

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“DISEÑO DE UNA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO
POSITIVO OPERADA CON VAPOR PARA LA
RECUPERACIÓN DE LAS PURGAS DE
CONDENSADO DE LOS SECADORES EN LA
PRODUCCIÓN DE HARINA DE PESCADO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO
UGARTE LA TORRE, ANA BETSABE
BARGARAN VASQUEZ, LUIS ALFONSO**

Callao, Enero, 2018
PERÚ

ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL
MODALIDAD: TESIS SIN CICLO DE TESIS

A los DIECISIETE días del mes de ENERO del dos mil dieciocho, siendo las 16:00hrs. se procedió a la instalación del Jurado de Sustentación de Tesis en la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, conformado por los siguientes docentes:

- PRESIDENTE : Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
- SECRETARIO : Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ
- VOCAL : Msc. GUSTAVO ORDOÑEZ CÁRDENAS HUAMÁN
- ASESOR : Ing. EMILIANO LOAYZA HUAMÁN

Con el fin de dar inicio a la SUSTENTACION DE LA TESIS, presentada por los señores Bachs. UGARTE LA TORRE, Ana Betsabé y BARGARAN VÁSQUEZ, Luis quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de INGENIERO MECÁNICO, sustentaran la Tesis titulada: "DISEÑO DE UNA BOMBA DESPLAZAMIENTO POSITIVO OPERADA CON VAPOR PARA LA RECUPERACIÓN DE LAS PURGAS DE CONDENSADO DE LOS SECADORES EN LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE PESCADO"

Con el quórum reglamentario de Ley se dio inicio a la Sustentación de Tesis de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, luego de las preguntas formuladas y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó dar por APROBADO con el calificativo de BUEVO (15), a la señorita Bach. Ing. Mecánica UGARTE LA TORRE, Ana Betsabé y APROBADO con el calificativo de BUEVO (15), al señor Bach. Ing. Mecánica BARGARAN VÁSQUEZ, Luis Alfonso.

Con lo que se dió por cerrada la sesión a las 17:30 del día 17 de Enero del 2018.


Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA
PRESIDENTE


Mg. GUSTAVO ORDOÑEZ CARDENAS
VOCAL


Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ
SECRETARIO


Ing. EMILIANO LOAYZA HUAMÁN
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar, por guiarnos en esta etapa de realización profesional. A nuestros padres por acompañarnos en cada paso durante nuestro trayecto estudiantil y de vida.

ÍNDICE

ÍNDICE	2
INDICE DE FIGURAS.....	7
INDICE DE IMAGENES	9
INDICE DE TABLAS	10
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.1 Identificación del problema.....	15
1.2 Formulación del problema	16
1.2.1 Problema general	16
1.2.2 Problemas específicos.....	16
1.3 Objetivos de la investigación	17
1.3.1 Objetivo general.....	17
1.3.2 Objetivos específicos	17
1.4 Justificación	18
1.4.1 Justificación Teórica.....	18
1.4.2 Justificación Metodológica	18
1.4.3 Justificación Tecnológica	18
1.5 Importancia	19
II. MARCO TEORICO	20
2.1 Antecedentes de Estudio.....	20
2.1.1 Antecedentes de tesis investigación	20
2.2 Marco teórico.....	23

2.2.1	Sistema de generación de vapor	23
2.2.2	Sistema de retorno de condensado.....	24
A.	Uso de bomba para vencer la contrapresión.....	24
B.	Bomba mecánica impulsada por vapor o aire	25
2.2.3	Equipos de sala generación vapor	27
A.	Caldera Pirotubular	27
B.	Tanque de condensado	33
C.	Tanque de agua de almacenamiento	36
D.	Sistema de ablandamiento.....	37
E.	Sistema de bombeo de agua	38
2.2.4	Equipos en la industria de harina de pescado.....	39
A.	Sistema de secado	39
A.2.	Planta de secado	42
A.2.1.	Secador Rotadisco	43
A.2.	Secador Rotatubo	45
A.3.	Secador Aire caliente	47
2.2.5	Ahorro por recuperación de condensado	48
2.2.6	Recipientes a presión	50
2.2.7	Automatización Industrial	52
A.	Siemens Logo soft Confort V8.....	53
B.	Sensores y actuadores	58
B.1.	Sensores.....	58
B.1.1.	Sensor de presión	59
B.1.2.	Sensor de nivel	61
B.1.3.	Manómetros.....	63

B.1.4. Medidores de temperatura	64
B.2. Actuadores	64
2.2.8 Proyectos de Inversión	66
A. Análisis de TIR y VAN	67
B. Retorno de Inversión	68
2.3 Normatividad.....	69
2.3.1 Asme Sección VIII División I.....	69
2.3.2 API 510 Código de inspección de recipientes a presión.....	75
2.3.3 ASME II Parte D Propiedades de materiales	76
2.3.4 ASTM A36 Plancha de acero estructural	80
2.3.5 ASTM A53 Material de acero para tubería	82
2.3.6 Normas AWS D1.1 Código de soldadura estructural	84
2.3.7 ASME B31.3 Diseño de Tuberías de proceso	91
2.3.8 API 520 Selección de válvulas de seguridad para recipientes	95
2.3.9 API 2000 Venteo de tanques.....	98
2.3.10 ASTM C547 Aislamiento térmico Lana mineral.....	99
2.4 Definición de términos básicos.....	103
III. VARIABLES E HIPOTESIS	104
3.1 Variables de investigación.....	104
3.2 Operacionalización de las variables	104
3.2.1 Definición conceptual	105
3.3 Hipótesis.....	105
3.3.1 Hipótesis general	105
3.3.2 Hipótesis específica	105
IV. METODOLOGÍA	106

4.1	Tipo de investigación.....	106
4.2	Diseño de la investigación.....	106
4.2.1	Parámetros básicos de investigación.....	107
4.2.2	Diseño de la bomba desplazamiento positivo	110
4.2.3	Diseño de tubería para transporte de las purgas de los secadores.	142
4.2.4	Diseño de las uniones soldadas	145
4.2.5	Calculo de los pernos para las uniones bridadas:	159
4.2.6	Planos de ensamble, soldadura y detalle de la bomba.....	165
	VER ANEXO 2	165
4.2.7	Planos de ensamble, soldadura y detalle del tanque	165
	VER ANEXO 3	165
4.2.8	Plano de ensamble y montaje de tanque - bomba	165
	VER ANEXO 4	165
4.2.9	Plano de recuperación y distribución de purgas	165
	VER ANEXO 5	165
4.2.10	Plano eléctrico e instrumentación de la bomba.....	165
	VER ANEXO 6	165
4.2.11	Programa de cálculo de la bomba	165
	VER EXCEL EN DISCO CD	165
4.2.12	Selección de componentes electrónicos	166
4.2.13	Elaboración de propuesta económica	167
-	Costo de materiales	167
-	Costo de utilización de máquinas y equipos	170
-	Costo de mano de obra	172
-	Costo de total de producción del equipo	173

4.2.14	Estudio económico (TIR, VAN, Playback).....	174
4.3	Población y muestra.....	178
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	178
4.5	Procedimiento de recolección de datos.....	178
4.6	Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	182
V.	RESULTADOS.....	183
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	187
6.1	Contrastación de hipótesis con los resultados.....	187
6.2	Contrastación de resultados con otros estudios similares.....	188
VII.	CONCLUSIONES.....	189
VIII.	RECOMENDACIONES.....	190
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	191
ANEXOS.....		193
	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	194
	PLANOS MECANICOS Y ELECTRICOS.....	195

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 1: SISTEMA DE GENERACION DE VAPOR	23
FIGURA 2. 2: RECUPERACION DE CONDENSADO USANDO BOMBA MECANICA	26
FIGURA 2. 3: CATALOGO BOMBA PIVOTROL BOMBA AUTOMÁTICA	27
FIGURA 2. 4: TANQUE DE CONDENSADO.....	34
FIGURA 2. 5: DIAGRAMA DE PROCESO PRODUCTIVO DE PLANTA HARINA DE PESCADO	42
FIGURA 2. 6: VAPOR REQUERIDO POR EQUIPOS TERMICOS	49
FIGURA 2. 7: EQUIPO LOGO PLC V8	53
FIGURA 2. 8: ESTRUCTURA DE LOGO PLC V8.....	55
FIGURA 2. 9: SEÑAL ELECTRICA ACONDICIONADA	58
FIGURA 2. 10: TRANSMISOR DE PRESIÓN MLH150 HONEYWELL.....	60
FIGURA 2. 11: CONTROL DE NIVEL CON VARILLAS	61
FIGURA 2. 12: CABLEADO CONTROL DE NIVEL CON VARILLAS	62
FIGURA 2. 13: CONTROL DE NIVEL MOD.3E2A	62
FIGURA 2. 14: MANÓMETRO BOURDON	63
FIGURA 2. 15: TERMÓMETRO BIMETÁLICO.....	64
FIGURA 2. 16: VÁLVULA DE CONTROL MARIPOSA CON ACTUADOR NEUMÁTICO	65
FIGURA 2. 17: ACTUADOR NEUMÁTICO MARCA BRAY	66
FIGURA 2. 18: RECIPIENTE A PRESIÓN CILÍNDRICO	69
FIGURA 2. 19: CATEGORÍAS Y LOCALIZACIÓN DE JUNTAS SOLDADAS	70
FIGURA 2. 20: LONGITUD PARA RECIPIENTES A PRESION.....	71
FIGURA 2. 21: FIGURA G PARA DETERMINAR FACTOR A	72
FIGURA 2. 22: CS-2 PARA DETERMINAR FACTOR B.....	73
FIGURA 2. 23: PLANCHA ASTM A36	80
FIGURA 2. 24: TUBERIA ASTM A-53.....	82
FIGURA 2. 25: LEYENDA PARA SIMBOLOGIA DE SOLDADURA	87
FIGURA 2. 26: JUNTA A TOPE	87
FIGURA 2. 27: REQUERIMIENTOS DE METAL APORTE	88
FIGURA 2. 28: TAMAÑO MÍNIMO DE LA SOLDADURA	88
FIGURA 2. 29: PRESIÓN EN VALVULAS DE SEGURIDAD	96

FIGURA 2. 30: LANA MINERAL PARA TUBERIAS	101
FIGURA 2. 31: LANA MINERAL TANQUES.....	102
FIGURA 4. 1 ESQUEMA DE CONSUMO DE VAPOR DE LOS SECADORES ACTUALES	110
FIGURA 4. 2 DIAMETRO DEL RECIPIENTE	112
FIGURA 4. 3 TAPA ELIPTICA	113
FIGURA 4. 4 SELECCIÓN DE AISLAMIENTO TERMICO PARA TANQUE	125
FIGURA 4. 5 SELECCIÓN DE AISLAMIENTO TERMICO PARA BOMBA	126
FIGURA 4. 6 AISLAMIENTO TERMICO PARA BOMBA EN OPERACION.....	127
FIGURA 4. 7 BALANCE DE ENERGIA EN BOMBA	129
FIGURA 4. 8 SOPORTE DE BOMBA.....	132
FIGURA 4. 9 SOPORTE DE TANQUE RECEPTOR.....	136
FIGURA 4. 10 SELECCIÓN DE VALVULA SEGURIDAD	140
FIGURA 4. 11 CAPACIDAD VALVULA SEGURIDAD	141
FIGURA 4. 12 DIMENSIONES VALVULA SEGURIDAD	141
FIGURA 4. 13 ISOMETRICO DE TRANSPORTE LINEA DE CONDENSADO.....	143
FIGURA 5. 1 CURVA DE OPERACIÓN DE LA BOMBA	185
FIGURA 6. 1 CAPACIDAD DE BOMBA PIVOTROL SPIRAX SARCO	188

INDICE DE IMAGENES

IMAGEN 2. 1: SALA DE CALDERAS DE 900 BHP	32
IMAGEN 2. 2: CALDERA DISTRAL CON QUEMADOR SAACKE 900 BHP	32
IMAGEN 2. 3: TANQUE DE AGUA 40 M3	36
IMAGEN 2. 4: ABLANDADOR DE AGUA	37
IMAGEN 2. 5: BOMBA DE ALIMENTACION	38
IMAGEN 2. 6: SECADORES ROTADISCO	44
IMAGEN 2. 7: SECADOR ROTATUBO	46
IMAGEN 2. 8: SECADOR ROTATUBO	47

INDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1: CONSUMO DE VAPOR ACTUAL	48
TABLA 2. 2: PROPIEDADES DE LOGO PLC V8	56
TABLA 2. 3: DATOS TECNICOS DE LOGO PLC V8	57
TABLA 2. 4: ESPECIFICACIONES DE TRANSMISOR DE PRESIÓN MLH150 HONEYWELL	60
TABLA 2. 5 TASA DE INTERÉS PROMEDIO DEL SISTEMA BANCARIO	69
TABLA 2. 6: TABLA DE EFICIENCIA DE SOLDADURA UW12	70
TABLA 2. 7: TABLA 1A SECCION I, SECCION VIII DIVISION I	77
TABLA 2. 8: ESFUERZOS Y RESTRICCIONES PARA MATERIALES	78
TABLA 2. 9: ESFUERZOS ADMISIBLES EN FUNCION A LA TEMPERATURA	79
TABLA 2. 10: PLANCHA ESTRUCTURAL DE ACERO AL CARBONO	80
TABLA 2. 11: DIMENSIONES DE PLANCHA ASTM A36	81
TABLA 2. 12: PROPIEDADES MECANICAS ASTM A-53	82
TABLA 2. 13: DIMENSIONES Y PESO UNITARIO ASTM A-53	83
TABLA 2. 14: COMBINACIONES DE METAL BASE / APORTE	85
TABLA 2.15: TEMPERATURA MÍNIMA DE PRECALENTAMIENTO	86
TABLA 2. 16: ESFUERZOS PERMISIBLES EN CORDONES DE SOLDADURA DE FILETE REFERIDOS A LOS LADOS DEL FILETE.	89
TABLA 2. 17: TAMAÑO MINIMO DEL CORDON DE FILETE	90
TABLA 2. 18: UNIONES A TOPE USANDO ELECTRODO 6010 y 7018	91
TABLA 2. 19: FACTOR DE CALIDAD	93
TABLA 2. 20: ESFUERZO ADMISIBLES MATERIAL TUBERIAS	94
TABLA 2. 21: COEFICIENTE Y PARA DIFERENTES ACEROS	94
TABLA 2. 22: FACTOR DE REDUCCION DE ESFUERZO DE JUNTA W	95
TABLA 2. 23: COMPARACIÓN DE NORMAS ASME Y API	96
TABLA 2. 24: ORIFICIOS DE VALVULAS DE SEGURIDAD	97
TABLA 2. 25: DIMENSIONES VALVULAS DE SEGURIDAD	97
TABLA 2. 26: FACTOR F DE LA TABLA 4B	98
TABLA 2. 27: CAPACIDAD DE VENTEO NORMAL	99
TABLA 2. 28: AISLAMIENTO LANA MINERAL	100

TABLA 3. 1: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	104
TABLA 4. 1 TABLA 1A PROPIEDADES MATERIALES	115
TABLA 4. 2 PROPIEDADES MATERIALES Y RESTRICCIONES	116
TABLA 4. 3 ESFUERZOS ADMISIBLES DE MATERIALES	116
TABLA 4. 4 ESPESORES MÍNIMOS PARA TANQUES HORIZONTALES	121
TABLA 4. 5 TUBERÍA PARA VENDEO DE TANQUES	124
TABLA 4. 6 PESO DE LOS ACCESORIOS PARA LA BOMBA	133
TABLA 4. 7 PROPIEDADES DEL PERFIL PARA LA BOMBA.....	134
TABLA 4. 8 PESO DE LOS ACCESORIOS PARA EL TANQUE RECEPTOR	137
TABLA 4. 9 PROPIEDADES DEL PERFIL PARA EL TANQUE RECEPTOR	138
TABLA 4. 10 PESO METAL DEPOSITADO	146
TABLA 4. 11 BRIDAS SLIP-ON	160
TABLA 4. 12 DIMENSIONES DE PERNOS	160
TABLA 4. 13 AREA DE ESFUERZOS DE ROSCAS ESTANDAR AMERICANO	162
TABLA 4. 14 ESFUERZOS PERMISIBLES PARA DIFERENTES TEMPERATURAS	164
TABLA 4. 15 COSTO DE MATERIALES DE BOMBA DE DESPLAZAMIENTO	167
TABLA 4. 16 COSTO DE MATERIALES DE TANQUE	168
TABLA 4. 17 COSTO DE MATERIALES DE RED TUBERIAS	169
TABLA 4. 18 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE TRABAJO	170
TABLA 4. 19 CONSUMIBLES.....	171
TABLA 4. 20 SERVICIOS	171
TABLA 4. 21 COSTO DE MANO DE OBRA.....	172
TABLA 4. 22 COSTOS DIRECTOS	173
TABLA 4. 23 COSTOS TOTAL	173
TABLA 4. 24 CONSUMO DE COMBUSTIBLE ACTUAL EN LAS CALDERAS	174
TABLA 4. 25 CONSUMO DE COMBUSTIBLE PROYECTADO EN LAS CALDERAS	174
TABLA 4. 26 PURGA EN LA PRODUCCION DE HARINA 2015	179
TABLA 4. 27 PURGA EN LA PRODUCCION DE HARINA 2016	180
TABLA 4. 28 PURGA EN LA PRODUCCION DE HARINA 2017	181
TABLA 4. 29 CONSUMOS DE VAPOR EN LA PRODUCCION DE HARINA	181

TABLA 5. 1 DIMENSIONES DE LA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	183
TABLA 5. 2 DIMENSIONES DEL TANQUE AUXILIAR DE ALMACENAMIENTO	183
TABLA 5. 3 CAPACIDADES DE DESCARGA DE LA BOMBA	184
TABLA 5. 4 CONSUMO DE COMBUSTIBLE PROYECTADO	186
TABLA 5. 5 RENDIMIENTO DE PRODUCCION DE HARINA PROYECTADO	186

RESUMEN

El presente informe de tesis es una investigación de tipo aplicada desarrollada para el diseño de una bomba de desplazamiento positivo operada con vapor. El objetivo de esta tesis es diseñar la bomba para poder recuperar las purgas de condensado que se generan durante el proceso de secado de harina de pescado en los secadores Rotatubo y Rotadisco.

Actualmente la planta de harina de pescado de la empresa "Austral Pisco" tiene un ratio de producción de 186 m³ de combustible por tonelada de harina; mediante la recuperación de condensado de las purgas de los secadores se busca mejorar dicho ratio de producción.

Se utilizó la metodología de diseño de soluciones para la contratación de las hipótesis asumidas, asimismo instrumentos de medición tales como medidores de flujo, termómetros láser y manómetros para obtener datos de operación.

El equipo diseñado es de cuerpo mecánico y el control de su operación será mediante un logo PLC Simens V8 para garantizar las operaciones de nivel y presión durante la operación del equipo.

Mediante la propuesta económica de fabricación e instalación de la bomba y el análisis de los ahorros económicos que se generan, se realizará un estudio económico para determinar si es viable o no la recuperación de las purgas de los secadores Rotatubo y Rotadisco, con la finalidad de mejorar del ratio de producción.

ABSTRACT

The present thesis report is an applicable type research developed for the design of a displacement pump with the operator operated with steam. The objective of this thesis is to design the pump to cool the condensate traps that are generated during the drying process of fish meal in the Rotatubo and Rotadisco driers.

Currently the fishmeal plant of the company "Austral Pisco" has a production quotient of 186 m³ fuel per ton of flour; By means of the condensate recovery of the purges of the reapers it is sought to improve said production ratio.

We used the solution design methodology to test the assumed hypotheses, as well as the instruments for measuring flow meter histories, laser thermometers and manometers to obtain data from the operation.

The equipment designed is of mechanical body and the control of its operation is by means of a PLC Simens V8 badge to assure the operations of level and to press during the operation of the equipment.

By economically engineering the manufacture and installation of the pump and the analysis of the savings that are generated, they are carried out in the estuary-economical to determine if it is feasible or not the recovery of the purge of the Rotatubo and Rotadisco dryers , With the purpose of improving the production relationship.

CAPÍTULO

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación del problema

Entre las plantas de harina de pescado en el Perú, tenemos la Pesquera Austral en Pisco, es una planta procesadora de harina y aceite de pescado que se encuentra ubicado en la bahía de Paracas, dicha planta forma parte de la Asociación de Productores de Pisco S.A.C.

Actualmente Austral – Planta Pisco, durante el arranque de los secadores a vapor (Rotatubo y Rotadisco), el vapor utilizado para el secado de la harina de pescado luego de entregar la energía cambia de fase a condensado, el condensado generado es de caudal 10-20 m³/h, temperatura de (90-100 °C) y con dureza de 20 ppm. La purga de condensado es evacuada por canaletas hacia la planta de tratamiento de efluentes. La planta de harina de pescado tiene un rendimiento actual de 186 m³ de combustible por tonelada de harina. Debido al no aprovechamiento de la purga de los secadores, se tiene que reponer agua al sistema, generando costos por m³ de agua tratada y costos por calentamiento del agua.

Se plantea recuperar este condensado a través del diseño de una bomba de desplazamiento positivo para funcionar con vapor y enviar la purga de condensado de los secadores hacia el tanque principal de la planta de 40 m³, a fin de ser utilizada en la generación de vapor por los calderos actuales y así mejorar el rendimiento de producción de harina de pescado.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cómo diseñar una bomba de desplazamiento positivo operada con vapor que permita recuperar las purgas de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco en la producción de harina de pescado?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo determinar la capacidad y componentes de la bomba de desplazamiento positivo operada con vapor mediante la evaluación del caudal de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco?
- ¿De qué manera el aprovechamiento de las purgas de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco genera un ahorro económico en la producción de harina de pescado?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar una bomba de desplazamiento positivo operada con vapor para la recuperación de las purgas de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco en la producción de harina de pescado.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la capacidad y componentes de la bomba desplazamiento positivo operada con vapor mediante la evaluación del caudal de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco.
- Determinar el ahorro económico que se genera por el aprovechamiento de las purgas de los secadores de los secadores Rotatubo y Rotadisco en la producción de harina de pescado.

1.4 Justificación

Este proyecto de tesis se justifica ya que contribuye en los siguientes aspectos:

1.4.1 Justificación Teórica

Esta investigación aplica conocimientos teóricos adquiridos durante el periodo de estudio en la Universidad Nacional del Callao, se utilizó conocimientos de Mecánica de fluidos, Transferencia de calor, Resistencia de materiales, Diseño de máquinas y Automatización industrial con el fin de dar solución al problema de purga de condensado disponible en los secadores Rotatubo y Rotadisco para la industria de Harina de Pescado.

1.4.2 Justificación Metodológica

Esta investigación desarrolló una metodología para el diseño de la bomba mecánica considerando parámetros de presión, temperatura, esfuerzo de material con lo que se determinó las dimensiones del equipo para cualquier capacidad de caudal (m^3 / h).

1.4.3 Justificación Tecnológica

Esta tesis contribuye en el diseño de bombas de desplazamiento positivo operadas con vapor para grandes capacidades, actualmente solo existen bombas mecánicas para capacidades hasta 6000 kg/h. Este producto se utilizará en la industria de harina de pescado donde existe gran producción de consumo y generación de vapor.

1.5 Importancia

La presente tesis es importante para las plantas productoras de harina de pescado que buscan reducir el consumo de combustible para producir la tonelada de harina. Mediante el uso de las purgas que tiene una temperatura de (90- 100 °C), se pretende enviar a la sala de calderas para la generación de vapor.

Mediante este equipo de bombeo se busca mejorar los ratios de producción en plantas de harina de pescado disminuyendo costos de combustible, de tratamiento de agua y de agua de alimentación.

Los beneficiados de este equipo será el dueño de la planta de harina de pescado ya que la producción de este producto tendrá un menor costo y podrá obtener mejores ganancias por tonelada producida.

Este equipo contribuye a la mejora tecnológica y crecimiento de conocimiento para poner en práctica todo lo aprendido durante el periodo en la universidad debido a que es un equipo innovador con material de acero ASTM A36 e instrumentos (Válvulas de control, sensores) que son controlados por un logotipo PLC para garantizar la correcta operación.

CAPÍTULO II

II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de Estudio

2.1.1 Antecedentes de tesis investigación

En la actualidad no se tiene investigaciones y tesis desarrolladas de diseño de bombas para transporte de condensado, se citan tesis de sistema de retorno de condensado y los análisis de ahorro que se genera por usar el condensado.

➤ En la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Ecuador año 2013. El Ingeniero Roberto Daniel Bohórquez Guzmán presentó la tesis "Auditoría Energética al Circuito de Vapor y Condensado de una Planta de Elaboración de Café Liofilizado", con la que obtuvo el Título de Ingeniero Mecánico, de la cual se extrae lo siguiente:

"Esta tesis de grado es una auditoría energética al circuito de vapor y condensado de una planta industrial que se dedica a la elaboración de café liofilizado. Se realiza un análisis de la situación energética actual y evalúa las oportunidades de conservación de energía que permitan obtener un ahorro económico para la empresa que se vea reflejado en la reducción del consumo de combustible. "

➤ En la Escuela Superior Politécnica del Litoral ,Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de Producción en Ecuador año 2013. El Ingeniero Francisco Andrade Sánchez presentó la tesis "Ahorro energético en el Sistema de Recuperador de Condensados de una Planta Industrial en Guayaquil utilizando un Surge Tank", con la que obtuvo el Título de Ingeniero Mecánico, de la cual se extrae lo siguiente:

"Esta tesis de grado es un estudio de ahorro de energía por recuperación de condensado en un sistema de vapor 2300 BHP, El objetivo principal del proyecto es analizar y comparar el ahorro energético que se obtiene al implementar un Sistema Recuperador de condensados presurizado utilizando un Surge Tank en vez del Sistema Recuperador de condensado con un tanque recolector de condensados venteado a la atmósfera que posee una planta industrial. Recuperar los condensados orgánicos que se obtienen en los diferentes procesos de producción. "

➤ En la Escuela de ingeniería química, Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas en Colombia año 2010. El Ingeniero Neil Eugenio Durán Ortiz presentó la tesis “Sistema de recuperación de condensado descargado por trampas de vapor en los bloques I y II del departamento de refinación de fondos, unidad de balance (Ecopetrol S.A.)” , con la que obtuvo el Título de Ingeniero Químico, de la cual se extrae lo siguiente:

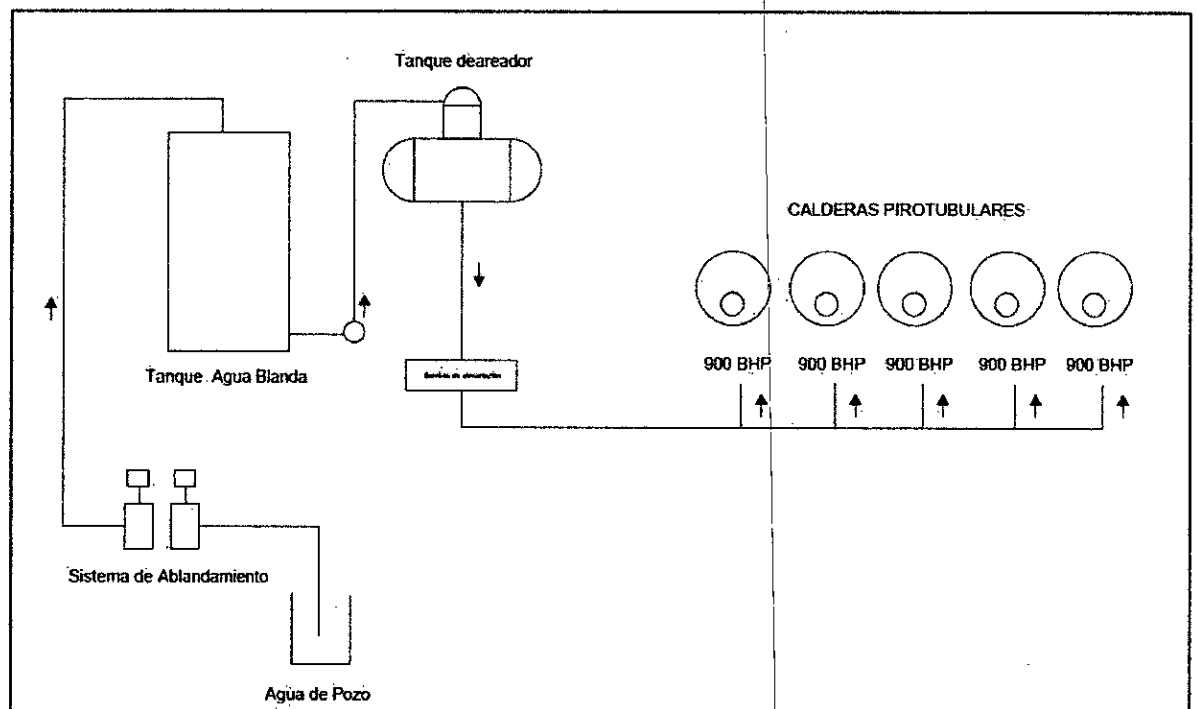
“Esta tesis planteó el diseño preliminar de un sistema de recuperación de condensado descargado por trampas de vapor instaladas en los bloques I y II del Departamento de Refinación de Fondos, con el propósito de evaluar los beneficios obtenidos por la recuperación de un subproducto valioso, buscar la disminución de impactos ambientales y riesgos operacionales que se presentan en las instalaciones del departamento, y así cumplir con los desafíos que plantea la Gerencia Refinería de Barrancabermeja de Ecopetrol S.A. en el manejo racional de la energía, amabilidad de los procesos con el ambiente y seguridad de las personas”.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Sistema de generación de vapor

El sistema se inicia con el ingreso de agua hacia el sistema de ablandamiento para obtener una dureza recomendada por el fabricante del caldero. El agua blanda es almacenada en un tanque, luego pasa al tanque deareador, en donde se mezcla con el condensado retornado del sistema. El producto de mezcla es bombeado desde el tanque deareador hacia las 05 calderas de 900 BHP, El agua líquida dentro de la caldera cambia de fase a vapor. El vapor generado es usado para el proceso de cocción y secado en la planta de harina de pescado, como se muestra en la figura 2.1.

FIGURA 2. 1: SISTEMA DE GENERACION DE VAPOR



Fuente: elaboración propia

2.2.2 Sistema de retorno de condensado

El vapor utilizado para el proceso de calentamiento indirecto, luego de entregar la energía pasa de fase de vapor a líquido. El producto que se obtiene es agua tratada y caliente (temperatura 90-100°C).

La recuperación del condensado para su reutilización siempre requiere de una presión diferencial positiva entre el origen y el destino (que típicamente es un tanque colector o el cabezal de retorno).

En algunos casos, la presión de vapor a la entrada de la trampa es suficiente para vencer la contrapresión del sistema, pero en muchas instalaciones la presión diferencial es negativa y requiere de una bomba para llevar el condensado hasta otra área.

A. Uso de bomba para vencer la contrapresión

Se requiere de un sistema de bombeo para mover el condensado cada vez que la contrapresión es mayor que la menor presión posible en la entrada de la trampa. La contrapresión del sistema se puede calcular sumando 3 componentes en el lado de la descarga:

- La elevación en la descarga de la trampa, bomba o trampa/bomba
- La caída de presión por fricción en tubería
- Toda presión estática asociada con el tanque de recuperación

La suma de estas fuerzas de contrapresión del sistema de condensado es conocida típicamente como Cabeza Dinámica Total (TDH).

A continuación, aparecen algunas condiciones típicas que pueden requerir el uso de una bomba para vencer presión diferencial negativa debido a alta TDH/contrapresión:

- Contrapresión por columna de agua cuando el tanque colector es elevado.
- Fricción en tubería causada por el flujo del condensado
- Tanque Colector o Tanque Flash Presurizados
- Condensado retornado directamente a la caldera

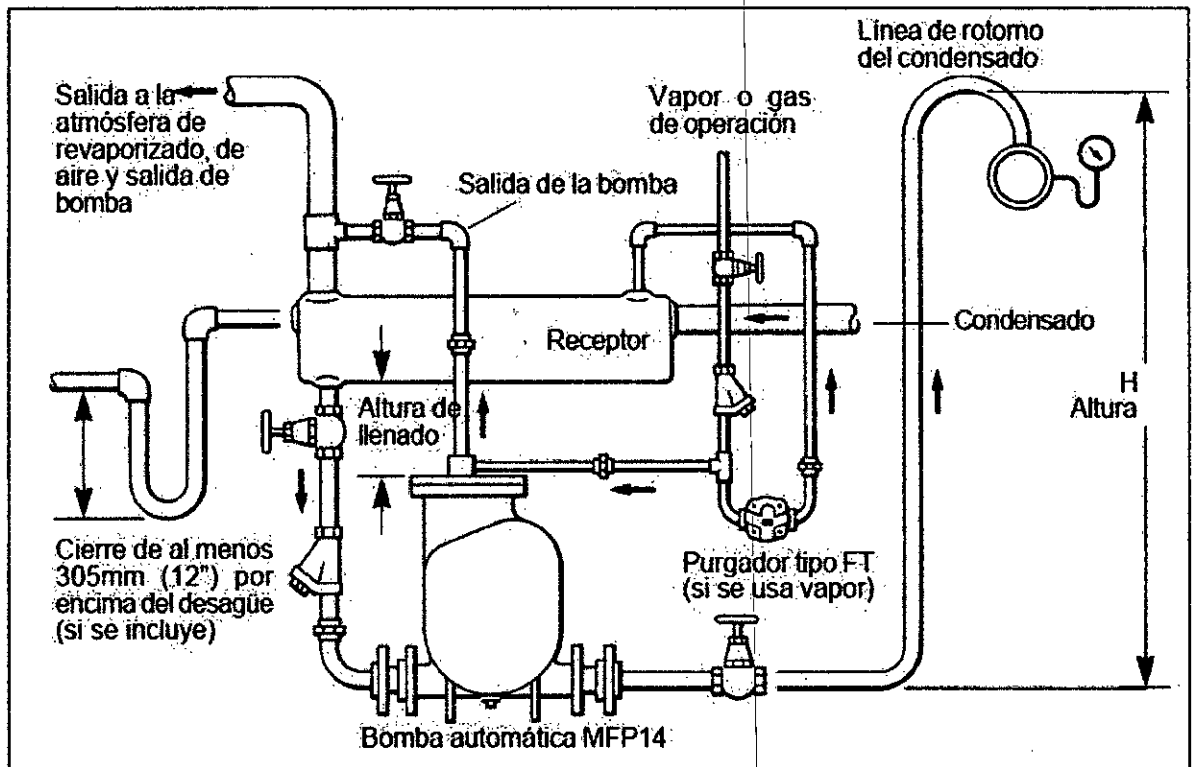
B. Bomba mecánica impulsada por vapor o aire

Las bombas de condensado mecánico, también conocido como Purgadores de Presión Secundaria (SPD) fueron inventadas para vencer las dificultades que pueden ocurrir a las bombas eléctricas. Con las bombas mecánicas aquellos problemas, como la cavitación, son eliminados o reducidos significativamente.

Las bombas de condensado mecánico usan el desplazamiento positivo como medio de bombeo y no usan la rotación de unos álabes, por lo cual no hay peligro de cavitación. Además, generalmente no son afectadas por los grandes cambios en contrapresión, por lo que no son tan críticos los requerimientos de TDH al dimensionarlas.

Adicionalmente, son perfectamente adecuadas para áreas a prueba de explosión y para lugares remotos porque no usan electricidad. Los tipos y capacidades de las bombas mecánicas han aumentado en los últimos años, haciéndolas uno de los más preferidos métodos de recuperación de condensado, como se muestra en la figura 2.2.

FIGURA 2. 2: RECUPERACION DE CONDENSADO USANDO BOMBA MECANICA



Fuente: manual MFP14 Spirax Sarco

Consultado 16/04/2017

B.1. Bomba Pivotrol Bomba automática PTC y PTF -SPIRAX SARCO

Descripción

La Bomba Pivotrol de Spirax Sarco es una bomba automática (no eléctrica) diseñada para trasvasar condensado caliente, u otros líquidos desde un punto bajo, un espacio de baja presión o vacío a un espacio con mayor presión o altura, como se muestra en la figura 2.3.

FIGURA 2. 3: CATALOGO BOMBA PIVOTROL BOMBA AUTOMÁTICA

Descripción
 La Bomba Pivotrol® de Spirax Sarco es una bomba automática (no eléctrica) diseñada para bombear condensado caliente, u otros líquidos desde un punto bajo, o un espacio de baja presión o vacío a un espacio con mayor presión o altura. Esta unidad con su tecnología PowerPivot® se acciona con vapor, aire comprimido u otro gas a presión.

Tamaños y conexiones
 2" x 2", 3" x 2"
 Rosca NPT.

Condiciones limite

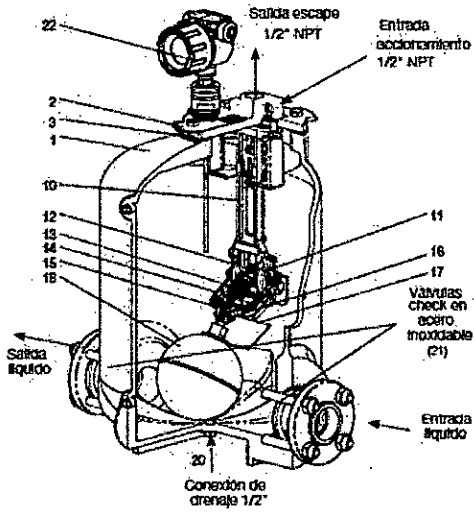
PMO Presión máxima de trabajo	13,8 barg / 204°C
TMA Temperatura máxima admisible	204°C / 13,8 barg

Características operativas
 Capacidad de descarga por ciclo: PTC: 26,9 l nominal
 PTF: 31,8 l nominal
 Media de descarga instantánea: 5,7 l/s
 Consumo medio de vapor: 1,36 kg por 454 kg de líquido bombeado
 Consumo medio de aire: 1,7 m³/min std por 454 kg de líquido bombeado

**Para aumentar la vida de la bomba –
 Accionar la bomba con una presión 1,0 - 1,4 barg superior a la
 contrapresión.**

Materiales

No. Parte	Material	Especificación
1 Cuerpo	PTC - Hierro fundido	ASTM A395
	PTF - Acero	Código ASME
2 Tapa	PTC - Hierro fundido	ASTM A395
	PTF - Acero fundido	ASTM SA216WCB
3 Junta tapa	Grafoll	
4 Conjunto válvula admisión vapor	Acero inoxidable	
5 Junta válvula admisión vapor	Acero inoxidable	



El diagrama muestra una bomba automática con las siguientes etiquetas: Salida escape 1/2" NPT, Entrada accionamiento 1/2" NPT, Válvulas check en acero inoxidable (2), Entrada líquido, Conexión de drenaje 1/2", y Salida líquido. Las partes numeradas del 1 al 18 corresponden a los componentes internos y externos de la bomba.

Fuente: manual bomba automática PTC Y PTF -Spirax sarco

Consultado 16/04/2017

2.2.3 Equipos de sala generación vapor

A. Caldera Pirotubular

La caldera pirotubular es un aparato térmico diseñado para generar vapor. Este vapor se genera a través de la transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido en fase líquida, se calienta y cambia a vapor saturado. Los gases de combustión son descargados a través de una chimenea hacia la atmosfera., como se muestra en la imagen 2.1 y 2.2.

La pesquera Austral Pisco cuenta con 05 calderas pirotubulares de 900 BHP operadas con combustible gas natural.

Descripción de las calderas:

• **Caldera pirotubular de 900 BHP N1**

Especificaciones del equipo

Fabricante	: DISTRAL 01
Año de fabricación	: 1987
Número de serie	: 8001
Modelo	: 815M
Código de fabricación	: ASME Sección I, Div. I Edición 1992
Presión de operación	: 120 PSI.
Presión de diseño	: 200 PSI.
Capacidad	: 13500 Kg de vapor /h.
Temperatura de operación	: 176 °C
Tipo de equipamiento	: Caldera pirotubular de 03 pasos
Tiro	: Forzado
Combustible utilizado	: Gas Natural
Producto	: Vapor
Quemador	: Quemador SAACKE modelo SKVJG 40 Capacidad: 4,7 Mw Combustible Gaseoso: Gas Natural/GLP Presión (mbar): 0.4 Bar Combustible Líquido: Fuel Oil.

- **Caldera pirotubular de 900 BHP N2**

Especificaciones del equipo

Fabricante	: DISTRAL 02
Año de fabricación	: 1987
Número de serie	: 8002
Modelo	: 815M
Código de fabricación	: ASME Sección I, Div. I Edición 1992
Presión de operación	: 120 PSI.
Presión de diseño	: 200 PSI.
Capacidad	: 13500 Kg de vapor /h.
Temperatura de operación	: 176 °C
Tipo de equipamiento	: Caldera pirotubular de 03 pasos
Tiro	: Forzado
Combustible utilizado	: Gas Natural
Producto	: Vapor
Quemador	: Quemador SAACKE modelo SKVJG 40 Capacidad: 4,7 Mw Combustible Gaseoso: Gas Natural/GLP Presión (mbar): 0.4 Bar Combustible Líquido: Fuel Oil.

- **Caldera pirotubular de 900 BHP N3**

Especificaciones del equipo

Fabricante	: DISTRAL 03
Año de fabricación	: 1987
Número de serie	: 8003
Modelo	: 815M
Código de fabricación	: ASME Sección I, Div. I Edición 1992

Presión de operación : 120 PSI.
Presión de diseño : 200 PSI.
Capacidad : 13500 Kg de vapor /h.
Temperatura de operación : 176 °C
Tipo de equipamiento : Caldera pirotubular de 03 pasos
Tiro : Forzado
Combustible utilizado : Gas Natural
Producto : Vapor
Quemador : Quemador SAACKE modelo SKVJG 40
Capacidad: 4,7 Mw Combustible Gaseoso:
Gas Natural/GLP Presión (mbar): 0.4 Bar
Combustible Líquido: Fuel Oil.

• **Caldera pirotubular de 900 BHP N4**

Especificaciones del equipo

Fabricante : DISTRAL 04
Año de fabricación : 1987
Número de serie : 8004
Modelo : 815M
Código de fabricación : ASME Sección I, Div. I Edición 1992
Presión de operación : 120 PSI.
Presión de diseño : 200 PSI.
Capacidad : 13500 Kg de vapor /h.
Temperatura de operación : 176 °C
Tipo de equipamiento : Caldera pirotubular de 03 pasos
Tiro : Forzado

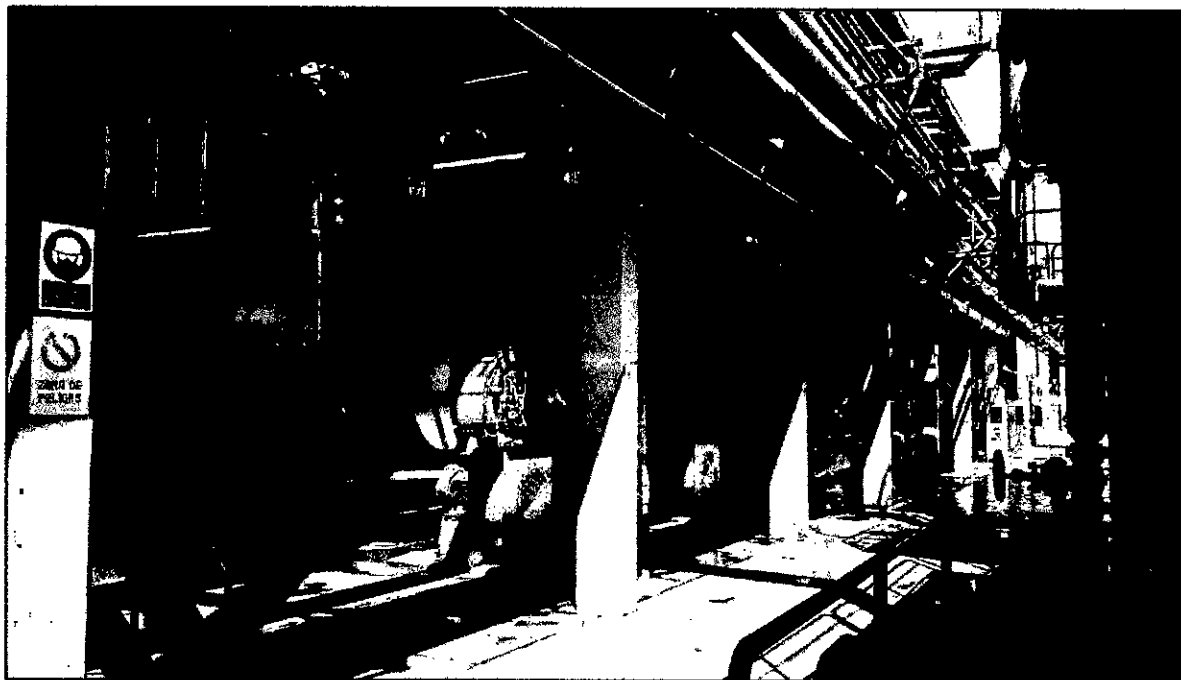
Combustible utilizado : Gas Natural
Producto : Vapor
Quemador : Quemador SAACKE modelo SKVJG 40
Capacidad: 4,7 Mw Combustible Gaseoso:
Gas Natural/GLP Presión (mbar): 0.4 Bar
Combustible Líquido: Fuel Oil.

• **Caldera pirotubular de 900 BHP N5**

Especificaciones del equipo

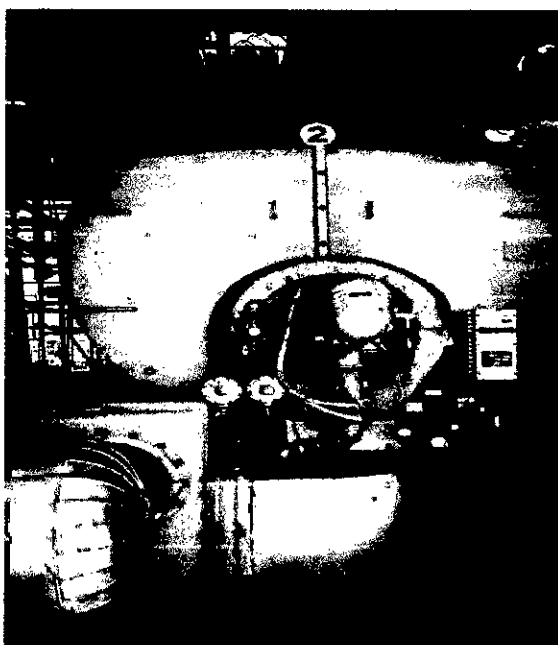
Fabricante : DISTRAL 05
Año de fabricación : 1987
Número de serie : 8005
Modelo : 815M
Código de fabricación : ASME Sección I, Div. I Edición 1992
Presión de operación : 120 PSI.
Presión de diseño : 200 PSI.
Capacidad : 13500 Kg de vapor /Hr.
Temperatura de operación : 176 °C
Tipo de equipamiento : Caldera pirotubular de 03 pasos
Tiro : Forzado
Combustible utilizado : Gas Natural
Producto : Vapor
Quemador : Quemador SAACKE modelo SKVJG 40
Capacidad: 4,7 Mw Combustible Gaseoso:
Gas Natural/GLP Presión (mbar): 0.4 Bar
Combustible Líquido: Fuel Oil.

