guía del ensayo deberá contar con los elementos comunes, generalmente utilizados en todo reporte experimental. Las partes del reporte propuesto serán las siguientes:

- Título
- Objetivos
- Marco teórico
- Descripción de los equipos y materiales
- Procedimiento
- Tablas de datos, cálculo de resultados y gráficas obtenidas.
- Cálculo de incertidumbres.
- Análisis de resultados y Conclusiones.
- Bibliografía

Título

“Obtención experimental de la eficiencia térmica de calentadores de acumulación de agua a gas de uso comercial de 30 KW a 108 KW según norma (ANSI/ASHRAE 118.1, 2008)”

Objetivos

A continuación se listan los objetivos principales que deben ser considerados durante el procedimiento experimental:

- Obtener experimentalmente la eficiencia térmica de los calentadores de acumulación de uso comercial mediante el control de parámetros de prueba.
- Comparar la eficiencia térmica obtenida experimentalmente con la especificada por el fabricante en la placa de información.
- Almacenar datos y comparar resultados con experimentos similares y propios, donde se pueda analizar los diferentes efectos que están influenciados debido al control de los parámetros tales como caudal de agua, presión de gas, consumo de gas.
- Considerar sistemas de uso con el calentador propuesto debido a su eficiencia térmica y la cantidad máxima de entrega de agua.

Marco Teórico

Se recomienda hacer un resumen de la teoría presentada en el Capítulo 1, además se sugiere hacer una revisión rápida de las referencias bibliográficas, (Cengel, 2006), definiciones de la norma NTE INEN 2603:2012. En el marco teórico se debe incluir temas generales tales como aplicaciones, investigaciones similares y normas implicadas.

Descripción de los equipos.

En el Capítulo 2 se da la descripción detallada de cada elemento que comprende el banco de prueba, y se facilita información general en los planos de diseño.

A continuación se lista un resumen de los elementos que se estiman se deben describir de manera general en el reporte:

Termopares

Sensores RTD de temperatura

Válvula proporcional

Válvula de presión y caudal de gas

Medidor de flujo de gas

Medidor de flujo de agua

Sistema de adquisición de datos

Procedimiento experimental

A continuación se propone un conjunto de pasos a seguir para el correcto uso del equipo, dividido en tres etapas.

Etapa 1: Preparación y ajuste

1. Especificar el flujo de gas máximo dado por la placa del fabricante, presión de gas y registrarlos.
2. Realizar proceso de preparación del tanque instalando los termopares, como se especifica en la sección 3.2.
3. Colocar el calentador sobre la plataforma de prueba de plywood.
4. Conectar las tuberías de agua a su respectiva entrada y salida. En esta parte, será necesario el uso de mangueras flexibles de caucho con neoplos y conexión de acople rápido de ser necesario.
5. Conectar las tuberías de gas al calentador, según especifique el fabricante.
6. Conectar el calentador de agua a la fuente requerida para su encendido.
7. Encender el suministro de agua manualmente y verificar que no existan fugas en el sistema.

Etapa 2: Precalentamiento

1. Encender el suministro de agua.
2. En el momento que el transductor de flujo de agua comience a medir, dejar transcurrir 1 minuto. Posterior a esto, cerrar manualmente la salida de agua.
3. Encender el calentador de agua.
4. Mediante el uso de los termopares se tomará un promedio cada minuto. En el momento que deje de variar la temperatura en un periodo de dos minutos se registrará el dato de la temperatura máxima, la cual debe estar en el rango de $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$. Si no llega a esta temperatura, apagar el suministro de gas del quemador, purgar el tanque con agua de suministro, reajustar el termostato e iniciar el calentamiento. Repetir este proceso hasta alcanzar la temperatura deseada.
5. Si hay varios termostatos se ajusta el termostato más alto para que alcance el rango especificado medido por el sensor de temperatura. Entonces, el termostato más bajo debería ser ajustado para que alcance la máxima temperatura promedio del tanque dentro del rango especificado.

Etapa 3: Prueba

1. Se regula en "On" la válvula proporcional para el suministro agua.
2. El sistema se auto-regulará para que la temperatura medida por el RTD sea $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
3. En el momento en que el flujo y la temperatura se estabilicen y no varíe más de 1°C en un periodo de tres minutos, se comenzará a registrar los datos en el sistema de la medición del flujo de agua (FR) en GPM.
4. Si el calentador tiene un control que permite el consumo de energía constante a baja potencia, se realizará el paso 2 y 3 de la etapa 3. Se registrará este valor como la medición del flujo de agua mínimo (FRmin) en GPM, y todos los resultados se calcularán con base en estos datos.
5. El sistema comenzará a registrar durante un periodo de 30 minutos los datos en el sistema.

Tablas de datos, cálculo de resultados y gráficas obtenidas.

Para el cálculo de prueba será necesario considerar los siguientes puntos y variables:

1. El tiempo de inicio de la prueba t_{0t} , se considera al momento en que el agua durante la etapa 3 no varíe más de 1°C , en un periodo de 3 min.
2. El tiempo final de la prueba t_{ft} , se considera una vez que transcurrió los 30 minutos de prueba.
3. Las temperaturas serán medidas cada minuto a la entrada (T_s) y la salida (T_o), desde el inicio de la prueba. Adicionalmente, el medidor de gas registrará el volumen total de gas suministrado durante la prueba (Vol_t).

Se propone la Tabla 27 para el registro de datos con las principales variables de interés para el cálculo.

Datos	t_{0t} (h)	t_{0t} (min)	$T_s(^{\circ}\text{C})$	$T_o(^{\circ}\text{C})$	Vol_t (m ³)	FR (GPM)
					Inicio	Inicio
					-	-
					-	-
					-	-
30		t_{ft}			Final	Final

Tabla 25 Datos registrados por el sistema DAQ

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de resultados

Para el cálculo de resultados, la diferencia de tiempo deberá estar expresada en minutos.

Calculo de la eficiencia térmica.

Para calcular la eficiencia térmica E_t , una cantidad adimensional, será de utilidad la Ecuación 9.

$$\text{Ecuación 9} \quad E_t = \frac{W_t \times C_p \times t_d}{Q_{tg}}$$

Donde W_t es el peso total de agua calentada durante el proceso de prueba, C_p es el calor específico del agua a 60 °C de 4.184 J/kg.°C (ANSI/ASHRAE 118.1, 2008), t_d es la diferencia de temperatura entre la entrada y salida de agua en (°C) calculado mediante la Ecuación 10, y Q_{tg} es la cantidad de energía consumida de gas durante la prueba de eficiencia térmica en Joule (J).

$$\text{Ecuación 10} \quad t_d = T_{o\ m} - T_{s\ m}$$

Con los datos registrados en la Tabla 25, de la temperatura de suministro y de salida de agua. Será necesario calcular la temperatura media en grados centígrados lo más cercano a la décima durante los 30 minutos de prueba, mediante la Ecuación 11 y Ecuación 12.

$$\text{Ecuación 11} \quad T_{s\ m} = \frac{T_{s1} + T_{s2} + T_{s3} + \dots + T_{s\ n}}{n}$$

$$\text{Ecuación 12} \quad T_{o\ m} = \frac{T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} + \dots + T_{o\ n}}{n}$$

Donde n es el número de mediciones realizadas por transductores de temperatura a la entrada y salida en intervalos no mayores a 1 minuto, durante un periodo de 30 minutos de pruebas. $T_{o\ m}$ y $T_{s\ m}$ son las temperaturas promedios de la temperaturas obtenidas por los sensores de temperatura.

Peso total de agua calentada durante el proceso de prueba

Mediante los valores obtenidos con el medidor de flujo, se calcula el peso total del agua W_t en (kg) con la Ecuación 13:

Ecuación 13
$$W_t = \frac{FR \times (t_{ft} - t_{ot})}{C_{fg} \times v}$$

Donde v es el volumen específico del agua en (m³/kg) y C_{fg} es el factor de conversión de 1000 litros/m³ (ANSI/ASHRAE 118.1, 2008).

Energía de gas consumida durante la prueba

Sera necesario obtener la cantidad de energía entregada por el gas durante la prueba mediante la Ecuación 14.

Ecuación 14
$$Q_{tg} = Vol_t \times H \times C_s$$

Donde Q_{tg} es la cantidad de energía consumida de gas durante la prueba de eficiencia térmica en Joule (J), Vol_t es el volumen de gas consumido en (m³) registrado por el sensor de flujo de gas durante el periodo de prueba de eficiencia térmica y calculado mediante la Ecuación 15, H es el calor latente de vaporización del GLP de 92430 kJ/m³, C_s es el factor de corrección para el calor latente de vaporización aplicada al gas, si éste no está a temperatura y presión estándar definida por la Ecuación 16.

Ecuación 15
$$Vol_t = Vol_{30} - Vol_1$$

Factor de corrección del gas

También será necesario determinar el factor de corrección para el calor latente de vaporización del gas, según los parámetros de la prueba de presión y temperatura del gas con los transductores de presión de la línea de gas mediante la Ecuación 16 (ANSI/ASHRAE 118.1, 2008).

Ecuación 16
$$C_s = \frac{P_g(273.15 + T_{sglp})}{P_s(273.15 + T_g)}$$

Donde P_g es la presión de gas medida en (kPa), P_s es la presión absoluta estándar del GLP en (kPa), T_g es la temperatura de gas medida en (°C) y T_{sglp} es la temperatura estándar en (°C).

Según la norma NTE INEN 2260:2010 segunda edición, se define como condiciones estándar para el GLP una presión absoluta a 101,325 kPa y una temperatura absoluta de 288,15 K (15°C), donde se puede expresar la Ecuación 16 de la siguiente forma:

Ecuación 17
$$C_s = \frac{2.843 P_g}{273.15 + T_g}$$

Tasa de recuperación del calentador

La rapidez o tasa de recuperación del calentador R_v en (litros/hora), es calculada mediante la Ecuación 18. (ANSI/ASHRAE 118.1, 2008)

Ecuación 18
$$R_v = \frac{I \times E_t}{t_d \times C_{p,g}}$$

Donde I es la potencia del calentador en (kW), t_d es la diferencia de temperatura entre la entrada y salida de agua en (°C) calculada mediante la Ecuación 10, y $C_{p,g}$ es el calor específico nominal para el agua (4.14 kJ/L. °K). (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado, 2003)

Análisis de resultados y conclusiones.

Finalmente, se deberá concluir el reporte con el análisis de los resultados, haciendo comparaciones con resultados de investigaciones similares. Por otro lado, las conclusiones basadas en los objetivos propuestos deberán describir los resultados cualitativos de la experimentación.

Bibliografía.

Las referencias bibliográficas consultadas deberán ser incluidas al final del reporte.

3.4. Seguridad durante la prueba experimental

Durante la prueba será necesario tomar en consideración varios equipos de protección personal, tales como el uso de casco, guantes, gafas y botas de seguridad.

También deberá realizarse pruebas de funcionamiento, y que no exista fuga de agua antes de la prueba de calentamiento. Además, que las válvulas de alivio estén funcionando correctamente.

La limpieza y el orden son factores fundamentales para la seguridad del procedimiento. Adicionalmente, dentro del área de trabajo, será necesario la familiarización con elementos emergentes, tales como extintores en un área no mayor a 1 metro del área de prueba, y referirse a la norma NFPA

750 para la seguridad contra incendios y a la norma INEN 2260, que se refiere a la instalación de sistemas de gases combustibles.

3.5. Análisis de costos

En el actual proyecto los costos que representan un mayor rubro son los equipos de adquisición de datos en conjunto con los equipos de transducción. Será necesario implementar un análisis de costos donde se incluirá los materiales y equipos requeridos, los consumibles necesarios para la fabricación y montaje de los equipos, adicionalmente la mano de obra necesaria para toda la ejecución del proyecto. Para el análisis de costos del proyecto, se ha considerado los costos directos e indirectos del proyecto.

3.5.1. Costos directos

Los costos directos se consideran aquellos rubros que son fácilmente identificables con un producto y su función.

- Costo de materiales y equipos.
- Costo de construcción.
- Costos de Montaje e Instalación.

Costo de materiales y equipos

Los materiales y equipos son aquellos insumos que pasarán por procesos de fabricación para la obtención de los elementos definitivos del equipo.

Los costos de materiales y equipos se muestran en la Tabla 26, los cuales se clasifican en:

- Equipos
- Materiales
- Transductores del sistema
- Reguladores de Flujo
- Equipos de sistema de adquisición de datos y control
- Otros

COSTO DE MATERIALES Y EQUIPOS PARA BANCO DE PRUEBAS							
Descripción	Proveedor	Origen	Cantidad	Unidad	Costo Origen	Costo Local Unitario	Total
Equipos							\$ 568.44
Bomba pedrollo HF 50 B MEDIO CAUDAL 0.5 HP 110/220"	COMERCIAL GINATTA S.A	-	1	Un		\$ 304.82	\$ 304.82
Bomba PKM 1/2 HP	COMERCIAL GINATTA S.A	-	1	Un		\$ 105.00	\$ 105.00
Tanque de expansión 12 litros A.C.S.	Local	-	1	Un	-	\$ 38.09	\$ 38.09
Conexión para vasos de expansión, formada por soportes y latiguillos de conexión.	Local	-	1	Un	-	\$ 101.05	\$ 101.05
Manómetro con baño de glicerina y diámetro de esfera de 100 mm, con toma vertical, para montaje roscado de 1/2", escala de presión de 0 a 5 bar.	Local	-	1	Un	-	\$ 19.48	\$ 19.48
Materiales							\$ 1,290.56
Líneas de Proceso							
TUBO 1 1/2"x 6 mts--- (polipropileno agua caliente)	KIWI	-	4	Un	-	\$ 39.96	\$ 159.82
TUBO 3/4" x 6 mts--- (polipropileno agua caliente)	KIWI	-	2	Un	-	\$ 12.50	\$ 25.00
NUDOS UNIVERSALES 1 1/2" ---PP	KIWI	-	5	Un	-	\$ 7.27	\$ 36.34
NUDOS UNIVERSALES 3/4" ---PP	KIWI	-	2	Un	-	\$ 1.75	\$ 3.50
BUSHING PP 1 1/2" A 1" ---PP	KIWI	-	3	Un	-	\$ 1.06	\$ 3.19
UNION 1 1/2" ---PP	KIWI	-	6	Un	-	\$ 2.22	\$ 13.34
CODO 1 1/2" DE 90 GRADOS ---PP	KIWI	-	12	Un	-	\$ 3.38	\$ 40.61
TEE 1 1/2"---PP	KIWI	-	7	Un	-	\$ 3.57	\$ 25.00
NEPLO 1 1/2" X 10 CM---PP	KIWI	-	4	Un	-	\$ 0.40	\$ 1.61
ADAPTADOR PARA TANQUE 1 1/2" ---PP	KIWI	-	2	Un	-	\$ 8.73	\$ 17.46
ADAPTADOR PARA TANQUE 3/4" ---PP	KIWI	-	2	Un	-	\$ 2.45	\$ 4.90
NEPLO CON TUERCA 1 1/2" ---PP	KIWI	-	4	Un	-	\$ 3.50	\$ 14.00
NEPLO CON TUERCA 1 " ---PP	KIWI	-	4	Un	-	\$ 2.50	\$ 10.00
VALVULA DE BOLA CIERRE RAPIDO 1 1/2" BRONCE	KIWI	-	3	Un	-	\$ 52.93	\$ 158.79
VALVULA DE BOLA CIERRE RAPIDO 3/4" BRONCE	KIWI	-	2	Un	-	\$ 16.39	\$ 32.79
VALVULA CHECK HORIZONTAL 1 1/2"	KIWI	-	1	Un	-	\$ 79.79	\$ 79.79
Tanque de 2500 Litros	COMERCIAL GINATTA S.A	Ecuador	1	Un		\$ 317.02	\$ 317.02
Tanque de 1100 litros	COMERCIAL GINATTA S.A	Ecuador	1	Un		\$ 174.00	\$ 174.00
Línea de suministro de gas							
Tubo de cobre tipo L 3/4" soldable	KIWI	-	16	mts	-	\$ 6.48	\$ 103.71
Codo de cobre tipo L 3/4" 90 grados soldable	KIWI	-	7	Un	-	\$ 1.25	\$ 8.75
Abrazaderas de cobre 3/4"	KIWI	-	16	Un	-	\$ 0.27	\$ 4.29
Union de cobre 3/4"	KIWI	-	10	Un	-	\$ 0.70	\$ 6.96
Adaptador de Cobre 3/4" SOLDABLE A ROSCA	KIWI	-	4	Un	-	\$ 1.04	\$ 4.18
Valvula de cierre rapido 3/4"	KIWI	-	2	Un	-	\$ 13.60	\$ 27.20
Filtro 3/4"	KIWI	-	1	Un	-	\$ 14.28	\$ 14.28
Tee de cobre 3/4 Roscable	KIWI	-	3	Un	-	\$ 1.35	\$ 4.05
Otros							\$ 212.54
Plywood Marino de 18 MM 1,22 X 2,44 metros 4 x 8 pies	Local	-	1	Un	-	\$ 63.65	\$ 63.65
Ducto Flexible de Ventilacion 7" X 2,45 metros	KIWI	-	4	Un	-	\$ 37.22	\$ 148.89
Transductores Del sistema							\$ 4,783.60
Tranductor de presion de gas	OMEGA	EEUU	1	Un	\$ 650.00	\$ 942.50	\$ 942.50
Transductor de presion de agua	DABULITSA S.A	EEUU	1	Un		\$ 275.00	\$ 275.00
RTD con termoposo	DABULITSA S.A	EEUU	2	Un		\$ 275.00	\$ 550.00
RTD sin termoposo	OMEGA	EEUU	8	Un	\$ 25.00	\$ 36.25	\$ 290.00
Termocuplas tipo K	OMEGA	EEUU	1	Un	\$ 18.00	\$ 26.10	\$ 26.10
Medidor de flujo de gas	DABULITSA S.A	EEUU	1	Un		\$ 2,700.00	\$ 2,700.00
Medidor de flujo de agua	OMEGA	EEUU	1	Un			\$ 0.00
Regulador de flujo							\$ 488.75
Regulador proporcional agua	TF Fluid Control Systems Co.,Ltd	EEUU	1	Un		\$ 248.75	\$ 248.75
Regulador de presion y caudal de gas	Local	-	2	Un		\$ 120.00	\$ 240.00
Equipos de sistema de adquisicion de Datos y control							\$ 4,444.40
cDAQ-9174, CompactDAQ chassis (4 slot USB)	Datalights-National Instruments	EEUU	1	Un	-	\$ 1,381.60	\$ 1,381.60
NI 9207 8-ch (current) + 8-ch (voltage) combo module, 24bit with 50/60Hz rejection	Datalights-National Instruments	EEUU	1	Un	-	\$ 1,138.25	\$ 1,138.25
NI 9923 37 pin DSub terminal block for screw terminal connectivity to 37 pin DSub C Series modules	Datalights-National Instruments	EEUU	1	Un	-	\$ 235.50	\$ 235.50
NI 9211 4-Ch 80 mV, 14 S/s, 24-Bit Thermocouple Differential Analog Input Module	Datalights-National Instruments	EEUU	2	Un	-	\$ 628.00	\$ 1,256.00
NI 9932 Strain relief & high voltage conn kit, 10-pos screw terminal plug w/ cable housing for 10-pos. screw terminal	Datalights-National Instruments	EEUU	2	Un	-	\$ 54.95	\$ 109.90
Power Cord, AC, U.S., 120 VAC, 2.3 meters	Datalights-National Instruments	EEUU	1	Un	-	\$ 15.70	\$ 15.70
Standard Service Program for CompactDAQ Systems (3 years)	Datalights-National Instruments	EEUU	1	Un	-	\$ 307.45	\$ 307.45
Micro 820 Microsd card support controller, 12 24 V DC INPUTS	La llave-Allen Bradley	EEUU	1	Un	-	\$ 311.46	\$ 311.46
Micro 800 24 DC POWER SUPPLY 120/240V AC INPUT	La llave-Allen Bradley	EEUU	1	Un	-	\$ 58.54	\$ 58.54
Modulo 2-CH RTD INPUT	La llave-Allen Bradley	EEUU	1	Un	-	\$ 133.33	\$ 133.33
TOTAL							\$ 11,788.29

Tabla 26 Costos de materiales y equipos (DDP).

Fuente: Varios proveedores.

Costos de Construcción

Los costos que intervienen en el proceso de este proyecto son: consumibles y mano de obra, para obtener como resultado la construcción de la plataforma de plywood y la estructura de soporte. Los costos de construcción ascienden a \$139.14, tal como se muestra en la Tabla 27.

<i>Horas por día</i>	8	horas		
<i>Tiempo de la actividad</i>	0.5	días	Total del Rubro	\$ 23.03
Construcción de la plataforma Plywood				
Consumibles	Cantidad	Unidad	P.U	Total
Clavos	1	Lb	\$ 2.50	\$ 2.50
Pegamento	0.5	Litro	\$ 0.65	\$ 0.33
Bloques de madera base	4	Un	\$ 1.55	\$ 6.20
			Total	\$ 9.03
Servicio	Cantidad	Tiempo (horas)	P. U	Total
Carpintero	1	4	\$ 3.50	\$ 14.00
			Total	\$ 14.00
<i>Tiempo de la actividad</i>	2	días	Total del Rubro	\$ 23.03
Construcción de estructuras de soporte				
Consumibles	Cantidad	Unidad	P.U	Total
Soldadura A-6011	2.5	Kg	\$ 2.70	\$ 6.75
Disco de corte	2	Unidad	\$ 1.80	\$ 3.60
			Total	\$ 10.35
Mano de Obra	Cantidad	Tiempo (horas)	P.U	Total
Soldador	1	16	\$ 3.39	\$ 54.24
Ayudante	1	16	\$ 3.22	\$ 51.52
			Total	\$ 105.76
<i>Tiempo de la actividad</i>	1	días	Total del Rubro	\$ 116.11
TOTAL COSTOS CONSTRUCCIÓN				\$ 139.14

Tabla 27 Costos de construcción

Fuente: Elaboración propia.

Costos de montaje e instalación

Se considera costos de montaje e instalación a todos aquellos que se requieren para el proceso de acoplamiento de piezas para obtener el producto final. Dentro de esto, se contemplan los materiales, mano de obra y consumibles, obteniendo los rubros de:

- Instalación y montaje de tuberías de línea de procesos
- Instalación y montaje de tubería de gas
- Instalación de equipos de transducción
- Montaje estructura y soporte
- Montaje de aislamiento térmico en tubería de 1-1/2"

Como indica la Tabla 28, el costo de montaje e instalación para el banco de pruebas ascienden a \$2,033.23.

