

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE MECÁNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS PARA REALIZAR
ENSAYOS DE: TEMPERATURAS DE SERVICIO, CAPACIDAD
ADICIONAL DE CARGA TÉRMICA Y COMPORTAMIENTO A LA
CORROSIÓN; SEGÚN LA BASE DE ENSAYOS DE
CERTIFICACIÓN “DVGW VP 614”, APLICADAS AL TIPO DE
JUNTA PRESS FIT DE ACERO INOXIDABLE DESTINADA A LA
CONDUCCIÓN DE GLP, PARA LA EMPRESA CONDUIT DEL
ECUADOR.”**

**PROYECTO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

**DAVID ALEJANDRO ALTAMIRANO BÁEZ
CARLOS ALBERTO TORRES ORDÓÑEZ**

**DIRECTOR: ING. ERNESTO SORIA
CODIRECTOR: ING. ANDRÉS PROAÑO**

Sangolquí, 2008 - 01

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS PARA REALIZAR ENSAYOS DE: TEMPERATURAS DE SERVICIO, CAPACIDAD ADICIONAL DE CARGA TÉRMICA Y COMPORTAMIENTO A LA CORROSIÓN; SEGÚN LA BASE DE ENSAYOS DE CERTIFICACIÓN “DVGW VP 614”, APLICADAS AL TIPO DE JUNTA PRESS FIT DE ACERO INOXIDABLE DESTINADA A LA CONDUCCIÓN DE GLP, PARA LA EMPRESA CONDUIT DEL ECUADOR.” fue realizado en su totalidad por los Sres. David Alejandro Altamirano Báez y Carlos Alberto Torres Ordóñez, como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingenieros Mecánicos.

Ing. Ernesto Soria
DIRECTOR

Ing. Andrés Proaño
CODIRECTOR

Sangolquí, 2008-01-07

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS PARA REALIZAR ENSAYOS DE: TEMPERATURAS DE SERVICIO, CAPACIDAD ADICIONAL DE CARGA TÉRMICA Y COMPORTAMIENTO A LA CORROSIÓN; SEGÚN LA BASE DE ENSAYOS DE CERTIFICACIÓN “DVGW VP 614”, APLICADAS AL TIPO DE JUNTA PRESS FIT DE ACERO INOXIDABLE DESTINADA A LA CONDUCCIÓN DE GLP, PARA LA EMPRESA CONDUIT DEL ECUADOR.”

ELABORADO POR:

David Alejandro Altamirano Báez

Carlos Alberto Torres Ordóñez

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Cmnl. ING. JUAN DÍAZ
COORDINADOR DE LA CARRERA

Sangolquí, 2008-01-07

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto a las personas que hicieron posible alcanzar este sueño: Marcelo con sus consejos siempre a tiempo, Toita por ser la persona más dulce y con su cariño de siempre me inspiraba a seguir adelante, Diego que con su ejemplo de hermano mayor me ayudó a deslumbrar el camino que debía seguir, y Daniel en el que siempre pude confiar y mantuvo su mano extendida para brindarme ayuda cuando lo necesitaba.

David

Quisiera dedicar este logro en mi carrera a mis padres Carlos y Nelly, a mis hermanas Andrea y Carolina y en especial a mis abuelas Piedad y Estela quienes supieron apoyarme en todo momento y ayudar a crear en mi valores que guían mi vida.

Carlos

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios por haberme dado la vida y por tener una familia que me respalda siempre.

A mis padres por ser un sustento, por sus consejos y por el amor que me han sabido brindar siempre; son una bendición de Dios.

A mis hermanos y amigos a la vez, Diego y Daniel ya que sin ellos esto no se hubiera hecho realidad, siendo un ejemplo y mi inspiración. Ranita muchas gracias por todo. Nunca cambien ñaños.

A mis amigos leales que hacen que la vida esté llena de alegrías y con sus palabras de aliento me ayudaron a salir adelante.

A mi amigo Carlos por su apoyo y comprensión ya que sin su ayuda este proyecto no estaría terminado.

A mis profesores, fuente del saber, que supieron transmitir sus conocimientos a nosotros sus alumnos.

A toda mi familia por ser un sustento cuando más los necesitaba ya que me supieron brindar su cariño y atención sin esperar nada a cambio.

A mi abuelita Magdita, que a pesar de su ausencia física siempre estuvo junto a mí y me dejó el legado máspreciado de mi vida, gracias abuelita, nunca te olvidaré.

David

Al culminar una etapa más en mi vida me doy cuenta de que todo lo que soy se lo debo a muchas personas que me han acompañado y han influenciado en mí para alcanzar este sueño tan esperado, quisiera agradecer por su apoyo incondicional:

- A Dios por permitirme llevar una vida de bien y guiarme siempre en los momentos difíciles.
- A mis padres Carlos y Nelly por su guía y paciencia infinita, por ser siempre un apoyo para mí y más que nada por ser mis amigos incondicionales.
- A mis hermanas Andrea y Carolina, por cuidar de mí en cada momento, por su apoyo y cariño; la confianza que ponen en mí me da ánimos para superarme cada día.
- A mis abuelas Estela y Piedad por esforzarse tanto en educar a un hombre de bien, sin ustedes no sería ni la mitad de lo que soy hoy en día. Ustedes han sido la estrella que guía mi camino y se han convertido en mis ángeles de la guarda.
- A mis tíos, primos y familia en general; por su apoyo y cariño constante.
- Al director y codirector del proyecto Ernesto Soria y Andrés Proaño, por compartir su conocimiento.
- A mi compañero de proyecto y amigo David Altamirano, por su apoyo y amistad.
- A la empresa CONDUIT DEL ECUADOR, y a todo su talento humano por confiar en nosotros en este proyecto.
- A todos mis amigos y compañeros algunos desde el colegio, otros durante la carrera, pero todos han compartido conmigo su amistad y han influenciado en mi forma de ser y actuar.
- A todos los fichas, por ser como son.
- Al subcomité de gas del INEN, por su apoyo durante el proyecto.
- A la empresa TERMALIMEX, y todo su talento humano, por confiar en mí y brindarme su amistad.
- A la Escuela Politécnica del Ejército y su personal docente, por brindarnos una excelente educación.
- Al doctor Luis Cumbal y Vladimir Aguirre, por su apoyo.

Carlos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	III
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	V
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	V
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTOS	IX
ÍNDICE DE CONTENIDO	XIII
LISTADO DE TABLAS	XVII
LISTADO DE FIGURAS	XIX
LISTADO DE ANEXOS	XXI
NOMENCLATURA UTILIZADA	XXIII
RESUMEN	XXVII

CAPITULO 1

GENERALIDADES	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 OBJETIVOS	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 ALCANCE	3
1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO	5
2.1 NORMAS PARA ENSAYOS TÉRMICOS	5
2.1.1 NORMA DVGW VP 614	5
2.2 NORMA PARA ENSAYOS DE CORROSIÓN	9
2.2.1 NORMA DIN 50929	9
2.2.2 NORMA DIN EN 12502- 4	9
2.3 PROCEDIMIENTOS DEFINIDOS PARA LOS ENSAYOS	20
2.3.1 PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS TÉRMICOS	20
2.3.2 PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE CORROSIÓN	23
2.4 EQUIPOS Y ACCESORIOS A UTILIZARSE EN LOS ENSAYOS TÉRMICOS	26
2.4.1 ENSAYO DE TEMPERATURA DE SERVICIO	26
2.4.1.1 Unidad evaporadora	26

2.4.1.2 Unidad condensadora	29
2.4.2 ENSAYO DE CAPACIDAD ADICIONAL DE CARGA TÉRMICA.....	31
2.4.2.1 Horno mufla	31
2.4.3 ENSAYO DE CORROSIÓN.....	32
2.5 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN A USAR EN LOS ENSAYOS.....	35
2.5.1 ENSAYO DE TEMPERATURA DE SERVICIO	35
2.5.2 ENSAYO DE CAPACIDAD ADICIONAL DE CARGA TÉRMICA.....	37
2.5.3 ENSAYO DE CORROSIÓN.....	42

CAPITULO 3

DISEÑO DE EQUIPOS	47
3.1 CÁLCULOS	47
3.1.1 CÁLCULOS DE REFRIGERACIÓN.....	47
3.1.2 CÁLCULOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR	52
3.1.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	56
3.2 ENSAYO DE TEMPERATURAS DE SERVICIO	56
3.2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	56
3.2.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	58
3.2.2.1 Evaporador LU-VE SHA 14E80.....	58
3.2.2.2 Evaporador MIPAL FT-92E	59
3.2.2.3 Evaporador LU-VE SHS 12N.....	60
3.2.3 ANÁLISIS COMPARATIVO	61
3.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA CORROSIÓN.....	65
3.3.1 ESTUDIO REALIZADO PARA EL ENSAYO DE CORROSIÓN	65
3.3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS	69
3.4 ENSAYO DE CAPACIDAD ADICIONAL DE CARGA TÉRMICA	70
3.4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	70
3.4.2 HORNO TIPO MUFLA	71
3.4.3 MEDIDOR DE FLUJO	71
3.4.3.1 Medidor de flujo DWYER VFA-2.....	71
3.4.3.2 Medidor de flujo DWYER RMA-2.....	72
3.4.3.3 Análisis Comparativo	72

CAPITULO 4

INFORMACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS A UTILIZARSE	77
4.1 EQUIPOS	77
4.1.1 EVAPORADOR.....	77

4.1.2	UNIDAD CONDENSADORA	78
4.1.3	HORNO MUFLA	79
4.2	INSTRUMENTOS VARIOS	79
4.2.1	PRESOSTATO	79
4.2.2	FILTRO SECADOR	80
4.2.3	CONTROLADOR DIGITAL.....	81
4.2.4	TUBO CAPILAR:	82
4.2.5	RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO	82
4.2.6	RESISTENCIA PARA DEFROST	82
4.2.7	BALANZA ANALÍTICA.....	82
4.2.8	REVERBERO ELÉCTRICO	83
4.2.9	FLUJOMETRO:	83

CAPITULO 5

	CONSTRUCCIÓN Y CALIBRACIÓN	85
5.1	CONSTRUCCIÓN	85
5.1.1	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	85
5.1.1.1	Circuito eléctrico	91
5.1.2	CARCASA CON AISLAMIENTO	91
5.1.3	ESTRUCTURA SOPORTE.....	97
5.2	CALIBRACIÓN	98
5.2.1	CALIBRACIÓN DE CONTROL DIGITAL.....	98
5.3	COMPORTAMIENTO DEL EQUIPO	104
5.3.1	COMPORTAMIENTO DEL EQUIPO DE REFRIGERACIÓN	104

CAPITULO 6

	RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS	106
6.1	ENSAYO DE TEMPERATURAS DE SERVICIO.....	106
6.1.1	HOJA DE CONTROL DE ENSAYO	106
6.1.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	112
6.2	Ensayo de comportamiento a la Corrosión	113
6.2.1	HOJA DE CONTROL DEL ENSAYO	113
6.2.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	116
6.3	Ensayo de Capacidad Adicional de Carga Térmica.....	118
6.3.1	HOJA DE CONTROL DEL ENSAYO	118
6.3.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	124

CAPITULO 7

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO	127
7.1 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	127
7.1.1. COSTOS DIRECTOS.....	127
7.1.1.1 Remuneración a Profesionales	127
7.1.1.2 Remuneración a no profesionales.....	127
7.1.1.3 Remuneraciones a Estudiantes.....	127
7.1.1.4 Costos de adquisición de materiales y equipos	128
7.1.1.5. Otros costos directos.....	131
7.1.2. COSTOS INDIRECTOS	131
7.1.2.1. Costos indirectos a personal	131
7.1.2.2. Costos de misceláneos	131
7.1.3 DEPRECIACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	132
7.2 ANÁLISIS FINANCIERO	133
7.2.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	133
7.2.2 FACTIBILIDAD DEL PROYECTO	133
7.2.3 INVERSIÓN DEL PROYECTO.....	134
7.2.4 AHORRO DE COSTOS AL REALIZAR EL PROYECTO	134
7.2.5 INGRESOS GENERADOS POR EL PROYECTO.	135
7.2.6 FLUJO NETO DE CAJA	138
7.2.7 HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....	139
7.2.7.1 Valor Actual Neto.....	139
7.2.7.2 Tasa Interna de Retorno.....	140
7.2.8 ANÁLISIS DEL COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO	141

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	143
8.1 CONCLUSIONES:.....	143
8.2 RECOMENDACIONES:	144
8.2.1 RECOMENDACIONES GENERALES:	144
8.2.2 RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO:	145
8.2.3 RECOMENDACIONES PARA ELABORACIÓN DE ENSAYOS:	145
8.2.3.1 Ensayo de temperaturas de servicio:	145
8.2.3.2 Ensayo de capacidad adicional de carga térmica:	145
8.2.3.3 Ensayo de corrosión:.....	146
ANEXOS	147

LISTADO DE TABLAS

CAPITULO 3

DISEÑO DE EQUIPOS

Tabla 3.1 – Parámetros de diseño ensayo de temperaturas operativas	57
Tabla 3.2 - Parámetros de valoración para seleccionar el evaporador	62
Tabla 3.3 - Matriz de valoración de los parámetros para seleccionar el evaporador	63
Tabla 3.4 - Matriz de toma de decisión para selección del evaporador	64
Tabla 3.5 - Comparación de aceros estandarizados.....	65
Tabla 3.6 - Parámetros de diseño ensayo de corrosión.....	70
Tabla 3.7 - Parámetros de diseño ensayo de capacidad adicional de carga térmica	70
Tabla 3.8 - Parámetros de valoración para seleccionar el medidor de flujo	73
Tabla 3.9 - Matriz de valoración de los parámetros para seleccionar el medidor de flujo	74
TABLA 3.10 - Matriz de toma de decisión para selección del medidor de flujo	75

CAPITULO 5

CONSTRUCCIÓN Y CALIBRACIÓN

Tabla 5.1 – Diagrama de flujo evaporador aire forzado	87
Tabla 5.2 – Diagrama de flujo unidad condensadora.....	88
Tabla 5.3– Diagrama de flujo caja de controles	89
Tabla 5.4– Diagrama de flujo carga de refrigerante.....	90
Tabla 5.5– Diagrama de flujo caja externa.....	92
Tabla 5.6– Diagrama de flujo caja interna.....	93
Tabla 5.7– Diagrama de flujo inyección de poliuretano	94
Tabla 5.8– Diagrama de flujo de base	95
Tabla 5.9– Diagrama de flujo de tapa superior	96
Tabla 5.10– Diagrama de flujo soportes para resistencia	97
Tabla 5.11– Diagrama de flujo estructura soporte	98
Tabla 5.12– Calibracion de control digital	98
Tabla 5.13– Comportamiento de equipo de refrigeración para enfriamiento ($\frac{1}{2}$ ")	104
Tabla 5.14– Comportamiento de equipo de refrigeración para enfriamiento ($\frac{3}{4}$ ")	105
Tabla 5.15– Comportamiento de equipo de refrigeración para calentamiento ($\frac{1}{2}$ ").....	105

CAPITULO 6

RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS

Tabla 6.1 – Hoja de control de ensayo TOE01	106
Tabla 6.2 – Hoja de control de ensayo TOE02	107

Tabla 6.3 – Hoja de control de ensayo TOE03	108
Tabla 6.4 – Hoja de control de ensayo TOE04	109
Tabla 6.5 – Hoja de control de ensayo TOE05	110
Tabla 6.6 – Hoja de control de ensayo TOE06	111
Tabla 6.7 – Análisis de resultados ensayo de temperaturas de servicio	112
Tabla 6.8 – Hoja de control de ensayo CCE01	113
Tabla 6.9 – Hoja de control de ensayo CCE02	113
Tabla 6.10 – Hoja de control de ensayo CCE03	114
Tabla 6.11 – Hoja de control de ensayo CCE04	114
Tabla 6.12 – Hoja de control de ensayo CCE05	115
Tabla 6.13– Hoja de control de ensayo CCE06	115
Tabla 6.14– Análisis de resultados ensayo de comportamiento a la corrosión	116
Tabla 6.15– Hoja de control de ensayo CRE01	118
Tabla 6.16– Hoja de control de ensayo CRE02	119
Tabla 6.17– Hoja de control de ensayo CRE03	120
Tabla 6.18– Hoja de control de ensayo CRE04	121
Tabla 6.19– Hoja de control de ensayo CRE05	122
Tabla 6.20– Hoja de control de ensayo CRE06	123
Tabla 6.21– Análisis de resultados ensayo de capacidad adicional de carga térmica ...	124

CAPITULO 7

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

Tabla 7.1– Remuneración a profesionales.....	127
Tabla 7.2– Remuneración a no profesionales.....	127
Tabla 7.3– Remuneración estudiantes.....	127
Tabla 7.4– Costos de adquisición de materiales y equipos	128
Tabla 7.5– Otros costos directos.....	131
Tabla 7.6– Costos indirectos a personal	131
Tabla 7.7– Costos de misceláneos	131
Tabla 7.8- Desglose de tubería y accesorios para instalación de gas centralizado.....	137
Tabla 7.9- Flujo neto de caja del proyecto	139
Tabla 7.10 - Valor actual neto del proyecto.....	140
Tabla 7.11- Tasa interna de retorno del proyecto	141
Tabla 7.12- Relación costo – beneficio del proyecto.....	141

LISTADO DE FIGURAS

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

Figura 2.1 Representación esquemática de la muestra.....	7
Figura 2.2 - Esquema ensayo de temperaturas de servicio.....	21
Figura 2.3 - Esquema ensayo de temperatura adicional de carga térmica.....	22
Figura 2.4 - Representación esquemática de la muestra.....	24
Figura 2.5 - Esquema ensayo de corrosión	24
Figura 2.6 – Esquema básico del ciclo de refrigeración.....	26
Figura 2.7 – Esquema básico del ciclo de refrigeración a utilizarse	27
Figura 2.8 –Evaporadores.....	28
Figura 2.9 –Condensador multitubular	29
Figura 2.10 - Condensador evaporativo.....	31
Figura 2.11 – Válvula de expansion	35
Figura 2.12 – Termocupla	36
Figura 2.13 – Tubo venturi	37
Figura 2.14 – Tipos de placas orificios.....	38
Figura 2.15 – Flujómetro eléctrico.....	40
Figura 2.16 –Manómetros de bourdon	41
Figura 2.17 - Balanza analítica.....	42
Figura 2.18 - Balón de destilación.....	43
Figura 2.19 - Tubo refrigerante	43
Figura 2.20 - Termómetro digital	44
Figura 2.21 - Balón de aforado.....	45
Figura 2.22 - Destilación del agua.....	46

CAPITULO 3

DISEÑO DE EQUIPOS

Figura 3.1 – Esquema del diseño de equipo de refrigeración.....	47
Figura 3.2 – Símil eléctrico.....	52
Figura 3.3 - Equipo de refrigeración con el evaporador LU-VE SHA 14E80.....	59
Figura 3.4 - Equipo de refrigeración con el evaporador MIPAL FT-92E	60
Figura 3.5 - Equipo de refrigeracion con el evaporador LUVE SHS 12 N.....	61

CAPITULO 4

INFORMACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS A UTILIZARSE

Figura 4.1 – Dimensiones del evaporador	77
Figura 4.2 - Dimensiones de unidad condensadora.....	79
Figura 4.3 - Presostato.....	80
Figura 4.4 - Filtro secador	80
Figura 4.5 - Esquema de conexiones controlador digital	81
Figura 4.6 -Flujometro	83
Figura 4.7 - Dimensiones del medidor de flujo.....	84

CAPITULO 5

CONSTRUCCIÓN Y CALIBRACIÓN

Figura 5.1 - Sistema de refrigeración	86
Figura 5.2 - Diagrama de proceso evaporador aire forzado	86
Figura 5.3 - Diagrama de proceso unidad condensadora	87
Figura 5.4 - Diagrama de proceso caja de controles	89
Figura 5.5 - Diagrama de proceso carga refrigerante	90
Figura 5.6 - Diagrama electrico del equipo	91
Figura 5.7 - Diagrama proceso carcasa con aislamiento	91
Figura 5.8 - Diagrama proceso caja interna	92
Figura 5.9 - Diagrama proceso inyección de aislante	93
Figura 5.10 - Diagrama de proceso de base.....	94
Figura 5.11 - Diagrama de proceso de tapa superior.....	95
Figura 5.12 - Diagrama de proceso de soportes para resistencia	96
Figura 5.13 - Diagrama de proceso de estructura soporte.....	97

CAPITULO 7

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

Figura 7.1 – Plano de instalación tipo de gas centralizado	137
--	-----

LISTADO DE ANEXOS

- Anexo A:** Norma ANSI LC1 - 2005
- Anexo B:** Norma DIN EN 12502 – 1
- Anexo C:** Cotizaciones de equipos de refrigeración
- Anexo D:** Certificados de calidad
- Anexo E:** Medidor de flujo Dwyer Serie VFA
- Anexo F:** Medidor De flujo Dwyer Serie RMA
- Anexo G:** Ajuste de lectura según presión y temperatura de ensayo
- Anexo H:** Gráficas Fuerza Vs. Deformación de los accesorios
- Anexo I:** Procedimiento de Ensayo de Temperaturas Operativas
- Anexo J:** Planos del Ensayo de Temperaturas Operativas
- Anexo K:** Procedimiento del Ensayo de Capacidad Adicional de carga térmica
- Anexo L:** Planos Del Ensayo De Capacidad Adicional De Carga Térmica
- Anexo M:** Procedimiento del Ensayo de Corrosión
- Anexo N:** Planos del Ensayo de Corrosión
- Anexo O:** Certificado de Control del Laboratorio de Química de la ESPE
- Anexo P:** Certificado de Control del Laboratorio de Metalurgia de La ESPE
- Anexo Q:** Orden del día del Subcomité de Gas del INEN
- Anexo R:** Acta de recepción de Equipos en la Empresa Conduit del Ecuador S.A.
- Anexo S:** Carta de satisfacción de la Empresa Conduit del Ecuador S.A.
- Anexo U:** Gráficas de los tipos de corrosión indicados
- Anexo T:** Base provisional de ensayos de certificación DVGW VP 614

NOMENCLATURA UTILIZADA

ASTM: American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)

JIS: Japanese Standards Association (Asociación Japonesa de Estandarización)

JIS G 3448: Light gauge stainless steel tubes for ordinary piping (Norma informativa de tubos de acero inoxidable para tubería ordinaria)

GLP: Gas licuado de petróleo

ESPE: Escuela Politécnica del Ejército

DVGW: Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (Asociación Alemana del Departamento Técnico Agua y Gas)

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

NTE INEN 2260: Norma técnica para instalaciones para gas combustible en edificaciones de uso residencial, comercial o industrial

AISI: American Iron and Steel Institute (Instituto Americano de Hierro y Acero)

DIN EN 549: Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)

ISO: International Standards Organization (Organización Internacional de Normalización)

ASHRAE: Sociedad Americana de ingenieros en calefacción, refrigeración y aire acondicionado.

N: Nitrógeno

SAE: Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices)

UNC13: Unión normal corta de ½ plg

TMN13: Tubo macho normal de ½ plg.

TA13: Tapa de ½ plg

CN9013: Codo normal 90° de ½ plg

TMR20x13: Tubo macho reducción de ¾ plg a ½ plg.

UNC20: Unión normal corta ¾ plg

TA20: Tapa de ¾ plg

CN9020: Codo normal 90° de ¾ plg

AGA: American Gas Association (Asociación Americana de Gas)

NPT: National Pipes Thread (Roscado Nacional)

VAN: Valor actual neto

TIR: Tasa interna de retorno
FNC: Flujo neto de caja
psi: Libras por pulgada cuadrada
° C: Grados centígrados
m: Metros
a: Dimensión del largo del espacio refrigerado
b: Dimensión del alto del espacio refrigerado
z: Dimensión del ancho del espacio refrigerado
es: Espesor del aislante
Tev: Temperatura de evaporación del refrigerante
Ter: Temperatura del espacio refrigerado
Tam: Temperatura ambiente
AL: Área lateral del espacio refrigerado
q1: Pérdida de calor por las paredes del espacio refrigerado
AT: Área del techo del espacio refrigerado
q2: Pérdida de calor por el techo del espacio refrigerado
AP: Área del piso del espacio refrigerado
q3: Pérdida de calor por el piso del espacio refrigerado
fr: Factor de rapidez
QT: Carga total de transmisión según recomendaciones de RUSSELL
hi: Conductancia térmica interna de la superficie del espacio refrigerado
ho: Conductancia térmica exterior
k: Conductancia térmica del poliuretano
U: Coeficiente global de transferencia de calor
Qa: Calor de transmisión según recomendaciones de la ASHRAE
Cp: Calor específico
L: Longitud de la probeta
Øext: Diámetro exterior nominal de la probeta
t: Espesor de pared de la probeta
P: Peso por unidad de longitud de la probeta
Q: Calor total a retirar para llevar a la probeta a -20°C
hc: Entalpía de saturación fase vapor
hd: Entalpía inicio de condensación
ha: Entalpía de saturación fase líquida

qw: Calor de compresión
qe: Calor que absorbe el refrigerante al evaporarse
fl: Flujo másico de refrigerante
Jing: Equivalente mecánico
Wing: Calor absorbido por el compresor
thp: Potencia teórica del compresor
er: Emitancia de la resistencia eléctrica de calentamiento
δ: Constante de Boltzman
Ta: Temperatura ambiente
T2: Temperatura superficial de la resistencia
To: Temperatura superficial final de la probeta de acero inoxidable
Tm: Temperatura media ambiente exterior
hra: Coeficiente de radiación
Ør: Diámetro exterior de la resistencia
Lr: Longitud de la resistencia
Ar: Area exterior de la resistencia
Øpr: Diámetro exterior de la probeta
Lpr: Longitud de la probeta
Apr: Área exterior de la probeta
Rra: Resistencia de radiación
Praa: Número de Prandtl del aire a temperatura ambiente
Pram: Número de Prandtl del aire a temperatura media
kam: Coeficiente de conducción del aire a temperatura media
vcam: Viscosidad cinemática del aire a temperatura media
β: Coeficiente de expansión
g: Aceleración gravitacional
Gram: Número de Grashof a temperatura media
Ra: Número de Raleigh
Nu_D: Número de Nusselt
hc: Coeficiente de Convección
Rconv: Resistencia de Convección
Req: Resistencia equivalente
kac: Coeficiente de conducción de la resistencia de calentamiento
Lc: Longitud de conducción

Rcon: Resistencia de conducción

Rt: Resistencia Total

Qeq: Calor total

Q: Calor total según indicaciones de Incropera

RESUMEN

La empresa Conduit del Ecuador con el objetivo de incursionar en la utilización de tubería y accesorios de acero inoxidable con tipo de junta press fit para el transporte de GLP, propuso el presente proyecto de diseño y construcción de equipos para la elaboración de ensayos bajo la norma internacional DVGW VP614, con el propósito de demostrar al Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) la validez de este tipo de junta para dicho requerimiento.