IMAGEN 2. 1: SALA DE CALDERAS DE 900 BHP



Fuente: fotografía propia

IMAGEN 2. 2: CALDERA DISTRAL CON QUEMADOR SAACKE 900 BHP



Fuente: fotografía propia

Balance de energía en una caldera

Utilizando los reportes del medidor de caudal de combustible y un medidor másico en la salida de vapor.

$$\eta = \frac{\dot{m}_{\text{vapor}} \times (h_{g\text{presión caldero}} - h_{f\text{temperatura agua ingreso}})}{\dot{m}_{\text{combustible}} \times PC_{\text{poder calorífico gas natural}}} \dots (2.1)$$

Donde:

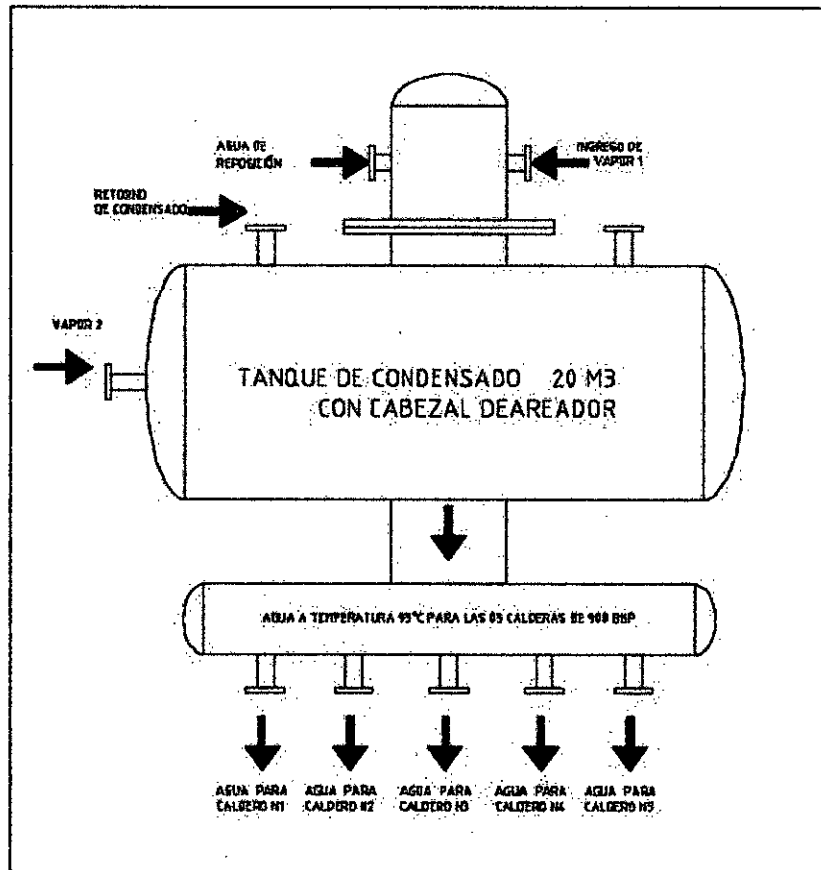
- n : Eficiencia de la caldera pirotubular (%)
- hg : Entalpia a la presión de la caldera (KJ/ kg)
- hf : Entalpia a la temperatura de ingreso del agua (KJ/Kg)
- m_c : Flujo de combustible del gas natural (m³/ hr)
- m_a : Masa de agua de alimentación (kg / hr)
- m_v : Masa de vapor (kg/ hr)
- m_p : Masa de purga de la caldera (kg/hr)

$$\dot{m}_{\text{agua alimentación}} = \dot{m}_{\text{vapor}} + \dot{m}_{\text{purga}} \dots (2.2)$$

B. Tanque de condensado

Se utiliza para almacenar el condensado que retorna de los equipos o procesos que consumen vapor indirecto, para ingresar el agua que debe reponerse al sistema. Este tanque tiene un cabezal deareador que calienta el agua de reposición a 100 °C para disminuir el % de oxígeno luego se mezcla dentro del tanque con el retorno de condensado del sistema para luego ser bombeadas con una temperatura 95°C hacia las calderas. El tanque condensado en la planta de harina de pescado tiene una capacidad máxima de 20 m³, ver figura 2.4.

FIGURA 2. 4: TANQUE DE CONDENSADO



Fuente: elaboración propia

Balance en el tanque de condensado

Análisis en el cabezal deareador

- Conservación de masa

$$\dot{m}_{\text{agua deareada}} = \dot{m}_{\text{agua reposición}} + \dot{m}_{\text{vapor 1}} \quad \dots (2.3)$$

- Conservación de energía; por flujo estable y proceso estable

$$\dot{Q}_{\text{calor}} = \dot{m}_{\text{agua d}} \times h_{T=100^{\circ}\text{C}} - \dot{m}_{\text{agua re}} \times h_{T=20^{\circ}\text{C}} -$$

$$\dot{m}_{\text{vapor 1}} \times h_{g_{P=5 \text{ PSI}}} \quad \dots (2.4)$$

$$\dot{Q}_{\text{calor}} = 0 \quad (\text{Cabezal aislado termicamente con manta lana mineral})$$

Se determina de (3) y (4) la siguiente ecuación para determinar la cantidad de vapor para deaerar el agua de reposición.

$$\dot{m}_{\text{vapor 1}} = \frac{\dot{m}_{\text{agua reposición}} \times (h_{T=100^{\circ}\text{C}} - h_{T=20^{\circ}\text{C}})}{hg_{P=5 \text{ PSI}} - h_{T=100^{\circ}\text{C}}} \dots (2.5)$$

Análisis en el tanque

- Conservación de masa

$$\dot{m}_{\text{agua caldera}} = \dot{m}_{\text{agua deareada}} + \dot{m}_{\text{condensado}} + \dot{m}_{\text{vapor 2}} \dots (2.6)$$

- Conservación de energía; por flujo estable y proceso estable

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{\text{calor}} = & \dot{m}_{\text{agua caldera}} \times h_{T=95^{\circ}\text{C}} - \dot{m}_{\text{agua d}} \times h_{T=100^{\circ}\text{C}} - \\ & \dot{m}_{\text{condensado}} \times h_{T=90^{\circ}\text{C}} - \dot{m}_{\text{vapor 2}} \times hg_{P=60 \text{ PSI}} \dots (2.7) \end{aligned}$$

El equipo se encuentra completamente aislado con lana mineral espesor 2"

$$\dot{Q}_{\text{calor}} = 0$$

Se determina de (6) y (7) la siguiente ecuación para determinar la cantidad de vapor para mantener la temperatura dentro del tanque a 95 °C

$$\dot{m}_{\text{vapor 2}} = \frac{\dot{m}_d \times (h_{T=95^{\circ}\text{C}} - h_{T=100^{\circ}\text{C}}) - \dot{m}_c \times (h_{T=95^{\circ}\text{C}} - h_{T=90^{\circ}\text{C}})}{hg_{P=60 \text{ PSI}} - h_{T=95^{\circ}\text{C}}} \dots (2.8)$$

Donde:

\dot{m}_d : Masa de agua deareada a temperatura 100°C

\dot{m}_c : Masa de retorno de condensado

\dot{m}_{v_1} : Masa de vapor para deaerar el agua de reposición

m_{v_2} : Masa de vapor para mantener la temperatura dentro del tanque

C. Tanque de agua de almacenamiento

El tanque de almacenamiento de agua es de capacidad de 40 m³, su función principal es almacenar el agua tratada que llega del sistema de ablandamiento para luego enviar al tanque de condensado. Ver imagen 2.3.

IMAGEN 2. 3: TANQUE DE AGUA 40 M3



Fuente: fotografía propia

D. Sistema de ablandamiento

El sistema de ablandamiento de agua es utilizado para el tratamiento de agua, cuando existe una presencia elevada de sales de carbonatos y sulfatos de calcio y magnesio, en el agua para la alimentación de calderas. El agua dura debe ser sometida a un sistema de intercambio iónico, que realiza la sustitución de los iones de $\text{Ca} (2+)$ y $\text{Mg} (2+)$ por iones de $\text{Na} (1+)$, eliminando de esta forma la dureza del agua. Al final de cada ciclo previsto en el dimensionamiento del sistema, tiempo en el cual la unidad estará con su capacidad de intercambio iónico agotada, será necesario la regeneración de resina (Lenntech, 2017). Ver imagen 2.4.

IMAGEN 2. 4: ABLANDADOR DE AGUA



Fuente: fotografía propia

E. Sistema de bombeo de agua

Equipo utilizado para transformar energía mecánica en energía cinética, generando presión y velocidad al agua que ingresará a la caldera. Generalmente el agua es bombeada desde el tanque de recuperación de condensado o desde un tanque que contiene el agua de alimentación a temperatura ambiente hasta la caldera. Estas bombas pueden operar continuamente mediante un sistema de control modulado o pueden operar con un sistema on-off (prendido-apagado) (Betancur, 2007, p.13). Ver imagen 2.5.

IMAGEN 2. 5: BOMBA DE ALIMENTACION



Fuente: fotográfica propia

2.2.4 Equipos en la industria de harina de pescado

A. Sistema de secado

El objetivo de la operación de secado es deshidratar la torta de prensa, torta de separadoras y el concentrado de agua de cola, unidos y homogenizados previamente, sin afectar la calidad del producto; a niveles de agua remanente en donde no sea posible el crecimiento microbiano ni se produzca reacciones químicas que puedan deteriorar el producto, Es decir que el secado consiste en la remoción de gran parte del agua presente hasta un nivel mínimo, que permita el almacenamiento por periodos prolongados en condiciones ambientales, minimizando la pérdida de sus propiedades nutricionales y organolépticas.

La selección de un determinado tipo de secador se hace considerando los siguientes factores:

- Calidad del producto final
- Inversión
- Ahorro de energía
- Costos de operación
- Grado de contaminación
- Automatización
- Facilidades de limpieza e inspección
- Facilidad de mantenimiento
- Adaptabilidad a otras unidades
- Requerimientos de espacio físico

En el caso de la harina de pescado, la calidad del producto constituye el principal factor ya que contempla aspectos microbiológicos, propiedades nutricionales, sensoriales y propiedades físico-químicas. (Aceijas, 2011, p.36)

A.1. Diagrama de proceso productivo

Se pueden distinguir las siguientes etapas

- Descarga y Recepción de pescado

El pescado capturado es bombeado junto con el agua de mar en la proporción de 1:2 desde la chata hacia los desagües (uno estático y otro vibratorio) donde se escurre el agua. Luego es transportado mediante unos elevadores de rastras hasta la tolva de pesaje para luego ser almacenado en las pozas.

- Almacenamiento

El pescado es almacenado en pozas que pueden ser de fondo inclinado o contar con gusanos transportadores en la parte inferior. La experiencia chilena recomienda pozas con capacidad cercana a 250 TM. Algunas pozas cuentan con sistemas de refrigeración que permiten la conservación y almacenamiento del pescado por un mayor tiempo.

- Cocinado

El pescado que sale de las pozas es transportado mediante un elevador de rastras a la tolva de cocinas para finalmente ingresar a los cocedores donde es calentado hasta temperaturas cercanas a 95°C (sea con vapor

directo, directo o mixto). El pescado cocinado se dirige al drenador, en donde se logra escurrir el caldo proveniente del cocinado.

- Prensado

Luego del drenado el pescado es prensado, obteniéndose dos productos, la torta de prensa con una humedad cercana al 55% y el licor o caldo de prensa. De este modo se logra comprimir las masas de pescado liberando parcialmente agua, aceite y sólidos muy finos. Esto forma el licor de prensa que es llevado a las separadoras. La torta de prensa pasa luego a un tornillo que lo transporta a un molino húmedo que lo desmenuza para luego ir al secador.

- Secado

En el secado se busca que la torta de prensa reduzca su humedad a 8% al 10%. Esta etapa del proceso define en gran medida la calidad final de la harina, habiéndose desarrollado en la actualidad sistemas de secado indirecto(a vapor o a aire caliente) que no causan daño térmico en la harina como se ocasionaba en el proceso convencional.

- Molienda

La harina proveniente del secado es transportada a unos molinos martillos donde es desmenuzada, para su posterior ensaque.

- Ensaque

La harina previa al ensaque recibe la adición de antioxidantes con el fin de inhibir la oxidación de la grasa y evitar así su combustión espontánea. Luego es pesada y coloca en saco de polipropileno para

A.2.1. Secador Rotadisco

Es un equipo diseñado para la primera etapa de secado, que posee en su interior discos tubulares y una chaqueta de vapor, que es accionado con un moto-reductor, y transmisión rueda-cadena, ver imagen 2.6.

La harina de pescado ingresa con una capacidad 60 toneladas / hora a humedad inicial de 53% y sale a humedad del 44%.

Descripción de los secadores actuales

Tipo	:	Secador Rotadisco
Marca	:	HAARSLEY
Cantidad	:	2
Superficie total de calefacción	:	375 m2 (c/u)
Capacidad de evaporación	:	5000 kg agua evaporada /hora
Potencia de motor eléctrico	:	110 KW
Peso aproximado	:	90 TN
Presión de trabajo	:	4.5 bar

A.2.1. Secador Rotadisco

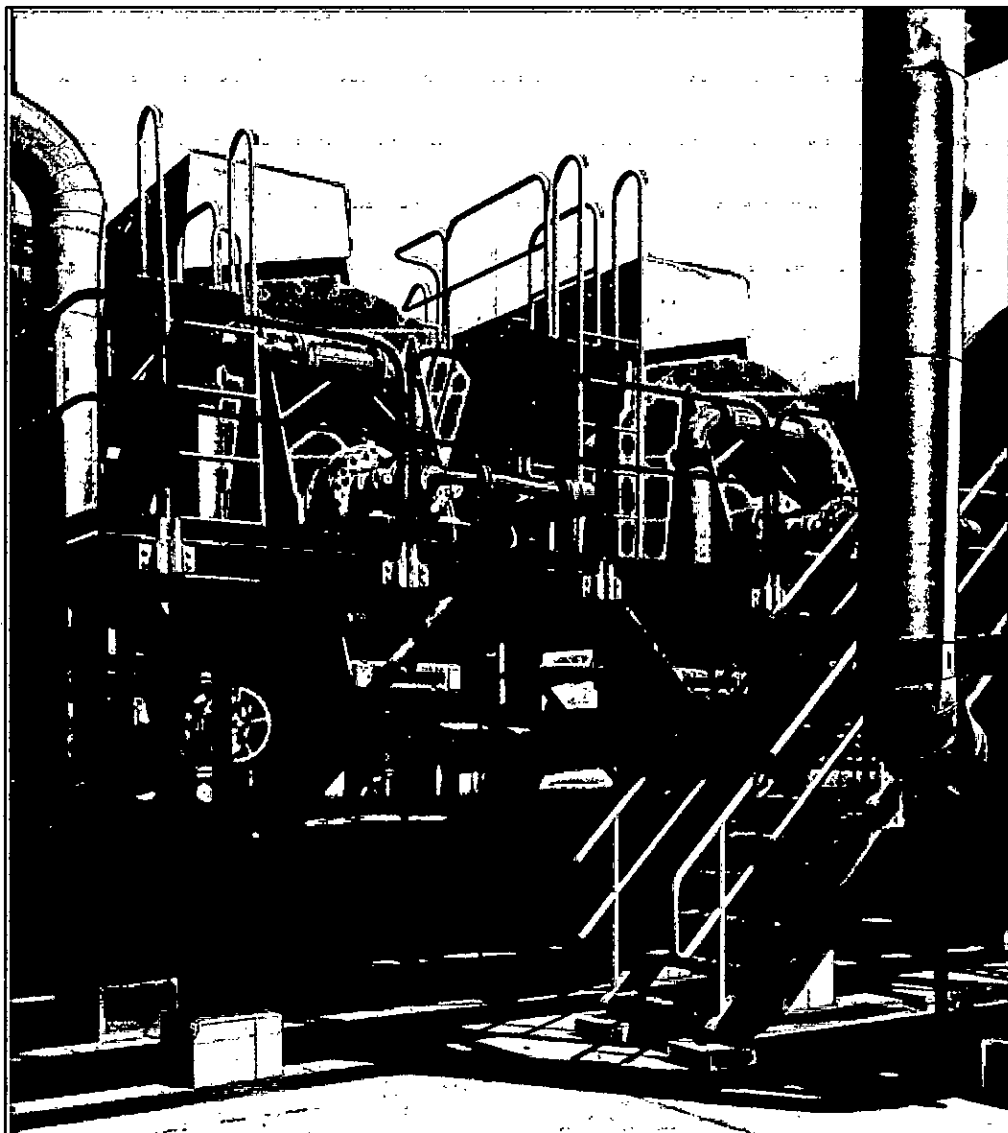
Es un equipo diseñado para la primera etapa de secado, que posee en su interior discos tubulares y una chaqueta de vapor, que es accionado con un moto-reductor, y transmisión rueda-cadena, ver imagen 2.6.

La harina de pescado ingresa con una capacidad 60 toneladas / hora a humedad inicial de 53% y sale a humedad del 44%.

Descripción de los secadores actuales

Tipo	:	Secador Rotadisco
Marca	:	HAARSLEY
Cantidad	:	2
Superficie total de calefacción	:	375 m ² (c/u)
Capacidad de evaporación	:	5000 kg agua evaporada /hora
Potencia de motor eléctrico	:	110 KW
Peso aproximado	:	90 TN
Presión de trabajo	:	4.5 bar

IMAGEN 2. 6: SECADORES ROTADISCO



Fuente: fotografía propia

A.2. Secador Rotatubo

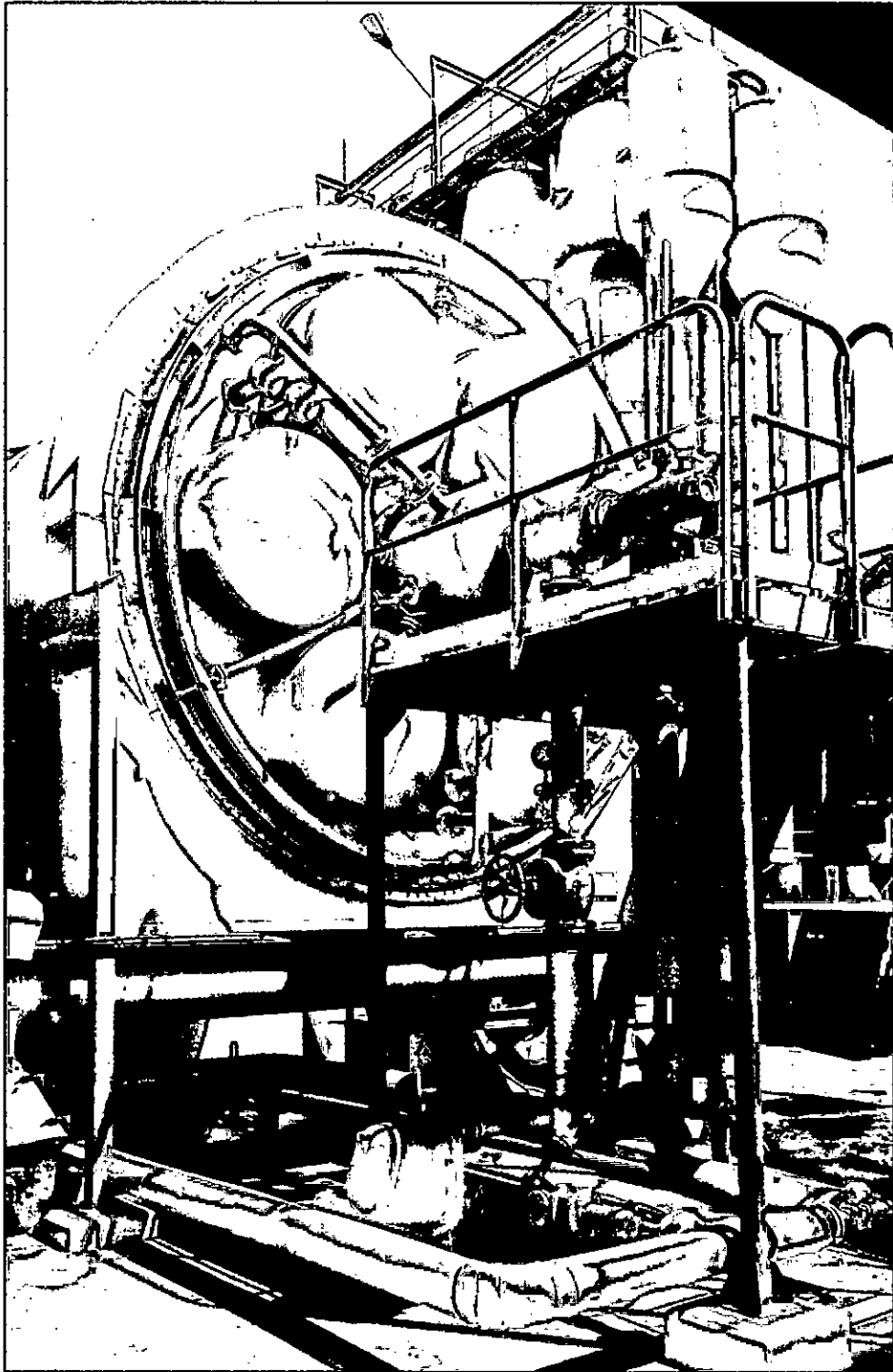
Es un equipo rotatorio, que posee en su interior hileras de tubos, crucetas y una chaqueta de vapor. En su parte superior tiene un extractor de gases comunicado con un ciclón que hace decantar la harinilla contenida en los gases extraídos. Para permitir la entrada y la salida de la materia prima tiene tornillo, de entrada y salida. Este equipo acciona con un moto-reductor, y transmisión rueda-cadena. (Pavez y Peña, 2013, p.16). Ver imagen 2.7.

La harina de pescado ingresa con una capacidad 50 toneladas / hora a humedad inicial de 44% y sale a humedad del 18%.

Descripción de los secadores actuales

Tipo	:	Secador Rotatubo
Marca	:	HAARSLEY
Cantidad	:	3
Superficie total de calefacción	:	1601 m ² (c/u)
Capacidad de evaporación	:	5500 kg agua evaporada /hora
Potencia de motor eléctrico	:	132 KW
Peso aproximado	:	112 TN
Presión de trabajo	:	4.5 bar

IMAGEN 2. 7: SECADOR ROTATUBO



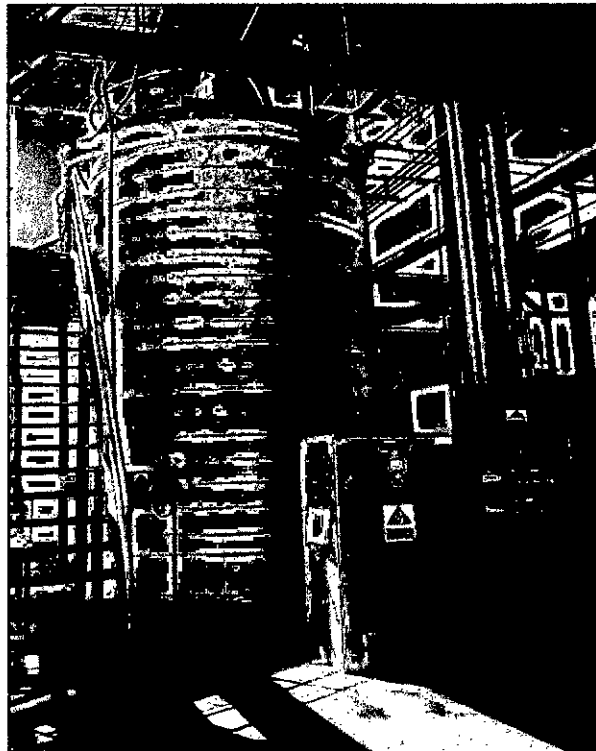
Fuente: fotográfica propia

A.3. Secador Aire caliente

Es un cilindro rotatorio que en su interior tiene aletas para el avance de la harina. El aire que sirve para el secado de la harina es calentado en un intercambiador de calor que puede utilizar aceite térmico o gas caliente. En el mercado se pueden encontrar secadores de aire caliente con capacidades de evaporación de 4000 kg/hora. Estos secadores son utilizados para harina en rangos por debajo de 0.5 %, aunque tienen dificultades para secar humedades mayores a 36 %.

La harina de pescado ingresa con una capacidad 35 toneladas / hora a humedad inicial de 18% y sale a humedad del 8%, ver imagen 2.8.

IMAGEN 2. 8: SECADOR ROTATUBO



Fuente: fotografía propia

2.2.5 Ahorro por recuperación de condensado

En estos últimos años, la conciencia energética y la percepción medio ambiental han transformado el sistema de condensado. Lo que antes era un modesto subproducto de la distribución de vapor se ha convertido hoy día en un recurso muy valioso para cualquier industria.

La planta actual genera vapor para las distintas áreas, ver tabla 2.1.

TABLA 2. 1: CONSUMO DE VAPOR ACTUAL

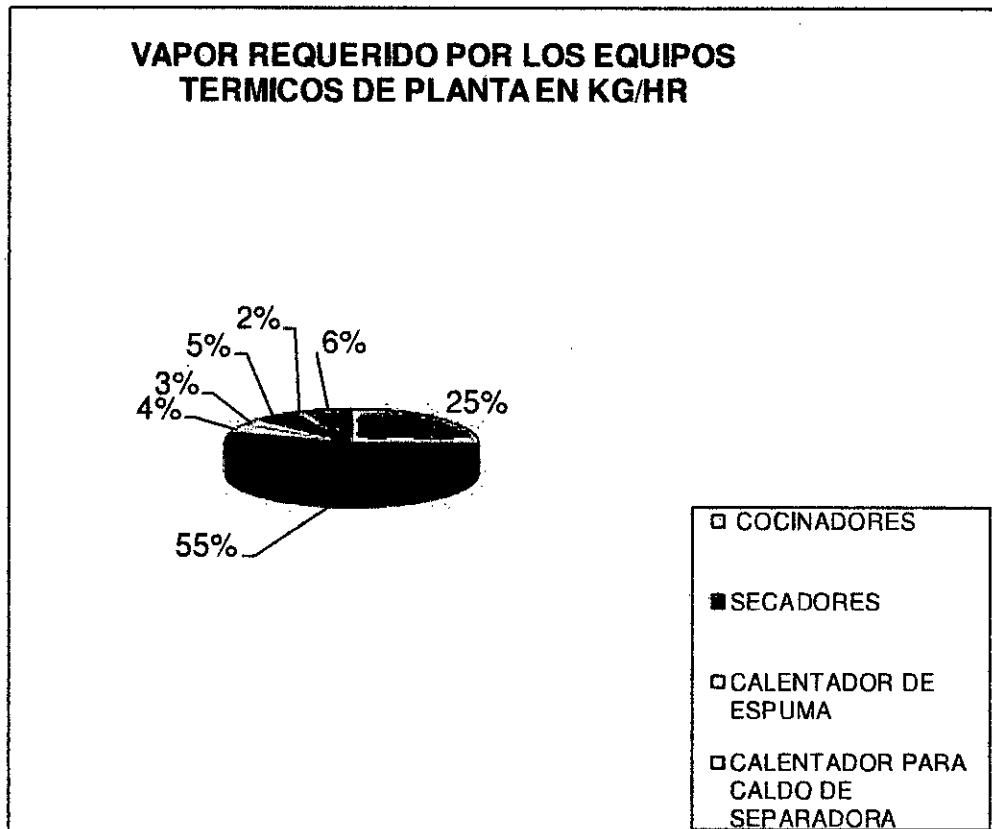
RESUMEN DE REQUERIMIENTO DE VAPOR SEGÚN BALANCE (Kg. Vapor)	
EQUIPOS	VAPOR (KG)
COCINADORES	16365
SECADORES	35556
CALENTADOR DE ESPUMA	2645
CALENTADOR PARA CALDO DE SEPARADORA	1792
PLANTAS EVAPORADORAS.	3516
CALENTADOR DE SANGUAZA	1164
CALENTADOR DE TK DEAREADOR	3979
VAPOR TOTAL REQUERIDO	65017.96
Considerando de Pérdidas (3%)	1950.54
VAPOR TOTAL REQUERIDO	66968.50
CONSUMO DE GAS NATURAL PROYECTADO POR TON. DE HARINA	186 m3/Ton

Fuente: Reporte Balance térmico actual planta Austral Pisco 2016

Un sistema de condensados presurizados puede ahorrar a una planta industrial como mínimo de un 15% a 35% los costos de combustibles, cuando lo comparamos con un sistema de condensados convencionales venteados a la atmosfera.

Actualmente según el balance de energía existente la planta recupera el 70% de kg/h de masa de vapor en estado de condensado, ver figura 2.6.

FIGURA 2. 6: VAPOR REQUERIDO POR EQUIPOS TERMICOS



Fuente: Reporte Balance térmico actual planta Austral Pisco 2016

Se pretende evaluar el ahorro económico que se produce por recuperar las purgas de condensado en el sistema evaluando el costo de tratamiento de agua, costo de producto químico y costos de generación de vapor para el sistema (Villacres y Andrade, 2009).

2.2.6 Recipientes a presión

Los recipientes a presión están sujetos a diversas cargas, que causan esfuerzos de diferentes intensidades en los componentes del recipiente. El tipo e intensidad de los esfuerzo es una función de la naturaleza de las cargas, de la geometría del recipiente y de su construcción. (Megyesy , 1992, p.13)

Cargas

- Presión interna o externa.
- Peso del recipiente y su contenido.
- Reacciones estáticas del equipo auxiliar, tubería, revestimiento, aislamiento, piezas internas, apoyos.
- Presión del viento y fuerzas sísmicas.
- Reacciones por impacto debido a choque hidráulico.
- Gradientes de temperatura y expansión térmica diferencial.

Esfuerzos

- Esfuerzos a la tensión.
- Esfuerzo longitudinal a la compresión.

Esfuerzos en casco cilíndricos

- La presión uniforme, interna o externa, induce en la costura longitudinal un esfuerzo unitario igual al doble de la costura circunferencial.

Presión operación (Pt)

- La presión que se requiere del que forma parte el recipiente, a la cual trabaja normalmente este.

Presión de diseño (Pd)

- Es la presión que se emplea para diseñar el recipiente

$$P_d = P_t + 30 \frac{lb}{pulg^2} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$P_d = 1.1 \times P_t \dots\dots\dots (2.10)$$

De ellas se elige el mayor Pd.

Máxima presión permitida de operación

La presión interna a la que está sujeto el elemento más débil del recipiente correspondiente al esfuerzo máximo admisible, cuando se supone que el recipiente esta:

- Estado de desgaste por corrosión.
- A un temperatura determinada.
- En posición normal de trabajo.
- Bajo efecto de otras cargas (Cargas viento, presión externa, presión hidrostática) que son aditivas a la presión externa.

2.2.7 Automatización Industrial

La automatización industrial, es el uso de sistemas computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias o procesos industriales. Abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

Se busca automatizar la operación de la bomba de desplazamiento positivo, para ello se está considerando utilizar instrumentos electrónicos:

- Control de nivel para verificar si la bomba se encuentra llena o vacía.
- Presostato como medida de control de seguridad para la presión de vapor que ingresa dentro de la bomba.
- Válvulas de control con actuadores neumáticos para llenado de agua, vapor y venteo.
- Micro autómatas Logo PLC que servirá para configurar y programar para las secuencias de operación de la bomba.

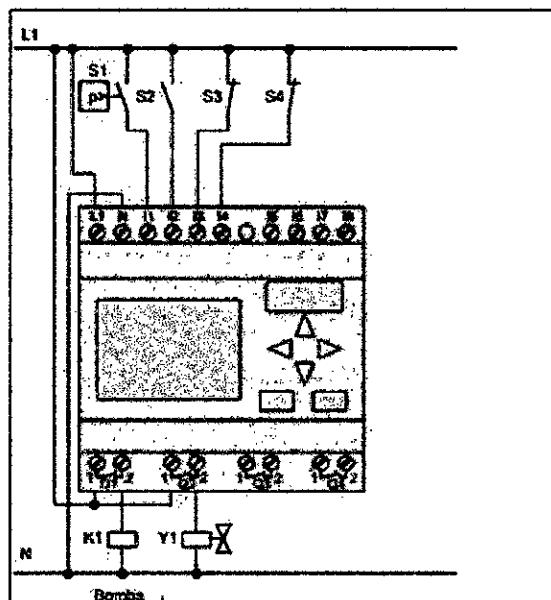
A. Siemens Logo soft Confort V8

Es un controlador programable que permite que sin intervención humana, las máquinas hagan un trabajo.

Básicamente funciona de la siguiente manera: al LOGO! le vas a dar como datos de entrada una serie de señales, las cuales van a ser procesadas en el programa, y el LOGO! va a dar unos datos de salida.

Esto en el mundo real se traduce en unos pulsadores, sensores (datos de entrada), un procesamiento en el LOGO y una activación o no de salidas de relé (datos de salida) (Siemens, 2003). Ver figura 2.7

FIGURA 2. 7: EQUIPO LOGO PLC V8



Fuente: Catálogo LOGO V8 PLC

¿Qué ventajas tiene?

- Las ventajas son muchas:
- Son aparatos accesibles en precio.
- Por ser programable, es flexible y versátil. Puedes hacer muchas cosas con ellos.
- Ahorra mucho cableado.
- Es mucho más fácil de mantener en caso de tener que realizar modificaciones.
- Es escalable: se pueden añadir más o menos entradas y salidas.
- Puede tener una pantalla asociada de mando.

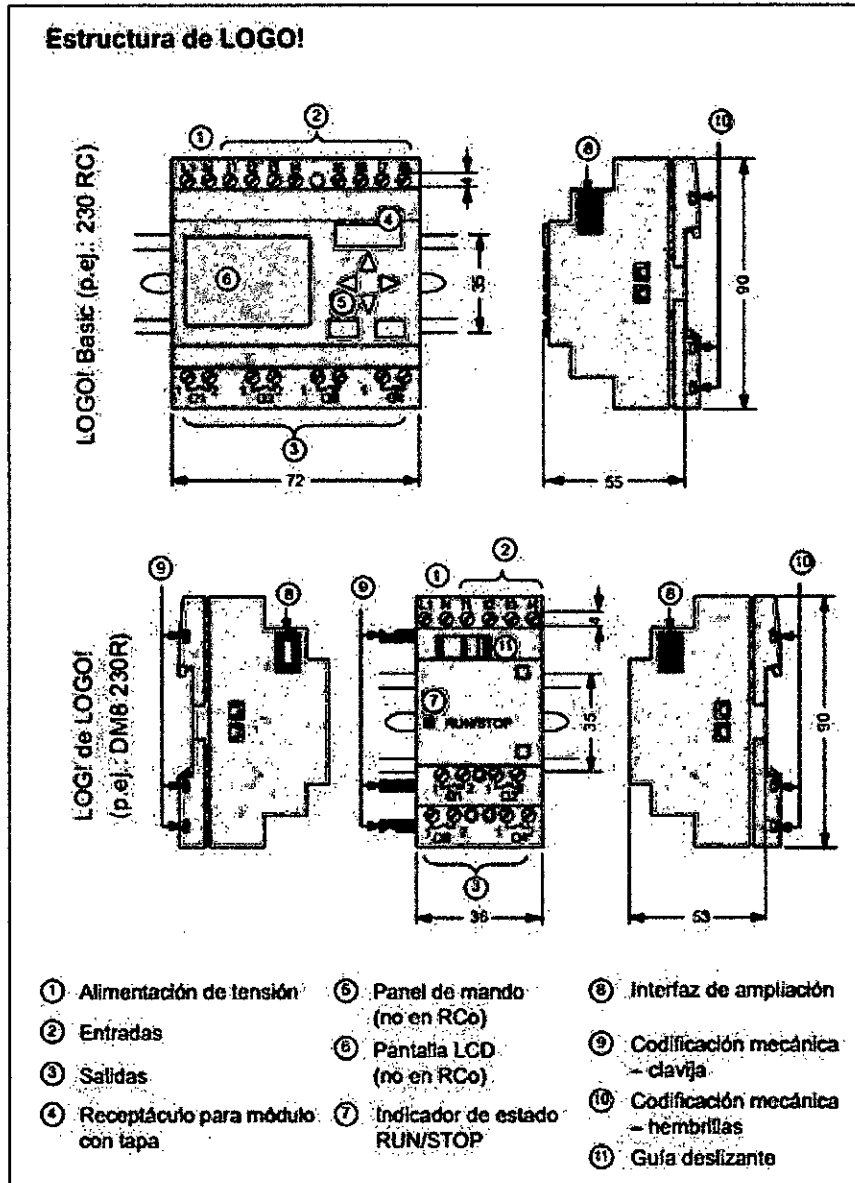
¿Para qué sirve un Siemens LOGO!?

Principalmente para pequeñas automatizaciones, se trata de un autómatas de poca potencia en comparación con sus hermanos mayores. Es típico para automatizar sistemas de riego, parking, arranque de motores, alumbrado, calefacción etc.

Es decir, instalaciones lógicamente sencillas o pequeñas máquinas.

Digamos que todo aquello que no lleve más de 15 entradas y no mucho más de media docena de salidas seguramente pueda ser programado con un LOGO!. Si tiene más requerimientos, probablemente haya que ir a autómatas de mayor capacidad, ver figura 2.8.

FIGURA 2. 8: ESTRUCTURA DE LOGO PLC V8



Fuente: Catálogo LOGO V8 PLC

Condiciones

A las entradas se conectan sensores tales como pulsadores, Interruptores, barreras fotoeléctricas, reguladores de luz natural, etc. Ver tabla 2.2 y 2.3.

TABLA 2. 2: PROPIEDADES DE LOGO PLC V8

Propiedades de los sensores para LOGO!				
	LOGO! 12/24 RC/RCo LOGO! DM8 12/24 R		LOGO! 24/24o LOGO! DM8 24	
	I1 ... I6	I7,I8	I1 ... I6	I7,I8
Estado de conexión 0	< 5 V CC	< 5 V CC	< 5 V CC	< 5 V CC
Intensidad de entrada	< 1,0 mA	< 0,05 mA	< 1,0 mA	< 0,05 mA
Estado de conexión 1	> 8 V CC	> 8 V CC	> 8 V CC	> 8 V CC
Intensidad de entrada	> 1,5 mA	> 0,1 mA	> 1,5 mA	> 0,1 mA

	LOGO! 24 RC/RCo (AC) LOGO! DM8 24 R (CA)	LOGO! 24 RC/RCo (DC) LOGO! DM8 24 R (CC)	LOGO! 230 RC/RCo (CA) LOGO! DM8 230 R (CA)	LOGO! 230 RC/RCo (CC) LOGO! DM8 230 R (CC)
Estado de conexión 0	< 5 V CA	< 5 V CC	< 40 V CA	< 30 V CC
Intensidad de entrada	< 1,0 mA	< 1,0 mA	< 0,03 mA	< 0,03 mA
Estado de conexión 1	> 12 V CA	> 12 V CC	> 79 V CA	> 79 V CC
Intensidad de entrada	> 2,5 mA	> 2,5 mA	> 0,08 mA	> 0,08 mA

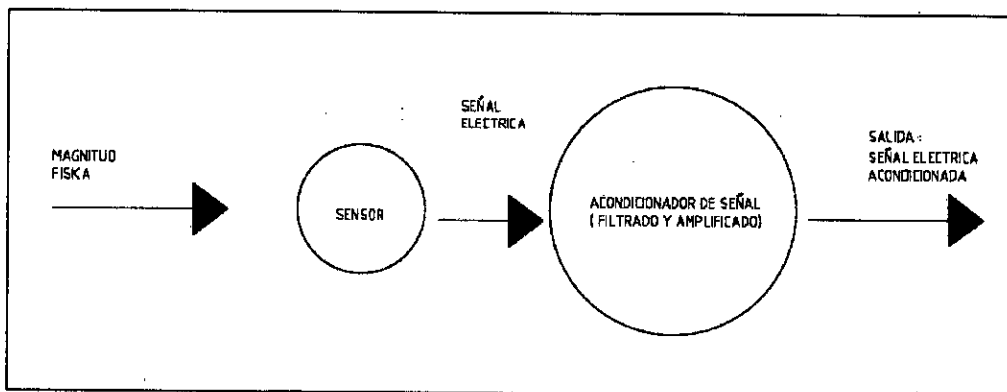
Fuente: Catálogo LOGO V8 PLC

B. Sensores y actuadores

B.1. Sensores

Denominamos sensor a un dispositivo que es capaz de convertir una magnitud física (presión, temperatura, caudal) en una señal eléctrica (Acedo, 2006). Ver figura 2.9.

FIGURA 2. 9: SEÑAL ELECTRICA ACONDICIONADA



Fuente: elaboración propia

El sensor convierte la magnitud física en una señal eléctrica.

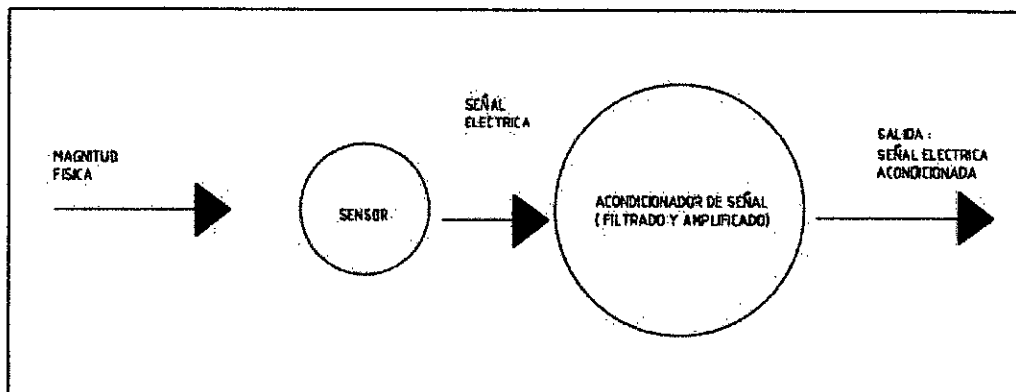
La señal eléctrica se debe acondicionar (amplificar, eliminar ruido, linealizar) para adaptarla a las necesidades del equipo que debe leer la señal (autómata).

B. Sensores y actuadores

B.1. Sensores

Denominamos sensor a un dispositivo que es capaz de convertir una magnitud física (presión, temperatura, caudal) en una señal eléctrica (Acedo, 2006). Ver figura 2.9.

FIGURA 2. 9: SEÑAL ELECTRICA ACONDICIONADA



Fuente: elaboración propia

El sensor convierte la magnitud física en una señal eléctrica.

La señal eléctrica se debe acondicionar (amplificar, eliminar ruido, linealizar) para adaptarla a las necesidades del equipo que debe leer la señal (autómata).

Clasificación:

- Según el tipo de señal de salida:

Analógicos: La salida es un valor de tensión o corriente comprendida en un rango de valores: 0-10V, 4-20mA. Ejemplos: Medida de altura, Medida de caudal, Medida de temperatura.

Digitales: La salida toma dos valores únicamente a la salida: 1 ó 0, todo/nada, 0-5V, 0-24V.

Ejemplos: Pulsador, presostato.

- Según la naturaleza del sensor:

Resistivos, Piezoeléctricos, Termoeléctricos y Electromagnético.

B.1.1. Sensor de presión

Para la medida de presión con transmisores de presión, se requiere un sensor que capta el valor de presión o la variación de la misma y lo convierte de manera exacta y precisa en una señal eléctrica.

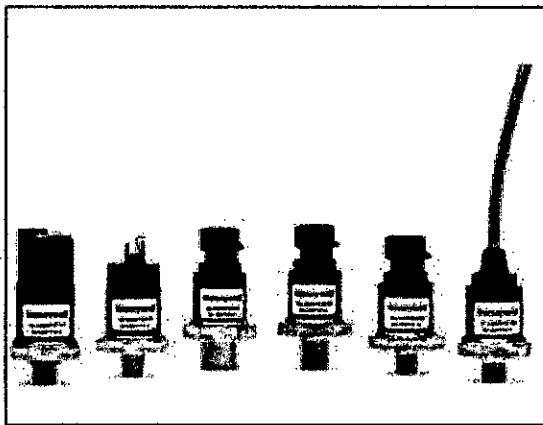
Transmisores de presión MLH150 marca Honeywell

Los sensores de presión de la serie MLH combinan la tecnología de aplicación específica de Circuito Integrado con un medio aislado, diseño de diafragma metálico.

Material de contacto con el medio: Puerto de acero inoxidable 304L; diafragma aleación Haynes 214.

Tiempo de respuesta menos de 2s que proporciona una alta velocidad de medición. Precisión del $\pm 0.25\%$ full escala. Rango de temperatura de operación de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rango de 0-150 PSI. Salida de corriente 4-20 mA DC. Excitación 9.5 Vdc a 30 Vdc, ver figura 2.10 y tabla 2.4.

FIGURA 2. 10: TRANSMISOR DE PRESIÓN MLH150 HONEYWELL



Fuente: Catálogo sensores Honeywell

TABLA 2. 4: ESPECIFICACIONES DE TRANSMISOR DE PRESIÓN MLH150 HONEYWELL

Table 2. Physical and Environmental Specifications	
Parameter	Characteristic
Material in contact with media	port: stainless steel 304L; diaphragm: Haynes 214 alloy
Housing material	black plastic - Amodel AS-4133 HS - PPA
Weight	57.0 g [2.0 oz] (typical for Delphi Metri-Pack 150 and 1/8 NPT port)
Shock	100 g peak [11 ms]
Vibration	MIL-STD-810C, Figure 514.2-5, Curve AK, Table 514.2-V; Random Vibration Test (overall g rms = 20.7 min.)
Compensated and operating temperature range: 0.5 Vdc to 4.5 Vdc ratiometric output all regulated and 4 mA to 20 mA outputs	-40 °C to 125 °C [-40 °F to 257 °F] -40 °C to 125 °C [-40 °F to 257 °F] See Figures 2 and 3 for operating area details.
Storage temperature range	-40 °C to 125 °C [-40 °F to 257 °F]
Approvals	UL Component Recognition for USA and Canada: File No. E258956

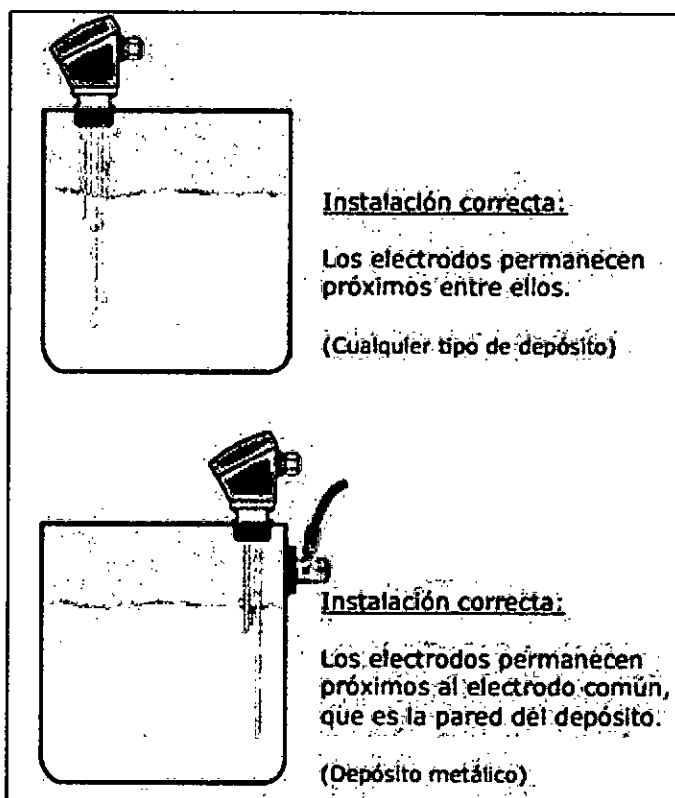
Fuente: Catálogo sensores Honeywell

B.1.2. Sensor de nivel

Control de nivel con varillas

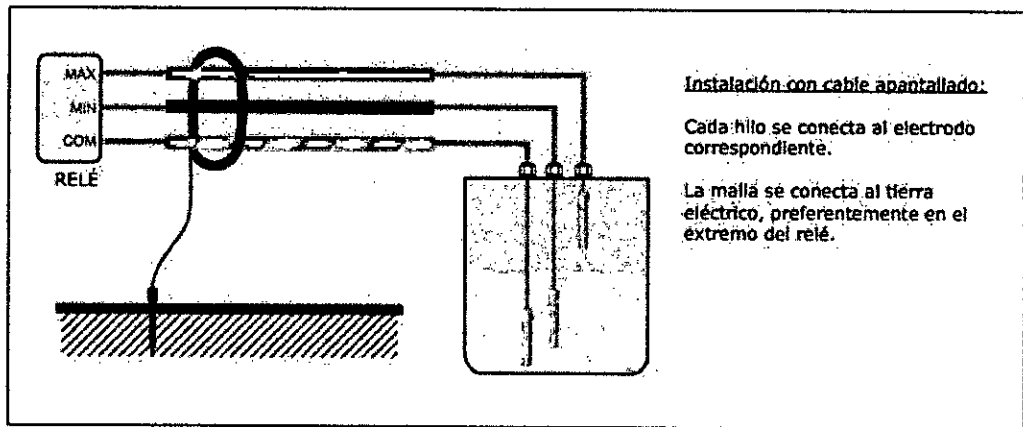
El sistema de control de nivel conductivo se basa en la medición de la resistencia eléctrica del medio que se quiere controlar. Los electrodos en contacto con el medio recogen dicha información al cerrar el circuito eléctrico entre los distintos electrodos y la transmiten al relé de nivel que actuará según su modo de trabajo, ver figura 2.11 y 2.12.