Instalación y Montaje de Tuberías de Línea de Proceso				
<i>Tiempo de la actividad</i>	2.5	días	Total del Rubro	\$ 764.26
Materiales	Cantidad	Unidad	P.U	Total
Abrazaderas de sujeción	30	Un	\$ 3.50	\$ 105.00
Tornillos	1	Global	\$ 80.00	\$ 80.00
			Total	\$ 185.00
Consumibles	Cantidad	Unidad	P.U	Total
Teflon	20	Unidad	\$ 0.35	\$ 7.00
Silicon Rojo	2	Unidad	\$ 5.37	\$ 10.74
Pernos, Tuercas y arandelas	1	Global	\$ 350.00	\$ 350.00
			Total	\$ 367.74
Mano de Obra	Cant	Tiempo (horas)	Costo (Unitario)	Total
Plomero	1	32	\$ 3.39	\$ 108.48
Ayudantes	2	32	\$ 3.22	\$ 103.04
			Total	\$ 211.52
Instalación y montaje de tuberías de Gas				
<i>Tiempo de la actividad</i>	2	días	Total del Rubro	\$ 293.26
Consumibles	Cantidad	Unidad	P.U	Total
Soldadura Estaño y Plata	25	Palillos	7.5	187.5
			Total	187.5
Mano de obra	Cant	Tiempo (horas)	Costo (Unitario)	Total
Tecnico Instalador línea de gas	1	16	\$ 3.39	\$ 54.24
Ayudante	1	16	\$ 3.22	\$ 51.52
			Total	\$ 105.76
<i>Tiempo de la actividad</i>	12	días		
Instalación de equipos de Transducción, incluye consumibles y herramientas				
Mano de obra	Cant	Tiempo (horas)	Costo (Unitario)	Total
Técnico de los equipos (D.A.Q)	1	56	\$ 4.50	\$ 252.00
Ing. Mecanico o Ing. Electronico con conocimientos de control y automatizacion	1	40	\$ 4.25	\$ 170.00
Ayudante	1	56	\$ 3.22	\$ 180.32
			Total de rubro	\$ 602.32
Montaje estructuras de soporte				
Mano de Obra	Cant	Tiempo (horas)	P.U	Total
Ferrero	1	8	\$ 3.39	\$ 27.12
Ayudante	1	8	\$ 3.22	\$ 25.76
			Total del rubro	\$ 52.88
Instalación y Montaje de Tuberías de Línea de Proceso				
	Cantidad	Unidad	COST.UNIT	TOTAL
Material y Mano de Obra	6	ml	\$ 53.42	\$ 320.51
			Total del rubro	\$ 320.51
TOTAL COSTO MONTAJE E INSTALACIÓN				\$ 2,033.23

Tabla 28 Costo de Montaje e Instalación

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Costos indirectos

Se determina costos indirectos a todos los costos que no pueden identificarse con la producción específica, pero que contribuyen al costo total del proyecto (ver Tabla 29). Entre los costos indirectos del banco de pruebas tenemos:

- Costos de ingeniería
- Costos de transporte
- Imprevistos

Costos de ingeniería

Para la planificación, desarrollo, resolución de problemas y estimación de costos del diseño del banco de pruebas, se ha estimado un valor de costos de ingeniería de \$1,600.00.

Costos de transporte

Los costos de transporte reflejan el traslado de todos los materiales necesarios al lugar del banco de pruebas. Estos costos ascienden a \$125.00.

Imprevistos

Para el desarrollo de este banco de pruebas es indispensable precisar, que a cada nivel o etapa de un planteamiento pueden resultar acciones que quedan fuera de control del diseñador. Por lo cual es necesario considerar un porcentaje de imprevistos. Tomando en cuenta un escenario conservador, se considera el 2% de los costos directos (ver Tabla 29), resultando como costos de imprevistos un valor de \$279.21.

Costo Indirecto				
Rubro	Unidad	Cantidad	P.U	P.Total
Ingeniería	Meses	2	\$ 800.00	\$ 1,600.00
Transportes	Global	1	\$ 125.00	\$ 125.00
Imprevistos (2%)	Global	1	\$ 279.21	\$ 279.21
			Total	\$ 2,004.21

Tabla 29 Costo Indirecto
Fuente: Elaboración Propia.

3.5.3. Costos totales

Los costos totales del diseño del banco de pruebas, resultan de la suma de los costos directos e indirectos detallados anteriormente en la

sección 3.5.1 y 3.5.2. En la Tabla 32 se muestra el resumen de los costos totales.

RESUMEN DE COSTOS	
COSTO DIRECTO	
	Total
Costos de Materiales y equipos	\$ 11,788.29
Costos de Construcción	\$ 139.14
Costos de Montaje e Instalación	\$ 2,033.23
COSTO DIRECTO TOTAL	\$ 13,960.66
COSTO INDIRECTO	
Ingeniería	\$ 1,600.00
Transportes	\$ 125.00
Imprevistos (2%)	\$ 279.21
COSTO INDIRECTO TOTAL	\$ 2,004.21
COSTO TOTAL	\$ 15,964.87

Tabla 30 Resumen de Costos Totales

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Cronograma de montaje

El cronograma de montaje para el presente proyecto está completamente ligado a los costos expuestos en la sección 3.5, y describe el tiempo estimado para la ejecución del proyecto desde el inicio de la compra de materiales hasta las pruebas y puesta en funcionamiento del equipo (ver Figura 20).

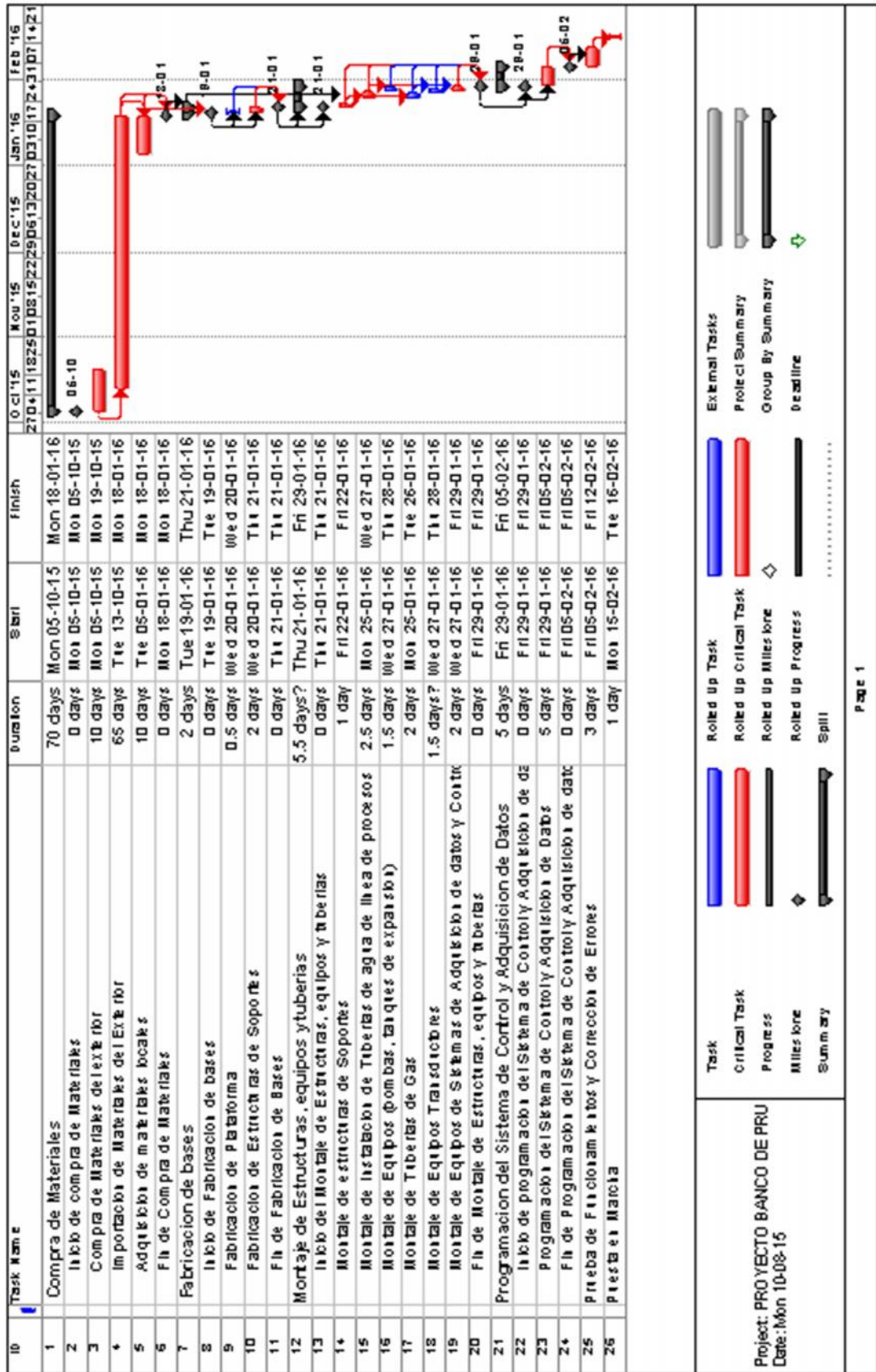


Figura 20 Cronograma para la ejecución del proyecto.

Nota: Ver formato A3 en el Anexo C. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Debido a la variedad de equipos de calentamiento de agua existentes en el mercado local, se hace una tarea difícil obtener equipos que puedan satisfacer las necesidades del usuario. Por esta razón, la ESPOL al implementar un equipo que pueda obtener datos y resultados, de las principales variables de interés que inciden sobre la selección de un calentador de agua, tales como el tipo de combustible, velocidad de recuperación y eficiencia térmica, contribuiría con un servicio con el que se podrá determinar mejores sistemas de calentamiento de agua, según los resultados obtenidos. Es importante resaltar que la norma INEN 2603-2012 impone estándares de calidad mínimos que deben cumplir los calentadores para su fabricación y comercialización.

Al igual que el programa de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Energy Star) que promueve el uso de productos que trabajen con un buen rendimiento energético, será necesario poder contar con programas a nivel local que regulen la eficiencia de los equipos y electrodomésticos (Energy Star, 2008). Estos programas tendrían la capacidad de establecer normas de funcionamiento y estándares de calidad que se deban cumplir según su aplicación. De esta forma, contribuir con el ahorro energético a nivel nacional y cuidado del medio ambiente.

El DOE (Department of Energy) de Estados Unidos para la medición de la eficiencia térmica para calentadores comerciales, incorpora la referencia ANSI Z21.10.3-2011, Anexo G; que describe el procedimiento de prueba del presente proyecto, donde señala que la Ecuación 9, utilizada para calcular la eficiencia térmica, no toma en cuenta los cambios en el contenido de calor almacenado en el calentador de agua durante la prueba. Por lo tanto, este cambio de energía almacenada podría variar el cálculo de la eficiencia térmica. Sin embargo, al utilizar equipos de gran exactitud para la obtención de resultados, se puede minimizar el impacto que puede provocar el no considerar el cambio de energía en el interior del calentador.

Según la búsqueda bibliográfica efectuada, no se encuentran datos de trabajos similares realizados a nivel local, pero internacionalmente existen laboratorios como Energy Star, que certifican equipos que cumplan altos estándares de rendimiento energético. El presente diseño provee una

alternativa al usuario o fabricante para realizar este tipo de pruebas de forma sencilla.

4.1. Conclusiones

- El diseño propuesto en el presente trabajo cumple con la norma ANSI/ASHRAE 118.1-2008, que describe los procedimientos de prueba para los calentadores comerciales que usan gas, diésel y electricidad. Desarrollado con el propósito de que puedan ser acoplados otros tipos de calentadores como es el caso de los calentadores, instantáneos a gas y los eléctricos de acumulación. Como resultado final, se obtiene planos de diseño para la construcción, detallando los equipos propuestos, y toda la información técnica necesaria para la correcta ejecución del proyecto. Dentro de este punto, se incluye también un cronograma de montaje estimado, para la construcción del equipo (Figura 20).
- El sistema propuesto permitirá controlar el flujo de agua en el rango descrito en la Tabla 13, a fin de obtener una temperatura promedio de 60°C durante las pruebas de eficiencia térmica.
- Con los equipos de instrumentación seleccionados se podrán obtener datos de gran exactitud de presión, temperatura y flujo, por consiguiente tener menores incertidumbres en los resultados obtenidos eficiencia térmica y rapidez de recuperación del calentador.
- La implementación de este banco de pruebas tiene un costo aproximado de \$16,000, lo que incluye costo de materiales, equipos, construcción, montaje y puesta en marcha.
- Se obtuvo un procedimiento experimental donde se describe la preparación de los calentadores, procedimiento de prueba y cálculos, con sus respectivas fórmulas para la obtención final de los resultados de eficiencia térmica y rapidez de recuperación del calentador. Este procedimiento de prueba es sumamente importante para la posterior configuración del sistema de adquisición de datos y control.

4.2. Recomendaciones

- Será importante realizar el análisis de estudio para otros tipos de calentadores como son los calentadores de acumulación eléctricos, instantáneos eléctricos, los calentadores de gas tipo instantáneos, para poder efectuar comparaciones entre los sistemas de calentamiento de agua sanitaria.
- Los calentadores con bomba de calor son equipos que aprovechan el calor del aire para el calentamiento de agua, lo que lo hace uno de los equipos de mayor eficiencia e interés a nivel comercial. Aunque, debido al escaso conocimiento sobre su funcionamiento, es poco utilizado. Sería importante realizar un estudio de comparación a nivel local de este tipo de calentadores con los calentadores a gas y eléctricos.
- Aunque el actual trabajo no abarca todos los tipos de calentadores, se puede tomar como base de estudio para el desarrollo de futuros trabajos y complementar su alcance de pruebas.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen-Bradley. (2015). *Micro800 PLC family*. Obtenido de Rockwell Automation:
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/2080-br001_-en-p.pdf
- André, O. (2005). *Diseño y analisis económico de una instalación de gas licuado de petróleo aplicada a edificio Mileniumn de la ciudad de Loja*. Guayaquil.
- ANSI/ASHRAE 118.1. (2008). Method of Testing for Rating Commercial Gas, Electric, and Oi Service Water Heating Equipment. Atlanta, Nebraska, United States: 1791 Tullie Circle.
- Cadenas, A. (2011). *Calculo del vaso de expansión* . Obtenido de Scribd:
<https://es.scribd.com/doc/75858749/Calculo-Vaso-Expansion#scribd>
- Cengel, Y. (2006). *Termodinámica* (Sexta ed.). Mexico: MC GRAW HILL.
- Centro Español de Información del Cobre. (2012). *Manual de tubo y accesorios de cobre*. Obtenido de Cobre profesional: www.elcobre.com
- Commercial Energy Service Network. (2015). *Content Water Heating*. Obtenido de <http://www.comnet.org/mgp>
- Cortes, M. G. (2007). *Academia de bioinstrumentación Temperatura*. Obtenido de <http://www.biblioteca.upibi.ipn.mx/>
- Durman. (2007). *Manual Técnico Flowguard Gold*. Obtenido de Grupo Empresarial Aliaxis:
<http://www.durman.com.co/pdf/Manual%20Tecnico%20CPVC%20FlowGuard%20Gold.pdf>
- Efisa. (2015). *Tanques de polietileno Rotoplas*. Obtenido de <http://www.efisa.com.mx/productos/tanques/tanques-de-polietileno-rotoplas.html>
- Energy Star. (2008). *Residential Water Heaters: Final Criteria Analysis*.
- Ergon Plus Ingeniería. (2005). *Curso basico de aplicación de velocidad variable en sistemas de bombeo*. Obtenido de Eficiencia integral en agua y energía:
<http://watergymex.org/contenidos/rtecnicos/Curso%20basico%20de%20Variadores%20de%20Velocidad.pdf>

- ESPA. (2005). *Guía práctica para seleccionar una bomba ESPA en instalaciones doméstica*. Obtenido de ESPA Innovative Solutions: http://www.aquabazar.com/pub/guia_seleccion_bombas_espa.pdf
- fabricamx.wsiefusion.net. (2008). *Fabrica mx*. Obtenido de <http://fabricamx.wsiefusion.net/PDF/owens%20corning/TUBERIA.pdf>
- Fluid Control Systems CO., LTD. (2015). *Control Valves*. Obtenido de <http://www.china-electricvalves.com/product/product149.html>
- INEN 2603. (2012). NORMA TECNICA ECUATORIANA. *Calentadores de agua a gas requisitos. Requisitos e inspección*. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto ecuatoriano de normalización. Recuperado el Junio de 2015, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2603.2012.pdf>
- Inspectapedia. (2015). *Calentadores de agua*. Obtenido de Free Encyclopedia of Building & Environmental Inspection, Testing, Diagnosis, Repair: <http://inspectapedia.com>
- Instituto Valenciano de la Edificación. (2012). *Productos y materiales, propiedades de aislantes térmicos para rehanilitación energética*. Obtenido de http://www.five.es/descargas/archivos/P1_portada.pdf
- Kokkinides, L. (2002). *Toward Market transformation: Commercial Heat Pump Water Heaters for the New York Energy Smart*. New York: Nysesda.
- Ministry of business, Innovation & Employment. (2015). *Heat pump water heaters*. Obtenido de Building Performance: <http://www.building.govt.nz/>
- Morales Sánchez, A. (2007). *Instrumentación Básica de procesos Industriales*. Obtenido de Equipos Auxiliares: <http://www.isamex.org>
- National Instruments. (2015). Obtenido de <http://latam.ni.com/>
- NTE INEN 2260. (2010). Servicio Ecuatoriano de Normalización. *Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. Requisitos*. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- OMEGA. (2015). *OMEGA*. Obtenido de OMEGA: <http://www.omega.com/>
- Omega. (2015). *Technical Reference RTD*. Obtenido de <http://www.omega.com>
- Plastigama. (2014). *Hoja técnica de tubería roscable de Polipropileno*. Obtenido de Plastigama:

http://sitio.plastigama.com/images/hojasTecnicas/Roscable_PP_HT_2014.pdf

Procuraduría federal del Consumidor . (2012). *Calidad de calentadores para agua de gas natural o gas L.P.* Obtenido de <http://www.consumidor.gob.mx/wordpress/wp-content/uploads/2012/04/RC-264-Calentadores-para-agua.pdf>

Roberto, V. (2007). *Medición de temperatura Instrumentación y comunicaciones Industriales.* Obtenido de http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Medicion_de_Temperatura.pdf

Rotoplas. (2015). *Tanque de almacenamiento para agua.* Obtenido de <http://rotoplas.com.ec/>

Servicaldera. (2015). *Calentadores instantaneos .* Obtenido de <http://www.servicaldera.com>

Shawn Fitzpatrick, P. (2013). *Commercial heat pump Water Heater Evaluation.* North California: Advanced Energy.

Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado. (2003). *Applications Handbook.* En ASHRAE, *Service Water Heating.* Atlanta.

Thulin, A. (1992). *La guía metas aceleración de la Gravedad.* Obtenido de <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-02-05-gl.pdf>

Vera Romero, C. (2012). *Programa de Ingeniería Electrónica .* Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a distancia-UNAD: <https://es.scribd.com/doc/183674963/208007-InstrumentacionIndustrial>

www.efisa.com.mx. (2015). *Tanques de polietileno Rotoplas.* Obtenido de <http://www.efisa.com.mx/productos/tanques/tanques-de-polietileno-rotoplas.html>

www.pedrollo.com. (2014). *Hoja técnica electrobomba centrífuga.* Obtenido de http://www.pedrollo.com/public/allegati/HF%20Medie%20portate_ES_60Hz.pdf

www.shipserv.com. (2009). *Rubber hose.* Obtenido de http://www.shipserv.com/ShipServ/pages/attachments/59794/01_Rubber_Hose.pdf

www.temperature.com. (2015). *Temperature controls*. Obtenido de
<http://www.temperature.com.au/Support/RTDSensors/RTDaccuracyClassesAClassB13DIN110DIN.aspx>

www.unverengroup.com. (2015). *Flexible duct pipes Spiroflex*. Obtenido de
<http://www.unverengroup.com/en/productions/flexible-duct-pipes/spiroduct/>

APÉNDICE A. CÁLCULOS REALIZADOS

CALCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA PARA SISTEMA DE GAS

Calculo del caudal máximo requerido




Como estamos considerando GLP para el proceso se obtiene lo siguiente:

$$Q_{gas} = \frac{P_{consu}}{PCS}$$

Donde, el poder calorífico superior para el GLP es de 36 kW/m³ según norma INEN 2260.

$$Q_{gas} = \frac{108}{36} = 3 \text{ m}^3/hr$$

Para la selección del diámetro de la tubería se considera la longitud equivalente para los accesorios de cobre y válvulas del sistema que se especifican en la tabla A y B.

Accesorios		Accesorios soldados		
		Codo 45°	Codo 90°	Tee
Tamaño nominal del Caño en pulgadas	Diámetro interior pulgadas			
1/2	0.545	0.12	0.22	0.62
5/8	0.666	0.15	0.27	0.76
3/4	0.785	0.18	0.32	0.89
1	1.02	0.23	0.41	1.16

Tablas A. Longitud equivalente de los accesorios soldados de cobre en metros.
(André, 2005)




		Válvulas(roscadas, bridadas y soldadas)		
Accesorios		Codo 45°	Codo 90°	Tee
Tamaño nominal del Caño en pulgadas	Diámetro interior en pulgadas			
1/2	0.545	4.58	2.30	1.14
5/8	0.666	5.59	2.80	1.40
3/4	0.785	6.60	3.31	1.65
1	1.02	8.58	4.30	2.14

Tabla B. Longitud equivalente de válvulas (L_e). (André, 2005)

Se calcula la longitud equivalente L_E , para ello se realiza el trazado de flujo de gas con lo que podemos determinar la (L_{real}) que es la longitud considerada desde el regulador hasta el punto de consumo del calentador de agua, el mismo que es de 4.05 m. Para calcular la longitud equivalente de los accesorios, determinamos el tipo y cantidad de accesorios que hay en la tubería, se estima un diámetro de tubería (en este caso se tomara una tubería de 1/2"), usando la tabla B se determina la longitud equivalente para los accesorios (Ver tabla C).

Accesorios de 1/2"	Cantidad	L equiválete (m)
Codo de 90 Grados Soldado	6	0.22x6=1.32
Válvula de Globo	1	4.58x1=4.58

Tabla C. Longitud equivalente de accesorios de suministro de gas. Desarrollo propio.

Donde calculando la longitud equivalente se tiene:

$$L_E = L_{real} + L_{E.accesorios}$$

$$L_E = 4.5 + 1.32 + 4.58 = 10.4 \text{ m}$$

Estimando las presiones para el tramo seleccionado se considera una presión máxima de 35 mbar para los calentadores de uso comercial, si se considera que la máxima caída de presión al final de la línea es del 5% de la presión inicial, se obtiene una caída de presión de 1.75 mbar ($P_1 - P_2$). Ahora utilizando la fórmula de Renouard Para presiones de bajas hasta 0.1 bar.