La norma internacional detalla los parámetros de elaboración de los ensayos de temperaturas de servicio, capacidad adicional de carga térmica y comportamiento a la corrosión con el objetivo de evaluar la impermeabilidad de la junta press fit de acero inoxidable, para dimensiones de tubería de $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de pulgada.

El estudio previo de la norma permitió elaborar un diseño de equipo que cumpla totalmente a los requisitos y especificaciones establecidas en la misma para la realización de los ensayos. Para poder determinar la capacidad de los equipos e instrumentos se tomó en cuenta el rango de temperaturas indicadas y los agentes externos a los que debían ser sometidas las probetas en los tres ensayos.

Para la elaboración del ensayo de temperaturas operativas, que indica que la probeta debe ser sometida por seis ocasiones a un calentamiento de 70 °C, dejarla enfriar a temperatura ambiente y posteriormente a dicho proceso someterla a un enfriamiento a -20 °C durante 24 horas; se realizó un estudio de las mejores alternativas de equipos e instrumentos que puedan llevar a cabo el ensayo y puedan satisfacer los requerimientos de la norma especificada. Para la selección se tomaron en cuenta varias opciones las cuales fueron evaluadas bajo parámetros de factibilidad y eficiencia, llegando a determinar que la mejor opción era construir un cuarto frío utilizando un evaporador de tiro forzado con un ventilador y carcasa plástica marca LU VE modelo SHS 12N y para la etapa de calentamiento se empleó una resistencia sólida tubular de 35 cm que se colocaría bajo la probeta. Se realizó las respectivas pruebas y puestas a punto de la máquina y se comprobó su óptimo funcionamiento.

El ensayo de capacidad adicional de carga térmica que de acuerdo a la norma indica que la probeta debe ser conectada a un dispositivo de examinación (gas nitrógeno) y luego de introducirse a la estufa, se le aplica una presión nominal de 1 bar. El calentamiento debe realizarse de tal manera que la muestra alcanza una temperatura de 650° C. Durante el tiempo de exposición de 30 min. se debe mantener la temperatura y presión de prueba constantes y la cuota de escape de nitrógeno no deberá exceder 30 dm³/h. Para llevar a cabo dicho ensayo se realizó el estudio de la mejor alternativa por lo que se modificó un horno mufla existente para colocar la probeta en su interior y alcanzar la temperatura exigida controlada por una termocupla. La cuota de escape se la observa mediante un medidor de flujo conectado previamente a un serpentín de cobre que permite el enfriamiento inmediato del gas nitrógeno a la salida del horno.

Para el ensayo de corrosión se tomó como base el estudio de la norma ANSI LC 1-2005 a la cual se le introdujeron ciertas modificaciones. La probeta fue inmersa en un balón con una solución compuesta de 20 por ciento de cloruro de sodio, uno por ciento de nitrato de sodio y 79 por ciento de agua destilada tomando dichos porcentajes en peso; la temperatura de la solución fue elevada a 95 °C a presión atmosférica y se le mantuvo a dicha temperatura por un período de 14 horas.

Se realizaron algunos ensayos con probetas de los tamaños requeridos y se comprobó el buen funcionamiento de equipos e instrumentos. Se entregó los resultados obtenidos en las pruebas así como la respectiva guía de procedimiento para los ensayos a la empresa Conduit del Ecuador.

Finalmente mediante el análisis económico y financiero que se realizó proyectado a un periodo de 5 años se estableció que el proyecto es rentable y permitirá que se cumpla el objetivo de la empresa.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Dentro de la Escuela Politécnica del Ejército, uno de los factores imperativos ha sido el vínculo entre la empresa privada y la universidad, razón por la cual esta institución de educación superior en numerosas ocasiones ha prestado sus servicios a la empresa privada, y en esta ocasión se enfocará la prestación de servicios hacia la empresa CONDUIT DEL ECUADOR. Esto ayuda a mantener una relación estrecha entre la Universidad y la Industria, lo que permite mantenerse actualizada con las necesidades de la industria.

Desde 1979, la actividad productiva de esta empresa ha sido la fabricación de tubería en acero bajo la marca "FUJI", la misma que se ha comercializado en diferentes secciones de mercados latinoamericanos con una gran acogida. En el año 2002, en respuesta a la búsqueda de productos novedosos, desarrolló la tubería de acero inoxidable para la conducción de fluidos bajo la norma JIS G 3448, con un sistema 100% inoxidable.

Para acrecentar la aplicación de esta tubería, CONDUIT DEL ECUADOR empieza a incursionar en el campo de la utilización de dicha tubería en la conducción de GLP en instalaciones domiciliarias, con el fin de cubrir la tendencia actual de implementar sistemas de gas centralizado en las grandes edificaciones, para mayor confort de los ocupantes, así como para ofrecer un mayor tiempo de vida útil del sistema. Esta empresa ofrece a sus clientes una garantía de 50 años.

Observando los antecedentes anteriormente expuestos, CONDUIT DEL ECUADOR ha solicitado a la Escuela Politécnica del Ejército la ejecución de una serie de ensayos, descritos en la norma DVGW VP614 (Asociación Alemana del Departamento Técnico Agua y Gas) que acreditan a la junta tipo press fit en esta tubería para ser utilizada en la conducción de GLP. A través de la realización de estos ensayos, se conseguiría que el INEN, dentro de su Norma NTE INEN 2260 (norma técnica para instalaciones para gas combustible en edificaciones de uso

residencial, comercial o industrial), contemple como requisitos las adaptaciones de la norma internacional.

El presente proyecto abarca la sección de ensayos referentes a: temperaturas de servicio, capacidad adicional de carga térmica y comportamiento a la corrosión. Para la realización de dichos ensayos se requerirá el diseño, construcción y adecuación de dispositivos así como la selección de diferentes instrumentos.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

CONDUIT DEL ECUADOR S.A. en su búsqueda de nuevos productos desarrolló en el año 2002 la tubería de acero inoxidable para conducción de fluidos, con junta tipo press fit, que de acuerdo a normas internacionales puede ser utilizada para conducción de GLP en instalaciones domiciliarias.

Para comprobar el correcto desempeño de la tubería es necesario realizar ensayos bajo normas internacionales que garanticen el funcionamiento óptimo de la junta press fit bajo ciertas condiciones de temperatura y corrosión detalladas en norma, razón por la cual se realizó el pedido por parte de la empresa para diseñar y construir los equipos necesarios para dicho motivo.

Los ensayos a realizarse serán: temperaturas de servicio, capacidad adicional de carga térmica y comportamiento a la corrosión.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir, adecuar y seleccionar: accesorios, instrumentos y equipos para realizar ensayos de temperaturas de servicio, capacidad adicional de carga térmica y comportamiento a la corrosión en la junta tipo press fit aplicada a accesorios de acero inoxidable adaptando la norma alemana de la DVGW, para la empresa CONDUIT DEL ECUADOR S.A.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las disposiciones de la norma de la DVGW en cuanto a los ensayos de certificación referentes a: temperaturas de servicio, capacidad adicional de carga térmica, y comportamiento a la corrosión.
- Verificar y evaluar el desempeño del horno tipo mufla perteneciente al Laboratorio de Metalurgia de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la ESPE, para incluirlo como equipo dentro de la realización de los ensayos pertinentes.
- Analizar y seleccionar los instrumentos necesarios para monitorear las variables existentes dentro de la realización de los ensayos térmicos y de corrosión.
- Diseñar y construir un equipo que satisfaga las necesidades de la norma DVGW VP614 en cuanto a los ensayos de baja temperatura.
- Realizar un Análisis Económico-Financiero referente al proyecto propuesto con el fin de establecer un cronograma de desembolsos adecuado.
- Realizar pruebas sobre los equipos, instrumentos y dispositivos que intervendrán en la ejecución de los ensayos térmicos y de corrosión.

1.4 ALCANCE

Parte del objetivo del presente proyecto es diseñar y construir el equipo para realizar el ensayo de temperatura de servicio con el cual se pretende analizar el comportamiento de los accesorios de acero inoxidable con junta press fit bajo temperaturas habituales de operación, siendo los límites entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $70\text{ }^{\circ}\text{C}$; esto nos permitirá garantizar la eficiencia en el trabajo de dicha tubería.

El proyecto también tiene como objetivo seleccionar el equipo adecuado y realizar el ensayo de capacidad adicional de carga térmica lo que nos permitirá observar el comportamiento de la junta al ser expuestas a cargas térmicas excesivas, en este caso al ser sometida a una temperatura de $650\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Por el último el proyecto pretende analizar el comportamiento de la junta bajo la acción de agentes corrosivos para poder analizar la resistencia de la tubería al ataque corrosivo del GLP, y por lo tanto a la seguridad en el transporte de este.

Los ensayos realizados se basan en la norma alemana DVGW VP614 para productos de abastecimiento de agua y gas, así como sus recomendaciones.

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Para la realización de este tipo de ensayos sobre la junta press fit, existen normas aceptadas internacionalmente para la tubería y accesorios de cobre, no siendo este el caso para la tubería y accesorios de acero inoxidable, razón por la cual el presente proyecto tiene como finalidad adoptar las bases provisionales de ensayos elaborados por los laboratorios de ensayo de la DVGW, para proporcionar una guía de evaluación de conformidad hacia este tipo de junta que garantice el correcto desempeño y la seguridad técnica de la junta.

La adopción de esta guía dentro de las normas ecuatorianas para instalaciones de gas combustible en edificaciones de uso residencial, comercial o industrial, proporcionará la posibilidad de que este tipo de accesorios tengan una mayor aceptación dentro del mercado.

Además el presente proyecto es importante para fortalecer el vínculo entre la empresa privada y la universidad, el cual podría generar diversas oportunidades para la posterior realización de proyectos afines.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 NORMAS PARA ENSAYOS TÉRMICOS

2.1.1 NORMA DVGW VP 614¹

Prefacio

Las bases de examinación preliminares son principios de seguridad acordados entre los laboratorios de examinación de la DVGW y la(s) comisiones especializada(s), conformidad con el “Reglamento para la Certificación Nacional de Productos de los Servicios de Gas y Agua” de la certificadora de la DVGW, cuando aún no existieren normas, borradores de normas o hojas de trabajo específicas de la DVGW para ello. Se prevé el otorgamiento de un sello de aprobación por un término máximo de tres años. Después de ese período de tres años se examinará si las bases de examinación preliminares deben ser revocadas, modificadas o convertidas en una norma.

Mediante esta edición de las VP 614:2005-05 se establece como norma básica el reglamento DIN EN 549 en cuanto a los requisitos para los materiales de sellado. En cuanto a los requisitos adicionales se refiere a las VP 406 “Elastómeros para Sellados y Membranas en los Servicios y Uso de Gas — Requisitos, Examinaciones e Identificación”. Con ello se incorporan exámenes adicionales con respecto a la tolerancia de envejecimiento y la calidad y análisis de los materiales.

Al incorporar los requisitos de impermeabilidad y examinación de las conexiones prensadas, permeables sin prensar, se toma en cuenta el desarrollo de las conexiones prensadas.

Ámbito de aplicación

Estas VP aplican para los requisitos y examinaciones para la obtención del sello de aprobación de la DVGW para conectores prensados metálicos en tubos y

¹ Norma perteneciente a la DVGW Asociación Alemana del Sector de Gas y Agua. Asociación Registrada.

partes de tubería hechas de materiales metálicos que sellan paredes lisas de manera metálica o no metálica. No aplican para conectores prensados utilizados para tubería en contacto directo con la tierra.

Los conectores prensados deben ser aptos para ductos operados con gases de conformidad con la hoja de trabajo G 260 de la DVGW.

Estas VP aplican para conectores prensados utilizados en tubos de gas con un diámetro exterior $d \leq 108$ mm. y con presiones nominales de hasta 5 bar (PN 1 o PN 5).

Comportamiento corrosivo²

Requisito:

La resistencia corrosiva de la conexión prensada debe ser asegurada en el tiempo. Ello se logra ya sea mediante las normas de la técnica — uso de los materiales de conformidad con las secciones 4.1.1.1, 4.1.1.2 y 4.1.1.3 además de 4.2.4, con el cumplimiento de la combinación de materiales indicada — ya sea mediante un informe pericial neutro emitido por una examinadora autorizada, en el caso de los otros materiales metálicos.

Examen:

Los fundamentos para una evaluación del comportamiento corrosivo de los materiales metálicos constan en DIN 50929 Partes 1 y 2, así como DIN EN 12502 Partes 1 a 4.

Temperaturas operativas

Requisito:

Los conectores prensados deben ser aptos para temperaturas de -20° C a $+70^{\circ}$ C y permanecer impermeables de conformidad con la sección 4.4.2.

Examen:

Las muestras son calentadas dentro de un armario calentador de conformidad con la sección 4.5 hasta $+70^{\circ}$ C y luego enfriadas en el ambiente a temperatura de ambiente. Este procedimiento se repite seis veces.

² Para mayor información sobre el ensayo de corrosión, dirigirse al capítulo 2 Marco 2.4.3

A continuación, las muestras son enfriadas en un armario enfriador a una temperatura de -20°C y permanecen allí por 24 h. Luego de asimilarlas nuevamente a la temperatura de ambiente, se debe realizar un examen de impermeabilidad según la sección 4.4.2.

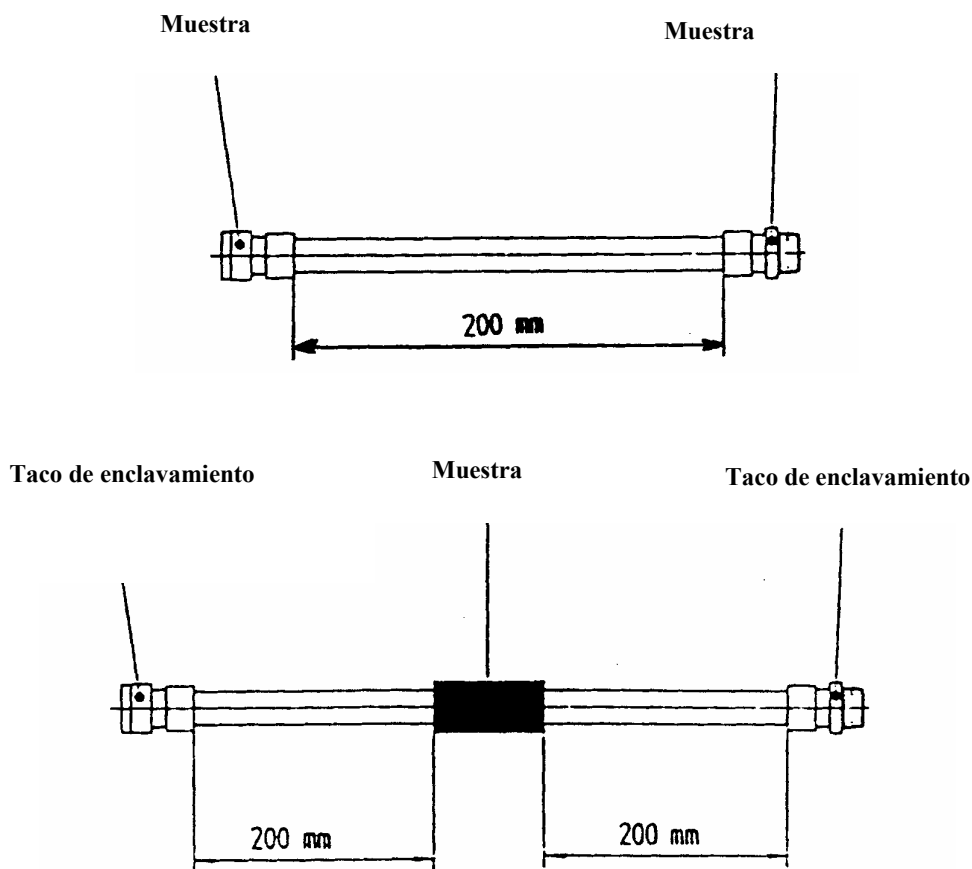


Figura 2.1 Representación esquemática de la muestra
Fuente: Norma DVGW base de ensayo VP614

Capacidad adicional de carga térmica ³

Requisito:

En los conectores prensados que cumplen con los requisitos de una tolerancia térmica aumentada, en el examen térmico, una conexión prensada individual no debe sobrepasar una tasa de fuga de $30\text{ dm}^3/\text{h}$ (nitrógeno). ⁴

³ Ensayo de capacidad adicional de carga térmica

⁴ Para información sobre el flujómetro a utilizar, dirigirse al capítulo 4 Marco 4.2

Examen:

Una muestra de cualquier ancho nominal es conectado a la terminación de examinación y luego de introducirse a la estufa se le aplica una presión de examinación correspondiente a la presión nominal mínimo 1 bar. El calentamiento debe realizarse de tal manera que la muestra alcanza una temperatura de examinación de 650° C. Durante el tiempo de exposición de 30 min. deben mantenerse la temperatura y presión de examinación.

Durante el tiempo de exposición debe cumplirse el cumplimiento de conformidad con la sección 4.10.

Objetos y documentación de examinación**Objetos de examinación**

Para la examinación de los conectores prensados, el fabricante le entrega al laboratorio de examinación un número suficiente de muestras (en este caso se examinara la tubería de diámetro nominal $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ")

En el caso de disponerse de conectores prensados del mismo tipo para diferentes materiales de tubos, entonces la examinación debe realizarse con todos los tipos y calidades de tubos indicados por el fabricante (por ejemplo en el caso del cobre se refiere a todos los tipos de firmeza). En el caso de los conectores prensados de diferentes materiales, todos los exámenes deben efectuarse con todos los diferentes materiales.

Donde un tipo o modelo abarca tipos de conexiones con varios partes, dichos tipos de conexión deben ser incorporados en la examinación. En el caso de las conexiones de rosca podrá saltarse el examen de torsión según la sección 4.9. Los equipos y mandíbulas de presión deben detallarse en el informe de examinación.

Documentación de examinación

- a) Dibujos y representaciones de las conexiones.
- b) Fotografía de las conexiones prensadas y las herramientas utilizadas.
- c) Documentación impresa

- d) Descripción de los conectores prensados y sus modos de funcionamiento
- e) Instrucción de instalación
- f) Los datos sobre los materiales utilizados de conformidad con la norma
- g) Evidencias de las pruebas realizadas.

Examinación de control

Es el deber del fabricante asegurar, mediante un control cuidadoso de su producción, una calidad constante de sus productos. Debe tomar en cuenta los sistemas de aseguramiento de calidad según DIN EN ISO 9000.

2.2 NORMA PARA ENSAYOS DE CORROSIÓN⁵

2.2.1 NORMA DIN 50929

Esta norma indica agentes corrosivos para tuberías exteriores, sumergidas, enterradas y componentes estructurales, mas no un procedimiento exclusivo para medir el ataque corrosivo en la junta tipo press fit o cuantificar el mismo.

2.2.2 NORMA DIN EN 12502- 4

PRÓLOGO

Esta Norma Europea EN 12502-4:2004 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 262 Recubrimientos metálicos y otros recubrimientos no orgánicos, cuya Secretaría desempeña BSI.

Esta norma consta de cinco partes:

Parte 1: Generalidades.

Parte 2: Factores que influyen para el cobre y aleaciones de cobre.

Parte 3: Factores que influyen para materiales férreos galvanizados en caliente.

Parte 4: Factores que influyen para el acero inoxidable.

Parte 5: Factores que influyen para fundición de hierro, acero no aleado y de baja aleación.

⁵ Versión oficial de la norma europea EN 12502-4 de diciembre 2004. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua.

INTRODUCCIÓN

Este documento es principalmente el resultado de las investigaciones y la experiencia conseguidas de la corrosión de materiales de acero inoxidable utilizados bajo forma de tubos, accesorios o recipientes en sistemas de distribución de agua para consumo humano en edificios. Sin embargo, puede ser aplicado análogamente a otros sistemas de distribución de agua.

La resistencia a la corrosión de los productos fabricados en acero inoxidable sumergidos en agua existe debido a la presencia de una capa pasivada muy delgada. Los aceros inoxidables en instalaciones de agua son, en general, resistentes a la corrosión, a pesar de que hay ciertas condiciones bajo las que pueden sufrir daño por corrosión.

Como resultado de las complejas interacciones entre los distintos factores de influencia, la extensión de la corrosión puede expresarse solamente en términos de riesgo. Este documento es un documento de guía y no contiene reglas explícitas para el uso de aceros inoxidables en instalaciones de distribución de agua. Puede utilizarse para minimizar el riesgo de daño por corrosión que se produce mediante:

- Ayuda en el diseño, instalación y operación de los sistemas desde un punto de vista de anti-corrosión;
- Evaluación de la necesidad de métodos de protección frente a la corrosión adicionales para un sistema nuevo o ya existente;
- Ayuda en el análisis de fallos, producidos con el fin de prevenir que ocurran fallos repetitivos.

Sin embargo, se requiere un experto en corrosión, o al menos una persona con una formación y experiencia técnica en el campo de la corrosión para dar una evaluación correcta del riesgo de corrosión o del análisis de fallos.

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este documento proporciona una revisión de los factores que influyen en el riesgo de corrosión de los aceros inoxidables utilizados para tubos, depósitos y

equipos en sistemas de distribución y almacenamiento de agua, definidos en la Norma EN 12502-1.

MATERIALES

Para los fines de este documento, el término “acero inoxidable” incluye todos los aceros martensíticos, ferríticos, austenítico-ferríticos y austeníticos. Este documento también se aplica a las aleaciones de acero inoxidable para moldeo, que se utilizan comúnmente para la producción de válvulas y accesorios. Las aleaciones de acero moldeado pueden considerarse como equivalentes a homólogas para forja siempre que permanezca la insensibilización del material después de la fabricación (a comprobar por el ensayo de resistencia frente a la corrosión intergranular).

TIPOS DE CORROSIÓN

Generalidades

La velocidad de corrosión uniforme de los aceros inoxidables en sistemas de distribución y almacenamiento de agua es despreciable debido a su estado pasivo.

Bajo las condiciones que prevalecen en los sistemas de agua, los aceros inoxidables son normalmente los materiales más nobles y de ahí que no haya peligro de corrosión bimetálica.

El riesgo de corrosión intergranular es despreciable en las instalaciones consideradas.

La decoloración de la superficie de los materiales resultante de la deposición de productos de corrosión extraños no es indicativa de corrosión del acero inoxidable.

En algunos casos, sin embargo, la capa pasivada de estos materiales puede ser localmente destruida. Esto puede resultar en ataques de corrosión localizados, que pueden llevar al fallo debido al daño por corrosión.

Los tipos de corrosión considerados para los aceros inoxidables comprenden los

siguientes:

- Corrosión por picaduras;
- Corrosión cavernosa;
- Corrosión bajo tensión;
- Corrosión en hoja de cuchilla (corrosión intergranular);
- Corrosión por fatiga.

Para cada tipo de corrosión, se consideran los siguientes factores de influencia:

- Características del material metálico;
- Características del agua;
- Diseño y construcción;
- Ensayo de presión y puesta en servicio;
- Condiciones operativas.

Corrosión por picaduras

La corrosión por picaduras se produce sólo cuando el potencial es más noble que un valor crítico, designado como potencial de iniciación de picaduras. El potencial de iniciación de picaduras depende de los parámetros relacionados tanto con el material como con la composición del agua. La corrosión por picaduras se puede producir sólo si el potencial redox del agua es más positivo que el potencial de iniciación de picaduras.

Influencia de las características del material metálico.

El riesgo de corrosión por picaduras en los aceros inoxidable disminuye con el incremento del contenido en cromo, molibdeno y nitrógeno. Se incrementa por enriquecimiento de los aceros inoxidable en azufre.

Las superficies limpias del metal exhiben menor riesgo de corrosión por picaduras.

El daño mecánico en la superficie de los productos acabados, por ejemplo mediante arañado o pulido basto, produce un incremento de la susceptibilidad de los aceros inoxidable a la corrosión por picaduras y el agrietamiento por corrosión bajo tensión.

Las partículas metálicas de los aceros no aleados o de baja aleación

pueden llegar a incrustarse en la superficie del acero inoxidable durante el mecanizado o manipulación. Pueden actuar como pequeños ánodos de celdas de corrosión, cuyo cátodo es el acero inoxidable. En el transcurso de la disolución de los ánodos, la concentración local de iones cloruro se incrementará por la migración iónica, y por tanto, el riesgo de corrosión por picaduras aumenta. Por ello, el riesgo de corrosión puede incrementarse por los productos de corrosión que contienen hierro formados durante la disolución de los ánodos, debido a que estos productos de corrosión son agentes de oxidación más eficientes que el oxígeno disuelto y favorecen las condiciones necesarias para la generación de corrosión por picaduras.