FIGURA 2. 11: CONTROL DE NIVEL CON VARILLAS



Fuente: Catálogo desbeint electronic

FIGURA 2. 12: CABLEADO CONTROL DE NIVEL CON VARILLAS

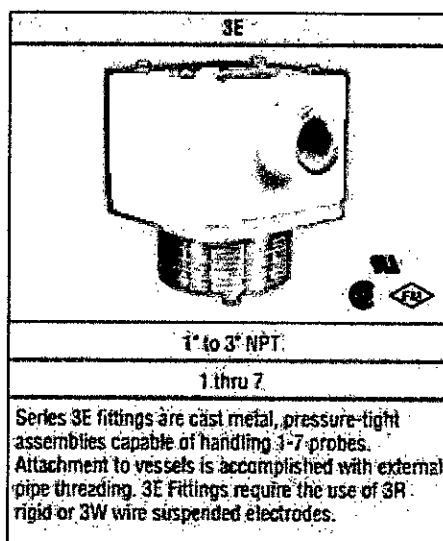


Fuente: Catálogo desbeint electronic

Base electrodo MOD. 3E2A marca WARRICK CONTROLS

Las bases para electrodos serie 3E son fabricadas en hierro fundido, latón y acero inoxidable. Ensambladas completamente herméticas para trabajar con una presión máxima de 125psig. Cuenta con una conexión de 1" NPT. EL modelo 3E2A está diseñado para trabajar con 2 electrodos, ver figura 2.13.

FIGURA 2. 13: CONTROL DE NIVEL MOD.3E2A



Fuente: Catálogo warrick controls

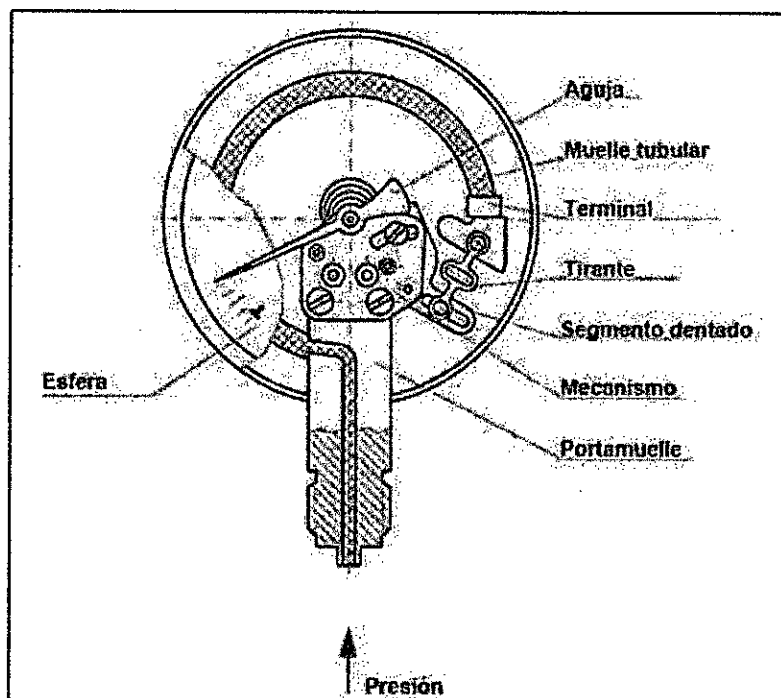
B.1.3. Manómetros

Manómetro tubular (Manómetro Bourdon)

El principio de funcionamiento de todos los manómetros se basa en la deformación de un elemento sensible en función de la presión y la transmisión de esta deformación a un mecanismo que actúa sobre la aguja indicadora.

El valor de la presión se indica habitualmente en una esfera de 270 ° angular con subdivisiones normalizadas. Los instrumentos llenados con un líquido de amortiguación ofrecen una seguridad añadida contra vibraciones y pulsaciones (Acedo, 2006). Ver figura 2.14

FIGURA 2. 14: MANÓMETRO BOURDON



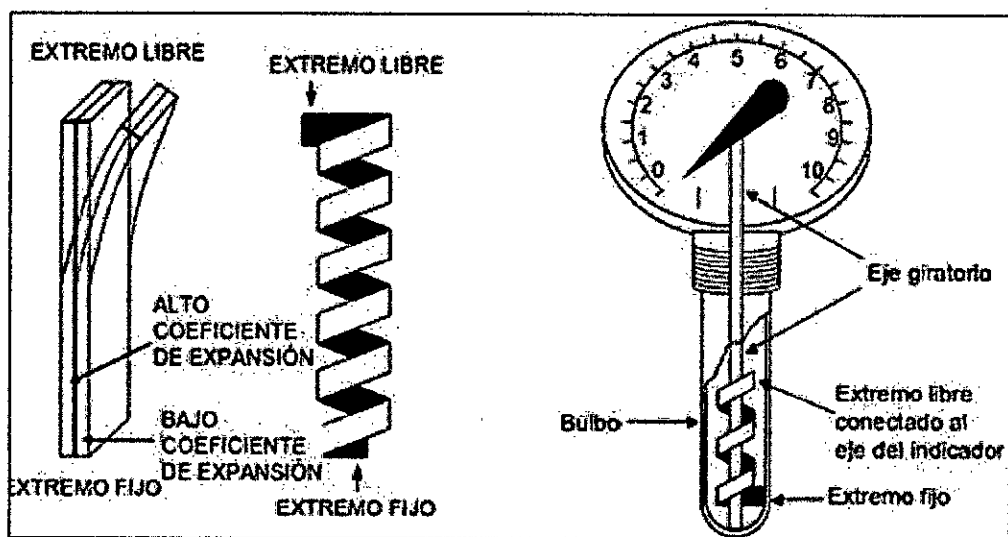
Fuente: Instrumentación y control básico de procesos, José Acedo Sánchez

B.1.4. Medidores de temperatura

Termómetro Bimetálico

Los termómetros bimetalicos utilizan el mismo principio de funcionamiento que los de expansión de volumen, aunque, debido al menor coeficiente de expansión de los metales, la sensibilidad de este tipo de termómetro es inferior a la que ofrecen los que utilizan la expansión de líquidos o gases. Por otro lado, la exactitud que ofrecen es suficientemente válida para controlar los procesos de producción, ver figura 2.15.

FIGURA 2.15: TERMÓMETRO BIMETÁLICO

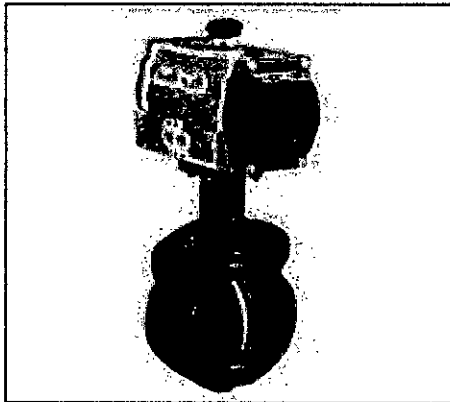


Fuente: Instrumentación y control básico de procesos, JOSÉ ACEDO SÁNCHEZ

B.2. Actuadores

Un ACTUADOR es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o "actuar" otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica, ver figura 2.16 y 2.17.

FIGURA 2. 16: VÁLVULA DE CONTROL MARIPOSA CON ACTUADOR NEUMÁTICO



Fuente: Catálogo válvulas Bray

ACTUADOR NEUMÁTICO BRAY

Medio de Trabajo : Aire Comprimido.

Presión Máxima Aire Comprimido : 150 PSI

Medidas del Actuador : 92-63,92-83

VALVULA MARIPOSA BRAY:

Fluido de Aplicación : agua, Soda cáustica, aire, etc.

Cuerpo : Hierro Fundido

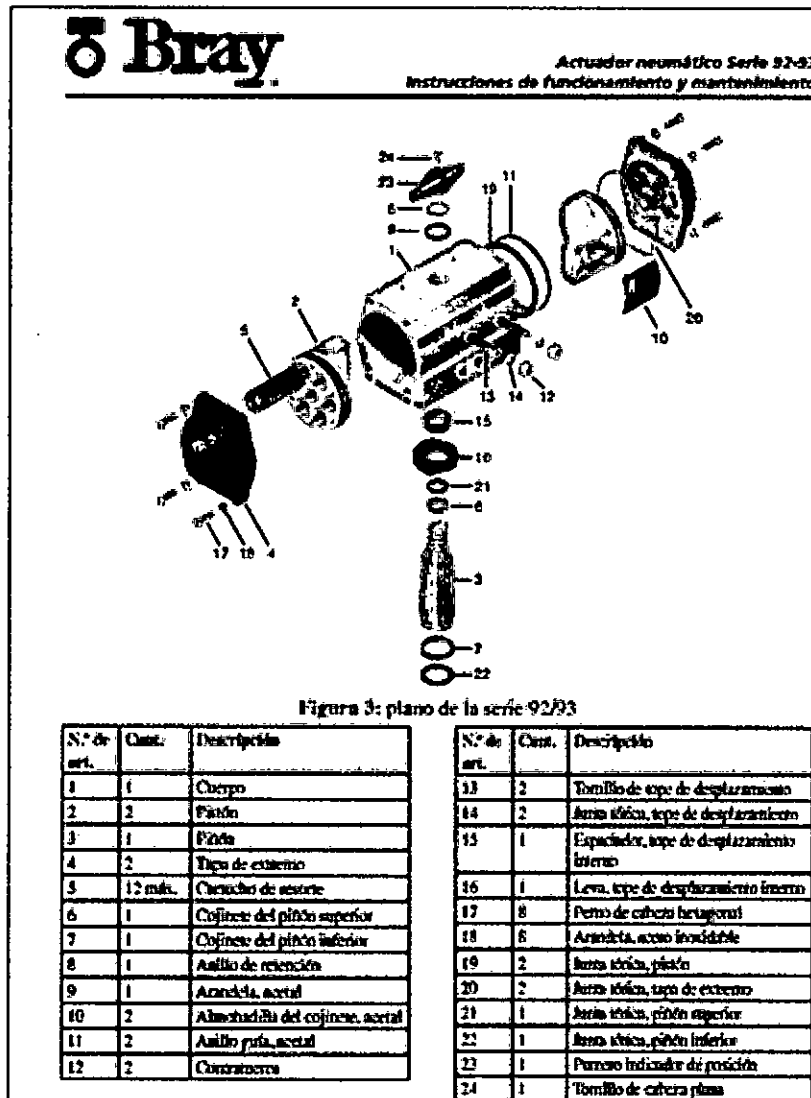
Conexión : bridas norma ANSI

Disco : Acero inoxidable 316

Asiento : EPDM

Medidas : 2", 2 1/2", 3", 4", 5", 6"

FIGURA 2. 17: ACTUADOR NEUMÁTICO MARCA BRAY



Fuente: Catálogo válvulas Bray

2.2.8 Proyectos de Inversión

Para tomar decisiones de inversión se tiene que hacer previamente una evaluación de la inversión a realizarse, la cual consiste en efectuar un balance entre las ventajas y desventajas de asignar recursos a la inversión en función de las alternativas de uso de dichos recursos.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es aquella tasa de descuento que iguala los flujos de los ingresos y egresos actualizados, es decir, vamos a determinar (i), lo comparamos con la tasa de interés del sistema financiero.

Los resultados de la TIR son:

$TIR > i \Rightarrow$ Proyecto rentable \longrightarrow se acepta.

$TIR < i \Rightarrow$ Proyecto no rentable \longrightarrow se rechaza.

$$TIR \Rightarrow \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0 \dots\dots\dots (2.12)$$

También se define la TIR, es el caso especial cuando el VAN=0

B. Retorno de Inversión

Denominado playback o periodo medio de recuperación, es uno de los llamados métodos de selección estáticos. Se trata de una técnica que tienen las empresas para hacerse una idea aproximada del tiempo que tardarán en recuperar el desembolso inicial invertido en el proceso productivo (Gallardo, 1998).

Para nuestra aplicación:

$$\text{Playback} = \frac{\text{INVERSION}}{\text{AHORRO ECONOMICO}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es aquella tasa de descuento que iguala los flujos de los ingresos y egresos actualizados, es decir, vamos a determinar (i), lo comparamos con la tasa de interés del sistema financiero.

Los resultados de la TIR son:

$TIR > i \Rightarrow$ Proyecto rentable \longrightarrow se acepta.

$TIR < i \Rightarrow$ Proyecto no rentable \longrightarrow se rechaza.

$$TIR \Rightarrow \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0 \dots\dots\dots (2.12)$$

También se define la TIR, es el caso especial cuando el VAN=0

B. Retorno de Inversión

Denominado *playback* o periodo medio de recuperación, es uno de los llamados métodos de selección estáticos. Se trata de una técnica que tienen las empresas para hacerse una idea aproximada del tiempo que tardarán en recuperar el desembolso inicial invertido en el proceso productivo (Gallardo, 1998).

Para nuestra aplicación:

$$Playback = \frac{INVERSION}{AHORRO ECONOMICO} \dots\dots\dots (2.13)$$

Tasas Activas Anuales de las Operaciones en Moneda Nacional Realizadas en los Últimos 30 Días Útiles Por Tipo de Crédito al 02/08/2017, ver tabla 2.5.

TABLA 2. 5 TASA DE INTERÉS PROMEDIO DEL SISTEMA BANCARIO

Tasa Anual (%)	Financiero	Scotiabank	Interbank	Promedio
Prestamos 360 días	22	19.32	19.72	20.35

Fuente: elaboración propia

2.3 Normatividad

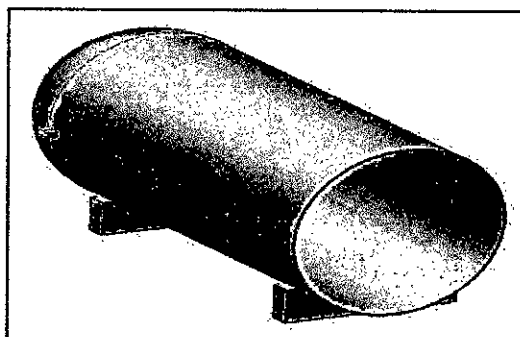
2.3.1 Asme Sección VIII División I

La norma menciona las consideraciones técnicas para diseño de recipientes a presión, ver figura 2.18.

UG 27: Calculo de espesor por presión interna

Cuerpo cilíndrico

FIGURA 2. 18: RECIPIENTE A PRESIÓN CILÍNDRICO



Fuente: elaboración propia

El espesor mínimo o máximo Presión de trabajo permitida del casco cilíndrico se determina de la siguiente manera:

Esfuerzo Circunferencial: (Junta Longitudinal).


Cuando $t < R/2$ ó $P < 0,385 SE$, se aplicarán las siguientes formulas:

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6 P} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$P = \frac{SEt}{R + 0,6 t} \dots\dots\dots (2.15)$$

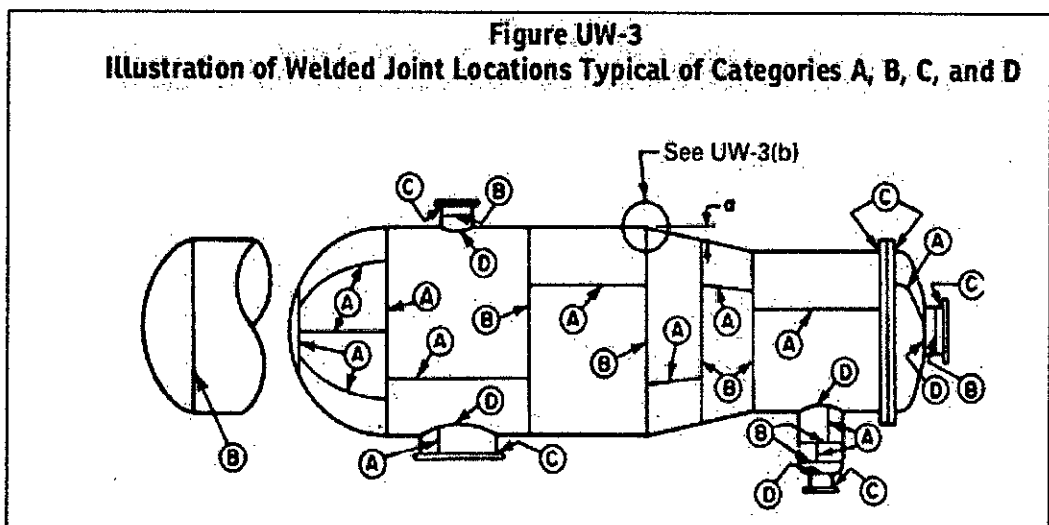
E : Eficiencia de la junta ver tabla UW12, ver tabla 2.6 y figura 2.19.

TABLA 2. 6: TABLA DE EFICIENCIA DE SOLDADURA UW12

Tipo	Descripcion de la Junta	Categoria de la Junta	Grado de Examen Radiografico		
			Completo	Lugar	Ninguna
(1)	Soldadura a tope por ambos lados 	A, B, C y D	1.00	0.85	0.70

Fuente: Norma ASME SECCION VIII DIVISION I

FIGURA 2. 19: CATEGORÍAS Y LOCALIZACIÓN DE JUNTAS SOLDADAS



Fuente: Norma ASME SECCION VIII DIVISION I

Donde:

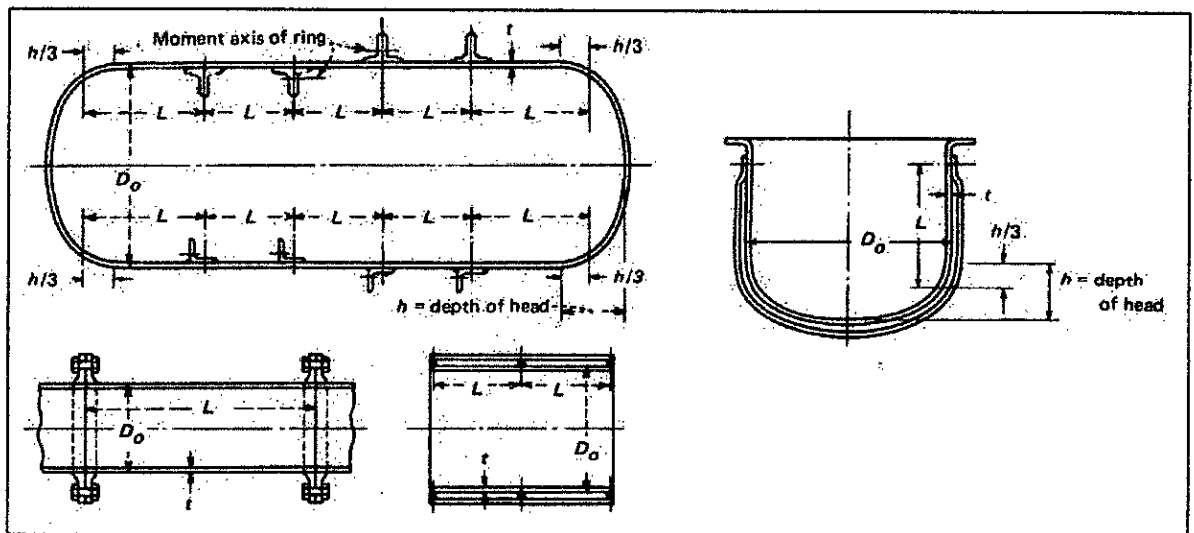
- A : Juntas soldadas longitudinal en el cuerpo principal.
- B : Junta soldadas circunferenciales en el cuerpo.
- C : Juntas soldadas que conectan bridas.
- D : Juntas soldadas de conexiones al cuerpo principal.

- R : Radio interior del recipiente
- P : Presión de diseño
- S : Esfuerzo admisible del material ASME SECCION II parte D

- UG 28: Espesor del cuerpo por presión externa

Procedimiento para la determinación del espesor del cuerpo, considerando presión externa, ver figura 2.20.

FIGURA 2. 20: LONGITUD PARA RECIPIENTES A PRESION

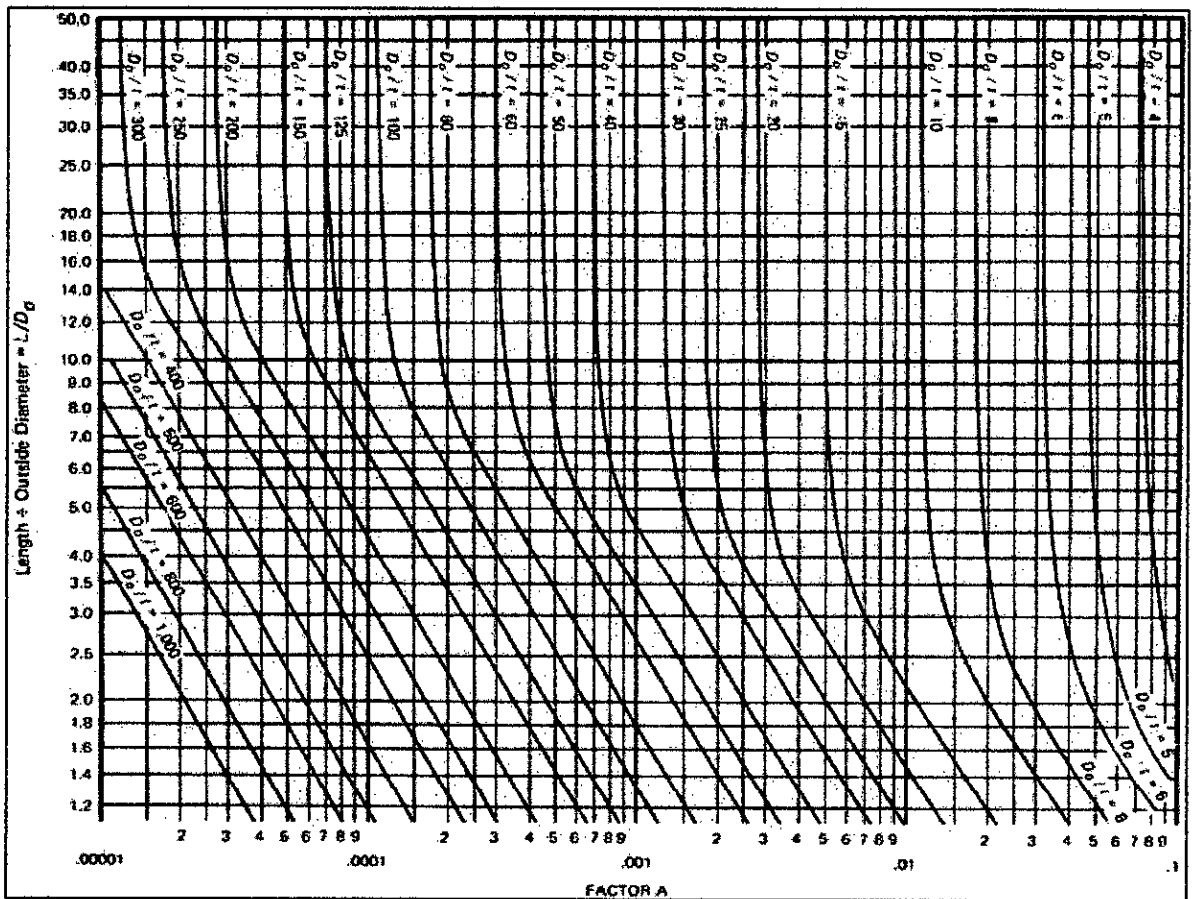


Fuente: Fuente: Norma ASME SECCION VIII DIVISION I

Paso 1. Asumir un valor para t y determinar las proporciones de L/D_o y D_o/t .

Paso 2. Ingresar a la Figura G en la subparte 3 de la Sección II, Parte D en el valor de L/D_o determinado en el paso 1, ver figura 2.21.

FIGURA 2. 21: FIGURA G PARA DETERMINAR FACTOR A

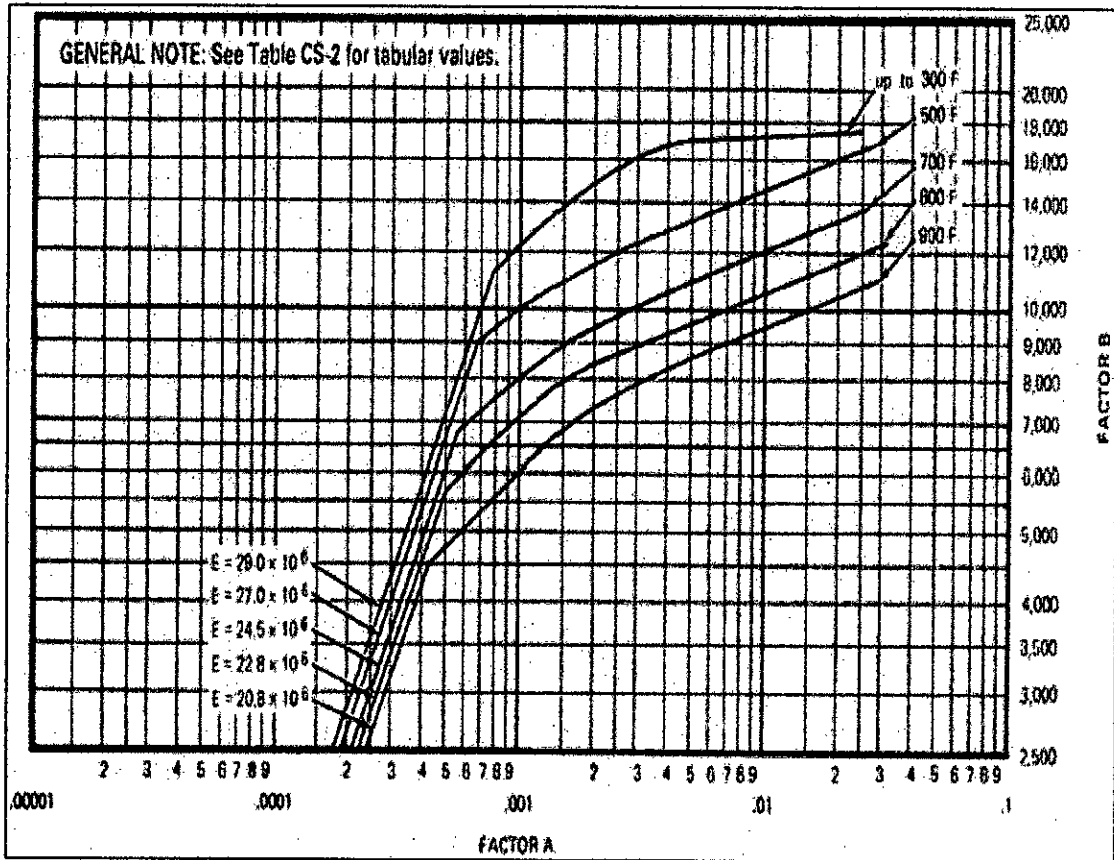


Fuente: Norma Fuente: Norma ASME SECCION VIII DIVISION I

Paso 3. Ir horizontalmente hacia la línea para el valor de D_o/t determinado en el paso 1. La interpolación puede hacerse Para valores intermedios de D_o/t ; No se permite la extrapolación. Desde este punto de intersección moverse verticalmente hacia abajo para determinar el valor del factor A.

Paso 4. Utilizando el valor de A calculado en el paso 3, ingresar al gráfico de los materiales aplicables en la sub parte 3 de la Sección II, Parte D para el material en cuestión en la cartilla CS2 se determina B, ver figura 2.22.

FIGURA 2. 22: CS-2 PARA DETERMINAR FACTOR B



Fuente: Norma ASME SECCION VIII DIVISION I

$$P_{\text{externa máxima admisible}} = \frac{4xB}{3x\frac{D_0}{t}} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$P_{\text{externa máxima admisible}} > P_{\text{externa de diseño}} \dots\dots\dots (2.17)$$

- UG 99 Prueba hidrostática

Una vez finalizado las actividades de fabricación del recipiente se debe efectuar la prueba hidrostática.

$$P_H = 1.3x P_d x \frac{S_t}{S_d} \dots\dots\dots (2.18)$$

P_H = presión de prueba hidrostática

P_d = presión de diseño

S_t = Esfuerzo a temperatura de prueba

S_d = Esfuerzo a temperatura de diseño

- UG 100 Prueba neumática

Se puede hacer la prueba neumática a 1.1 veces la presión de diseño en lugar de la prueba hidrostática en los siguientes casos:

Si el tanque tiene soportes que no permiten llenarlo de agua.

El tanque no puede ser drenado y secado después de la prueba hidrostática.

2.3.2 API 510 Código de inspección de recipientes a presión

Código de Inspección de Recipientes a Presión: Inspección, Reparación, Alteración y Cálculos de Recipientes a Presión en Servicio.

Inspección del recipiente.

El intervalo de inspección del recipiente a presión es un periodo de 10 años considerando una velocidad de corrosión 0.125 mm por año.

Corrosión

La tasa de corrosión a largo plazo (LT)

$$LT = \frac{t_{\text{inicial}} - t_{\text{actual}}}{\text{Tiempo entre inicial y actual}} \dots\dots\dots (2.19)$$

La tasa de corrosión a corto plazo (ST)

$$LT = \frac{t_{\text{previo}} - t_{\text{actual}}}{\text{Tiempo entre previo y actual}} \dots\dots\dots (2.20)$$

t_{inicial} = Medida del espesor inicial a un nuevo ambiente .

t_{actual} = Medida del espesor actual reciente en la inspección .

t_{previo} = Medida del espesor antes de entrar en operación .

Inspección de soldadura y juntas de servicio.

La inspección para la calidad de la soldadura se realiza normalmente como parte de los requisitos para la nueva construcción, reparaciones o alteraciones. Sin embargo, las soldaduras y las zonas afectadas por el calor de soldadura se inspeccionan a menudo por corrosión y / o

fisuración inducida por el servicio como parte de Las inspecciones en servicio.

2.3.3 ASME II Parte D Propiedades de materiales

El código ASME II parte D describe las propiedades de los materiales de los aceros. El objetivo ubicar de la Sección II, Parte D, a ubicar los materiales en los estresantes (Tablas 1A, 1B, 2A, 2B, 3, 4, 5A y 5B), tablas de propiedades mecánicas (Tablas U, U-2, y Y-1), y tablas de propiedades físicas (Tablas TE-1 a través de TTE-5, TCD, TM-1 a través de TM-5 y PRD). Esta guía define la lógica utilizada para colocar materiales dentro de estas tablas.

El tabla 1A para los materiales ferrosos utilizados en el Sección I, Sección III, División 1, Clases 2 y 3; Sección VIII, División 1; Y construcción de la Sección XII, ver tabla 2.7, 2.8 y 2.9.

La Tabla 1B proporciona tensiones admisibles para materiales no ferrosos utilizados en la Sección I; Sección III, División 1, Clases 2 y 3; Sección VIII, División 1; Y construcción de la Sección XII.

La Tabla 2A proporciona intensidades de tensión de diseño para materiales ferrosos para las construcciones de la Sección III, División 1, Clases 1, TC y SC.

La Tabla 2B proporciona intensidades de tensión de diseño para materiales no ferrosos para la construcción de la Sección III, División 1, Clases 1, TC y SC.

En la Tabla 3 se indican las tensiones admisibles para los materiales de atornillado para su uso en la Sección III, División 1, Clases 2 y 3; Sección VIII, División 1; Sección VIII, División 2.

La Tabla 4 proporciona intensidades de tensión de diseño para los materiales de atornillado utilizados en la Sección III, División 1, Clases 1, TC y SC; Y en la Sección VIII, División 2.

La Tabla 5A proporciona tensiones admisibles para materiales ferrosos para la construcción de la Sección VIII, División 2.

La Tabla 5B proporciona tensiones permisibles para materiales no ferrosos para la construcción de la Sección VIII, División 2.

TABLA 2. 7: TABLA 1A SECCION I, SECCION VIII DIVISION I

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	Alloy		Size/Thickness	P-No.	Group No.
					Desig./UNS No.	Class/Condition/Temp			
1	Carbon steel	Sheet	SA-1008	CS-A				1	1
2	Carbon steel	Sheet	SA-1008	CS-B				1	1
3	Carbon steel	Bar	SA-675	A5				1	1
4	Carbon steel	Wld. pipe	SA-134	A283A				1	1
5	Carbon steel	Plate	SA-283	A				1	1
6	Carbon steel	Plate	SA-285	A	K01700			1	1
7	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	A45	K01700			1	1
8	Carbon steel	Sheet	SA-414	A	K01501			1	1
9	Carbon steel	Wld. tube	SA-178	A	K01200			1	1
10	Carbon steel	Wld. tube	SA-178	A	K01200			1	1
11	Carbon steel	Smls. tube	SA-179		K01200			1	1
12	Carbon steel	Smls. tube	SA-192		K01201			1	1
13	Carbon steel	Wld. tube	SA-214		K01807			1	1
14	Carbon steel	Smls. tube	SA-556	A2	K01807			1	1
15	Carbon steel	Wld. tube	SA-557	A2	K01807			1	1
16	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	E/A	K02504			1	1
17	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	E/A	K02504			1	1
18	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	E/A	K02504			1	1
19	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	F/A				1	1
20	Carbon steel	Smls. pipe	SA-53	S/A	K02504			1	1
21	Carbon steel	Smls. pipe	SA-53	S/A	K02504			1	1

Fuente: Norma ASME SECCION II parte D

TABLA 2. 8: ESFUERZOS Y RESTRICCIONES PARA MATERIALES

Section I; Section III, Classes 2 and 3; Section VIII, Division 1; and Section XII Maximum Allowable Stress Values S for Ferrous Materials (*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)								
Applicability and Max. Temperature Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only)								
Line No.	Min. Tensile Strength, ksi	Min. Yield Strength, ksi	I	III	VIII-1	XII	External Pressure Chart No.	Notes
1	40	20	NP	NP	650	NP	CS-6	-
2	40	20	NP	NP	650	NP	CS-6	-
3	45	22.5	NP	650 (Cl. 3 only)	900	650	CS-6	G10, G22, T10
4	45	24	NP	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-1	W12
5	45	24	NP	300 (Cl. 3 only)	650	650	CS-1	-
6	45	24	900	700	900	650	CS-1	G10, T2
7	45	24	NP	700	NP	NP	CS-1	S6, W10, W12
8	45	25	NP	NP	900	650	CS-1	G10, T2
9	47	26	1000	NP	NP	NP	CS-1	G4, G10, S1, T2, W13
10	47	26	1000	NP	1000	650	CS-1	G3, G10, G24, S1, T2, W6
11	47	26	NP	NP	900	650	CS-1	G10, T2
12	47	26	1000	NP	1000	650	CS-1	G10, S1, T2
13	47	26	NP	NP	1000	650	CS-1	G24, T2, W6
14	47	26	NP	NP	1000	650	CS-1	G10, T2
15	47	26	NP	NP	1000	650	CS-1	G24, T2, W6
16	48	30	900	NP	NP	NP	CS-2	G3, G10, S1, T2
17	48	30	900	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	G10, S1, T2, W12, W13
18	48	30	NP	NP	900	650	CS-2	G24, T2, W6
19	48	30	750	NP	NP	NP	CS-2	G2, G10, S10, T2, W15
20	48	30	900	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	G10, S1, T2
21	48	30	NP	700 (SPT)	900	650	CS-2	G10, T2
22	48	30	1000	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T1
23	48	30	NP	NP	900	650	CS-2	G24, T2, W6
24	48	30	1000	NP	NP	NP	CS-2	G10, S1, T1
25	48	30	NP	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	-
26	48	30	NP	NP	850	650	CS-2	G24, T2, W6
27	50	25	NP	650 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-1	-
28	50	25	850	700 (SPT)	900	650	CS-1	G10, G15, G22, S1, T2
29	50	27	NP	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-1	W12
30	50	27	NP	300 (Cl. 3 only)	650	650	CS-1	-

Fuente: Norma ASME SECCION II parte D

TABLA 2. 9: ESFUERZOS ADMISIBLES EN FUNCION A LA TEMPERATURA

Section I; Section III, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII Maximum Allowable Stress Values S for Ferrous Materials (*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)															
Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temperature, °F, Not Exceeding															
Line No.	-20	100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900
1	11.4	11.4	11.4	--	11.4	11.4	10.9	10.2	9.9	--	--	--	--	--	--
2	11.4	11.4	11.4	--	11.4	11.4	10.9	10.2	9.9	--	--	--	--	--	--
3	12.9	12.9	12.9	--	12.9	12.8	12.2	11.5	11.1	10.7	10.4	9.2	7.9	5.9	--
4	12.9	--	12.9	--	12.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	12.9	12.9	12.9	--	12.9	12.9	12.9	12.3	11.9	--	--	--	--	--	--
6	12.9	12.9	12.9	--	12.9	12.9	12.9	12.3	11.9	11.5	10.7	9.2	7.9	5.9	--
7	12.9	--	12.9	--	12.9	12.9	12.9	12.3	11.9	11.5	--	--	--	--	--
8	12.9	12.9	12.9	--	12.9	12.9	12.9	12.8	12.4	11.9	10.7	9.2	7.9	5.9	--
9	13.4	--	13.4	--	13.4	13.4	13.4	13.3	12.8	12.4	10.7	9.2	7.9	5.9	--
10	11.4	11.4	11.4	--	11.4	11.4	11.4	11.3	10.9	10.5	9.1	7.8	6.7	5.0	--
11	13.4	13.4	13.4	--	13.4	13.4	13.4	13.3	12.8	12.4	10.7	9.2	7.9	5.9	--
12	13.4	13.4	13.4	--	13.4	13.4	13.4	13.3	12.8	12.4	10.7	9.2	7.9	5.9	--
13	11.4	11.4	11.4	--	11.4	11.4	11.4	11.3	10.9	10.5	9.1	7.8	6.7	5.0	--
14	13.4	13.4	13.4	--	13.4	13.4	13.4	13.3	12.8	12.4	10.7	9.2	7.9	5.9	--
15	11.4	11.4	11.4	--	11.4	11.4	11.4	11.3	10.9	10.5	9.1	7.8	6.7	5.0	--
16	11.7	--	11.7	--	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	10.6	9.1	7.7	6.1	4.3	--
17	13.7	--	13.7	--	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	12.5	10.7	9.0	7.1	5.0	--
18	11.7	11.7	11.7	--	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	10.6	9.1	7.9	6.7	5.5	--
19	8.2	--	8.2	--	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	7.5	6.4	--	--	--	--
20	13.7	--	13.7	--	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	12.5	10.7	9.0	7.1	5.0	--
21	13.7	13.7	13.7	--	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	12.5	10.7	9.3	7.9	6.5	--

Fuente: Norma ASME SECCION II parte D

2.3.4 ASTM A36 Plancha de acero estructural

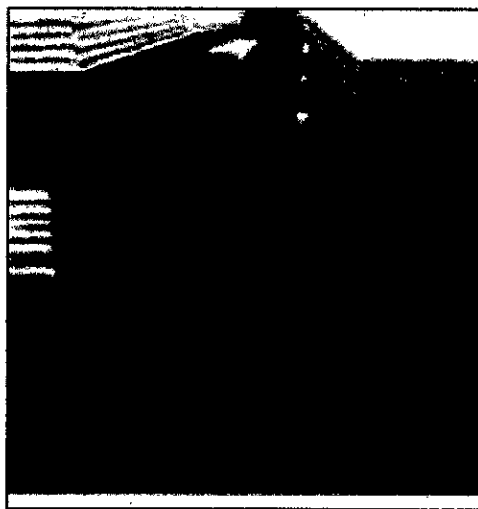
Producto de acero laminado en caliente utilizado en la fabricación de estructuras de acero para plantas industriales, almacenes, techados de grandes luces, industrial naval, carrocerías, torres de transmisión. También se utiliza para la fabricación de recipientes a presión, ver tabla 2.10, 2.11 y figura 2.23.

TABLA 2. 10: PLANCHA ESTRUCTURAL DE ACERO AL CARBONO

Plancha Estructural de Acero al Carbono de Mediana Resistencia Mecánica				
NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
ASTM A-36	25.3 min	41-56	20 min	
ASTM A-1011 SS36* Tp2	25.3 min	41-56	16 min	EN 10025-2 GRADO S 235
ASTM A-1018 SS36* Tp2	25.3 min	41-56	18 min	
JIS G-3101 SS 400	25.0 min	41-52	21 min	

Fuente: Catalogo TRADISA

FIGURA 2. 23: PLANCHA ASTM A36



Fuente: Catalogo TRADISA

TABLA 2. 11: DIMENSIONES DE PLANCHA ASTM A36

SISTEMA METRICO				TOLERANCIA ESPESOR +/- en mms	PESO TEORICO kg/pl	SISTEMA INGLES Espesor Equiv.(pulg.)
(mms)				+/- en mms	kg/pl	Espesor Equiv. (pulg.)
3.0	x	1500	x 6000	0.32 / 0.32	211.95	1/8"
4.5	x	1500	x 6000	0.50 / 0.50	317.93	3/16"
6.0	x	1500	x 6000	0.8 / 0.3	423.90	1/4"
8.0	x	1500	x 6000	0.8 / 0.3	565.20	5/16"
8.0	x	2400	x 6000	0.8 / 0.3	904.32	5/16"
9.0	x	1500	x 6000	0.8 / 0.3	635.85	3/8"
9.0	x	2400	x 6000	0.8 / 0.3	1,017.36	3/8"
12.0	x	1500	x 6000	0.8 / 0.3	847.80	1/2"
12.0	x	2400	x 6000	0.9 / 0.3	1,356.48	1/2"
16.0	x	1500	x 6000	0.8 / 0.3	1,130.40	5/8"
16.0	x	2400	x 6000	0.9 / 0.3	1,808.64	5/8"
19.0	x	1500	x 6000	0.8 / 0.3	1,342.35	3/4"
19.0	x	2400	x 6000	1.0 / 0.3	2,147.76	3/4"
20.0	x	1500	x 6000	0.8 / 0.3	1,413.00	3/4"
20.0	x	2400	x 6000	1.0 / 0.3	2,260.80	3/4"
22.0	x	1500	x 6000	1.0 / 0.3	1,554.30	7/8"
22.0	x	2400	x 6000	1.0 / 0.3	2,486.88	7/8"
25.0	x	1500	x 6000	1.0 / 0.3	1,766.25	1"
25.0	x	2400	x 6000	1.2 / 0.3	2,826.00	1"
32.0	x	1500	x 6000	1.3 / 0.3	2,260.80	1 1/4"
32.0	x	2400	x 6000	1.5 / 0.3	3,617.28	1 1/4"
38.0	x	1500	x 6000	1.5 / 0.3	2,684.70	1 1/2"
38.0	x	2400	x 6000	1.7 / 0.3	4,295.52	1 1/2"
50.0	x	1500	x 6000	1.8 / 0.3	3,532.50	2"
50.0	x	2400	x 6000	2.0 / 0.3	5,652.00	2"
63.0	x	1500	x 6000	2.3 / 0.3	4,450.95	2 1/2"
63.0	x	2400	x 6000	2.8 / 0.3	7,121.52	2 1/2"
75.0	x	1500	x 6000	2.5 / 0.3	5,298.75	3"
75.0	x	2400	x 6000	3.0 / 0.3	8,478.00	3"
100.0	x	1500	x 6000	3.3 / 0.3	7,065.00	4"
100.0	x	2400	x 6000	3.8 / 0.3	11,304.00	4"

Fuente: Catalogo TRADISA

2.3.5 ASTM A53 Material de acero para tubería

Este producto se obtiene se obtiene por el proceso de laminación en caliente. Sirve para la conducción de fluidos y gases en la minería, petroquímica, pesca y servicios en general.

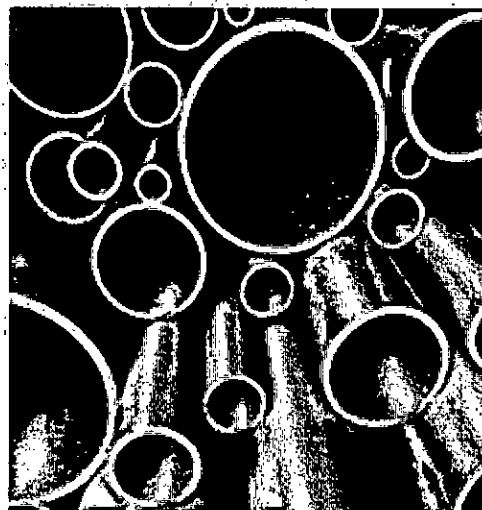
Propiedades mecánicas, ver tabla 2.12, 2.13 y figura 2.24.

TABLA 2. 12: PROPIEDADES MECANICAS ASTM A-53

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
ASTM A-53 GR-A	21 min	34 min	23 min	JIS G-3454
ASTM A-53 GR-B	25 min	42 min	18 min	JIS G-3454
ASTM A-106 GR-B	25 min	42 min	18 min	JIS G-3456
API 5L B	25 min	42 min	19 min	JIS G-3454

Fuente: Catalogo TRADISA

FIGURA 2. 24: TUBERIA ASTM A-53



Fuente: Catalogo TRADISA

TABLA 2. 13: DIMENSIONES Y PESO UNITARIO ASTM A-53

DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	ESPEJOR DE PARED	PESO NOMINAL	PRESION DE PRUEBA	
	pulg.	m.m.				n°	m.m.	Kg/m	lb/pulg.2	Kg/cm2
1/2	0.840	21.3	40	2.77	1.27	700	49.2
			80	3.73	1.62	850	60.0
3/4	1.050	26.7	40	2.87	1.69	700	49.2
			80	3.91	2.20	850	60.0
1	1.315	33.4	40	3.38	2.50	700	49.2
			80	4.55	3.24	850	60.0
1 1/4	1.660	42.2	40	3.56	3.39	1300	91.0
			80	4.85	4.47	1900	133.0
1 1/2	1.900	48.3	40	3.68	4.05	1300	91.0
			80	5.08	5.41	1900	133.0
			160	7.14	7.25	2050	140.0
2	2.375	60.3	40	3.91	5.44	2500	175.0
			80	5.54	7.48	2500	175.0
			160	8.74	11.11	2500	175.0
2 1/2	2.875	73.0	40	5.16	8.63	2500	175.0
			80	7.01	11.41	2500	175.0
3	3.500	88.9	40	5.49	11.29	2500	175.0
			80	7.62	15.27	2500	175.0
			160	11.13	21.35	2500	175.0
3 1/2	4.000	101.6	40	5.74	13.57	2370	166.0
			80	8.08	18.63	2800	196.0
4	4.500	114.3	40	6.02	16.07	2210	155.0
			80	8.56	22.32	2800	196.0
			160	13.49	33.54	2800	196.0
5	5.563	141.3	40	6.55	21.77	1950	137.0
			80	9.53	30.94	2800	196.0
6	6.625	168.3	40	7.11	28.26	1780	125.0
			80	10.97	42.56	2740	192.0
8	8.625	219.1	40	8.18	42.55	1570	110.0
			80	12.70	64.64	2430	170.0
10	10.750	273.0	40	9.27	60.29	1430	100.0
			80	15.09	95.97	2320	162.0
			STD.	9.27	60.31	1430	100.0
12	12.750	323.8	40	10.31	79.70	1340	94.0
			80	17.48	132.04	2270	159.0
			STD.	9.53	73.88	1240	87.0
14	14.000	355.6	40	11.13	94.55	1310	92.0
			80	19.05	158.10	2250	158.0
			STD.	9.53	81.33	1120	79.0
16	16.00	406.4	40	12.70	123.30	1310	92.0
			80	21.44	203.53	2220	156.0
			STD.	9.53	93.27	980	69.0
18	18.00	457.0	40	14.27	155.80	1210	92.0
			80	23.83	254.55	2190	154.0
			STD.	9.53	105.16	880	62.0
20	20.00	508.0	40	15.09	183.42	1250	88.0
			80	26.19	311.17	2170	152.0
			STD.	9.53	117.15	790	55.0

Fuente: Catalogo TRADISA

2.3.6 Normas AWS D1.1 Código de soldadura estructural

El código contiene los requerimientos para armar y fabricar estructuras soldadas de acero.

Esta sección contiene lo siguiente

- Requerimientos generales
- Diseño de conexiones soldadas
- Precalificación
- Calificación
- Fabricación
- Inspección
- Soldadura de espárragos
- Fortalecimiento y reparación

- Procesos de soldadura

Procesos precalificados

Los procesos de SMAW, GMAW Y FCAW se debe considerar como precalificados y son aprobados para su uso sin llevar a cabo ensayos de calificación.

Procesos aprobados por el código

La soldadura ESW, EGW, GTAW y GMAW, ver tabla 2.14 para las combinaciones de metal base y aporte de soldadura.