Ecuación A:
$$P_1 - P_2 = 23200 x d_r x L_E x Q^{1.82} x D^{-4.82}$$

Donde P_1, P_2 , son presiones inicial y final del tramo en mbar, d_r es la densidad relativa del gas, 1.54 para el GLP, L_E , Longitud equivalente del tramo en metros, igual a la longitud real del tramo más las longitudes equivalentes de los accesorios, Q es el caudal en m^3/h , medidos en condiciones normales y D , diámetro interior del tubo en mm.

Despejando la ecuación A y reemplazando se obtiene un valor de 19.29 mm. Como podemos observar en el apéndice B el diámetro interior para la tubería de 1/2" es de 14.85 mm, por lo que recalculando para diámetro de 3/4" con los mismos accesorios y longitud real se obtiene una longitud equivalente de 13.61 m y se obtiene diámetro de 20.40 mm. Donde el tubo de 3/4" de acuerdo al apéndice B tiene un diámetro interior de 21.15 mm, por lo que para la línea de suministro de gas del calentador se selecciona una Tubería tipo L con diámetro nominal de 3/4".

Para comprobar el uso correcto de la fórmula de Renouard, tiene que cumplirse las siguientes condiciones:

- La relación entre el caudal y el diámetro sea inferior a 150 ($Q/D < 150$)

$$\frac{Q_{gas}}{D} < 150$$

$$\frac{3}{20.40} < 150$$

$$0.15 < 150$$

- La velocidad del gas dentro de la conducción no supere los 15 m/s ($v \leq 15$ m/s)

$$V = 354 \times Z \times \frac{Q_{gas}}{P \cdot D^2}$$

Donde V es la velocidad del gas en m/s, Q_{gas} es el caudal de gas en m^3/h ,
 P es la presión absoluta al final del tramo expresado en bar,
 D es el diámetro interior de conducción de gas en mm,
 Z es el coeficiente de compresibilidad 1 hasta medias presiones

Estos equipos trabajan con una presión máxima de suministro de 3.48 kPa que es igual a 0.0348 bar.

$$V = 354 \times 1 \times \frac{3}{(1 + 0.035) \cdot (21.15)^2}$$

$$V = 2.3 \leq 15 \text{ m/s}$$

CALCULO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO REQUERIDO

Calculo desarrollado mediante EES

File:C:\Users\lowner\Desktop\SELECCION DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.EES 03-Aug-15 10:30:34 AM Page 1
EES Ver. 6.883: #434: For use only by Kwangil Kim of Samsung Electronics Co.

"Temperatura en equilibrio del tanque"

{se va a considerar que tengo un caudal maximo de 370 GPH para obtener una temperatura de 60 C durante 30 min, esto quiere decir que en 30 minutos yo voy a obtener un volumen de agua a 60 C}

$t=30*\text{convert}(\text{min},\text{s})$ {Tiempo de Prueba}
 $T1=60\text{ [C]}$ {Temperatura de suministro de agua al tanque}
 $P1=P0\#$ {Presion atmosferica}

$\text{Caudal}=370*\text{convert}(\text{GPH},(\text{m}^3/\text{s}))$ {Caudal de suministro}
 $\text{Rho}=\text{DENSITY}(\text{Water},T=T1,P=P1)$ {Densidad del agua}
 $m_agua=\text{Rho}*\text{Caudal}*t$ {Masa de agua de suministro a 60 C}
 $\text{Vol_sumi}=\text{Caudal}*t*\text{convert}(\text{m}^3,\text{l})$ {Volumen de suministro de agua}

{Sera necesario determinar la el equilibrio al que se quiere obtener el agua sera de 40 C con lo que se calculara el volumen total que debera mantener el tanque para que no exceda la temperatura indicada}

$m_agua*(40-60)=m_tanque*(40-25)$ {Balance de energia para mantener una temperatura aproximada de 40 C}
 $T2=40\text{ [C]}$ {Temperatura de equilibrio}
 $\text{Rho_tanque}=\text{DENSITY}(\text{Water},T=T2,P=P1)$ {Densidad del agua a 40 C}
 $\text{Rho_tanque}=m_tanque/\text{Vol_tanque}$ {Volumen del necesario en el tanque antes del suministro a 60 C}
 $\text{Vol_litros}=-\text{Vol_tanque}*\text{convert}(\text{m}^3,\text{l})$ {Volumen en litros}

$\text{Vol_total}=\text{Vol_litros}+\text{Vol_sumi}$ {Volumen total para la seleccion del tanque necesario}

"Calculo del tanque necesario para que la temperatura del agua no cambie 1 C"

{Determinando la cantidad de agua necesaria para obtener que no exista cambio en la temperatura del agua considerando que no existen perdidas de calor en el sistema durante los 30 minutos}

$m_agua*(60-25)=m_requerida*(1)$ {Balance de energia para que la temperatura no cambie un grado centigrados}
 $\text{Rho_tanque}=m_requerida/\text{Vol_requerido}$ {Volumen total en m3}
 $\text{Vol_litrosfinal}=\text{Vol_requerido}*\text{convert}(\text{m}^3,\text{l})$ {Volumen en Litros}

{Seria necesario un tanque de 24000 litros}

{Por lo tanto como opcion se propone un tanque de 1000 litros para el suministro de agua plastigama y uno de 2000 litros rotoplas que soportan temperaturas hasta 60 grados para la descarga con una bomba de llenado del tanque de 2000 a 1000 y tiempo estimado para cada prueba de 12 horas}

"Calculo del tiempo de llenado del tanque despues de que la temperatura del tanque de 2000 litros alcance la temperatura de prueba"

{Con una bomba periferica de 1/2 HP Pkm60 pedrollo y tuberias de 3/4 se estima el tiempo de llenado del tanque }

$D_tuberia=((3/4)*25.4-(2*3.4))*\text{convert}(\text{mm},\text{m})$

$\text{Caudal_bomba}=0.6*\text{convert}(\text{m}^3/\text{h},\text{m}^3/\text{s})$ {Seleccionando un caudal con respecto a la curva con una altura manometrica no mayor a 10 m}
 $\text{Area}=(\text{pi}*D_tuberia^2)/4$ {Area por donde fluye el agua de la tuberia}
 $\text{Caudal_bomba}=\text{Area}*\text{veloc}$ {se verifica que el cauda de suministro de agua no sobrepase 1.5 m/s que es la velocidad maxima recomendada para fluidos}
 $\text{Vol_llenado}=\text{Vol_sumi}*\text{convert}(\text{l},\text{m}^3)$ {Sera necesario determinar el tiempo con respecto al volumen que se pide durante la prueba anterior}
 $\text{Caudal_bomba}*60=\text{Vol_llenado}/t_llenado$ {Tiempo de llenado}

Temperatura en equilibrio del tanque

$$t = 30 \cdot \left| 60 \cdot \frac{\text{s}}{\text{min}} \right|$$

$$T1 = 60 \text{ [C]}$$

$$P1 = 101.325 \text{ [kPa]}$$

$$\text{Caudal} = 370 \cdot \left| 0.0000010515 \cdot \frac{(\text{m}^3/\text{s})}{\text{GPH}} \right|$$

$$\rho = \rho[\text{'Water'}, T = T1, P = P1]$$

$$m_{\text{agua}} = \rho \cdot \text{Caudal} \cdot t$$

$$\text{Vol}_{\text{sumi}} = \text{Caudal} \cdot t \cdot \left| 1000 \cdot \frac{\text{l}}{\text{m}^3} \right|$$

$$m_{\text{agua}} \cdot [40 - 60] = m_{\text{tanque}} \cdot [40 - 25]$$

$$T2 = 40 \text{ [C]}$$

$$\rho_{\text{tanque}} = \rho[\text{'Water'}, T = T2, P = P1]$$

$$\rho_{\text{tanque}} = \frac{m_{\text{tanque}}}{\text{Vol}_{\text{tanque}}}$$

$$\text{Vol}_{\text{litros}} = -\text{Vol}_{\text{tanque}} \cdot \left| 1000 \cdot \frac{\text{l}}{\text{m}^3} \right|$$

$$\text{Vol}_{\text{total}} = \text{Vol}_{\text{litros}} + \text{Vol}_{\text{sumi}}$$

Calculo del tanque necesario para que la temperatura del agua no cambie 1 C

$$m_{\text{agua}} \cdot [60 - 25] = m_{\text{requerida}} \cdot 1$$

$$\rho_{\text{tanque}} = \frac{m_{\text{requerida}}}{\text{Vol}_{\text{requerido}}}$$

$$\text{Vol}_{\text{litrosfinal}} = \text{Vol}_{\text{requerido}} \cdot \left| 1000 \cdot \frac{\text{l}}{\text{m}^3} \right|$$

Calculo del tiempo de llenado del tanque despues de que la temperatura del tanque de 2000 litros alcance la temperatura de prueba

$$D_{\text{tuberia}} = [3 / 4 \cdot 25.4 - 2 \cdot 3.4] \cdot \left| 0.001 \cdot \frac{\text{m}}{\text{mm}} \right|$$

$$\text{Caudal}_{\text{bomba}} = 0.6 \cdot \left| 0.000277778 \cdot \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}^3/\text{h}} \right|$$

$$\text{Area} = \frac{\pi \cdot D_{\text{tuberia}}^2}{4}$$

$$\text{Caudal}_{\text{bomba}} = \text{Area} \cdot \text{veloc}$$

$$\text{Vol}_{\text{llenado}} = \text{Vol}_{\text{sumi}} \cdot \left| 0.001 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{l}} \right|$$

$$\text{Caudal}_{\text{bomba}} \cdot 60 = \frac{\text{Vol}_{\text{llenado}}}{t_{\text{llenado}}}$$

Unit Settings: [kJ]/[C]/[kPa]/[kg]/[degrees]

Area = 0.0001179 [m²]

Caudal_{bomba} = 0.0001667 [m³/h]

m_{agua} = 688.5 [kg]

m_{tanque} = -918 [kg]

ρ = 983.2 [kg/m³]

t = 1800 [s]

T2 = 40 [C]

veloc = 1.414 [m/s]

Vol_{litrosfinal} = 24288 [l]

Vol_{requerido} = 24.29 [m³]

Vol_{tanque} = -0.9253 [m³]

Caudal = 0.0003891 [(m³/s)]

D_{tuberia} = 0.01225 [m]

m_{requerida} = 24099 [kg]

P1 = 101.3 [kPa]

ρ_{tanque} = 992.2 [kg/m³]

T1 = 60 [C]

t_{llenado} = 70.03 [min]

Vol_{litros} = 925.3 [L]

Vol_{llenado} = 0.7003 [m³]

Vol_{sumi} = 700.3 [L]

Vol_{total} = 1626 [L]

CALCULO PARA LA SELECCIÓN DE LA BOMBA DE PROCESO

Datos conocidos

$$\text{Altura de impulsión (Hi)} = 1.8 \text{ m}$$

$$D_{int} = 40.94 = 0.04094 \text{ m}$$

$$\rho_{agua} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\varepsilon = 0.046 \text{ mm} \rightarrow \text{Rugosidad Diagrama de Moody}$$

$$\text{Altura aspiración (Ha)} = 0.8 \text{ m}$$

$$\text{Altura geométrica (Hg)} = H_i - H_a$$

$$(Hg) = 1.8 - 0.8 = 1 \text{ m}$$

Características de aspiración

$$\text{Longitud aspiración} = 2 \text{ m}$$

$$\text{N}^\circ \text{Valvulas de bola} = 1$$

$$\text{Codos de 90 grados} = 1$$

Características de impulsión

$$\text{Longitud impulsión} = 6 \text{ m}$$

$$\text{N}^\circ \text{Valvulas check} = 1$$

$$\text{Codos de 90 grados} = 8$$

$$\text{Tee} = 2$$

Calculando las pérdidas

$$\text{Altura manométrica (Hm)}$$

$$= H_g + \text{Pérdidas Impulsión} + \text{Pérdidas aspiración} + H_f$$

$$Q_{max} = 600 \text{ GPH} = 10 \text{ GPM} = 6.309 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\mu_{agua} = 1.519 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$$

$$v = 1.519 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Q_{max} = A \cdot V_{max}$$

$$V_{max} = \frac{Q_{max}}{A} = \frac{6.309 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{1.316 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 0.48 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{V_{max} * D}{v} = \frac{0.48 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.04094 \text{ m}}{1.519 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 12921$$

$$\varepsilon/D = 4.6 \times 10^{-5} / 0.04094$$

$$\varepsilon/D = 0.00112$$

Factor de fricción

$$f = 0.027$$

$$h_f = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right) + 2 f_t(30) \left(\frac{V^2}{2g} \right) + 1 \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Carga de velocidad

$$\left(\frac{V^2}{2g} \right) = \left(\frac{0.48^2}{2(9.8)} \right) = 0.01175$$

$$h_f = (0.027) \left(\frac{6}{0.04094} \right) (0.01175) + 2(0.021)(30)(0.01175) + (0.01175)$$

$$h_f = 0.073 \text{ m}$$

Se establece que para pérdidas de carga debidas a codos de 90 grados equivale a 5 metros lineales de tubería y las debidas a válvulas 10 metros.

Por lo tanto en aspiración se obtiene una longitud equivalente de 17 metros y por pérdidas de carga en la impulsión se obtiene 56 metros que de la tabla del apéndice B, se considera un factor multiplicativo de 1.5 para acero galvanizado del valor de la velocidad dada en litros/hora al diámetro de la tubería.

$$600 \text{ GPH} = 2271 \text{ LPH}$$

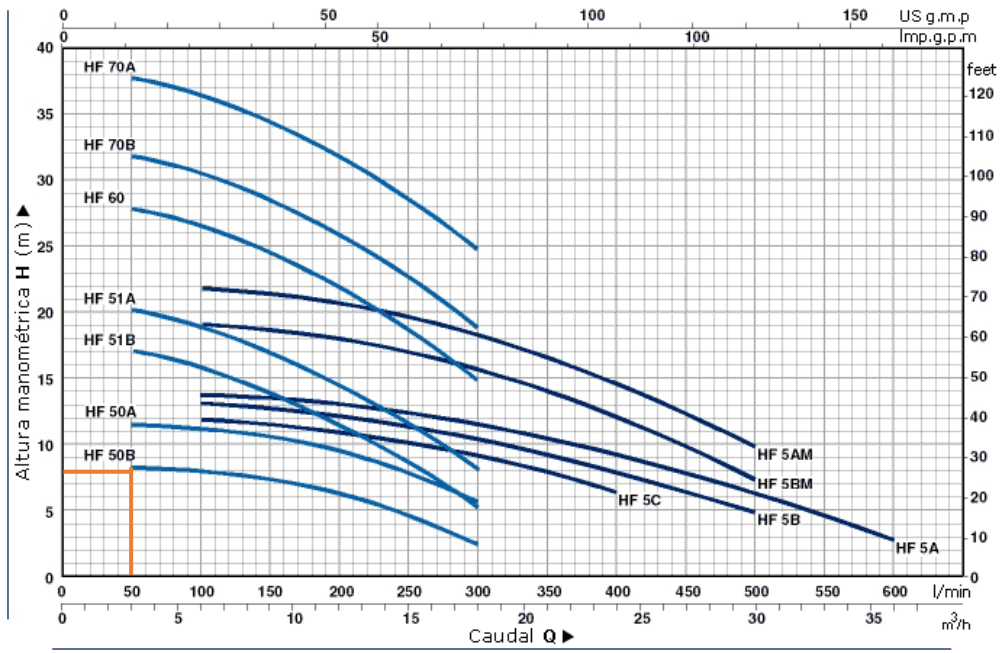
De la tabla se obtiene el valor de 1 que multiplicado por el factor queda 1.5 por cada 100 metros de la tubería dada.

$$\frac{1.5 \times 17}{100} = 0.26 \text{ m. c. a} \rightarrow \text{aspiración}$$

$$\frac{1.5 \times 56}{100} = 0.84 \text{ m. c. a} \rightarrow \text{impulsión}$$

$$\text{Altura manométrica (Hm)} = 1 + 0.26 + 0.84 + 0.07 \text{ m}$$

$H_m = 2.17\text{ m}$



Curva caudal vs carga -Bomba Pedrollo Hfm 50 B. (www.pedrollo.com, 2014)

APÉNDICE B. HOJAS TÉCNICAS DE MATERIALES Y EQUIPOS

TABLA DE RESISTENCIA

Temperatura °C	Tiempo de vida útil años	PRESION NOMINAL	
		1 MPa	
		Presión permisible de trabajo o servicio	
		MPa	lb/pulg2
20	25	1,15	166,8
	50	1,00	145,0
30	25	0,90	130,5
	50	0,90	130,5
40	25	0,70	101,5
	50	0,65	94,3
50	25	0,50	72,5
	50	0,45	65,3
60	25	0,35	50,8
	50	0,30	43,5
70	20	0,25	36,3
	25	0,20	29,0
80	10	0,20	29,0
	20	0,15	21,8
95	5	0,10	14,5
	10	0,10	14,5

Basada en normas IRAM 13473

Tabla de resistencias para la tubería de polipropileno. (Plastigama, 2014)

Relación de Presión vs. Temperatura para Sistemas de Conducción de CPVC CTS 4120 SDR 11

Temperatura		Factor de Corrección	Rango de Presión	
°C	°F		Kg/cm ²	PSI
22.8	73	1.00	28.12	400
26.7	80	1.00	28.12	400
32.2	90	0.91	25.31	360
37.8	100	0.82	22.85	325
48.9	120	0.65	18.28	260
60.0	140	0.50	14.06	200
71.1	160	0.40	11.25	160
82.2	180	0.25	7.03	100

Tabla de relación de presión vs. Temperatura para sistemas de conducción de CPVC. (Durman, 2007)

DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA PARA CONDUCCIÓN DE AGUA, GAS Y AIRE NMX-B-177

DIÁMETRO NOMINAL		DIÁMETRO EXTERIOR		ESPESOR		CÉD	PESO EXT. LISO		PESO POR TUBO (kg.)		TUBOS/TON.	PRESIÓN DE PRUEBA ASTM-A-53-A		SISTEMA PARA EMPACAR peso por paquete		
pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.		lb./pie	kg./m.	extr. liso	c/roscas y cople		lb./pulg. ²	kg./cm. ²	Tubos/Paq.	kg.	lb.
1/2	13	0.840	21.3	0.109	2.77	40	0.85	1.27	8.13	8.20	123	700	50	127	1033	2277
				0.147	3.73	80	1.09	1.62	10.37	10.44	97	850	60	127	1317	2903
3/4	19	1.050	26.7	0.113	2.87	40	1.13	1.69	10.82	10.92	93	700	50	127	1374	3029
				0.154	3.91	80	1.47	2.20	14.08	14.12	71	850	60	127	1781	3926
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	40	1.68	2.50	16.00	16.16	63	700	50	91	1456	3210
				0.179	4.55	80	2.17	3.24	20.74	20.90	48	850	60	91	1887	4160
1 1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	40	2.27	3.39	21.70	21.90	46	1200	85	91	1975	4354
				0.191	4.85	80	3.00	4.47	28.61	28.81	35	1800	127	61	1745	3847
1 1/2	38	1.900	48.3	0.145	3.68	40	2.72	4.05	25.92	26.20	39	1200	85	91	2359	5201
				0.200	5.08	80	3.63	5.41	34.62	34.90	29	1800	127	61	2112	4656
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	40	3.65	5.44	34.82	35.28	29	2300	162	61	2124	4683
				0.218	5.54	80	5.02	7.48	47.87	48.34	21	2500	176	32	1532	3377
2 1/2	64	2.875	73.0	0.203	5.15	40	5.79	8.63	55.23	56.28	18	2500	176	37	2041	4500
				0.160	4.06	NX	4.64	6.91	44.23	45.35	22	1950	137	37	1637	3609
3	76	3.500	88.9	0.216	5.49	40	7.58	11.29	72.26	73.78	14	2220	156	19	1373	3027
				0.170	4.32	NX	6.05	9.01	57.66	59.19	17	1930	136	19	1096	2416
4	102	4.500	114.3	0.237	6.02	40	10.79	16.07	102.85	104.82	10	1900	134	19	1863	4306
				0.188	4.78	NX	8.66	12.91	82.62	84.48	12	1500	105	19	1568	3457

Largo: 6.40 m.

Tabla de tubería de acero galvanizado CED 40 ASTM-A-53.