La sensibilización puede también llevar a un incremento del riesgo de corrosión por picaduras. Los procedimientos de tratamiento térmico o soldeo incorrectos, donde el material permanece durante un largo periodo de tiempo en el intervalo de temperatura de 500 °C a 800 °C llevan a la precipitación de carburos ricos en cromo en los bordes de grano y consecuentemente a la reducción del cromo en la proximidad de los bordes. Este cambio en el material se denomina sensibilización.

La sensibilización durante la fabricación y soldeo, especialmente con espesores de pared de más de 6 mm, puede evitarse mediante el seguimiento de las recomendaciones del fabricante del material.

Influencia del diseño y la construcción.

El riesgo de corrosión por picaduras y corrosión cavernosa se incrementa por los defectos de soldadura como el debilitamiento del metal de relleno, paso incompleto de la raíz de la soldadura, desalineamiento de los extremos, poros abiertos, salpicaduras de metal de soldadura, escorias residuales tanto en la base como en los materiales de soldadura.

Durante los procesos de soldadura, pueden formarse películas de óxido o calamina que incrementan mucho el riesgo de corrosión por picaduras. Esto puede evitarse mediante métodos de soldeo en atmósfera de gas inerte, donde se presta atención al suministro y directrices apropiados del gas protector y de purgado.

Las películas de óxido que exhiben colores más oscuros que el amarillo paja incrementan fuertemente el riesgo de corrosión por picaduras. La eliminación

de películas de óxido puede conseguirse por decapado (con agentes de decapado exentos de ácido clorhídrico), por esmerilado fino o granallado, por ejemplo con bolas de vidrio.

Un problema particular surge durante la alineación de los tubos por puntos de soldadura, previo al soldeo final. Esto no puede realizarse normalmente con el gas protector adecuado, creando en consecuencia zonas críticas para la corrosión por picaduras. Este efecto puede evitarse solamente por decapado de la instalación tras su soldeo.

El riesgo de sensibilización puede minimizarse evitando cualquier entrada excesiva de calor durante el soldeo y el calentamiento del material, por ejemplo, para facilitar el doblado de los tubos, a menos que se realice a continuación un recocido completo del material.

Influencia del ensayo de presión y la puesta en servicio.

Si el ensayo de presión no se lleva a cabo siguiendo las recomendaciones dadas, de forma que el agua residual deje el sistema después del drenaje, se incrementa el riesgo de corrosión por picaduras. Esto es consecuencia de la evaporación del agua que lleva a un incremento de la concentración de cloruro.

Debido a que la iniciación de la corrosión por picaduras depende del potencial, el riesgo de corrosión de los aceros inoxidable se incrementa a medida que el potencial redox del agua cambia a valores más nobles, por ejemplo como resultado de la desinfección oxidante de un nuevo sistema de tuberías. Si cualquier equipo instalado se trata con desinfectantes oxidantes durante un periodo de tiempo limitado, no hay un riesgo de corrosión adicional si se siguen las recomendaciones dadas en las normas apropiadas.

Influencia de las condiciones de operativas

Influencia de la temperatura.

El riesgo de corrosión por picaduras se incrementa con el incremento de la temperatura del agua.

Además, en las superficies donde la dirección de transferencia de calor es del metal al agua a altas temperaturas de la pared, especialmente donde se produce la ebullición local, el riesgo de corrosión por picaduras también se incrementa.

Influencia de las condiciones de circulación.

La corrosión por picaduras se favorece en aguas estancadas. El riesgo de corrosión por picaduras es muy pequeño en aguas que circulen a gran velocidad.

Corrosión cavernosa

Las cavidades que se forman entre dos materiales metálicos o entre un material metálico y uno polimérico (por ejemplo, por razones de unión o ensamblado) pueden inducir a la formación de una pila de concentración, que puede llevar a la corrosión por picaduras dentro de la caverna.

La corrosión cavernosa normalmente se produce a niveles de cloruro y/o a temperaturas más bajas que la corrosión por picaduras en las superficies al descubierto.

Influencia del diseño y la construcción.

Los parámetros de diseño que crean las cavidades incrementan el riesgo de corrosión cavernosa. Las cavidades con una anchura mayor de 0,5 mm no son, en general, críticas. Sin embargo, aparte de la anchura, también es importante la profundidad de una caverna.

La susceptibilidad a la corrosión se incrementa si se utilizan materiales de estanqueidad con contenidos de iones cloruro lixiviables con una fracción másica superior al 0,05%.

La experiencia ha mostrado que la susceptibilidad de la corrosión cavernosa se incrementa significativamente cuando las roscas de acero inoxidable están en contacto con cintas de plástico.

Un diseño que favorece las condiciones de estancamiento (por ejemplo, zonas muertas) o con un caudal muy bajo, incrementa el riesgo de corrosión cavernosa. Los depósitos se producen particularmente en áreas horizontales. Los depósitos pueden ser materiales que han entrado en el tubo durante el proceso de instalación (por ejemplo, viruta, película de óxido desplazada por el agua, material del relleno, cieno, arena).

Influencia del ensayo de presión y la puesta en servicio.

Mediante una limpieza con extracción total (preferiblemente con un dispositivo de insuflación aire/agua) de la instalación inmediatamente después del

primer llenado se eliminarán los sólidos, por ejemplo cualquier residuo o arena, que haya podido entrar en la canalización durante la instalación y, por tanto, se disminuye el riesgo de corrosión cavernosa bajo los depósitos.

Corrosión bajo tensión

La corrosión bajo tensión se caracteriza por las grietas que se producen como resultado de la influencia simultánea de un agente de corrosión específico y los esfuerzos en tracción en el material que incluyen los esfuerzos residuales, los esfuerzos de construcción, los esfuerzos de operación y los esfuerzos térmicos. En las instalaciones consideradas que utilizan aceros inoxidable austeníticos, las grietas con un recorrido transgranular pueden comenzar sólo en localizaciones bajo el ataque de la corrosión por picaduras, corrosión cavernosa o corrosión en hoja de cuchilla. Las grietas de corrosión transgranular pueden generarse también por esfuerzos de fatiga (corrosión por fatiga).

Influencia de las características del material metálico.

El riesgo de agrietamiento por corrosión bajo tensión transgranular en aceros inoxidable austeníticos disminuye a medida que se incrementa el contenido en níquel. Como el agrietamiento por corrosión bajo tensión en los sistemas considerados está inducido por la corrosión por picaduras o la corrosión cavernosa, el cromo, molibdeno y nitrógeno son también beneficiosos. El riesgo de agrietamiento por corrosión bajo tensión transgranular en los aceros inoxidable austeníticos-ferríticos es muy pequeño. Los aceros inoxidable ferríticos son resistentes a este tipo de corrosión.

El granallado produce esfuerzos en compresión en la región superficial y reduce cualquier esfuerzo en tracción, reduciendo así el riesgo de agrietamiento por corrosión bajo tensión. Sin embargo, si los materiales de granallado contienen impurezas de material ferrítico, éstas serán incluidas en la superficie del acero inoxidable, incrementando el riesgo de corrosión. En caso de duda, no es útil el granallado adicional con material fresco; el modo más adecuado de limpiar la superficie de acero inoxidable es por decapado.

Influencia de las características del agua.

La alta concentración de iones cloruro favorece el agrietamiento por corrosión bajo tensión. Por lo tanto, las grietas de corrosión causadas por este tipo de corrosión en las aguas en cuestión sólo pueden comenzar en zonas que hayan sido atacadas por otros tipos de corrosión debido a que estas zonas se han enriquecido en iones cloruro.

Influencia del diseño y la construcción.

Los parámetros de diseño y construcción que introducen esfuerzos en tracción en el material influyen en el comportamiento a largo plazo de los aceros inoxidable con respecto a la corrosión bajo tensión.

Durante la construcción de una instalación, pueden inducirse esfuerzos en tracción en los componentes y causar agrietamiento por corrosión bajo tensión con los agentes de corrosión específicos. Se pueden minimizar los esfuerzos críticos mediante, por ejemplo, el no sobretensado de las roscas y construyendo según las recomendaciones apropiadas.

Cuando las películas o escamas de óxido o calamina se eliminan de los cordones de soldadura mediante esmerilado basto, se producen en la región superficial del material incrementos de la dureza y esfuerzos en tracción residuales, resultando un incremento del riesgo de agrietamiento por corrosión bajo tensión transgranular de los aceros inoxidable. La superficie del material afectada por el esmerilado puede eliminarse por decapado.

Influencia del ensayo de presión y la puesta en servicio.

Los parámetros del ensayo de presión y puesta en servicio no tienen una influencia conocida en el comportamiento a largo plazo de los aceros inoxidable con respecto a la corrosión bajo tensión.

Influencia de las condiciones de funcionamiento

Influencia de la temperatura.

El agrietamiento por corrosión bajo tensión transgranular como consecuencia de la corrosión por picaduras o corrosión cavernosa no es esperable en los aceros inoxidable austeníticos a temperaturas de pared por debajo de unos 50 °C.

Corrosión en hoja de cuchilla (corrosión intergranular)

El tipo de ataque de corrosión en hoja de cuchilla que se produce en las instalaciones consideradas, se caracteriza por la pérdida del enlace entre el acero inoxidable y ciertos metales de aporte de la soldadura a base de plata como resultado de una corrosión selectiva en la interfase. Este efecto ocurre principalmente en juntas soldadas bajo condiciones de oxidación que utilizan decapantes.

El periodo de incubación para que se produzca la corrosión en hoja de cuchilla puede ser muy largo, incluso superior a varios años de servicio. En un estado avanzado, puede iniciarse la corrosión por picaduras en puntos de la corrosión en hoja de cuchilla.

Influencia de las características del material metálico.

La condición superficial del acero inoxidable no influye en el riesgo de corrosión en hoja de cuchilla.

En lo que respecta a las uniones soldadas in situ con metal de aporte a base plata, la composición del material de soldadura puede influir en la velocidad del ataque en hoja de cuchilla, pero en la actualidad no hay una composición conocida que sea capaz de resistir totalmente este ataque.

Influencia del diseño y la construcción.

El diseño y la construcción no influyen en el riesgo de corrosión en hoja de cuchilla.

Influencia del ensayo de presión y la puesta en servicio.

El ensayo de presión y la puesta en servicio no tienen influencia en el riesgo de corrosión en hoja de cuchilla.

Influencia de las condiciones de funcionamiento

Influencia de la temperatura

La temperatura no tiene una influencia conocida en la incidencia de corrosión en hoja de cuchilla.

Influencia de las condiciones de circulación.

Las condiciones del caudal no tienen una influencia conocida en la incidencia de corrosión en hoja de cuchilla.

Corrosión por fatiga

La corrosión por fatiga se caracteriza por la aparición de grietas producidas como resultado de la influencia simultánea de la corrosión y los esfuerzos cíclicos.

Influencia de las características del material metálico.

La composición del material no tiene una influencia conocida en el riesgo de corrosión por fatiga. La ductilidad tiene una influencia importante ya que el riesgo de corrosión se incrementa cuando aumenta la ductilidad de zonas aisladas dentro de regiones de menor ductilidad.

Una superficie lisa es beneficiosa para reducir el riesgo de corrosión por fatiga.

Influencia del diseño y la construcción.

En sistemas de agua caliente, los esfuerzos cíclicos pueden producirse debido a la dilatación y contracción térmica. Esto puede evitarse mediante un diseño y construcción adecuados.

Los efectos geométricos pueden influir en las propiedades de corrosión por fatiga.

Influencia del ensayo de presión y la puesta en servicio.

Los parámetros del ensayo de presión y la puesta en servicio no tienen una influencia conocida en el comportamiento a largo plazo de los aceros inoxidables con respecto a la corrosión por fatiga.

Influencia de las condiciones de funcionamiento.

A parte de las variaciones de temperatura mencionadas en el apartado 5.6.4, ningún otro parámetro tiene una influencia conocida en el comportamiento a largo plazo de los aceros inoxidables con respecto a la corrosión por fatiga.

Evaluación del riesgo de corrosión

Con el fin de evaluar el riesgo de corrosión los aceros inoxidables en un sistema de distribución y almacenamiento de agua, deberían ser considerados todos los factores que influyen, enumerados en la tabla 1 de la Norma EN 12502-1:2004, y sus posibles interacciones. Esta evaluación debería llevarse a cabo de forma separada para todos los tipos de corrosión relevantes en el sistema específico de corrosión. Debido a la complejidad de los factores que influyen y a su interacción, en muchos casos sólo es posible una evaluación cualitativa.

2.3 PROCEDIMIENTOS DEFINIDOS PARA LOS ENSAYOS

2.3.1 PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS TÉRMICOS⁶

Temperaturas de Servicio⁷:

Exigencia: Las uniones a presión deben ser apropiadas para temperaturas entre -20 °C y $+70\text{ °C}$ y permanecer impermeables luego de ser sometidas durante 10 minutos a una presión de aire de ensayo correspondiente a 1.1 de la presión nominal, siendo esta mínimo 3 bar, estando las piezas sumergidas bajo agua.

Ensayo: La pieza de ensayo, FIGURA 1, será calentada a $+70\text{ °C}$ en un compartimiento de calor, y luego se dejarán enfriar a temperatura ambiental. Este procedimiento se realizara seis veces seguidas.

Acto seguido, en un compartimiento de frío se enfriarán a estas piezas de ensayo a una temperatura de -20 °C , donde permanecen a esta temperatura durante 24 horas. Después de que hayan vuelto a temperatura ambiental, se realizara el ensayo de impermeabilidad de uniones a presión.

⁶ Bases de estudio: Norma DVGW VP614.

⁷ Ver anexo I para procedimiento esquemático

Esquema:

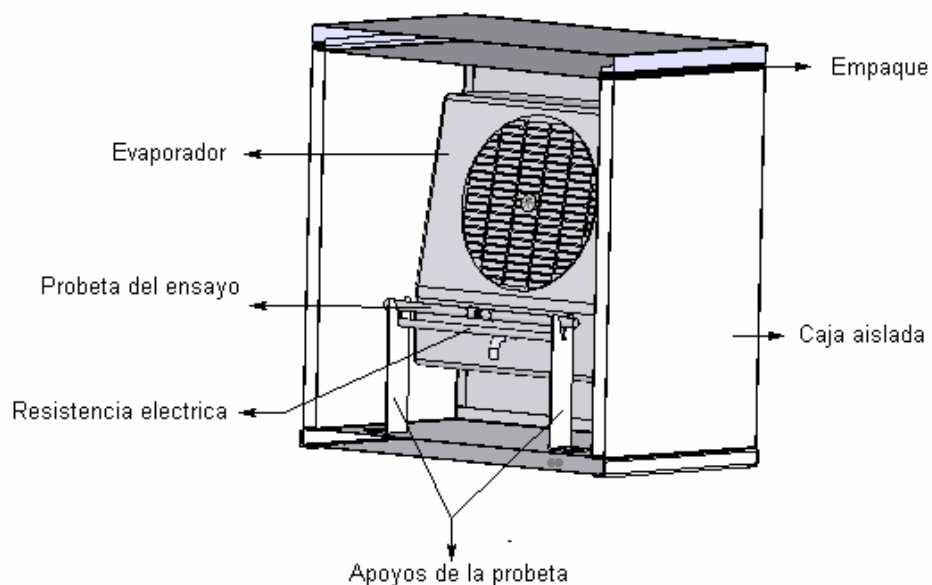


Figura 2.2 - esquema ensayo de temperaturas de servicio

Fuente: Propia

Procedimiento:

- Colocar la termocupla en la probeta en la junta press fit.
- Colocar la probeta entre ambos apoyos.
- Cerrar la tapa de la caja con la aldaba.
- Encender la resistencia eléctrica y mantenerla encendida hasta que la termocupla marque 70 °C.
- Apagar la resistencia eléctrica.
- Abrir la tapa de la caja y dejar enfriar la probeta a temperatura ambiente.
- Repetir el calentamiento y enfriamiento de la probeta por 6 veces.
- Una vez realizados los 6 calentamientos y enfriamientos respectivos, encender el equipo de refrigeración.
- Dejar la probeta a una temperatura de – 20 °C por 24 horas.
- Abrir la tapa y dejar que la probeta regrese a temperatura ambiente.
- Realizar el ensayo de impermeabilidad.

Capacidad adicional de carga Térmica⁸:

Exigencia: Las piezas de unión a presión que cumplan las exigencias a la carga térmica adicional, al estar montadas en el tubo, deben presentar un máximo de 30 dm³/h de cuota de escape de nitrógeno como fluido interno.

Ensayo: La pieza de ensayo, Figura 2.1, de cualquier dimensión nominal será conectada según la Figura 2.3 correspondiente al esquema de ensayo, y será sometida dentro del horno a una presión de ensayo correspondiente a la presión nominal (1 bar). El calentamiento debe realizarse de manera que la pieza de ensayo alcance una temperatura de 650 °C durante 30 minutos, manteniendo asimismo la presión de ensayo durante este tiempo.

Mientras dure el ensayo la cuota de escape de nitrógeno no deberá exceder 30 dm³/h.

Esquema:

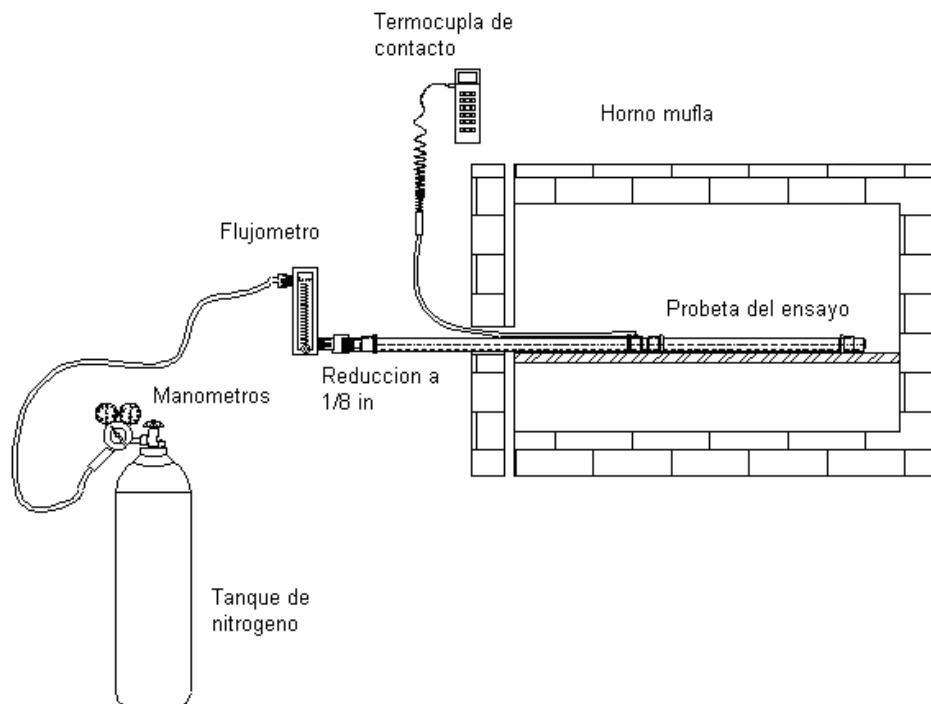


Figura 2.3 - Esquema ensayo de temperatura adicional de carga térmica

Fuente: Propia

⁸ Ver Anexo K para procedimiento esquemático del ensayo

Procedimiento:

- Conectar el equipo según el esquema indicado.
- Colocar la termocupla en la probeta en la junta press fit.
- Abrir el paso de nitrógeno y controlar que el manómetro marque una presión de 1 bar.
- Controlar que no haya fugas mediante el flujómetro.
- Encender el horno a una temperatura de 650 °C.
- Una vez que la probeta haya alcanzado esta temperatura mantener la misma por 30 minutos y controlar que la fuga no exceda los 30 dm³/h.
- Realizar el ensayo de impermeabilidad.

2.3.2 PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE CORROSIÓN^{9 10}

Como base de estudio para la elaboración del procedimiento para el ensayo de corrosión se tomó la norma ANSI LC 1-2005 con título “Fuel Gas Piping Systems Using Corrugated Stainles Steel Tubing (CSST)”, Sección 2.14.3 “Resistance to corrosion”, a la cual se le introdujeron ciertas modificaciones a fin de cumplir con la presente aplicación.

Exigencia: Las piezas de unión a presión, al estar montadas en el tubo, no deben presentar escape de nitrógeno como fluido interno¹¹.

Ensayo: Para materiales de acero inoxidable de la serie 300

La probeta, figura 2.4 , deberá ser inmersa en una solución compuesta de 20 por ciento de cloruro de sodio, uno por ciento de nitrato de sodio y 79 por ciento de agua destilada tomando dichos porcentajes en peso. La temperatura de la solución será elevada a 95 °C¹² a presión atmosférica y mantenerla a dicha temperatura por un período de 14 horas. Todo vapor de la solución debe condensarse y retornar a la solución del ensayo.

⁹ Bases de estudio: Norma ANSI LC 1-2005 (Anexo A), Norma EN 12502-1 (Anexo B)

¹⁰ Ver Anexo M para procedimiento esquemático

¹¹ Modificación: originalmente se permite una fuga de hasta 20 cc/hr

¹² Modificación: originalmente 100°C

Posterior al ensayo no deberá haber fugas de nitrógeno como fluido interno estando este a una presión de 1 bar.¹³

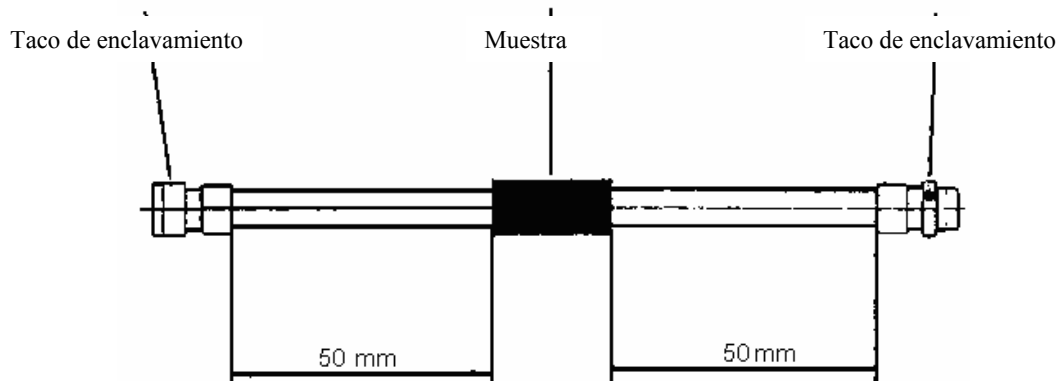


Figura 2.4 - Representación esquemática de la muestra
Fuente: Norma DVGW base de ensayo VP614

Esquema:

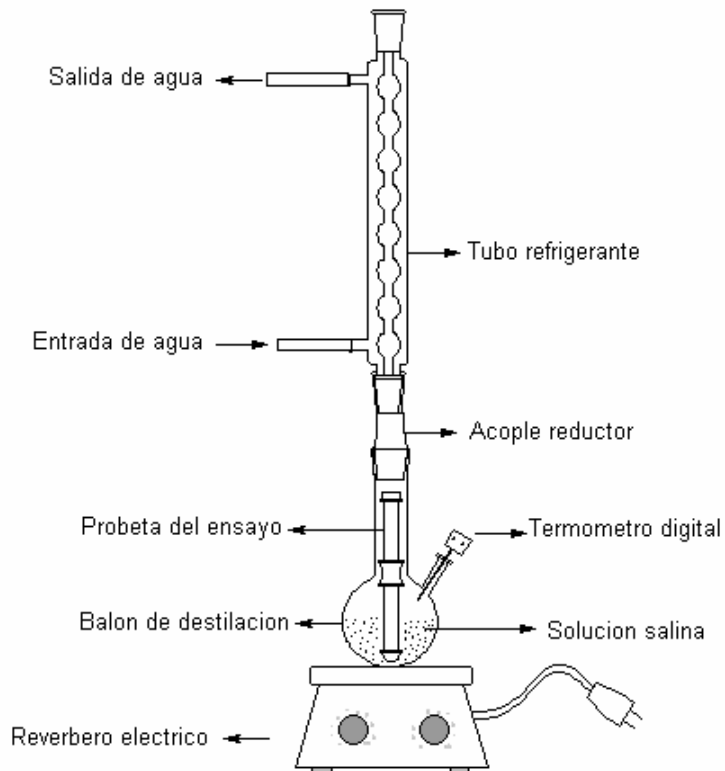


Figura 2.5 - Esquema ensayo de corrosión
Fuente: Propia

¹³ Modificación: originalmente 30 in Hg (1.01592 bar)

Procedimiento:

- En un balón de aforo de 500 ml preparar la solución salina con 100 gr. de cloruro de sodio, 5 gr. de nitrato de sodio y el sobrante con agua destilada.
- Mezclar la solución hasta que esta se vuelva homogénea.
- Verter la solución salina dentro del balón de destilación hasta la señal indicada.
- Insertar la probeta en el interior del balón de destilación con el tapón hacia la parte de abajo.
- Sujetar el balón por medio de pinzas a una corta distancia del reverbero eléctrico para que no haya contacto entre estos.
- Montar el equipo según indicado en el esquema.
- Insertar el termómetro digital con su tapón respectivo en la abertura para el mismo.
- Montar las mangueras de entrada y salida de agua en el tubo refrigerante utilizando abrazaderas.
- Abrir la llave de paso de agua hacia el tubo refrigerante.
- Encender el reverbero eléctrico.
- Una vez que la solución llegue a la temperatura de evaporación (95 °C) realizar el ensayo por 14 horas.
- Comprobar que no haya fugas a la presión indicada.
- Realizar el ensayo de impermeabilidad.