TABLA 2. 14: COMBINACIONES DE METAL BASE / APORTE

Relación	Metal(es) Base	Relación de Resistencia de Metal de Aporte Requerida
De la misma resistencia	Cualquier acero a sí mismo o cualquier acero a otro en el mismo grupo	Cualquier metal de aporte enlistado en el mismo grupo
	Cualquier acero en un grupo a cualquier acero en otro	Cualquier metal de aporte enlistado para cualquiera un grupo de menor resistencia. (Los electrodos SMAW deben ser de clasificación de bajo hidrógeno)
De resistencia menor	Cualquier acero a cualquier acero en cualquier grupo	Cualquier metal de aporte enlistado en un grupo de resistencia <u>debajo del grupo de menor resistencia</u> . (Los electrodos SMAW deben ser de clasificación de bajo hidrógeno)

Fuente: Normas AWS D1.1

Soldabilidad de aceros en función del carbono equivalente (CE)

Soldabilidad: Es la facilidad con la que un material puede ser unido o soldado

$$CE = \%C + \frac{\%Mn + \%Si}{6} + \frac{\%C + \%MO}{5} + \frac{\%Ni + \%Cu}{15} \dots\dots\dots (2.21)$$

CE: Es una medida de su tendencia a fisurarse, durante o después de la soldadura.

CE < 0.2 y 0.3 > Tienen buena soldabilidad

CE > Tienen riesgo a fisuración, se debe precalentar el material.

- **Requerimientos de la temperatura mínima de precalentamiento**

La temperatura mínima de precalentamiento debe ser suficiente para prevenir la figuración, ver tabla 2.15, figura 2.25, 2.26, 2.27 y 2.28.

TABLA 2.15: TEMPERATURA MÍNIMA DE PRECALENTAMIENTO

Tabla 3.2 Temperatura Mínima de Precalentamiento Precalificado y de Interfase (ver 3.5)							
C a t e g o r í a	Especificación de Acero	Proceso de Soldadura	Espesor de la Sección Más Gruesa en el Punto de Soldadura		Temperatura Mínima de Precalentamiento y de Interfase		
			pulg.	mm	°F	°C	
A	ASTM A 36						
	ASTM A 53	Grado B					
	ASTM A 106	Grado B					
	ASTM A 131	Grados A, B, CS, D, DS, E					
	ASTM A 139	Grado B					
	ASTM A 381	Grado Y35					
	ASTM A 500	Grado A Grado B Grado C					
	ASTM A 501			1/8 a 3/4 incl.	3 a 20 incl.	32°	0°
	ASTM A 316		SMAW con electrodos diferentes a los bajo hidrógeno	Más de 3/4 por 1-1/2 incl.	Más de 20 por 38 incl.	150	65
	ASTM A 524	Grados I & II					
	ASTM A 573	Grado 65					
	ASTM A 709	Grado 36					
	ASTM A 1008 SS	Grado 30					
		Grado 33 Tipo 1					
		Grado 40 Tipo 1					
ASTM A 1011 SS	Grado 30			Más de 1-1/2 por 2-1/2 incl.	Más de 38 por 65 incl.	225	110
	Grado 33						
	Grado 36 Tipo 1						
	Grado 40			Más de 2-1/2	Más de 65	300	150
	Grado 45						
	Grado 50						
	Grado 55						
API 5L	Grado B Grado X42						

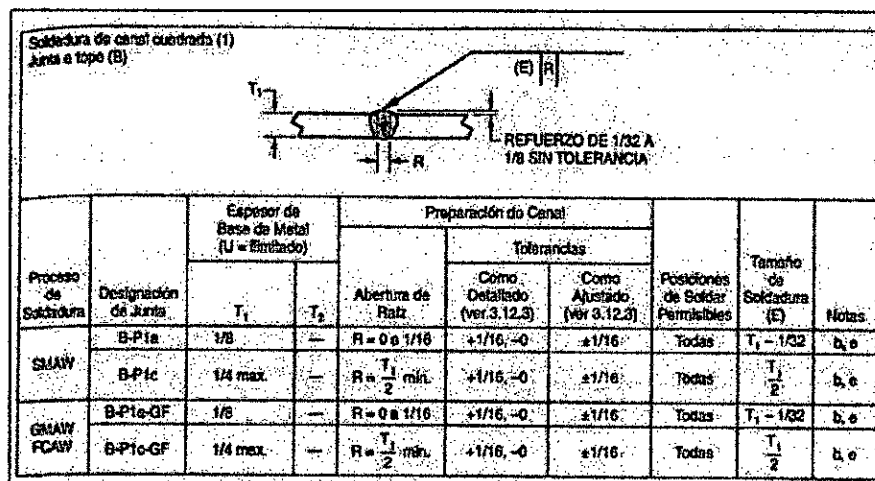
Fuente: Normas AWS D1.1

FIGURA 2. 25: LEYENDA PARA SIMBOLOGIA DE SOLDADURA

<p>Símbolo para tipos de juntas:</p> <p>B — junta tope C — junta esquina T — junta T- BC — junta esquina o de tope TC — junta T- o de esquina BTC — junta tope, T- esquina</p>	<p>Procesos de soldaduras</p> <p>SMAW — soldadura por arco con electrodo revestido GMAW — soldaduras por arco con alambre sólido y protección gaseosa FCAW — soldadura por arco con alambre tubular SAW — soldaduras por arco sumergido</p>
<p>Símbolo para espesor y penetración de metal de base.</p> <p>P — PJP L — espesor limitado-CJP U — espesor limitado-CJP</p>	<p>Posiciones de soldaduras</p> <p>P — plano H — horizontal V — vertical OH — sobrecabeza</p>
<p>Símbolo para tipos de soldaduras</p> <p>1 — de canal cuadrado 2 — de canal simple-V 3 — de canal doble-V 4 — de canal bisel simple 5 — de canal bisel doble 6 — de canal simple-U 7 — de canal doble-U 8 — de canal simple-J 9 — de canal doble-J 10 — de canal bisel curvo 11 — de canal bisel curvo-V</p>	<p>Dimensiones</p> <p>R = Abertura de Raíz α, β = Ángulo de Canal f = Curva de Raíz r = Radio de Canal J- o U- S, S₁, S₂ = Soldadura de Canal PJP Profundidad de Canal E, E₁, E₂ = Soldadura de Canal PJP Tamaños correspondiendo a S, S₁, S₂ respectivamente.</p>
<p>Símbolo para procesos de soldaduras si no son SMAW</p> <p>S — SAW G — GMAW F — FCAW</p>	<p>Designación de Junta</p> <p>Las letras en minúscula, e.g. a, b, c etc.) se usan para diferenciar las juntas que de otra forma tendrían la misma designación de junta.</p>

Fuente: Normas AWS D1.1

FIGURA 2. 26: JUNTA A TOPE



Fuente: Normas AWS D1.1

FIGURA 2. 27: REQUERIMIENTOS DE METAL APORTE

Proceso	Especificación AWS de Metal de Aporte	Electrodos Aprobados*
SMAW	A5.5	Todos los electrodos que depositan metal de soldadura que cumplan un análisis B2L, C1, C1L, C2, C2L, C3 o WX por análisis de A5.5
SAW	A5.23	Todas las combinaciones de electrodo-fundente que depositan un metal de soldadura con un análisis Ni1, Ni2, Ni3, Ni4 o WX por análisis de A.5.23
FCAW	A5.29	Todos los electrodos que depositan un metal de soldadura con un análisis B2L, K2, Ni1, Ni2, Ni3, Ni4 o WX por análisis de A5.29.
GMAW	A5.28	Todos los electrodos cuyos metales de aporte alcancen los análisis de requerimientos de composición de B2L, G ^a , Ni1, Ni2, Ni3 por análisis de A5.28.

Fuente: Normas AWS D1.1

FIGURA 2. 28: TAMAÑO MINIMO DE LA SOLDADURA

Tamaño Mínimo de Soldadura PJP Precalificado (E) (ver 3.12.2.1)		
Espesor de Metal Base ^a	Mínimo Tamaño de Soldadura ^b	
	pulg.	mm
1/8 [3] a 3/16 [5] incl.	1/16	2
Más de 3/16 [5] a 1/4 [6] incl.	1/8	3
Más de 1/4 [6] a 1/2 [12] incl.	3/16	5
Más de 1/2 [12] a 3/4 [20] incl.	1/4	6
Más de 3/4 [20] a 1-1/2 [38] incl.	5/16	8
Más de 1-1/2 [38] a 2-1/4 [57] incl.	3/8	10
Más de 2-1/4 [57] a 6 [150] incl.	1/2	12
Más de 6 [150]	5/8	16

Fuente: Normas AWS D1.1

Tipos de ensayo de la calificación

El tipo y cantidad de ensayos de calificación necesarios para calificar un WPS para un espesor dado y diámetro son los siguientes, ver tabla 2.18.

- Inspección visual
- Ensayo no destructivo
- Doblado de cara , raíz
- Tracción en la sección
- Tracción en todo el metal de soldadura

Esfuerzos de soldadura:

En el libro de Diseño de elementos de máquinas I, autor Jorge Alva se extrae las siguientes tablas 2.16, 2.17.

TABLA 2. 16: ESFUERZOS PERMISIBLES EN CORDONES DE SOLDADURA DE FILETE REFERIDOS A LOS LADOS DEL FILETE.

ELECTRODO	ESFUERZOS PERMISIBLES S_w (PSI)	
	AWS D2.0-69	AWS "Obsoleto"
E-60XX	12 700	9 600
E-70XX	14 800	11 100
E-80XX	17 000	12 800
E-90XX	19 100	14 400
E-100XX	21 200	16 000
E-110XX	23 300	17 600

Fuente: Norma AWS D2.0-69

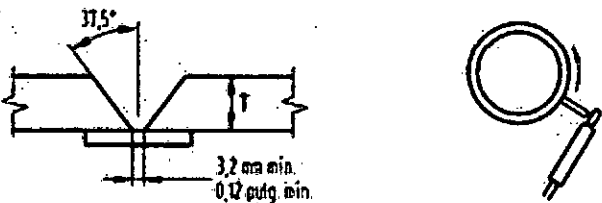
TABLA 2. 17: TAMAÑO MINIMO DEL CORDON DE FILETE

ESPESOR DE LA PLANCHA MAS GRUESA EN PULGADAS	TAMAÑO MINIMO DEL CORDON DE FILETE EN PULGADAS
$t \leq \frac{1}{4}$	1/8
$\frac{1}{4} < t \leq \frac{1}{2}$	3/16
$\frac{1}{2} < t \leq \frac{3}{4}$	1/4
$\frac{3}{4} < t \leq 1 \frac{1}{2}$	5/16
$1 \frac{1}{2} < t \leq 2 \frac{1}{4}$	3/8
$2 \frac{1}{4} < t \leq 6$	1/2
$t > 6$	5/8

NOTA: El tamaño del cordón de soldadura de filete no debe exceder del espesor de la plancha más delgada. Se pasa por alto para aquellos casos que por cálculo de esfuerzos se requiera mayor tamaño del cordón.

Fuente: Norma Diseño de Elementos de Maquina 1 Jorge Alva

TABLA 2. 18: UNIONES A TOPE USANDO ELECTRODO 6010 y 7018



Espesor de pared de la tubería T		Pases	Nº de pase (1)	Tamaño del electrodo E6010 71		Clase	Corriente (A) (cep 3)	Dirección de avance
mm	pulgadas			mm	pulgadas			
5 - 6	0,20 - 0,24	2	1 2	2,4 2,4	3/32 3/32	E6010 E7018	55 - 75 70 - 90	Vertical ascendente
6 - 10	0,24 - 0,39	4	1 2 3, 4	2,4 2,4 3,2	3/32 3/32 1/8	E6010 E7018 E7018	55 - 75 70 - 90 90 - 100	Vertical ascendente
10 - 13	0,39 - 0,51	5	1 2 3, 4, 5	2,4 2,4 3,2	3/32 3/32 1/8	E6010 E7018 E7018	55 - 75 70 - 90 90 - 110	Vertical ascendente
5 - 6	0,20 - 0,24	3	1 2, 3	2,4 2,4	3/32 3/32	E6010 E7018	55 - 75 70 - 90	Horizontal
6 - 10	0,24 - 0,39	4 - 5	1 2 3, 4, 5	2,4 2,4 3,2	3/32 3/32 1/8	E6010 E7018 E7018	55 - 75 70 - 90 90 - 110	Horizontal
10 - 13	0,39 - 0,51	6 - 7	1 2 3 - 7	2,4 2,4 3,2	3/32 3/32 1/8	E6010 E7018 E7018	55 - 75 70 - 90 90 - 110	Horizontal

Fuente: Norma AWS 10.12

2.3.7 ASME B31.3 Diseño de Tuberías de proceso

Este Código establece los requisitos para materiales y componentes, el diseño, la fabricación, el ensamblaje, la instalación, los exámenes, la inspección y pruebas de tubería. Este Código se aplica a tuberías para todo tipo de fluidos, incluidos:

- Productos químicos puros, intermedios y terminados
- Productos derivados del petróleo
- Gas, vapor, aire y agua

- Sólidos fluidizados
- Refrigerantes
- Fluidos criogénicos

Diseño de tubería

$$t_m = t + c \dots\dots\dots (2.22)$$

t_m = Espesor considerando la corrosión , erosión , resistencia mecánica

t = Espesor mínimo debido a la presión por diseño

C= Para el cálculo de sobre espesor por corrosión su valor oscila entre 1/16 y 1/8.

Para $t < D/6$

$$t = \frac{P \times D}{2 \times (SEW + P Y)} \dots\dots\dots (2.23)$$





E= Factor de calidad, ver tabla 2.19.

S= Valores de tensión admisible, ver tabla 2.20.

Y = Coeficiente, ver tabla 2.21.

W= Factor de reducción de resistencia de junta soldada, ver tabla 2.22.

TABLA 2. 19: FACTOR DE CALIDAD

Table 302.3.4 Longitudinal Weld Joint Quality Factor, E_j					
No.	Type of joint		Type of Seam	Examination	Factor, E_j
1	Furnace butt weld, continuous weld		Straight	As required by listed specification	0.60 (Note (1))
2	Electric resistance weld		Straight or spiral	As required by listed specification	0.65 (Note (1))
3	Electric fusion weld				
	(a) Single butt weld (with or without filler metal)		Straight or spiral	As required by listed specification or this Code Additionally spot radiographed in accordance with para. 341.5.1 Additionally 100% radiographed in accordance with para. 344.5.1 and Table 341.3.2	0.80 0.90 1.00
	(b) Double butt weld (with or without filler metal)		Straight or spiral (except as provided in 4(b) below)	As required by listed specification or this Code Additionally spot radiographed in accordance with para. 341.5.1 Additionally 100% radiographed in accordance with para. 344.5.1 and Table 341.3.2	0.85 0.90 1.00
4	Specific specifications				
	(a) API 5L	Submerged arc weld (SAW) Gas metal arc weld (GMAW) Combined GMAW, SAW	Straight with one or two seams Spiral	As required by specification	0.95

Fuente: Norma ASME B31.3

TABLA 2. 20: ESFUERZO ADMISIBLES MATERIAL TUBERIAS

ASME B31.3-2010

Table A-1 Basic Allowable Stresses in Tension for Metals¹ (Cont'd)
 Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Material	Spec. No.	P-No. or S-No. (5)	Grade	UNS No.	Notes	Min. Temp., °F (6)	Specified Min. Strength, ksi		Min. Temp.		
							Tensile	Yield	to 100	200	300
Carbon Steel											
Pipes and Tubes (2)											
A 285 Gr. A	A 134	1	...	...	(8b)(57)	B	45	24	15.0	14.7	14.2
A 285 Gr. A	A 672	1	A45	K01700	(57)(59)(67)	B	45	24	15.0	14.7	14.2
Butt weld Smls. & ERW	API 5L	S-1	A25	...	(8a)	-20	45	25	15.0	15.0	14.7
	API 5L	S-1	A25	...	(57)(59)	B	45	25	15.0	15.0	14.7
...	A 179	1	...	K01200	(57)(59)	-20	47	26	15.7	15.7	15.3
Type F	A 53	1	A	K02504	(8a)(77)	20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 139	S-1	A	...	(8b)(77)	A	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 587	1	...	K11500	(57)(59)	-20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 53	1	A	K02504	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 106	1	A	K02501	(57)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 135	1	A	...	(57)(59)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 369	1	FPA	K02501	(57)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	API 5L	S-1	A	...	(57)(59)(77)	B	48	30	16.0	16.0	16.0
A 285 Gr. B	A 134	1	...	...	(8b)(57)	B	50	27	16.7	16.5	15.9
A 285 Gr. B	A 672	1	A50	K02200	(57)(59)(67)	B	50	27	16.7	16.5	15.9

Fuente: Norma ASME B31.3

TABLA 2. 21: COEFICIENTE Y PARA DIFERENTES ACEROS

Material	Temperatura, °C (°F)					
	≤ 482 (900)	510 (950)	538 (1000)	566 (1050)	593 (1100)	≥ 621 (1150)
Aceros ferríticos	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Aceros austeníticos	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7
Otros metales dúctiles	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Fuente: Norma ASME B31.3

TABLA 2. 22: FACTOR DE REDUCCION DE ESFUERZO DE JUNTA W

Temperatura	W
$T \leq 510^{\circ}\text{C} (950^{\circ}\text{F})$	1,0
$T = 815^{\circ}\text{C} (1500^{\circ}\text{F})$	0,5
$510^{\circ}\text{C} (950^{\circ}\text{F}) < T < 815^{\circ}\text{C} (1500^{\circ}\text{F})$	Se debe interpolar para hallar el valor de W
$T > 815^{\circ}\text{C} (1500^{\circ}\text{F})$	El diseñador es responsable de determinar el valor de W

Fuente: Norma ASME B31.3

Prueba Hidrostática en tuberías (Ph)

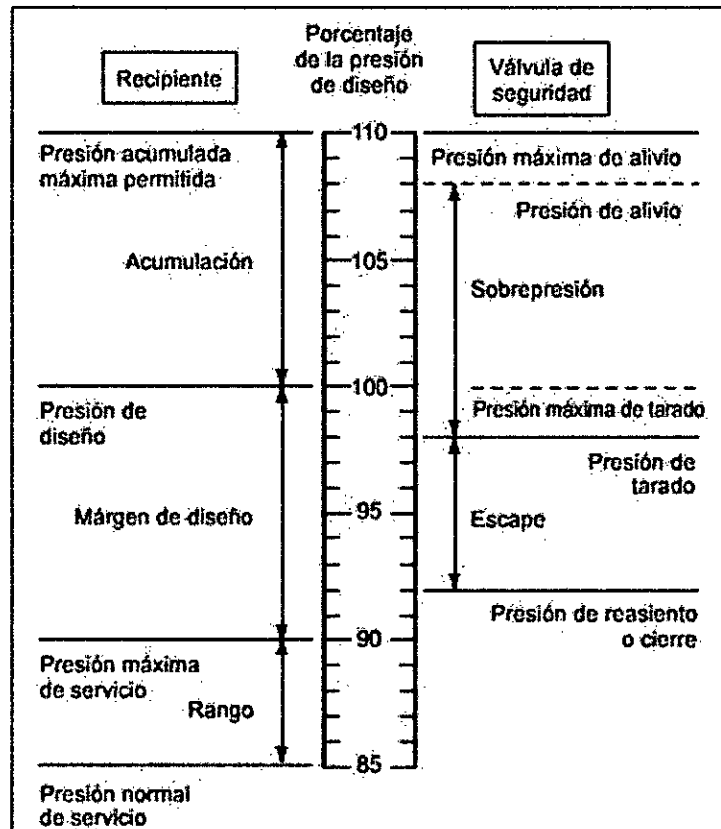
La prueba hidrostática se realiza con la finalidad de comprobar que la tubería posee la resistencia necesaria para soportar esfuerzos producidos por la presión de diseño y para verificar que la línea esté libre de fugas.

$$P_h = 1.5 \times P_d \times \frac{St}{S} \dots\dots\dots (2.24)$$

2.3.8 API 520 Selección de válvulas de seguridad para recipientes

Las válvulas de seguridad es un dispositivo empleado para alivio de presión cuando existe una sobrepresión en el sistema y esta actúa para liberar el exceso de presión, ver figura 2.29, tabla 2.23, 2.24 y 2.25.

FIGURA 2. 29: PRESIÓN EN VALVULAS DE SEGURIDAD



Fuente: Norma API 520

TABLA 2. 23: COMPARACIÓN DE NORMAS ASME Y API

API	ASME
Áreas teórica de descarga	Áreas reales físicamente medibles
Coefficiente de descarga efectivo (0.975)	Coefficiente de descarga diseñado por cada fabricante
Utilizado para costos preliminares	Utilizado para diseño final
El caudal obtenido no puede estar en la información de la placa de identificación	El caudal obtenido puede estar en la información de la placa de identificación
Las áreas por ser teóricas no tienen validez legal	Las áreas reales si tienen validez legal
No puede certificarse en el National Board	Puede certificarse en el National Board

Fuente: elaboración propia

TABLA 2. 24: ORIFICIOS DE VALVULAS DE SEGURIDAD

Orificios	Área (cm²)	
	API	Atual (ASME)
D	0.71	0.99
E	1.26	1.69
F	1.98	2.41
G	3.24	3.43
H	5.06	5.43
J	8.30	8.86
K	11.80	12.68
L	18.40	19.71
M	23.20	24.79
N	28.00	29.90
P	41.10	44.04
Q	71.30	76.16
R	103.20	110.10
T	167.70	178.79

Fuente: Norma API 526

TABLA 2. 25: DIMENSIONES VALVULAS DE SEGURIDAD

Orificio	Tamaño		Clase	A	B	C		D	Peso
	Entrada	Salida				Convencional	Balaceada		
D	1"	2"	150 x 150	104.8	114.3	430	475	27	18
			300 x 150	104.8	114.3	430	475	33	19
	1½"	2"	900 x 300	104.8	139.7	440	485	49	30
			1500 x 300	139.7	177.8	620	665	60	50
E	1"	2"	150 x 150	104.8	114.3	430	475	27	18
			300 x 150	104.8	114.3	430	475	33	19
	1½"	2"	900 x 300	104.8	139.7	440	485	49	30
			1500 x 300	139.7	177.8	620	665	60	50
F	1½"	2"	150 x 150	123.8	120.7	460	495	30	22
			300 x 150	123.8	120.7	460	495	36	23
	1½"	3"	300 x 150*	123.8	152.4	460	495	36	25
			600 x 150	123.8	165.1	526	526	49	40
G	1½"	3"	1500 x 300	139.7	177.8	640	640	60	52
			150 x 150	123.8	120.7	476	476	30	27
	2"	3"	300 x 150	123.8	120.7	476	476	37	28
			300 x 150*	123.8	152.4	476	476	38	29
H	1½"	3"	600 x 150	123.8	165.1	526	526	49	40
			900 x 300	123.8	171.5	640	640	59	60
	2"	3"	1500 x 300	155.6	171.5	640	640	70	65
			2500 x 300	155.6	171.5	640	640	70	65
I	1½"	3"	150 x 150	130.2	123.8	485	485	31	26
			300 x 150	130.2	123.8	485	485	37	28
	2"	3"	300 x 150	130.2	123.8	485	485	39	30
			600 x 150	154	161.9	555	555	44	42
J	2"	3"	900 x 150	154	161.9	555	555	54	45
			1500 x 300	154	161.9	640	640	54	52
	3"	4"	150 x 150	136.5	123.8	490	490	32	32
			300 x 150	136.5	123.8	490	490	39	34
K	3"	4"	300 x 150	184.2	181	586	596	45	52
			600 x 150	184.2	181	680	680	49	62
	3"	6"	900 x 150	184.2	181	680	680	54	65
			1500 x 300	184.2	181	680	680	63	80
L	3"	4"	150 x 150	155.6	161.9	600	600	35	55
			300 x 150	155.6	161.9	600	600	44	58
	3"	6"	300 x 150*	155.6	161.9	650	650	44	58
			600 x 150	155.6	161.9	650	650	49	60
3"	6"	900 x 150	184.2	181	680	680	49	62	
		1500 x 300	198.4	215.9	785	785	54	85	
M	3"	6"	1500 x 300	196.9	215.9	797	797	63	95
			1500 x 300	196.9	215.9	797	797	63	95

Fuente: Catalogo SV80H spirax sarco

2.3.9 API 2000 Venteo de tanques

El venteo debe ser diseñado y calculado con la finalidad de que dentro del tanque no se generen grandes variaciones en su presión interna al ser llenado o vaciado.

El venteo no debe ser en ningún caso un diámetro nominal de 45 mm, ver tabla 2.27.

Caudal de venteo

$$\frac{m^3}{h} = 208.2 \times F \times A^{0.82} \dots\dots\dots (2.25)$$

Donde:

F= Factor F, ver tabla 2.26

A = Área en pulg²

TABLA 2. 26: FACTOR F DE LA TABLA 4B

Table 4B—Environmental Factors for Nonrefrigerated Aboveground Tanks B. Metric Units			
Tank Design/Configuration	Insulation Conductance (Watts/m ² °K)	Insulation Thickness (cm)	F Factor
Bare metal tank	—	0	1.0
Insulated tank ^a	22.7	2.5	0.3
" "	11.4	5	0.15
" "	5.7	10	0.075
" "	3.8	15	0.05
" "	2.8	20	0.0375
" "	2.3	25	0.03 ^b
" "	1.9	30	0.025 ^b
Concrete tank or fireproofing	—	—	(see note c)
Water-application facilities ^d	—	—	1.0
Depressuring and emptying facilities ^e	—	—	1.0
Underground storage	—	—	0
Earth-covered storage above grade	—	—	0.03
Impoundment away from tank ^f	—	—	0.5

Fuente: Norma API 2000

TABLA 2. 27: CAPACIDAD DE VENTEO NORMAL

Capacidad de venteo normal para efectos térmicos. (API 2000, 2009)							
Barriles (Bls)	Inbreathing (SCFH Aire)	Inbreathing (Nm ³ /hr)	Outbreathing		Outbreathing		
			(SCFH Aire)		(Nm ³ /hr)		
			Flah Point ≥ 100 °F Pro. Ebullición ≥ 300 °F	Flah Point < 100 °F Pro. Ebullición < 300 °F	Flah Point ≥ 100 °F Pro. Ebullición ≥ 300 °F	Flah Point < 100 °F Pro. Ebullición < 300 °F	
60,00	60,00	1,69	40,00	60,00	1,01	1,69	
100,00	100,00	3,37	60,00	100,00	2,02	3,37	
500,00	500,00	16,90	300,00	500,00	10,10	16,90	
1.000,00	1.000,00	33,70	600,00	1.000,00	20,20	33,70	
2.000,00	2.000,00	50,60	1.200,00	2.000,00	30,30	50,60	
3.000,00	3.000,00	84,30	1.800,00	3.000,00	50,60	84,30	
4.000,00	4.000,00	118,00	2.400,00	4.000,00	70,80	118,00	
5.000,00	5.000,00	169,00	3.000,00	5.000,00	101,00	169,00	
10.000,00	10.000,00	253,00	6.000,00	10.000,00	152,00	253,00	
15.000,00	15.000,00	337,00	9.000,00	15.000,00	202,00	337,00	
20.000,00	20.000,00	506,00	12.000,00	20.000,00	303,00	506,00	
25.000,00	24.000,00	536,00	15.000,00	24.000,00	388,00	536,00	
30.000,00	28.000,00	647,00	17.000,00	28.000,00	472,00	647,00	
35.000,00	31.000,00	787,00	19.000,00	31.000,00	537,00	787,00	
40.000,00	34.000,00	896,00	21.000,00	34.000,00	602,00	896,00	
45.000,00	37.000,00	1.003,00	23.000,00	37.000,00	646,00	1.003,00	
50.000,00	40.000,00	1.077,00	24.000,00	40.000,00	682,00	1.077,00	
60.000,00	44.000,00	1.136,00	27.000,00	44.000,00	726,00	1.136,00	
70.000,00	48.000,00	1.210,00	29.000,00	48.000,00	807,00	1.210,00	
80.000,00	52.000,00	1.345,00	31.000,00	52.000,00	888,00	1.345,00	
90.000,00	56.000,00	1.480,00	34.000,00	56.000,00	969,00	1.480,00	
100.000,00	60.000,00	1.615,00	36.000,00	60.000,00	1.047,00	1.615,00	
120.000,00	68.000,00	1.745,00	41.000,00	68.000,00	1.126,00	1.745,00	
140.000,00	75.000,00	1.877,00	45.000,00	75.000,00	1.307,00	1.877,00	
160.000,00	82.000,00	2.179,00	50.000,00	82.000,00	1.378,00	2.179,00	

Fuente: Norma API 2000

2.3.10 ASTM C547 Aislamiento térmico Lana mineral

Esta especificación cubre el aislamiento de fibra mineral producido para formar cilindros huecos para tubo y tubería estándar. Tamaños.

El aislamiento de tubería de fibra mineral puede ser moldeado.

Para uso en temperaturas de hasta 1200 ° F (650 ° C).

Clasificación

Los productos cubiertos por esta especificación se clasifican:

- Tipo I-Moldeado, para uso a 850°F (454°C).
- Tipo II-Moldeado, para uso a 1200°F (650 ° C).
- Tipo III - Ranura en V de precisión, para uso a 1200°F (650 ° C).

Materiales y fabricante

Composición

El aislamiento de fibra mineral para tuberías se fabricará a partir de sustancias minerales tales como roca, escoria o vidrio, procesados desde un estado fundido en forma fibrosa con aglutinante. El amianto no se utilizará como ingrediente o parte componente. Algunos productos también pueden contener adhesivo.

Cubiertas (revestimientos):

El usuario de esta especificación tiene opción para especificar que el aislamiento sea revestido, ver tabla 2.28.

TABLA 2. 28: AISLAMIENTO LANA MINERAL

TABLE 1 Requirements of Mineral Fiber Pipe Insulation			
Property	Type I	Type II	Type III
Use temperature, max. °F (°C)	850 (454)	1200 (650)	1200 (650)
Seg. resistance, max. % thickness change	5	5	5
Density, minimum, lb/ft ³ (kg/m ³)	3 (48)	6 (96)	6 (96)
Linear shrinkage (length), max. % change after change after soaking heat at maximum use temperature	2	2	2
Water vapor sorption, max. % by weight	5	5	5
Surface burning characteristics, max			
Flame spread index	25	25	25
Smoke developed index	50	50	50
Apparent thermal conductivity, max. Btu.in./h.ft ² .°F (W/m.K)			
Mean temperature ^a			
°F (°C)			
100 (38)	0.25 (0.036)	0.25 (0.036)	0.25 (0.036)
200 (93)	0.31 (0.045)	0.31 (0.045)	0.31 (0.045)
300 (149)	0.40 (0.058)	0.37 (0.053)	0.37 (0.053)
400 (204)	0.51 (0.073)	0.45 (0.065)	0.45 (0.065)
500 (260)	0.64 (0.092)	0.54 (0.078)	0.54 (0.078)
600 (316)		0.65 (0.094)	0.65 (0.094)
700 (371)		0.77 (0.111)	0.77 (0.111)

Fuente: Norma ASTM C547

Aplicaciones de aislamiento térmico

FIGURA 2. 31: LANA MINERAL TANQUES

LANA PARA COLCHONETA

Lana mineral de vidrio biosoluble, elaborada en forma de mantas resistentes y elásticas, que se aglutinan entre sí por medio de resinas de fraguado termoestable.

USOS

En equipos industriales de calefacción con superficies irregulares y partes salientes como juntas, bridas y cabezas de remaches. Igualmente se hacen excelentes trabajos en hornos industriales, chimeneas y muchos otros equipos.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

COEFICIENTE TÉRMICO (CONDICIONES NORMALES)	LÍMITES DE OPERACIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (CONDICIONES)	CARACTERÍSTICAS DE COMBUSTIÓN DE LA SUPERFICIE	ABSORCIÓN DE VAPORES DE AGUA
0.033 W/m. ² C (24°C Temp. Media) Valor típico (0.23 BTU.in./hr.ft. ² .°F a 75°F Temp. Media)	Max. 538°C (1000°F)	Cumple los requerimientos	F5/SD 25/50 ASTM E 84 UL 723	<2% en peso a 120°F (49°C) 95% RH

Fuente: Catalogo FIBERGLASS

2.4 Definición de términos básicos

- **Vapor:**

Es formado cuando el agua pasa de fase líquida a vapor.

- **Condensación:**

La condensación es el cambio de fase de la materia que se encuentra en forma de vapor y pasa a líquida.

- **Dureza:**

Es la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio.

- **Presostato**

Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

- **Recipiente a presión**

Un recipiente a presión es un contenedor diseñado para contener fluidos (gases o líquidos) a presión mayor que la presión atmosférica.

- **Trampa de vapor**

Válvula automática que permite que el condensado sea descargado del sistema pero sin dejar escapar el vapor.

- **Bomba de desplazamiento positivo**

Equipo hidrostático que bombea un volumen definido independiente de las revoluciones del motor.

CAPÍTULO III

III. VARIABLES E HIPOTESIS

3.1 Variables de investigación

Se definen las siguientes variables del informe de tesis:

- VI : bomba desplazamiento positivo operada con vapor
- VD : Purgas de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco

3.2 Operacionalización de las variables

TABLA 3. 1: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE		
Bomba de desplazamiento positivo operada con vapor	Bomba	Capacidad
		Componentes
	Purgas de secadores	Aprovechamiento de las purgas
VARIABLE DEPENDIENTE		
Recuperación de purgas de los secadores rotatubo y rotadisco	Condensado	Caudal de condensado
	Producción de harina de pescado	Producción
		Ahorro económico
		Índice de productividad

Fuente: elaboración propia

3.2.1 Definición conceptual

a) Bomba desplazamiento positivo operada con vapor

Recipiente a presión que sirve para el desplazamiento de un líquido a través del uso del vapor como fuerza de accionamiento.

b) Recuperación de purgas de los secadores

Proceso del aprovechamiento de las purgas de condensado que se envía al desagüe hacia el sistema de generación de vapor para reducir costos de tratamiento de agua y costos de combustible.

3.3 Hipótesis

3.3.1 Hipótesis general

- El diseño de una bomba de desplazamiento positivo operada con vapor permitirá recuperar las purgas de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco en la producción de harina de pescado.

3.3.2 Hipótesis específica

- la capacidad y componentes de la bomba de desplazamiento positivo se determina mediante la evaluación del caudal de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco.
- El aprovechamiento de las purgas de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco genera un ahorro económico en la producción de harina de pescado.

CAPÍTULO IV

IV. METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

En la presente tesis se está aplicando la **investigación descriptiva - aplicada**.

Es descriptiva ya que menciona todo el proceso productivo actual de la planta de producción de harina de pescado y de los equipos en funcionamiento.

Es aplicada debido ya que utilizará conocimientos prácticos obtenidos de los cursos como mecánica de fluidos, termodinámica, diseño de máquinas y automatización industrial.

4.2 Diseño de la investigación

Diseño no experimental debido a que tomaremos datos experimentales como temperatura, caudal y presión para el diseño de la bomba a través de la elaboración de planos mecánicos, eléctricos y propuesta económica, mas no se considera la fabricación del equipo.

Se tomará como patrón de diseño, el catálogo de una bomba existente SPIRAX SARCO.

4.2.1 Parámetros básicos de investigación

Planta de harina de pescado

- Primera etapa de secado

Secador N°1

Tipo	:	Secador Rotadisco
Marca	:	HAARSLEY
Capacidad teórica de evaporación	:	5000 kg/h
Presión de trabajo	:	4.5 barg
Temperatura de Calentamiento	:	155.5 °C
Consumo de vapor	:	8084 kg/h
Flujo de condensado	:	4850 kg/h
Flujo másico de purga (m_{p1})	:	3234 kg/h

Secador N°2

Tipo	:	Secador Rotadisco
Marca	:	HAARSLEY
Capacidad teórica de evaporación	:	5000 kg/h
Presión de trabajo	:	4.5 barg
Temperatura de Calentamiento	:	155.5 °C
Consumo de vapor	:	7941 kg/h
Flujo de condensado	:	4765 kg/h
Flujo másico de purga (m_{p2})	:	3177 kg/h

- Segunda etapa de secado

Secador N°3

Tipo	:	Secador Rotatubo
Marca	:	HAARSLEY
Capacidad de evaporación	:	5500 kg/h
Presión de trabajo	:	4.5 bar
Temperatura de Calentamiento	:	155.5 °C
Consumo de vapor	:	6510 kg/h
Flujo de condensado	:	3906 kg/h
Flujo másico de purga (m_{p3})	:	2604 kg/h

Secador N°4

Tipo	:	Secador Rotatubo
Marca	:	HAARSLEY
Capacidad de evaporación	:	5500 kg/h
Presión de trabajo	:	4.5 bar
Temperatura de Calentamiento	:	155.5 °C
Consumo de vapor	:	6510 kg/h
Flujo de condensado	:	3906 kg/h
Flujo másico de purga (m_{p4})	:	2604 kg/h

Secador N°5

Tipo	:	Secador Rotatubo
Marca	:	HAARSLEY
Capacidad de evaporación	:	5500 kg/h
Presión de trabajo	:	4.5 bar
Temperatura de Calentamiento	:	155.5 °C
Consumo de vapor(mv)	:	6510 kg/h
Flujo de condensado (mc)	:	3906 kg/h
Flujo másico de purga (m_{p5})	:	2604 kg/h

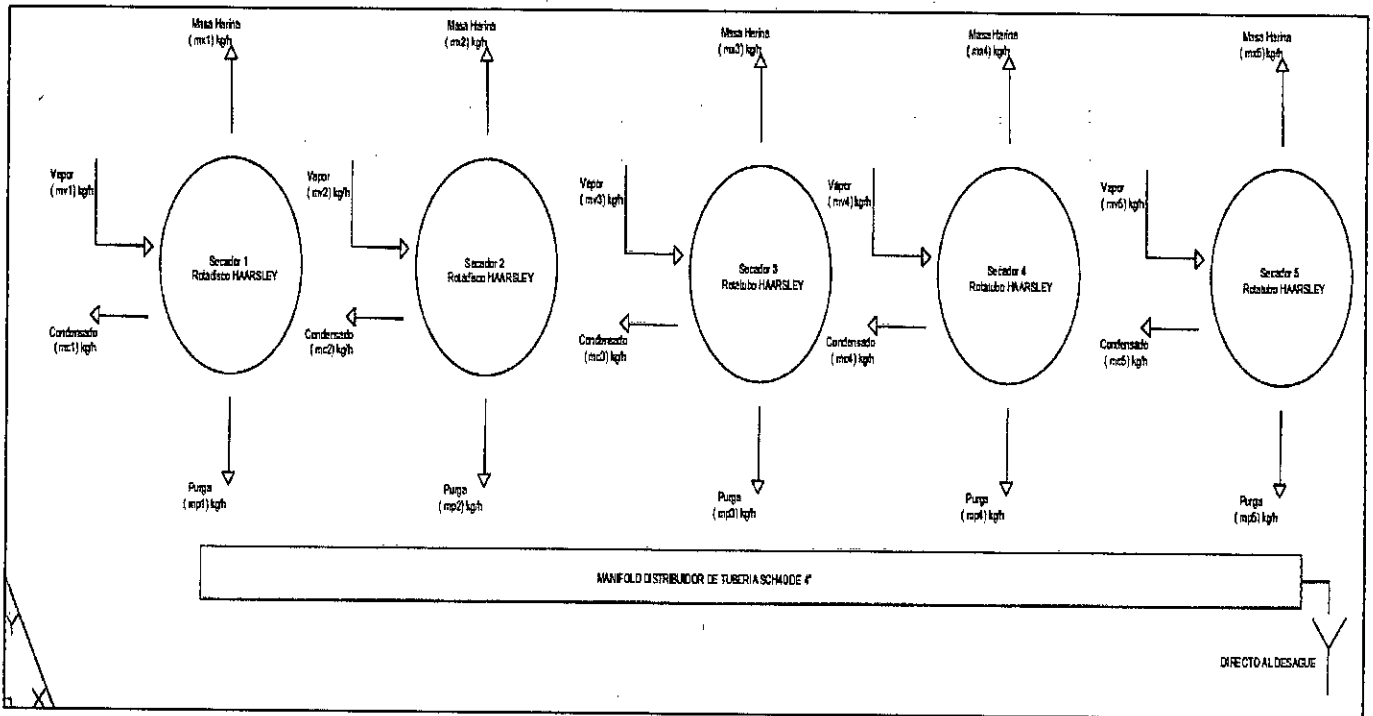
4.2.2 Diseño de la bomba desplazamiento positivo

A. Diseño de la bomba

Flujo másico de purgas de secadores

Se suman los flujos másicos de los 5 secadores a vapor, ver figura 4.1.

FIGURA 4. 1 ESQUEMA DE CONSUMO DE VAPOR DE LOS SECADORES ACTUALES



Fuente: elaboración propia

$$\dot{m}_{p\text{total}} = \dot{m}_{p1} + \dot{m}_{p2} + \dot{m}_{p3} + \dot{m}_{p4} + \dot{m}_{p5} \dots (4.1)$$

$$\dot{m}_{p\text{total}} = 3234 + 3177 + 2604 + 2604 + 2604$$

$$\dot{m}_{p\text{total}} = 14223 \text{ kg/h}$$

$$T = 100^\circ\text{C y Densidad} = 958.4 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{V}_{p\text{total}} = \frac{\dot{m}_{p\text{total}}}{\text{Densidad}} \dots (4.2)$$

$$\dot{V}_{p\text{total}} = 14.84 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 14840 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

A.1. Determinación del volumen efectivo de la bomba (VE (litros))

A.1. Determinación del volumen efectivo de la bomba (VE (litros))

Se asume # de ciclos de bombeo inicial

Ciclos de bombeo = 1 Ciclo / minuto

Ciclos de bombeo = 60 Ciclo / hora

De la ecuación (4.2):

$$V_E = \frac{\dot{V}_{p\text{total}}}{60 \text{ Ciclo / hora}} = \frac{14840 \text{ litros/h}}{60 \frac{\text{Ciclos}}{h}} = 247.33 \text{ L}$$

La bomba será llenada hasta un 75% de capacidad debido a que se tendrá un espacio libre 25% para la instalación del control de nivel tipo varillas.

V_b: Volumen de la bomba

$$V_b = \frac{V_E}{0.75} = \frac{247.33}{0.75} = 329.77 \text{ L}$$

V_{db}: Volumen de diseño de la bomba

$$V_{db} = V_b + \Delta V$$

Donde:

$$\Delta V = \alpha \times V_b \times \Delta T$$

$$\Delta T = 175 - 25 = 150^\circ\text{C}$$

Coefficiente de dilatación volumétrica del acero: $\alpha = 8 \times 10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

$$V_{db} = V_b + \Delta V = V_b \times (1 + \alpha \times \Delta T) \dots\dots\dots (4.3)$$

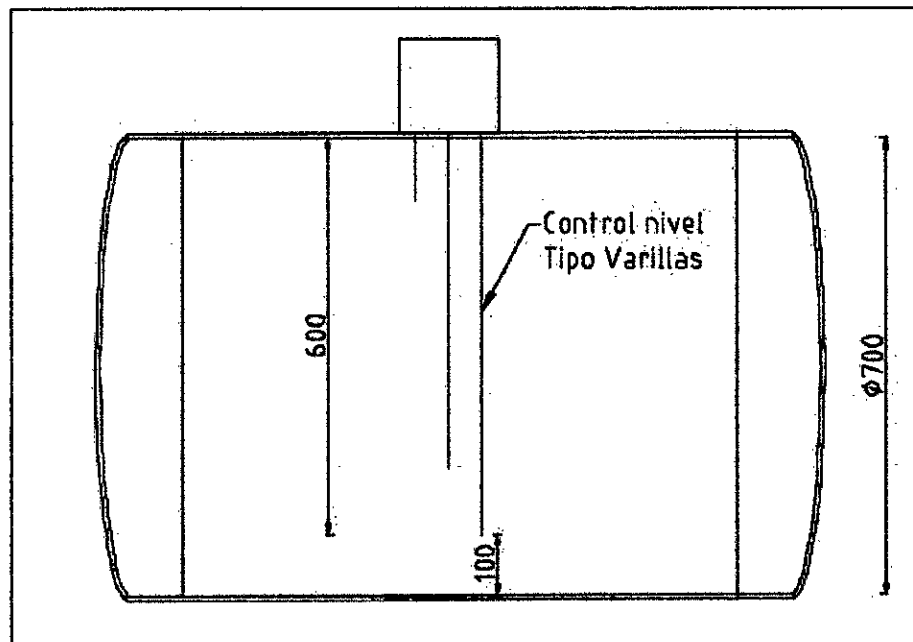
$$V_{db} = 329.77 \text{ L} \times \left(1 + 8 \times 10^{-4} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \times 150^{\circ}\text{C} \right)$$

$$V_{db} = 329.77 \text{ L} \times \left(1 + 8 \times 10^{-4} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \times 150^{\circ}\text{C} \right)$$

$$V_{db} = 369.3424 \text{ L}$$

La varilla para el control de nivel el lado común tiene 600 mm de largo y necesita 100 mm de altura de agua, ver figura 4.2.

FIGURA 4. 2 DIAMETRO DEL RECIPIENTE



Fuente: elaboración propia

Se determina el siguiente diámetro

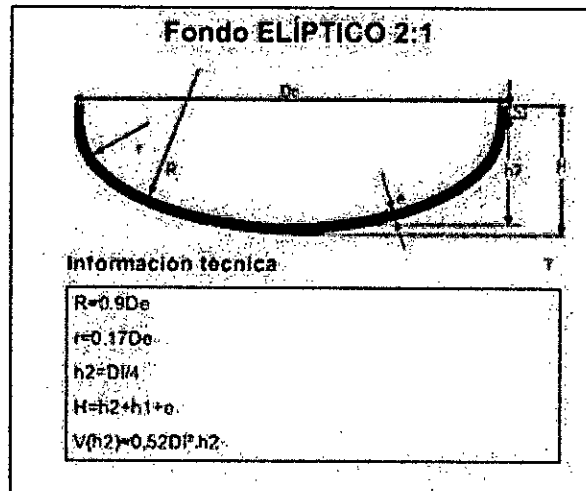
$$DI = \text{Longitud de la varilla} + \text{Altura de agua} = 600 + 100$$

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

Volumen de las tapas

Se consideran tapas elípticas, ver figura 4.3.

FIGURA 4. 3 TAPA ELIPTICA



Fuente: elaboración propia

$$V_{TAPA} = 0.52 \times D_i^2 \times H_2 \dots\dots\dots (4.4)$$

$$H_2 = \frac{D_i}{4} = \frac{700}{4} = 175 \text{ mm} = 0.175 \text{ m}$$

$$V_{TAPA} = 0.52 \times 0.7^2 \times 0.175 = 0.04459 \text{ m}^3 = 44.59 \text{ lt}$$

$$V_{BOMBA} = V_{CUERPO \text{ CILINDRICO}} + 2V_{TAPA} \dots\dots\dots (4.5)$$

$$369.3424 \text{ L} = V_{CUERPO \text{ CILINDRICO}} + 2 \times 44.59 \text{ lt}$$

$$V_{CUERPO \text{ CILINDRICO}} = 280.16 \text{ lt}$$

$$V_{CUERPO \text{ CILINDRICO}} = \frac{\pi}{4} \times D_i^2 \times H_1 = 280.16 \text{ lt} = 0.28016 \text{ m}^3$$

$$\frac{\pi}{4} \times 0.7^2 \times H_1 = 0.28016 \text{ m}^3$$

$$H_1 = 0.737 \text{ m}$$

Se redondea para en el proceso de fabricación

$$H_1 = 0.8 \text{ m}$$

Se determina el volumen real de la bomba

$$V_{\text{CUERPO CILINDRICO}} = \frac{\pi}{4} \times D_i^2 \times H_1 = \frac{\pi}{4} \times 0.7^2 \times 0.8$$

$$V_{\text{CUERPO CILINDRICO}} = 307.87 \text{ lt}$$

$$V_{\text{TAPA}} = 44.59 \text{ lt}$$

$$V_{\text{BOMBA}} = V_{\text{CUERPO CILINDRICO}} + 2V_{\text{TAPA}}$$

$$V_{\text{BOMBA}} = 307.87 \text{ lt} + 2 \times 44.59 \text{ lt}$$

$$V_{\text{BOMBA}} = 397.05 \text{ lt}$$

$$V_E = V_{\text{BOMBA}} \times 0.75$$

$$V_E = 397.05 \text{ L} \times 0.75$$

$$V_E = 297.7875 \text{ lt}$$

A.2. Determinación de espesores de cuerpo y tapa

- Utilizando la norma ASME SECCION VIII división UG27

Cuando $t < R/2$ ó $P < 0,385 SE$,

De la ecuación 2.14:

$$t = \frac{P.R}{SE - 0,6P}$$

$$t_{\text{cuerpo}} = t + \text{corrosión} = t + 0.125$$

Di = 700 mm = 27.56 pulg y Ri = 13.78 pulg

Pt = 8 barg = 120 Psig = presión existente de vapor en la red

Pd = 120 + 30 = 150 Psig

T = 175 °C

E = 0.7 ver Tabla 2.6

S = 16600 PSI ver tabla 4.1, 4.2 y 4.3.