Litros por Hora	En diámetros interiores de tuberías en mm.											
	14	19	25	32	38	50	63	75	89	100	125	150
	Metros manométricos por cada 100 metros de recorrido horizontal recto											
500	8.9	2.1	0.6									
800	20.2	4.7	1.3	0.4								
1000	29.8	7	1.9	0.6								
1500		14.2	3.9	1.2	0.5							
2000		23.5	6.4	2	0.9							
2500			9.4	2.9	1.3	0.4						
3000			13	4	1.8	0.5	0.2					
3500			17	5.3	2.3	0.6	0.2					
4000			21.5	6.6	2.9	0.8	0.3	0.1				
4500				8.2	3.6	1.0	0.3	0.1				
5000				9.8	4.3	1.2	0.4	0.2				
5500				11.6	5.1	1.4	0.5	0.2				
6000				13.5	6	1.6	0.5	0.2				
6500				15.5	6.9	1.9	0.6	0.3				
7000				17.7	7.8	2.1	0.7	0.3				
8000				22.4	9.9	2.7	0.9	0.4	0.2			
9000					12.1	3.3	1.1	0.5	0.2			
10000					14.6	4	1.3	0.6	0.3	0.1		
12000					20.1	5.5	1.8	1.8	0.4	0.2		
15000					29.7	8.1	2.7	1.2	0.5	0.3		
18000						11.1	3.7	1.6	0.7	0.4	0.1	
20000						13.3	4.5	1.9	0.9	0.5	0.2	
25000						19.7	6.6	2.9	1.3	0.7	0.3	
30000							9	4	1.8	1	0.3	0.1
35000							11.8	5.2	2.3	1.3	0.5	0.2
40000							15	6.5	2.9	1.7	0.6	0.2
45000							18.4	8	3.6	2	0.7	0.3
50000								9.7	4.3	2.5	0.9	0.4

Nota : Para otras tuberías se recomienda multiplicar los valores de las Pérdidas de Carga obtenidos en la tabla por los siguientes coeficientes: Tuberías fibrocemento : 1.2

Tuberías hierro galvanizado : 1.5

Tabla de pérdidas de carga de tuberías de pvc/polipropileno. (ESPA, 2005)

ACTUAL	RTD ACCURACY +/- °C PT100 Ω ALPHA 0.003850 to DIN 43760 IEC751 DIN EN 60 751			
	B GRADE	A GRADE	BAND 3 (1/3 DIN)	BAND 5 (1/10 DIN)
-200 °C	1.30 °C	0.55 °C	0.39 °C	0.38 °C
-150 °C	1.05 °C	0.45 °C	0.23 °C	0.21 °C
-100 °C	0.80 °C	0.35 °C	0.15 °C	0.12 °C
-90 °C	0.75 °C	0.33 °C	0.14 °C	0.10 °C
-80 °C	0.70 °C	0.31 °C	0.13 °C	0.09 °C
-70 °C	0.65 °C	0.29 °C	0.12 °C	0.08 °C
-60 °C	0.60 °C	0.27 °C	0.11 °C	0.07 °C
-50 °C	0.55 °C	0.25 °C	0.10 °C	0.06 °C
-40 °C	0.50 °C	0.23 °C	0.10 °C	0.06 °C
-30 °C	0.45 °C	0.21 °C	0.09 °C	0.05 °C
-20 °C	0.40 °C	0.19 °C	0.09 °C	0.04 °C
-10 °C	0.37 °C	0.17 °C	0.08 °C	0.03 °C
0 °C	0.30 °C	0.15 °C	0.08 °C	0.03 °C
10 °C	0.35 °C	0.17 °C	0.09 °C	0.04 °C
20 °C	0.40 °C	0.19 °C	0.10 °C	0.04 °C
30 °C	0.45 °C	0.21 °C	0.11 °C	0.05 °C
40 °C	0.50 °C	0.23 °C	0.12 °C	0.06 °C
50 °C	0.55 °C	0.25 °C	0.13 °C	0.07 °C
60 °C	0.60 °C	0.27 °C	0.14 °C	0.08 °C
70 °C	0.65 °C	0.29 °C	0.16 °C	0.09 °C
80 °C	0.70 °C	0.31 °C	0.17 °C	0.10 °C
90 °C	0.75 °C	0.33 °C	0.18 °C	0.11 °C
100 °C	0.80 °C	0.35 °C	0.19 °C	0.12 °C
110 °C	0.85 °C	0.37 °C	0.20 °C	0.13 °C
120 °C	0.90 °C	0.39 °C	0.21 °C	0.14 °C
130 °C	0.95 °C	0.41 °C	0.22 °C	0.15 °C
140 °C	1.00 °C	0.43 °C	0.24 °C	0.15 °C
150 °C	1.05 °C	0.45 °C	0.25 °C	0.16 °C
160 °C	1.10 °C	0.47 °C	0.26 °C	0.17 °C
170 °C	1.15 °C	0.49 °C	0.27 °C	0.18 °C
180 °C	1.20 °C	0.51 °C	0.29 °C	0.19 °C
190 °C	1.25 °C	0.53 °C	0.30 °C	0.21 °C
200 °C	1.30 °C	0.55 °C	0.31 °C	0.22 °C

Tabla de exactitud de los sensores RTD a según su temperatura de medición.
(www.temperature.com, 2015)

Aisalante térmico

De nuestras consideraciones :

Presentamos nuestra propuesta para el MONTAJE DE AISLAMIENTO TERMICO EN TUBERIAS de acuerdo a las siguientes condiciones:

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL AISLAMIENTO DE LA TUBERIA

de 3/4" a 3" x 40mm. De espesor

AISLAMIENTO : Cañuela de Lana mineral de roca, densidad 100 kilos/m3, impermeable y resistente al abuso mecánico. Temperatura de trabajo = 650 °C.

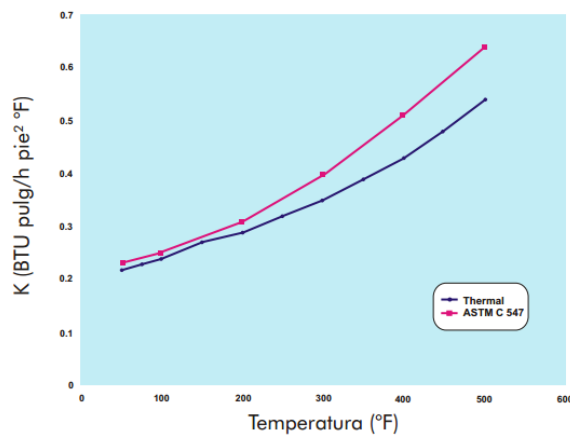
RECUBRIMIENTO : Lámina de Aluminio de 0.5mm de espesor

Uniones traslapadas y boceladas, aseguradas con tornillo inoxidable # 8x1/2"

* Sellado con siliconas para temperaturas alta y normal

Gráfica de Conductividad Térmica

Gráfica de Conductividad Térmica (Aislamiento para Tubería vs. ASTM C 547)



Temp. Media °F		Temp. Media °C	
50	0.22	10	0.032
75	0.23	25	0.034
100	0.24	50	0.037
150	0.27	100	0.043
200	0.29	125	0.047
250	0.32	150	0.051
300	0.35	175	0.056
350	0.39	200	0.062
400	0.43	225	0.068
450	0.48	250	0.075
500	0.54	275	0.082

▲ Temperatura promedio de la temperatura de operación y la temperatura superficie.

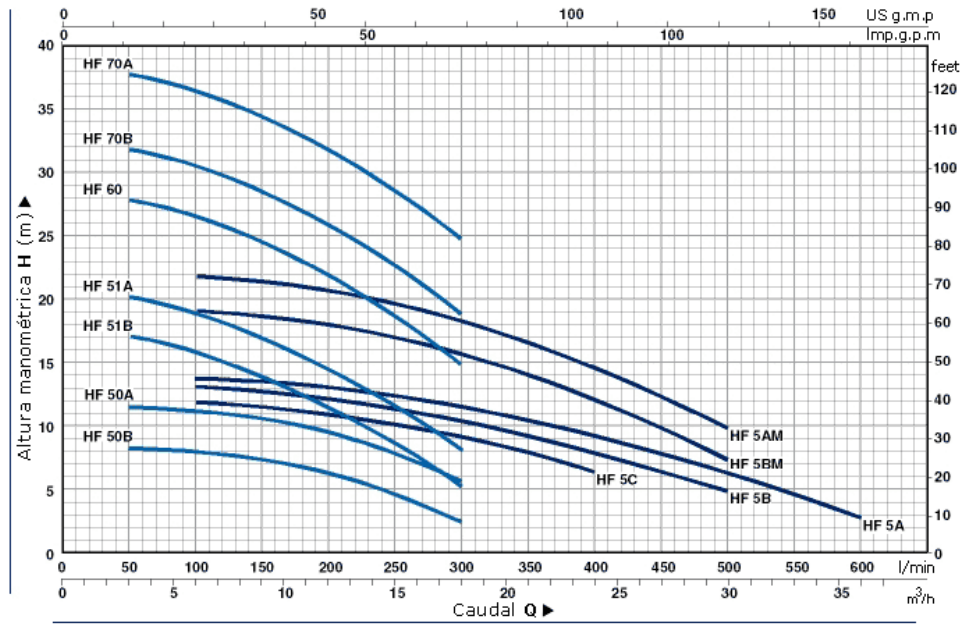
FACTOR DE CONVERSIÓN: BTU pulg/h ft² °F = 0.146 W/m² °C

Espesores Recomendados Aislamiento para Tubería Fibreglas® Tuberías Calientes Ta= 25 °C (77 °F)¹

TEMP. OPERACION	HASTA 65°C (150°F)						HASTA 121°C (250°F)						HASTA 177°C (350°F)						HASTA 232°C (450°F)						
	E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		
	pulg.	mm	pulg.	mm	BTU/h ft	W/m	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft	W/m	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft	W/m	°C	°F	pulg.	mm	BTU/h ft	W/m	°C
1/2	12.7	1	25.4	7.44	7.15	28.7	83.6	1	25.4	20.0	19.23	33.8	92.9	1	25.4	36.2	34.80	40	104.0	1 1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0
3/4	19.1	1	25.4	8.95	8.60	29.4	84.9	1	25.4	24.2	23.27	35.4	95.8	1	25.4	43.7	42.01	42.2	108.0	1 1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0
1	25.4	1	25.4	9.28	8.92	28.8	83.9	1	25.4	25.0	24.03	34.2	93.5	1 1/2	38.0	45.2	43.45	40.6	105.0	2	50.8	49.7	47.78	36.4	97.5
1 1/2	38.0	1	25.4	12.1	11.63	29.3	84.8	1	25.4	32.5	31.24	35.3	95.6	1 1/2	38.0	46.5	44.70	36.8	98.2	2	50.8	57.6	55.37	36.2	97.2
2	51.0	1	25.4	14.1	13.56	29.5	85.1	1	25.4	38.2	36.72	35.8	96.5	1 1/2	38.0	53.0	50.95	37.1	98.7	2	50.8	70.2	67.49	38.3	101.0
3	76.0	1	25.4	19.1	18.36	29.9	85.9	1	25.4	51.6	49.61	36.8	98.2	1 1/2	38.0	70.3	67.58	38.3	101.0	2	50.8	91.6	88.06	40.0	104.0
4	102.0	1	25.4	22.9	22.02	30.3	86.5	1	25.4	62.1	59.70	37.0	98.6	2	50.8	69.7	67.01	35.7	96.2	2	50.8	109.3	105.08	40.5	105.0
6	152.0	1	25.4	33.9	32.59	30.6	87.1	1 1/2	38.0	66.6	64.03	34.3	93.8	2	50.8	94.4	90.75	36.6	97.8	2	50.8	148.0	142.28	42.2	108.0
8	203.0	1	25.4	42.3	40.67	30.7	87.3	1 1/2	38.0	80.4	77.29	34.3	93.8	2	50.8	116.0	111.52	37	98.6	2 1/2	63.5	149.0	143.24	38.9	102.0
10	254.0	1	25.4	54.6	52.49	31.2	88.2	1 1/2	38.0	94.2	90.56	34.2	93.6	2	50.8	137.0	131.71	37.1	98.7	2 1/2	63.5	181.0	174.01	39.4	103.0
12	304.0	1 1/2	38.0	40.6	39.03	28.9	84.0	1 1/2	38.0	109.0	104.79	34.4	93.9	2	50.8	158.0	151.90	37.3	99.1	2 1/2	63.5	208.0	199.96	40.0	104.0
14	356.0	1 1/2	38.0	46.8	44.99	29.2	84.6	2	50.8	99.0	95.18	32.8	91.0	2 1/2	63.5	149.0	143.24	35.6	96.1	2 1/2	63.5	233.0	224.00	40.6	105.0
16	406.0	1 1/2	38.0	52.8	50.76	29.3	84.7	2	50.8	110.0	105.75	32.9	91.2	2 1/2	63.5	167.0	160.55	35.8	96.4	3	76.0	225.0	216.31	38.3	101.0
18	457.0	1 1/2	38.0	58.8	56.53	29.1	84.4	2	50.8	124.0	119.21	33.0	91.4	2 1/2	63.5	185.0	177.85	35.9	96.7	3	76.0	249.0	239.38	38.9	102.0
20	508.0	1 1/2	38.0	64.9	62.39	29.3	84.8	2	50.8	136.0	130.75	33.1	91.5	2 1/2	63.5	203.0	195.16	36.1	96.9	3	76.0	273.0	262.45	38.9	102.0
24	610.0	1 1/2	38.0	76.9	73.93	29.4	84.9	2	50.8	161.0	154.78	33.2	91.7	2 1/2	63.5	239.0	229.77	36.2	97.2	3	76.0	320.0	307.64	38.9	102.0
26	660.0	1 1/2	38.0	81.0	77.87	29.3	84.8	2	50.8	170.4	163.82	33.1	91.5	2 1/2	63.5	254.7	244.86	36.2	97.1	3	76.0	340.0	326.87	38.9	102.0
28	711.0	1 1/2	38.0	86.9	83.54	29.3	84.8	2	50.8	182.5	175.45	33.1	91.6	2 1/2	63.5	271.5	261.01	36.2	97.2	3	76.0	364.0	349.94	38.9	102.0
30	762.0	2	50.8	73.6	70.76	28.4	83.2	2 1/2	63.5	163.0	156.70	31.8	89.2	3	76.0	250.0	240.34	34.7	94.4	3 1/2	89.0	342.0	328.79	37.4	99.4

Tabla de espesores recomendados para la selección del aislante para tuberías. (fabricamx.wsiefusion.net, 2008)

n= 3450 1/min

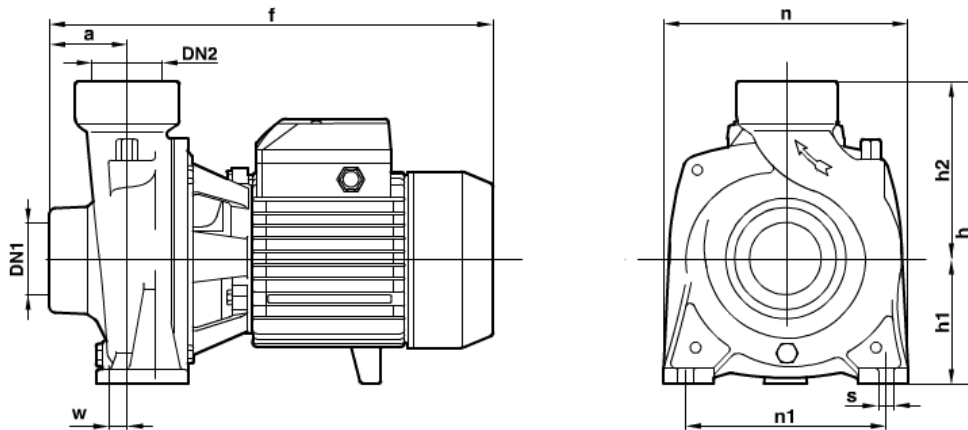


DATOS DE FUNCIONAMIENTO A n=3450 1/min

MODELO BOMBA		POTENCIA		Q mm³/h l/min	0	3	6	9	12	15	18	21	24	30	36	
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	
HFm 50B	HF 50B	0.37	0.50	H m	9	8.5	8.2	7.5	6.3	4.9	2.8					
HFm 50A	HF 50A	0.55	0.75		12	11.5	11.2	10.6	9.6	8	6					
HFm 51B	HF 51B	0.60	0.85		18.2	17.2	16	14	11.5	9	5.4					
HFm 51A	HF 51A	0.75	1		21.2	20.2	19	17	14.5	11.6	8.4					
HFm 60	HF 60	1.1	1.5		29	28	26.5	24.5	22	18.5	15					
HFm 70B	HF 70B	1.5	2		33	32	30.5	28.5	26	22.5	19					
---	HF 70A	2.2	3		39	38	36.5	34.5	32	28.5	25					
HFm 5C	HF 5C	0.60	0.85		12.5	---	12	11.7	11	10.2	9.2	8	6.5			
HFm 5B	HF 5B	0.75	1		13.7	---	13.2	13	12.5	11.6	10.5	9.2	8	5		
HFm 5A	HF 5A	1.1	1.5		14.5	---	13.8	13.5	13.2	12.6	11.8	10.5	9.2	6.5	3	
HFm 5BM	HF 5BM	1.1	1.5		20.2	---	19.2	19	18	17	16	14	12	7.5		
HFm 5AM	HF 5AM	1.5	2		22.5	---	22	21.5	21	20	18.5	16.6	14.5	10		

Q = CAUDAL

H = ALTURA MANOMETRICA TOTAL



MODELO BOMBA		DN1	DN2	DIMENSIONES mm									
Monofásica	Trifásica			a	f	h	h1	h2	n	n1	w	s	
HFm 50B	HF 50B	1 1/2"	1 1/2"	45	276	200	82	118	165	135	1	10	
HFm 50A	---	1 1/2"	1 1/2"	45	283	200	82	118	165	135	1	10	
---	HF 50A	1 1/2"	1 1/2"	45	276	200	82	118	165	135	1	10	
HFm 51B	HF 51B	1 1/2"	1 1/2"	45	300	225	92	133	190	160	4	10	
HFm 51A	HF 51A	1 1/2"	1 1/2"	45	300	225	92	133	190	160	4	10	
HFm 60	HF 60	1 1/2"	1 1/2"	48.5	347	269	114	155	216	171	12	12	
HFm 70B	---	1 1/2"	1 1/2"	48.5	367	269	114	155	216	171	12	12	
---	HF 70B	1 1/2"	1 1/2"	48.5	347	269	114	155	216	171	12	12	
---	HF 70A	1 1/2"	1 1/2"	48.5	367	269	114	155	216	171	12	12	
HFm 5C	HF 5C	2"	2"	60	332	238	97	141	196	160	14	11	
HFm 5B	HF 5B	2"	2"	60	332	238	97	141	196	160	14	11	
HFm 5A	HF 5A	2"	2"	60	332	238	97	141	196	160	14	11	
HFm 5BM	HF 5BM	2"	2"	51	360	260	110	150	206	160	1	11	
HFm 5AM	---	2"	2"	51	380	260	110	150	206	160	1	11	
---	HF 5AM	2"	2"	51	360	260	110	150	206	160	1	11	

Hoja técnica de electrobombas centrifugas medios caudales.

(www.pedrollo.com, 2014)

VERTICAL CERRADO <small>Tanques 600, 1100 y 2500 lts</small>		VERTICAL CERRADO <small>Tanque 250 lts</small>	
VISTA SUPERIOR	VISTA INFERIOR	VISTA SUPERIOR	VISTA INFERIOR
		VERTICAL ESPECIAL <small>Tanque 250 lts</small>	
		VISTA LATERAL	
Descripción	A	B	C
TVC- 600 l	1.15 m	0.97 m	18"
TVC- 1100 l	1.43 m	1.10 m	18"
TVC- 2500 l	1.65 m	1.55 m	18"
TVC- 5000 l	1.82 m	2.20 m	18"

Características

Los tanques ROTOPLAS fabricados en polietileno de alta densidad, son otra opción excelente para almacenamiento de agua, productos alimenticios y productos químicos. El polietileno de alta densidad es un termoplástico con el cual se fabrican tanques de almacena miento por sistema de rotomoldeo, marca ROTOPLAS®; lo cual implica el uso de moldes y maquinaria costosos, por lo que las opciones de tamaños y formas especiales se limitan a las de los moldes existentes.

El polietileno es un termoplástico de buena resistencia química al agua y a una gran variedad de productos químicos, cuando que la temperatura de operación no excede los 60 °C. Se anexan tablas de resistencia química para verificar el producto a almacenar. El polietileno es un termoplástico que bajo condiciones severas de operación, los tanques pueden sufrir ligeras deformaciones en su estructura.

Para evitar la degradación de la estructura molecular del polietileno por efecto de la luz ultravioleta del sol, los tanques se fabrican con inhibidores de luz ultravioleta.

Estos tanques se fabrican con PEAD (HDPE), polietileno virgen de alta densidad HD-8660/8661 de la marca Exxon, certificado por la FDA (Food & Drug Administration USA) no. 177.1520; son fabricados por proceso de rotomoldeo, bajo especificaciones ASTM.

Estos tanques están disponibles en color neutro del polietileno (blanco) y en color negro.

Es recomendable seleccionar el color negro para aquellos productos que pueden sufrir descomposición a causa de la luz solar.

Los tanques se fabrican en tres clases (respecto a su espesor y resistencia)

- Estándar para agua y productos no corrosivos con densidad hasta 1.2 g/cm³
- Reforzado 20% para productos corrosivos y/o con densidad hasta 1.5 g/cm³
- Doble Reforzado 40% para productos muy corrosivos y/o con densidad hasta 1.8 g/cm³

Características del tanque de almacenamiento ROTOPLAS.
(www.efisa.com.mx, 2015)

Accord International, Inc.

**No. WSD
WATER SUCTION HOSE**



Part Number	Inside Diameter	Outside Diameter	Bend Radius	Weight LB/FT	Working-Pressure-PSI
WSD-100	1"	1-3/8"	6"	.52	150
WSD-125	1-1/4"	1-21/32"	7"	.63	150
WSD-150	1-1/2"	1-59/64"	8"	.82	150
WSD-200	2"	2-1/2"	10"	1.15	150
WSD-250	2-1/2"	3"	15"	1.65	150
WSD-300	3"	3-1/2"	18"	2.11	150
WSD-350	3-1/2"	4"	14"	2.37	150
WSD-400	4"	4-19/32"	25"	3.05	150
WSD-500	5"	5-21/32"	29"	3.95	150
WSD-600	6"	6-45/64"	32"	4.55	150
WSD-800	8"	8-45/64"	40"	8.98	150
WSD-1000	10"	10-23/32"	50"	10.3	150
WSD-1200	12"	12-51/64"	60"	12.4	90

Recommended As: A general service water suction hose for use in construction, mining and agriculture.

Tube: Black EPDM blended rubber.

Temperature & Range: -40° To 185°F.

Reinforcement: Spiraled high tensile textile cords and double steel helix wire.

Cover: Black weather and ozone resistant, EPDM blended rubber.

Lengths: Standard 100 ft: 1" thru 6"; Standard 20 Ft: 8" thru 10", also cut and/or coupled to client's individual specifications.

Couplings: Cam And Groove, pin lug short shank couplings or combination nipples.

www.accordintl.com • Ph. (713) 641-2288 • Fax (713) 641-3636

Características de manguera flexible recomendada para conexiones.
(www.shipserv.com, 2009)



Spiroflex “UAS-FUGA”



DESCRIPTION

UAS air, air transport systems, Spiroflex clamped the waste gas is high, especially for applications applications and heat-treated, a specially designed, multi-purpose clamped weather channel. with a special manufacturing technique of metal galvanized strips air sızdırmaz kenetlenmesiyle each other on the form. UAS Spiroflex clamped air ducts bükülebilme and kıvrılabilme. Easy to install in a round of mergers. UAS spiroflex air tight. UAS spiroflex air ducts used to clamp system UAS high mukavemenetli clamp system. Twist and squirm away from each other during the separation of Galvanized steel strips and/or deformation of is not in question. UAS as an alternative to traditional Air channels, Weather channels Spiroflex and traditional air ducts were allocated the largest property is extremely lightweight and is extremely rigid, but.. With this feature, the staff are very good and very high financial gains in terms of time.Even without the colon and other obstacles may exceed the beam through the elbow joint.and in this regard, practical and easy to assemble. . The products of different diameters to be nested.