2.4 EQUIPOS Y ACCESORIOS A UTILIZARSE EN LOS ENSAYOS TÉRMICOS.

2.4.1 ENSAYO DE TEMPERATURA DE SERVICIO

2.4.1.1 Unidad evaporadora

Ciclo básico de refrigeración

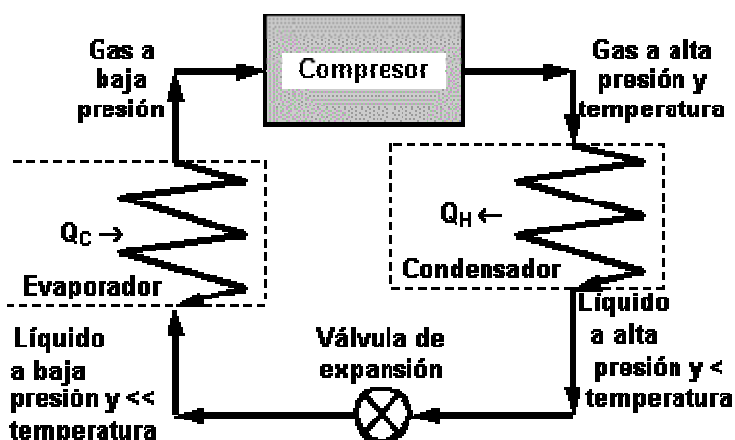


FIGURA 2.6 – Esquema básico del ciclo de refrigeración
Fuente: www.fisicanet.com.ar

El ciclo básico de refrigeración comprende cuatro elementos: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador.

Evaporador: el refrigerante se evapora y absorbe calor del espacio que está enfriando y de su contenido.

Compresor: el vapor pasa a un compresor movido por un motor que incrementa su presión, lo que aumenta su temperatura entregando trabajo al sistema.

Condensador: El gas sobrecalentado a alta presión se transforma posteriormente en líquido en un condensador refrigerado por aire o agua.

Válvula de expansión: Después del condensador, el líquido pasa por una válvula de expansión, donde su presión y temperatura se reducen hasta alcanzar las condiciones que existen en el evaporador.

Ciclo de refrigeración a utilizarse

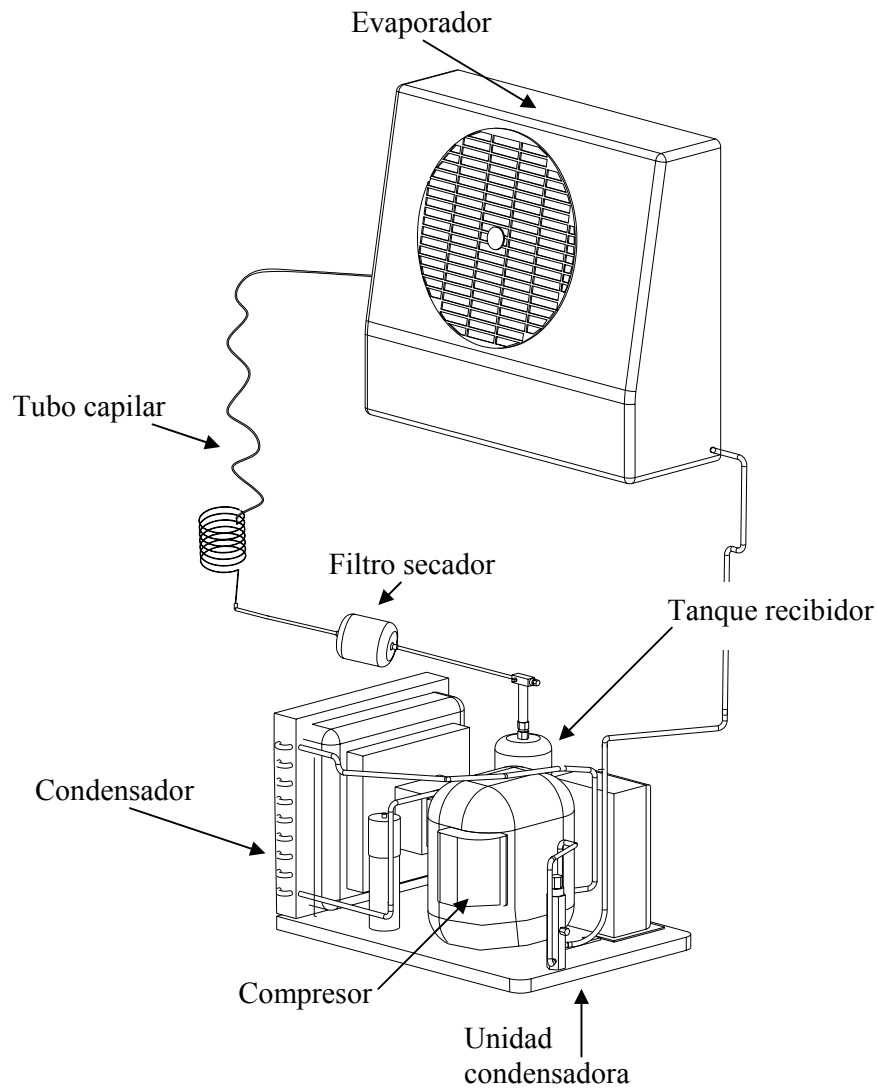


FIGURA 2.7 – Esquema básico del ciclo de refrigeración a utilizarse
Fuente: propia

Sistemas de evaporación

El evaporador es el encargado de la transferencia de calor hacia el espacio a refrigerar, mediante la evaporación del líquido refrigerante dentro del tubo absorbe el calor del espacio y lo utiliza para el cambio de fase.

El propósito del evaporador consiste en evaporar todo el líquido transformándose en vapor a todo lo largo del mismo, debido a que se está añadiendo calor procedente del aire al serpentín.

Los evaporadores para circulación natural de aire cada vez se utilizan menos debido a la pobre transferencia de calor del aire a los tubos de enfriamiento. En los primeros modelos se montaron con tubo liso pero ahora es muy común el uso de tubos con aletas, planas o helicoidales.

La capacidad del evaporador se aumenta significativamente si se usa evaporadores con circulación forzada de aire. Con un aumento de la velocidad del aire, el calor transferido del aire al tubo se aumenta de tal manera que para una capacidad dada se puede utilizar una superficie de evaporador mucho más pequeña que la que se necesitaría para la circulación natural.

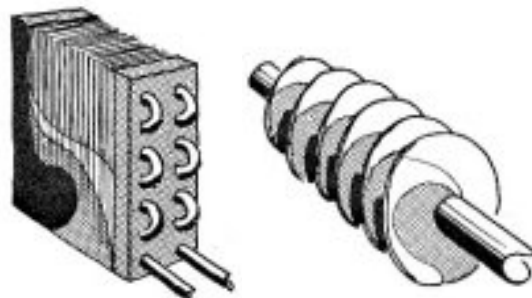


Figura 2.8 –Evaporadores
Fuente: <http://www.danfoss.com>

La capacidad del evaporador es la razón por la cual pasa calor a través de las paredes del evaporador proveniente del espacio o producto refrigerado a la evaporación del líquido interior y generalmente se expresa en BTU/hr. Esta cantidad de calor absorbido se rige por las leyes de la transferencia de calor, obteniendo la capacidad del evaporador de la siguiente manera:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Donde:

A = Área exterior de los tubos del evaporador en pie^2

U = Factor total de conductancia en $\text{BTU/hr.pie}^2.\text{°F}$

ΔT = Diferencia de temperatura media logarítmica entre la temperatura exterior del evaporador y la temperatura del refrigerante dentro del evaporador en °F

2.4.1.2 Unidad condensadora

Condensador

El propósito del condensador es sacar del gas el calor, que es igual a la suma del calor absorbido en el evaporador más el calor producido por la compresión.

El condensador, al igual que el evaporador es una superficie de transferencia de calor, el calor del gas refrigerante pasa a través de los tubos del evaporador para perder calor y como resultado de esta pérdida de calor el gas refrigerante es primero enfriado hasta su punto de saturación y posteriormente condensado hasta llegar a su estado líquido.

Existen varios tipos de condensadores:

Condensador multitubular

Este tipo de condensador se utiliza en plantas donde se dispone de suficiente agua. Consiste en un cilindro horizontal con dos placas de tubo soldadas en sus extremos, las cuales soportan los tubos de enfriamiento. Los extremos se cubren por dos tapas normalmente atornilladas.

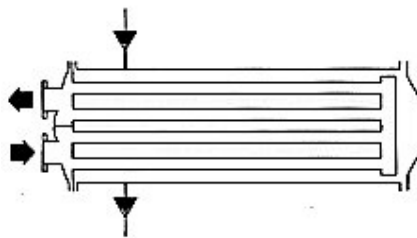


Figura 2.9 –Condensador multitubular

Fuente: <http://www.danfoss.com>

El refrigerante a condensar circula a través del cilindro y el agua de enfriamiento por dentro de los tubos. Las tapas de los extremos están divididas en secciones por medio de unos diafragmas.

Condensadores enfriados por aire

La circulación de aire en un condensador enfriado por aire puede ser por convección natural o por la acción de un ventilador soplador.

Cuando la circulación de aire es por medio de convección natural, la cantidad de aire que circula sobre el condensador es baja y se necesita una superficie condensante muy grande, debido a esto este tipo de condensadores sólo son utilizados para unidades evaporadores de baja capacidad.

Usualmente los condensadores enfriados por aire utilizan ventiladores sopladores para tener circulación forzada de aire, y de esta manera mejorar la eficiencia del condensador.

Debido a que el aire tiene unas malas características de transmisión de calor comparadas con el agua son necesarias grandes superficies externas de los tubos de condensación. Esto se consigue colocando en los tubos salientes o aletas y asegurando mecánicamente una gran circulación de aire.

Condensador evaporativo

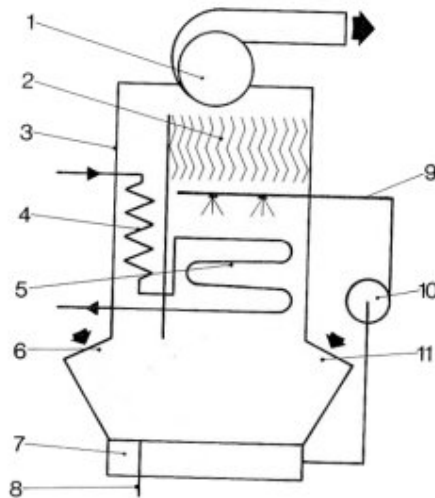
Este tipo de condensador consiste en un envolvente en el que hay una batería de condensación, tubos de distribución de agua, placas deflectoras y ventiladores.

El vapor refrigerante caliente llega a la parte alta de la batería de condensación. Poco a poco se va condensando a medida que circula por la batería y en el fondo de ésta está en forma de líquido.

Los tubos de distribución de agua con sus toberas se montan sobre la batería de condensación de tal manera que el agua pulverizada caiga de arriba a abajo de la batería.

Los ventiladores dan una fuerte circulación de aire a través de la batería de condensación.

Cuando las gotas de agua que caen encuentran el aire que circula en contra, parte de esta agua se evaporará. Esta cooperación absorbe el calor de vaporización del vapor refrigerante y causa que este se condense:



1. Ventilador
2. Placa deflectora
3. Envolverte exterior
4. Eliminador del recalentamiento
5. Tubo del condensador
6. Entrada de aire
7. Bandeja colectora
8. Tubo de sobrero
9. Tubería de distribución de agua
10. Bomba de circulación de agua
11. Entrada de aire

Figura 2.10 - Condensador evaporativo

Fuente: <http://www.danfoss.com>

Es posible ahorrar entre un 90-95% el consumo de agua utilizando condensadores evaporativos o torres de enfriamiento comparándolo con el consumo de agua de un condensador multitubular.

2.4.2 ENSAYO DE CAPACIDAD ADICIONAL DE CARGA TÉRMICA

2.4.2.1 Horno mufla

Una mufla, en realidad es una cámara cerrada construida con materias refractario. Su construcción es relativamente sencilla empleándose todo tipo de combustibles. Consta de una puerta por la que se accede al interior de la cámara de cocción, en la que existe un pequeño orificio de observación. En el techo se ubica un agujero por donde salen los gases de la cámara. Las paredes de la misma están hechas de placas de chamota, planchas de de carborundo y/o manta

de material aislante. Cuando se carga la mufla los objetos se estiban por medio de planchas de chamota o de acero especial para hornos cerámicos y tubos de arcilla de chamota cocidos.

Estos hornos pueden usarse para la cocción de arcilla, mayólica, para el cocido de pinturas encima del barniz en la porcelana, para artículos de fayenza y de gres.

2.4.3 ENSAYO DE CORROSIÓN

La corrosión se define como el ataque destructivo de un metal por reacción química o electroquímica con su medio ambiente.

La corrosión es un proceso natural en el cual se produce una transformación del elemento metálico a un compuesto más estable que es el óxido.

Los tipos de corrosión que más afectan al acero inoxidable son:

Corrosión intergranular

Un tratamiento térmico inadecuado del acero inoxidable puede producir una red de carburos en los aceros con más del 0,03 por ciento de carbono, o sin adición de titanio o de columbio. El metal que contenga tal red es susceptible de corrosión intergranular que podrá ser causa de fracaso en condiciones muy corrosivas y reducir la duración útil en muchos servicios relativamente ligeros. Los procedimientos normales de soldadura introducen en el metal la susceptibilidad a la precipitación de los carburos. Que el acero sea susceptible de corrosión intergranular no significa necesariamente que será atacado por ella. En servicio, el resultado puede ser satisfactorio. Pero la posibilidad de corrosión intergranular deberá ser tenida en cuenta siempre que no quede excluida según la experiencia previa. El peligro inherente a la precipitación de carburo de cromo ha llegado a ser tan bien conocido y tan fácilmente evitado que ocurren pocos fracasos debidos a esta causa.

Corrosión por contacto

El tercer riesgo es la corrosión por contacto. Una diminuta partícula de acero al carbono, una escama de óxido, cobre u otra sustancia extraña cualquiera incrustada en el acero inoxidable puede ser suficiente para destruir la pasividad en el punto de contacto. El ataque empieza al formarse una celda galvánica con la partícula de material extraño como ánodo. Mientras dura la acción electroquímica que disuelve lo contaminado, iones de hidrógeno se liberan haciendo que el acero inoxidable se vuelva activo en el punto de contacto. La acción de picado puede proseguir después de haber sido eliminada la partícula extraña por haberse constituido una celda activa-pasiva entre la diminuta superficie anódica atacada y la extensa área catódica circunvecina.

Unas superficies limpias y lisas, así como la ausencia de arañazos y grietas reduce el riesgo de que se produzca corrosión por contacto.

Picado o corrosión en forma de pinchazos de alfiler

Las soluciones con cloruros podrían atacar por una acción de picado, y en las picaduras se podrán desarrollar celdas galvánicas. Los daños debidos a este picado son también llamados pinchazos de alfiler causados por la corrosión. Los cloruros ácidos, tales como el cloruro férrico y el cloruro sódico son particularmente peligrosos, pero cualquier cloruro en concentración apreciable puede ser la causa posible de perturbaciones. Generalmente los fracasos del acero inoxidable en un medio supuestamente a salvo de la corrosión son atribuibles a la presencia del Ion cloruro en mayor concentración que la previsible.

El molibdeno contenido en los tipos 316 y 317 aumenta la resistencia al picado. Grietas, fisuras y bolsas de estancamiento deberán ser eliminadas ya que son las superficies limpias y en buen estado las que mejor resisten al picado, cualquiera que sea la calidad del acero inoxidable.

Corrosión por fatiga

Casi todos los metales y aleaciones, incluso el acero austenítico inoxidable, pueden fallar al agrietarse o quebrarse debido a la corrosión por fatiga en condiciones que impliquen esfuerzos aplicados o tensiones residuales combinadas con agentes ligeramente corrosivos. Las soluciones de cloruro son de lo más perjudicial al provocar el agrietamiento de los aceros inoxidables austeníticos.

El mecanismo causante de la corrosión por fatiga todavía no ha sido determinado. Es principalmente transgranular y puede ir acompañado de ataques de picado. Son muy susceptibles las piezas que han estado sometidas a un fuerte trabajo en frío, pero el acero recocido puede también agrietarse cuando se le somete a condiciones difíciles. Es más fácil que el agrietamiento se produzca en soluciones calientes que en las frías. El tipo 315 y el tipo 317, en la condición de recocido, ofrecen mayor resistencia al ion cloruro que el tipo 302 y el tipo 304. Pero si están bajo tensiones fuertes, pueden fallar lo mismo en un ambiente conducente a la corrosión por fatiga.

Tensiones fuertes y débiles en el mismo elemento producen una condición que fácilmente puede conducir a la corrosión por fatiga en presencia de cloruros. Las grietas en forma de rayos que parten de los taladros son típicas del agrietamiento debido a la corrosión por fatiga.

Los aceros inoxidables, estirados, embutidos o trabajados en frío se agrietan fácilmente en sistemas que contengan sulfuro de hidrógeno acuoso. Distintos medios, incluso las soluciones cáusticas calientes bajo presión, han causado el agrietamiento según ha sido informado, aunque en la mayoría de estos casos pueden haber sido causadas por impurezas no observadas contenidas en el cloruro.

2.5 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN A USAR EN LOS ENSAYOS.

2.5.1 ENSAYO DE TEMPERATURA DE SERVICIO

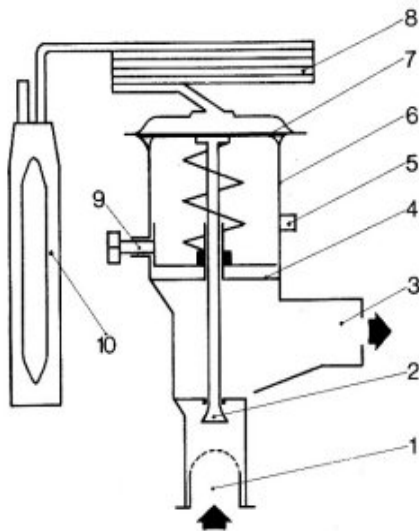
Válvula de expansión

El propósito principal de una válvula de expansión, es asegurar una presión diferencial suficiente entre los lados de alta y baja de la planta de refrigeración.

El camino más sencillo de hacer esto es colocar un tubo capilar entre el condensador y el evaporador.

El tubo capilar sin embargo, solo se usa pequeñas plantas y en simples aplicaciones tales como refrigeradores por causa de que no es capaz de regular la cantidad que se inyecta al evaporador.

Para este proceso necesariamente hay que utilizar una válvula de regulación, la más corriente es una válvula de expansión termostática que consta de un cuerpo de válvula con tubo capilar y un bulbo, el cuerpo de la válvula se monta en la línea de líquido y el bulbo se coloca en la salida del evaporador.



1. Entrada con filtro
2. Cono
3. Salida
4. Orificio
5. Conexión para igualador de presión
6. Envoltorio del muelle
7. Diafragma
8. Tubo capilar
9. Eje para ajuste de tensión del muelle (recalentamiento de apertura)
10. Bulbo

Figura 2.11 – Válvula de expansión
Fuente: <http://www.danfoss.com>

Termocuplas:

Una termocupla es un circuito formado por dos metales distintos que produce un voltaje que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" y el otro denominado "punto frío".

Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas. Su principal limitación es la exactitud ya que los errores del sistema inferiores a un grado centígrado son difíciles de obtener. El grupo de termopares conectados en serie recibe el nombre de termopila. Tanto los termopares como las termopilas son muy usadas en aplicaciones de calefacción a gas

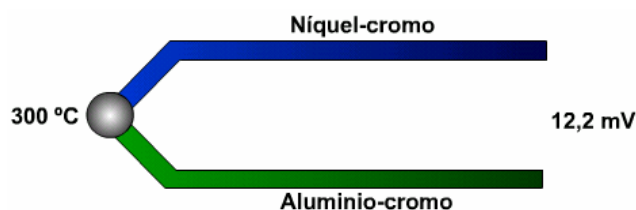


Figura 2.12 – Termocupla
Fuente: www.mitecnologico.com

Diseño de las termocuplas

Los requerimientos más importantes que deben cumplir los materiales de termocuplas son:

- Ser mecánicamente robustos y resistentes químicamente.
 - Deben producir una salida eléctrica mensurable, y estable.
 - Deben tener la precisión requerida.
 - Deben responder con la velocidad necesaria
 - Debe considerarse la transferencia de calor al medio y viceversa para no afectar la lectura.
- Deben, en algunos casos, estar aislados eléctricamente de masa
Los alambres pueden usarse desprotegidos o instalados dentro de un tubo o vaina de protección. Los tubos y las vainas de protección se usan casi siempre con las termocuplas básicas mientras las termocuplas provistas de blindaje

protector metálico pueden brindar suficiente protección química y mecánica sin tubo o vaina en la mayoría de los casos.

2.5.2 ENSAYO DE CAPACIDAD ADICIONAL DE CARGA TÉRMICA

Flujómetros

Son instrumentos utilizados para medir la cantidad de caudal que pasa por un área específica. Los principales tipos son:

Medidores de cabeza variable

El principio básico de estos medidores es que cuando una corriente de fluido se restringe, su presión disminuye por una cantidad que depende de la velocidad de flujo a través de la restricción, por lo tanto la diferencia de presión entre los puntos antes y después de la restricción puede utilizarse para indicar la velocidad del flujo. Los tipos más comunes de medidores de cabeza variable son el tubo venturi, la placa orificio y el tubo de flujo.

Tubo de venturi

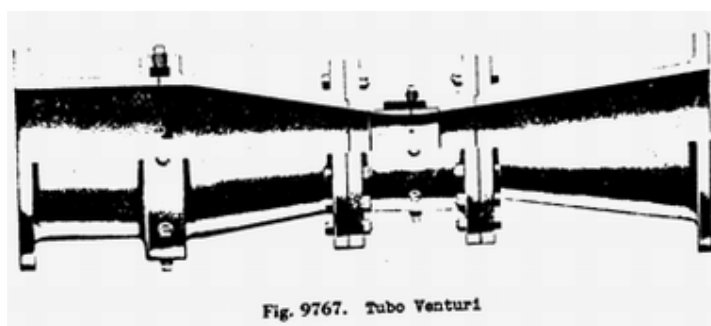


Figura 2.13 – Tubo venturi
Fuente: www.monografias.com

El Tubo de Venturi es un dispositivo que origina una pérdida de presión al pasar por él un fluido. Este consta de una tubería corta recta, o garganta, entre dos tramos cónicos. La presión varía en la proximidad de la sección estrecha; así, al colocar un manómetro o instrumento registrador en la garganta se puede medir la caída de presión y calcular el caudal instantáneo.

Como ventaja principal se tiene que el Venturi sólo pierde entre un 10 y 20% de la diferencia de presión entre la entrada y la garganta. Esto se debe a que el cono divergente desacelera la corriente.

La entrada convergente tiene un ángulo incluido de alrededor de 21° , y el cono divergente de 7° a 8° .

La finalidad del cono divergente es reducir la pérdida global de presión en el medidor; su eliminación no tendrá efecto sobre el coeficiente de descarga. La presión se detecta a través de una serie de agujeros en la admisión y la garganta; estos agujeros conducen a una cámara angular, y las dos cámaras están conectadas a un sensor de diferencial de presión.

Placa orificio

Este dispositivo consta de una placa que se coloca en forma concéntrica dentro de una tubería, esto provoca que el flujo se contraiga de repente conforme se aproxima al orificio y después se expande de repente al diámetro total de la tubería. Esto resulta en una disminución de presión hacia abajo desde el orificio.

Algunos tipos de placas orificios son los siguientes:

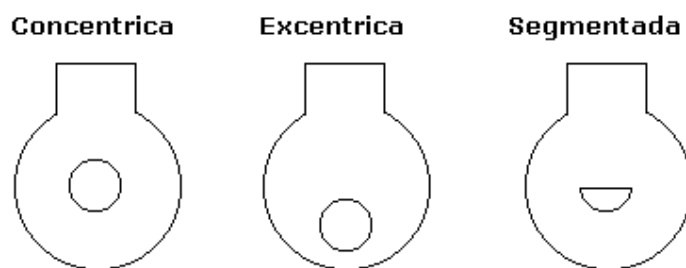


Figura 2.14 – Tipos de placas orificios
Fuente: www.monografias.com

La concéntrica sirve para líquidos, la excéntrica para los gases donde los cambios de presión implican condensación, cuando los fluidos contienen un alto porcentaje de gases disueltos.

La gran ventaja de la placa de orificio, es que debido a la pequeña cantidad de material y al tiempo relativamente corto de maquinado que se requiere en su

manufactura, su costo llega a ser bajo, es fácilmente reproducible, fácil de instalar y desmontar y se consigue un alto grado de exactitud.

El uso de la placa de orificio es inadecuado en la medición de fluidos con sólidos en suspensión ya que estas partículas se pueden acumular en la entrada de la placa., el comportamiento con fluidos viscosos es errático debido a que la placa se calcula para una temperatura y una viscosidad dada y produce las mayores pérdidas de presión en comparación con los otros elementos primarios.

Algunas desventajas de este medidor son su capacidad limitada y la pérdida de carga ocasionada tanto por los residuos del fluido como por las pérdidas de energía que se producen cuando se forman vórtices a la salida del orificio.

Medidores de área variable

Rotámetro

El rotámetro consta de un tubo transparente que se amplía y un medidor de "flotador" el cual se desplaza hacia arriba por el flujo ascendente de un fluido en la tubería. El tubo se encuentra graduado para leer directamente el caudal. Las ranuras en el flotador hacen que rote y, por consiguiente, que mantenga su posición central en el tubo. Entre mayor sea el caudal, mayor es la altura que asume el flotador.