TABLA 4.1 TABLA 1A PROPIEDADES MATERIALES

Table 1A (Cont'd) Section I, Section III, Classes 2 and 3,* Section VIII, Division 1; and Section XII Maximum Allowable Stress Values S for Ferrous Materials (*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)									
Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	Alloy	Class/	Size/Thickness, in.	P-No.	Group No.
					Desig./UNS No.	Condition/ Temper.			
1	Carbon steel	Wld. pipe	SA-134	A283C	K02401	..	..	1	1
2	Carbon steel	Plate	SA-283	C	K02401	..	..	1	1
3	Carbon steel	Plate	SA-285	C	K02801	..	..	1	1
4	Carbon steel	Smb. & wld. pipe	SA-333	1	K03000	..	..	1	1
5	Carbon steel	Smb. & wld. tube	SA-334	1	K03000	..	..	1	1
6	Carbon steel	Wld. tube	SA-334	1	K03000	..	..	1	1
7	Carbon steel	Plate	SA-516	55	K01600	..	..	1	1
8	Carbon steel	Smb. pipe	SA-524	B	K02104	..	..	1	1
9	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	C455	K02801	..	..	1	1
10	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	G355	K02202	..	..	1	1
11	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	A55	K02801	..	..	1	1
12	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	B55	K02801	..	..	1	1
13	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	C55	K01600	..	..	1	1
14	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	D55	K02202	..	..	1	1
15	Carbon steel	Sheet	SA-414	C	K02503	..	..	1	1
16	Carbon steel	Plate	SA/EN 10028-3	P275N1	..	..	≤ 2 1/4	1	1
17	Carbon steel	Bar	SA-36	..	K02600	..	..	1	1
18	Carbon steel	Plate, sheet	SA-36	..	K02600	..	..	1	1
19	Carbon steel	Plate, sheet	SA-662	A	K01701	..	..	1	1
20	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/BS 2062	E250A	..	..	t > 1 1/2	1	1
21	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/BS 2062	E250B	..	..	t > 1 1/2	1	1
22	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/BS 2062	E250C	..	..	t > 1 1/2	1	1

Fuente: Norma ASME SECCION II parte D

TABLA 4. 2 PROPIEDADES MATERIALES Y RESTRICCIONES

Table 1A (Cont'd) Section I; Section III, Classes 2 and 3; Section VIII, Division 1; and Section XII Maximum Allowable Stress Values S for Ferrous Materials (*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)								
Applicability and Max. Temperature Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only)								
Line No.	Min. Tensile Strength, ksi	Min. Yield Strength, ksi	I	II	VIII-1	XII	External Pressure Chart No.	Notes
1	55	30	NP	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	W12
2	55	30	NP	300 (Cl. 3 only)	650	650	CS-2	
3	55	30	900	700	900	650	CS-2	G10, S1, T2
4	55	30	NP	700	650	650	CS-2	W12, W14
5	55	30	NP	700	650	650	CS-2	W12, W14
6	55	30	NP	NP	650	650	CS-2	G24, W6
7	55	30	650	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2
8	55	30	NP	NP	1000	650	CS-2	G10, T2
9	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
10	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
11	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
12	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
13	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
14	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
15	55	33	NP	700	900	650	CS-2	G10, T1
16	S65		NP	NP	400	400	CS-2	G10, G18
17	S8	36	650	620 (SPT)	900	650	CS-2	G10, G15, T1
18	S8	36	NP	700	650	650	CS-2	G9, G10, T1
19	S8	40	NP	NP	700	650	CS-2	T1
20	S95	324	NP	NP	650	650	CS-2	
21	S95	324	NP	NP	650	650	CS-2	
22	S95	324	NP	NP	650	NP	CS-2	

Fuente: Norma ASME SECCION II parte D

TABLA 4. 3 ESFUERZOS ADMISIBLES DE MATERIALES

Table 1A (Cont'd) Section I; Section III, Classes 2 and 3; Section VIII, Division 1; and Section XII Maximum Allowable Stress Values S for Ferrous Materials (*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)														
Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temperature, °F, Not Exceeding														
Use to No.	100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900
1	15.7		15.7		15.7									
2	15.7	15.7	15.7		15.7	15.7	15.7	15.3	14.8					
3	15.7	15.7	15.7		15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9
4	15.7		15.7		15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3				
5	15.7		15.7		15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3				
6	13.4	13.4	13.4		13.4	13.4	13.4	13.0	12.6					
7	15.7	15.7	15.7		15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9
8	15.7	15.7	15.7		15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9
9	15.7		15.7		15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3				
10	15.7		15.7		15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3				
11	15.7		15.7		15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3				
12	15.7		15.7		15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3				
13	15.7		15.7		15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3				
14	15.7		15.7		15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3				
15	15.7	15.7	15.7		15.7	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	13.6	11.0	8.7	5.9
16	16.6	16.6	16.6		16.6	16.6								
17	16.6	16.6	16.6		16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
18	16.6		16.6		16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	15.6				
19	16.6	16.6	16.6		16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	15.6				
20	17.0		17.0		17.0	17.0	17.0	17.0	16.5					
21	17.0		17.0		17.0	17.0	17.0	17.0	16.5					
22	17.0		17.0		17.0	17.0	17.0	17.0	16.5					

Fuente: Norma ASME SECCION II parte D

$$t = \frac{150 \times 13.78}{16600 \times 0.7 - 0.6 \times 150} = 0.179$$

$$t_{\text{cuerpo}} = 0.179 + 0.125 = 0.3042 \text{ pulg}$$

De la Tabla 2.11

Se escoge la plancha de espesor $3/8'' = 0.375$ pulg

- Verificando por presión externa UG 28

Para $t = 3/8'' = 9$ mm

$$D_o = D_i + 2t = 700 + 2 \times 9 = 718 \text{ mm} = 28.26 \text{ pulg.}$$

$$L = H_1 + 2 \times H_2/3 = 700 + 2 \times 175/3 = 816.67 \text{ mm} = 32.15 \text{ pulg.}$$

Se reemplaza en las siguientes ecuaciones

$$\frac{D_o}{t} = \frac{28.26}{0.375} = 75.36$$

$$\frac{L}{D_o} = \frac{32.15}{28.26} = 1.14$$

De la figura 2.21 (D_o/t y L/D_o) se encuentra $A = 0.0015$

De la figura 2.22 (A y T) se encuentra $B = 13500$

Reemplazando

De la ecuación (2.16) y (2.17):

$$P_{\text{externa máxima admisible}} = \frac{4 \times 13500}{3 \times 75.36} = 238.8 \text{ PSI}$$

$$P_{\text{externa máxima admisible}} > 15 \text{ PSI}$$

- Cálculo del espesor de las tapas

Se selección tapas elípticas ASME SECCION VIII división UG32

Formula por presión interna

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P} \dots\dots\dots (4.6)$$

$$t = \frac{150 \times 27.56}{2 \times 16600 \times 0.7 - 0.2 \times 150} = 0.178$$

$$t_{tapa} = t + 0.125$$

$$t_{tapa} = 0.178 + 0.125 = 0.303$$

De la tabla 2.11

Se escoge la plancha de espesor 3/8" = 0.375 pulg = 9 mm

Verificando el espesor por presión externa

Se selección tapas elípticas ASME SECCION VIII división UG33

Formula por presión externa

$$A = \frac{0.125}{R_o/t} = \frac{0.125}{13.78/0.375} = 0.003$$

De la figura 2.22 (A y T) se encuentra B = 14000

$$P_{externa\ máxima\ admisible} = \frac{B}{R_o/t} = \frac{14000}{13.78/0.3125} = 317.48\ PSI$$

$$P_{externa\ máxima\ admisible} > 15\ PSI$$

Cumple por presión externa el espesor

B. Diseño del tanque receptor

B.1. Capacidad del tanque receptor

El tanque receptor es para almacenamiento de las purgas

Tiempo = 2 minutos para llenado y descarga de bomba.

V_{TR} : Volumen del tanque receptor de condensado

V_{DTR} : Volumen del tanque receptor de condensado real

$$V_{TR} = 14840 \frac{\text{litros}}{h} \times 2 \text{ minutos} \times \frac{1h}{60 \text{ minutos}} = 494.67 \text{ lt}$$

$$V_{DTR} = V_{TR} + \Delta V$$

$$\Delta V = \alpha \times V_{TR} \times \Delta T$$

$$\Delta T = 175 - 25 = 150^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 8 \times 10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

De la ecuación (4.3):

$$V_{DTR} = V_{TR} + \Delta V = V_{TR} \times (1 + \alpha \times \Delta T)$$

$$V_{DTR} = 494.67 \text{ L} \times \left(1 + 8 \times 10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{C}} \times 150^\circ\text{C}\right)$$

$$V_{DTR} = 554.03 \text{ L}$$

$$V_{DTR} = \frac{\pi}{4} \times D_R^2 \times H$$

Se considera lo siguiente $H = 2D_R$

$$V_{DTR} = \frac{\pi}{2} \times D_R^3$$

$$D_R = \sqrt[3]{\frac{2 \times V_{dTR}}{\pi}}$$

$$D_R = \sqrt[3]{\frac{2 \times 0.55403}{\pi}} = 0.7065$$

$$D_R = 0.7 = 700 \text{ mm}$$

$$0.55403 = \frac{\pi}{4} \times 0.7^2 \times H$$

$$H = 1.44 \text{ m}$$

$$H = 1.5 \text{ m}$$

$$V_{TANQUE \text{ RECEPTOR}} = \frac{\pi}{4} \times 0.7^2 \times 1.5$$

$$V_{TANQUE \text{ RECEPTOR}} = 0.57726 \text{ m}^3 = 577.26 \text{ lt}$$

B.2. Calculo del espesor del tanque receptor

B.2.1. Espesor del cuerpo

Considerando la norma API 5L para ductos

$$P = 15 \text{ Psig} = 1 \text{ kg/cm}^2$$

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

Material ASTM A36

$$\sigma_f = 2550 \text{ kg/cm}^2$$

$$FS = 0.6$$

$$C = \text{corrosión} = 3 \text{ mm}$$

$$\sigma_t = \sigma_f \times FS = 0.6 \times 2550 = 1530 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$t = \frac{P \times D}{2 \sigma_t} + C \dots\dots\dots (4.7)$$

$$t = \frac{1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 700\text{mm}}{2 \times 1530 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} + 3 \text{ mm} = 3.23 \text{ mm}$$

De la tabla 2.11

Se escoge la plancha de espesor $3/16'' = 0.1875 \text{ pulg} = 4.5 \text{ mm}$

Determinación del espesor del tanque según UL142, ver tabla 4.4.

TABLA 4. 4 ESPEORES MÍNIMOS PARA TANQUES HORIZONTALES

Actual capacity, U.S. gallons (kL)		Maximum diameter, inches (m)	Minimum steel thickness, inch (mm)	
			Carbon steel	Stainless steel
550 or less	(2.08)	48 (1.22)	0.093 (2.36)	0.071 (1.80)
551 – 1100	(2.14 – 4.16)	64 (1.63)	0.123 (3.12)	0.086 (2.18)
1101 – 9000	(4.17 – 34.07)	76 (1.93)	0.167 (4.24)	0.115 (2.92)
1101 – 35,000	(4.17 – 132.49)	144 (3.66)	0.240 (6.10)	0.158 (4.01)
35,001 – 50,000	(132.50 – 189.27)	144 (3.66)	0.365 (9.27)	0.240 (6.10)
50,001 – 75,000	(189.27 – 283.5)	156 (3.97)	0.365 (9.27)	0.365 (9.27)

Fuente: Norma UL 142

Para tanques < 500 galones y Di < 1.22 m se determina un espesor para acero al carbono de 2.36 mm

$$t = 2.36 \text{ mm}$$

$$t_{tk} = 2.36 + 3 = 5.36 \text{ mm}$$

De la tabla 2.11

Se escoge la plancha de espesor $1/4'' = 6 \text{ mm}$

B.2.2. Calculo de las tapas

Considerando tapa plana por trabajar con presión atmosférica

De la norma API 620 "Tapas y cubierta planas"

$$t = D \times \sqrt{\frac{C \times P}{Sf}} \dots\dots\dots (4.8)$$

D= 700 mm

C= 0.162

P= 15 psig =1 kg/cm²

Sf =2550 kg/cm²

$$t = 700 \times \sqrt{\frac{0.162 \times 1}{2550}}$$

$$t = 5.58 \text{ mm}$$

De la tabla 2.11

Se escoge la plancha de espesor 6 mm = 1/4"

B.3. Calculo de tubería

Ingreso purga condensado

$$\dot{m}_{ptotal} = 14223 \text{ kg/h} = 3.95083 \text{ kg/s}$$

$$T = 100^\circ\text{C y Densidad} = 958.4 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 1 \text{ m/s (Velocidad diseño del condensado)}$$

$$\dot{m}_{ptotal} = \rho \times V \times A$$

$$\dot{m}_{ptotal} = \rho \times V \times \pi \times \frac{D1^2}{4}$$

$$D1 = \sqrt{\frac{4 \times \dot{m}_{ptotal}}{\rho \times V \times \pi}}$$

$$D1 = \sqrt{\frac{4 \times 3.95083}{958.4 \times 1 \times \pi}}$$

$$D1 = 0.07245 \text{ m} = 72.45 \text{ mm}$$

De la tabla 2.13 se elige el diámetro de tubería 3"

Calculo del espesor de la tubería:

De la ecuación (2.22):

$$t_m = t + c$$

$$C = 1/8 = 0.125 \text{ pulg}$$

Para $t < D/6$

De la ecuación (2.23):

$$t = \frac{P \times D}{2 \times (SEW + P Y)}$$

E = 1, ver tabla 2.16

S = 16000 PSI, ver tabla 2.17

Y = 0.4, ver tabla 2.18

W = 1, ver tabla 2.19

$$t = \frac{150 \times 3.5}{2 \times (16000 \times 1 \times 1 + 150 \times 0.4)} = 0.0164$$

$$t_m = 0.0164 + 0.125 = 0.1414 \text{ plg} = 3.59 \text{ mm}$$

De la tabla 2.13 se elige el diámetro de tubería 3" con SCH 40 con espesor de pared de 5.39 mm.

B.4. Diseño de tubería de venteo

Capacidad del tanque receptor = 577.26 lt = 3.53 B = 152.5 gal.

De la tabla 2.24 "Capacidad de venteo natural "

Se determina el venteo requerido

1.01 m³/h

Se determina el diámetro de venteo de la siguiente expresión según

API 2000.9

De la ecuación (2.25):

$$\frac{m^3}{h} = 208.2 \times F \times A^{0.82}$$

F= 1, ver tabla 2.22

A = m²

$$1.01 \frac{m^3}{h} = 208.2 \times 1 \times A^{0.82}$$

$$A = 0.0014879 \text{ m}^2$$

$$D_{\text{venteo}} = 43.42 \text{ mm}$$

Determinación del venteo según la UL 142, ver tabla 4.5.

TABLA 4. 5 TUBERÍA PARA VENTEO DE TANQUES

Capacity of tank, U.S. gallons ^a	Minimum diameter, nominal pipe size, inches ^b
Under 2,500	1-1/4
2,500 - 3,000	1-1/2
3,001 - 10,000	2
10,001 - 20,000	2-1/2
20,001 - 35,000	3
35,001 - 50,000	4

^a For SI units, gallons (U.S. gallons) × 3.8 = L.
^b See Standard for Welded and Seamless Wrought Steel Pipe, ASME B36.10.

Fuente: Norma UL 142

Se selecciona una tubería de venteo de 50 mm = 2 pulg debido a que el venteo debe mayor a 45 mm.

C. Determinación de espesor aislamiento térmico

De la tabla 2.25 se selección el aislamiento de lana mineral Tipo I para las condiciones densidad 48 kg/m³ y T < 454 °C

Dimensiones del tanque receptor

D = 700 mm

H = 1500 mm

T = 100 °C

Utilizamos el programa 3EPLUS V4.1, ver figura 4.4.

FIGURA 4. 4 SELECCIÓN DE AISLAMIENTO TERMICO PARA TANQUE

3E Plus v4.1
File Edit Units Help

< Back Calculate **ENERGY** ENVIRONMENT ECONOMICS OPTIONS

ENERGY

INSULATION THICKNESS
Surface Temperatures
Condensation Control
Personnel Protection

Personnel Protection Report

Item ID: 1

Item Description:

System Application: Tank Shell - Horizontal

Dimensional Standard: ASTM C 565 Flexible

Calculation Type: Personnel Protection

Process Temp: 100 °C

Ambient Temp: 25 °C

Wind Speed: 0.0 m/s

Max Surface Temp: 30 °C

Open Audit File:

Quantity (ft or ft²): Append To Audit

Variable Insulation Thickness	Surface Temp (°C)	Heat Loss (W/m²)	Efficiency (%)
Bare	89.9	915.50	
15.0	44.1	181.90	80.13
25.0	36.5	101.70	88.89
40.0	33.4	70.74	92.27

Fuente: programa 3EPLUS V4.1

Se selecciona espesor 25 mm = 1 pulg

Dimensiones de la bomba desplazamiento positivo

D = 700 mm

H = 1150 mm

T = 175 °C

Utilizamos el programa 3EPLUS V4.1, ver figura 4.5 y 4.6.

FIGURA 4. 5 SELECCIÓN DE AISLAMIENTO TERMICO PARA BOMBA

3E Plus v4.1
File Edit Units Help

< Back Calculato ENERGY ENVIRONMENT ECONOMICS OPTIONS

Personnel Protection Report
Item ID: 1
Item Description:
System Application: Tank Shell - Horizontal
Dimensional Standard: ASTM C 585 Flexible
Calculation Type: Personnel Protection
Process Temp: 175 °C
Ambient Temp: 25 °C
Wind Speed: 0.0 m/s
Max Surface Temp: 30 °C

Open Audit File:

Quantity (ft of ft²): Append To Audit

Variable Insulation Thickness	Surface Temp (°C)	Heat Loss (W/m ²)	Efficiency (%)
Bare	174.7	2392.00	
15.0	65.0	443.10	81.48
25.0	49.6	245.20	89.75
40.0	43.0	169.90	92.90
50.0	39.3	130.10	94.56

Fuente: programa 3EPLUS V4.1

Se selecciona espesor 50 mm = 2 pulg

FIGURA 4. 6 AISLAMIENTO TERMICO PARA BOMBA EN OPERACION

Personnel Protection Report			
Item ID:	1		
Item Description:			
System Application:	Tank Shell - Horizontal		
Dimensional Standard:	ASTM C 585 Flexible		
Calculation Type:	Personnel Protection		
Process Temp:	100		°C
Ambient Temp:	25		°C
Wind Speed:	1		m/s
Max Surface Temp:	60.0		°C
Open Audit File... <input type="text"/>			
Quantity (ft or ft ²):	<input type="text"/>	Append To Audit <input type="checkbox"/>	
Variable Insulation Thickness	Surface Temp (°C)	Heat Loss (W/m ²)	Efficiency (%)
Bare	99.9	924.80	
15.0	43.7	182.90	80.22
25.0	36.2	102.20	88.95
40.0	33.1	71.03	92.32
50.0	31.3	54.48	94.11
65.0	30.2	44.19	95.22

Fuente: programa 3EPLUS V4.1

D. Determinación de la cantidad de vapor para bombear condensado

Considerando lo siguiente

P1 = 4 barg de presión ingreso de vapor

P2 = 1 barg de contrapresión existente

El volumen desplazado de vapor de determinado por el volumen desplazado efectivo.

Llenado de la bomba

El nivel de agua es llenado a 297.75 lt es el 25% de la altura de la bomba por lo tanto $X_1 = 0.25$

En el instante de ingreso de vapor a 4 barg

El volumen especifico V_1

$$V_1 = V_f + X_1 (V_g - V_f) \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V_1 = 0.001093 + 0.25 (0.3571 - 0.001093) = 0.09459 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Descarga de la bomba

El volumen a desplazar es 248 lt y queda al final 49.75 lt por lo tanto

$$X_2 = 0.8746$$

En el instante la presión es a 1 barg

El volumen especifico V_2

$$V_2 = V_f + X_2 (V_g - V_f) \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V_2 = 0.00106 + 0.25 (0.8865 - 0.00106) = 0.7755 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Cantidad de vapor

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 0.7755 - 0.09459 = 0.68094 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\frac{V_e}{\Delta V} = m_{\text{vapor}}$$
$$\frac{0.248 \text{ m}^3}{0.68094 \text{ m}^3/\text{kg}} = m_{\text{vapor}}$$

$$m_{\text{vapor}} = 21.85 \text{ kg por ciclo}$$

Ecuación de continuidad en la bomba de desplazamiento

$$M_1 + M_{\text{vapor}} = M_2 + M_s$$

$$M_1 = 285.3636 \text{ kg}$$

$$M_{\text{vapor}} = 21.85 \text{ kg}$$

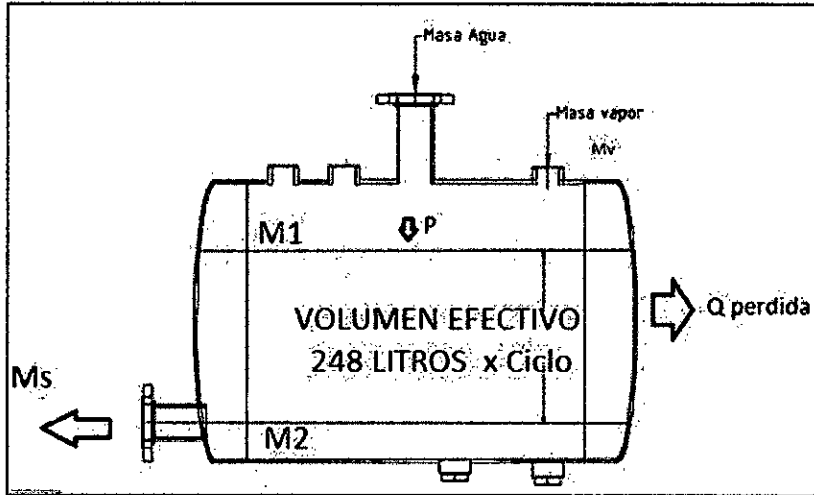
$$M_2 = 47.68 \text{ kg}$$

$$285.3636 + 21.85 = 47.68 + M_s$$

$$M_s = 238.47 \text{ kg transporte de agua por ciclo}$$

Aplicando primera ley para un volumen de control en proceso de estado uniforme y flujo uniforme FEUS, ver figura 4.7.

FIGURA 4.7 BALANCE DE ENERGÍA EN BOMBA



Fuente: elaboración propia

$$\dot{Q}_{vc} = M_s * H_s - M_v * H_v + M_2 * U_2 - M_1 * U_1 + W_{v.c} \dots \dots \dots (4.9)$$

Donde:

El trabajo realizado por la bomba

Desplazamiento de volumen a presión de P1 a P2

$$\dot{W}_{v.c} = 21.85 \text{ kg} \times 238.33 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} = 86.8 \frac{\text{KJ}}{\text{minuto}}$$

Para el equipo aislado con 2 pulg de lana mineral y temperatura de 100°C se determina la pérdida de calor Q se obtiene de la figura 4.5

$$Q_{vc} = 54.48 \text{ W/m}^2$$

El área del recipiente = 3.04 m²

$$\dot{Q}_{vc} = 3.04 \times 54.48 = 9.94 \frac{\text{KJ}}{\text{minuto}}$$

Condiciones de entrada

$$M_v = 0.36 \text{ kg/minuto}$$

$$H_v = 2749.00 \text{ KJ/kg}$$

$$M_v H_v = 1001.18 \text{ KJ/minuto}$$

$$M_1 = 285.36 \text{ kg/minuto}$$

$$U_1 = 418.96 \text{ KJ/kg}$$

$$M_1 U_1 = 119557.22 \text{ KJ/minuto}$$

$$-9.94 = \dot{M}_s * H_s + \dot{M}_2 * U_2 - 119557.22 - 1001.18 + 86.8$$

$$\dot{M}_s * H_s + \dot{M}_2 * U_2 = 120461.66 \frac{\text{KJ}}{\text{minuto}}$$

Considerando Ts = 100.6 °C

Condiciones salida

$$\dot{M}_S * H_S + \dot{M}_2 * U_2 = 238.05 \times 421.49 + 47.68 \times 421.073$$

$$\dot{M}_S * H_S + \dot{M}_2 * U_2 = 120482.1141 \frac{\text{KJ}}{\text{minuto}}$$

$$\% \text{ Error} = \frac{120461.66 - 120482.1141}{120461.66} = -0.02 \%$$

Considerando $T_s = 100.5 \text{ }^\circ\text{C}$

Condiciones salida

$$\dot{M}_S * H_S + \dot{M}_2 * U_2 = 238.05 \times 421.28 + 47.68 \times 421.072$$

$$\dot{M}_S * H_S + \dot{M}_2 * U_2 = 120361.4896 \frac{\text{KJ}}{\text{minuto}}$$

$$\% \text{ Error} = \frac{120461.66 - 120361.4896}{120461.66} = 0.08 \%$$

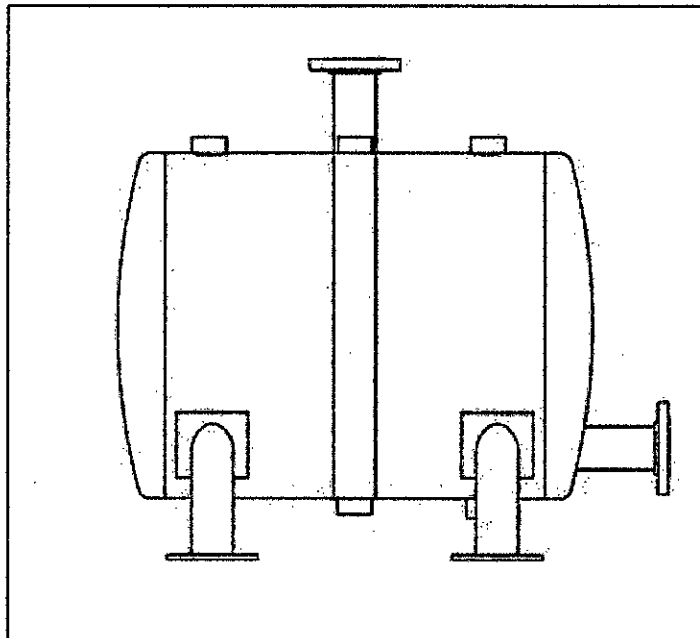
Por lo tanto la temperatura de salida del agua se puede considerar 100°C para el diseño de tubería de transporte hacia el tanque principal de agua de 40 m^3

E. Determinación de perfil estructural para soportaría

E.1. Perfil estructural para la bomba

Se determina las siguientes cargas, ver figura 4.8.

FIGURA 4. 8 SOPORTE DE BOMBA



Fuente: elaboración propia

- **Peso del cuerpo metálico**

Área cuerpo	=	9.18	m ²
Área tapas	=	1.42	m ²
Espesor	=	8.00	mm
Densidad acero	=	7850	kg/m ³
Peso cuerpo	=	113	kg
Peso tapa	=	39	kg
Peso cuerpo metálico	=	191	kg

- **Peso del fluido considerando agua para la prueba hidrostática**

Densidad	=	1000	kg/m ³
Volumen	=	0.40	m ³
Peso del fluido	=	397.05	kg

- **Peso del aislamiento**

Densidad	=	48	kg/m ³
Espesor	=	2	pulg
Volumen	=	0.15	m ³
Peso del aislamiento	=	7.42	kg

- Peso de los accesorios, ver tabla 4.6.

TABLA 4. 6 PESO DE LOS ACCESORIOS PARA LA BOMBA

Descripción	cantidad	peso	peso total
Tubo 3"	1	11.29	11.3
Tubo 2"	4	5.44	21.8
Brida 3"	2	4.1	8.2
Brida 2"	4	2.2	8.8
Válvula 2" +actuador pernos	1	40	40.0
Válvula 3" +actuador pernos	1	50	50.0
control de nivel	1	100.0	100.0
Peso de los accesorios			240.1

Fuente: elaboración propia

$$P \text{ total} = P1 + P2 + P3 + P4$$

$$P \text{ total} = 202.1 + 397.05 + 7.42 + 240.1 = 835.53 \text{ kg}$$

$$\text{Peso por soporte} = 835.53 / 4 = 208.88 \text{ kg}$$

$$\text{Longitud} = 0.3 \text{ m}$$

Perfil selección = TUBO REDONDO DE 76 X76X 4.76MM, ver tabla 4.7.

TABLA 4. 7 PROPIEDADES DEL PERFIL PARA LA BOMBA

D	t	p	Ag	g	I	S	r	Z	J	C
[mm]	[mm]	[m ² /m]	[cm ³]	[Kg/m]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]
50.8	0.90	0.16	1.41	1.11	4.39	1.73	1.76	2.24	8.79	3.52
	1.25	0.16	1.95	1.53	5.98	2.35	1.75	3.07	11.95	4.82
	1.60	0.16	2.47	1.94	7.49	2.95	1.74	3.88	14.98	6.08
	2.00	0.16	3.07	2.41	9.14	3.60	1.73	4.77	18.29	7.48
	2.50	0.16	3.79	2.98	11.09	4.37	1.71	5.84	22.18	9.16
3.20	0.16	4.79	3.76	13.61	5.36	1.69	7.26	27.23	10.72	
57.15	0.90	0.18	1.59	1.25	6.29	2.20	1.99	2.85	12.58	4.47
	1.25	0.18	2.20	1.72	8.58	3.00	1.98	3.91	17.16	6.13
	1.60	0.18	2.79	2.19	10.78	3.77	1.96	4.94	21.56	7.75
	2.00	0.18	3.47	2.72	13.19	4.62	1.95	6.09	26.38	9.55
	2.50	0.18	4.29	3.37	16.06	5.62	1.93	7.47	32.11	11.72
3.20	0.18	5.42	4.26	19.80	6.93	1.91	9.33	39.60	13.86	
63.5	1.25	0.20	2.44	1.92	11.85	3.73	2.20	4.85	23.69	7.60
	1.60	0.20	3.11	2.44	14.91	4.70	2.19	6.13	29.82	9.63
	2.00	0.20	3.86	3.03	18.29	5.76	2.18	7.57	36.58	11.88
	2.50	0.20	4.79	3.76	22.32	7.03	2.16	9.31	44.64	14.60
	3.20	0.20	6.06	4.76	27.63	8.70	2.13	11.65	55.26	17.40
4.00	0.20	7.48	5.87	33.24	10.47	2.11	14.19	66.47	20.94	
76.2	1.60	0.24	3.75	2.94	26.10	6.85	2.64	8.91	52.19	13.98
	2.00	0.24	4.66	3.66	32.11	8.43	2.62	11.02	64.22	17.29
	2.50	0.24	5.79	4.54	39.35	10.33	2.61	13.59	78.69	21.32
	3.20	0.24	7.34	5.76	48.98	12.86	2.58	17.07	97.96	26.77
	4.00	0.24	9.07	7.12	59.30	15.56	2.56	20.88	118.60	31.13
4.76	0.24	10.68	8.39	68.46	17.97	2.53	24.33	136.91	35.93	

Fuente: elaboración propia

Propiedad del perfil

Acero ASTM A36

E1 = 200 GPa

σy = 250 MPa

Area = 10.68 cm²

Ix = 68.46 cm⁴

r = 2.53 cm

Columna de extremo empotrado y articulado

$$Le = 0.7 L \dots\dots\dots (4.10)$$

Determinación de la esbeltez

$$\Delta_{max} = \frac{Le}{r} \dots\dots\dots (4.11)$$

Constante de la columna

$$CC = \sqrt{\frac{2x\pi^2x E}{\sigma_y}} \dots\dots\dots (4.12)$$

$\Delta_{max} < CC$ Columna intermedia

$$\sigma_{critico} = \sigma_y \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta_{max}}{CC} \right)^2 \right) \dots\dots\dots (4.13)$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{\Delta_{max}}{CC} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{\Delta_{max}}{CC} \right)^3$$

$$P_{ad} = \frac{\sigma_y}{FS} \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta_{max}}{CC} \right)^2 \right) A$$

$$\Delta_{max} = \frac{0.21}{0.00253} = 8.3$$

$$CC = \sqrt{\frac{2x\pi^2x 200x 1000}{250}} = 125.66$$

8.3 < 125.66 Columna intermedia

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{8.3}{125.66} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{8.3}{125.66} \right)^3 = 1.7$$

$$P_{ad} = \frac{2500}{1.7} \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{8.3}{125.66} \right)^2 \right) 3.75 = 157.5 \text{ KN}$$

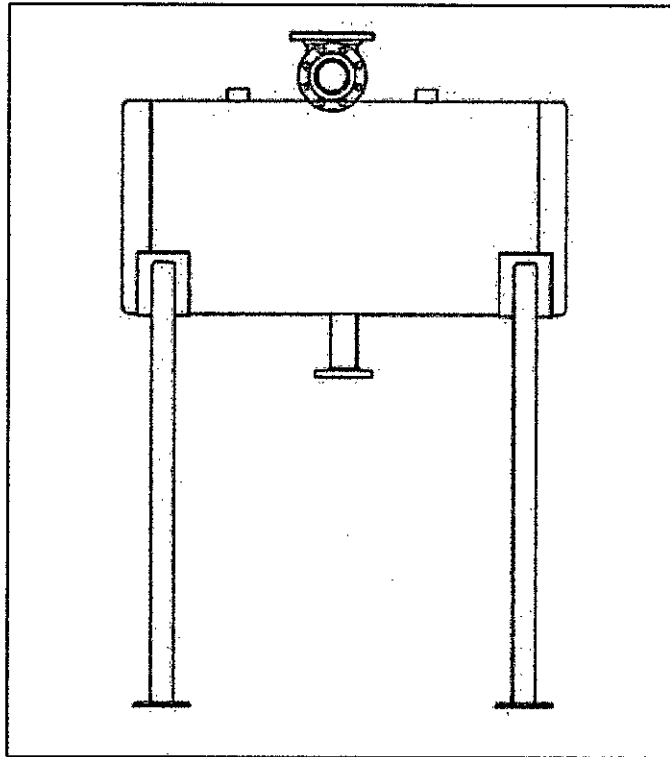
$$P_{ad} = 157.5 \text{ KN}$$

El perfil cumple para la carga requerida

E.2. Perfil estructural para el tanque receptor

Se determina las siguientes cargas, ver figura 4.9.

FIGURA 4. 9 SOPORTE DE TANQUE RECEPTOR



Fuente: elaboración propia

- Peso del cuerpo metálico

Área cuerpo	=	3.36 m ²
Área tapas	=	0.77 m ²
Espesor	=	4.5 mm
Densidad acero	=	7850 kg/m ³
Peso cuerpo metálico	=	194.28 kg

- Peso del fluido

Densidad	=	958.4 kg/m ³
----------	---	-------------------------

Volumen = 0.55 m³
 Peso del fluido = 530.99 kg

- Peso aislamiento

Densidad = 48 kg/m³
 Espesor = 1 plg
 Volumen = 0.1 m³
 Peso 3 = 5.03 kg

Peso de los accesorios, ver tabla 4.8.

TABLA 4. 8 PESO DE LOS ACCESORIOS PARA EL TANQUE RECEPTOR

DESCRIPCION	CANTIDAD	PESO	PESO TOTAL
TUBO 3"	1	11.29	11.3
TUBO 2"	4	5.44	21.8
BRIDA 3"	2	4.1	8.2
BRIDA 2"	4	2.2	8.8
VALVULA 2" +ACTUADOR+pernos	1	40	40.0
VALVULA 3" +ACTUADOR	1	50	50.0
FILTRO DE 4"	1	102.3	102.3
Peso 4			242.32

Fuente: elaboración propia

Peso total

$$P \text{ total} = P1 + P2 + P3 + P4$$

$$P \text{ total} = 194.28 + 530.99 + 5.03 + 242.32 = 972.63 \text{ kg}$$

$$\text{Peso por soporte} = 972.63 / 4 = 243.156 \text{ kg}$$

Longitud = 1.5 m

Perfil selección = Tubo cuadrado de 80 X80X 4.76 mm, ver tabla 4.9.

TABLA 4. 9 PROPIEDADES DEL PERFIL PARA EL TANQUE RECEPTOR

B (mm)	t (mm)	p (m ² /m)	Ag (cm ²)	g (Kg/m)	Ix=Iy (cm ⁴)	Sx=Sy (cm ³)	r _x =r _y (cm)	Zx=Zy (cm ³)	J (cm ⁴)	C (cm ³)
40	1.25	0.156	1.897	1.489	4.694	2.347	1.573	2.737	7.244	3.746
	1.60	0.155	2.392	1.877	5.791	2.895	1.556	3.412	8.999	4.703
	2.00	0.153	2.937	2.306	6.935	3.468	1.537	4.136	10.857	5.745
	2.50	0.151	3.589	2.817	8.209	4.104	1.512	4.871	12.958	6.971
50	1.60	0.195	3.032	2.380	11.698	4.679	1.964	5.462	18.064	7.480
	2.00	0.193	3.737	2.934	14.137	5.655	1.945	6.694	21.970	9.185
	2.50	0.191	4.589	3.602	16.931	6.773	1.921	8.078	26.507	11.221
	3.20	0.189	5.727	4.495	20.387	8.155	1.887	9.895	32.211	13.891
60	1.60	0.23	3.67	2.88	20.67	6.89	2.37	7.99	31.78	10.90
	2.00	0.23	4.54	3.58	25.13	8.38	2.35	9.79	38.84	13.43
	2.50	0.23	5.59	4.39	30.32	10.11	2.33	11.93	47.18	16.47
	3.20	0.23	7.01	5.50	36.91	12.30	2.30	14.74	57.92	20.52
80	4.00	0.23	8.55	6.71	43.52	14.51	2.26	17.66	68.87	24.84
	2.00	0.31	6.14	4.82	61.67	15.42	3.17	17.85	94.67	24.81
	2.50	0.31	7.59	5.96	75.10	18.78	3.15	21.90	115.90	29.97
	3.20	0.31	9.57	7.51	92.65	23.16	3.11	27.30	143.98	37.62
	4.00	0.31	11.75	9.22	110.96	27.74	3.07	33.09	173.72	45.96
	4.76	0.30	13.74	10.79	126.70	31.67	3.04	38.22	199.62	53.48

Fuente: elaboración propia

Propiedad del perfil

Acero ASTM A36

E1 = 200 GPa

σ_y = 250 MPa

Área = 13.74 cm²

I x = 126.7 cm⁴

r x = 3.04 cm

r y = 3.04 cm

Columna de extremo empotrado y articulado

De la ecuación (4.10):

$$Le = 0.7 L$$

Determinación de la esbeltez

De la ecuación (4.11):

$$\Delta_{max} = \frac{Le}{r}$$

Constante de la columna

De la ecuación (4.12):

$$CC = \sqrt{\frac{2x\pi^2x E}{\sigma_y}}$$

$\Delta_{max} < CC$ Columna intermedia

De la ecuación (4.13):

$$\sigma_{critico} = \sigma_y \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta_{max}}{CC} \right)^2 \right)$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{\Delta_{max}}{CC} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{\Delta_{max}}{CC} \right)^3$$

$$P_{ad} = \frac{\sigma_y}{FS} \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta_{max}}{CC} \right)^2 \right) A$$

$$\Delta_{max} = \frac{1.5}{0.00304} = 34.54$$

$$CC = \sqrt{\frac{2x\pi^2x 200x 1000}{250}} = 125.66$$

$34.54 < 125.66$ Columna intermedia

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{34.54}{125.266} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{34.54}{125.266} \right)^3 = 1.76$$

$$P_{ad} = \frac{2500}{1.76} \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{34.54}{125.266} \right)^2 \right) 6.14 = 187.04 \text{ KN}$$

$$P_{ad} = 187.04 \text{ KN}$$

El perfil cumple para la carga requerida

F. Selección de válvula de seguridad

Datos

Mv = 21.85 kg/hr

P servicio = 60 PSI (Aplicación en la planta de Harina)

P diseño = 150 PSI

Pseteo = 135 PSI

Utilizando el software PSV calc Spirax sarco, ver figura 4.10, 4.11 y 4.12.

FIGURA 4.10 SELECCIÓN DE VALVULA SEGURIDAD

The screenshot shows the 'PSV Calc' software interface with the following data entered:

- General / Referencias:** Condiciones Servicio / Válvula
- Condiciones de Servicio:**
 - Estado: Vapor de agua
 - Fluido: Vapor saturado
 - Caudal Requerido: 21.85 kg/h
 - Presión Servicio: 60.00 psi (g)
 - Temperatura Servicio: 153.0 °C
 - Presión de Tarado: 135.00 psi (g)
 - Temperatura Tarado: 181.3 °C
 - Presión de Ajuste del Resorte: 135.00 psi (g)
- Selección de la válvula:**
 - Sistema Métrico: [Seleccionado]
 - Código: ASME VIII / API RP-520
 - Sobrepresión: 10%
 - Bloqueo indebido: [Desactivado]
 - Válvula: Convencional
 - Fabricante: Spirax Sarco
 - Modelo: SV80H
 - Kd Gas/Vapor: 0.8700
 - Disco Ruptura: [Desactivado]
 - API RP-526: [Activado]
- Resultados:**
 - Área Calculada: 0.0424 cm²
 - Área Seleccionada: 1.003 cm²
 - Capacidad Máxima: 516.46 kg/h

Fuente: elaboración propia

FIGURA 4. 11 CAPACIDAD VALVULA SEGURIDAD

Spirax Sarco

Memorial de cálculo
Vapor de agua: 135.00 psi (g)

Cerrar

Cálculo de Gas/Vapor

Formulas:

$$A = \frac{W}{52.6 \cdot P_1 \cdot K_s \cdot K_n \cdot K_d \cdot K_{dr}}$$

W: 21.85 kg/h P1: 11.25 bar (g)

Ks: 1.000 Kn: 1.000

Kd: 0.870 Kdr: 1.000

Area Calculada: 0.0424 cm²

Caudal Máximo: 516.46 kg/h

Fuente: elaboración propia

FIGURA 4. 12 DIMENSIONES VALVULA SEGURIDAD

[Nueva especificación] - PSV Calc

Archivo Ingeniería Idioma Ayuda

Nuevo Abierto Guardar Exportación

válvula de seguridad o alivio [Edición]

General / Referencias Condiciones Servicio / Válvula Válvula / Conexiones / Materiales / Accesorios Otros / Comentarios

Válvula

SV80H Orificio D Función Seguridad Tobera Integral

Tipo Bonete Abierto Tipo Palanca Abierto Cabezal Bredado

Conexiones

Cuerpo SA-216 Gr. WCB Acero Carbono Bonete SA-216 Gr. WCB

Tipo de Conexión Con bridas Norma ASME B. 16.5 Gráficos

Conexión Entrada 1" 150# Tipo RF Ranuras Concéntricas

Conexión Salida 2" 150# Tipo RF Ranuras Concéntricas

Materiales de Construcción

Tobera Acero Inoxidable T. 316 Disco Acero Inoxidable T. 316

Gua Acero Inoxidable T. 316 Anillos Acero Inoxidable T. 316

Vástago Acero Inoxidable T. 304

Resorte Acero Carbono Acabado Pintura Aluminio H.T.

Juntas No Amianto 1002

Sellado Metal-Metal

Accesorios

Camisa de Vapor No Tornillo GAG No Sensor Posición No Certificación

Fuente: elaboración propia

4.2.3 Diseño de tubería para transporte de las purgas de los secadores.

Determinación de la contrapresión

$$M_{p_s} = 238,47 \frac{kg}{minuto} = 14,283 \frac{kg}{h}$$

$$V_{p_s} = 14,9 \frac{m^3}{h}$$

Considerando el diámetro igual de la salida de la bomba 3 pulg, ver figura 4.13.

$$V_{p_s} = VA$$

Para la tubería de 3 pulg, $A=0.004768566 \text{ m}^2$

Se determina la velocidad

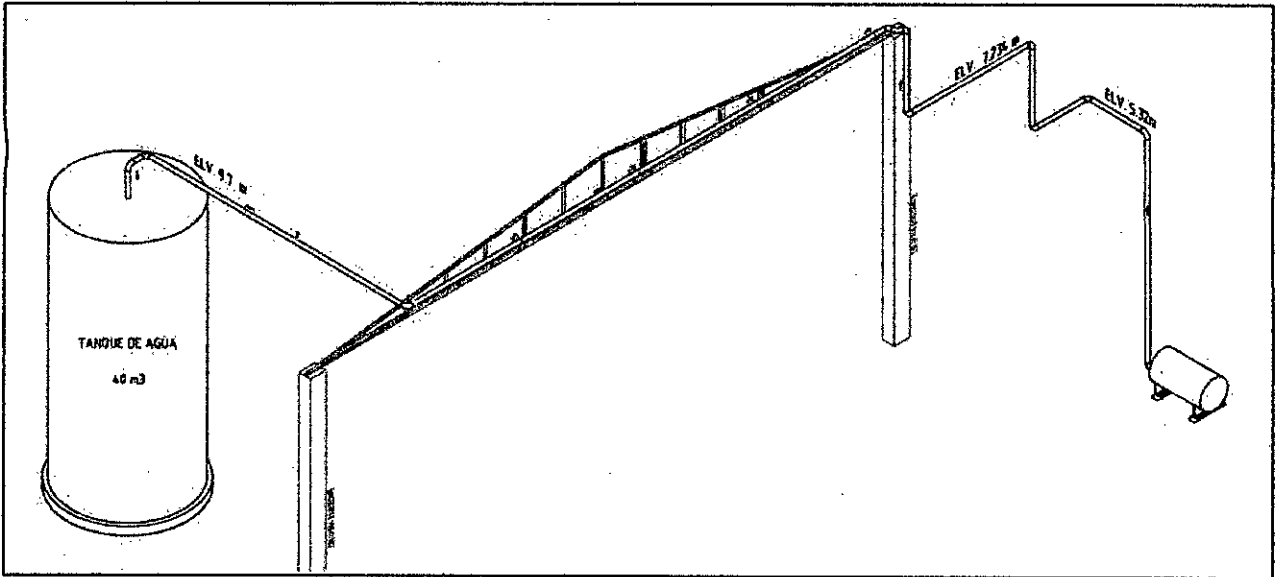
$$14.869 \frac{m^3}{3600 \text{ s}} = V \times 0.004768566 \text{ m}^2$$

$$V = 0.88 \frac{m}{s}$$

Ecuación de energía

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \sum \frac{kV^2}{2g} + \frac{fLV^2}{D2g} \dots\dots\dots (4.14)$$

FIGURA 4. 13 ISOMETRICO DE TRANSPORTE LINEA DE CONDENSADO



Fuente: elaboración propia

Se determinan la contrapresión P1

- Z1 = 0
- Z2 = 9.7 metros
- L = 36 metros
- # Codos = 11
- #Válvula compuerta = 1
- #Válvula check = 1

$$R = \frac{\rho V D}{\mu} \dots\dots\dots (4.15)$$

$$R = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{958.4 \times 0.868 \times 0.07792}{0.296 \times 10^{-3}} = 219018.93$$

Trabajando con tubería SCH40 ASTM A53

$$e = 0.05 \text{ mm}$$

$$e / D = 0.000641684$$

De la ecuación de Colebrook-White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{e/D}{3.71} + \frac{2.51}{R\sqrt{f}} \right) \dots\dots\dots (4.16)$$

Se determina $f = 0.01937$

Del libro de "Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tubería CRANE "

Se toman los valores de K en función del factor fricción f :

- K1 codo = 30f = 0.58
- K2 válvula mariposa = 45f = 0.872
- K3 válvula globo = 340f = 6.59
- K2 válvula check = 120f = 2.32

$$\sum K = 11 * 0.58 + 1 * 0.872 + 1 * 6.59 + 1 * 2.32 = 16.162$$

Reemplazando en la ecuación general

$$\frac{P_1}{\gamma} = Z_2 + \sum \frac{kV^2}{2g} + \frac{fLV^2}{D2g}$$
$$P_1 = \left(9.7 + \frac{16.162 \times 0.88^2}{2 \times 9.81} + \frac{0.01937 \times 36 \times 0.88^2}{0.07792 \times 2 \times 9.81} \right) 9.81 \times 958.4$$

$$P_1 = 1 \text{ barg}$$

4.2.4 Diseño de las uniones soldadas

A. Calculo de cordón de soldadura en tanque receptor

A.1. Calculo de cordón en el recipiente

$$\phi = 700 \text{ mm} = 27.56''$$

$$P_i = 15 \text{ Psi}$$

$$t = 6 \text{ mm} = 0.236''$$

Usando electrodo E-7018 según tabla:

“Esfuerzos permisibles en cordones de soldadura de filete referidos a los lados del filete”, $S_w = 14800 \text{ lb/pulg}^2$.