MATERIAL

High quality forged, extruded electro zinc plated
carbon steel metal

FEATURES

Manufactured Galvanized Steel
High-resistant
Very light
Long Lasting
Easy to install and practical
Welding & soldering Amount
Easily Paintable
Resistant To Fire
Economic, practical and resistant to any kind of

The Elbow Can Be Done

Aesthetic

It Is Economical

PLACES OF USE

Ventilation Systems
Air Conditioning Systems
Exhaust Gas Evacuation
The Ventilation Systems That Require High Strength

DIAMETER RANGE

Ø80mm- Ø800mm

WORKING TEMPERATURE

-40°C+700°C



Construction	High quality forged, extruded electro zinc plated carbon steel metal
Working Temperature	-40°C +700°C
Working Pressure	20000 Pa
Wall Thickness	0,20 – 1 mm

SELECCIÓN TABLE

Code	Diameter(mm)
UAS – 080	80
UAS – 090	90
UAS – 100	100
UAS – 110	110
UAS – 120	120
UAS – 127	127
UAS – 133	133
UAS – 140	140
UAS – 152	152
UAS – 160	160
UAS – 180	180
UAS – 203	203
UAS – 229	229
UAS – 254	254
UAS – 280	280
UAS – 305	305
UAS – 355	355
UAS – 400	400
UAS – 500	500

Características del ducto de chimenea. (www.unverengroup.com, 2015)

APÉNDICE C. TRANSDUCTORES DEL BANCO DE PRUEBAS

TURBINE FLOW METER

Stand Alone or Complete Systems with Signal Conditioning

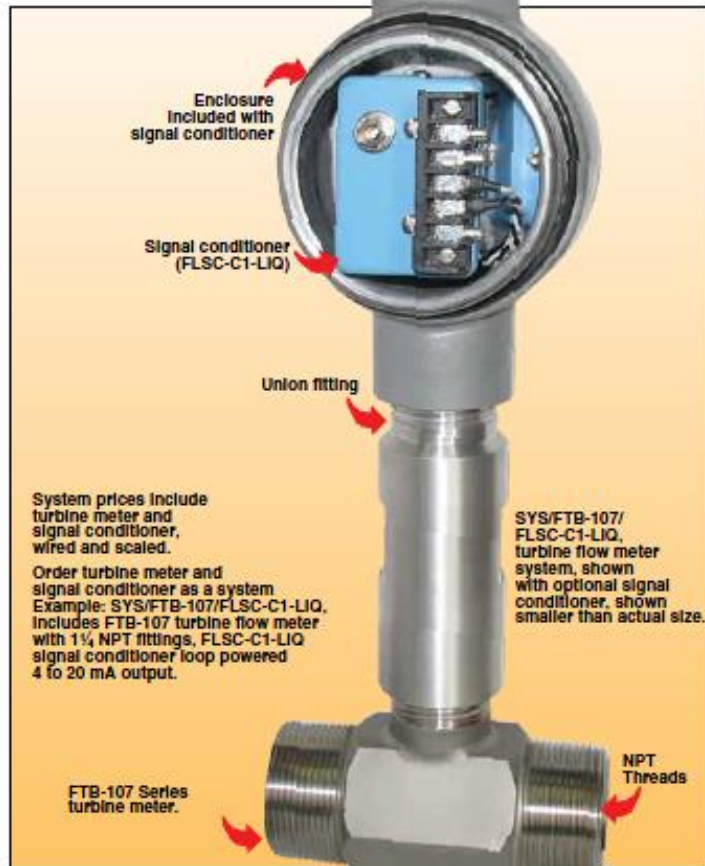
FTB-100 Series



- ✓ ±0.5% of Reading Accuracy
- ✓ Ball Bearing Design for Economy
- ✓ Non-Metallic Bearing Retainers for Long Life
- ✓ Replacement Bearings Field Installable Without Loss of Calibration
- ✓ Disassembles Quickly for Easy Maintenance
- ✓ Deflector Cones Stabilize Low Mass Rotor for Increased Bearing Life
- ✓ 4 to 20 mA, 0 to 5V, and Scaled Frequency Outputs Available

The FTB-100 Series of turbine meters have a shielded ball bearing design for high-accuracy performance ($\pm 0.5\%$ of reading, not full scale) at an economical cost. The non-metallic bearing retainers minimize friction, thereby allowing these meters to be used with clean fluids that have poor lubricating properties (*i.e.*, water). Ball bearings also give the widest linear flow range, particularly in larger turbines. Bearing replacement and clean-up are fast and easy, since all internal parts are easily accessible by removing a single nut.

These turbine flow meters have a low mass rotor design which allows rapid dynamic response, so they can be used in pulsating flow applications.



System prices include turbine meter and signal conditioner, wired and scaled.

Order turbine meter and signal conditioner as a system. Example: SYS/FTB-107/FLSC-C1-LIQ. Includes FTB-107 turbine flow meter with 1/4 NPT fittings, FLSC-C1-LIQ signal conditioner loop powered 4 to 20 mA output.

SYS/FTB-107/FLSC-C1-LIQ, turbine flow meter system, shown with optional signal conditioner, shown smaller than actual size.

Deflector cones eliminate downstream thrust on the rotor and allow hydrodynamic positioning of the rotor between the cones. This provides wider rangeability and longer bearing life than conventional turbine flow meters. Integral flow-straightening tubes minimize the effects of upstream turbulence.


FTB-100 Turbine Meters are available with integral signal conditioners which provide scaled and unscaled frequencies, 4 to 20 mA, or 0 to 5 volt outputs

Units without integral signal conditioners are supplied with mating connector for two-wire hook-up.

SPECIFICATIONS

- Accuracy:** $\pm 0.5\%$ of reading
- Repeatability:** $\pm 0.1\%$ of reading
- Maximum Temperature Range:** -268 to 232°C (-450 to 450°F)
- Maximum Intermittent Overrange:** 150% of maximum range
- Minimum Output Amplitude:** 30 mV Peak-to-Peak unscaled pulse
- Materials of Construction:**
 - Body: 304 stainless steel
 - Rotor: 17-4 PH steel
 - Bearings: Ceramic
- Minimum straight pipe requirements:** 10 pipe diameters upstream, 5 downstream

Economical Ball Bearing Design with NPT End Fittings



Complete The System

SIGNAL CONDITIONERS
4 to 20 mA, amplified pulse, or 0 to 5 Vdc.

SELECT 1 OR 2

1 **DISPLAY, ALARM, CONTROL DPF60**
Pulse output and voltage or current output.

2 **DISPLAY, TOTALIZE, AND BATCH CONTROL DPF701.**
Scaled pulse or current output

NIST Calibration for Other Viscosity Liquids*

Meter Size	Viscosity Range	
	0.6 to 99 cSt	100 to 299 cSt
FTB-101 thru 106 ½ thru 1"	Additional cost	
FTB-107 thru 109 1¼ thru 2"		
FTB-110 thru 111 2½ thru 3"		

* Standard NIST calibration is for water (viscosity = 1 cSt)

To Order

Turbine Meter Only Model No.†	Linear Flow Range for Water LPM (GPM)	MNPT End Fittings	Maximum Operating Pressure (psig)	Maximum Pressure Drop (psid)	Length mm (inch)	Nominal K-Factor (Pulses/Gallon)	Weight kg (lb)
FTB-101	1.32 to 13.2 (0.35 to 3.5)	½	5000	3.0	62 (2.45)	13,000	0.4 (1)
FTB-102	2.84 to 28.4 (0.75 to 7.5)	½	5000	5.0	62 (2.45)	10,000	0.4 (1)
FTB-103	4.73 to 36.0 (1.25 to 9.5)	½	5000	5.2	62 (2.45)	6000	0.4 (1)
FTB-104	6.62 to 61 (1.75 to 16)	¾	5000	3.0	70 (2.75)	4100	0.4 (1)
FTB-105	9.5 to 110 (2.5 to 29)	¾	4250	5.0	83 (3.25)	2200	0.4 (1)
FTB-106	15 to 227 (4 to 60)	1	3850	5.1	89 (3.50)	640	0.9 (2)
FTB-107	23 to 352 (6 to 93)	1¼	3850	4.3	99 (3.88)	410	0.9 (2)
FTB-108	30 to 492 (8 to 130)	1½	3000	3.0	111 (4.38)	230	1.4 (3)
FTB-109	57 to 852 (15 to 225)	2	2500	3.3	121 (4.75)	120	1.8 (4)
FTB-110	95 to 1514 (25 to 400)	2½	2250	4.0	154 (6.06)	62	2.3 (5)
FTB-111	151 to 2460 (40 to 650)	3	2000	4.0	191 (7.50)	55	3.2 (7)

Comes complete with operator's manual and 10-point NIST calibration certificate for water.

Ordering Examples: FTB-101, ½ NPT turbine meter with standard NIST calibration for 1 cSt viscosity.

FTB-106, 1 NPT turbine meter with NIST calibration for 5 cSt viscosity liquid.

† Complete systems with signal conditioner available, consult sales.

Technical Data for Alicat M-Series Mass Flow Meters
0 – 0.5 sccm Full Scale through 0 – 4000 slpm Full Scale

ALICAT
 SCIENTIFIC
 Tel: 888-290-6060
www.alicat.com/m

Standard Specifications (Contact Alicat for available options.)

Performance	M-Series Mass Flow Meter
Accuracy at calibration conditions after tare	± (0.8% of Reading + 0.2% of Full Scale)
High Accuracy at calibration conditions after tare	± (0.4% of Reading + 0.2% of Full Scale) High Accuracy option not available for units ranged under 5 sccm or over 500 slpm.
Accuracy for Bidirectional Meters at calibration conditions after tare	± (0.8% of reading + 0.2% of total span from positive full scale to negative full scale)
Repeatability	± 0.2% Full Scale
Zero Shift and Span Shift	0.02% Full Scale / °Celsius / Atm
Operating Range / Turndown Ratio	0.5% to 100% Full Scale / 200:1 Turndown
Maximum Measurable Flow Rate	128% Full Scale
Typical Response Time	10 ms (Adjustable)
Warm-up Time	< 1 Second

Operating Conditions	M-Series Mass Flow Meter
Mass Reference Conditions (STP)	25°C & 14.696 psia (standard — others available on request)
Operating Temperature	-10 to +60 °Celsius
Humidity Range (Non-Condensing)	0 to 100%
Maximum Internal Pressure (Static)	145 psig
Maximum Allowable Instantaneous Differential Pressure Across Device (Inlet to Outlet)	75 psid
Proof Pressure	175 psig
Mounting Attitude Sensitivity	None
Ingress Protection	IP40
Wetted Materials	303 & 302 Stainless Steel, Viton®, Heat Cured Silicone Rubber, Glass Reinforced Polyphenylene Sulfide, Heat Cured Epoxy, Aluminum, Gold, Silicon, Glass. If your application demands a different material, please contact Alicat.

Communications / Power	M-Series Mass Flow Meter
Monochrome LCD or Color TFT Display with integrated touchpad	Simultaneously displays Mass Flow, Volumetric Flow, Pressure and Temperature
Digital Output Signal ¹ Options	RS-232 Serial / RS-485 Serial / Modbus / PROFIBUS ³
Analog Output Signal ² Options	0-5 Vdc / 1-5 Vdc / 0-10 Vdc / 4-20 mA

Range Specific Specifications

Full Scale Flow Mass Meter	Pressure Drop at FS Flow (psid) venting to atmosphere	Mechanical Dimensions	Process Connections ²
0.5 sccm to 1 sccm	1.0	3.9"H x 2.4"W x 1.1"D	M-5 (10-32) Female Thread (Shipped with M-5 (10-32) Male Buna-N O-ring face seal to 1/8" Female NPT fittings.)
2 sccm to 50 sccm	1.0		
100 sccm to 20 slpm	1.0	4.1"H x 2.4"W x 1.1"D	1/8" NPT Female
50 slpm	2.0	4.4"H x 4.0"W x 1.6"D	1/4" NPT Female
100 slpm	2.5		
250 slpm	2.1	5.0"H x 4.0"W x 1.6"D	1/2" NPT Female
500 slpm	4.0	5.0"H x 4.0"W x 1.6"D	3/4" NPT Female (A 1-1/4" NPT Female optional process connection is available for 2000 slpm meters.)
1000 slpm	6.0		
1500 slpm	9.0		
2000 slpm	5.0	5.3"H x 5.2"W x 2.9"D	1-1/4" NPT Female
3000 slpm	7.1	5.3"H x 5.2"W x 2.9"D	
4000 slpm	4.4	7.6"H x 5.2"W x 2.9"D	2" NPT Female

1. Lower Pressure Drops Available, please see our WHISPER-Series mass flow controllers at www.alicat.com/whisper.
 2. Compatible with Beswick®, Swagelok® tube, Parker®, face seal, push connect and compression adapter fittings. VCR and SAE connections upon request.

Medidor de flujo de gas. (Proveedor local Dabulitsa S.A)

RTD Specifications

OMEGA's sanitary RTD sensors are supplied standard with 100 Ω , Class A sensing elements that conform to the International IEC 60751 Standard. This standard specifies the resistance vs. temperature relationship, the Accuracy Classes, and the color code used. This information is included below to help in the application and use of these sanitary sensors.

For the Complete RTD Temperature vs. Resistance Table Visit omega.com/rtdtable

Resistance vs. Temperature Characteristics

The Resistance vs. Temperature Characteristics of OMEGA sanitary RTD sensors conform to the following equation:

Equations

Platinum RTD resistance can be calculated using the Callendar-Van Dusen Equation as follows:

For temperatures below 0°C: $R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + C(t-100)t^3]$ where: $A = 3.9083 \times 10^{-3} (C^{-1})$ $B = -5.775 \times 10^{-7} (C^{-2})$ $C = -4.183 \times 10^{-12} (C^{-3})$ $R_0 =$ Resistance at 0°C $t =$ Temperature in degrees celsius	For temperatures above 0°C, this simplifies to: $R_t = R_0 (1 + At + Bt^2)$
---	--

Resistance vs. Temperature Values per IEC 60751

Temp (°C)	Resistance (Ω)	Temp (°C)	Resistance (Ω)	Temp (°C)	Resistance (Ω)
-200	18.52	150	157.33	450	264.18
-150	39.72	200	175.86	500	280.98
-50	80.31	250	194.10	550	297.49
0	100.00	300	212.05	600	313.71
50	119.40	350	229.72	650	329.64
100	138.50	400	247.09	700	345.28

To see the full table (every 1°C), visit omega.com/rtdtable

Note: Resistance values for temperatures from -200 to 700°C are provided for reference. The RTD sensors included in these pages have specific temperature ranges assigned. See the applicable product pages for specific temperature ranges.

Accuracy Classes

There are four "Accuracy Classes" specified in IEC 60751, listed from least accurate to most accurate they are: (Note: Accuracy Values are in Degrees C)

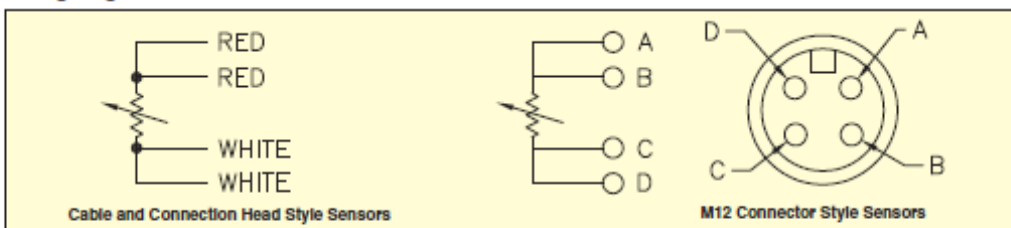
- Class C = $\pm(0.60 + 0.01 \cdot t)$ (-50 to 500°C)
- Class B = $\pm(0.30 + 0.005 \cdot t)$ (-50 to 500°C)
- Class A = $\pm(0.15 + 0.002 \cdot t)$ (-30 to 300°C)**
- Class 1/2 DIN† = $\pm(0.10 + 0.0017 \cdot t)$ (0 to 150°C)

where t = temperature of interest in °C without regard to sign

(† also known as Class AA)

OMEGA's Sanitary RTDs Come Standard with Class A Accuracies

Wiring Diagrams



Resistance Temperature Sensors

RTDs

Connection Head/Optional Transmitter Style RR



Ordering Information

Part Number

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
RR					0							00		0

③ Sheath O.D. (in.)	
G =	0.125
H =	0.188
J =	0.250

④ Connection Head	
C =	Polypropylene
D =	Cast iron
E =	Cast aluminum
H =	Explosion proof
U* =	E head with 5750 transmitter
V* =	C head with 5750 transmitter
W* =	H head with 5750 transmitter
* For units with transmitter, the order must specify a range and degree F or C, as well as a temperature span.	

⑤ Head Mounting Fittings	
O =	Single threaded, 303 SS
F =	Double threaded, 303 SS 1/2 in. NPT
H* =	Spring loaded, double threaded, 316 SS 1/2 in. NPT
* Available in 0.250 inch diameter only.	

⑦ Sheath Construction		
	-58 to 500°F (-50 to 260°C) 316 SS	-328 to 1200°F (-200 to 650°C) 316 SS
Standard industrial (0.125 - 0.250 in. O.D.)	A	—
Mineral insulated (0.125 - 0.250 in. O.D.)	—	K

⑧ ⑨ Sheath Length "L" (in.)	
Whole inches: 02 to 99; for metric lengths and lengths over 99 inches contact the factory.	

⑩ Sheath Length "L" (fractional in.)	
0 =	No fraction, whole inches
1 =	1/8
2 =	1/4
3 =	3/8
4 =	1/2
5 =	5/8
6 =	3/4
7 =	7/8

⑪ Element			
	2-Wire	3-Wire	4-Wire
100Ω single	A	B	C
100Ω dual * **	D	E	—
1000Ω single **	J	K	L
* Available in 0.250 inch diameter only.			
** Available with standard industrial construction only.			

⑫ Initial Element Accuracy @ 0°C	
A =	DIN Class A (±0.06%)
B =	DIN Class B (±0.12%)

Features and Benefits

Connection heads

- Provides superior dust and moisture resistance

Weatherproof plastic heads

- Resists weak acids, organic solvents, alkalies, sunlight and dust

Complete assembly available

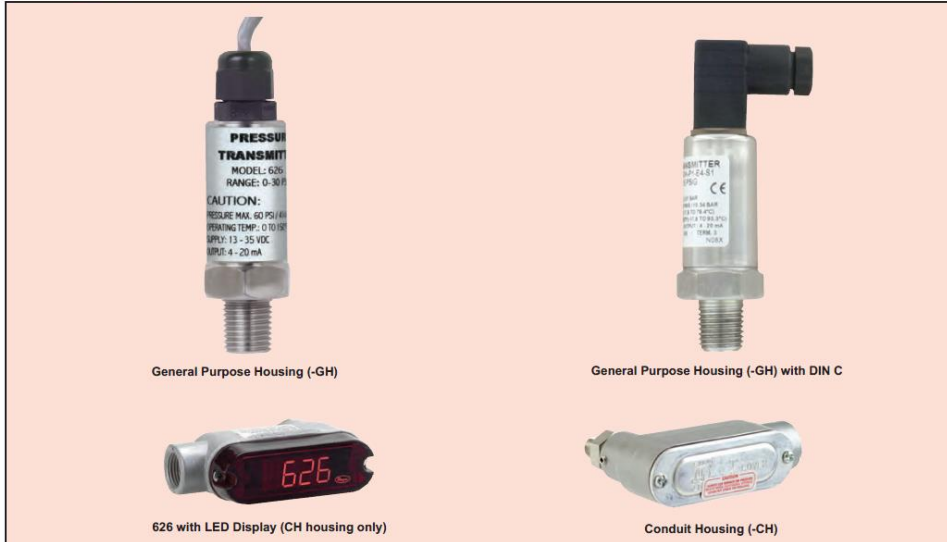
- Head-mounted 4-20mA transmitter, three- or four-wire input and non-isolated



Series
626
&
628

Industrial Pressure Transmitter

Complete Offering of Ranges, Connections and Outputs



SPECIFICATIONS

Service: Compatible gases and liquids.

Wetted Materials: Type 316L SS.

Accuracy:

626: 0.25% F.S.;

: 0.20% RSS;

628: 1.0% F.S.;

: 0.5% RSS;

626 Absolute Ranges: 0.5% F.S.;

: 0.30% RSS.

(Includes linearity, hysteresis, and repeatability.)

Temperature Limit: 0 to 200°F (-18 to 93°C).

Compensated Temperature Range: 0 to 175°F (-18 to 79°C).

Thermal Effect: $\pm 0.02\%$ FS/°F (includes zero and span).

Pressure Limits: See table.

Power Requirements: 10-30 VDC (for 4-20 mA, 0-5, 1-5, 1-6 VDC outputs); 13-30 VDC (for 0-10, 2-10 VDC outputs); 5 VDC ± 0.5 VDC (for 0.5-4.5 VDC ratio-metric output).

Output Signal: 4-20 mA, 0-5 VDC, 1-5 VDC, 0-10 VDC, or 0.5-4.5 VDC.

Response Time: 50 ms.

Loop Resistance: 0-1000 Ohms max. R max = 50 (Vps-10) Ohms (4-20 mA output), 5K Ohms (0-5, 1-5, 1-6, 0-10, 2-10, 0.5-4.5 VDC output).

Stability: 1.0% FS/year (Typ.).

Current Consumption: 38 mA maximum (for 4-20 mA output); 10 mA maximum (for 0-5, 1-5, 1-6, 0-10, 2-10, 0.5-4.5 VDC output); 140 mA maximum (for all 626/628/629-CH with optional LED).

Electrical Connections: Conduit Housing (-CH): terminal block, 1/2" female NPT conduit; General Purpose Housing (-GH): cable DIN EN 175801-803-C.

Process Connection: 1/4" male or female NPT and BSPT.

Enclosure Rating: NEMA 4X (IP66).

Mounting Orientation: Mount in any position.

Weight: 10 oz (283 g).

Agency Approvals: CE.