Flujómetro de turbina

En este, el fluido provoca que el rotor de la turbina gire a una velocidad que depende de la velocidad de flujo. Conforme cada una de las aspas de rotor pasa a través de una bobina magnética, se genera un pulso de voltaje que puede alimentarse de un medidor de frecuencia, un contador electrónico u otro dispositivo similar cuyas lecturas puedan convertirse en velocidad de flujo.

Tubo pitot

Este utiliza el principio de que cuando un fluido en movimiento es obligado a pararse debido a que se encuentra un objeto estacionario, se genera una

presión mayor que la presión de la corriente del fluido. La magnitud de esta presión incrementada se relaciona con la velocidad del fluido en movimiento. El tubo pitot es un tubo hueco puesto de tal forma que los extremos abiertos apuntan directamente a la corriente del fluido. La presión en la punta provoca que se soporte una columna del fluido. El fluido en o dentro de la punta es estacionario o estancado llamado punto de estancamiento.

Flujómetro electromagnético



Figura 2.15 – Flujómetro eléctrico
Fuente: www.monografias.com

Su principio de medida está basado en la Ley de Faraday, la cual expresa que al pasar un fluido conductor a través de un campo magnético, se produce una fuerza electromagnética (F.E.M.), directamente proporcional a la velocidad del mismo, de donde se puede deducir también el caudal.

Está formado por un tubo, revestido interiormente con material aislante. Sobre dos puntos diametralmente opuestos de la superficie interna se colocan dos electrodos metálicos, entre los cuales se genera la señal eléctrica de medida. En la parte externa se colocan los dispositivos para generar el campo magnético, y todo se recubre de una protección externa, con diversos grados de seguridad.

Los componentes principales incluyen un tubo con un material no conductor, dos bobinas electromagnéticas y dos electrodos, alejados uno del otro, montados a 180° en la pared del tubo. Los electrodos detectan el voltaje generado en el fluido. Puesto que el voltaje generado es directamente proporcional a la velocidad del fluido, una mayor velocidad de flujo genera un voltaje mayor. Su

salida es completamente independiente de la temperatura, viscosidad, gravedad específica o turbulencia.

Manómetro

Es un instrumento de medición que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados.

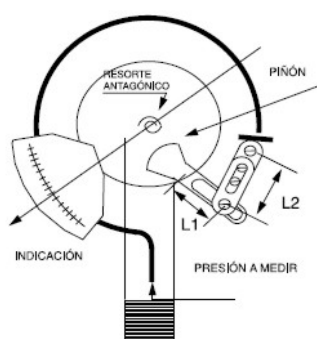


Figura 2.16 –Manómetros de Bourdon
Fuente: www.bringer.com.br

El manómetro más utilizado es el de Bourdon, que consiste en un tubo aplanado de bronce o acero curvado en arco que a medida que se aplica presión al interior del tubo, éste tiende a enderezarse, y éste movimiento se transmite a un cuadrante por intermedio de un mecanismo amplificador adecuado. Los tubos Bourdon para altas presiones se hace de acero fabricados de acuerdo con las normas más rigurosas y envejecidos cuidadosamente por el fabricante para obtener la medida más exacta.

Es preferible utilizar los manómetros para la mitad de la presión máxima de su escala, cuando se trata de presión fluctuante, y para los dos tercios de ella, cuando la presión es constante ya que si un tubo Bourdon se somete a presión superior a la de su límite y a presiones mayores que las que actuó sobre él en el proceso de envejecimiento, puede producirse una deformación permanente que haga necesaria su calibración.

Los manómetros en uso continuo, y especialmente los sometidos a fluctuaciones rápidas y frecuentes de presión, deben verificarse repetidas veces ya sea con un manómetro patrón exacto y efectuar comparaciones.

A intervalos regulares debe confrontarse el manómetro patrón con el manómetro de peso directo o contrapesos.

2.5.3 ENSAYO DE CORROSIÓN

Balanza analítica.

La balanza analítica es un instrumento utilizado en Química, que sirve para medir masa. Su característica más importante es que poseen muy poca incertidumbre, lo que las hace ideales para utilizarse en mediciones muy precisas. Particularmente son importantes para la química analítica. Las balanzas analíticas generalmente son digitales, y algunas pueden desplegar la información en distintos sistemas de unidades. Por ejemplo, se puede mostrar la masa de una sustancia en gramos, con una incertidumbre de 0.0001gr.



Figura 2.17 - Balanza analítica
Fuente: www.instrumentalpasteur.com.ar

Balón de destilación con orificio para termómetro y boca esmerilada.

Un balón de destilación es parte del llamado material de vidrio. Es un frasco de vidrio, de cuello largo y cuerpo esférico. Está diseñado para calentamiento uniforme, y se produce con distintos grosores del vidrio para diferentes usos. Está hecho generalmente de vidrio borosilicatado.

La mayor ventaja del matraz aforado por encima de otros materiales de vidrio es que su base redondeada permite agitar o re-mover fácilmente su contenido. Sin embargo, esta misma característica también lo hace más susceptible a voltearse y derramarse.



Figura 2.18 - Balón de destilación
Fuente: www.fortunecity.com

Tubo refrigerante de boca esmerilado.

El tubo refrigerante es una herramienta utilizada comúnmente para enfriar vapores provenientes de una destilación por medio de un líquido refrigerante que circula por éste, y así condensarlos en forma líquida.

Un condensador usualmente consiste en un tubo de vidrio largo que contiene a uno más pequeño por toda su extensión, por medio de ambos circula el fluido refrigerante, en este caso el agua.

El tubo refrigerante generalmente tiene 4 agujeros, uno en la parte superior, abierto a la presión atmosférica, uno en la parte inferior unido a un balón de destilación, y dos agujeros laterales para entrada y salida del fluido refrigerante. Para obtener una máxima eficiencia, el ingreso del agua se lo hace por el agujero inferior y la salida por el agujero superior.



Figura 2.19 - Tubo refrigerante
Fuente: www.insa-col.org

Termómetro digital

El termómetro es un instrumento inventado y fabricado para poder medir la temperatura. Desde su invención ha evolucionado mucho, principalmente desde que se empezaron a fabricar los termómetros electrónicos digitales.

Los termómetros iniciales que se fabricaron se basaban en el principio de la dilatación, por lo que se prefiere el uso de materiales con un coeficiente de dilatación alto de modo que, al aumentar la temperatura, la dilatación del material sea fácilmente visible. El metal base que se utilizaba en este tipo de termómetros ha sido el mercurio encerrado en un tubo de cristal que incorporaba una escala graduada.

El creador del primer termoscopio fue Galileo Galilei; éste podría considerarse el predecesor del termómetro. Consistía en un tubo de vidrio que terminaba con una esfera en su parte superior que se sumergía dentro de un líquido mezcla de alcohol y agua. Al calentar el agua, ésta comenzaba a subir por el tubo. Sanctorius incorporó una graduación numérica al instrumento de Galilei, con lo que surgió el termómetro.

Los termómetros digitales incorporan un microchip que actúa en un circuito electrónico y es sensible a los cambios de temperatura ofreciendo lectura directa de la misma.



Figura 2.20 - Termómetro digital
Fuente: www.cocineros.info

Balón de aforado

En química, un matraz volumétrico o aforado es un recipiente con forma de pera, fondo plano y un cuello largo y delgado. Suelen fabricarse en materiales como vidrio, vidrio borosilicatado o polipropileno, grabada alrededor del cuello que indica cierto volumen de líquido que es el contenido a una temperatura concreta (usualmente 20°C), siendo en este caso un matraz graduado para *contener*.

La marca de graduación rodea todo el cuello de vidrio, por lo cual es fácil determinar con precisión cuándo el líquido llega hasta la marca. La forma correcta de medir volúmenes es llevar el líquido hasta que la parte inferior del menisco sea tangente a la marca. El hecho que el cuello del matraz sea estrecho es para aumentar la exactitud, de esta forma un cambio pequeño en el volumen se traduce en un aumento considerable de la altura del líquido.

Los matraces se presentan en volúmenes que van de 10 ml hasta 2 l. Su principal utilidad es preparar disoluciones de concentración conocida y exacta. El procedimiento usual de preparación de disoluciones es pesar la cantidad de soluto, verterlo en el matraz y agregar el disolvente hasta un volumen menor que su capacidad. Posteriormente, se disuelve bien el soluto y se llena hasta la marca.

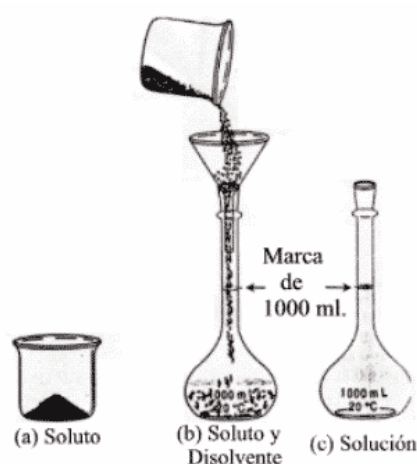


Figura 2.21 - Balón de aforado
Fuente: www.politecnicovirtual.edu.co

Nitrato de sodio

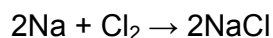
El compuesto químico nitrato sódico, o nitrato de sodio cuya fórmula química es NaNO_3 , se obtiene por neutralización de bases de sodio con ácido nítrico HNO_3 . Es un subproducto en la síntesis del ácido nítrico donde se forma al absorber el dióxido de nitrógeno en una disolución de carbonato sódico:



Se trata de una sustancia incolora, ligeramente higroscópica y altamente oxidante.

Cloruro de sodio

El cloruro sódico, de fórmula NaCl , es un compuesto iónico, formado por un catión Na^+ (ion sodio) y un anión Cl^- (ion cloruro), el NaCl es el producto de una reacción violenta en la cual un átomo de Na (metal reactivo) reacciona con uno de Cl (un no metal).



Agua destilada.

El agua destilada es aquella a la que se le ha eliminado prácticamente la totalidad de impurezas e iones mediante destilación (el agua llega a su punto de ebullición y se recogen sus vapores, condensándolos). Un montaje típico de laboratorio para llevar a cabo la destilación consta de un matraz, un condensador y otro matraz para recoger el destilado.

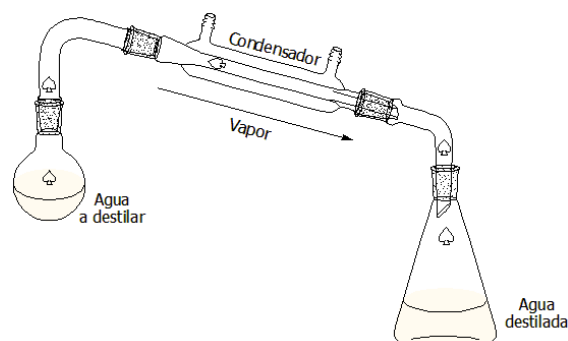


Figura 2.22 - Destilación del agua
Fuente: www.encyclopaedia.pl

CAPITULO 3

DISEÑO DE EQUIPOS

3.1 CÁLCULOS

3.1.1 CÁLCULOS DE REFRIGERACIÓN

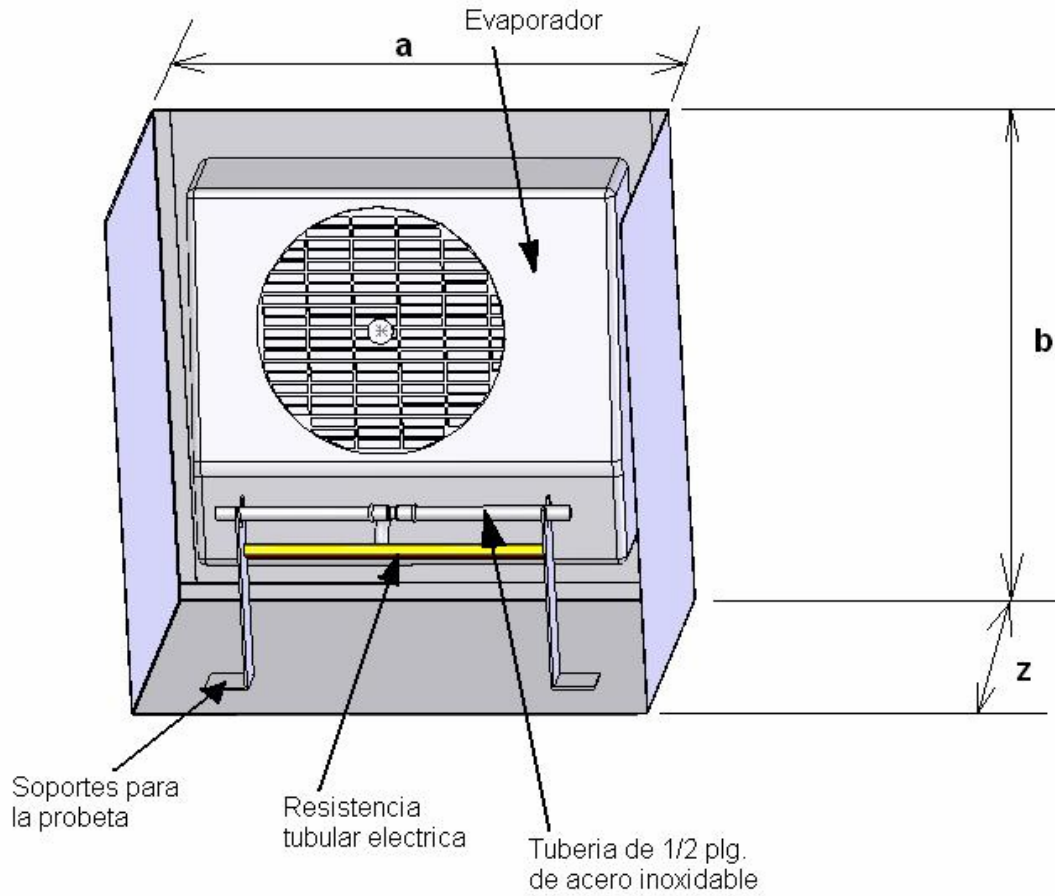


Figura 3.1 – Esquema del diseño de equipo de refrigeración
Fuente: Fuente propia

Dimensiones de la caja: a := 0.6 m Largo
 b := 0.6 m Alto
 z := 0.4 m Profundidad
 es := 0.0254 m Espesor de aislante

Temperatura de evaporación del refrigerante: $T_{ev} := -22 \text{ } ^\circ\text{F}$

Temperatura del espacio refrigerado: $T_{er} := -4 \text{ } ^\circ\text{F}$

Temperatura del medio ambiente: $T_{am} := 65 \text{ } ^\circ\text{F}$

$$\Delta T := T_{am} - T_{er}$$

$$\Delta T = 69 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Factor de ganancia de calor: $\kappa := 11.2$

Cálculo de la pérdida de calor a través de las paredes

Cálculo a base del manual de ingeniería de Russell

Área lateral:

$$AL := 2 \cdot a \cdot b + 2 \cdot b \cdot z$$

$$AL = 1.2 \text{ } m^2$$

$$q1 := AL \cdot 3.28^2 \cdot \kappa$$

$$q1 = 144.593 \frac{\text{btu}}{\text{h}}$$

Área del techo:

$$AT := a \cdot z$$

$$AT = 0.24 \text{ } m^2$$

$$q2 := AT \cdot 3.28^2 \cdot \kappa$$

$$q2 = 28.919 \frac{\text{btu}}{\text{h}}$$

Área del piso:

$$AP := a \cdot z$$

$$AP = 0.24 \text{ } m^2$$

$$q3 := AP \cdot 3.28^2 \cdot \kappa$$

$$q3 = 28.919 \frac{\text{btu}}{\text{h}}$$

Horas de funcionamiento del equipo para alcanzar la temperatura de ensayo:

$$t_h := 4 \text{ } \text{horas}$$

Factor de rapidez:

$$f_r := \frac{18}{24}$$

$$f_r = 0.75$$

Carga total de transmisión:

$$Q_T := q_1 + q_2 + q_3$$

$$Q_T = 202.43 \frac{\text{btu}}{\text{h}}$$

Cálculo según recomendaciones de ASHRAE

$$h_i := 1.6 \frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} \quad \text{Conductancia térmica de superficie}$$

$$h_o := 1.6 \frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} \quad \text{Conductancia térmica externa}$$

$$x := 1 \text{ in} \quad \text{Espesor de aislante poliuretano}$$

$$k := 0.16 \frac{\text{Btu} \cdot \text{in}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} \quad \text{Conductancia térmica del poliuretano}$$

$$U := \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad \text{Coeficiente global de transferencia de calor}$$

$$U = 0.133 \frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$$

Calor de transmisión

$$Q_a := U \cdot (A_L + A_T + A_P) \cdot 3.28^2 \Delta T$$

$$Q_a = 166.282 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

Utilizamos la carga más crítica. En este caso es la que nos referimos en Russell

Carga necesaria para llevar a la probeta a -20 °C:

Se utilizara la temperatura de evaporación del refrigerante para este cálculo, lo cual sobredimensionara el equipo para dar un rango de seguridad

$$\Delta T_{ev} := T_{am} - T_{ev}$$

$$\Delta T_{ev} = 87 \quad ^\circ\text{F}$$

$$C_p := 477 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$C_p := 477 \frac{1}{1055.06} \cdot 255.7 \text{ J/kg}$$

$$C_p = 115.64 \frac{\text{btu}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{F}}$$

Masa de la probeta:

$$L := 0.5 \text{ m} \quad \text{Longitud}$$

$$\phi_{\text{ext}} := 0.0486 \text{ m} \quad \text{Diámetro exterior, nominal 2"}$$

$$t := 0.0012 \text{ m} \quad \text{Espesor de pared}$$

$$P := 1.42 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \quad \text{Peso por unidad de longitud}$$

$$m := P \cdot L$$

$$m = 0.71 \text{ kg}$$

$$Q := m \cdot C_p \cdot \Delta T_{\text{ev}} \quad Q = 7.143 \times 10^3 \text{ btu} \quad \text{Calor total para refrigerar la probeta}$$

Calor por hora necesario:

$$Q_t := \left(\frac{Q}{t_h} + Q_T \right) \cdot \frac{1}{\text{fr}}$$

$$Q_t = 2.651 \times 10^3 \frac{\text{btu}}{\text{h}}$$

Cálculo del compresor necesario

Entalpía de saturación fase vapor (temperatura de evaporación -30°C):

$$h_c := 352 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$h_{\text{cing}} := \frac{h_c}{2.3244}$$

$$h_{\text{cing}} = 151.437 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

Entalpía inicio de condensación (temperatura de condensación 18°C):

$$h_d := 380.3 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$h_{\text{ding}} := \frac{h_d}{2.3244}$$

$$h_{\text{ding}} = 163.612 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

Entalpía de saturación fase líquida (temperatura de condensación 18°C)

$$h_a := 226.16 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$h_{\text{aing}} := \frac{h_a}{2.3244}$$

$$h_{\text{aing}} = 97.298 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

Cálculo del calor de compresión:

$$q_w := h_{\text{ding}} - h_{\text{cing}}$$

$$q_w = 12.175 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

Cálculo del calor que absorbe el refrigerante al evaporarse

$$q_e := h_{\text{cing}} - h_{\text{aing}}$$

$$q_e = 54.139 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

Cálculo de la masa de la razón de flujo de refrigerante:

$$f_l := \frac{Q_t}{q_e}$$

$$f_l = 48.966 \frac{\text{lb}}{\text{h}}$$

Cálculo de la potencia teórica del compresor:

$$J_{\text{ing}} := 778 \frac{\text{ft}\cdot\text{lb}_f}{\text{BTU}}$$

$$W_{\text{ing}} := q_w \cdot J_{\text{ing}} \cdot \frac{f_l}{60}$$

$$W_{\text{ing}} = 7.73 \times 10^3 \frac{\text{ft}\cdot\text{lb}_f}{\text{min}}$$

$$\text{thp} := \frac{W_{\text{ing}}}{33000}$$

$$\text{thp} = 0.234 \text{ HP}$$

3.1.2 CÁLCULOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Símil eléctrico para cálculo de pérdidas de calor analizando conducción, radiación y convección.

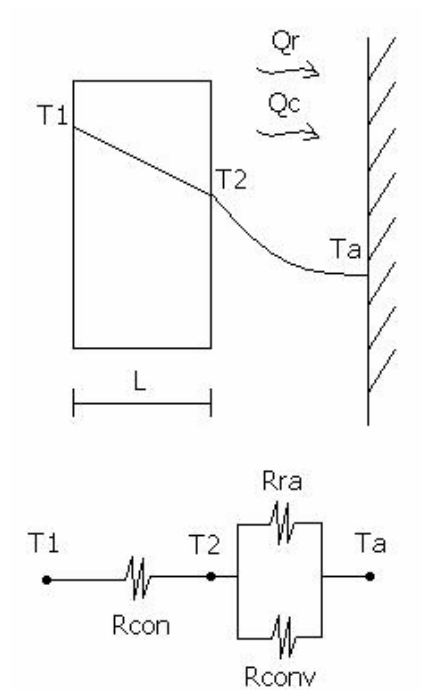


Figura 3.2 – Símil eléctrico
Fuente: Fuente propia

Cálculo de la resistencia de radiación

Emitancia de la resistencia de calentamiento

$$\varepsilon_a := 0.86$$

Fuente: http://www.zytemp.com.mx/zytemp/contenido/wp-content/uploads/2007/01/tablas_de_emisividad.pdf

Constante de Boltzman

$$\sigma := 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$$

Temperatura ambiente

$$T_a := 18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Temperatura superficial de la resistencia eléctrica de calentamiento

$$T_2 := 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Temperatura superficial final de la probeta de acero inoxidable

$$T_o := 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Temperaturas en grados Kelvin

$$T_{ak} := T_a + 273$$

$$T_{ak} = 291 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{2k} := T_2 + 273$$

$$T_{2k} = 343 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{ok} := T_o + 273$$

$$T_{ok} = 343 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Temperatura ambiente exterior

$$T_m := \frac{T_{2k} + T_{ak}}{2}$$

$$T_m = 317 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$h_{ra} := 4 \cdot \epsilon_a \cdot \sigma \cdot T_m^3$$

Fuente: Apuntes de Transferencia de calor

$$h_{ra} = 6.213 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Diámetro de la resistencia $\phi_r := 0.0127 \text{ m}$

Longitud de la resistencia $L_r := 0.35 \text{ m}$

Área exterior de la resistencia $A_r := \pi \cdot \phi_r \cdot L_r$ $A_r = 0.014 \text{ m}^2$

Diámetro de la probeta: $\phi_{pr} := \frac{3}{4} \cdot 0.0254$ $\phi_{pr} = 0.019 \text{ m}$

Longitud de la probeta: $L_{pr} := 0.557 \text{ m}$

Área de la probeta: $A_{pr} := \pi \cdot \phi_{pr} \cdot L_{pr}$ $A_{pr} = 0.033 \text{ m}^2$

$$R_{ra} := \frac{1}{h_{ra} \cdot A_{pr}} \quad R_{ra} = 4.828 \quad \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}}$$

Cálculo de la resistencia de convección natural

Prandtl del Aire a temperatura ambiente: $P_{ra} := 0.707$

Prandtl del Aire a la temperatura media: $P_{ram} := 0.7016$

Coefficiente de conducción del aire a la temperatura media $k_{am} := 29.112 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$

Cálculo del número de Grashof:

Viscosidad cinemática del aire a la temperatura media

$$\nu_{cam} := 19.7128 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Coeficiente de expansión:

$$\beta := \frac{1}{T_m} \quad \beta = 3.155 \times 10^{-3} \quad \text{K}^{-1}$$

Aceleración causada por la gravedad:

$$g := 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Grashof del aire a la temperatura media:

$$\text{Gram} := \frac{g \cdot \beta \cdot (T_2 - T_a) \cdot \phi r^3}{\nu_{\text{cam}}^2} \quad \text{Gram} = 8.474 \times 10^3$$

Fuente: Fundamentos de transferencia de calor "Frank P. Incropera, David P. De Witt" capítulo 9 página 487 ecuación 9.12

Cálculo del número de Rayleigh

$$\text{Ra} := \text{Gram} \cdot \text{Pr}_{\text{am}} \quad \text{Ra} = 5.946 \times 10^3$$

Fuente: Fundamentos de transferencia de calor "Frank P. Incropera, David P. De Witt" capítulo 9 página 492 ecuación 9.25

Cálculo del número de Nusselt para un cilindro largo horizontal

En el libro de fundamentos de transferencia de calor de Incropera, indica que una de las formas para obtener el número de Nusselt, es mediante la sugerencia de Morgan:

$$\overline{Nu}_D = \frac{\bar{h}D}{k} = C \text{Ra}_D^n$$

Fuente: Fundamentos de transferencia de calor "Frank P. Incropera, David P. De Witt" capítulo 9 página 501 ecuación 9.33

Tabla 9.1 Constantes de la ecuación 9.33 para convección libre sobre un cilindro circular horizontal [20]

Ra_D	C	n
$10^{-10} - 10^{-2}$	0.675	0.058
$10^{-10} - 10^{-2}$	1.02	0.148
$10^2 - 10^4$	0.850	0.188
$10^4 - 10^7$	0.480	0.250
$10^7 - 10^{12}$	0.125	0.333

Fuente: Fundamentos de transferencia de calor "Frank P. Incropera, David P. De Witt" capítulo 9 página 501

$$\text{Ca} := 0.850$$

$$\text{na} := 0.188$$

$$\text{Nu} := \text{Ca} \cdot \text{Ra}^{\text{na}}$$

$$\text{Nu} = 4.355$$

De donde podemos obtener que el coeficiente de convección es:

$$hc := \frac{Nu \cdot kam}{\phi r} \qquad hc = 9.983 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Según recomendaciones en el mismo libro de Incropera, otro método para obtener el número de Nusselt es mediante la correlación de Churchill y Chu

$$\overline{Nu}_D = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 Ra_D^{1/6}}{\left[1 + (0.559 / Pr)^{9/16} \right]^{1/4}} \right\}^2 \qquad Ra_D \leq 10^{12}$$

Fuente: Fundamentos de transferencia de calor "Frank P. Incropera, David P. De Witt" capítulo 9 página 502 ecuación 9.34

$$Nu2 := \left[0.6 + \frac{0.387 \cdot Ra^{\frac{1}{6}}}{\left[1 + \left(\frac{0.559}{Pr_{am}} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right]^2 \qquad Nu2 = 3.866$$

Obtenemos el coeficiente de convección mediante este método:

$$hc2 := \frac{Nu2 \cdot kam}{\phi r} \qquad hc2 = 8.862 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Resistencia de convección

$$R_{conv} := \frac{1}{hc \cdot Apr} \qquad R_{conv} = 3.005 \frac{^{\circ}K}{W}$$

Resistencia Equivalente entre convección y radiación

$$Req := \frac{R_{conv} \cdot R_{ra}}{R_{conv} + R_{ra}} \qquad Req = 1.852 \frac{^{\circ}K}{W}$$

Coefficiente de conducción de la resistencia

$$kac := 80.2 \frac{W}{m \cdot ^{\circ}K}$$

Resistencia por conducción

$$\text{Longitud de conducción} \quad Lc := \frac{\phi r}{2} \qquad Lc = 6.35 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$R_{con} := \frac{Lc}{kac \cdot Ar} \qquad R_{con} = 5.67 \times 10^{-3} \frac{^{\circ}K}{W}$$

Resistencia total:

$$R_t := R_{con} + R_{eq} \quad R_t = 1.858 \quad \frac{^{\circ}\text{K}}{\text{W}}$$

$$Q_{eq} := \frac{(T_{2k} - T_{ak})}{R_t} \quad Q_{eq} = 27.988 \quad \text{W}$$

3.1.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según los cálculos obtenidos se necesita adquirir un evaporador con una capacidad aproximada de 2600 BTU/h trabajando en condiciones normales.