A.1.1. Tapas:

Fuerza con que trata de abrirse la tapa:

$$F = \frac{\pi}{4} D^2 P_i, \text{ la cual genera corte en el cordón}$$

Carga de corte directo:

$$f_w = \frac{F}{L_w} \dots \dots \dots (4.17)$$

$$f_w = \frac{F}{L_w} = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 P_i}{\pi D} = \frac{D P_i}{4}$$

$$\text{Pero: } \tau_{\max} = \frac{f_w}{W \cos 45^\circ} \leq S_w$$

$$f_w = S_w W \cos 45^\circ \wedge f_w = \frac{D P_i}{4} \rightarrow S_w W \cos 45^\circ = \frac{D P_i}{4}$$

$$\text{Tamaño del cordón: } W = \frac{D \times P_i}{4 S_w \cos 45^\circ} = \frac{27.56 \times 15}{4 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.009875''$$

$$W_{\text{calculado}} = 0.009875''$$

De Tabla N°2 "Tamaño mínimo del cordón de filete":

Para espesor de la plancha: $t = 6 \text{ mm} = 0.236''$

$$t \leq 1/4'' \rightarrow W_{\text{min}} = 1/8'' = 0.125''$$

Como: $W_{\text{calculado}} = 0.009875'' < W_{\text{min}}$

Usamos $W_z = 1/4'' = 0.125''$ con electrodo AWS E-7018.


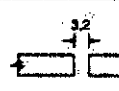
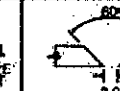
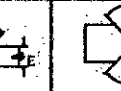
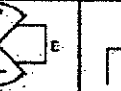

A.1.2. Cuerpo:

Soldadura a tope longitudinal del tanque receptor:

Para el espesor de la plancha del tanque receptor de $t = 6 \text{ mm}$, ver tabla

4.10.

TABLA 4. 10 PESO METAL DEPOSITADO

Unión de soldadura						
Espesor (E) mm	METAL DEPOSITADO (kg/ml) (acero)					
3.2	0,045	0,098				
6,4	0,177	0,190	0,380		0,358	
9,5	0,396		0,638		0,605	
12,5	0,708		1,168		1,066	
16	1,103		1,731		1,707	1,089
19	1,592		2,380	1,049	2,130	1,449
25	2,839		3,987	2,578	3,554	2,322
32				3,768		3,380
37,5				5,193		4,648
51				8,680		7,736
63,5				13,674		11,617
76				18,432		16,253

Fuente: Manual de sistemas y materiales de Indura

Consultado 21/09/2017

La cantidad de metal de aporte en la soldadura a tope con bisel tipo V del tanque receptor será de 0.380 kg/ml de acero.

A.1.3. Ingreso de purgas de secadores rotatubo y rotadisco Ø 4"

Usando electrodo E-7018 según tabla:

"Esfuerzos permisibles en cordones de soldadura de filete referidos a los lados del filete", $S_w=14800 \text{ lb/pulg}^2$.

Fuerza $F=\frac{\pi}{4}D^2P_i$, la cual genera corte en el cordón

De la ecuación (4.17):

$$f_w = \frac{F}{L_w} = \frac{\frac{\pi}{4}D^2P_i}{\pi D} = \frac{DP_i}{4}$$

$$\text{Pero: } \tau_{\text{máx}} = \frac{f_w}{W \cos 45^\circ} \leq S_w$$

$$f_w = S_w W \cos 45^\circ \quad \wedge \quad f_w = \frac{DP_i}{4} \rightarrow S_w W \cos 45^\circ = \frac{DP_i}{4}$$

$$\text{Tamaño del cordón: } W = \frac{D \times P_i}{4 S_w \cos 45^\circ} = \frac{4 \times 15}{4 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.001433''$$

$$W_{\text{calculado}} = 0.001433''$$

De Tabla N°2 **"Tamaño mínimo del cordón de filete":**

Esesor SCH 40 para Ø 4": $t = 6.02 \text{ mm} = 0.237''$

$$t \leq 1/4'' \rightarrow W_{\text{min}} = 1/8'' = 0.125''$$

Como: $W_{\text{calculado}} = 0.001433'' < W_{\text{min}}$

Usamos $W_z=1/4"=0.125"$ con electrodo AWS E-7018.

A.1.4. Venteo de la bomba Ø 2"

Usando electrodo E-7018 según tabla:

"Esfuerzos permisibles en cordones de soldadura de filete referidos a los lados del filete", $S_w=14800 \text{ lb/pulg}^2$.

Fuerza $F=\frac{\pi}{4}D^2P_i$, la cual genera corte en el cordón

De la ecuación (4.17):

$$f_w = \frac{F}{L_w} = \frac{\frac{\pi}{4}D^2P_i}{\pi D} = \frac{DP_i}{4}$$

$$\text{Pero: } \tau_{\max} = \frac{f_w}{W \cos 45^\circ} \leq S_w$$

$$f_w = S_w W \cos 45^\circ \quad \wedge \quad f_w = \frac{DP_i}{4} \rightarrow S_w \cdot W \cos 45^\circ = \frac{DP_i}{4}$$

$$\text{Tamaño del cordón: } W = \frac{D \times P_i}{4 S_w \cos 45^\circ} = \frac{2 \times 15}{4 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.000716"$$

$$W_{\text{calculado}} = 0.000716"$$

De Tabla N°2 "Tamaño mínimo del cordón de filete":

Espesor SCH 40 para Ø 2": $t = 3.91 \text{ mm} = 0.154"$

$$t \leq 1/4" \rightarrow W_{\min} = 1/8" = 0.125"$$

Como: $W_{\text{calculado}} = 0.000716" < W_{\min}$

Usamos $W_z=1/8"=0.125"$ con electrodo AWS E-7018.

A.1.5. Salida hacia bomba mecánica Ø 3"

Usando electrodo E-7018 según tabla:

"Esfuerzos permisibles en cordones de soldadura de filete referidos a los lados del filete", $S_w = 14800 \text{ lb/pulg}^2$.

Fuerza $F = \frac{\pi}{4} D^2 P_i$, la cual genera corte en el cordón

De la ecuación (4.17):

$$f_w = \frac{F}{L_w} = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 P_i}{\pi D} = \frac{D P_i}{4}$$

$$\text{Pero: } \tau_{\max} = \frac{f_w}{W \cos 45^\circ} \leq S_w$$

$$f_w = S_w W \cos 45^\circ \quad \wedge \quad f_w = \frac{D P_i}{4}$$

$$\rightarrow S_w W \cos 45^\circ = \frac{D P_i}{4}$$

$$\text{Tamaño del cordón: } W = \frac{D \times P_i}{4 S_w \cos 45^\circ} = \frac{3 \times 15}{4 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.001075''$$

$$W_{\text{calculado}} = 0.001075''$$

De Tabla N°2 "Tamaño mínimo del cordón de filete":

Espesor SCH 40 para Ø 3": $t = 5.49 \text{ mm} = 0.216''$

$$t \leq 1/4'' \rightarrow W_{\min} = 1/8'' = 0.125''$$

Como: $W_{\text{calculado}} = 0.001075'' < W_{\min}$

Usamos $W_z = 1/8'' = 0.125''$ con electrodo AWS E-7018

A.2. Calculo de cordón para el soporte

Soporta la carga del equipo:

Peso total = 972.63 Kgf

Peso por cada soporte $F = \frac{972.63}{4} = 243.16 \text{ Kgf} = 536.1 \text{ lbf}$

$$L = 120 \times \frac{\pi}{180} \times \frac{700}{2} = 733 \text{ mm}$$

De la ecuación (4.17):

$$f_w = \frac{F}{L_w}$$

$$L_w = 176 + 2 \times 733$$

$$L_w = 1642 \text{ mm} = 1.642 \text{ m} = 64.65 \text{ pulg}$$

$$\text{Pero: } \tau_{\max} = \frac{f_w}{W \cos 45^\circ} \leq S_w$$

$$f_w = S_w W \cos 45^\circ \quad \wedge \quad f_w = \frac{F}{L_w} \rightarrow S_w W \cos 45^\circ = \frac{F}{L_w}$$

$$\text{Tamaño del cordón: } W = \frac{F}{L_w S_w \cos 45^\circ} = \frac{536.1}{64.65 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.000792''$$

$$W_{\text{calculado}} = 0.000792''$$

De Tabla N°2 "Tamaño mínimo del cordón de filete":

Para espesor de la plancha: $t = 1/4''$

$$t \leq 1/4'' \rightarrow W_{\min} = 1/8'' = 0.125''$$

Como: $W_{\text{calculado}} = 0.000792'' < W_{\min}$

Usamos $W_z = 1/8'' = 0.125''$ con electrodo AWS E-7018.

Para espesor de la plancha: $t = 1/2"$

$$1/4" < t \leq 1/2" \rightarrow W_{\min} = 3/16" = 0.1875"$$

Como: $W_{\text{calculado}} = 0.0000792" < W_{\min}$

Usamos $W_z = 1/4"$ con electrodo **AWS E-7018**.

B. Calculo de cordón de soldadura en la bomba

B.1. Calculo de cordón en el recipiente

$$\phi = 700 \text{ mm} = 27.56"$$

$$P_i = 150 \text{ Psi}$$

$$t = 9 \text{ mm} = 0.354"$$

Usando electrodo E-7018 según tabla:

"Esfuerzos permisibles en cordones de soldadura de filete referidos a los lados del filete", $S_w = 14800 \text{ lb/pulg}^2$.

B.1.1. Tapas:

Fuerza con que trata de abrirse la tapa:

$$F = \frac{\pi}{4} D^2 P_i, \text{ la cual genera corte en el cordón}$$

De la ecuación (4.17):

$$f_w = \frac{F}{L_w} = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 P_i}{\pi D} = \frac{D P_i}{4}$$

$$\text{Pero: } \tau_{\max} = \frac{f_w}{W \cos 45^\circ} \leq S_w$$

$$f_w = S_w W \cos 45^\circ \wedge f_w = \frac{D P_i}{4}$$

$$\rightarrow S_W W \cos 45^\circ = \frac{D P_i}{4}$$

$$\text{Tamaño del cordón: } W = \frac{D \times P_i}{4 S_W \cos 45^\circ} = \frac{27.56 \times 150}{4 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.09875''$$

$$W_{\text{calculado}} = 0.09875''$$

De Tabla N°2 "Tamaño mínimo del cordón de filete":

Para espesor de la plancha: $t = 9 \text{ mm} = 0.354''$

$$1/4'' < t \leq 1/2'' \rightarrow W_{\text{min}} = 3/16'' = 0.1875''$$

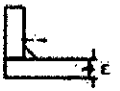





Como: $W_{\text{calculado}} = 0.09875'' < W_{\text{min}}$

Usamos $W_z = 1/4''$ con electrodo AWS E-7018.

Soldadura a tope longitudinal de la Bomba de condensado:

Para el espesor de la plancha de la bomba de condensado de $t = 9 \text{ mm}$.

De Tabla 4.10:

Unión de soldadura						
Espesor (E) mm	METAL DEPOSITADO (kg/ml) (acero)					
3,2	0,045	0,098				
6,4	0,177	0,190	0,380		0,358	
9,5	0,396		0,638		0,605	
12,5	0,708		1,168		1,066	
16	1,103		1,731		1,707	1,089
19	1,592		2,380	1,049	2,130	1,449
25	2,839		3,987	2,578	3,554	2,322
32				3,768		3,380
37,5				5,193		4,648
51				8,680		7,736
63,5				13,674		11,617
76				18,432		16,253

Fuente: Manual de sistemas y materiales de Indura

Consultado 21/09/2017

La cantidad de metal de aporte en la soldadura a tope con bisel tipo V de la bomba de condensado será de 0.638 kg/ml de acero.

B.1.2. Boquillas:

- **Conexión de válvula de seguridad Ø 2"** (Limite de fluencia mínimo ASTM A36 es 36000 Psi)

Usando electrodo E-7018 según tabla:

"Esfuerzos permisibles en cordones de soldadura de filete referidos a los lados del filete", $S_w = 14800 \text{ lb/pulg}^2$.

Fuerza $F = \frac{\pi}{4} D^2 P_i$, la cual genera corte en el cordón

De la ecuación (4.17):

$$f_w = \frac{F}{L_w} = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 P_i}{\pi D} = \frac{D P_i}{4}$$

Pero: $\tau_{\max} = \frac{f_w}{W \cos 45^\circ} \leq S_w$

$$f_w = S_w W \cos 45^\circ \quad \wedge \quad f_w = \frac{D P_i}{4} \rightarrow S_w W \cos 45^\circ = \frac{D P_i}{4}$$

$$\text{Tamaño del cordón: } W = \frac{D \times P_i}{4 S_w \cos 45^\circ} = \frac{2 \times 150}{4 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.007166''$$

$$W_{\text{calculado}} = 0.007166''$$

De Tabla N°2 "Tamaño mínimo del cordón de filete":

Espesor SCH 40 para Ø 2": $t = 3.91 \text{ mm} = 0.154''$

$$t \leq 1/4'' \rightarrow W_{\min} = 1/8'' = 0.125''$$

Como: $W_{\text{calculado}} = 0.007166" < W_{\text{min}}$

Usamos $W_z = 1/8" = 0.125"$ con electrodo AWS E-7018.

- **Conexión de transmisor de presión Ø 2"** (Limite de fluencia mínimo ASTM A36 es 36000 Psi)

Usando electrodo E-7018 según tabla: "Esfuerzos permisibles en cordones de soldadura de filete referidos a los lados del filete", $S_w = 14800 \text{ lb/pulg}^2$.

Fuerza $F = \frac{\pi}{4} D^2 P_i$, la cual genera corte en el cordón

De la ecuación (4.17):

$$f_w = \frac{F}{L_w} = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 P_i}{\pi D} = \frac{D P_i}{4}$$

Pero: $\tau_{\text{máx}} = \frac{f_w}{W \cos 45^\circ} \leq S_w$

$$f_w = S_w W \cos 45^\circ \quad \wedge \quad f_w = \frac{D P_i}{4} \rightarrow S_w W \cos 45^\circ = \frac{D P_i}{4}$$

$$\text{Tamaño del cordón: } W = \frac{D \times P_i}{4 S_w \cos 45^\circ} = \frac{2 \times 150}{4 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.007166"$$

$$W_{\text{calculado}} = 0.007166"$$

De Tabla N°2 "Tamaño mínimo del cordón de filete":

Espesor SCH 40 para Ø 2": $t = 3.91 \text{ mm} = 0.154"$

$$t \leq 1/4" \rightarrow W_{\text{min}} = 1/8" = 0.125"$$

Como: $W_{\text{calculado}} = 0.007166" < W_{\text{min}}$

Usamos $W_z = 1/8" = 0.125"$ con electrodo AWS E-7018.

- **Ingreso de agua Ø 3"** (Limite de fluencia mínimo ASTM A36 es 36000

Psi)

Usando electrodo E-7018 según tabla: **"Esfuerzos permisibles en cordones de soldadura de filete referidos a los lados del filete"**, $S_w = 14800 \text{ lb/pulg}^2$.

Fuerza $F = \frac{\pi}{4} D^2 P_i$, la cual genera corte en el cordón

De la ecuación (4.17):

$$f_w = \frac{F}{L_w} = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 P_i}{\pi D} = \frac{D P_i}{4}$$

$$\text{Pero: } \tau_{\max} = \frac{f_w}{W \cos 45^\circ} \leq S_w$$

$$f_w = S_w W \cos 45^\circ \wedge f_w = \frac{D P_i}{4} \rightarrow S_w W \cos 45^\circ = \frac{D P_i}{4}$$

$$\text{Tamaño del cordón: } W = \frac{D \times P_i}{4 S_w \cos 45^\circ} = \frac{3 \times 150}{4 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.01075''$$

$$W_{\text{calculado}} = 0.01075''$$

De Tabla N°2 "Tamaño mínimo del cordón de filete":

Espesor SCH 40 para Ø 3": $t = 5.49 \text{ mm} = 0.216''$

$$t \leq 1/4'' \rightarrow W_{\min} = 1/8'' = 0.125''$$

$$\text{Como: } W_{\text{calculado}} = 0.01075'' < W_{\min}$$

Usamos $W_z = 1/4''$ con electrodo AWS E-7018.

- **Ingreso de vapor Ø 2"** (Limite de fluencia mínimo ASTM A36 es 36000 Psi)

Usando electrodo E-7018 según tabla: **“Esfuerzos permisibles en cordones de soldadura de filete referidos a los lados del filete”**, $S_w = 14800 \text{ lb/pulg}^2$.

Fuerza $F = \frac{\pi}{4} D^2 P_i$, la cual genera corte en el cordón

De la ecuación (4.17):

$$f_w = \frac{F}{L_w} = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 P_i}{\pi D} = \frac{D P_i}{4}$$

Pero: $\tau_{\max} = \frac{f_w}{W \cos 45^\circ} \leq S_w$

$$f_w = S_w W \cos 45^\circ \quad \wedge \quad f_w = \frac{D P_i}{4} \rightarrow S_w W \cos 45^\circ = \frac{D P_i}{4}$$

$$\text{Tamaño del cordón: } W = \frac{D \times P_i}{4 S_w \cos 45^\circ} = \frac{2 \times 150}{4 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.007166''$$

$$W_{\text{calculado}} = 0.007166''$$

De Tabla N°2 “Tamaño mínimo del cordón de filete”:

Espesor SCH 40 para $\varnothing 2''$: $t = 3.91 \text{ mm} = 0.154''$

$$t \leq 1/4'' \rightarrow W_{\min} = 1/8'' = 0.125''$$

Como: $W_{\text{calculado}} = 0.007166'' < W_{\min}$

Usamos $W_z = 1/8'' = 0.125''$ con electrodo AWS E-7018.

- **Salida de condensado $\varnothing 3''$** (Limite de fluencia mínimo ASTM A36 es 36000 Psi)

Usando electrodo E-7018 según tabla: **“Esfuerzos permisibles en cordones de soldadura de filete referidos a los lados del filete”**, $S_w = 14800 \text{ lb/pulg}^2$.

Fuerza $F = \frac{\pi}{4} D^2 P_i$, la cual genera corte en el cordón

De la ecuación (4.17):

$$f_w = \frac{F}{L_w} = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 P_i}{\pi D} = \frac{D P_i}{4}$$

Pero: $\tau_{\max} = \frac{f_w}{W \cos 45^\circ} \leq S_w$

$$f_w = S_w W \cos 45^\circ \quad \wedge \quad f_w = \frac{D P_i}{4} \rightarrow S_w W \cos 45^\circ = \frac{D P_i}{4}$$

Tamaño del cordón: $W = \frac{D \times P_i}{4 S_w \cos 45^\circ} = \frac{3 \times 150}{4 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.01075''$

$$W_{\text{calculado}} = 0.01075''$$

De Tabla N°2 "Tamaño mínimo del cordón de filete":

Espesor SCH 40 para Ø 3": $t = 5.49 \text{ mm} = 0.216''$

$$t \leq 1/4'' \rightarrow W_{\min} = 1/8'' = 0.125''$$

Como: $W_{\text{calculado}} = 0.01075'' < W_{\min}$

Usamos $W_z = 1/4''$ con electrodo AWS E-7018.

B.2. Calculo de cordón para el soporte

Soporta la carga del equipo:

Peso total = 835.28 Kgf

Peso por cada soporte $F = \frac{835.28}{4} = 208.82 \text{ Kgf} = 460.4 \text{ lbf}$

De la ecuación (4.17):

$$f_w = \frac{F}{L_w}$$

$$L_w = 150 + 200 \times 2$$

$$L_w = 550 \text{ mm} = 0.55 \text{ m} = 21.65 \text{ pulg}$$

Pero: $\tau_{\max} = \frac{f_w}{W \cos 45^\circ} \leq S_w$

$$f_w = S_w W \cos 45^\circ \wedge f_w = \frac{F}{L_w} \rightarrow S_w W \cos 45^\circ = \frac{F}{L_w}$$

Para J1:

Tamaño del cordón: $W = \frac{F}{L_w S_w \cos 45^\circ} = \frac{460.4}{21.65 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.002032''$

$$W_{\text{calculado}} = 0.002032''$$

De Tabla N°2 "Tamaño mínimo del cordón de filete":

Para el espesor de la plancha más gruesa: $t = 0.354''$

$$1/4'' < t \leq 1/2'' \rightarrow W_{\min} = 3/16'' = 0.1875''$$

Como: $W_{\text{calculado}} = 0.002032'' < W_{\min}$

Usamos $W_z = 1/4''$ con electrodo AWS E-7018.

Para J2:

Tamaño del cordón: $W = \frac{F}{L_w S_w \cos 45^\circ} = \frac{460.4}{\pi \times 3 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.004668''$

$$W_{\text{calculado}} = 0.004668''$$

De Tabla N°2 "Tamaño mínimo del cordón de filete":

Para el espesor de la plancha más gruesa: $t = 1/4''$

$$t \leq 1/4'' \rightarrow W_{\min} = 1/8'' = 0.125''$$

Como: $W_{\text{calculado}} = 0.004668'' < W_{\min}$

Usamos $W_z = 1/4''$ con electrodo AWS E-7018.

Para J3:

$$\text{Tamaño del cordón: } W = \frac{F}{L_W S_W \cos 45^\circ} = \frac{460.4}{\pi \times 3 \times 14800 \times \cos 45^\circ} = 0.004668''$$

$$W_{\text{calculado}} = 0.004668''$$

De Tabla N°2 "Tamaño mínimo del cordón de filete":

Para el espesor de la plancha más gruesa: $t = 1/2''$

$$1/4'' < t \leq 1/2'' \rightarrow W_{\text{min}} = 3/16'' = 0.1875''$$

Como: $W_{\text{calculado}} = 0.004668'' < W_{\text{min}}$

Usamos $W_z = 1/4''$ con electrodo AWS E-7018.

4.2.5 Cálculo de los pernos para las uniones bridadas:

Datos de operación:

Presión de Diseño = 150 PSI

Diámetro nominal = 3"

$C = 2$

$P_o = C \cdot P = 150 \cdot 2 = 300 \text{ PSI}$

Ver tablas 4.11 y 4.12 para dimensiones de pernos:

$D_p = 6.00 \text{ pulg}$

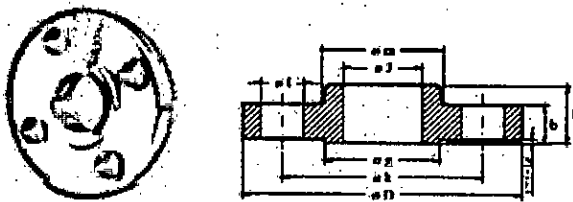
Pernos = 4.00

$D_i = 3.57 \text{ pulg}$

Empaquetadura Espirometálica: $K = 0.6$

TABLA 4. 11 BRIDAS SLIP-ON

**BRIDAS SLIP-ON
SLIP-ON FLANGES
150 Lbs.**



ASME B16.5-1996

Diámetro nominal Nominal pipe size	Brida Flange				Cuello Hub a mm. Inches	Acroto Raised Face o mm. Inches	Trazado Drilling template			Peso aprox. Approx. weight Kg. Pounds
	D mm. Inches	J mm. Inches	b mm. Inches	h mm. Inches			Número Number	r mm. Inches	h mm. Inches	
1/2"	88,9 3 1/2	22,3 0,88	11,1 7/16	15,9 5/8	30,2 1 1/8	34,9 1 3/8	4	15,9 5/8	60,3 2 3/8	0,4 0,9
3/4"	98,4 3 7/8	27,7 1,09	12,7 1/2	15,9 5/8	38,1 1 1/2	42,9 1 7/8	4	15,9 5/8	69,9 2 3/4	0,7 1,5
1"	107,9 4 1/8	34,5 1,36	14,3 7/16	17,5 11/16	49,2 1 11/16	50,8 2	4	15,9 5/8	79,4 3 1/8	0,8 1,9
1 1/4"	117,5 4 5/8	43,2 1,7	15,9 5/8	20,6 11/16	58,7 2 2/16	63,5 2 1/2	4	15,9 5/8	88,9 3 1/2	1,1 2,4
1 1/2"	127,0 5	49,5 1,95	17,5 11/16	22,2 7/8	65,1 2 5/8	73,0 2 7/8	4	15,9 5/8	98,4 3 7/8	1,4 3,1
2"	152,4 6	62,0 2,44	19,1 3/4	25,4 1	77,8 3 1/8	92,1 3 3/8	4	19,05 3/4	120,6 4 3/8	2,2 4,8
2 1/2"	177,8 7	74,7 2,94	22,2 7/8	28,6 1 1/8	90,5 3 5/8	104,0 4 1/8	4	19,05 3/4	135,7 5 1/8	3,0 7,0
3"	190,5 7 1/2	90,7 3,57	23,8 7/8	30,2 1 1/8	107,9 4 1/8	127,0 5	4	19,05 3/4	152,4 6	4,1 9
3 1/2"	215,9 8 1/2	105,4 4,07	25,6 1	31,7 1 1/4	122,7 4 11/16	139,7 5 1/2	8	19,05 3/4	177,8 7	5,7 12,4
4"	228,6 9	116,1 4,57	23,8 7/8	33,3 1 1/8	134,9 5 1/8	157,2 6 1/8	8	19,05 3/4	190,5 7 1/2	5,6 12,3
5"	254,0 10	143,8 5,66	23,8 7/8	36,5 1 3/8	163,5 6 3/8	185,7 7 1/8	8	22,2 7/8	215,9 8 1/2	6,3 13,9
6"	279,4 11	170,7 6,72	25,4 1	38,7 1 5/8	192,1 7 5/8	215,9 8 1/2	8	22,2 7/8	241,3 9 1/2	7,5 16,5
8"	342,9 13 1/2	221,5 8,72	28,6 1 1/8	44,4 1 7/8	248,1 9 11/16	269,9 10 3/8	8	22,2 7/8	286,4 11 3/8	12,6 27,7
10"	406,4 16	276,35 10,88	30,2 1 3/16	49,2 1 11/16	304,8 12	323,8 12 1/4	12	25,4 1	361,9 14 1/4	18,5 40,7
12"	482,6 19	327,15 12,88	31,8 1 1/4	55,6 2 1/8	365,1 14 3/8	381,0 15	12	25,4 1	431,8 17	28 61,6

Fuente: Bridas forjadas ANSI según norma ASTM A182
Consultado 14/11/2017

TABLA 4. 12 DIMENSIONES DE PERNOS

D	Dp	Di	agujero	#. Perno
2	4.75	2.441	3/4	4
3	6.00	3.571	3/4	4
4	7.50	4.571	3/4	8
6	11.75	6.720	7/8	8

Fuente: elaboración propia

- **Área de Presión:**

$$A = \frac{\pi}{4} \times (6+3.57)^2$$

$$A = 17.9859083 \text{ pulg}^2$$

- **Fuerza exterior en cada perno:**

$$F_e = \frac{P \times A}{\# \text{ Pernos}} \dots\dots\dots (4.18)$$

$$F_e = \frac{150 \times 17.9859083}{4}$$

$$F_e = 674.471561 \text{ Lbs}$$

- **Carga de ajuste inicial:**

$$F_i = C \times (1-K) \times F_e \dots\dots\dots (4.19)$$

$$F_i = 2 \times (1-0.6) \times 674.471561$$

$$F_i = 539.577249 \text{ Lbs}$$

- **Se selecciona diámetro de perno:**

dp=5/8 pulg

- **Torque de los pernos:**

$$T = 0.2 \times F_i \times dp \dots\dots\dots (4.20)$$

$$T = 0.2 \times 539.577249 \times 5/8$$

$$T = 67.45 \text{ Lbs.pulg}$$

- **Carga final sobre el perno:**

$$F = F_i + K \times F_e \dots\dots\dots (4.21)$$

$$F = 539.577249 + 0.6 \times 674.471561$$

$$F = 944.26018 \text{ Lbs}$$

- Esfuerzo del perno:

$$\sigma_t = \frac{F}{A_s} \dots\dots\dots (4.22)$$

TABLA 4. 13 AREA DE ESFUERZOS DE ROSCAS ESTANDAR AMERICANO

AREAS DE ESFUERZOS DE ROSCAS ESTANDAR AMERICANO						
DIAMETRO NOMINAL Pulg.	ROSCA GRUESA			ROSCA FINA		
	HILOS POR PULG.	AREA DE ESFUERZO		HILOS POR PULG.	AREA DE ESFUERZO	
		Pulg²	mm²		Pulg²	mm²
1/4	20	0,0318	20,53	28	0,0364	23,47
5/16	18	0,0524	33,83	24	0,0581	37,46
3/8	16	0,0775	50,00	24	0,0878	56,66
7/16	14	0,1063	68,59	20	0,1187	76,59
1/2	13	0,1419	91,55	20	0,1600	103,2
1/2	12	0,1378	88,88			
9/16	12	0,1819	117,4	18	0,2030	131,0
5/8	11	0,2260	145,8	18	0,2560	165,1
3/4	10	0,3345	215,8	16	0,3730	240,6
7/8	9	0,4617	297,9	14	0,5095	328,7
1	8	0,6057	390,8	12	0,6630	427,8
1 1/8	7	0,7633	492,4	12	0,8557	552,1
1 1/4	7	0,9691	625,2	12	1,0729	692,2
1 3/8	6	1,1549	745,1	12	1,3147	848,2
1 1/2	6	1,4053	906,6	12	1,5810	1020
1 3/4	5	1,8995	1225	12	2,1875	1411
2	4,5	2,4982	1612	12	2,8917	1866
2 1/4	4,5	3,2477	2095	12	3,6943	2383
2 1/2	4	3,9988	2580	12	4,5951	2965
2 3/4	4	4,9340	3183	12	5,5940	3609
3	4	5,9674	3850	12	6,6912	4317

Fuente: Diseño de elementos de maquina I
Consultado 14/11/2017

- **Área de esfuerzo:**

De Tabla 4.13: $A_s = 0.226 \text{ pulg}^2$

De la ecuación (4.22):

$$\sigma_t = \frac{944.26018}{0.226}$$

$$\sigma_t = 4178.1424 \text{ PSI}$$

- **Considerando la presión de operación:**

De la ecuación (4.22):

$$\sigma_t = \frac{4178.1424}{1421.941176}$$

$$\sigma_t = 2.938337 \text{ Kg/mm}^2$$

- **Selección del material del perno:**

$N =$ Factor de seguridad

$N = 10$

$$\sigma_y = 4178.1424 \times 10 / 1000$$

$$\sigma_y = 41.781424 \text{ KSI}$$

$$\sigma_y = 41.781424 / 1421.941176 \times 1000$$

$$\sigma_y = 29.38337 \text{ Kg/mm}^2$$

De tabla 4.14: Por temperatura los pernos deben ser: **GRADO 1**

TABLA 4. 14 ESFUERZOS PERMISIBLES PARA DIFERENTES TEMPERATURAS

ESFUERZOS PERMISIBLES, kg/mm^2 , PARA DIFERENTES TEMPERATURAS DEL MATERIAL, SEGUN LA ASME

DESIGNACION ASTM	TEMPERATURA DEL MATERIAL EN °C																
	-30°	-30° a 40°	100°	150°	200°	250°	300°	350°	400°	450°	500°	550°	600°	650°	700°	750°	800°
A307-B	-	4,9	4,9	4,9	4,9												
A325	-	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	12,5	11,0								
A354-BB	-	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	12,5	11,0								
A354-BC	-	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	13,3	11,7								
A354-BD	-	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	13,3	11,7								
A193-B5	-	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	11,8	7,9	4,4					
A193-B6	-	14,1	13,5	13,2	12,9	12,6	12,1	11,4	10,4	8,9							
A193-B7	-	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	11,7	6,9						
A193-B14	-	17,6	17,6	17,6	17,6	14,1	14,1	14,1	14,1	13,0	10,3	6,2					
A193-B16	-	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	13,0	10,3	6,2					
A193-B8	-	10,5	9,2	8,4	7,6	7,1	6,6	6,2	5,8	5,5	5,1	4,9	4,4	3,1	1,8	1,1	0,6
A193-B8C	-	10,5	10,4	9,5	8,9	8,6	8,4	8,3	8,2	8,1	7,8	7,5	6,8	3,4	2,0	1,2	0,8
A193-B8T	-	10,5	10,4	9,5	8,9	8,6	8,4	8,3	8,2	8,1	7,8	7,5	6,8	3,4	2,0	1,2	0,8
A320-L7	*14,8	14,8	14,8	14,8	14,8												
A320-L9	*9,9	9,9	9,9	9,9	9,9												
A320-L10	*14,8	14,8	14,8	14,8	14,8												
A320-B8F	*10,5	10,5															

Fuente: Diseño de elementos de maquina I

4.2.6 Planos de ensamble, soldadura y detalle de la bomba

VER ANEXO 2

4.2.7 Planos de ensamble, soldadura y detalle del tanque

VER ANEXO 3

4.2.8 Plano de ensamble y montaje de tanque - bomba

VER ANEXO 4

4.2.9 Plano de recuperación y distribución de purgas

VER ANEXO 5

4.2.10 Plano eléctrico e instrumentación de la bomba

VER ANEXO 6

4.2.11 Programa de cálculo de la bomba

VER EXCELEN DISCO CD

4.2.12 Selección de componentes electrónicos

Se procede a seleccionar los siguientes componentes para la automatización de la bomba operada con vapor.

- Válvula de ingreso de agua

Se selecciona válvula mariposa con actuador neumático marca bray.

01 pza VAL. MARIP A216 DISCO316 VAST 17-4 ASIENT RPTFE, 3"
SERIE 40 ALTA PERFORMANCE WAFER, S/P, BRAY.

01 pza ACTUADOR NEUMATICO DOBLE EFECTO TAMAÑO 83,
BRAY + ARMADO Y PRUEBAS EN BANCO.

- Válvula de salida de purga

Se selecciona válvula mariposa con actuador neumático marca bray .

01 pza VAL. MARIP A216 DISCO316 VAST 17-4 ASIENT RPTFE, 3"
SERIE 40 ALTA PERFORMANCE WAFER, S/P, BRAY.

01 pza ACTUADOR NEUMATICO DOBLE EFECTO TAMAÑO 83,
BRAY + ARMADO Y PRUEBAS EN BANCO.

- Válvula de ingreso de vapor

Se selecciona válvula esfera con actuador neumático marca bray.

01 pza VALVULA ESFERA DE 1 PLG MARCA SPIRAX SARCO

01 pza ACTUADOR NEUMATICO DOBLE EFECTO TAMAÑO 83,
BRAY + ARMADO Y PRUEBAS EN BANCO.

- Válvula de venteo de aire

Se selecciona válvula esfera con actuador neumático marca bray.

01 pza VALVULA ESFERA DE 2 PLG MARCA SPIRAX SARCO

01 pza ACTUADOR NEUMATICO DOBLE EFECTO TAMAÑO 83,
BRAY + ARMADO Y PRUEBAS EN BANCO.

01 pza CONTROL DE NIVEL de agua para la bomba BASE
ELECTRODO MOD. 3E2A (WARRICK)

4.2.13 Elaboración de propuesta económica

- Costo de materiales

TABLA 4. 15 COSTO DE MATERIALES DE BOMBA DE DESPLAZAMIENTO

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PU US\$	SUBTOTAL
1	EQUIPO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y BOMBA				
1.1	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO				
1.1.1	PLANCHA 2199 mm x 800mm x 3/8" ASTM A36 ACERO AL CARBONO	UND	1.00	\$ 546.65	\$ 546.65
1.1.2	TAPA ELIPTICA 716 mm x h=130 mm x 3/8" ASTM A36 ACERO AL CARBONO	UND	2.00	\$ 110.18	\$ 220.36
1.1.3	TUBO REDONDO ACERO AL CARBOINO SIN COSTURA ASTM A-53 GRADO B SCH40 DE 3"	ML	1.00	\$ 13.33	\$ 13.33
1.1.4	TUBO REDONDO ACERO AL CARBOINO SIN COSTURA ASTM A-53 GRADO B SCH40 DE 2"	ML	2.00	\$ 5.83	\$ 11.67
1.1.5	COPLA 1" 3000 Lbs.ASTMA-105	UND	1.00	\$ 1.20	\$ 1.20
1.1.6	COPLA 1/2" 3000 Lbs.ASTMA-105	UND	1.00	\$ 0.80	\$ 0.80
1.1.7	COPLA 1" 3000 Lbs.ASTMA-105	UND	1.00	\$ 1.20	\$ 1.20
1.1.8	COPLA 2" 3000 Lbs.ASTMA-105	UND	3.00	\$ 1.50	\$ 4.50
1.1.9	TAPON MACHO 2" 300 Lbs.ANSI 316	UND	2.00	\$ 0.20	\$ 0.40
1.1.10	BRIDA SLIP ON ASTM A-105 CLASE 150 DE Ø3"	UND	2.00	\$ 5.50	\$ 11.00
1.1.11	AISLAMIENTO TERMICO LANA MINERAL ESPESOR = 2 PLG , ACABADO PLANCHA INOXIDABLE 304 0.5 mm	M2	4.00	\$ 100.00	\$ 400.00

Fuente: elaboración propia

TABLA 4. 16 COSTO DE MATERIALES DE TANQUE

1.2	TANQUE AUXILIAR DE ALMACENAMIENTO				
1.2.1	PLANCHA 2199 mm x 1500mm x 1/4" ASTM A36 ACERO AL CARBONO	UND	1.00	\$ 683.31	\$ 683.31
1.2.2	TAPA PLANA 716 mm x h=50 mm x 1/4" ASTM A36 ACERO AL CARBONO	UND	2.00	\$ 73.45	\$ 146.90
1.2.3	TUBO REDONDO ACERO AL CARBONO SIN COSTURA ASTM A-53 GRADO B SCH40 DE 3"	ML	1.00	\$ 13.33	\$ 13.33
1.2.4	TUBO REDONDO ACERO AL CARBONO SIN COSTURA ASTM A-53 GRADO B SCH40 DE 2"	ML	2.00	\$ 5.83	\$ 11.67
1.2.5	COPLA 1" 3000 Lbs.ASTMA-105	UND	2.00	\$ 1.20	\$ 1.20
1.2.6	COPLA 1/2" 3000 Lbs.ASTMA-105	UND	1.00	\$ 0.80	\$ 0.80
1.2.7	COPLA 2" 3000 Lbs.ASTMA-105	UND	2.00	\$ 1.50	\$ 3.00
1.2.8	TAPON MACHO 2" 300 Lbs.ANSI 316	UND	2.00	\$ 0.20	\$ 0.40
1.2.9	BRIDA SLIP ON ASTM A-105 CLASE 150 DE Ø3"	UND	2.00	\$ 5.50	\$ 11.00
1.2.10	AISLAMIENTO TERMICO LANA MINERAL ESPESOR = 1 PLG , ACABADO PLANCHA INOXIDABLE 304 0.5 mm	M2	5.00	\$ 70.00	\$ 350.00
1.2.11	OREJERAS DE IZAJE MATERIAL ASTMA36 espesor 1/2"	UND	2.00	\$ 10.00	\$ 20.00
1.3	ESTRUCTURA DEL EQUIPO				
1.3.1	TUBO CUADRADO DE 3" X 3" X 4.76 mm	UND	1.00	\$ 70.00	\$ 70.00
1.3.2	TUBO REDONDO DE 76 mm X 4.76 mm	UND	1.00	\$ 55.00	\$ 55.00
1.3.3	CANAL"U" DE F.N. ASTM A-36 DE 3 X 5 LBS x 20 PIES	UND	5.00	\$ 45.00	\$ 225.00
1.3.4	PLANCHA ASTM A36 DE 1.5 X 3 X 1/2"	UND	1.00	\$ 421.20	\$ 421.20
1.4	ACCESORIOS				
1.4.1	ESPÁRRAGOS C/PAR ARANDELAS Y TUERCAS PARA BRIDAS	UND	100.00	\$ 1.49	\$ 149.25
1.4.2	JUNTA ESPIROMETALICA 3"S- 150 AISI 316	UND	4.00	\$ 12.00	\$ 48.00
1.4.3	JUNTA ESPIROMETALICA 2"S- 150 AISI 316	UND	2.00	\$ 3.00	\$ 6.00
1.4.4	JUNTA ESPIROMETALICA 1"S- 150 AISI 316	UND	2.00	\$ 3.50	\$ 7.00
1.4.5	ARANDELAS (ANILLO PLANO ZINCADO) 5/8"	UND	60.00	\$ 0.20	\$ 12.00
1.5	AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO				
1.5.1	TABLERO DE CONTROL DE 110 VC	UND	1.00	\$ 300.00	\$ 300.00
1.5.2	MICROATOMATA LOGO V8 SIEMENS	UND	1.00	\$ 181.82	\$ 181.82
1.5.3	Presostato marca danfoss	UND	1.00	\$ 150.00	\$ 150.00
1.5.4	VAL.MARIP A216 DISCO316 ASIENT RPTFE, 3" SERIE 40 ALTA PERFORMANCE WAFER, S/P, BRAY	UND	2.00	\$ 150.00	\$ 300.00
1.5.5	VALV. ESFERA M10S2RB ISO DE 1P SARCO	UND	1.00	\$ 120.00	\$ 120.00
1.5.6	VALV. ESFERA M10S2RB ISO DE 2P SARCO	UND	1.00	\$ 200.00	\$ 200.00

1.5.7	ADAPTADOR PARA CAJA Y ACTUADOR, A1, VALV. 2-3, BRAY +	UND	4.00	\$ 250.00	\$ 1,000.00
1.5.8	CONTROL DE NIVEL MOD. 16BD0R (WARRICK) + VARILLA	UND	1.00	\$ 300.00	\$ 250.00
1.5.9	FR+L C/MANOM. QB1 DE 1/4P 40μ, 0 - 10 BAR, MICRO	UND	4.00	\$ 150.00	\$ 600.00

Fuente: elaboración propia

TABLA 4. 17 COSTO DE MATERIALES DE RED TUBERIAS

2	RED DE TUBERIA DEL SISTEMA DE BOMBEO A TANQUE ACTUAL DE 40 M3				
2.1	TUBO REDONDO ACERO AL CARBOINO SIN COSTURA ASTM A-53 GRADO B SCH40 DE 3"	ML	40.00	\$ 13.33	\$ 533.33
2.2	CODO 90° ACERO SOLDABLE SOLDABLE ASTMA-234 SCH 40 DE 3"	UND	12.00	\$ 10.00	\$ 120.00
2.3	BRIDA SLIP ON ASTM A-105 CLASE 150 DE Ø3"	UND	4.00	\$ 5.50	\$ 22.00
2.4	VAL. MARIP A216 DISCO316 ASIENT RPTFE, 3" SERIE 40 ALTA PERFORMANCE WAFER, S/P, BRAY	UND	1.00	\$ 150.00	\$ 150.00
2.5	VALVULA CHECK DE 3" MARCA GENEBRE	UND	1.00	\$ 200.00	\$ 200.00
2.6	MANOMETRO CON GLICERINA DIAL: 4", CONEX.:1/2" COLOR DEL DIAL NEGRA 0 - 10 barg SENSOR: INOX. 316	UND	1.00	\$ 65.00	\$ 65.00
2.7	ACCESORIOS MENORES (EMPAQUETADURA, PERNOS, TUECAS, ARANDELAS, ETC.)	UND	1.00	\$ 150.00	\$ 150.00
2.8	U-BOLTS GALVANICA DE 3" X 1/4" COMPLETOS(TUERCA Y ARANDELAS)	UND	10.00	\$ 6.00	\$ 60.00
2.9	CANAL "U" DE F.N. ASTM A-36 DE 3 X 5 LBS x 20 PIES	UND	5.00	\$ 45.00	\$ 225.00
3	CAÑUELAS DE LANA MINERAL PARA TUBERIA 3" ACABADO PLANCHA INOXIDABLE 304 0.5 mm	ML	40.00	\$ 70.00	\$ 2,800.00

Fuente: elaboración propia

COSTO TOTAL DE MATERIALES = 10,377.88 DOLARES

- Costo de utilización de máquinas y equipos

TABLA 4. 18 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE TRABAJO

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PU US\$	SUBTOTAL
1	MÁQUINA DE SOLDAR MILLER MAXSTAR 200 DX, TRIFASICA, INCL.CABLE P/TIERRA/PORTAELECTRODO, CON TENAZAS TIE, FLUJÓMETRO Y EQ.SOLD.TIG.	UND	1.00	\$ 3.20	\$ 96.00
2	CARRITO PORTA MÁQUINA Y ARGON	UND	1.00	\$ 1.50	\$ 45.00
3	AMOLADORA 7" (ESMERIL)	UND	1.00	\$ 1.10	\$ 33.00
4	AMOLADORA 4-1/2" (ESMERIL BABY)	UND	1.00	\$ 0.50	\$ 15.00
5	AMOLADORA RECTA (TURBINETA)	UND	1.00	\$ 0.50	\$ 15.00
6	ROTOMARTILLO MARCA KRESS DE 800 W INCLUYE: CHUCK CON LLAVE PARA TALADRO, MANGO Y MALETÍN	UND	1.00	\$ 1.40	\$ 42.00
7	MAQUINA ROSCADORA RIDGID (NIPLEROS DE 01 JGOS. PENES 1-2,(1 JGO); 1/2-3/4 HSS C/CABEZAL)	UND	1.00	\$ 3.50	\$ 105.00
8	PORTANIPLEROS DE 1/2" A 2" MODELO 819 (1/2" - 2") MARCA RIDGID INCLUYE LLAVE, TOPE, CABEZAL Y 5 NIPLES (1/2", 3/4", 1", 1 1/4" Y 1 1/2")	UND	1.00	\$ 1.50	\$ 45.00
9	CABEZAL UNIVERSAL 1/8" A 2" MODELO 811A MARCA RIDGID	UND	1.00	\$ 1.40	\$ 42.00
10	EQUIPO DE CORTE MARCA VICTOR, MOD. JOURNEYMAN II 540-510, INCLUYE MANGUERAS, REGULADORES OX/ACET., LIMPIABOQUILLAS, CHISPERO Y CAÑA CON MALETA COMPLETO	UND	1.00	\$ 3.10	\$ 93.00
11	TABLERO ELÉCTRICO: 4 TOMAS TRIFÁSICAS DE 32 A, 4 TOMAS TRIF. DE 16 A, 2 TOMAS MONO. DOBLES, 2 TERMOMAGNÉTICAS DE 160 AMPERIOS Y 15 MTS.CÁBLE C-32A	UND	1.00	\$ 3.50	\$ 105.00
12	CAJÓN GRANDE DE HERRAMIENTAS METÁLICO C/CANDADO	UND	1.00	\$ 2.00	\$ 60.00
13	TRIPODE CON PRENSA CADENA DE 1/8" A 6" MARCA RIDGID, MODELO 460	UND	1.00	\$ 1.50	\$ 45.00
14	SOPORTE REGULABLE (MUCHACHO)	UND	1.00	\$ 0.50	\$ 15.00
15	LLAVES MIXTAS 3/8" A 1 1/4" (14 PZS) MARCA STANLEY MODELO 86-970	UND	1.00	\$ 0.20	\$ 6.00
16	POLIPASTO MANUAL DE CADENA 2 TON. YEELIFT 360 (CADENA DE IZAJE 6 MTS, CADENA DE MANDO 6.6 MTS) MARCA YALE ALEMANIA	UND	1.00	\$ 1.00	\$ 30.00
17	TRANSPALETA MANUAL QUICK LIFT CTQ30L BASSLER N° SERIE: A595671 MAX. 3 TÓNELADAS	UND	1.00	\$ 4.50	\$ 135.00
				TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	\$ 927.00