Medidor de presión. (Proveedor local Dabulitsa S.A)

Pressure Limits

Range Number	Pressure Range	Maximum Pressure (psig)	Over Pressure (psig)	Range Number	Pressure Range (psig)	Maximum Pressure (psig)	Over Pressure (psig)
00	0-15 psia	30	45	12	0-200	400	1000
30	15-0 psia	30	45	13	0-300	600	1500
06	0-5 psig	10	50	14	0-500	1000	2500
07	0-15 psig	30	150	15	0-1000	2000	5000
08	0-30 psig	60	300	16	0-1500	3000	5000
09	0-50 psig	100	300	18	0-3000	6000	7500
10	0-100 psig	200	500	19	0-5000	7500	10000
11	0-150	300	750	26	0-8000	10000	12000

Ordering Chart

Accuracy	626							0.25% Full-Scale Accuracy
	628							1.0% Full-Scale Accuracy
Range		-00						0-15 psia
		-01						0-30 psia
		-02						0-50 psia
		-03						0-100 psia
		-04						0-200 psia
		-05						0-300 psia
		-06						0-5 psi
		-07						0-15 psi
		-08						0-30 psi
		-09						0-50 psi
		-10						0-100 psi
		-11						0-150 psi
		-12						0-200 psi
		-13						0-300 psi
		-14						0-500 psi
		-22						0-600 psi
		-15						0-1000 psi
		-16						0-1500 psi
		-18						0-3000 psi
		-19						0-5000 psi
		-26						0-8000 psi
		-67						0-0.5 bar
		-71						0-2.5 bar
		-75						0-10 bar
		-81						0-40 bar
Housing		-CH						Conduit Housing
		-GH						General Purpose Housing
Process Connection			-P1					1/4" male NPT
			-P2					1/4" female NPT
			-P3					1/4" male BSPT
			-P5					1/4" female SAE with Refrigerant Valve Depressor ①
			-P9					1/2" male NPT ①
Electrical Connection				-E1				Cable Gland with 3' of Prewired Cable
				-E3				Cable Gland with 9' of Prewired Cable
				-E4				DIN EN 175801-803-C ①
				-E5				1/2" female NPT Conduit ②
				-E6				M-12 4 Pin Connector
Signal Output					-S1			4-20 mA
					-S2			1-5 VDC
					-S4			0-5 VDC
					-S5			0-10 VDC
					-S7			0.5-4.5 VDC ①
Options						-AT		Aluminum Tag
						-NIST		NIST Traceable Certificate
						-LED		Bright Red LED display ②③

- ① Available with -GH Housing only
- ② Available with -CH Housing only
- ③ LED option is not NEMA 4X (IP66)
- ④ Power Requirement: 5 VDC ±10%

Medidor de presión. (Proveedor local Dabulitsa S.A)



Final Part Number:

MMG015C1B2D0T3A5

Final Price: **\$650**

To purchase now or
create an e-quote,

[Add to Cart >](#)

This image is a representation of the specified configuration. Actual appearance may vary.

Application: General

Transducer Type: Gage

Range/Units: 1 Bar

Output: 4-20mA

Accuracy: +/-0.05%

Process Fitting: 1/4-18 NPT Female

Electrical Termination: Cable (2m, 6ft)

Temperature Compensation: -7 to 60°C (20 to 140°F)

Thermal Accuracy: +/-0.50% Zero Shift, +/-0.50% Span Shift

5-Point NIST Traceable Calibration Included.

Medidor de presión. (www.omega.com,2015)

4-20mA AC/DC24V 0-10V 1 1/2" proportion Modulating valve for flow regulation or on/off control water treatment HVAC

TF proportional valve consists of TFV4- series rotary actuator and DN15-DN50 brass ball valve. Equal percentage flow characteristic guarantees the valve performances of stability. Control ball valves are widely used in HVAC system, heating system, water treatment equipment, and water running control in industrial automation, such as: AHU, fresh air-handling unit, differential pressure control unit and heat ex-changer for flow regulation and on/off control.



Application:

HVAC system
Heating system
Water treatment system
Industrial equipments

Operational mode:

TF proportional valve is motor-operated by a type of, TFV4-304, TFV4-306 and TFV-310 actuator. The actuator is controlled by a modulating on/off, or proportional control system and move the ball of the valve, to the opening position dictated by the control signal.

Technical data:

Valve Body:

Medium: cold/hot water, with 50% glycol
Temperature of medium: 2°C...90°C
Rated pressure: PN20

Pipe connector: internal thread

Ambient temp.

range: -5...+60°C; 0...90%RH Size: 3/4" - 2"

Valve type: 2-way and 3-way

Flow characteristic: equal percentage, on/off

Material:

Valve body: forged brass, Hpb59-1

Seal: ball: EPDM+PTFE

Ball: brass

stem: EPDM

Valve connector:

PC

Valve Spindle:aluminum alloy

Valve Type	DN(mm)	Inch	Kvs(m ³ /h)	ΔPmas(MPa)	{C}Δ Ps (kPa)
2 Way	DN 15	1/2"	6.3	0.6 Mpa	1400
	DN 20	3/4"	6.3	0.6 Mpa	1400
	DN 25	1"	10	0.6 Mpa	1400
	DN 32	1 1/4"	16	0.6 Mpa	1400
	DN 40	1 1/2"	25	0.6 Mpa	1400
	DN 50	2"	43	0.6 Mpa	1400
3 Way	DN 15	1/2"	6.3	0.6 Mpa	1400
	DN 20	3/4"	6.3	0.6 Mpa	1400
	DN 25	1"	10	0.6 Mpa	1400
	DN 32	1 1/4"	16	0.6 Mpa	1400
	DN 40	1 1/2"	25	0.6 Mpa	1400
	DN 50	2"	43	0.6 Mpa	1400

Actuator:

- TFV4-304** 24VAC/DC±15%, proportional (0(2)-10VDC)
- TFV4-306** 24VAC/DC±15%, proportional (0(2)-10VDC/0(4)-20Ma)
- TFV4-310** 24VAC/DC±15%, proportional (0(2)-10VDC/0(4)-20Ma)

Output torque: 4N.m, 6N.m and 10N.m Angle of rotation: 90°
 Manual handle Automatic overload protection system
 Manual selection of ball rotation direction: C.W. /C.C.W, factory setting is C.W.
 Protect rank: IP54 Operation time: 50S-120S

Function (on/off and proportional type)

The actuator is controlled by a modulating on/off, and proportional control signal, using high transmitting ratio gear drive to fix and lock.

Conexión del cableado:

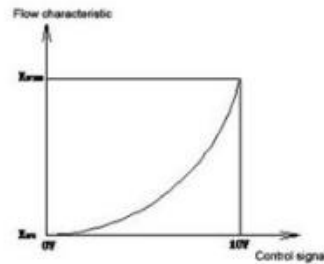
TFV4-304/306/310 24VAC/DC ± 15%, proportional (0(2)-10VDC/0(4)-20Ma)

Black wire and brown wire are the power wire.

Yellow wire accept 0-10V control signal to control the valve's open angle

TFV4-304/306/310 Flow characteristic:

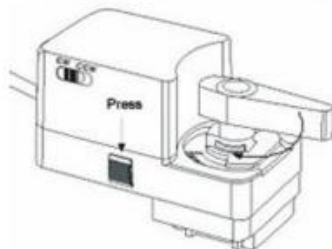
- Input 0-10VDC control signal
- Flow characteristic: equal percentage
- Flow range: 0%-100%



Model No.	Working Voltage	Actuator type	Output torque	Consumption	Suitable Valve body
TFV4-304		0(2)-10VDC	4N.m	3VA	DN25, DN20, DN15
TFV4-306	24VAC/DC±15%	(0(2)-10VDC/0(4)-20Ma)	6N.m		DN50, DN40, DN32,
TFV4-310		(0(2)-10VDC/0(4)-20Ma)	10N.m	6VA	DN50

Installation:

1. Ensure that the valve body is in the full open status.
2. Ensure that the actuator is in the fully open position as the follow picture:



3. Aligning the valve stem, press down the aluminum alloy spindle.

Change of running direction:

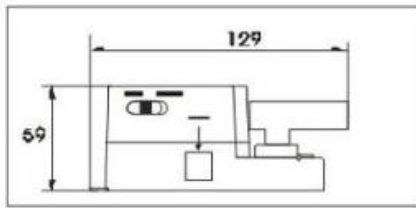
The rotation can be reversed by pushing the CCW/CW switch on the casing.



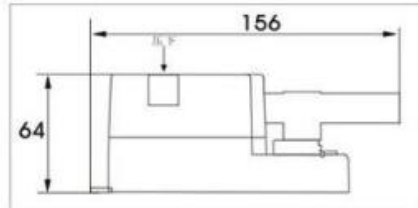
Factory settings: "CW"

Dimension and Wiring:

Actuator:

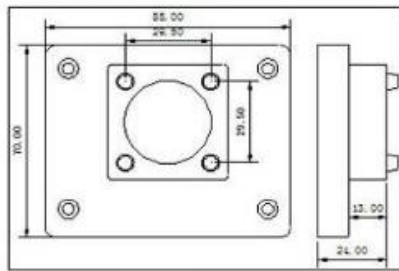


TFV4-304

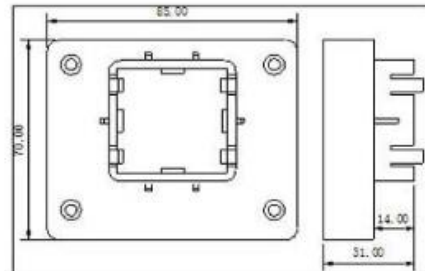


TFV4-306, TFV4-310

Connector Dimension:



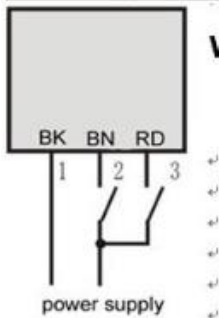
TFS-1



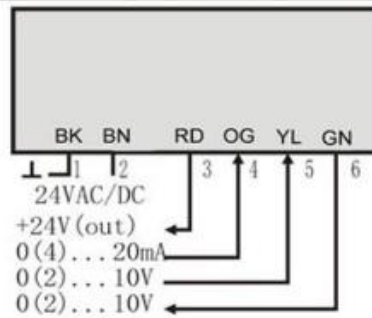
TFS-2

Model No.	Commodity	Application	Actuator	Suitable Valve body
TFS-1	Connector	Be used to connect the actuator and the valve body	TFV4-304	2 Way DN15, DN20, DN25 3 Way DN15, DN20, DN25
TFS-2			TFV4-306 TFV4-310	2 Way DN32, DN40, DN50 3 Way DN32, DN40, DN50

Wiring diagram:



TFV4-304/306
(ON/OFF Valve TYPE)



TFV4-304, TFV4-306, TFV4-310
(Proportional Valve 0-10/4-20mA Type)

Válvula proporcional. (www.china-electricvalves.com, 2015)

Ordering Information | Detailed Specifications

For user manuals and dimensional drawings, visit the product page resources tab on ni.com.

Last Revised: 2014-11-06 07:14:29.0

NI CompactDAQ

USB Data Acquisition Systems



- Mix sensor measurements with analog and digital I/O in the same instrument
 - Acquire from analog input modules at different rates with multiple timing engines
 - Run up to seven I/O tasks simultaneously
 - Windows 7/XP support
 - Hi-Speed USB communication with NI Signal Streaming technology
 - LabVIEW SignalExpress LE data-logging software included
 - Four 32-bit general-purpose counters built into chassis (access through digital module or BNC triggers)
 - BNC trigger connections on the cDAQ-9178 for up to 1 MHz clocks and triggers
-
- Mix sensor measurements with analog and digital I/O in the same instrument
 - Acquire from analog input modules at different rates with multiple timing engines
 - Run up to seven I/O tasks simultaneously
 - Windows 7/XP support
 - Hi-Speed USB communication with NI Signal Streaming technology
 - LabVIEW SignalExpress LE data-logging software included
 - Four 32-bit general-purpose counters built into chassis (access through digital module or BNC triggers)
 - BNC trigger connections on the cDAQ-9178 for up to 1 MHz clocks and triggers

Overview

The NI cDAQ-9178 is an eight-slot NI CompactDAQ chassis designed for small, portable, mixed-measurement test systems. Combine the cDAQ-9178 with up to eight NI C Series I/O modules for a custom analog input, analog output, digital I/O, and counter/timer measurement system.

Modules are available for a variety of sensor measurements including thermocouples, RTDs, strain gages, load and pressure transducers, torque cells, accelerometers, flow meters, and microphones. NI CompactDAQ systems combine sensor measurements with voltage, current, and digital signals to create custom, mixed-measurement systems with a single, simple USB cable back to the PC, laptop, or netbook.

The cDAQ-9178 has four 32-bit general-purpose counter/timers built in. You can access these counters through an installed, hardware-timed digital module such as the NI 9401 or NI 9402 for applications that involve quadrature encoders, PWM, event counting, pulse train generation, and period or frequency measurement.

Use the two built-in BNC connections to share clocks or triggers up to 1 MHz.

The cDAQ-9178 chassis is shipped with the following:

- AC/DC converter that plugs directly into the chassis
- USB cable with a thumbscrew lock for strain relief

Power cord sold separately.

The NI-DAQmx driver shipped with every chassis includes the following:

- LabVIEW SignalExpress LE for simple data-logging applications
- API for NI LabVIEW, ANSI C/C++, C#, Visual Basic .NET
- DAQ Assistant code generation for NI LabVIEW, LabWindows™/CVI, and Measurement Studio
- Example programs for all supported languages
- NI Measurement & Automation Explorer (MAX) for system configuration and test

Sistema de adquisición de datos. (National Instruments, 2015)

Requirements and Compatibility | Ordering Information | Detailed Specifications | Pinouts/Front Panel Connections
For user manuals and dimensional drawings, visit the product page resources tab on ni.com.

Last Revised: 2014-11-06 07:14:16.0

NI 9207

Voltage/Current Analog Input, 500 S/s, 16 Ch Module



- Eight differential voltage inputs (± 10 V), eight current inputs (± 21.5 mA)
- High-resolution mode with 50/60 Hz rejection
- 500 S/s sample rate (high-speed mode)
- Voltage supply pins for external power routing (2 A/30 V max)
- -40 to 70 °C
- 60 VDC CAT I, bank isolation (1,000 Vrms withstand)
- 24-bit resolution
- Optional NI 9933 connectivity kit shown in image on right

Overview

The NI 9207 combination voltage and current input C Series module has eight channels of ± 21.5 mA input and eight channels of ± 10 V input with built-in 50/60 Hz rejection for noise rejection. Designed with industrial systems in mind, the NI 9207 combines the two most common inputs to reduce the overall number of modules you need. A system that uses fewer modules has the benefit of leaving slots open for other measurement types or reducing the overall cost and size of the system. The NI 9207 has a standard 37-pin D-Sub connection, for use with available cables and connector blocks, or the NI 9937 D-Sub connector kit. The NI 9937 contains a D-Sub to screw terminal accessory as well as a protective shell. With this kit, you can create a custom cable that plugs directly into the module, eliminating the need for a separate terminal block.

[Back to Top](#)

Requirements and Compatibility

OS Information

- Real-Time OS

Driver Information

- NI-RIO

Software Compatibility

- LabVIEW
- LabVIEW FPGA Module
- LabVIEW Real-Time Module

[Back to Top](#)

Comparison Tables

Module	Channels	Sample Rate	Simultaneous	Isolation	Resolution
NI 9207	8 current/8 voltage	500 S/s	No	Channel-ground	24-bit
NI 9208	16 current	500 S/s	No	Channel-ground	24-bit
NI 9219	4 universal	100 S/s/ch	Yes	Channel-channel	24-bit
NI 9203	8 current	200 kS/s	No	Channel-ground	16-bit
NI 9205	(32 SE/16 DI) voltage	250 kS/s	No	Channel-ground	16-bit
NI 9201	8 voltage	500 kS/s	No	Channel-ground	12-bit
NI 9215	4 voltage	100 kS/s/ch	Yes	Channel-ground	16-bit

[Back to Top](#)

Sistema de adquisición de datos. (National Instruments, 2015)

Requirements and Compatibility | Ordering Information | Detailed Specifications
For user manuals and dimensional drawings, visit the product page resources tab on ni.com.

Last Revised: 2014-11-06 07:14:43.0

NI 9211

±80 mV Thermocouple Input, 14 S/s, 4 Ch Module



- 4 thermocouple or ±80 mV analog inputs
- -40 to 70 °C operating range
- 24-bit resolution; 50/60 Hz noise rejection

- Hot-swappable operation
- NIST-traceable calibration

Overview

The NI 9211 C Series thermocouple input module for use with NI CompactDAQ and CompactRIO chassis includes a 24-bit delta-sigma ADC, antialiasing filters, open-thermocouple detection, and cold-junction compensation for high-accuracy thermocouple measurements. It contains NIST-traceable calibration and a channel-to-earth ground double-isolation barrier for safety, noise immunity, and high common-mode voltage range.

[Back to Top](#)

Requirements and Compatibility

OS Information

- Real-Time OS
- Windows

Driver Information

- NI-DAQmx
- NI-RIO

Software Compatibility

- LabVIEW
- LabWindows/CVI
- Measurement Studio
- SignalExpress
- Visual Basic
- Visual C#
- Visual C++
- Visual Studio
- Visual Studio .NET

[Back to Top](#)

Comparison Tables

Thermocouple Module	Channels	Sample Rate	Resolution	Feature
NI 9213	16	1,200 S/s	24-bit	Lowest cost/channel
NI 9219	4	50 S/s/ch	24-bit	Channel-to-channel isolation
NI 9211	4	14 S/s	24-bit	Low-channel count

Sistema de adquisición de datos. (National Instruments, 2015)

Micro820™ Programmable Logic Controller



Bulletin 2080 Product Profile

Features and Benefits

- Features optimized for small standalone machines and remote automation projects
- EtherNet/IP™ for Connected Components Workbench™ programming, RTU applications and HMI connectivity
- Built-in Real Time Clock (RTC) with no battery required
- microSD™ slot for program transfer, datalog and recipe
- Selected models available with removable terminal blocks for easier wiring and installation
- 5 KHz PWM Output for controlling solenoids and valves



The new Allen-Bradley Micro820 20pt controller is specifically designed for small standalone machines and remote automation projects with embedded Ethernet and Serial ports. It can function as a RTU (remote terminal unit) for remote machines with support for Modbus RTU and TCP. It has embedded support for 4 thermistor temperature inputs for use as a DDC (direct digital controller) for Building Management Systems.

Micro800 Remote LCD Display

- USB port for program download to controller
- IP65 for front panel mount
- Configurable start-up screen



*Readings on LCD Display are for illustration purposes only, not actual readings.

The Micro820 supports an embedded microSD slot that can be used for storing large amounts of data that normally cannot fit into memory for applications that require datalog and recipe. All files are stored in CSV text format for easy viewing and editing. The microSD card is also used for backing up and restoring the program, which can be used for duplicating the program in several machines.

The Allen-Bradley Micro800 Remote LCD Display connects to the controller's embedded RS232 port and works as an essential accessory for the Micro820 controller. With 4 or 8 lines of ASCII text and a tactile keypad, it can be used as a simple HMI. Its system menu is available in multiple languages for direct viewing and editing of controller variables. Controller's Ethernet address can also be easily set from the menu. Supports front panel mounting as well as DIN rail mounting next to the controller.

LISTEN.
THINK.
SOLVE.™

Allen-Bradley • Rockwell Software

Rockwell
Automation

Datos técnicos de controlador para válvula proporcional. (Proveedor local La LLave)

Bulletin 2080

Catalog Number	Inputs			Outputs		
	120V AC	24V DC/ V AC	Analog 0-10V (shared with 24V DC)	Relay	24V DC SRC	Analog 0-10V
2080-LC20-20QWB(R)	-	12	4	7	-	1
2080-LC20-20QBB(R)	-	12	4	-	7	1
2080-LC20-20AWB(R)	8	4	4	7	-	1

Removable terminal blocks are available on modules with catalog numbers that end in R. Catalog numbers that do not end in R have fixed terminal blocks.

Micro820	20-pt QWB(R)	20-pt QBB(R)	20-pt AWB(R)
Base Unit			
Power Supply	Base Unit has embedded 24V DC Power Supply. Optional External 120/240V AC via Cat. No. 2080-PS120-240VAC		
Base Programming Port	Embedded Ethernet Port		
Base EtherNet/IP™ port	EtherNet/IP Class 3, Modbus TCP		
Base Serial Port	RS232/485 non-isolated, CIP Serial, Modbus RTU, ASCII		
Plug-in Slots	2		
10V Output for Thermistors	1 Output Reference (supports up to four 10k thermistors)		
PWM Output	5 KHz		
microSD Card Slot	1		
Supported microSD Card Formats	FAT32/16		
microSD Card Size, Max	32GB		
microSD Card Class Speed	Class 6 and 10 SDSC and SDHC		
I/O			
Digital I/O (In/Out)	12/7 (4 Inputs shared with Analog Inputs)		
Analog I/O Channels	4/1		
Programming			
Software	Connected Components Workbench		
Program Steps (or instructions)	10Ksteps		
Data (bytes)	20Kbytes (up to 400bytes non-volatile)		
IEC 61131-3 Languages	Ladder Diagram, Function Block, Structured Text		
User Defined Function Blocks	Yes		
Motion Instructions	No PTO motion supported		
Floating Point Math	32-bit and 64-bit		
PID Loop Control	Yes		
Environments			
Certifications	c-UL-us CL1DIV2, CE, C-Tick, KC		
Temperature Range (Controller)	-20°...65°C		
Dimensions (HxWxD, mm)	90x100x80		

LCD Display	
Communications	
Embedded Serial Port	RS232 (connects to Controller's Embedded RS232 port)
Embedded USB Port	Controller programming port (USB to Serial pass-through)
Environmentals	
Temperature Range (LCD Display)	0°...50°C
Dimensions (HxWxD, mm)	97x130x36

Catalog Number	Plug-in Modules
2080-IQ4	4-pt Digital Input, 12/24VDC, Sink/Source, Type3
2080-OB4	4-pt Digital Output, 12/24VDC, Source
2080-OV4	4-pt Digital Output, 12/24VDC, Sink
2080-OW4I	4-pt Relay Output, Individually Isolated, 2A
2080-IQ4OB4	8-pt Combo: 4-pt Digital Input, 12/24VDC, Sink/Source, Type3, and 4-pt Digital Output, 12/24VDC, Source
2080-IQ4OV4	8-pt Combo: 4-pt Digital Input, 12/24VDC, Sink/Source, Type3, and 4-pt Digital Output, 12/24VDC, Sink
2080-IF2, 2080-IF4	2/4-ch Analog Input, 0-20 mA, 0-10V, non-isolated 12-bit
2080-OF2	2-ch Analog Output 0-20 mA, 0-10V, non-isolated 12-bit
2080-SERIALISOL	RS232/485 isolated serial port
2080-TRIMPOT6	6-ch Trimpot Analog Input
2080-RTD2	2-ch RTD, non-isolated, ±1.0 °C
2080-TC2	2-ch TC, non-isolated, ±1.0 °C
2080-MOT-HSC	High Speed Counter, 250kHz, Differential Line Receiver, 1 Digital Output
2080-DNET20	DeviceNet Scanner, 20 Nodes
Accessories	
2080-PS120-240VAC	External 120/240V AC power supply
2080-REMLCD	Remote 3.5 in. LCD Display, 24V DC Power, 4 or 8 lines ASCII text

Allen-Bradley, Connected Components Workbench and Micro820 are trademarks of Rockwell Automation, Inc. Trademarks not belonging to Rockwell Automation are property of their respective companies.

www.rockwellautomation.com

Power, Control and Information Solutions Headquarters

Americas: Rockwell Automation, 1201 South Second Street, Milwaukee, WI 53204-2496 USA, Tel: (1) 414.382.2000, Fax: (1) 414.382.4444