Para la adquisición de la unidad condensadora se tienen tablas de selección que cada fabricante otorga según el evaporador adquirido; en este caso es una unidad condensadora con una potencia de compresor de ½ HP.

Mediante los cálculos de transferencia obtenidos, se comprueba que la pérdida de calor por conducción es mínima, esto se debe a que el radio de la resistencia eléctrica es pequeño.

Para la resistencia eléctrica se optó por comprar una resistencia sobredimensionada para, mediante esto que la temperatura dentro del espacio del equipo no sea homogénea, evitando así daños posibles en la carcasa del evaporador debido a temperaturas elevadas.

Otra ventaja de utilizar una resistencia sobredimensionada es que se llega a la temperatura de ensayo en un tiempo menor, lo cual resulta útil ya que el calentamiento de la probeta se lo realiza en seis ocasiones.

3.2 ENSAYO DE TEMPERATURAS DE SERVICIO

3.2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para dar cumplimiento con el ensayo se debe diseñar un cuarto aislado térmicamente para calentar la probeta a una temperatura final de 70 °C y también enfriarla a una temperatura final de -20 °C.

Tabla 3.1 – Parámetros de diseño ensayo de temperaturas operativas

Parámetro	Valor	Unidad
Temperatura ambiente	17	°C
Temperatura de calentamiento del ensayo	70	°C
Temperatura de congelamiento del ensayo	-20	°C
Longitud entre juntas	200	mm.
Longitud introducida en el accesorio de 1/2"	21	mm.
Longitud introducida en el accesorio de 3/4"	24	mm.
Tiempo de congelamiento de la probeta	24	hr.
Peso por unidad de longitud del Acero Inoxidable 304A	1.42	Kg./m.

Con estos parámetros de diseño se procede a realizar los cálculos necesarios para adquirir el equipo necesario para el sistema de: refrigeración y de calentamiento con características tales que cumplan con los requerimientos descritos anteriormente.

Tanto las temperaturas: ambiente y final de la probeta, como la masa de la misma son importantes para el cálculo de la cantidad de energía necesaria para llevar a la probeta a su temperatura final mediante la fórmula:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T^{14} \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Donde:

Q = Cantidad de energía necesaria para variar la temperatura de la probeta de una temperatura inicial a una final.

m = Masa total de la probeta.

C_p = Calor específico del Acero Inoxidable A304.

ΔT = Diferencia de temperaturas Inicial y Final de la probeta.

Las longitudes de la probeta serán aspectos fundamentales para definir el tamaño del cuarto térmico, y el tiempo de duración del ensayo servirá para conocer el tiempo de funcionamiento del equipo.

¹⁴ Fuente: ASHRAE HANDBOOK, cap. 13 refrigeration load.

3.2.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN¹⁵.

3.2.2.1 Evaporador LU-VE SHA 14E80

Como primera alternativa, según los cálculos del evaporador necesario, se considera el evaporador de marca LU-VE, modelo SHA 14E80 de dimensiones: 605 x 540 x 260 mm. Este evaporador es del tipo de aire forzado y posee las siguientes ventajas: intercambiador de calor súper eficiente, con aletas de aluminio de alta eficiencia que poseen una turbulencia especial reduciendo la formación de escarcha; incremento en el tiro de aire; niveles de ruido y consumo de energía bajos dimensiones compactas. El equipo posee una carcasa de protección apta para cuartos de baja temperatura y un ventilador de motor de alta eficiencia y consumo bajo de energía. Para el deshielo se tiene la opción de utilizar una resistencia eléctrica de acero inoxidable que permite un rápido deshielo del serpentín evaporador.

La mejor opción para el dimensionamiento del espacio refrigerado utilizando este equipo es: 650 x 675 x 549 mm. con la tapa del cuarto térmico en la parte superior provista de un empaque para sellar el espacio entre la tapa y la caja, según este diseño, la probeta será insertada por la parte superior y, estará ubicada frente al evaporador lo que permitirá un flujo de aire desde la parte inferior del espacio refrigerado a la parte superior del mismo.

¹⁵ Para ver cotizaciones de las alternativas indicadas ir al Anexo C

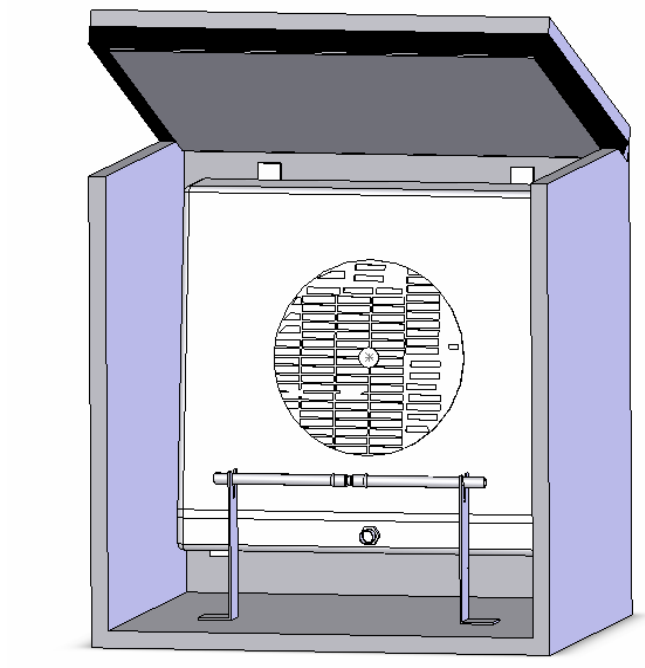


Figura 3.3 - Equipo de refrigeración con el evaporador LU-VE SHA 14E80
Fuente: Fuente propia

3.2.2.2 Evaporador MIPAL FT-92E

Como segunda alternativa, se considera el evaporador de marca MIPAL, modelo FT-92E con dimensiones: 0.94x0.39x0.18 m. Este evaporador es del tipo de aire forzado y consta de tubos de 3/8 de diámetro y aletas de aluminio para mejorar la eficiencia térmica y reducir el consumo de energía, distanciamiento de 5,5 mm a la entrada del aire para disminuir el bloqueo por hielo, puede utilizarse tubo capilar o válvula de expansión y para el deshielo se puede utilizar sea resistencia eléctrica o deshielo natural.

El gabinete del evaporador está fabricado en chapa galvanizada pintada de blanco, unida mediante epoxi electrostático, posee 2 ventiladores de tipo axial con hélices de 8 pulgadas de diámetro, con motores eléctricos monofásicos lubricados con grasa anticongelante.

Analizando la dimensión tanto de la probeta como del evaporador, la mejor opción de geometría para este tipo de evaporador es una caja con una dimensión del espacio refrigerado de: 1,15 x 0.6 x 0.77 m con una puerta sellada que se abra

por su frente, lo que permitirá colocar la probeta debajo del evaporador debido a especificaciones provistas en el manual del equipo para el óptimo funcionamiento del equipo.

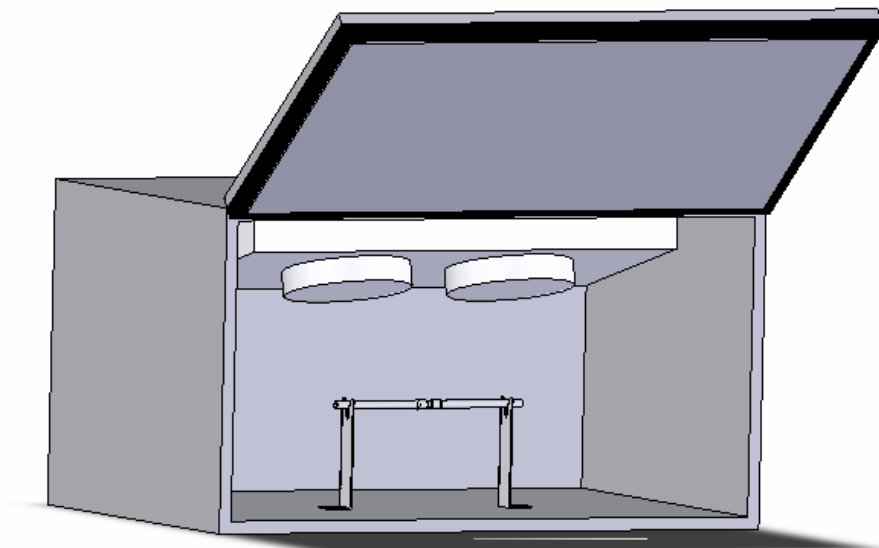


Figura 3.4 - Equipo de refrigeración con el evaporador Mipal ft-92e
Fuente: Fuente propia

3.2.2.3 Evaporador LU-VE SHS 12N

Como tercera alternativa se toma en consideración el evaporador de aire forzado marca LU-VE, modelo SHS 12 N de procedencia italiana.

El evaporador posee una carcasa de protección de plástico y apoyo para el ventilador ya incluido, las dimensiones exteriores del mismo son: 493 x 428 x 171 mm.

Las ventajas de este equipo son muy similares a las de la serie SHA, intercambiador de calor súper eficiente con tubería de cobre de alta eficiencia diseñados especialmente para nuevos refrigerantes, aletas de aluminio de turbulencia especial para reducir escarcha; posee un ventilador de motor fabricado bajo estrictos estándares de calidad, monofásico provisto de protección térmica; marco del gabinete de aluminio y tornillos de acero inoxidable.

Para este ventilador, y tomando en cuenta la longitud de la probeta, las dimensiones mas convenientes para la caja interior del cuarto térmico son: 600 x 600 x 400 mm. Siendo la apertura del cuarto térmico por la parte superior de la caja, lo que permitirá una fácil instalación de accesorios para portar la probeta y también permitirá instalar la resistencia eléctrica de calentamiento debajo de la probeta del ensayo.

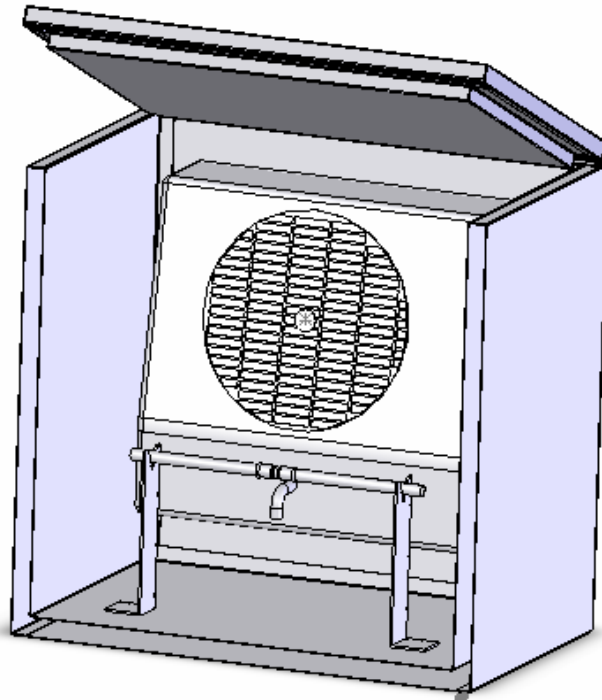


Figura 3.5 - Equipo de refrigeración con el evaporador Luve SHS 12 N
Fuente: Fuente propia

3.2.3 ANÁLISIS COMPARATIVO

Para analizar el evaporador que proporcione la alternativa de diseño más apropiada para el cuarto térmico se ha optado por realizar una matriz de toma de decisiones mediante ponderaciones matemáticas.

Los parámetros de valoración utilizados para dicha matriz se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.2 - Parámetros de valoración para seleccionar el evaporador

Ord	Parámetros de Valoración	Descripción
1	Facilidad de ensamblaje	Facilidad de montaje del evaporador en el espacio a diseñar
2	Dimensiones	Facilidad de desarrollar el diseño según las medidas del evaporador
3	Disponibilidad	Capacidad para hacer uso inmediato del equipo
4	Mantenibilidad	Facilidad, rapidez y precisión con la que se puede realizar una acción de mantenimiento
5	Costo	Cantidad de dinero que se requiere para adquirir el elemento.
6	Servicio Post venta	Se refiere a la garantía del equipo y aseguramiento de repuestos para reparación.
7	Flexibilidad de diseño	Limitación que impone el elemento para la geometría del espacio.
8	Conservabilidad	Resistencia del elemento a las condiciones de operación del equipo.
9	Procedencia	Lugar donde fue fabricado el equipo.
10	Calidad	Seguridad que ofrece el equipo para cumplir con los requerimientos del proyecto.

Una vez definidos estos parámetros de valoración, se los introduce en una matriz de análisis de valor para con esto, determinar el factor de peso de cada parámetro, en esta matriz los parámetros serán ordenados en orden de importancia.

Tabla 3.3 - Matriz de valoración de los parámetros para seleccionar el evaporador

Orden	Parámetros de valoración	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Puntaje	Factor de peso	%
1	Calidad	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	12	0.197	19.7
2	Disponibilidad		-	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	3	9	0.148	14.8
3	Flexibilidad de diseño			-	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	3	7.5	0.123	12.3
4	Dimensiones				-	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3	6.5	0.107	10.7
5	Facilidad de ensamblaje					-	1	0.5	0.5	0.5	0.5	3	6	0.098	9.8
6	Servicio post venta						-	0.5	0.5	0.5	0.5	3	5	0.082	8.2
7	Costo							-	0.5	0.5	0.5	3	4.5	0.074	7.4
8	Procedencia								-	0.5	0.5	3	4	0.066	6.6
9	Conservabilidad									-	0.5	3	3.5	0.057	5.7
10	Mantenibilidad										-	3	3	0.048	4.8
Sumatoria													61	1	100

Una vez determinado el factor de peso de cada uno de los parámetros de valoración que se tomaron en cuenta para la selección del evaporador, se procede a realizar una matriz de toma de decisión con ponderación matemática para determinar de esta manera la alternativa más adecuada para el diseño de la cámara térmica.

Tabla 3.4 - Matriz de toma de decisión para selección del evaporador

Orden	Parámetros de valoración	Factor de peso	LU VE SHA 14E80		MIPAL FT-92E		LU VE SHS 12 N	
			Puntaje	Total	Puntaje	Total	Puntaje	Total
1	Calidad	0,197	8	1,576	8	1,576	8	1,576
2	Disponibilidad	0,148	6	0,888	4	0,592	10	1,48
3	Flexibilidad de diseño	0,123	5	0,615	8	0,984	8	0,984
4	Dimensiones	0,107	5	0,535	6	0,642	8	0,856
5	Facilidad de ensamblaje	0,098	6	0,588	8	0,784	8	0,784
6	Servicio post venta	0,082	6	0,492	6	0,492	8	0,656
7	Costo	0,074	7	0,518	6	0,444	9	0,666
8	Procedencia	0,066	8	0,528	8	0,528	8	0,528
9	Conservabilidad	0,057	8	0,456	8	0,456	8	0,456
10	Mantenibilidad	0,048	5	0,240	5	0,24	5	0,24
Sumatoria		1		6,436		6,738		8,226

En virtud de los resultados obtenidos en la matriz, podemos apreciar que la alternativa más apropiada para el diseño del cuarto térmico, es la tercera alternativa: el evaporador de marca LU VE modelo SHS 12N, evaporador de tiro forzado con un ventilador y carcasa de plástico, ya que ofrece una buena solución al problema planteado con una geometría aceptable para construir el espacio de la cámara y también ofrece tanto un precio bastante cómodo, como una alta calidad y garantía del producto.

Según los cálculos obtenidos, se requerirá una compresor de potencia cercana a 3/8 Hp, pero dado a que los mismos fabricantes tienen tablas de selección de unidades condensadoras para cada evaporador provisto, se escogió la unidad condensadora marca TECUMHSE modelo CAE2424ZBR de procedencia francesa, ya que es la unidad condensadora que abastece para el evaporador escogido según la tabla del fabricante.

3.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

3.3.1 ESTUDIO REALIZADO PARA EL ENSAYO DE CORROSIÓN

Introducción:

La norma base para la realización de los ensayos es la norma DVGW-VP 614 que indica que para asegurar la resistencia de la tubería a la corrosión se debe utilizar los materiales aprobados por dicha norma que en el caso del acero inoxidable son:

- X5CrNiMo17-12-2 material no. 1.4401 según DIN EN 10088-1
- X6CrNiMoTi17-12-2 material no. 1.4571 según DIN EN 10088-1
- G-X5CrNiMoNb18-10 material no. 1.4581 según DIN EN 10283

Para la identificación de estos materiales nos referimos a la tabla 1, donde se encuentra la equivalencia entre nomenclaturas utilizadas para el acero inoxidable.

Tabla 3 5 - Comparación de aceros estandarizados

EN-standard Steel no. DIN	EN-standard Steel name	ASTM/AISI Steel type	UNS
		440A	S44002
1.4112		440B	S44004
1.4125		440C	S44003
		440F	S44020
1.4016	X6Cr17	430	S43000
1.4512	X6CrTi12	409	S40900
1.4310	X10CrNi18-8	301	S30100
1.4318	X2CrNiN18-7	301LN	N/A
1.4307	X2CrNi18-9	304L	S30403
1.4306	X2CrNi19-11	304L	S30403
1.4311	X2CrNiN18-10	304LN	S30453
1.4301	X5CrNi18-10	304	S30400
1.4948	X6CrNi18-11	304H	S30409
1.4303	X5CrNi18 12	305	S30500
1.4541	X6CrNiTi18-10	321	S32100
1.4878	X12CrNiTi18-9	321H	S32109

1.4404	X2CrNiMo17-12-2	316L	S31603
1.4401	X5CrNiMo17-12-2	316	S31600
1.4406	X2CrNiMoN17-12-2	316LN	S31653
1.4432	X2CrNiMo17-12-3	316L	S31603
1.4435	X2CrNiMo18-14-3	316L	S31603
1.4436	X3CrNiMo17-13-3	316	S31600
1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	316Ti	S31635
1.4429	X2CrNiMoN17-13-3	316LN	S31653
1.4438	X2CrNiMo18-15-4	317L	S31703
1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5	904L	N08904
1.4547	X1CrNiMoCuN20-18-7	N/A	S31254

En caso de utilizar otros materiales metálicos la norma acepta la utilización de los mismos si sus propiedades mecánicas son equivalentes o superiores a los materiales indicados por la norma, en el caso de la tubería se utiliza el acero AISI 304 que no consta en la lista especificada por la norma.

Al analizar las propiedades mecánicas entre el acero X5CrNiMo17-12-2 y el acero AISI 304 se puede observar que sus propiedades son muy similares a las del AISI 316 en cuanto a dureza, resistencia a la tracción, maquinabilidad y soldabilidad, por lo que podemos aceptar este material para la aplicación de la norma.

Los datos obtenidos para la comparación del acero AISI 316 y el AISI 304 se los obtiene de las hojas de certificado de calidad, provistos con cada bobina de acero inoxidable para conformar la tubería¹⁶.

Para la evaluación del comportamiento corrosivo de los materiales se estudio las normas DIN 50929 y DIN EN12502 de donde se obtuvieron lo siguiente:

¹⁶ Para certificados de calidad ver Anexo D

DIN 50929

- Las definiciones escritas en esta norma indican la tasa de probabilidad de corrosión en materiales metálicos sometidos a un medio corrosivo que contenga un electrolito acuoso que pueda afectar la superficie del componente.

DIN EN12502

- En esta norma se indica los cinco tipos principales de corrosión:

- Corrosión por picaduras:

- El riesgo de corrosión por picadura disminuye con el incremento de contenido de cromo, molibdeno y nitrógeno, y se incrementa con el enriquecimiento en azufre. Este tipo de corrosión es la que más afecta al acero AISI 304 aun cuando el nivel es el más alto no es significativo.
- Las superficies limpias del metal tienen menor riesgo de este tipo de corrosión por lo que se recomienda la limpieza de la tubería en cada instalación.
- Este tipo de corrosión aumenta en medios que tienen iones de cloruro.
- El contenido de molibdeno aumenta la resistencia a este tipo de corrosión.
- Las partículas metálicas de baja o no aleación que puedan incrustar en la superficie del acero aumentan la posibilidad de corrosión ya que pueden actuar como ánodos de celda de corrosión y el acero inoxidable como cátodo.
- Cuando se tiene un incorrecto procedimiento de soldadura que mantenga al acero entre 500 y 800 grados por largo tiempo conlleva a reducción de cromo en el acero lo que aumenta la posibilidad de corrosión.
- El riesgo de corrosión aumenta cuando se incrementa la temperatura.

- Corrosión cavernosa:

- Esta se genera cuando se tiene juntas de unión o ensamble que pueden generar corrosión por picadura entre los metales del ensamble.
- Debido a que esta corrosión es similar a la misma por picadura se toma las mismas recomendaciones que se le otorgaron a la anterior.
- La corrosión cavernosa se incrementa con roscas de acero inoxidable que estén en contacto con cintas de plástico, caso que no ocurre en tipo de junta utilizada.
- El riesgo de corrosión cavernosa aumenta cuando se tiene un caudal muy bajo o cuando se da el ingreso de suciedad al sistema por lo que antes de la instalación se debe analizar el caudal a pasar por esta para evitar estos problemas.

- Corrosión bajo tensión:

- La corrosión bajo tensión se da cuando se combina la acción de un agente corrosivo y un esfuerzo de tracción sobre el material.
- En caso de los aceros inoxidables austeníticos, como es el caso del acero AISI 304, el riesgo las grietas con un recorrido transgranular pueden comenzar únicamente cuando se tuvo un ataque de corrosión por picadura, cavernosa u hoja de cuchilla.
- Este tipo de corrosión disminuye si se disminuye el contenido de níquel
- El granallado disminuye los esfuerzos de tracción, disminuyendo que se produzca este tipo de corrosión.
- El uso de soldadura o sobre tensados de las roscas aumenta este tipo de corrosión pero la junta Press fit no posee estos problemas.
- Cuando se tiene una temperatura de pared menor a los 50° C en aceros inoxidables austeníticos como es el caso del acero inoxidable AISI 304.
- Las picaduras son los puntos de inicio para que se produzca la corrosión bajo tensión ya que las grietas empiezan aquí y se extienden bajo las líneas de tensión.

- Corrosión de hoja de cuchilla:

- Este tipo de corrosión se produce principalmente en juntas soldadas bajo condiciones de oxidación que utilizan decapantes. Debido a que la junta Press Fit no utiliza soldadura, no nos preocupamos de este apartado.
- Este tipo de corrosión puede ser ocasionado cuando se realiza un tratamiento térmico inadecuado en acero que tengan mas de 0.03% de carbono.
- La condición superficial del acero, la temperatura y la velocidad de flujo no influyen en el riesgo a producirse esta corrosión.
- El riesgo que ocurra este tipo de corrosión se da si aumenta el número de iones de cloruro.