Fuente: elaboración propia

TABLA 4. 19 CONSUMIBLES

CONSUMIBLES					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PU US\$	SUBTOTAL
1	OXIGENO INDUSTRIAL	UND	10.00	\$ 5.00	\$ 50.00
2	ACETILENO INDUSTRIAL	UND	10.00	\$ 7.50	\$ 75.00
3	TEFLÓN EN CINTA	UND	40.00	\$ 0.54	\$ 21.43
4	PERIMATEX	UND	5.00	\$ 2.00	\$ 10.00
5	TRAPO INDUSTRIAL	UND	5.00	\$ 1.00	\$ 5.00
6	ELECTRODO 1/8" E6011	UND	40.00	\$ 4.50	\$ 180.00
7	ELECTRODO 1/8" E7018	UND	80.00	\$ 6.21	\$ 496.80
8	CONSUMIBLES SMAW: PORTA ELECTRODO, TENAZA DE TIERRA, ETC.	UND	1.00	\$ 15.00	\$ 15.00
9	DISCO DE CORTE Y DESBASTE Ø 4-1/2"X1/8"	UND	40.00	\$ 3.51	\$ 140.40
10	DISCO DE CORTE Y DESBASTE Ø 7"X1/8"	UND	20.00	\$ 6.59	\$ 131.80
TOTAL CONSUMIBLES					\$ 1,125.43

Fuente: elaboración propia

TABLA 4. 20 SERVICIOS

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PU US\$	SUBTOTAL
1	ARENADO Y PINTADO SP5 (TUBERIAS) ZINC+EPOXICO	M2	8.00	\$ 15.00	\$ 120.00
2	ARENADO Y PINTADO SP5 (SOPORTES) ZINC + EXPOXICO + POLIURETANO	M2	2.00	\$ 20.00	\$ 40.00
3	PRUEBA DE HERMETECIDAD	SERV.	1.00	\$ 150.00	\$ 150.00
4	PRUEBAS LIQUIDO PENETRANTE	KID	6.00	\$ 25.00	\$ 150.00
5	PRUEBAS RADIOGRAFICAS	PLACAS	30.00	\$ 8.00	\$ 240.00
6	HOMOLOGACIÓN DE SOLDADORES	UND	3.00	\$ 100.00	\$ 300.00
7	CALIBRACIÓN DE MANOMETROS	UND	4.00	\$ 30.00	\$ 120.00
8	TRASLADOS DE TALLER A PLANTA	VIAJE	2.00	\$ 500.00	\$ 1,000.00
TOTAL SERVICIOS					\$ 2,120.00

Fuente: elaboración propia

- Costo de mano de obra

TABLA 4. 21 COSTO DE MANO DE OBRA

MANO DE OBRA DIRECTA-TALLER							
ITEM	DESCRIPCION	PERS.	DÍAS	H-H (DÍA)	CANTIDAD (H-H)	PU US\$	SUBTOTAL
1	SOLDADOR HOMOLOGADO	1.00	14.00	8.75	122.50	\$ 8.00	\$ 980.00
2	OPERARIO	1.00	14.00	8.75	122.50	\$ 5.40	\$ 661.50
3	OFICIAL MECÁNICO	2.00	14.00	8.75	245.00	\$ 3.56	\$ 872.20
4	AYUDANTE MECÁNICO	1.00	14.00	8.75	122.50	\$ 2.77	\$ 339.33
5	PINTOR	1.00	5.00	8.75	43.75	\$ 4.35	\$ 190.31
MANO DE OBRA DIRECTA-OBRA							
ITEM	DESCRIPCION	PERS.	DÍAS	H-H (DÍA)	CANTIDAD (H-H)	PU US\$	SUBTOTAL
1	SOLDADOR HOMOLOGADO	1.00	20.00	8.75	175.00	\$ 8.00	\$ 1,400.00
2	OPERARIO	1.00	20.00	8.75	175.00	\$ 5.40	\$ 945.00
3	OFICIAL MECÁNICO	3.00	20.00	8.75	525.00	\$ 3.56	\$ 1,869.00
4	AYUDANTE MECÁNICO	1.00	20.00	8.75	175.00	\$ 2.77	\$ 484.75
	TOTAL						
TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA							\$ 7,742.09

Fuente: elaboración propia

- Costo de total de producción del equipo

TABLA 4. 22 COSTOS DIRECTOS

DESCRIPCIÓN	MONTO US\$	PORCENTAJE
MATERIALES	\$ 10,377.88	47%
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	\$ 927.00	4%
CONSUMIBLES	\$ 1,125.43	5%
SERVICIOS	\$ 2,120.00	10%
MANO DE OBRA DIRECTA	\$ 7,742.09	35%
TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 22,292.39	100%

Fuente: elaboración propia

TABLA 4. 23 COSTOS TOTAL

DESCRIPCIÓN	%	MONTO US\$
TOTAL COSTO DIRECTO		\$ 22,292.39
GASTOS GENERALES	15%	\$ 3,249.13
UTILIDAD	20%	\$ 4,458.48
TOTAL SUB-PRESUPUESTO		\$ 30,000.00
IGV	18%	\$ 5,400.00
TOTAL PRESUPUESTO +IGV		\$ 35,400.00

Fuente: elaboración propia

4.2.14 Estudio económico (TIR, VAN, Playback)

TABLA 4. 24 CONSUMO DE COMBUSTIBLE ACTUAL EN LAS CALDERAS

Caldera	Eficiencia de la Caldera Actual*	Potencia del Caldero (BHP)	Presión de Vapor (barg)	Temperatura de Agua de Alimentación (°C)	Generación de Vapor (kg/h)	Consumo de Combustible (Sm ³ /h)	Consumo de Agua (m ³ /h)
1	82.60%	900.00	8.00	95.00	13,393.70	1,033.56	14,266.03
2	82.70%	900.00	8.00	95.00	13,393.70	1,032.31	14,266.03
3	82.90%	900.00	8.00	95.00	13,393.70	1,029.82	14,266.03
4	82.80%	900.00	8.00	95.00	13,393.70	1,031.06	14,266.03
5	82.98%	900.00	8.00	95.00	13,393.70	1,028.83	14,266.03
TOTAL	--	4500.00	-	-	66968.50	5155.57	71330.15

Fuente: elaboración propia

TABLA 4. 25 CONSUMO DE COMBUSTIBLE PROYECTADO EN LAS CALDERAS

Caldera	Eficiencia de la Caldera Actual*	Potencia del Caldero (BHP)	Presión de Vapor (barg)	Temperatura de Agua de Alimentación (°C)	Generación de Vapor (kg/h)	Consumo de Combustible (Sm ³ /h)	Consumo de Agua (m ³ /h)
1	82.60%	900.00	8.00	118.8	13,380.75	989.30	14,253.08
2	82.70%	900.00	8.00	118.8	13,380.75	988.11	14,253.08
3	82.90%	900.00	8.00	118.8	13,380.75	985.72	14,253.08
4	82.80%	900.00	8.00	118.8	13,380.75	986.92	14,253.08
5	82.98%	900.00	8.00	118.8	13,380.75	984.77	14,253.08
TOTAL	-	4500.00	-	-	66903.75	4934.83	71265.41

Fuente: elaboración propia

De los TABLA 4.24 y TABLA 4.25 se obtienen los siguientes los siguientes datos:

Consumo actual de combustible = 5155.57 m³/h

Consumo de combustible considerando recuperación = 4934.83 m³/h

Ahorro de combustible = 220.75 m³/h

Tiempo de operación = 12 horas útiles /día durante 4 meses

Ahorro de combustible = 220.75 m³/h

Precio de combustible gas natural = 0.2 dólares /m³

Ahorro de dinero en combustible = 220.75 × 12 × 4 × 30 × 0.2

Ahorro de dinero en combustible = 63,574.77 dólares / año

Estudio económico del VAN, TIR y Playback:

La inversión será realizada por misma compañía pesquera Austral Pisco

Inversión económica = 35400.00 Dólares

Ahorro anual = 63,574.77 Dólares

Ahorro mensual = 15,893.7 Dólares /mes

Mantenimiento anual = 4,000.00 Dólares

Mantenimiento mensual = 1000.00 Dólares /mes

Aplicando indicadores económicos

Criterio del VAN Económico:

BN_i= Flujo Neto en el periodo

I₀ = Inversión en el periodo 0

K= Tasa de descuento del inversión

Se asumirá una tasa efectiva anual considerando los riesgos que pueden ocurrir.

$k = 20.35\%$ y K mensual = 5.1%

$n =$ Periodo de evaluación 4 meses (2 temporadas de producción)

De la ecuación (2.11):

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+k)^t}$$

se tiene lo siguiente:

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Ingresos		15,893.7	15,893.7	15,893.7
Egresos	35,400	1000.00	1000.00	1000.00

Determinamos el VAN para un periodo de 4 meses.

$$VAN = -35,400.00 + \sum_{j=1}^3 \frac{BN_t}{(1+5.1\%)^t}$$

$VAN = 5,083.36$ dólares El proyecto es rentable

Criterio del TIR

Corresponde a aquella tasa descuento que hace que el VAN del Proyecto sea exactamente igual a cero.

De la ecuación (2.12):

$$\sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0$$

se tiene lo siguiente:

$$0 = -35,400.00 + \sum_{j=1}^3 \frac{BN_t}{(1 + TIR)^t}$$

$$TIR = 12.61 \% > 5.1\%$$

Se aceptará un proyecto en el cual la tasa de interna de retorno, Es mayor que la tasa de descuento del inversionista.

Criterio playback

Periodo de recuperación de capital, que indica en cuánto tiempo se puede recuperar el desembolso inicial del proyecto.

De la ecuación (2.13):

$$\text{Playback} = \frac{\text{INVERSION}}{\text{AHORRO ECONOMICO}}$$

se tiene lo siguiente:

$$\text{PLAYBACK} = \frac{35,400.00 \text{ dolares}}{63,574.77 \text{ dolares /año}}$$

$$\text{PLAYBACK} = 7 \text{ meses}$$

La instalación del sistema de purga automática y aprovechamiento de energía térmica es recomendable debido a que se recuperará la inversión en dos temporadas de producción.

4.3 Población y muestra

La muestra para esta investigación es igual a la población, ya que se trata de un diseño, en donde se ha realizado el análisis en un equipo específico para una planta de harina de pescado con características propias ubicada en Pisco.

MUESTRA = Bomba de desplazamiento positivo operada con vapor

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Para la toma de datos se utilizó instrumentos tales como: termómetros, manómetros, flujómetros y fórmulas de aplicación práctica.
- Se utilizó un medidor de flujo para vapor para ver los caudales que consumen los secadores Rotatubo y Rotadisco.
- Se utilizó wincha, medidor de láser para tomar datos del recorrido desde la ubicación de la bomba hacia el tanque principal de la planta.
- Se evaluó los recibos de pago por costo de tratamiento de agua, costos de combustible de gas natural.

4.5 Procedimiento de recolección de datos

Mediante la coordinación con el área de mantenimiento de la planta de Harina de Pescado Austral Pisco, se elaboró cuadros comparativos de los consumos de vapor de los secadores con respecto a la producción de harina en horas de producción mediante planillas de datos en Excel 2013.

En las TABLAS 4.26, 4.27, 4.28 y 4.29 se observan los datos de vapor utilizado para el calentamiento de harina.

TABLA 4. 26 PURGA EN LA PRODUCCION DE HARINA 2015

PLANTA DE SECADO PRODUCCION 2015						
TEMPORADA 1						
PRODUCCION 120 TONELADAS / HR						
EQUIPOS	Masa Producto Inicial kilos / hora	Humedad ingreso %	Humedad salida %	Consumo vapor kg/ hr	Retorno Condensado kg/ hr	Purga kg/ hr
Secador rotadisco 1	30000	54	45	8008	4805	3203
Secador rotadisco 2	30000	54	45	8008	4805	3203
Secador rotatubo 1	16678	45	18	6507	3904	2603
Secador rotatubo 2	16678	45	18	6507	3904	2603
Secador rotatubo 3	16678	45	18	6507	3904	2603
CONSUMO TOTAL TEMPORADA 1				35536	21322	14214
TEMPORADA 2						
PRODUCCION 120 TONELADAS / HR						
EQUIPOS	Masa Producto Inicial kilos / hora	Humedad ingreso %	Humedad salida %	Consumo vapor kg/ hr	Retorno Condensado kg/ hr	Purga kg/ hr
Secador rotadisco 1	29500	53	44	7875	4725	3150
Secador rotadisco 2	30500	55	46	8142	4885	3257
Secador rotatubo 1	16678	45	18	6507	3904	2603
Secador rotatubo 2	16678	45	18	6507	3904	2603
Secador rotatubo 3	16678	45	18	6507	3904	2603
CONSUMO TOTAL TEMPORADA 2				35536	21322	14214

Fuente: elaboración propia

TABLA 4. 27 PURGA EN LA PRODUCCION DE HARINA 2016

PLANTA DE SECADO PRODUCCION 2016						
TEMPORADA 1						
PRODUCCION 120 TONELADAS / HR						
EQUIPOS	Masa Pro- ducto Inicial	Humedad ingreso	Humedad salida	Consumo vapor	Retorno Condensado	Purga
	kilos / hora	%	%	kg/ hr	kg/ hr	kg/ hr
Secador rotadisco 1	29300	53	44	7821	4693	3129
Secador rotadisco 2	30500	55	46	8142	4885	3257
Secador rotatubo 1	16623	45	18	6485	3891	2594
Secador rotatubo 2	16623	45	18	6485	3891	2594
Secador rotatubo 3	16623	45	18	6485	3891	2594
CONSUMO TOTAL TEMPORADA 1				35418	21251	14167
TEMPORADA 2						
PRODUCCION 120 TONELADAS / HR						
EQUIPOS	Masa Pro- ducto Inicial	Humedad ingreso	Humedad salida	Consumo vapor	Retorno Condensado	Purga
	kilos / hora	%	%	kg/ hr	kg/ hr	kg/ hr
Secador rotadisco 1	31000	56	47	8275	4965	3310
Secador rotadisco 2	29500	53	44	7875	4725	3150
Secador rotatubo 1	16817	45	18	6561	3936	2624
Secador rotatubo 2	16817	45	18	6561	3936	2624
Secador rotatubo 3	16817	45	18	6561	3936	2624
CONSUMO TOTAL TEMPORADA 2				35832	21499	14333

Fuente: elaboración propia

TABLA 4. 28 PURGA EN LA PRODUCCION DE HARINA 2017

PLANTA DE SECADO PRODUCCION 2017						
TEMPORADA 1						
PRODUCCION 120 TONELADAS / HR						
EQUIPOS	Masa Produc- to Inicial	Humedad ingreso	Humedad salida	Consumo vapor	Retorno Con- densado	Purga
	kilos / hora	%	%	kg/ hr	kg/ hr	kg/ hr
Secador rotadisco 1	30200	54	45	8062	4837	3225
Secador rotadisco 2	29665	53	44	7919	4751	3168
Secador rotatubo 1	16641	45	18	6492	3895	2597
Secador rotatubo 2	16641	45	18	6492	3895	2597
Secador rotatubo 3	16641	45	18	6492	3895	2597
CONSUMO TOTAL TEMPORADA 1				35456	21274	14183

Fuente: elaboración propia

TABLA 4. 29 CONSUMOS DE VAPOR EN LA PRODUCCION DE HARINA

PLANTA SECADO	Consumo vapor	Retorno condensado	Purga
	kg / hr	kg / hr	kg / hr
PRODUCCION 2015 1	35536	21322	14214
PRODUCCION 2015 2	35536	21322	14214
PRODUCCION 2016 1	35418	21251	14167
PRODUCCION 2016 2	35832	21499	14333
PRODUCCION 2017 1	35456	21274	14183
CONSUMO TOTAL	35556	21333	14222

Fuente: elaboración propia

4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos

Como es una investigación de tipo tecnológica aplicada y al tener una muestra igual a la población no amerita realizar un análisis estadístico, sino un análisis de los resultados obtenidos que lo comparamos con normas técnicas para estar enmarcados en los rangos establecidos que se presenta en el capítulo 5.

V. RESULTADOS

Se obtienen los siguientes resultados

TABLA 5. 1 DIMENSIONES DE LA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

DIAMETRO	0.7	m
ALTURA	1.15	m
VOLUMEN EFECTIVO	248	lt
VOLUMEN TOTAL	400	lt
SOPORTE	TUBO CIRCULAR 76X76X4.76mm	
MATERIAL	ASTM A36	
ESPEJOR	9	mm
AISLAMIENTO	LANA MINERAL e= 50 mm	
CAUDAL	14283	kg / h
PRESION DISEÑO	150	PSI
TEMPERATURA DISEÑO	175	°C

Fuente: elaboración propia

TABLA 5. 2 DIMENSIONES DEL TANQUE AUXILIAR DE ALMACENAMIENTO

DIAMETRO	0.7	m
ALTURA	1.5	m
VOLUMEN EFECTIVO	495	lt
VOLUMEN TOTAL	578	lt
SOPORTE	TUBO CUADRADO 80X80X4.76mm	
MATERIAL	ASTM A36	
ESPEJOR	6	mm
AISLAMIENTO	LANA MINERAL e= 25 mm	
CAUDAL	14840.3589	lt / h
PRESION DISEÑO	15	PSI
TEMPERATURA DISEÑO	100	°C

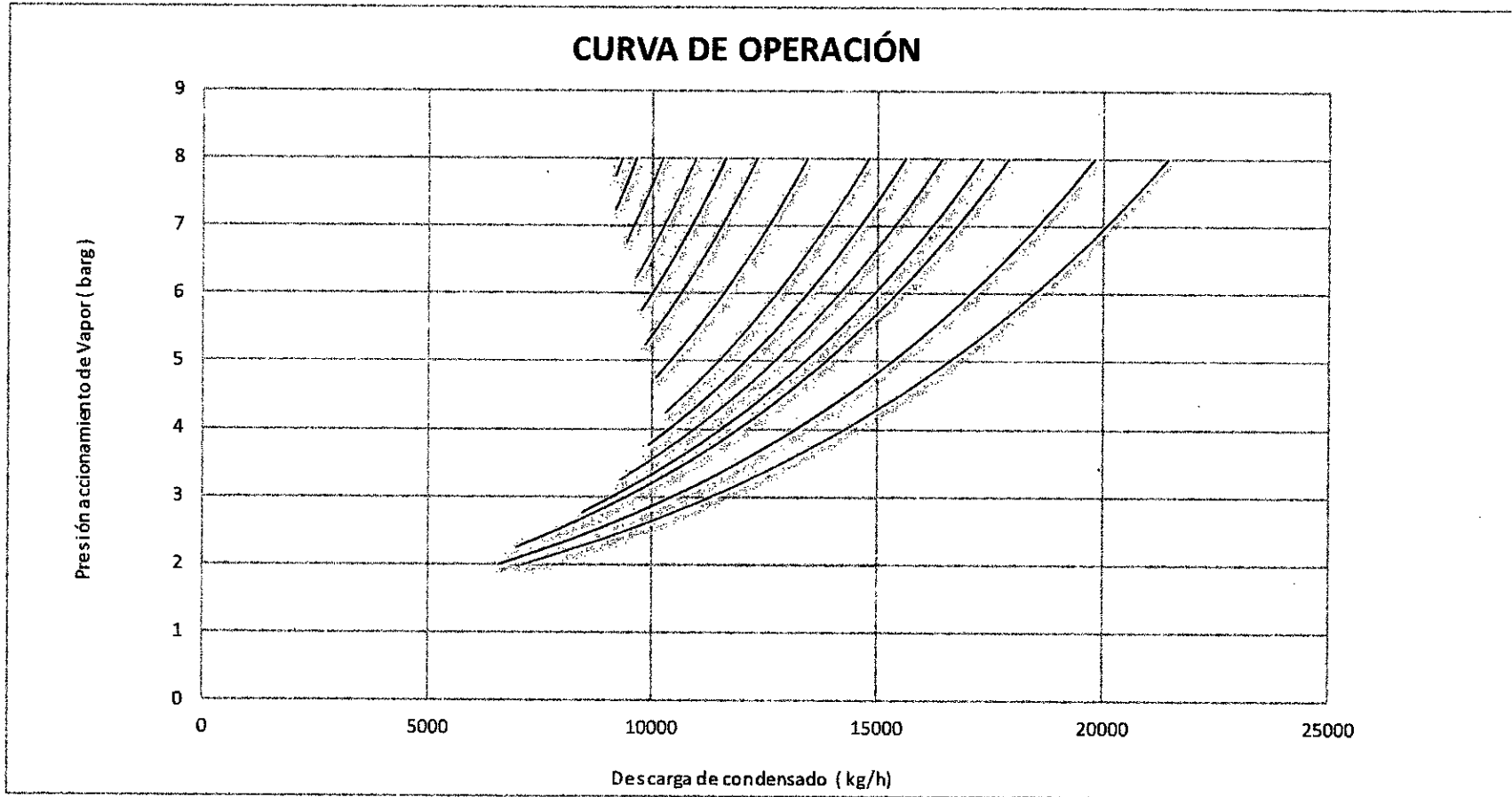
Fuente: elaboración propia

TABLA 5. 3 CAPACIDADES DE DESCARGA DE LA BOMBA

P1 (barg)	P2 CONTRAPRESIÓN (barg)													
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
2	7141	6598												
2.25	8355	7719	6986											
2.5	9440	8722	7894											
2.75	10422	9629	8715	8430										
3	11319	10457	9464	9155										
3.25	12144	11219	10154	9822	9310									
3.5	12907	11924	10792	10440	9895									
3.75	13618	12581	11387	11015	10440	9923								
4	14283	13195	11943	11552	10950	10408								
4.25	14907	13772	12465	12058	11429	10863	10286							
4.5	15496	14316	12957	12534	11881	11292	10693							
4.75	16053	14831	13423	12985	12308	11698	11077	10085						
5	16582	15319	13865	13412	12713	12083	11442	10417						
5.25	17085	15784	14285	13819	13098	12449	11789	10733	9832					
5.5	17564	16226	14686	14206	13466	12798	12119	11034	10108					
5.75	18022	16650	15069	14577	13817	13132	12435	11322	10371	9758				
6	18460	17055	15436	14931	14153	13452	12738	11597	10624	9996				
6.25	18881	17443	15787	15272	14475	13758	13028	11861	10866	10224	9647			
6.5	19285	17817	16125	15598	14785	14053	13307	12115	11098	10442	9854			
6.75	19674	18176	16450	15913	15083	14336	13575	12359	11322	10653	10052	9395		
7	20049	18522	16764	16216	15371	14609	13834	12595	11538	10856	10244	9574		
7.25	20410	18856	17066	16508	15648	14872	14083	12822	11746	11052	10429	9747	9171	
7.5	20759	19179	17358	16791	15916	15127	14324	13041	11947	11241	10607	9913	9328	
7.75	21097	19491	17640	17064	16175	15373	14557	13254	12141	11424	10780	10075	9480	9174
8	21424	19793	17914	17329	16425	15611	14783	13459	12329	11601	10947	10231	9627	9316
Capacidad de descarga de la bomba (kg/h)														

Fuente: elaboración propia

FIGURA 5. 1 CURVA DE OPERACIÓN DE LA BOMBA



Fuente: elaboración propia

TABLA 5. 4 CONSUMO DE COMBUSTIBLE PROYECTADO

Caldera	Eficiencia de la Caldera Actual*	Potencia del Caldero (BHP)	Presión de Vapor (barg)	Temperatura de Agua de Alimentación (°C)	Generación de Vapor (kg/h)	Consumo de Combustible (Sm ³ /h)	Consumo de Agua alimentación (m ³ /h)
1	82.60%	900.00	8.00	118.8	13,380.75	989.30	14,253.08
2	82.70%	900.00	8.00	118.8	13,380.75	988.11	14,253.08
3	82.90%	900.00	8.00	118.8	13,380.75	985.72	14,253.08
4	82.80%	900.00	8.00	118.8	13,380.75	986.92	14,253.08
5	82.98%	900.00	8.00	118.8	13,380.75	984.77	14,253.08
TOTAL	-	4500.00	-	-	66903.75	4934.83	71265.41

Fuente: elaboración propia

TABLA 5. 5 RENDIMIENTO DE PRODUCCION DE HARINA PROYECTADO

RESUMEN DE REQUERIMIENTO DE VAPOR SEGÚN BALANCE (Kg. Vapor)	
EQUIPOS	VAPOR (KG)
COCINADORES	16365
SECADORES	35556
CALENTADOR DE ESPUMA	2645
CALENTADOR PARA CALDO DE SEPARADORA	1792
PLANTAS EVAPORADORAS.	3516
CALENTADOR DE SANGUAZA	1164
CALENTADOR DE TK DEAREADOR	3979
SISTEMA DE BOMBEO DE PURGAS DE SECADORES	22
VAPOR TOTAL REQUERIDO	65039.96
Considerando de Pérdidas (3%)	1950.54
VAPOR TOTAL REQUERIDO	66990.50
CONSUMO DE GAS NATURAL PROYECTADO POR TON. DE HARINA	173 m³/Ton

Fuente: elaboración propia

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados.

- El diseño de una bomba de desplazamiento positivo operada con vapor permitirá recuperar las purgas de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco en la producción de harina de pescado.

Mediante la bomba de desplazamiento positivo se recuperó un flujo másico de 14283 kg/h a temperatura de 100°C que será utilizado en la planta de generación de vapor de 4500 BHP.

- La capacidad y componentes de la bomba de desplazamiento positivo se determina mediante la evaluación del caudal de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco.

Evaluando el caudal de condensado de los secadores se determinó la capacidad de 400 litros de volumen de la bomba, el material de acero ASTM A36 de 3/8" espesor y los dispositivos electrónicos para la operación de la bomba como presostato , control de nivel , actuadores neumáticos .

- El aprovechamiento de las purgas de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco genera un ahorro económico en la producción de harina de pescado.

Se mejoró el rendimiento de la producción de la harina a 173 m3 combustible /Tonelada de harina.

6.2 Contratación de resultados con otros estudios similares

FIGURA 6. 1 CAPACIDAD DE BOMBA PIVOTROL SPIRAX SARCO

Bomba Pivotrol®

Bomba automática PTC y PTF

Descripción
 La Bomba Pivotrol® de Spirax Sarco es una bomba automática (no eléctrica) diseñada para bombear condensado caliente, u otros líquidos desde un punto bajo, o un espacio de baja presión o vacío a un espacio con mayor presión o altura. Esta unidad con su tecnología PowerPivot® se acciona con vapor, aire comprimido u otro gas a presión.

Tamaños y conexiones
 2" x 2" - 3" x 2"
 Rosca NPT.

Condiciones límite

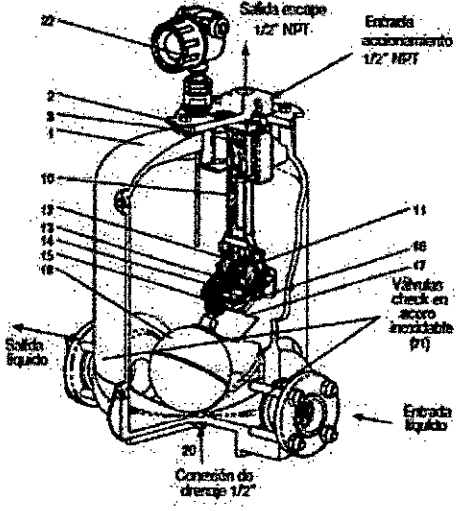
PMO Presión máxima de trabajo	13,8 barg / 204°C
TMA Temperatura máxima admisible	204°C / 13,8 barg

Características operativas
 Capacidad de descarga por ciclo: PTC: 26,8 l nominal
 PTF: 31,8 l nominal
 Media de descarga instantánea: 5,7 l/s
 Consumo medio de vapor: 1,36 kg por 454 kg de líquido bombeado
 Consumo medio de aire: 1,7 m³/min std por 454 kg de líquido bombeado

Para aumentar la vida de la bomba –
 Accionar la bomba con una presión 1,0 - 1,4 barg superior a la contrapresión.

Materiales

No. Parte	Material	Especificación
1. Cuerpo	PTC - Hierro fundido PTF - Acero	ASTM A395 Código ASME
2. Tapa	PTC - Hierro fundido PTF - Acero fundido	ASTM A395 ASTM SA216WCB



Salida escape 1/2" NPT.
 Entrada accionamiento 1/2" NPT.
 Válvulas check en acero inoxidable (PI)
 Entrada líquido
 Conexión de drenaje 1/2"
 Salida líquido

Fuente: Catalogo Spirax Sarco

El rendimiento de la FIGURA 6.1 es 1.36 kg de vapor por 454 kg de líquido bombeado.

El rendimiento de la bomba de nuestra investigación es 1.36 kg de vapor desplaza 879.7 kg de líquido.

VII. CONCLUSIONES

- Mediante el diseño e implementación de la bomba de desplazamiento positivo para la recuperación de las purgas de los secadores rotatubo y rotadisco se mejorara el ratio de producción de harina de pescado de 186 m³/tn a 173 m³/tn con respecto al consumo de combustible. El flujo másico disponible de 14283 kg/h de condensado determino una capacidad de 400 litros de volumen de la bomba, materiales para el cuerpo de la bomba ASTM A36 de espesor de 3/8", material aislamiento térmico lana mineral para protección superficial y componentes electrónicos para automatizar el sistema de bombeo y pueda ser aprovechado en la planta de generación de vapor de 4500 BHP.
- Mediante la evaluación económica del proyecto se determinó un ahorro económico de 63,574.74 dólares de combustible por el aprovechamiento de las purgas de los secadores rotatubo y rotadisco, un VAN positivo, un TIR y tiempo de retorno de recuperación de un año por que la inversión se pagaría en 2 temporadas de producción de trabajo.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo para los componentes electrónicos del tanque como limpieza de las varillas del control de nivel, seteo del presostato y pruebas de fallas de los actuadores neumáticos.
- Se recomienda realizar un ensayo de ultrasonido a los espesores de la bomba cada 1 año de operación.
- Se recomienda medir con un sensor de temperatura infrarrojo la superficie del equipo para verificar la temperatura y las condiciones del aislamiento térmico.
- Se recomienda realizar el ensayo de prueba de hermeticidad cada 2 años y calibración de la válvula de seguridad.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acedo Sánchez, José. (2006). *Instrumentación y control básico de procesos*. España. Recuperado de <http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479787592.pdf>.
- Aceijas Pajares, Winston Napoleón. (2011). *Optimización de un secador rotatubos a vapor de 40 ton/h para la industria pesquera* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Betancur Mesa, Santiago. (2007). *Bomba de alimentación de agua*. Colombia. Recuperado de <http://www.si3ea.gov.co/Eure/5/inicio.html>.
- F. Megyesy, Eugene. (1992). *Manual de recipientes a presión*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/105245357/Manual-de-Recipientes-a-Presion-Megyesy>
- Gallarday Morales, Guillermo. *Decisiones de inversión*.
- Gallardo Cervantes, Juan.(1998). *Formulación y evaluación de proyectos*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/ferneygomez2/formulacin-y-evaluacin-de-proyectos-de-inversin-49136615>
- Lenntech. (2017). *Sistema de Ablandamiento de Agua*. Países Bajos. Recuperado de <http://www.lenntech.es/processes/softening/softening.htm> vapor2.shtml
- Pavez, M, & Peña, L. (2013). *Evaluación técnico - económica de los generadores de vapor en planta Camanchaca S.A. y su factibilidad de reemplazo* (tesis de pregrado). Universidad del Bio-Bío, Chile.

Siemens. (2003). *Manual de logo V8 PLC 06/2003*. Recuperado de

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/

Logo_s.pdf

Villacrés, J, & Andrade F. (2009). *Ahorro energético en el Sistema de*

Recuperador de Condensados de una Planta Industrial en Guayaquil

utilizando un Surge Tank. Ecuador. Recuperado de

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/121/1/203.pdf>.

Articulo

ANEXOS

- Matriz de consistencia
- Planos mecánicos y eléctricos

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: DISEÑO DE UNA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO OPERADA CON VAPOR PARA LA RECUPERACIÓN DE LAS PURGAS DE CONDENSADO DE LOS SECADORES EN LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE PESCADO

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION
<p><u>Problema principal</u></p> <p>- ¿Cómo diseñar una bomba de desplazamiento positivo operada con vapor que permita recuperar las purgas de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco en la producción de harina de pescado?</p> <p><u>Problema específicos</u></p> <p>P1:- ¿Cómo determinar la capacidad y componentes de la bomba de desplazamiento positivo operada con vapor mediante la evaluación del caudal de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco?</p> <p>P2:- ¿De qué manera el uso y aprovechamiento de las purgas de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco genera un ahorro económico en la producción de harina de pescado?</p>	<p><u>Objetivo general</u></p> <p>- Diseñar una bomba de desplazamiento positivo operada con vapor para la recuperación de las purgas de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco en la producción de harina de pescado.</p> <p><u>Objetivos específicos</u></p> <p>O1: - Determinar la capacidad y componentes de la bomba desplazamiento positivo operada con vapor mediante la evaluación del caudal de condensado de secadores rotatubo y rotadisco.</p> <p>O2: - Determinar el ahorro económico que se genera por el aprovechamiento de las purgas de los secadores de los secadores Rotatubo y Rotadisco en la producción de harina de pescado.</p>	<p><u>Hipótesis general</u></p> <p>- El diseño de una bomba de desplazamiento positivo operada con vapor permitirá recuperar las purgas de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco en la producción de harina de pescado.</p> <p><u>Hipótesis específicas</u></p> <p>H1: - la capacidad y componentes de la bomba de desplazamiento positivo se determina mediante la evaluación del caudal de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco.</p> <p>H2: - El aprovechamiento de las purgas de condensado de los secadores Rotatubo y Rotadisco genera un ahorro económico en la producción de harina de pescado.</p>	<p><u>Variable independiente</u></p> <p>X: Bomba desplazamiento positivo operada con vapor.</p> <p><u>Indicadores</u></p> <p>X1: Capacidad</p> <p>X2: Componentes</p> <p>X2: Aprovechamiento de las purgas</p> <p><u>Variable Dependiente</u></p> <p>Y: Recuperación de purgas de los secadores rotatubo y rotadisco.</p> <p><u>Indicadores</u></p> <p>Y1: Caudal de condensado</p> <p>Y2: Producción</p> <p>Y3: Ahorro económico</p> <p>Y3: Índice de productividad</p>	<p><u>Tipo de investigación</u></p> <p>Aplicada</p> <p><u>Nivel</u></p> <p>Descriptivo - Evaluativo</p> <p><u>Método</u></p> <p>Observación - Directo</p> <p><u>Diseño</u></p> <p>Diseño de soluciones</p>	<p><u>Población y muestra</u></p> <p>Bomba desplazamiento positivo operada con vapor.</p> <p><u>Instrumentos</u></p> <p>Ficha, formulario, guía</p> <p>Medidor de caudal vapor</p> <p>Caudalímetro de combustible</p> <p>Termómetros</p> <p>Manómetros</p>

PLANOS MECANICOS Y ELECTRICOS

ANEXO 2:

- PLANO 1.1 PLANO DE ENSAMBLE DE BOMBA
- PLANO 1.2 PLANO DE DETALLE DE BOMBA
- PLANO 1.3 PLANO DE SOLDADURA DE BOMBA

ANEXO 3:

- PLANO 2.1 PLANO DE ENSAMBLE DE TANQUE
- PLANO 2.2 PLANO DE DETALLE DE TANQUE
- PLANO 2.3 PLANO DE SOLDADURA DE TANQUE
- PLANO 2.4 PLANO DE ENSAMBLE DE ESTRUCTURA
- PLANO 2.5 PLANO DE DETALLE DE ESTRUCTURA
- PLANO 2.6 PLANO DE SOLDADURA DE ESTRUCTURA

ANEXO 4:

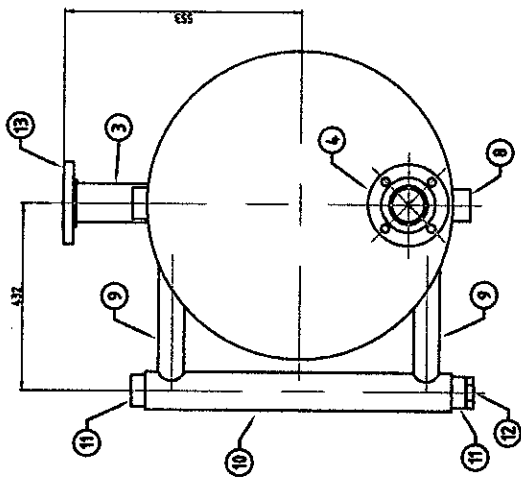
- PLANO 3 ENSAMBLE GENERAL TANQUE - BOMBA

ANEXO 5:

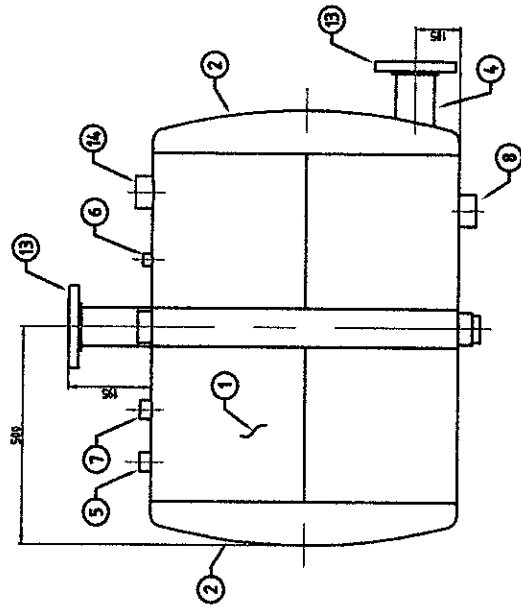
- PLANO 4.1 DIAGRAMA DE RECUPERACIÓN DE PURGAS
- PLANO 4.2 ISOMÉTRICO DE RECUPERACIÓN DE PURGAS
- PLANO 4.3 ISOMÉTRICO DE SISTEMA DE BOMBEO DE PURGAS

ANEXO 6:

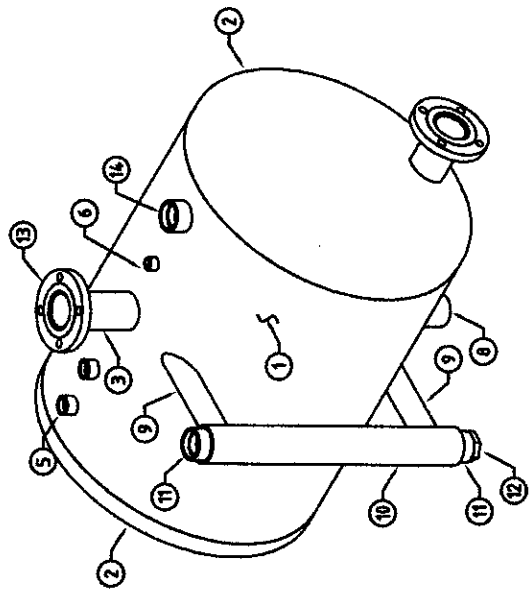
- PLANO 5.1 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN
- PLANO 5.2 CIRCUITO DE FUERZA DEL SISTEMA
- PLANO 5.3 DISPOSITIVOS DE INICIO Y SALIDA EN LOGO
SIEMENS
- PLANO 5.4 SEÑALES DE SALIDA DE LAS BOBINAS
- PLANO 5.5 CIRCUITO DE MANDO DEL SISTEMA
- PLANO 5.6 CIRCUITO ELECTRONEUMÁTICO



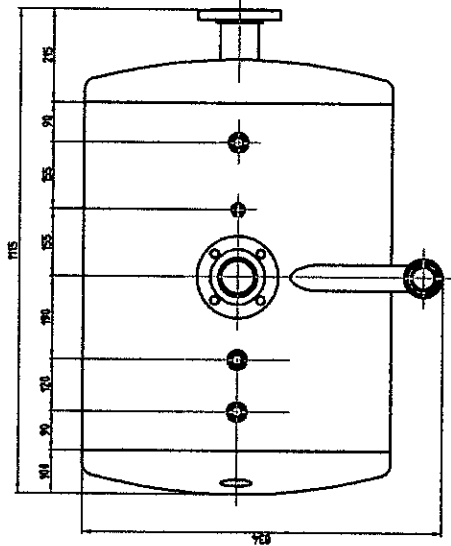
VISTA LATERAL DERECHO



VISTA FRONTAL



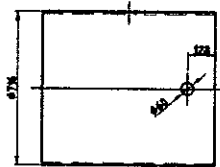
VISTA ISOMETRICO



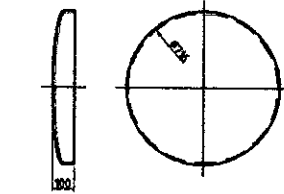
VISTA SUPERIOR

LISTA DE MATERIALES		LISTA DE TUBERIAS	
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	ACERO AL CARBONO	MT	1
2	ACERO AL CARBONO	MT	1
3	ACERO AL CARBONO	MT	1
4	ACERO AL CARBONO	MT	1
5	ACERO AL CARBONO	MT	1
6	ACERO AL CARBONO	MT	1
7	ACERO AL CARBONO	MT	1
8	ACERO AL CARBONO	MT	1
9	ACERO AL CARBONO	MT	1
10	ACERO AL CARBONO	MT	1
11	ACERO AL CARBONO	MT	1
12	ACERO AL CARBONO	MT	1
13	ACERO AL CARBONO	MT	1
14	ACERO AL CARBONO	MT	1
15	ACERO AL CARBONO	MT	1
16	ACERO AL CARBONO	MT	1

FACULTAD INGENIERIA - ELECTRICIDAD	DEPARTAMENTO INGENIERIA EN ELECTRICIDAD	DOCENTE INGENIERO EN ELECTRICIDAD	FECHA 20/07/79
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		PLANO DE ENGAÑE	
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ELECTRICIDAD		Esc. 1/7/75	
Nº PLAN		11	



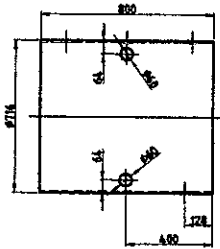
VISTA INFERIOR



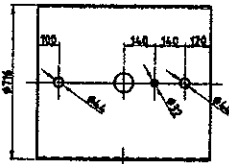
VISTA LATERAL VISTA FRONTAL

2.- TAPA ELIPTICA

Material: Acero Estructural ASTM A36
Cantidad: 02
Escala: 1/5
Tratamiento termico: No



VISTA FRONTAL



VISTA FRONTAL

1.- CUERPO DE BOMBA

Material: Acero Estructural 3/8" ASTM A36
Cantidad: 01
Escala: 1/5
Tratamiento termico: No



5.- INGRESO DE VAPOR

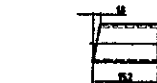
Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Medida Copla #1" - CL 3000
Cantidad: 01
Escala: 1/2.5
Tratamiento termico: No

6.- CONEXION TERMOSTATO

Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Medida Copla #1/2" - CL 3100
Cantidad: 01
Escala: 1/2.5
Tratamiento termico: No

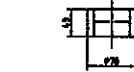
3.- INGRESO CONDENSADO

Material: Acero ASTM A53 Grado B sch40 #2"
Cantidad: 01
Escala: 1/2.5
Tratamiento termico: No



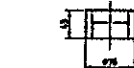
4.- SALIDA CONDENSADO

Material: Acero ASTM A53 Grado B sch40 #2"
Cantidad: 01
Escala: 1/2.5
Tratamiento termico: No



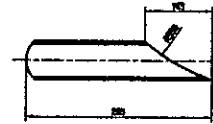
7.- CONEXION A VALVULA DE SEGURIDAD

Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Medida Copla #2" - CL 3000
Cantidad: 01
Escala: 1/5
Tratamiento termico: No



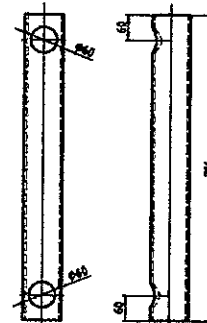
8.- PURSA DE TANQUE

Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Medida Copla #2" - CL 3000
Cantidad: 01
Escala: 1/5
Tratamiento termico: No



9.- ACCESO CONTROL NIVEL

Material: Acero ASTM A53 Grado B sch 40 #2"
Cantidad: 02
Escala: 1/5
Tratamiento termico: No



VISTA FRONTAL VISTA LATERAL

10.- CONTROL NIVEL

Material: Acero ASTM A53 Grado B sch 40 #2"
Cantidad: 01
Escala: 1/5
Tratamiento termico: No



12.- TAPON CONTROL NIVEL

Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Tapon Macho Roscado #2" - CL 3000
Cantidad: 01
Escala: 1/5
Tratamiento termico: No



13.- BRIDA

Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Brida Slip-on #3" - 150 LB
Cantidad: 02
Escala: 1/5
Tratamiento termico: No

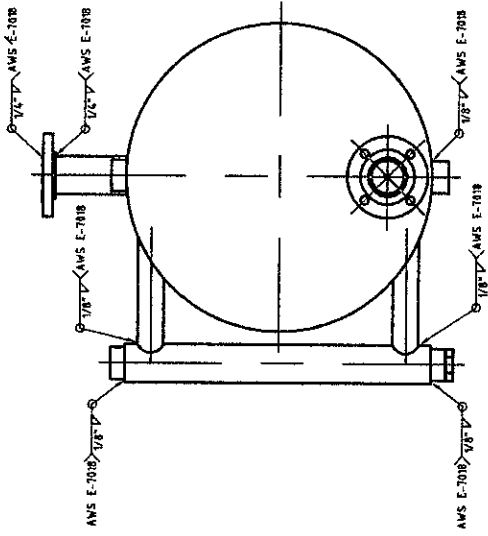


14.- YENTEO DE BOMBA

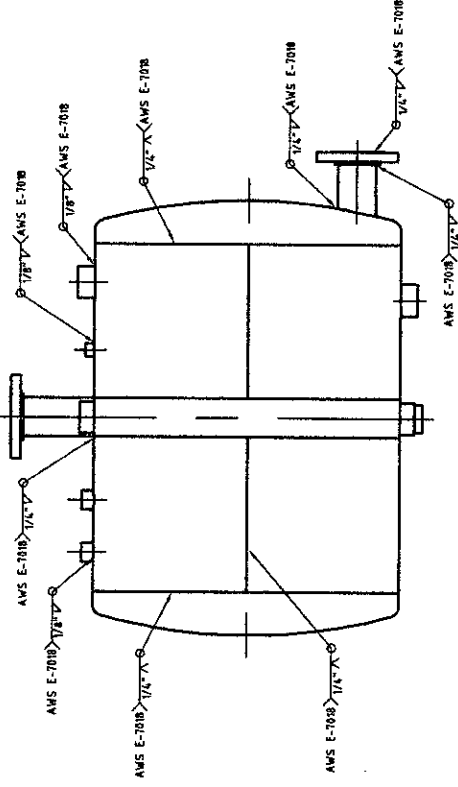
Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Medida Copla #2" - CL 3000
Cantidad: 01
Escala: 1/5
Tratamiento termico: No

LISTA DE MATERIALES			
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	MATERIAL
1	CUERPO DE BOMBA	01 UN	ACERO AL CARBONO
2	TAPA ELIPTICA	02 UN	ACERO AL CARBONO
3	TUBO #2" BOMBA	01 UN	ACERO AL CARBONO
4	TUBO #2" BOMBA	01 UN	ACERO AL CARBONO
5	MEIDA COPLA #1" CL 3000	01 UN	ACERO AL CARBONO
6	MEIDA COPLA #1/2" CL 3100	01 UN	ACERO AL CARBONO
7	MEIDA COPLA #2" CL 3000	01 UN	ACERO AL CARBONO
8	MEIDA COPLA #2" CL 3000	01 UN	ACERO AL CARBONO
9	TUBO #2" BOMBA	01 UN	ACERO AL CARBONO
10	TUBO #2" BOMBA	01 UN	ACERO AL CARBONO
11	MEIDA COPLA #2" CL 3000	01 UN	ACERO AL CARBONO
12	TAPON MACHO ROSCADO #2" CL 3000	01 UN	ACERO AL CARBONO
13	BRIDA SLIP-ON #3" 150 LB	02 UN	ACERO AL CARBONO
14	MEIDA COPLA #2" CL 3000	01 UN	ACERO AL CARBONO