Europe/Middle East/Africa: Rockwell Automation NV, Pegasus Park, De Kleetlaan 12a, 1831 Diegem, Belgium, Tel: (32) 2 663 0600, Fax: (32) 2 663 0640

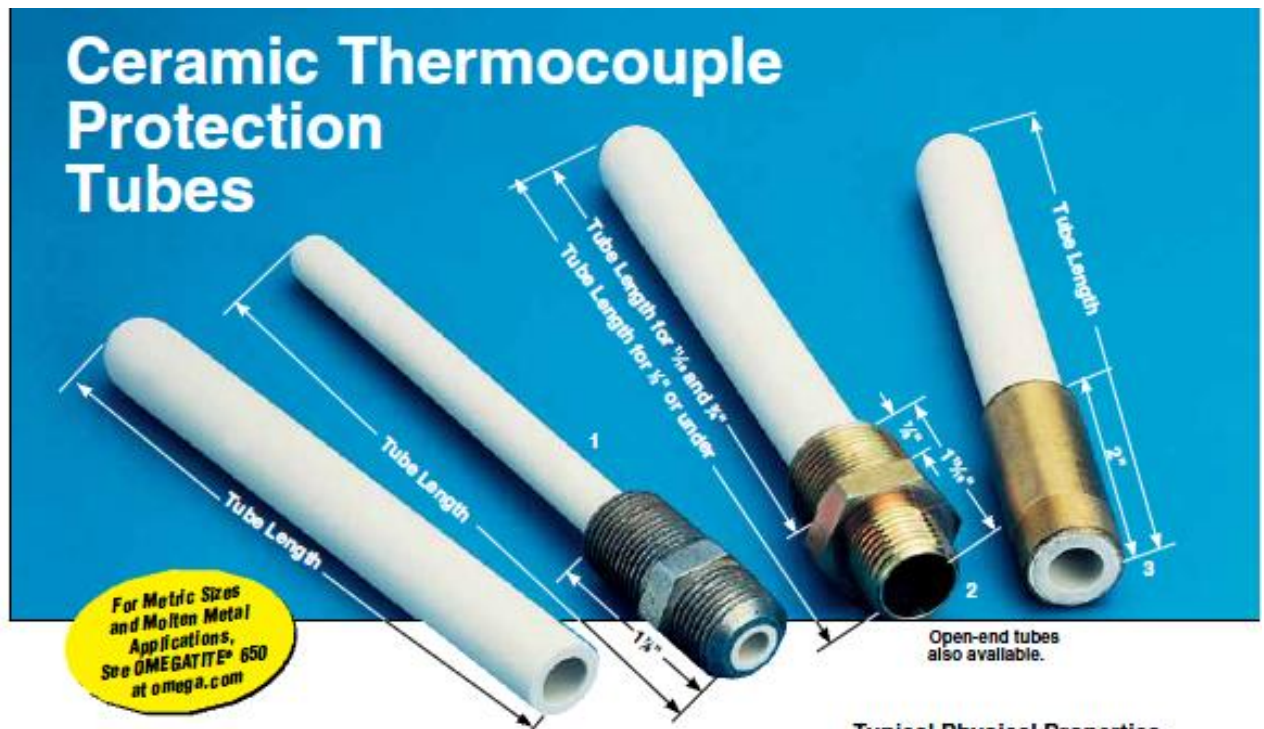
Asia Pacific: Rockwell Automation, Level 14, Core F, Cyberport 3, 100 Cyberport Road, Hong Kong, Tel: (852) 2887 4788, Fax: (852) 2508 1846

Publication 2080-PP004A-EN-P – December 2013

Copyright ©2013 Rockwell Automation, Inc. All Rights Reserved. Printed in USA.

Datos técnicos de controlador para válvula proporcional. (Proveedor local La LLave)

ACCESORIO PARA INSTALACIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO



Typical Physical Properties

Properties	OMEGATITE® 450	OMEGATITE® 300
Composition	99.8% Al ₂ O ₃	85% mullite 15% glass
Water Absorption	0.00	0.00
Specific Gravity KP/CM ³	3.85	2.8
Gas Permeability	Gas tight	Gas tight
Compressive Strength (psi)	>300,000	>190,000
Tensile Strength (psi)	30,000	18,000
Transverse Strength (psi)	55,000	27,000
Coefficient of Linear Thermal Expansion 24 to 250°C (75 to 480°F) 24 to 500°C (75 to 930°F) 24 to 1000°C (75 to 1830°F) 24 to 1500°C (75 to 2730°F)	6.2 x 10 ⁻⁶ 7.4 x 10 ⁻⁶ 8.5 x 10 ⁻⁶ 9.8 x 10 ⁻⁶	3.3 x 10 ⁻⁶ 4.0 x 10 ⁻⁶ 5.0 x 10 ⁻⁶ -
Approximate Thermal Conductivity (BTU)(in)/(hr)(ft ²)(°F) 24°C (75°F) 800°C (1470°F)	230 60	40 25
Maximum Service Temperature	1950°C (3540°F)	1750°C (3180°F)
Dielectric Constant (1MC)	9.29	5.80
Dielectric Strength (volts/mil)	>230	250
Volume Resistivity (ohm cm)	10 ¹²	10 ¹²
Te Value (Volume Resistivity of 1 mega Ω cm)	800°C (1470°F)	800°C (1470°F)
Hardness (Mohs Scale)	9	7.5
Fabrication Methods	Cast	Cast

Typical Chemical Analyses

	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	Na ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	ZrO ₂	K ₂ O
OMEGATITE® 450	99.8	0.070	0.050	0.005	0.030	0.025	<.003	0.004	0.001	-	<0.001
OMEGATITE® 300	60.0	38.0	0.2	0.2	0.1	0.5	-	0.5	-	-	0.700

Note: All properties are average for test specimens. Tests were performed according to ASTM specifications.

Tubo de protección para instalación de termopares in el interior del tanque.

(www.omega.com,2015)

Ceramic Thermocouple Protection Tubes

To Order Visit omega.com/ptr_a_ptm for Pricing and Details				
Dimensions: inches			PTRA OMEGATITE® 450	PTRM OMEGATITE® 300
Inside Diameter	Outside Diameter	Tube Length*	Model Number	Model Number
1/16	1/8	12	PTRA-11618-12	PTRM-11618-12
		18	PTRA-11618-18	PTRM-11618-18
		24	PTRA-11618-24	PTRM-11618-24
1/8	3/16	12	PTRA-564532-12	PTRM-564532-12
		18	PTRA-564532-18	PTRM-564532-18
		24	PTRA-564532-24	PTRM-564532-24
1/8	1/4	12	PTRA-53214-12	PTRM-53214-12
		18	PTRA-53214-18	PTRM-53214-18
		24	PTRA-53214-24	PTRM-53214-24
1/8	1/4	12	PTRA-31614-12	PTRM-31614-12
		18	PTRA-31614-18	PTRM-31614-18
		24	PTRA-31614-24	PTRM-31614-24
1/8	3/8	12	PTRA-316516-12	PTRM-316516-12
		18	PTRA-316516-18	PTRM-316516-18
		24	PTRA-316516-24	PTRM-316516-24
1/4	3/8	12	PTRA-1438-12	PTRM-1438-12
		18	PTRA-1438-18	PTRM-1438-18
		24	PTRA-1438-24	PTRM-1438-24
1/8	3/8	12	PTRA-516716-12	PTRM-516716-12
		18	PTRA-516716-18	PTRM-516716-18
		24	PTRA-516716-24	PTRM-516716-24
1/8	1/2	12	PTRA-51612-12	PTRM-51612-12
		18	PTRA-51612-18	PTRM-51612-18
		24	PTRA-51612-24	PTRM-51612-24
3/8	1/2	12	PTRA-3812-12	PTRM-3812-12
		18	PTRA-3812-18	PTRM-3812-18
		24	PTRA-3812-24	PTRM-3812-24
1/8	1/2	12	PTRA-7161116-12	PTRM-7161116-12
		18	PTRA-7161116-18	PTRM-7161116-18
		24	PTRA-7161116-24	PTRM-7161116-24
1/2	3/4	12	PTRA-1234-12	PTRM-1234-12
		18	PTRA-1234-18	PTRM-1234-18
		24	PTRA-1234-24	PTRM-1234-24
3/8	3/4	12	PTRA-5878-12	PTRM-5878-12
		18	PTRA-5878-18	PTRM-5878-18
		24	PTRA-5878-24	PTRM-5878-24
3/8	1	12	PTRA-341-12	PTRM-341-12
		18	PTRA-341-18	PTRM-341-18
		24	PTRA-341-24	PTRM-341-24
1/4	1 1/4	12	PTRA-78118-12	PTRM-78118-12
		18	PTRA-78118-18	PTRM-78118-18
		24	PTRA-78118-24	PTRM-78118-24
1	1 1/4	12	PTRA-1114-12	PTRM-1114-12
		18	PTRA-1114-18	PTRM-1114-18
		24	PTRA-1114-24	PTRM-1114-24
5 mm	7 mm	300 mm	PTRA-5MM7MM-12	PTRM-5MM7MM-12
		450 mm	PTRA-5MM7MM-18	PTRM-5MM7MM-18
		600 mm	PTRA-5MM7MM-24	PTRM-5MM7MM-24

* Length: The tube lengths shown are standard lengths for a tube without any fittings. Special lengths are also available. Consult Sales. Tolerance: ±5%. See omega.com for diagrams with fittings.

Important Ordering Notes

Fittings: When ordering tube with fitting specify the fitting number (1, 2, 3) after the model number.

1. 1/2 x 1/2" NPT: Fits tubes from 6.0 to 12.5 mm (1/4 to 1/2") OD
2. 1/2 x 3/4" NPT: Fits tubes from 8.0 to 19.0 mm (3/4 to 3/4") OD
3. 3/8" x 27NS Brass Ferrule 50 mm (2") long: Fits tubes from 17.5 mm (1 1/8") OD tubes to 1/2" OD

Tube with any of the above fittings for an additional cost.

Discount Schedule	
1 to 10 units Nil
11 to 24 units 10%
25 to 100 units 20%
101 to 500 units 30%

Quantity discount applies to like tubes. Other sizes, materials, and configurations by quotation.



Ordering Examples:
 PTRM-11618-12, standard tube with no fitting.
 PTRM-11618-12-1, standard tube, 1/2 x 1/2" NPT fitting.

Tubo de protección para instalación de termopares in el interior del tanque.
 (www.omega.com,2015)

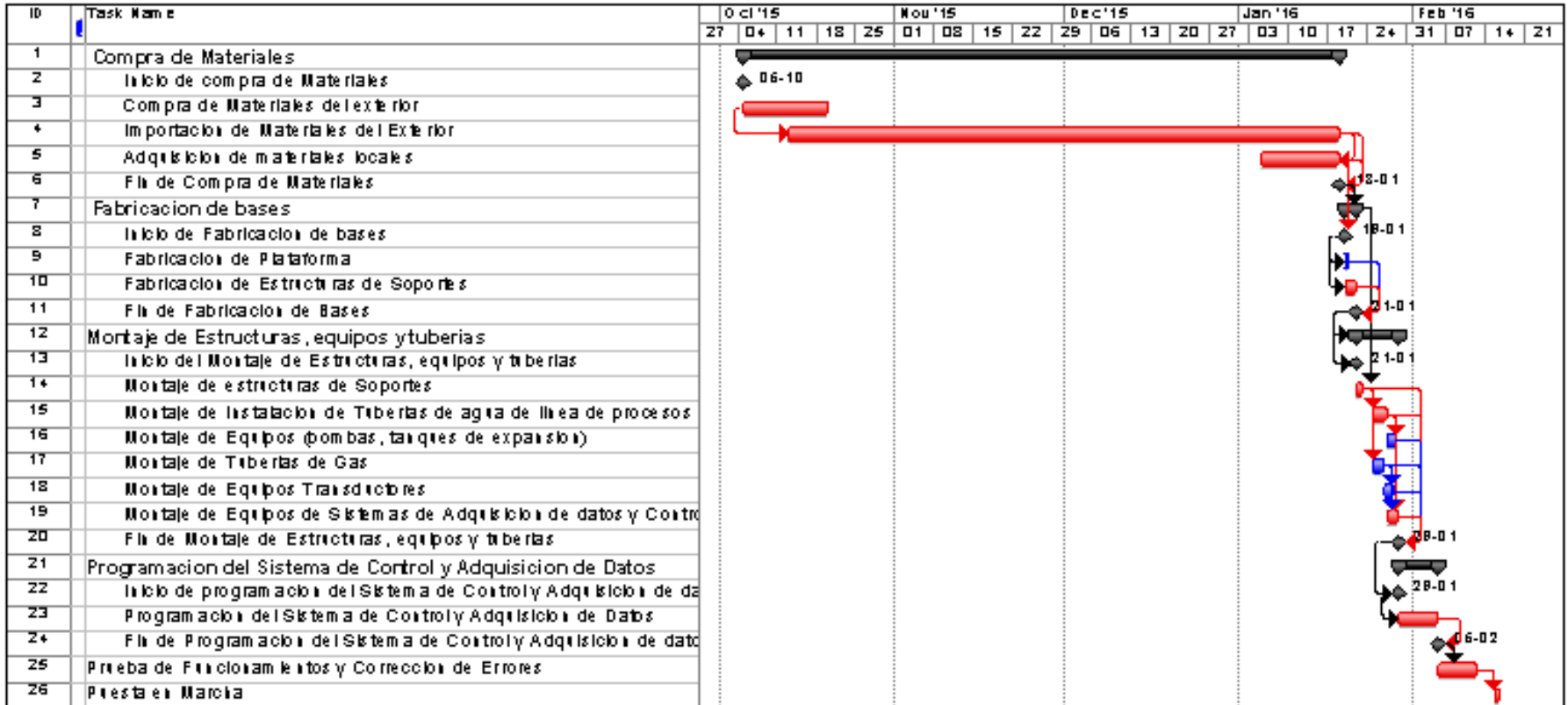
MATERIALES REQUERIDOS PARA LA PREPARACIÓN DEL CALENTADOR ANTES DE LA PRUEBA

Para este proceso serán necesarios los siguientes instrumentos considerados del proveedor de Omega:

- Tubo de protección para los termopares: Este tubo será necesario para la instalación de las seis termopilas donde se van a requerir por lo menos 2 unidades uno con neplo de 1/2" y otro con neplo de 3/4", según corresponda el diámetro del calentador. Para otros diámetros será necesario adquirir un acople. En la siguiente tabla se muestra las características del tubo seleccionado:

Modelo	OMEGATITE® 450 PTRA-1234-18	OMEGATITE® 450 PTRA-341-18
Diámetro Interior	1/2"	3/4"
Diámetro Exterior	3/4"	1"
Longitud	18"	18"
Conductividad termica en (BTU)(in)/(hr)(ft ²)(°F)	230	230
Temperatura máxima de servicio	1950°C	1950°C
Absorción de agua	0.00	0.00
Presión de Trabajo Máxima	>300 psi	>300 psi
Proveedor	OMEGA	OMEGA
Costo unitario	\$ 20	\$ 25

Tubos seleccionados para el proceso de medición de temperaturas en el interior del tanque. (www.omega.com,2015)



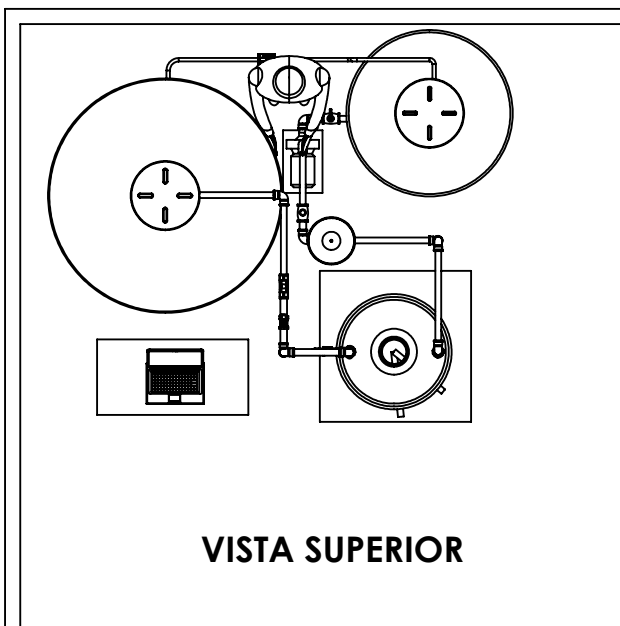
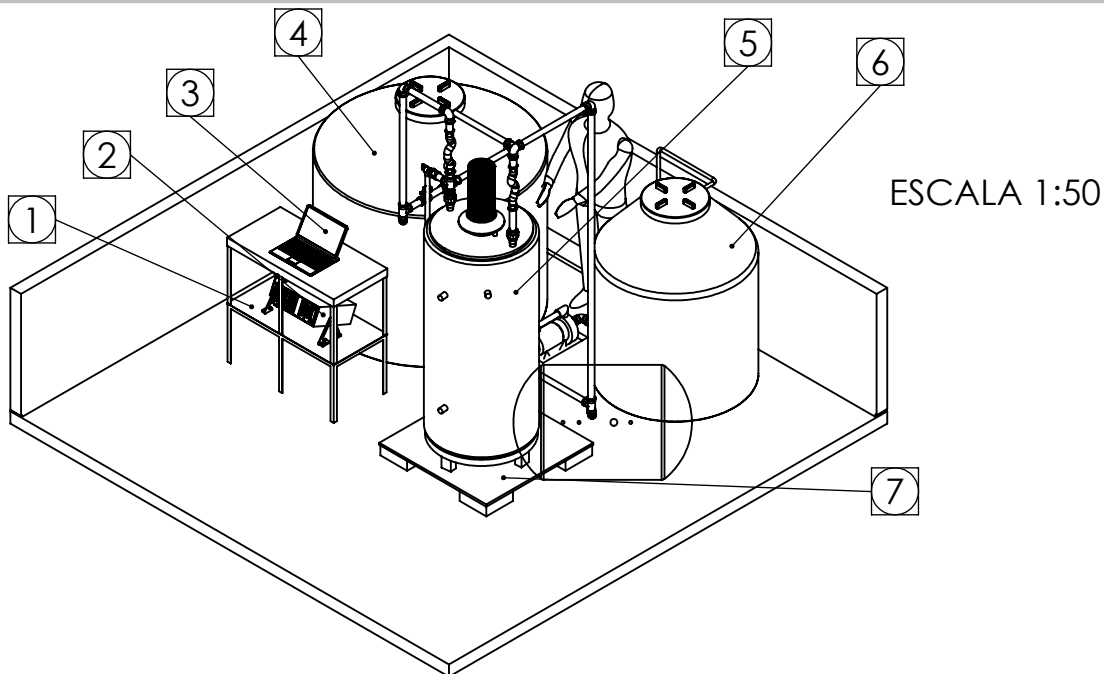
Project: PROYECTO BANCO DE PRU Date: Mon 10-08-15	Task		Rolled Up Task		External Tasks	
	Critical Task		Rolled Up Critical Task		Project Summary	
	Progress		Rolled Up Milestone		Group By Summary	
	Milestone		Rolled Up Progress		Deadline	
	Summary		Split			

PLANOS ESQUEMÁTICOS

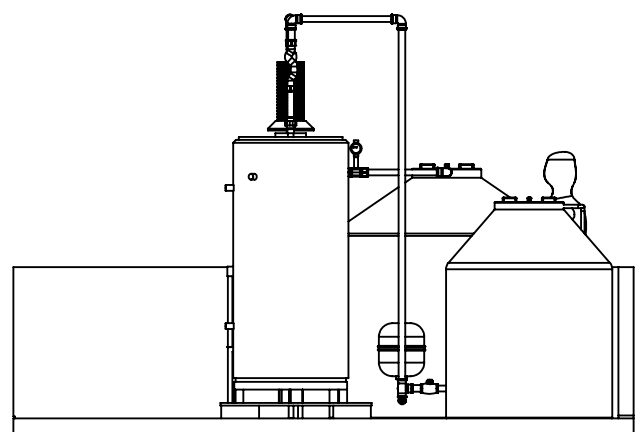
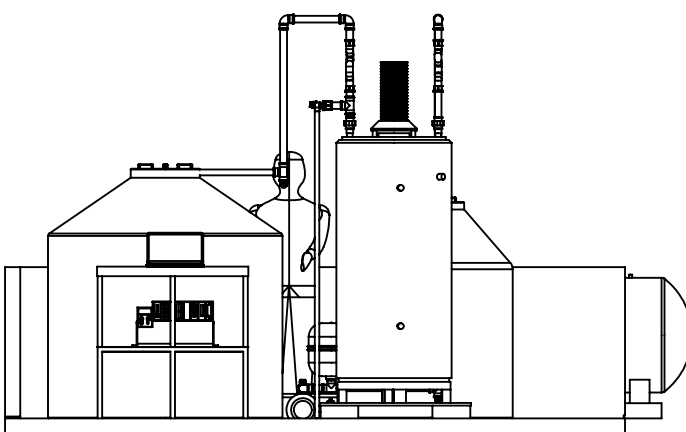


ESCALA 1:30

Diseñado por: Antony Mosquera	Revisado por: Guillermo Soriano	Rev: 0.0	Aprobado por: Guillermo Soriano	Fecha: 14/08/2015	
<p>ESPOL</p>		<p>Contenido: VISTA GENERAL EN PLANTA</p>			
		<p>Proyecto: BANCO DE PRUEBAS PARA CALENTADORES COMERCIALES</p>	<p>ESCALA: 1:30</p>	<p>Hoja: 1/7</p>	



N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DEL ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Mesa de trabajo	-	1
2	D.A.Q	Ver apéndice C	1
3	Computadora	-	1
4	Tanque 2500 Listros	Ref. Rotoplas	1
5	Calentador de gas	De 30 a 108 kW	1
6	Tanque de 1100 Listros	Ref. Rotoplas	1
7	Plataforma de Plywood	Plywood Marino 18 mm	1



VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

Diseñado por:
Antony Mosquera

Revisado por:
Guillermo Soriano

Rev:
0.0

Aprobado por:
Guillermo Soriano

Fecha:
14/08/2015

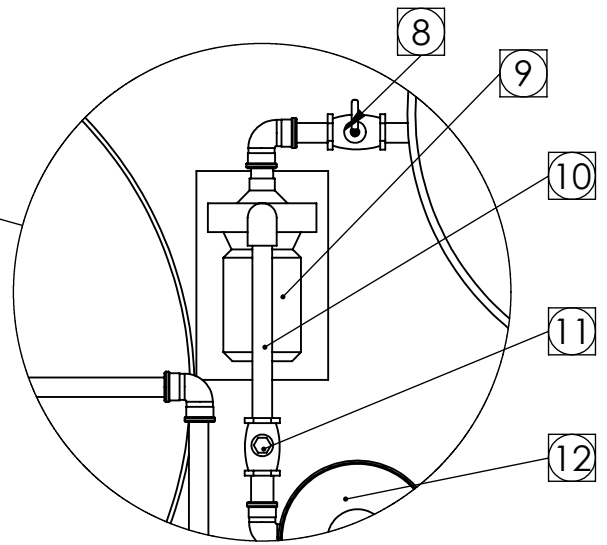
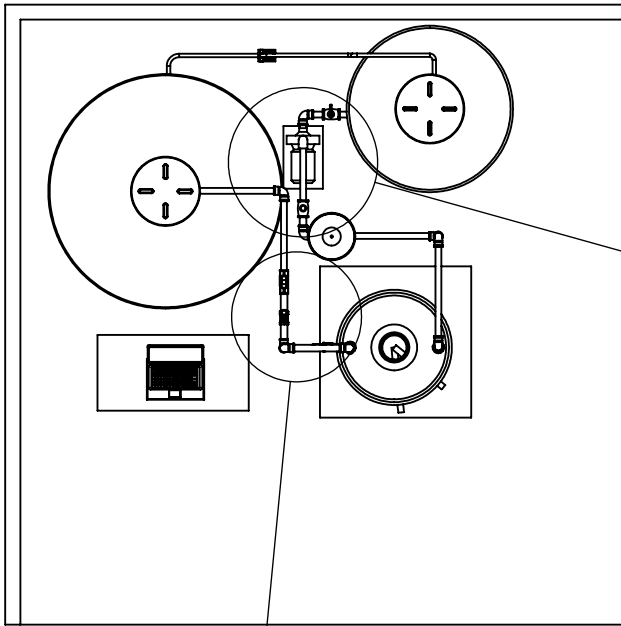
ESPOL

Contenido:
DISPOSICIÓN DE EQUIPOS Y VISTAS GENERALES DEL BANCO DE PRUEBAS

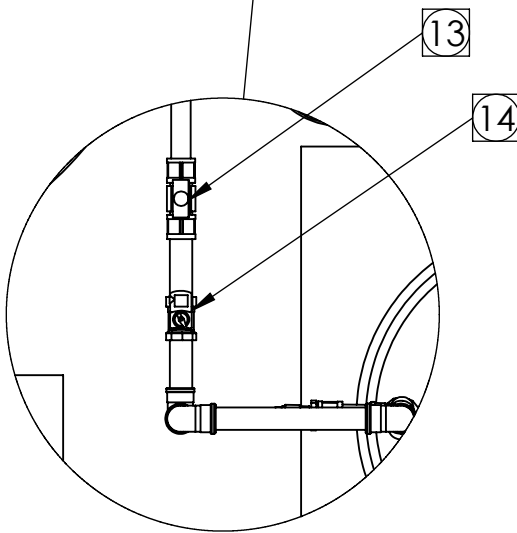
Proyecto:
BANCO DE PRUEBAS PARA CALENTADORES COMERCIALES

ESCALA:
1:50

Hoja:
2/7



DETALLE A
ESCALA 1 : 15



DETALLE B
ESCALA 1 : 15

N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DEL ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANT.
8	VALVULA DE BOLA 1 1/2"	BRONCE 150 PSI	1
9	BOMBA HFM50	VER ANEXO 1	1
10	TUBERIA DE 1 1/2"	POLIPROPILENOT RETICULADO	-
11	VALVULA CHECK 1 1/2"	BRONCE 150 PSI	1
12	TANQUE DE EXPANSIÓN	12 LITROS	1
13	TRANSDUCTOR DE FLUJO	Ver apéndice C	1
14	VALVULA PROPORCIONAL	Ver apéndice C	1

Diseñado por:
Antony Mosquera

Revisado por:
Guillermo Soriano

Rev:
0.0

Aprobado por:
Guillermo Soriano

Fecha:
14/08/2015

ESPOL

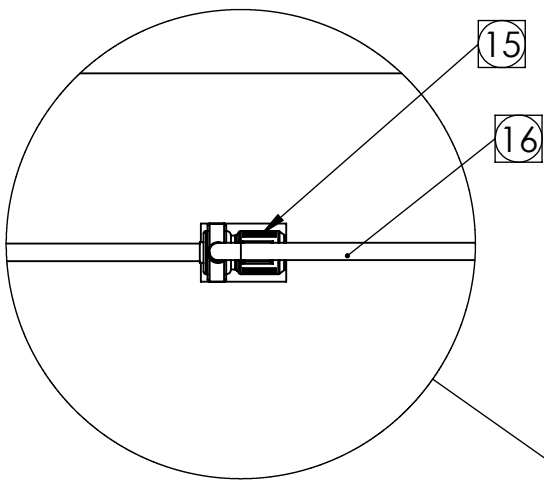
Contenido:
DISPOSICIÓN DE EQUIPOS DEL BANCO DE PRUEBAS

Proyecto:
BANCO DE PRUEBAS PARA
CALENTADORES COMERCIALES

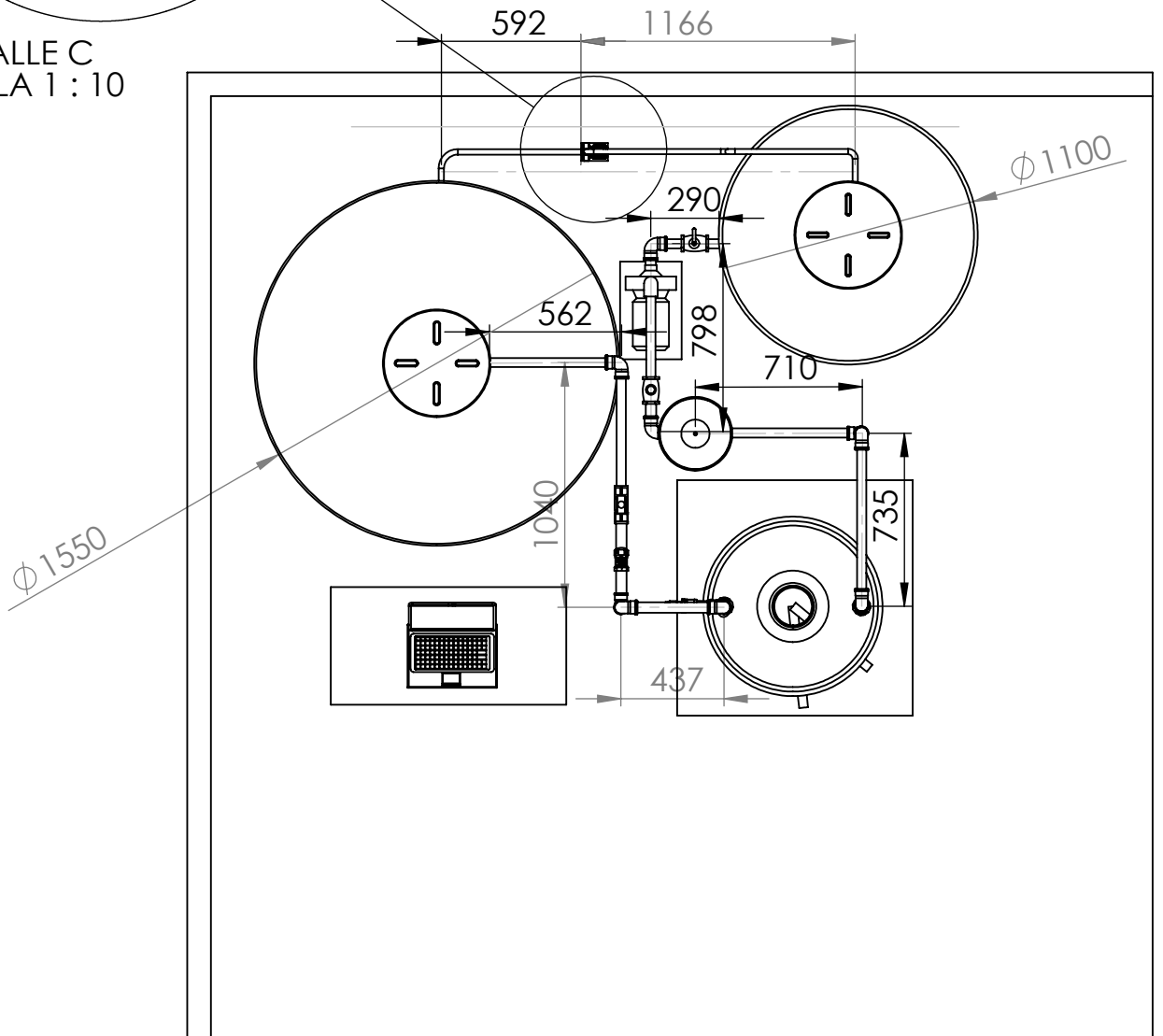
ESCALA:
1:30

Hoja:
3/7

N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DEL ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANT.
15	BOMBA 0.5HP	CONEXION 3/4"	1
16	TUBERIA 3/4"	POLIPROPILENO	PLANOS



DETALLE C
ESCALA 1 : 10



Diseñado por:
Antony
Mosquera

Revisado por:
Guillermo
Soriano

Rev:
0.0

Aprobado por:
Guillermo
Soriano

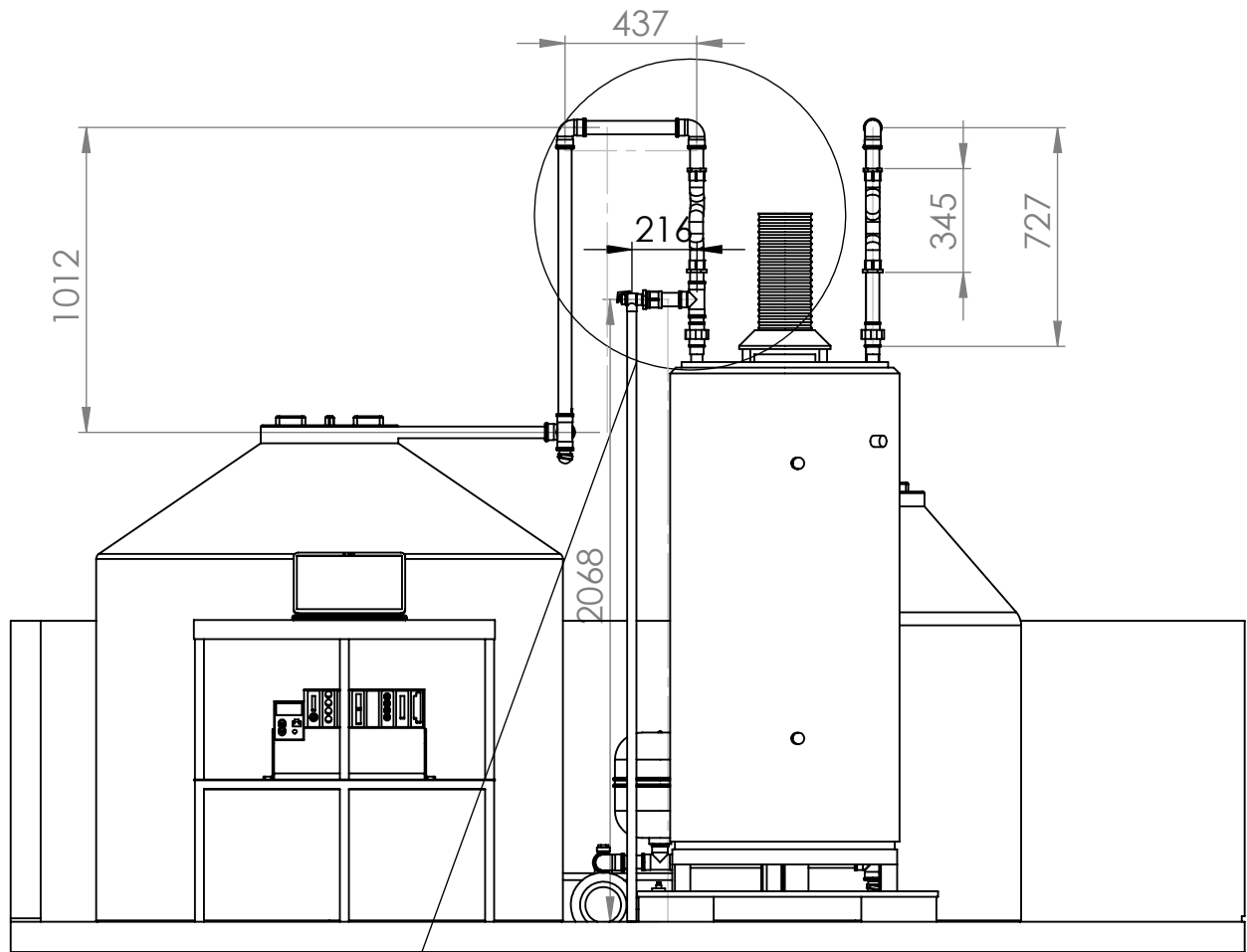
Fecha:
14/08/2015

ESPOL

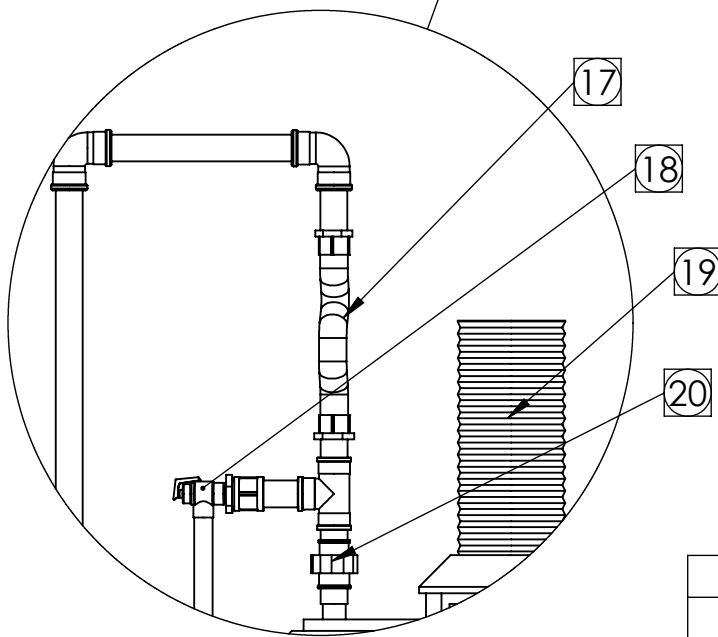
Contenido:
DISPOSICIÓN GENERAL DE TUBERÍAS - VISTA SUPERIOR

Proyecto:
BANCO DE PRUEBAS PARA
CALENTADORES COMERCIALES

Hoja:
4/7



VISTA FRONTAL



DETALLE D
ESCALA 2 : 25

N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DEL ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANT.
17	MANGUERA FLEXIBLE DE CAUCHO	1 1/2" ACOMPLE RAPIDO - 150 PSI	2
18	VALVULA DE ALIVIO 1"	-	1
19	DUCTO FLEXIBLE 7"	GALV-2.45 MTS	6
20	NUDO 1 1/2"	POLIPROPILENO	2

Diseñado por:
Antony Mosquera

Revisado por:
Guillermo Soriano

Rev:
0.0

Aprobado por:
Guillermo Soriano

Fecha:
14/08/2015

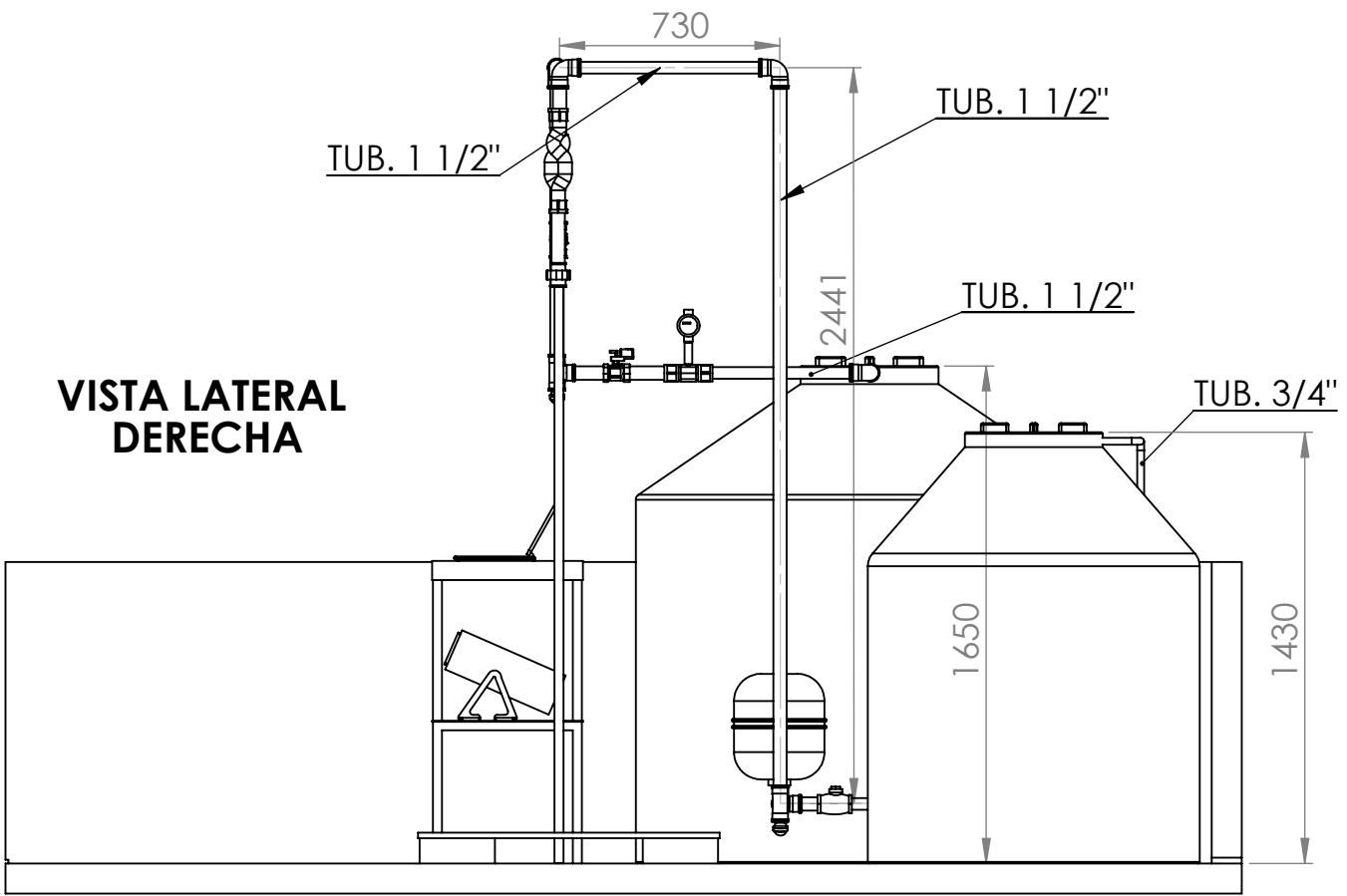
ESPOL

Contenido:
DISPOSICIÓN GENERAL DE TUBERÍAS - VISTA FRONTAL

Proyecto:
BANCO DE PRUEBAS PARA
CALENTADORES COMERCIALES

Hoja:
5/7

VISTA LATERAL DERECHA



Diseñado por:
Antony Mosquera

Revisado por:
Guillermo Soriano

Rev:
0.0

Aprobado por:
Guillermo Soriano

Fecha:
14/08/2015

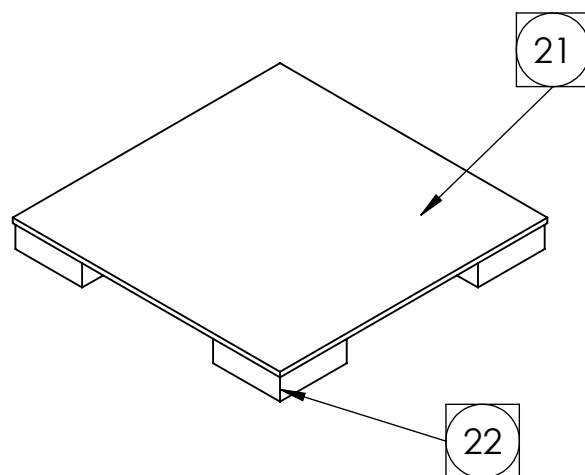
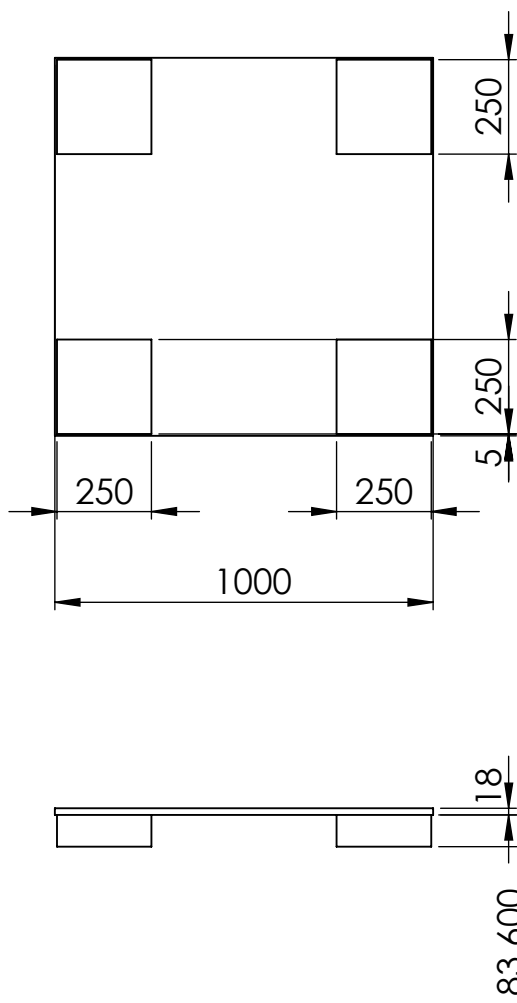
ESPOL

Contenido:
DISPOSICIÓN GENERAL DE TUBERÍAS - VISTA LATERAL DERECHA

Proyecto:
BANCO DE PRUEBAS PARA CALENTADORES COMERCIALES

Hoja:
6/7

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
21	BLOQUE DE MADERA	250X250X83.6 MM	1
22	PLYWOOD MARINO 18 MM	1X1 MTS	1



Diseñado por:
Antony Mosquera

Revisado por:
Guillermo Soriano

Rev:
0.0

Aprobado por:
Guillermo Soriano

Fecha:
14/08/2015

ESPOL

Contenido:

BASE DE SOPORTE DEL CALENTADOR

Proyecto:
BANCO DE PRUEBAS PARA
CALENTADORES COMERCIALES

ESCALA:
1:20

Hoja:
7/7

Esquema de Equipos de Instrumentación