- Corrosión por fatiga:

- A este tipo de corrosión se le identifica por la aparición de grietas como resultado de la acción de un agente corrosivo y esfuerzos cíclicos.
- El riesgo de corrosión incrementa cuando aumenta la ductilidad de zonas aisladas dentro de zonas de menor ductilidad
- Una superficie lisa reduce el riesgo de esta corrosión
- Las soluciones de cloruro son las más perjudiciales ya que presentan agrietamientos en aceros inoxidable austeníticos, como es el caso del AISI 304.
- Los aceros inoxidable estirados, embutidos o trabajados en frío se agrietan fácilmente en sistemas que contengan sulfuro de hidrogeno acuoso.
- Los esfuerzos cíclicos también incluyen dilatación y contracción térmica

3.3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como resultado del estudio realizado se obtuvo que una solución con concentración alta de cloruro es la que más puede afectar al acero inoxidable, y dado a que la norma DIN EN 12501 proporciona métodos cualitativos y no cuantitativos para evaluar la corrosión que se puede presentar en la probeta, se

opta por el método descrito en la norma ANSI LC1-2005 cuyos parámetros se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3.6 - Parámetros de diseño ensayo de corrosión

Parámetro	Valor	Unidad
Temperatura del ensayo	ebullición	°C
Duración del ataque corrosivo	14	horas
Longitud entre juntas	50	mm.
Longitud introducida en el accesorio de ½"	21	mm.
Longitud introducida en el accesorio de ¾"	24	mm.
Concentraciones de la solución salina:		
Cloruro de sodio	20	% (peso)
Nitrato de sodio	1	% (peso)
Agua destilada	79	% (peso)

3.4 ENSAYO DE CAPACIDAD ADICIONAL DE CARGA TÉRMICA

3.4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO.

Este ensayo pide como exigencia que la unión a presión estando a una temperatura de 650 °C durante media hora, posea una cuota de escape máxima de 30 dm³/h.

Tabla 3.7 - Parámetros de diseño ensayo de capacidad adicional de carga térmica

Parámetro	Valor	Unidad
Temperatura del ensayo	650	°C
Duración de la carga térmica en la probeta	30	min.
Cuota de escape máxima	30	dm ³ /hr
Longitud entre juntas	200	mm.
Longitud introducida en el accesorio de ½"	21	mm.
Longitud introducida en el accesorio de ¾"	24	mm.

Analizando estos parámetros de diseño procedemos a encontrar la mejor alternativa de horno a utilizar para realizar este ensayo, tanto como la mejor opción para el medidor de flujo a adquirir.

3.4.2 HORNO TIPO MUFLA

El horno a ser utilizado para este ensayo debe tener una capacidad mayor a los 650 °C y un hogar lo suficientemente amplio como para que la probeta ingrese con facilidad con los accesorios necesarios para medir la cuota de escape permitida, el horno tipo mufla es una de las alternativas que cumplen con estas características, por lo que como alternativas de solución se analizarán los hornos pertenecientes uno a la empresa Ideal Alambrec, filial de la empresa Conduit del Ecuador; y el horno perteneciente al laboratorio de metalurgia de la Escuela Politécnica del Ejército.

3.4.3 MEDIDOR DE FLUJO

El medidor de flujo a ser utilizado como se indica en los parámetros de diseño, debe tener un rango aceptable para medir 30 dm³/hr como cuota de escape siendo el fluido interno que pase por el medidor de flujo nitrógeno, según esto las dos mejores alternativas de medidores de flujo que se encontraron son las siguientes:

3.4.3.1 Medidor de flujo DWYER VFA-2¹⁷

Como primera alternativa tenemos el medidor de flujo marca DWYER, modelo VFA-2 de dimensiones 4 x 1 x 2 pulgadas. Este medidor de flujo está formado de un cuerpo de acrílico transparente que proporciona un buen acabado en el producto y una inspección visual completa, por lo que es muy utilizado en la industria médica y de laboratorios.

El acrílico maquinado de estos medidores es prácticamente irrompible, y las marcas para la lectura son estampadas en caliente en el plástico lo que impide que se desgasten. Están disponibles con conexiones de entrada y salida en latón o en acero inoxidable, maquinados con rosca de 1/8 in NPT.

¹⁷ Para mayor información dirigirse al Anexo E.

El rango de este medidor de flujo es de 0.2 a 2 SCFH (Standard pies cúbicos por hora) con una precisión del 5 % de la escala total, y una longitud de la escala de 2 pulgadas.

3.4.3.2 Medidor de flujo DWYER RMA-2¹⁸

La segunda alternativa para el medidor de flujo es uno de la marca DWYER, modelo RMA-2, con dimensiones $4 \frac{13}{16} \times 1 \times 1 \frac{9}{8}$ pulgadas. Este modelo está construido en 3 modelos con una amplia variedad de escalas para aire, gas o agua. La instalación, operación y mantenimiento de estos medidores de flujo es muy sencilla.

Cada medidor viene calibrado de fábrica, y son diseñados para resistir alto uso, y una presión de hasta 100 PSI y una temperatura máxima de 54 °C. En la instalación se debe evitar la presencia de atmósferas con altos porcentajes de cloruros o solventes como acetona o bencenos, para una óptima medición se debe tener una mínima vibración en el soporte del medidor de flujo.

Se debe tener la menor cantidad posible de accesorios a la entrada del medidor para reducir pérdidas debido a estos, la tubería para tanto la entrada como la salida del medidor es de 1/8 de pulgada, y deberá ser montada en forma vertical con la conexión de entrada en la parte inferior del medidor de flujo.

3.4.3.3 Análisis Comparativo

Una vez mas se ha optado por utilizar como herramienta de toma de decisiones una matriz mediante ponderaciones matemáticas para dar valoración a los parámetros a utilizarse.

Los parámetros de valoración utilizados para dicha matriz se muestran en la siguiente tabla:

¹⁸ Para mayor información dirigirse al Anexo F.

Tabla 3.8 - Parámetros de valoración para seleccionar el medidor de flujo

Ord	Parámetros de Valoración	Descripción
1	Facilidad de ensamblaje	Facilidad de montaje del evaporador en el espacio a diseñar
2	Disponibilidad	Capacidad para hacer uso inmediato del equipo
3	Mantenibilidad	Facilidad, rapidez y precisión con la que se puede realizar una acción de mantenimiento
4	Costo	Cantidad de dinero que se requiere para adquirir el elemento.
5	Servicio Post venta	Se refiere a la garantía del equipo y aseguramiento de repuestos para reparación.
6	Conservabilidad	Resistencia del elemento a las condiciones de operación del equipo.
7	Procedencia	Lugar donde fue fabricado el equipo.
8	Calidad	Seguridad que ofrece el equipo para cumplir con los requerimientos del proyecto.

Definidos estos parámetros, se procede a valorarlos mediante una matriz de análisis, y con esto determinar el factor de peso de cada parámetro, los parámetros se encuentran ordenados de acuerdo al orden de importancia.

Tabla 3.9 - Matriz de valoración de los parámetros para seleccionar el medidor de flujo

Orden	Parámetros de valoración	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Puntaje	Factor de peso	%
1	Calidad	-	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0.267	26.7
2	Disponibilidad		-	1	1	1	1	1	1	1	7	0.233	23.3
3	Facilidad de ensamblaje			-	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	4	0.133	13.3
4	Servicio post venta				-	1	0.5	0.5	0.5	1	3.5	0.117	11.7
5	Costo					-	1	0.5	0.5	1	3	0.100	10.0
6	Procedencia						-	0.5	0.5	1	2	0.067	6.7
7	Conservabilidad							-	0.5	1	1.5	0.050	5.0
8	Mantenibilidad								-	1	1	0.033	3.3
Sumatoria											30	1	100

Una vez determinado el factor de peso de cada uno de los parámetros de valoración que se tomaron en cuenta para la selección del medidor de flujo procedemos a realizar una matriz de toma de decisión con ponderación matemática para determinar de esta manera la alternativa más adecuada.

Tabla 3.10 - Matriz de toma de decisión para selección del medidor de flujo

Orden	Parámetros de valoración	Factor de peso	DWYER VFA-2		DWYER RMA-2	
			Puntaje	Total	Puntaje	Total
1	Calidad	0,267	8	2,136	8	2,136
2	Disponibilidad	0,233	5	1,165	7	1,631
3	Facilidad de ensamblaje	0,133	8	1,064	8	1,064
4	Servicio post venta	0,117	6	0,702	6	0,702
5	Costo	0,100	7	0,700	6	0,600
6	Procedencia	0,067	8	0,536	8	0,536
7	Conservabilidad	0,050	8	0,400	8	0,400
8	Mantenibilidad	0,033	8	0,264	8	0,264
Sumatoria		1		6,967		7,333

En virtud de los resultados obtenidos en la matriz, podemos apreciar que la alternativa más apropiada de adquisición del medidor de flujo es la opción del medidor marca DWYER modelo RMA-2¹⁹, aunque ambos medidores son muy similares, se diferencian en un aspecto muy importante, su disponibilidad, puesto a que este parámetro de valoración es más importante que el precio del mismo, se procederá a adquirir este medidor de flujo con un rango de 0.2 a 2 SCFH.

Debido a que el medidor de flujo soporta una temperatura máxima de 54 °C, y dado a que el ensayo se realizará a 650°C durante 30 minutos, se optó por unir el tubo de la probeta al medidor de flujo mediante un serpentín que permitirá que la temperatura al contacto entre serpentín y medidor de flujo se asemeje a la temperatura ambiente, con esto aseguramos una medición correcta por parte del instrumento. También se procederá a construir una base para ubicar al medidor de flujo en posición vertical para obtener una lectura precisa.

Para mayor exactitud se realizarán las modificaciones sugeridas en el manual del medidor de flujo para una temperatura y presión diferentes a las normales²⁰.

¹⁹ Para especificaciones Técnicas dirigirse al Anexo F.

²⁰ Para cálculos de ajuste según temperatura y presión dirigirse al Anexo G.

CAPITULO 4

INFORMACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS A UTILIZARSE

4.1 EQUIPOS

4.1.1 EVAPORADOR

Modelo: SHS 12 N

Voltaje: 115 V

Frecuencia: 60 Hz

Fase: Monofásico

Potencia con ΔT 10K: 780 W

Flujo de aire: 440 m³/h

Diámetro del ventilador: 1 de \varnothing 230 mm.

Dimensiones:

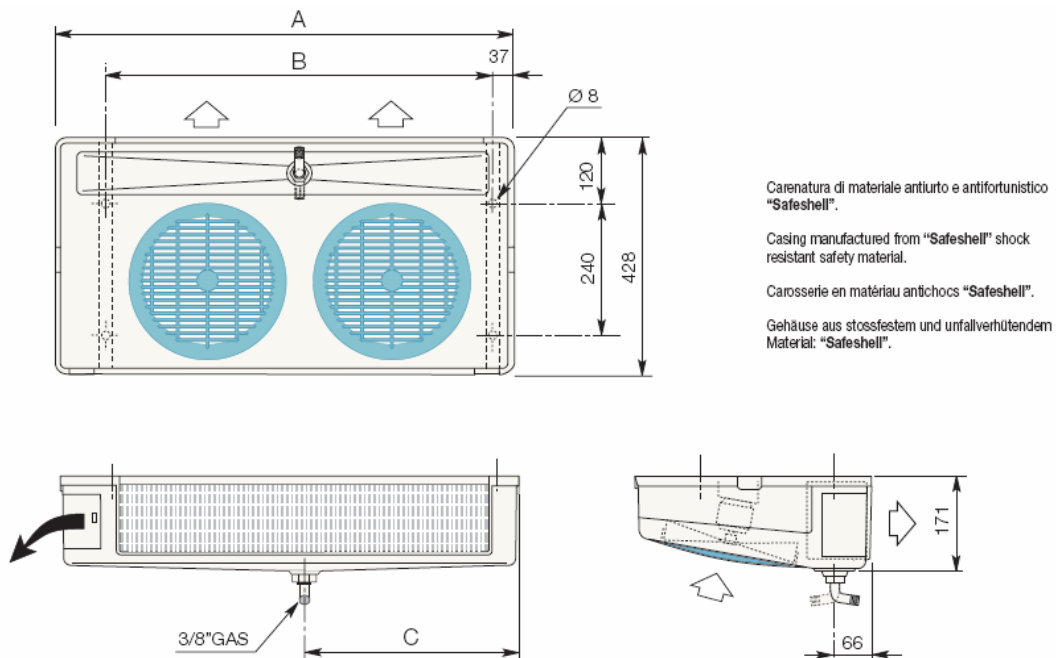


Figura 4.1 – Dimensiones del evaporador

Fuente: Manual de usuario de evaporador

A: 493 mm.

B: 374 mm.

C: 224 mm.

Peso: 5.2 Kg.

4.1.2 UNIDAD CONDENSADORA

Modelo: CAE2424ZBR

Voltaje: 100 – 115 V

Frecuencia: 50 – 60 Hz

Fase: Monofásico.

Refrigerante: R404A

Potencia: @ 60 Hz 2738 BTU/hr

Flujo de aire: 800 / 980 m³/hr

Intensidad de corriente:

Nominal: 8.5 / 7.7 A

Máxima: 13.6 / 13.7 A

Ventilador:

RPM: 1350 / 1610

Potencia: 22 W

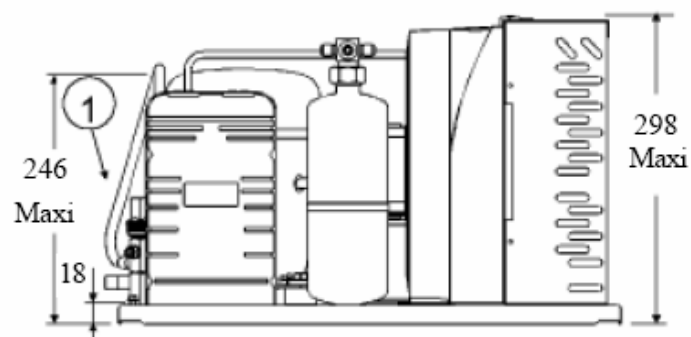
Diámetro de hélice: Ø 250 mm

Tanque recibidor:

Volumen: 0.75 L

Presión máxima de servicio: 32 Bar.

Dimensiones:



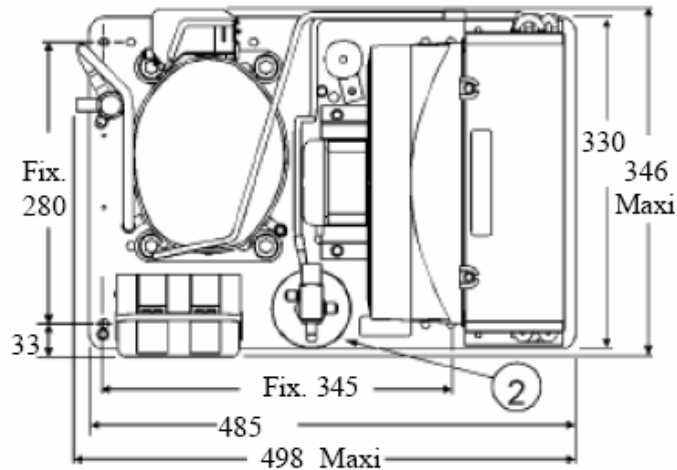


Figura 4.2 - Dimensiones de unidad condensadora
Fuente: Manual de usuario unidad condensadora

4.1.3 HORNO MUFLA

Tipo: Horno Mufla rectangular Horizontal

Modelo: MI254

Numero de equipo: AJ.8123P

Fuente de electricidad: 220 – 250 V

Fase: Monofásico

Frecuencia: 50 – 60 Hz.

Potencia: 3.6 Kw.

Temperatura Máxima: 1000 °C

Peso del Horno: 200 lb. (91 Kg.)

Controlador: Philips LD 30 con indicador de LED

Niquelina: 0.036 “ de diámetro x 16.5 “ de longitud.

4.2 INSTRUMENTOS VARIOS

4.2.1 PRESOSTATO

Modelo: Johnson control P70-AB2 para aplicaciones de baja presión con refrigerantes no corrosivos

Rango: 20 pulg. Hg a 100 psig (-68 a 690 kPa)

Diferencial: Max: 7 psi

Min: 50 psi

Conexión de presión: Capilar de 36 pulg. con Tuerca abocinada de ¼”

Máxima presión operacional: 100 psi

Máxima sobrepresión: 325 psi

Condiciones ambientales: -40 a 60°C

Dimensiones: 104 x 104 x 74 mm

Peso: 2.4 lb

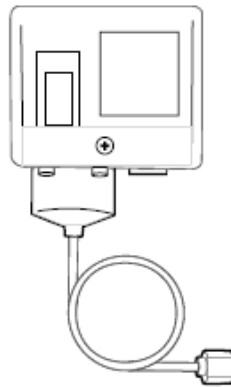


Figura 4.3 - Presostato
Fuente: Manual de presostato

4.2.2 FILTRO SECADOR

Modelo: Emerson Climate Technologies EKZ 05 – 2S

Filtración: 20 microns

Presión máxima: 680 psi

Refrigerante: 404- A

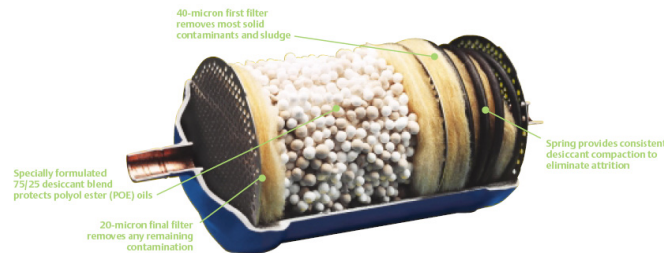


Figura 4.4 - Filtro secador
Fuente: Manual de filtro

4.2.3 CONTROLADOR DIGITAL

Modelo: TC – 900Ri

Voltaje: 115 / 230 Vac/dc

Temperatura de control: -50 °C a 75 °C

Resolución: 0.1 °C entre -10°C y 75°C /1°C entre -50°C y -10°C

Corriente máxima:

REFR: 5(3)A / 250Vac 1/8HP (Compresor, válvula solenoide o contactor)

VENT: 5(3)A / 250Vac 1/8HP (Forzadores del evaporador)

DEFER: 5(3)A / 250Vac (Deshielo-resistencia o gas caliente)

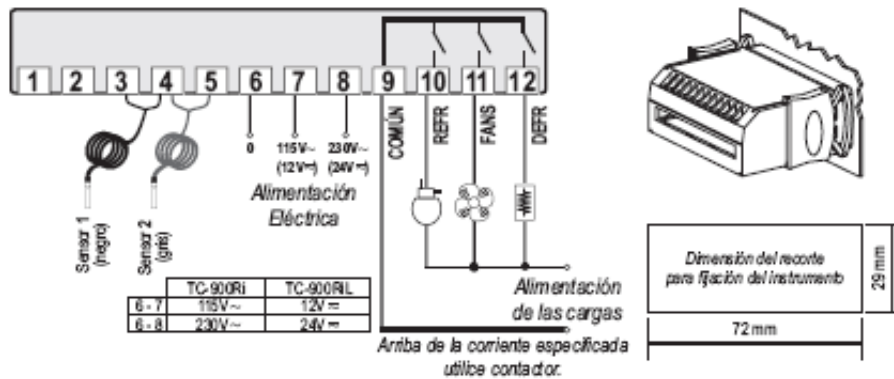
Dimensiones: 71 x 28 x 71mm

Sensores:

S1: Sensor de ambiente (negro)

S2: Sensor preso al evaporador a través de abrazadera metálica (gris)

Conexiones eléctricas:



- El sensor S1 debe quedar en el ambiente (negro).
- El sensor S2 debe quedar fijado en el evaporador a través de abrazadera metálica (gris).

Figura 4.5 - Esquema de conexiones controlador digital

Fuente: Manual de usuario controlador digital

4.2.4 TUBO CAPILAR:

Diámetro: Ø 0.42 mm

Largo: 3 m

4.2.5 RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO

Tipo: Resistencia sólida tubular.

Voltaje: 115 V

Frecuencia: 60 Hz

Fase: Monofásica

Potencia: 380 W

Dimensiones:

Largo: 350 mm

Diámetro: Ø 13 mm

4.2.6 RESISTENCIA PARA DEFROST

Tipo: Resistencia sólida tubular.

Voltaje: 115 V

Frecuencia: 60 Hz

Fase: Monofásica

Potencia: W

Dimensiones:

Largo: mm

Diámetro: mm

4.2.7 BALANZA ANALÍTICA

Marca: Mettler Toledo

Modelo: AL 204

Numero de serie: 1226426538

Fecha de calibración: Septiembre 12 2006

Próxima calibración: Marzo 12 2007

Capacidad de Pesaje:

Max 250 gr. e = 1 mg.

Min 0,01 gr. d = 0,1 mg.

4.2.8 REVERBERO ELÉCTRICO

Marca: Barnstead

Serie: Thermolyne

Modelo: Cimarec 2

Modelo No: SP46925

Numero de serie: 1069011196768

Voltios: 120 V

Amperaje: 9,5 A

Watts: 1118 W

Frecuencia: 60 Hz

Fase: Monofasico

4.2.9 FLUJOMETRO:



Figura 4.6 -Flujometro
Fuente: Manual de usuario flujometro

Marca: Dwyer

Modelo: RMA

Servicio: compatible con gases y líquidos

Presión máxima: 100 psi (6.9 bar)

Conexión: 1/8"

Peso: 4 onzas (113.4 gr)

Rango: 0.2 a 2 Ft3/hora (5.66 l/hora a 56.63 l/hora)

Temperatura límite: 54 °C

Dimensiones:

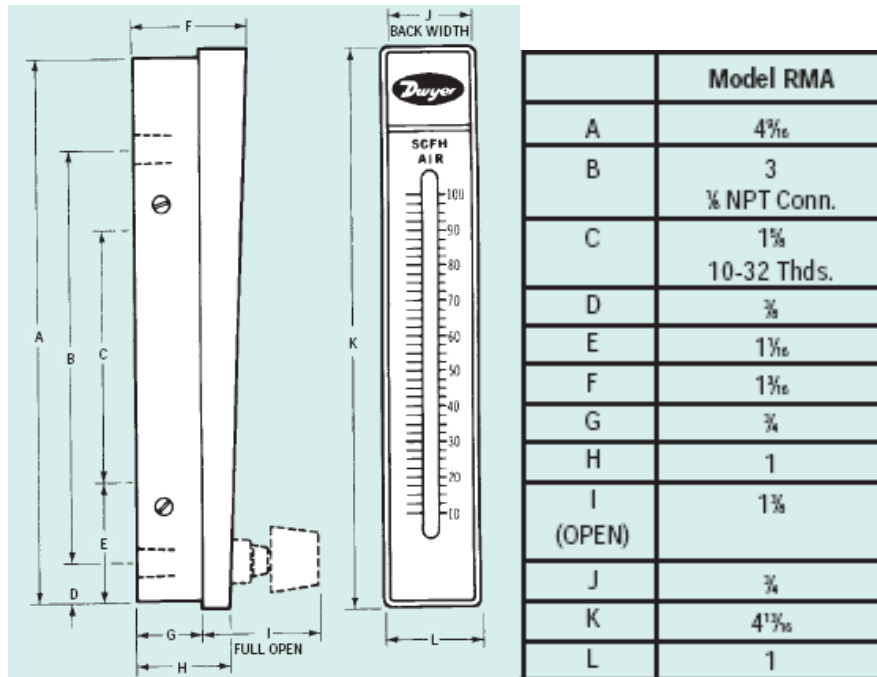


Figura 4.7 - Dimensiones del medidor de flujo
Fuente: Manual de usuario flujometro

CAPITULO 5

CONSTRUCCIÓN Y CALIBRACIÓN

5.1 CONSTRUCCIÓN

5.1.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

La construcción del equipo de refrigeración se la realizó en varias etapas debido a la complejidad del mismo. Cada etapa de su construcción llevo en si varios procesos de manufactura.

Para la construcción de la estructura del equipo de refrigeración se utilizaron las instalaciones de SEING PROAÑO donde se realizaron procesos de manufactura tales como soldadura, doblado de chapa, taladrado, remachado, entre otros.

Lista la estructura del sistema se procedió a la inyección de poliuretano que se la realizó en la empresa Vertron. Listo esta etapa del proceso de construcción se procedió a la instalación del equipo de refrigeración en si, instalaciones eléctricas y la respectiva carga de refrigerante, para lo cual se utilizó el taller de ECO frío Industrial y el asesoramiento del técnico de refrigeración Elías García.

Ya listo el sistema de refrigeración se procedió con la calibración del equipo y las pruebas respectivas.

A continuación se muestran los diagramas de proceso y de flujo de los componentes del sistema de refrigeración.