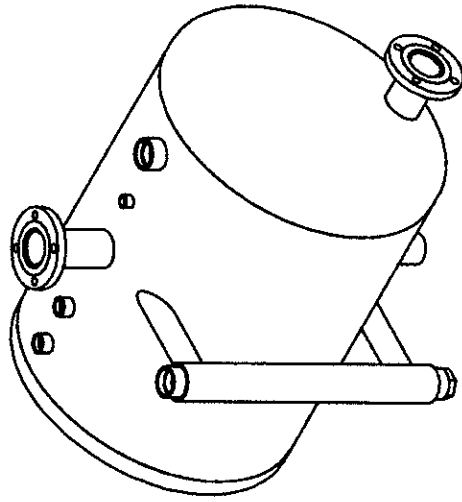
FACULTAD	DISEÑADO	DOCENTE	FECHA
MECANICA - ENERGIA	LUIS BARRAGAN V.	JORJADO DE TESIS	28/IV/17
BOMBA			
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO			
FORMADO EN		PLANO DE DETALLE	
INGENIERIA DE TESIS PARA TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO		Escala: A2	Nº Plano: S/E 1.2



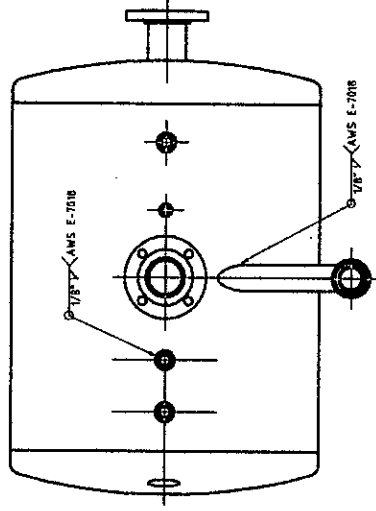
VISTA LATERAL DERECHO



VISTA FRONTAL



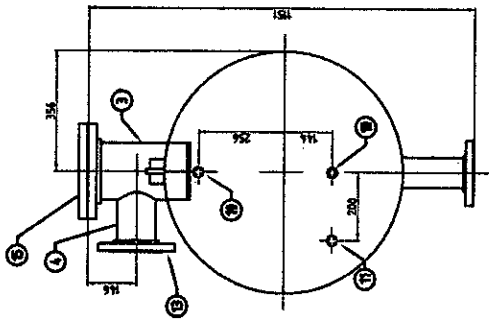
VISTA ISOMÉTRICO



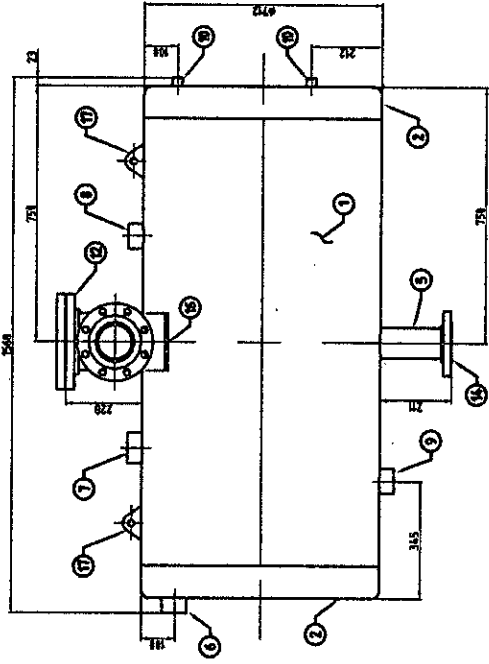
VISTA SUPERIOR

TITULO	DESCRIPCION	FECHA	PROYECTANTE	REVISOR	APROBADO
1	PROYECTO DE DISEÑO	28/11/77	LUIS BARRAGAN V.		
2	REVISIÓN	28/11/77			
3	REVISIÓN	28/11/77			
4	REVISIÓN	28/11/77			
5	REVISIÓN	28/11/77			
6	REVISIÓN	28/11/77			
7	REVISIÓN	28/11/77			
8	REVISIÓN	28/11/77			
9	REVISIÓN	28/11/77			
10	REVISIÓN	28/11/77			
11	REVISIÓN	28/11/77			
12	REVISIÓN	28/11/77			
13	REVISIÓN	28/11/77			
14	REVISIÓN	28/11/77			
15	REVISIÓN	28/11/77			
16	REVISIÓN	28/11/77			
17	REVISIÓN	28/11/77			
18	REVISIÓN	28/11/77			
19	REVISIÓN	28/11/77			
20	REVISIÓN	28/11/77			

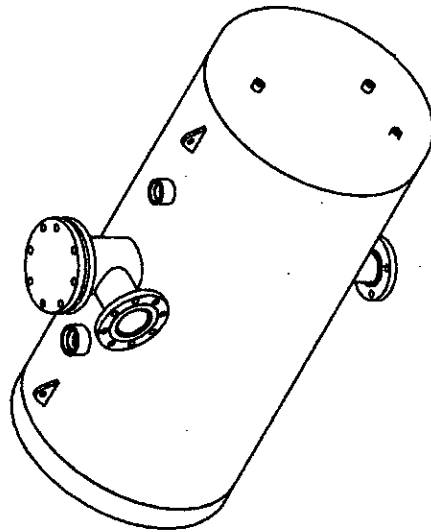
FACULTAD	DEBILITADO	PRESENTE	FECHA	
MECÁNICA - ENERGIA	LUIS BARRAGAN V.	JURADO DE TESIS	28/11/77	
				BOMBA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO				
INFORME DE TESIS PARA EL GRADO DE INGENIERO MECANICO				
			Firma:	Nº Plano
			A.2	1/75
				1.3



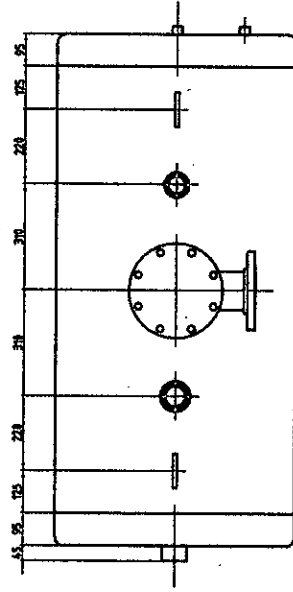
VISTA LATERAL DERECHO



VISTA FRONTAL



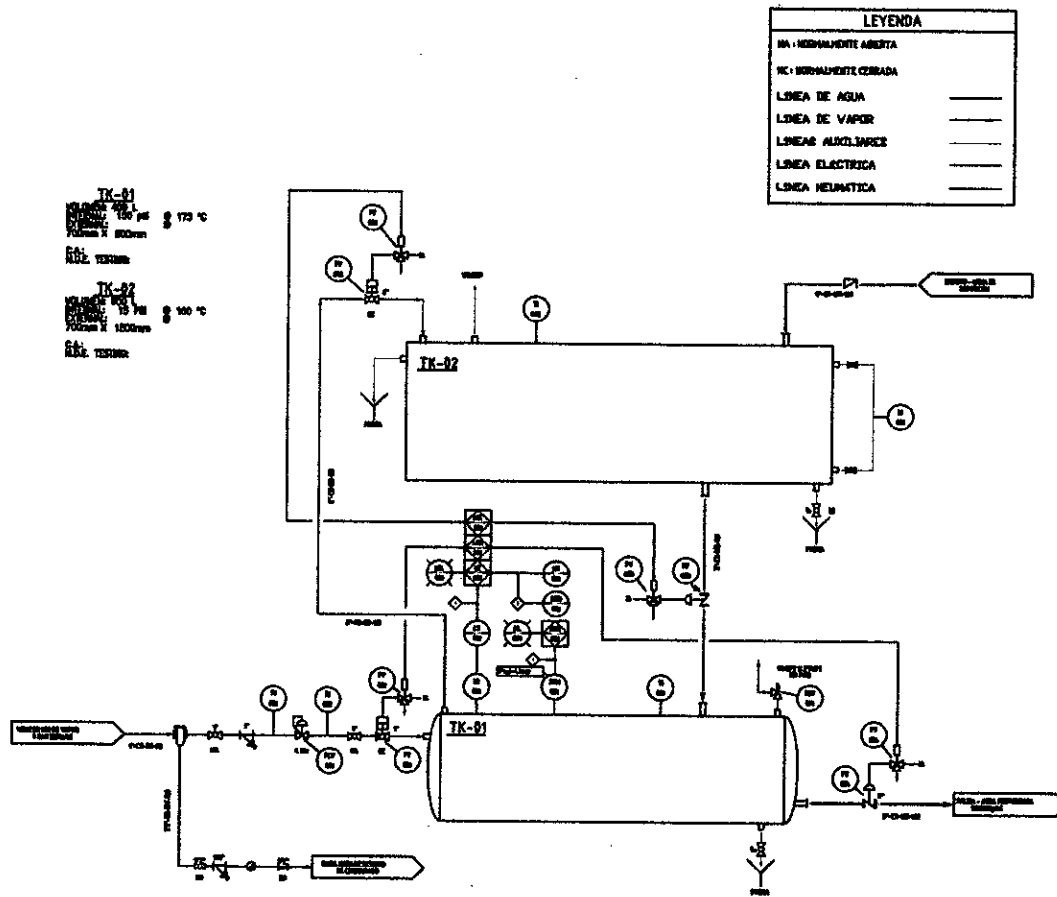
VISTA ISOMÉTRICO



VISTA SUPERIOR

ITEM	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	ESPECIFICACIONES
1	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
2	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
3	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
4	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
5	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
6	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
7	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
8	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
9	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
10	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
11	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
12	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
13	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
14	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
15	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
16	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO
17	ACERO AL CARBONO	87 mm		ACERO AL CARBONO

FACULTAD	INGENIERO	DOCENTE	FECHA
MECANICA - EMERSON	ANA LOARTE	JURADO DE TESIS	28/IV/11
TAMBORE AUXILIAR RECEPTOR			
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO			
PLANO DE ENSAMBLE			
INGENIERO DE TESIS PARA		Etc	
TITULO PROFESIONAL DE		Formato	
INGENIERO MECANICO		A2	
		1/5	
		2.1	

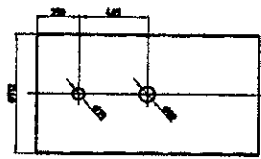


TK-01
 173 °C
 TK-02
 100 °C

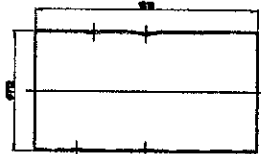
LEYENDA	
NA	NORMALMENTE ABIERTA
NC	NORMALMENTE CERRADA
---	LÍNEA DE AGUA
---	LÍNEA DE VAPOR
---	LÍNEAS AUXILIARES
---	LÍNEA ELÉCTRICA
---	LÍNEA PNEUMÁTICA

SÍMBOLOS	
	Válvula Normalmente Abierta
	Válvula Normalmente Cerrada
	Línea de Agua
	Línea de Vapor
	Líneas Auxiliares
	Línea Eléctrica
	Línea Pneumática
	Válvula con Actuador
	Filtro "Y"
	Válvula Reguladora de Presión
	Trampa de Vapor
	Separador de Gotas
	Indicador de Temperatura
	Indicador de Presión
	Indicador de Nivel
	Interruptor de Nivel Lógico
	Control de Nivel
	Válvula Reguladora de Presión
	Interruptor de Presión Alta
	Sensor de Nivel
	Válvula de Seguridad
	Interlock Lógico
	Alarma de Presión Alta
	Interruptor Manual
	Flange
	Parada de Emergencia
	Línea de Alto Controlado
	Actuador electromecánico
	Válvula de control de flujo

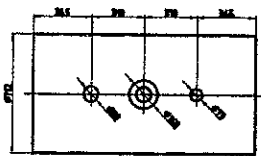
FACULTAD	DIBUJADO	DOCENTE	FECHA	
MECANICA - ENERGIA	ANA UGARTE	JURADO DE TESIS	20/11/17	
	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO	PLANO ELECTRICO		
		DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN		
		INFORME DE TESIS PARA TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO	Formato: A4	Esc: S/E	N° Plano 5.1



VISTA INFERIOR



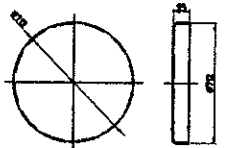
VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR

1.- CUERPO DE BOMBA

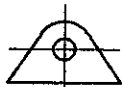
Material: Acero Estructural 1/4" ASTM A36
Cantidad: 01
Escala: 1:20
Tratamiento termico: No



VISTA LATERAL VISTA LATERAL

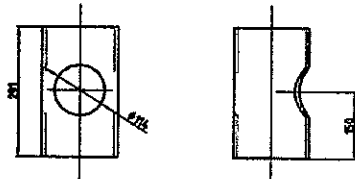
2.- TAPA PLANA

Material: Acero Estructural ASTM A36
Cantidad: 02
Escala: 1:20
Tratamiento termico: No



11.- BRIDA IZAJE

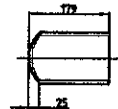
Material: Acero Estructural 3/8" ASTM A36
Cantidad: 02
Escala: 1:10
Tratamiento termico: No



VISTA LATERAL VISTA LATERAL

3.- INGRESO A PURGA DE SECADORES

Material: Acero ASTM A53 Grade B sch40 90°
Cantidad: 01
Escala: 1:7.5
Tratamiento termico: No



4.- INGRESO A PURGA DE SECADORES

Material: Acero ASTM A53 Grade B sch40 90°
Cantidad: 01
Escala: 1:7.5
Tratamiento termico: No



5.- INGRESO A PURGA DE SECADORES

Material: Acero ASTM A53 Grade B sch40 90°
Cantidad: 01
Escala: 1:7.5
Tratamiento termico: No



6.- REBOSE DEL TANQUE

Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Muelle Copla 9/2" - Cl. 3000
Cantidad: 01
Escala: 1:5
Tratamiento termico: No

7.- CONEXION DE VENTILADOR DE BOMBA

Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Muelle Copla 9/2" - Cl. 3000
Cantidad: 01
Escala: 1:5
Tratamiento termico: No



8.- VENTILADOR ATMOSFERICO

Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Muelle Copla 9/2" - Cl. 3000
Cantidad: 01
Escala: 1:5
Tratamiento termico: No



9.- PURGA DEL TANQUE

Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Muelle Copla 9/2" - Cl. 3000
Cantidad: 01
Escala: 1:5
Tratamiento termico: No



10.- CONEXION VISOR NIVEL

Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Muelle Copla 9/2" - Cl. 3000
Cantidad: 02
Escala: 1:10
Tratamiento termico: No



11.- CONEXION VISOR NIVEL

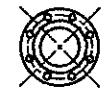
Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Muelle Copla 9/2" - Cl. 3000
Cantidad: 01
Escala: 1:5
Tratamiento termico: No



VISTA LATERAL VISTA LATERAL

12.- BRIDA

Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Brida Slip-on 90° - 150 LB
Cantidad: 01
Escala: 1:10
Tratamiento termico: No



VISTA LATERAL VISTA LATERAL

13.- BRIDA

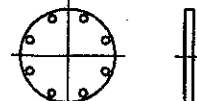
Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Brida Slip-on 90° - 150 LB
Cantidad: 01
Escala: 1:10
Tratamiento termico: No



VISTA LATERAL VISTA LATERAL

14.- BRIDA

Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Brida Slip-on 90° - 150 LB
Cantidad: 01
Escala: 1:10
Tratamiento termico: No



VISTA LATERAL VISTA LATERAL

15.- BRIDA CIEGA

Material: Acero ASTM A105
Accesorio: Brida Slip-on 90° - 150 LB
Cantidad: 01
Escala: 1:10
Tratamiento termico: No



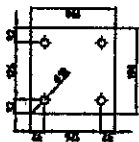
VISTA LATERAL VISTA LATERAL

16.- BASE DE FILTRO

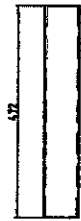
Material: Acero Estructural 3/8" ASTM A36
Cantidad: 01
Escala: 1:10
Tratamiento termico: No

LISTA DE MATERIALES		CANTIDAD	UNIDAD	MATERIAL
1	CUERPO DE TANQUE RECIBIDO	01	piezas	ASTM A-36
2	TAPA PLANA	02	piezas	ASTM A-36
3	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
4	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
5	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
6	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
7	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
8	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
9	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
10	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
11	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
12	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
13	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
14	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
15	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
16	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105
17	BRIDA 90°	01	piezas	ASTM A-105

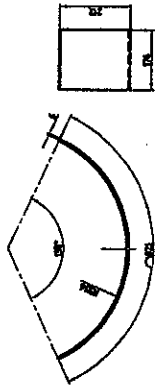
FACULTAD	DEBUIJADO	DOCENTE	FECHA
MECANICA - ENERGIA	ANA USARTE	JURADO DE TESIS	28/11/17
TANQUE AUXILIAR RECEPTOR			
PLANO DE DETALLE			
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO	INFORME DE TESIS PARA TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO	Formato: A2	Esk: S/E
			N° Plano: 2.2



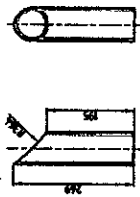
1- PLACA BASE
 Material: Acero Estructural ASTM A36
 Estructura: Tubo Cuadrado 80mm x 80mm x 4.76mm
 Cantidad: 02
 Escala: 1/3
 Tratamiento térmico: No



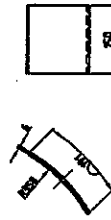
3- CONECTOR
 Material: Acero Estructural ASTM A36
 Estructura: Tubo Cuadrado 80mm x 80mm x 4.76mm
 Cantidad: 02
 Escala: 1/3
 Tratamiento térmico: No



4- REFUERZO DE SOPORTE DE BOMBA
 Material: Acero Estructural 3/8" ASTM A36
 Cantidad: 02
 Escala: 1/3
 Tratamiento térmico: No



5- SOPORTE DE BOMBA
 MATERIAL: ACERO ASTM A36 #70mm x 4.76mm
 CANTIDAD: 02
 ESCALA: 1/3
 TRATAMIENTO TERMICO: NO



6- REFUERZO DE SOPORTE DE BOMBA
 Material: Acero Estructural 1/4" ASTM A36
 Cantidad: 04
 Escala: 1/3
 Tratamiento térmico: No



7- REFUERZO DE ESTRUCTURA
 Material: Acero Estructural ASTM A36
 Estructura: Tubo Cuadrado 80mm x 80mm x 4.76mm
 Cantidad: 02
 Escala: 1/3
 Tratamiento térmico: No



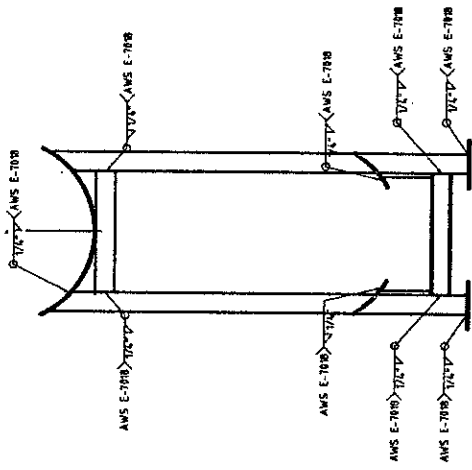
8- REFUERZO LATERAL DE ESTRUCTURA
 Material: Acero Estructural ASTM A36
 Estructura: Tubo Cuadrado 80mm x 80mm x 4.76mm
 Cantidad: 02
 Escala: 1/3
 Tratamiento térmico: No



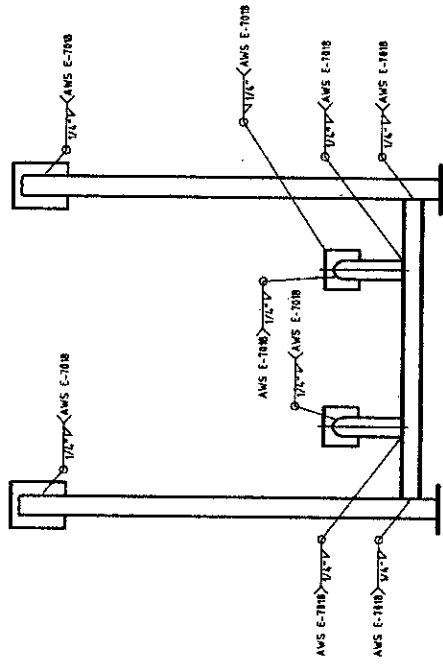
9- BARRILLA PARA BOMBA
 Material: Acero Estructural ASTM A36
 Estructura: Tubo Cuadrado 80mm x 80mm x 4.76mm
 Cantidad: 02
 Escala: 1/3
 Tratamiento térmico: No

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA		MATERIAL
		CANTIDAD	UNIDAD	
1	PLACA SOPORTE	02 pzs	ASTM A36	ACERO AL CARBONO
2	REFUERZO DE 80 X 80 X 4.76	02 pzs	ASTM A36	ACERO AL CARBONO
3	REFUERZO LATERAL DE 80 X 80 X 4.76	02 pzs	ASTM A36	ACERO AL CARBONO
4	CONECTOR	02 pzs	ASTM A36	ACERO AL CARBONO
5	REFUERZO DE 80 X 80 X 4.76	02 pzs	ASTM A36	ACERO AL CARBONO
6	REFUERZO LATERAL DE 80 X 80 X 4.76	02 pzs	ASTM A36	ACERO AL CARBONO
7	BARRILLA PARA BOMBA	02 pzs	ASTM A36	ACERO AL CARBONO
8	BARRILLA PARA BOMBA	02 pzs	ASTM A36	ACERO AL CARBONO
9	BARRILLA PARA BOMBA	02 pzs	ASTM A36	ACERO AL CARBONO

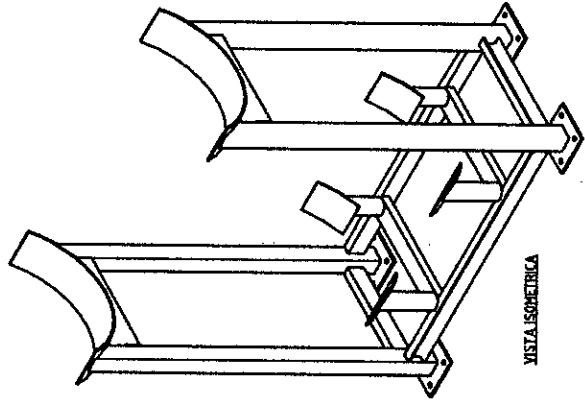
FACILIDAD	DEMANDA	DIRENTE	FECHA
MECANICA - ENERGIA	LOS BARRIGAN Y.	JURADO DE TESIS	20/11/21
ESTRUCTURA TANQUE-GRUBA			
PLANO DE DETALLE DE ESTRUCTURA			
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO			Edo
FOMENTO			1/1/25
INGENIERO MECANICO			2.5



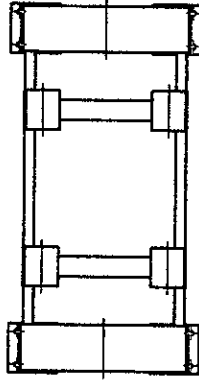
VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



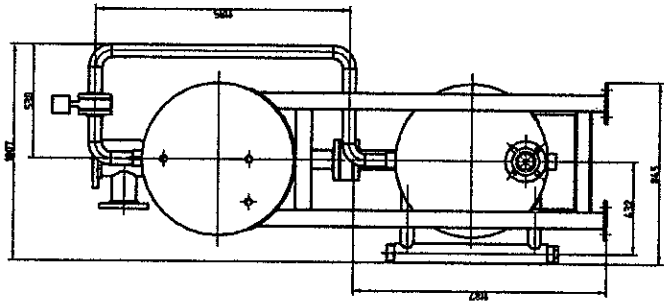
VISTA ISOMETRICA



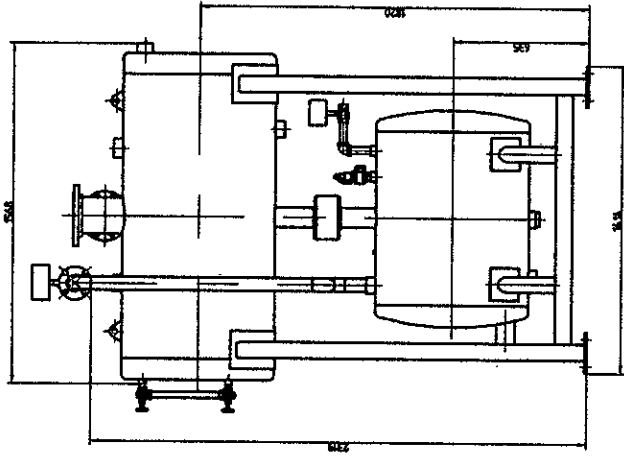
VISTA SUPERIOR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	VALOR TOTAL	NOTAS
1	PLACA SUP. P. PROTECCION	M ²	82	1.20	98.40	ACERNO AL CARBONO
2	ACERO CARRONDO DE 80 X 80 X 8	M	82	1.20	98.40	ACERNO AL CARBONO
3	ACERO CARRONDO DE 80 X 80 X 8	M	82	1.20	98.40	ACERNO AL CARBONO
4	ACERO CARRONDO DE 80 X 80 X 8	M	82	1.20	98.40	ACERNO AL CARBONO
5	ACERO CARRONDO DE 80 X 80 X 8	M	82	1.20	98.40	ACERNO AL CARBONO
6	ACERO CARRONDO DE 80 X 80 X 8	M	82	1.20	98.40	ACERNO AL CARBONO
7	ACERO CARRONDO DE 80 X 80 X 8	M	82	1.20	98.40	ACERNO AL CARBONO
8	ACERO CARRONDO DE 80 X 80 X 8	M	82	1.20	98.40	ACERNO AL CARBONO
9	ACERO CARRONDO DE 80 X 80 X 8	M	82	1.20	98.40	ACERNO AL CARBONO

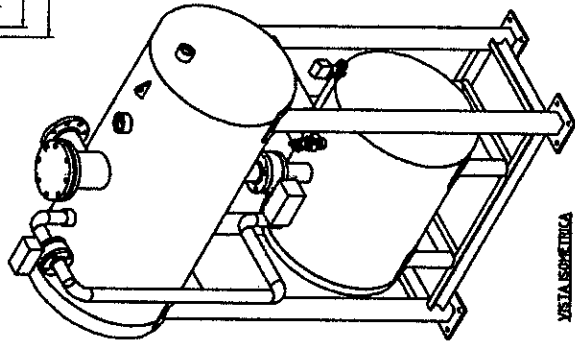
FACULTAD	INGENIERIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
PERUANA - OMBUDIA	LUIS BARRAGAN Y	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
PROYECTO	PROYECTO	ESTRUCTURA TAMBOR-BOMBA
FECHA	20/09/17	PLANO DE EJECUCION DE LA ESTRUCTURA
ESCALA	1/12.5	FORMA
NO. PLANO	2.6	FECHA
PROYECTADO POR	INGENIERO MECANICO	NO. PLANO



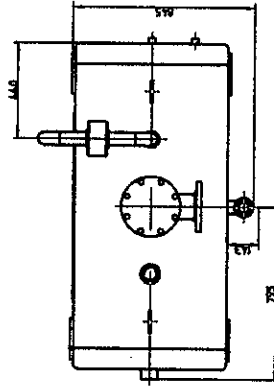
VISTA LATERAL






VISTA FRONTAL

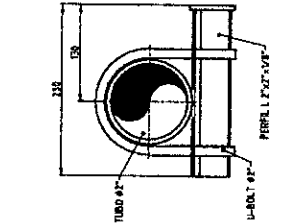
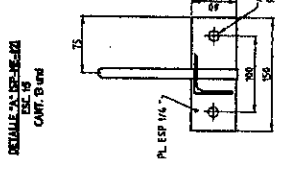
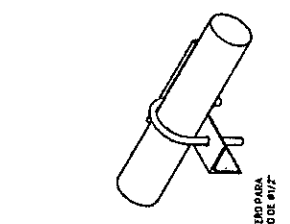
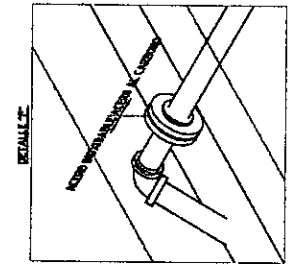
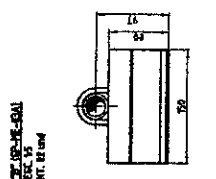
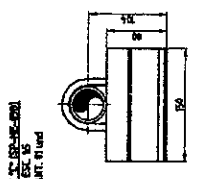
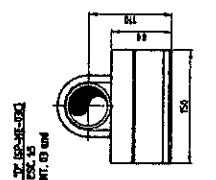
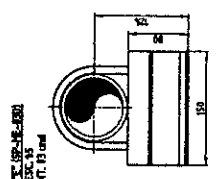
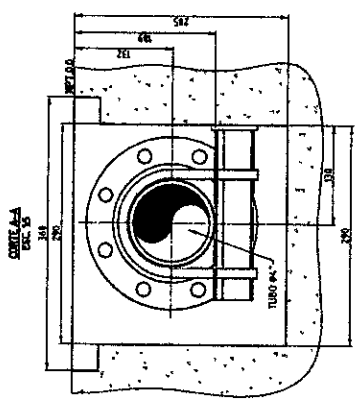
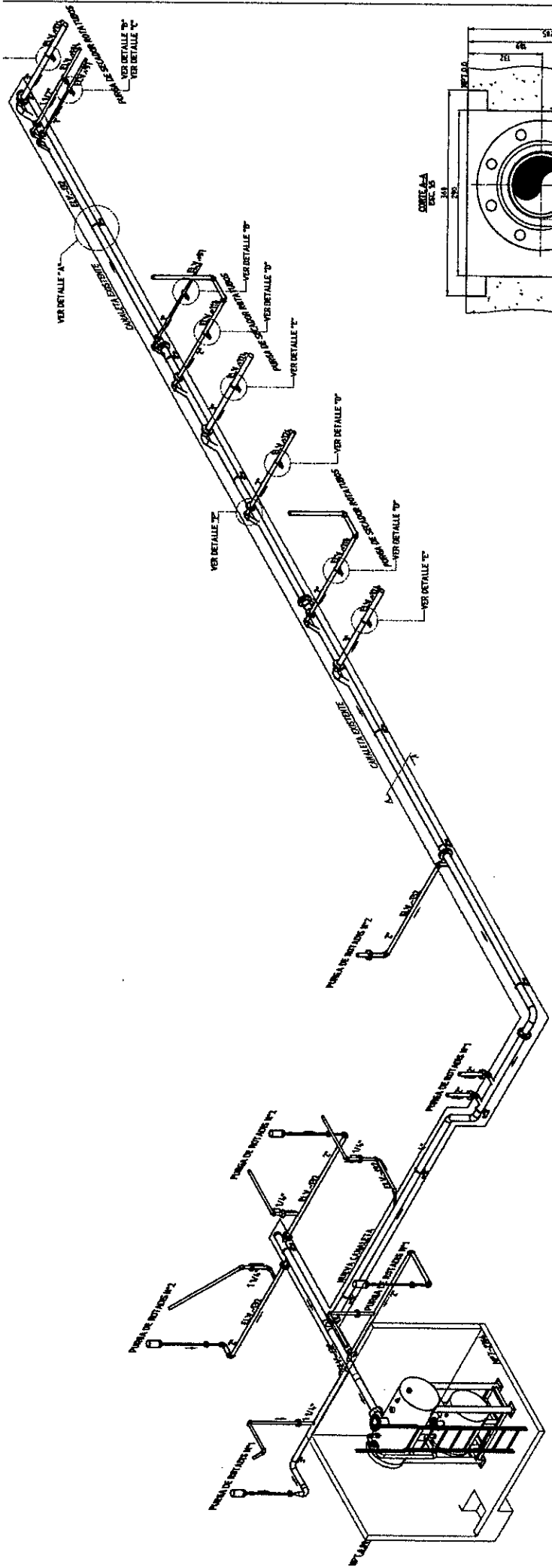


VISTA ISOMETRICA



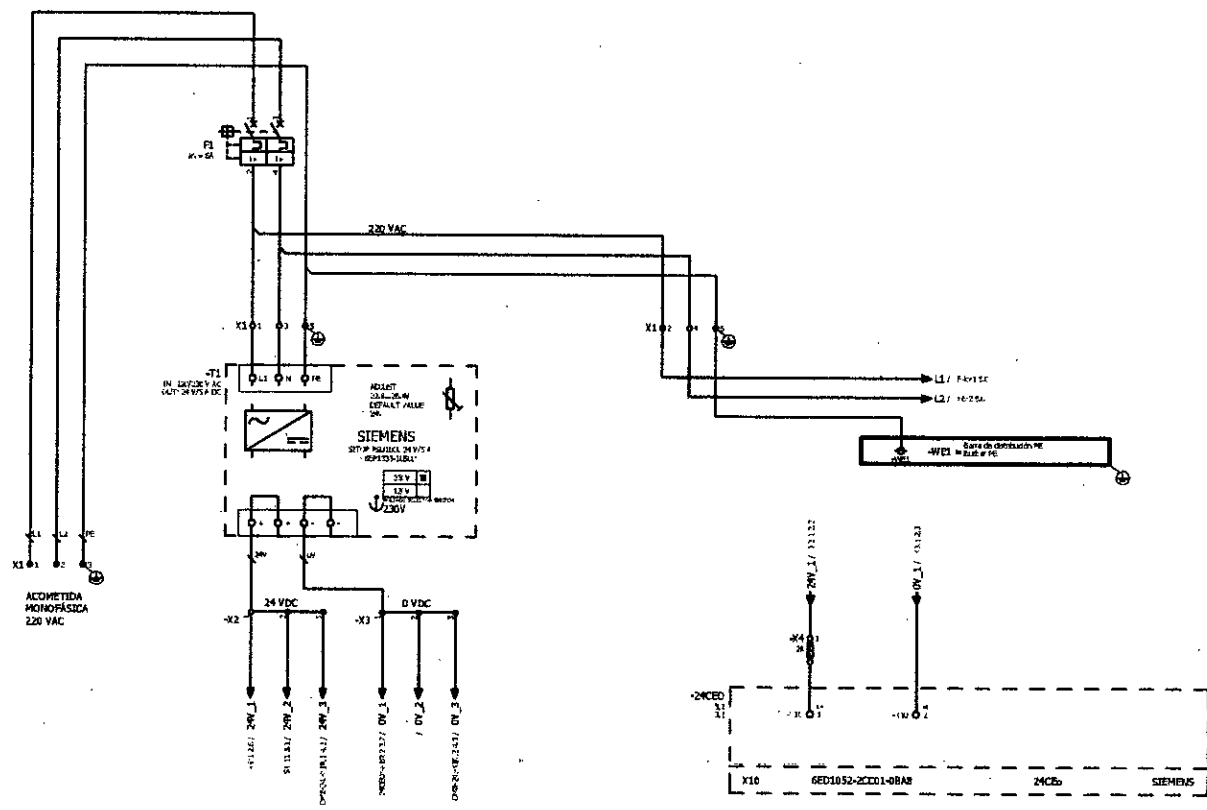
VISTA SUPERIOR

	FACULTAD	DISEÑADOR	DOCENTE	FECHA	
	QUÍMICA - ENERGÍA	ANA UGARTE	JARDÓN DE TOSI	28/07/99	
		ESCUELA GENERAL TABOUE-MORAN DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE INGENIEROS MECANICOS		No. Plano 03	
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		ESPECIALIDAD DE INGENIERIA DE A.2		Esc 1/15	

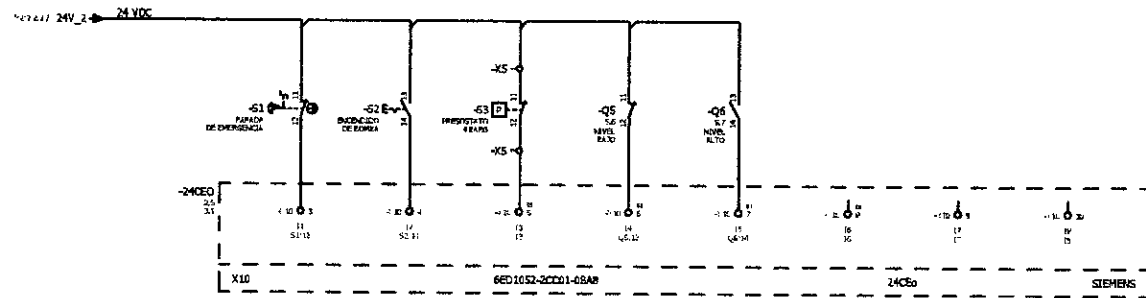


LEYES DE LA MECANICA
ACCESO INCONDICIONABLE

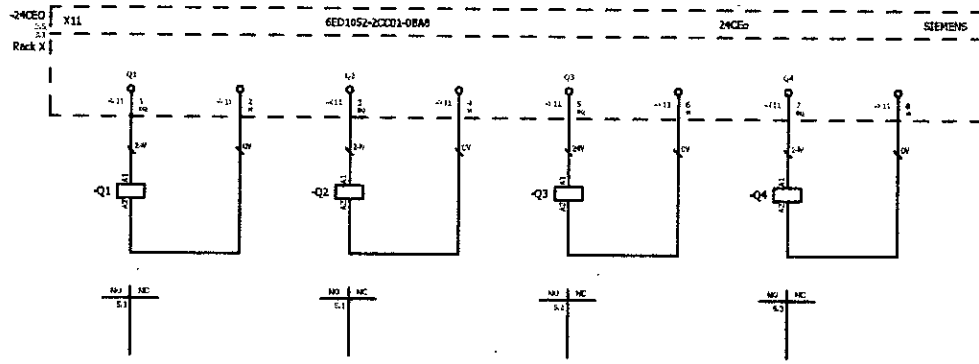
FACULTAD MECANICA - ENERGIA	DIBUJADO ANA UGARTE	DOCENTE JURADO DE TESIS	FECHA 20/11/17
RECUPERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PURGAS			
PLANO ISOMÉTRICO DE RECUPERACIÓN DE PURGAS			
INSTRUMENTACIÓN DE TESIS PARA TÍTULO		Escala: N° FIBRO	
PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA		Fotografía: A2	
		S/E 4.2	

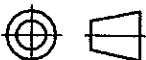
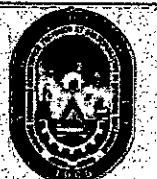


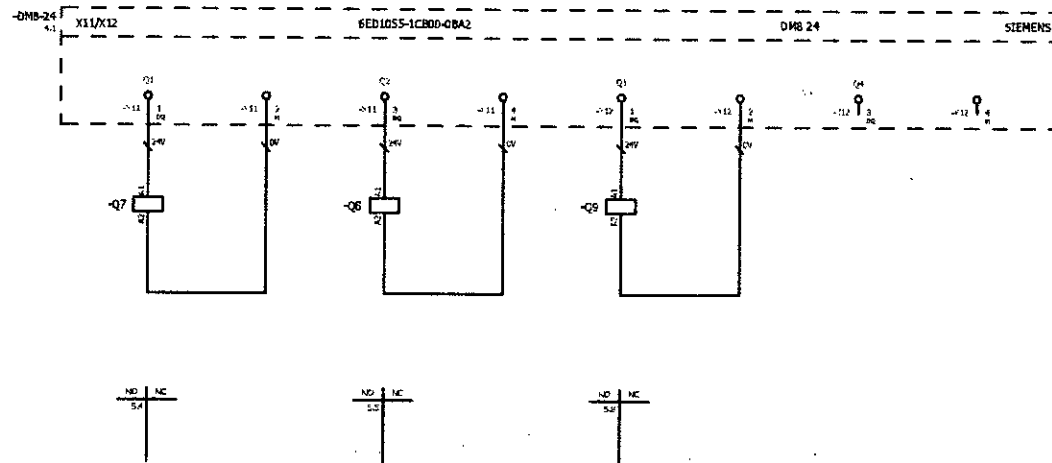
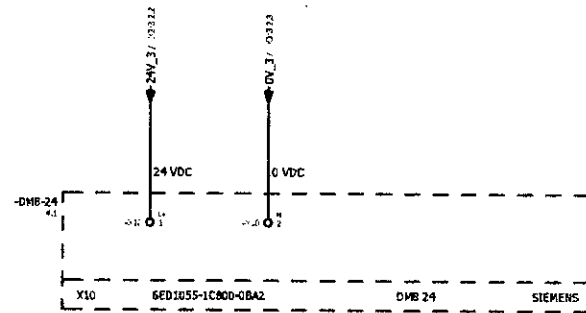
FACULTAD	DIBUJADO	DOCENTE	FECHA			
MECANICA - ENERGIA	LUIS BARGARAN	JURADO DE TESIS	20/11/17			
	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO	PLANO ELECTRICO				
		CIRCUITO DE FUERZA DEL SISTEMA				
		INFORME DE TESIS PARA TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO	Formato: A4	Esc: S/E	N° Plano 5.2	






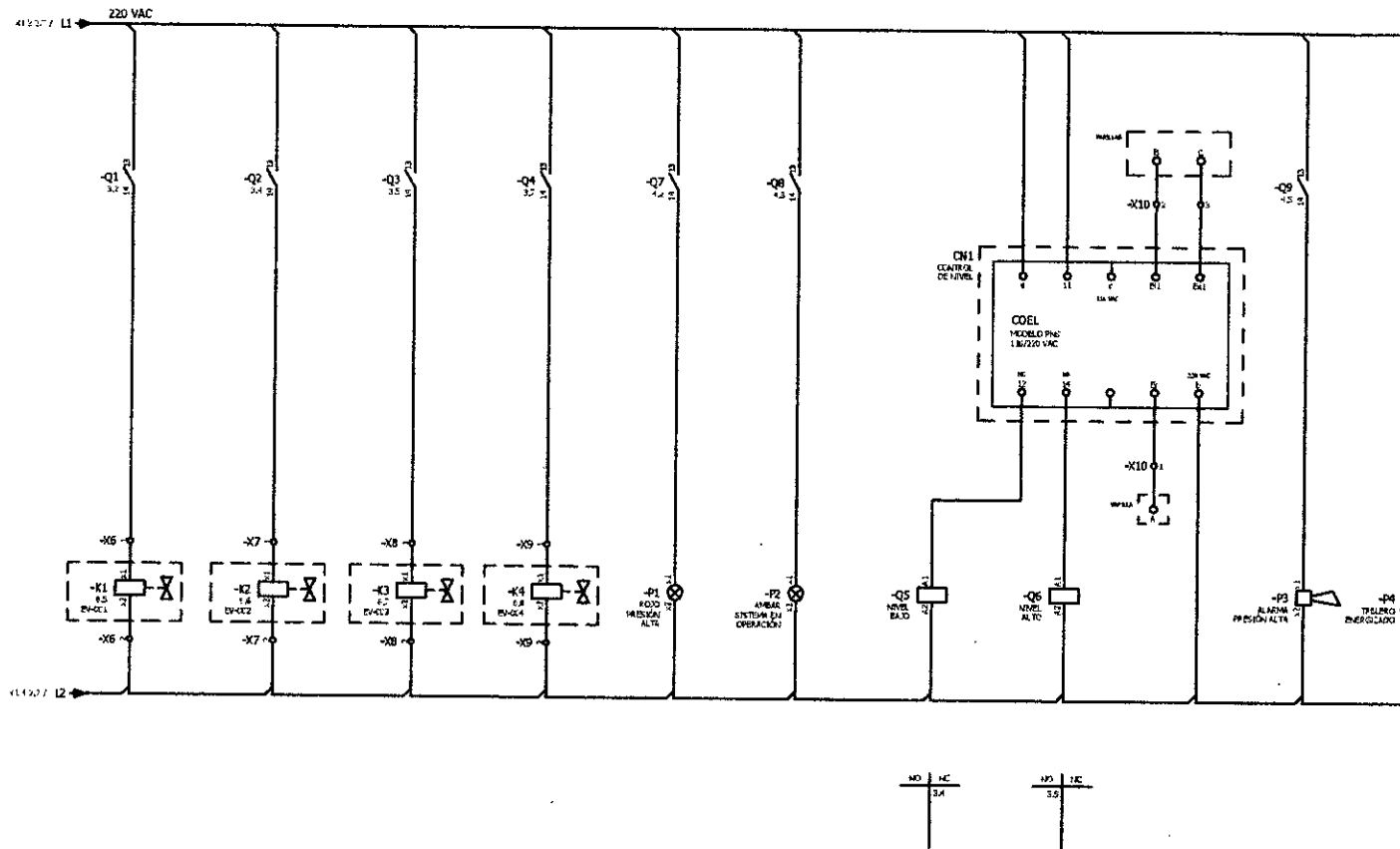
MARCHA DE EMERGENCIA ENCENDIDO DE BOMBA NIVEL BAJO NIVEL ALTO






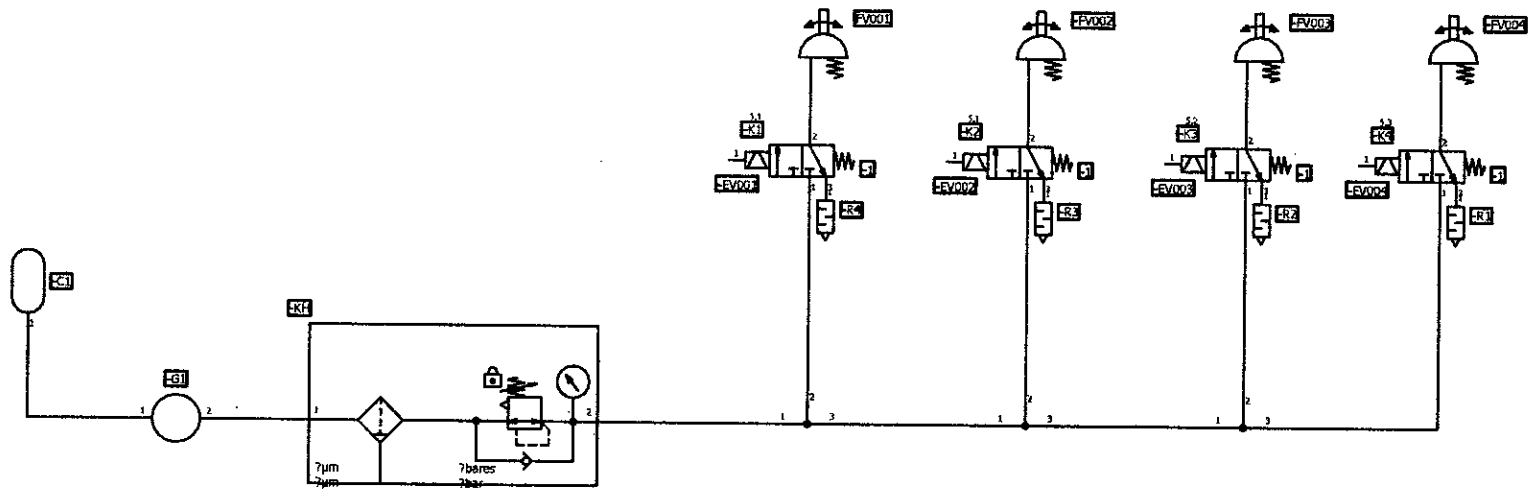
FACULTAD	DIBUJADO	DOCENTE	FECHA	
MECANICA - ENERGIA	ANA UGARTE	JURADO DE TESIS	20/11/17	
	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO	PLANO ELECTRICO		
		DISPOSITIVOS DE INICIO Y SALIDA LOGO SIEMENS		
		INFORME DE TESIS PARA TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO	Formato: A4	Esc: S/E	N° Plano 5.3






FACULTAD	DIBUJADO	DOCENTE	FECHA	 
MECÁNICA - ENERGÍA	ANA UGARTE	JURADO DE TESIS	20/11/17	
	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO	PLANO ELECTRICO		
		SEÑALES DE SALIDA DE LAS BOBINAS		
		INFORME DE TESIS PARA TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO	Formato: A4	Esc: S/E	Nº Plano 5.4



FACULTAD	DIBUJADO	DOCENTE	FECHA	 
MECANICA - ENERGIA	LUIS BARGARAN	JURADO DE TESIS	20/11/17	
	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO	PLANO ELECTRICO		
		CIRCUITO DE MANDO DEL SISTEMA		
		INFORME DE TESIS PARA TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO	Formato: A4	Esc: S/E	N° Plano 5.5



FACULTAD	DIBUJADO	DOCENTE	FECHA	 
MECANICA - ENERGIA	ANA UGARTE	JURADO DE TESIS	20/11/17	
	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO	PLANO ELECTRICO		
		CIRCUITO ELECTRONEUMATICO		
		INFORME DE TESIS PARA TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO	Formato: A4	Esc: S/E	N° Plano 5.6