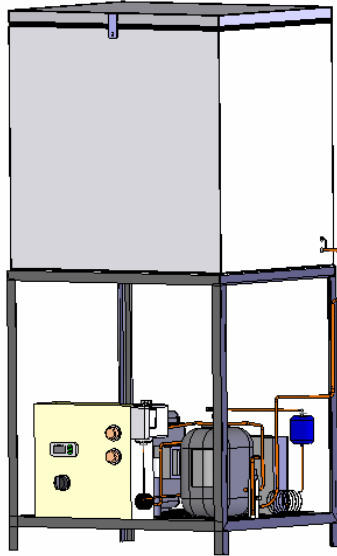
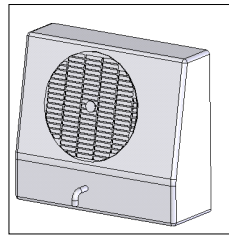
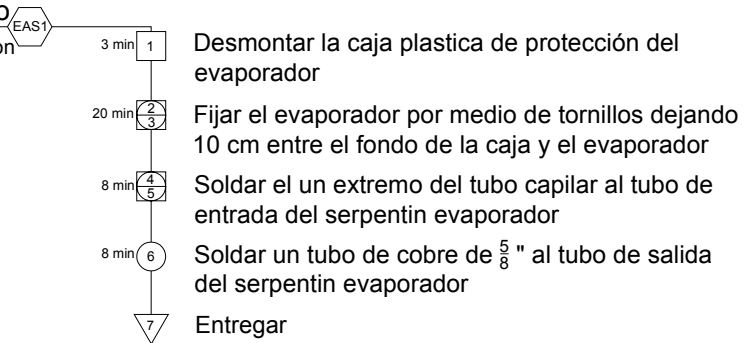


Figura 5.1 - Sistema de refrigeración
Fuente: Propia



Evaporador de aire forzado

Tubería de cobre con aletas de aluminio



Desmontar la caja plastica de protección del evaporador

Fijar el evaporador por medio de tornillos dejando 10 cm entre el fondo de la caja y el evaporador

Soldar el un extremo del tubo capilar al tubo de entrada del serpentín evaporador

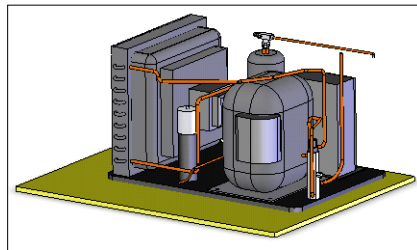
Soldar un tubo de cobre de $\frac{5}{8}$ " al tubo de salida del serpentín evaporador

Entregar

Figura 5.2 - Diagrama de proceso evaporador aire forzado
Fuente: Propia

Tabla 5.1 – Diagrama de flujo evaporador aire forzado

Nombre: Estructura para ensayo de temperaturas operativas			No parte: evap1	
Material: varios			Cantidad: 1	
No	Descripción	No Máquina	Máquina	Tiempo (min)
1	Desmontar caja plástica protectora	1	Destornillador estrella	3
2	Fijar evaporador en caja de refrigeradora	2	Taladro, broca 3/16", pernos 3/16x 3/4, escuadra, rayador.	20
3	Soldar capilar con toma del serpentín evaporador	3	Soldadora oxiacetilénica con plata	8
4	Soldar extensión de tubo de cobre	3	Soldadora oxiacetilénica con plata	8
5	Almacenar			



Unidad condensadora

Marca Tecumhse de $\frac{1}{2}$ Hp



- 8 min (1) Fijar la unidad condensadora por medio de tornillos
- 10 min (3) Soldar el otro extremo del tubo de $\frac{5}{8}$ " a la válvula para la entrada al compresor
- 5 min (5) Instalar la valvula de salida de refrigerante al tanque de almacenamiento de refrigerante
- 8min (7) Soldar un tubo de cobre de $\frac{1}{4}$ " a la válvula de salida del tanque de almacenamiento de refrigerante
- 10 min (8) Acoplar el filtro a dicho tubo por medio de acoples roscados
- 8 min (9) Unir la salida del filtro al comienzo del tubo capilar por medio de tubería de cobre de $\frac{1}{4}$ " con acople roscado de un lado y suelda del otro
- 10 min (10) Unir el presostato de baja al compresor por medio de tubería de cobre de $\frac{1}{4}$ "
- Almacenar (11)

Figura 5.3 - Diagrama de proceso unidad condensadora

Fuente: Propia

Tabla 5.2 – Diagrama de flujo unidad condensadora

Nombre: Estructura para ensayo de temperaturas operativas			No parte: ucond1	
Material: Varios			Cantidad: 1	
Nº	Descripción	No Máquina	Máquina	Tiempo (min)
1	Fijar unidad condensadora	1	Destornillador estrella	8
2	Soldar tubo de 5/8" a la válvula de entrada al compresor	2	Soldadora oxiacetilénica con plata	10
3	Instalar válvula de salida de refrigerante a tanque de almacenamiento	3	Llave de pico de loro #10	5
4	Soldar extensión de tubo de cobre de 1/4" a válvula de salida de tanque de almacenamiento de refrigerante	2	Soldadora oxiacetilénica con plata	8
5	Acoplar filtro a tubo instalado en el paso anterior por medio de acoples	3	Llave de pico de loro #10	10
6	Unir salida de filtro a tubo capilar por medio de tubería de 1/4"	2,3	Soldadora oxiacetilénica con plata, llave de pico de loro #10	8
7	Unir capilar del presostato de baja al compresor por medio de tubería de 1/4"	2	Soldadora oxiacetilénica	10
8	Almacenar			

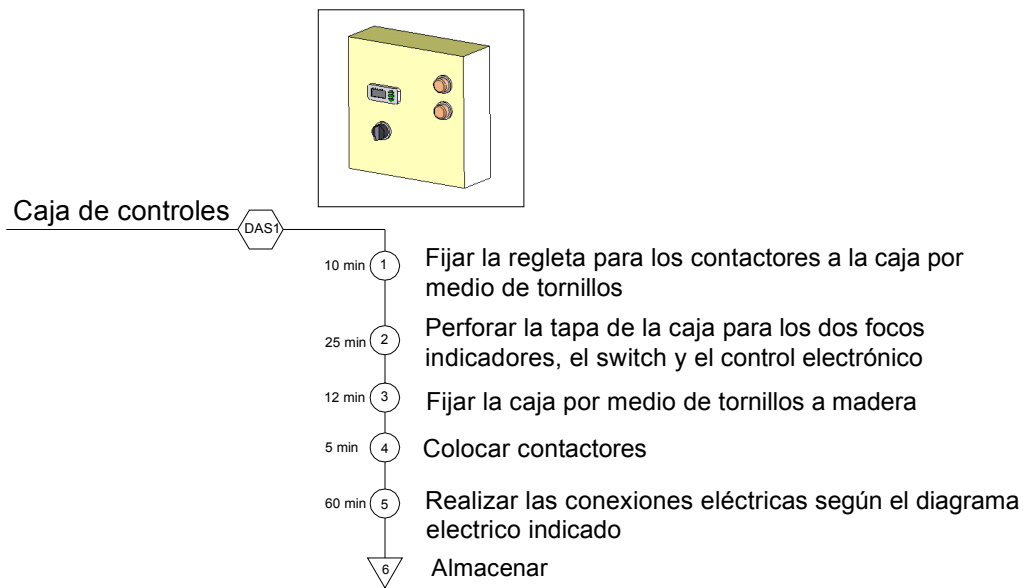


Figura 5.4 - Diagrama de proceso caja de controles
Fuente: Propia

Tabla 5.3– Diagrama de flujo caja de controles

Nombre: Estructura para ensayo de temperaturas operativas		No parte: Caco1		
Material: Varios		Cantidad: 1		
Nº	Descripción	No Máquina	Máquina	Tiempo (min)
1	Fijar regleta para contactores en caja	1	Taladro, broca 1/8", , tornillos 1/2 x 8 destornillador estrella.	10
2	Perforar agujeros de control digital y focos indicadores	2	Taladro de pedestal, broca 1/2, broca 1/8", lima redonda.	25
3	Fijar caja a madera	3	Taladro, broca 1/8", tornillos 3/4"x 8	12
4	Colocar contactores			5
5	Realizar las conexiones eléctricas	4	Destornillador plano y de estrella, pinza para ajustar conectores, voltímetro, pinza para pelar cables.	60
8	Almacenar			

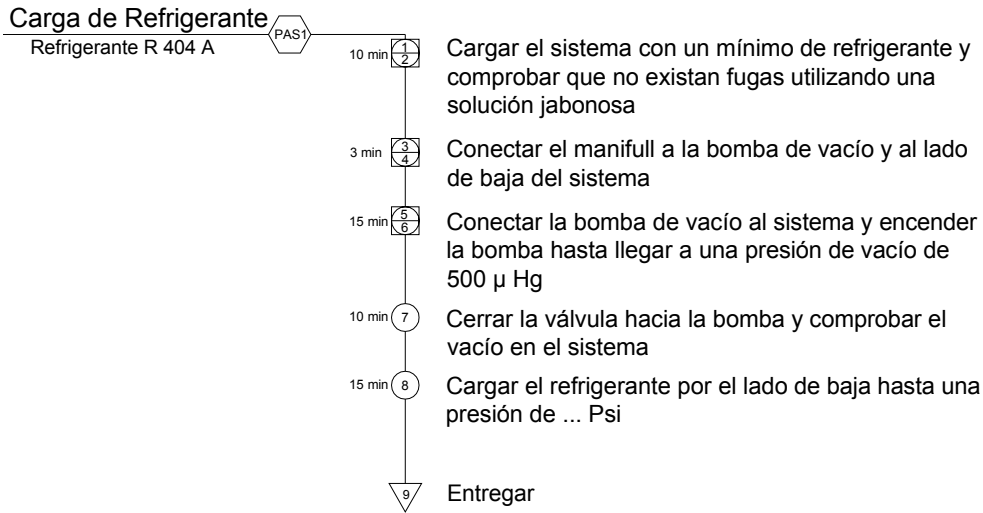


Figura 5.5 - Diagrama de proceso carga refrigerante
Fuente: Propia

Tabla 5.4– Diagrama de flujo carga de refrigerante

Nombre: Estructura para ensayo de temperaturas operativas		No parte: Carref1		
Material: Varios		Cantidad: 1		
No	Descripción	No Máquina	Máquina	Tiempo (min)
1	Cargar poco refrigerante para verificar fugas	1	Manómetros, llave de pico de loro #10	10
2	Conectar manífull a la bomba de vacío y al lado de baja del sistema	1,2	Bomba de vacío, Manómetros, llave de pico de loro #10	3
3	Vaciar el sistema hasta obtener una presión de vacío de 500 uHg	1,2	Bomba de vacío, Manómetros, llave de pico de loro #10	15
4	Cerrar válvula y comprobar el vacío del sistema	1	Manómetros, llave de pico de loro #10	10
5	Cargar refrigerante	3	Manómetros, llave de pico de loro #10	15
8	Entregar			

5.1.1.1 Circuito eléctrico

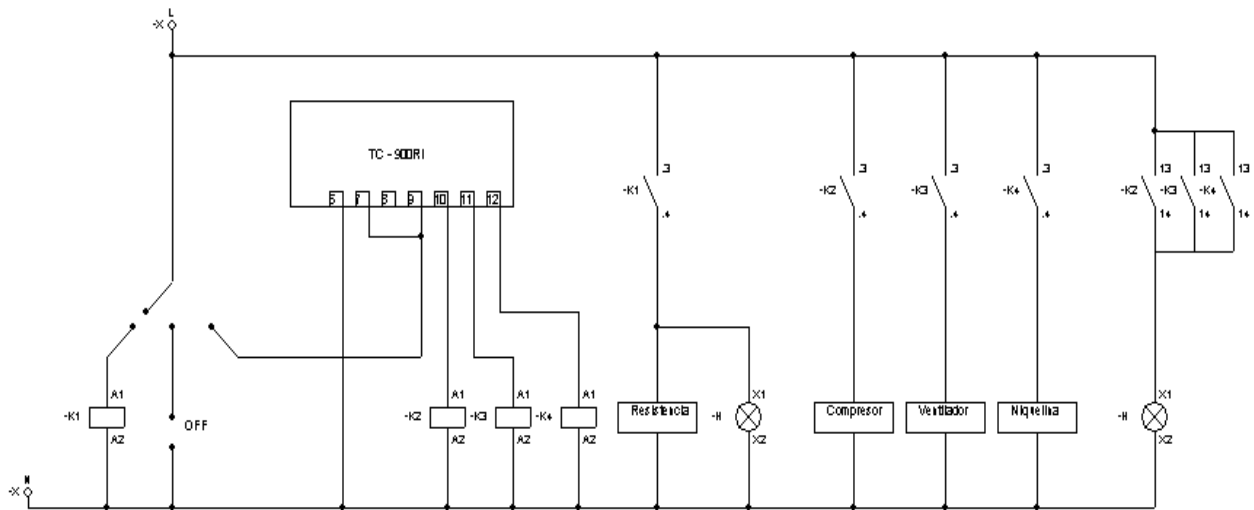


Figura 5.6 - Diagrama electrico del equipo
Fuente: Propia

5.1.2 CARCASA CON AISLAMIENTO

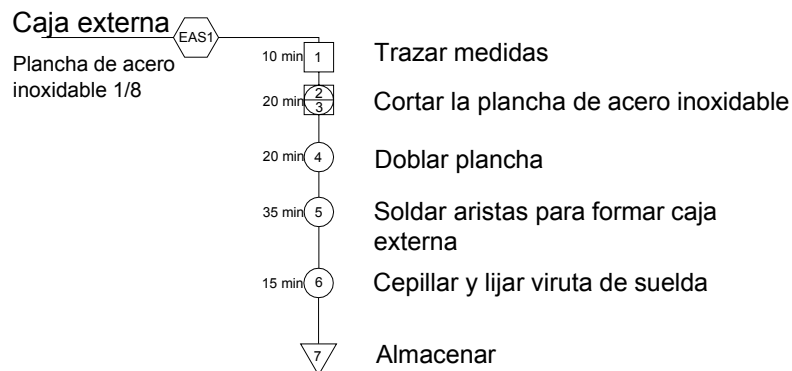
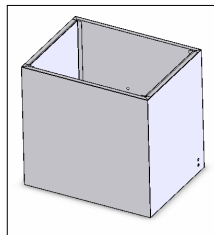


Figura 5.7 - Diagrama proceso carcasa con aislamiento
Fuente: Propia

Tabla 5.5– Diagrama de flujo caja externa

Nombre: Estructura para ensayo de temperaturas operativas			No parte: cajex01	
Material: acero inoxidable			Cantidad: 1	
No	Descripción	No Máquina	Máquina	Tiempo (min)
1	Trazar medidas	1	Mesa, flexómetro, escuadra, rayador.	10
2	Cortar plancha de 1/8"	2	Cizalla	20
3	Doblar plancha	3	Dobladora de tol	20
4	Soldar plancha para cubrir poliuretano	4	Soldadora mic, playo	35
5	Almacenar			

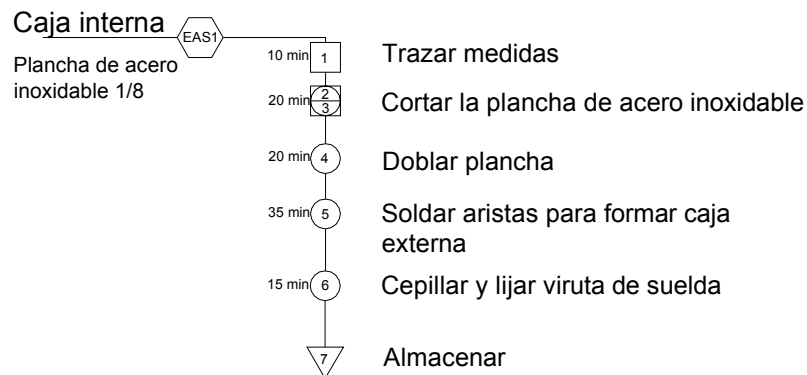
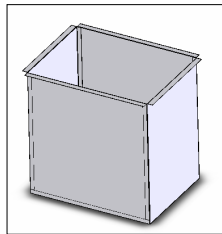


Figura 5.8 - Diagrama proceso caja interna
Fuente: Propia

Tabla 5.6– Diagrama de flujo caja interna

Nombre: Estructura para ensayo de temperaturas operativas			No parte: cajint01	
Material: acero inoxidable			Cantidad: 1	
No	Descripción	No Máquina	Máquina	Tiempo (min)
1	Trazar medidas	1	Mesa, flexómetro, escuadra, rayador.	10
2	Cortar plancha de 1/8"	2	Cizalla	20
3	Doblar plancha	3	Dobladora de tol	20
4	Soldar placha para cubrir poliuretano	4	Soldadora mic, playo	35
5	Almacenar			

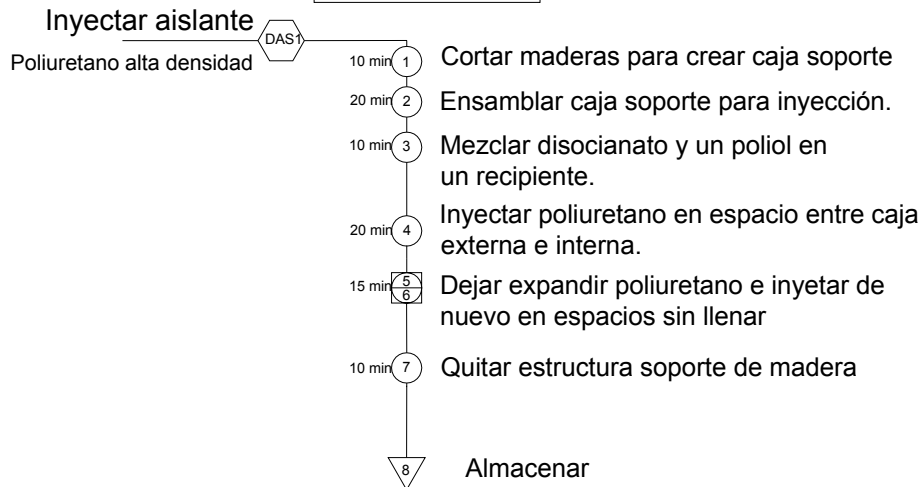
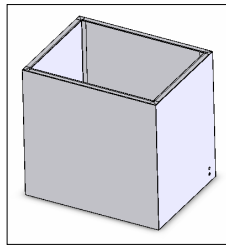


Figura 5.9 - Diagrama proceso inyección de aislante

Fuente: Propia

Tabla 5.7– Diagrama de flujo inyección de poliuretano

Nombre: Estructura para ensayo de temperaturas operativas			No parte: inyec01	
Material: poliuretano			Cantidad: 1	
No	Descripción	No Máquina	Máquina	Tiempo (min)
1	Cortar maderas para caja soporte	1	Mesa, flexómetro, escuadra, rayador.	10
2	Cortar plancha de 1/8"	2	Alicate, alambre galvanizado	20
3	Mezclar elementos químicos	3	Recipiente plástico	10
4	Inyección de poliuretano	4	Masking	35
5	Quitar estructura soporte	5	Pinza para cortar alambre	10
6	Almacenar			

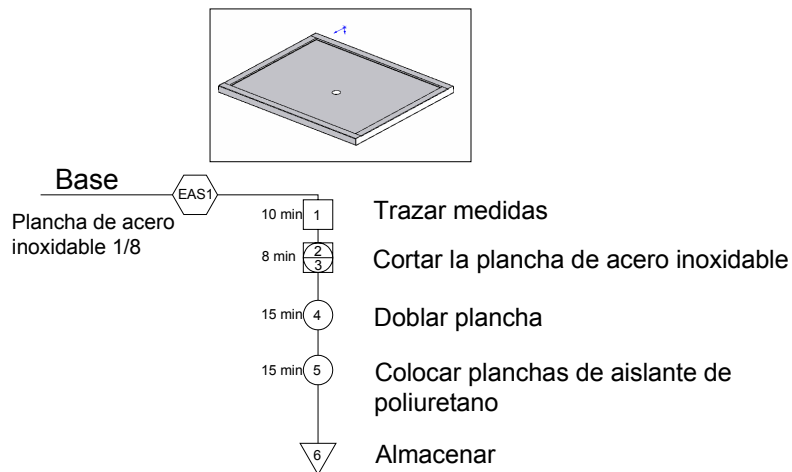


Figura 5.10 - Diagrama de proceso de base

Fuente: Propia

Tabla 5.8– Diagrama de flujo de base

Nombre: Estructura para ensayo de temperaturas operativas			No parte: base1	
Material: acero inoxidable			Cantidad: 1	
No	Descripción	No Máquina	Máquina	Tiempo (min)
1	Trazar medidas	1	Mesa, flexómetro, escuadra, rayador.	10
2	Cortar plancha de 1/8"	2	Cizalla	8
3	Doblar plancha	3	Dobladora de tol	15
4	Colocar plancha de poliuretano	4	Mesa, flexómetro, escuadra, rayador, estilete, cemento de contacto	15
5	Cepillar	6	Cepillo de acero y lija	15
6	Almacenar	7		

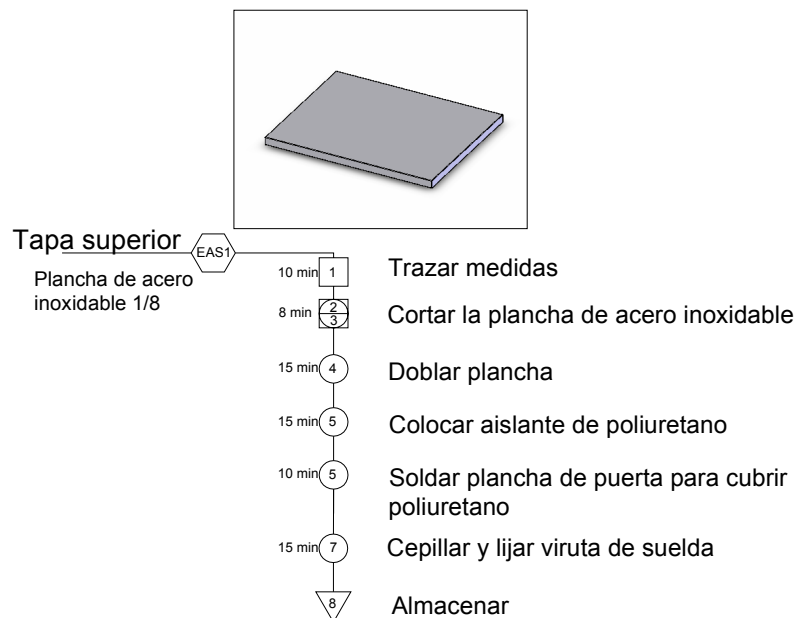
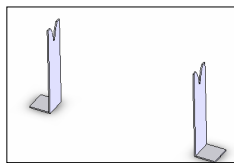


Figura 5.11 - Diagrama de proceso de tapa superior

Fuente: Propia

Tabla 5.9– Diagrama de flujo de tapa superior

Nombre: Estructura para ensayo de temperaturas operativas			No parte: tapa1	
Material: acero inoxidable			Cantidad: 1	
No	Descripción	No Máquina	Máquina	Tiempo (min)
1	Trazar medidas	1	Mesa, flexómetro, escuadra, rayador.	10
2	Cortar plancha de 1/8"	2	Cizalla	8
3	Doblar plancha	3	Dobladora de tol	15
4	Colocar plancha de poliuretano	4	Mesa, flexómetro, escuadra, rayador, estilete, cemento de contacto	15
5	Soldar placha para cubrir poliuretano	5	Soldadora mic, playo	10
6	Cepillar	6	Cepillo de acero y lija	15
7	Almacenar	7		



Soportes para resistencia

lamina acero inoxidable 1/8"

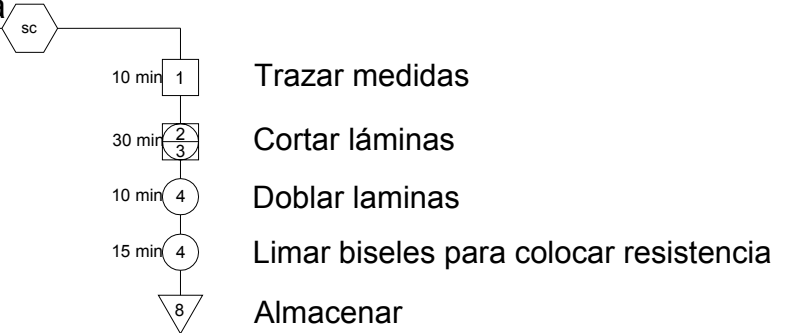


Figura 5.12 - Diagrama de proceso de soportes para resistencia
Fuente: Propia

Tabla 5.10– Diagrama de flujo soportes para resistencia

Nombre: Estructura para ensayo de temperaturas operativas			No parte: sopo1	
Material: acero inoxidable			Cantidad: 2	
No	Descripción	No Máquina	Máquina	Tiempo (min)
1	Trazar medidas	1	Mesa, flexómetro, escuadra, rayador.	10
2	Cortar plancha de 1/8"	2	Cizalla	30
3	Doblar plancha	3	Dobladora de tol	10
4	Limar biseles	4	Lima triangular	15
5	Almacenar	5		

5.1.3 ESTRUCTURA SOPORTE



Estructura soporte

ángulo de 1" x 1/8"

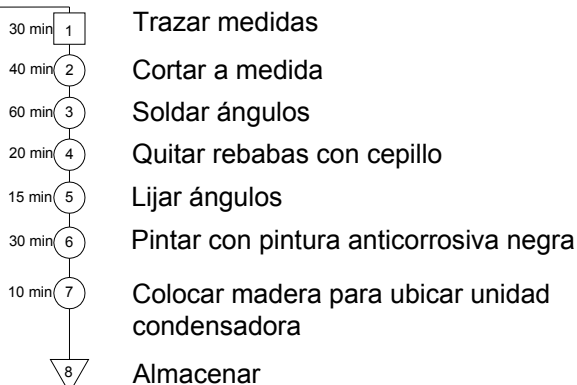


Figura 5.13 - Diagrama de proceso de estructura soporte
Fuente: Propia

Tabla 5.11– Diagrama de flujo estructura soporte

Nombre: Estructura para ensayo de temperaturas operativas			No parte: estruc1	
Material: ángulos de acero de 1 x 1/8"			Cantidad: 1	
No	Descripción	No Máquina	Máquina	Tiempo (min)
1	Trazar medidas	1	Mesa, flexómetro, escuadra, rayador.	30
2	Cortar ángulos de 1 x1/8"	2	Sierra	40
3	Soldar ángulos	3	Soldadora eléctrica	60
4	Quitar rebabas	4	Cepillos de alambre	20
5	Lijar ángulos	5	Lija #150 de agua	15
6	Pintar estructura	6	Brocha, thinner, pintura anticorrosivo	30
7	Colocar madera	7	-----	10
8	Almacenar			

5.2 CALIBRACIÓN

5.2.1 CALIBRACIÓN DE CONTROL DIGITAL

Tabla 5.12– Calibracion de control digital

FUN	DESCRIPCIÓN	MIN	MAX	CALIBR	UNIDAD
F01	Código de acceso: 123 (ciento veintitrés)	---	---	---	-----
F02	Diferencial de control (histéresis)	0.1	20	2	° C
F03	Corrimiento de indicación de la temperatura ambiente en S1 (offset)	-20	20	0	° C
F04	Mínimo setpoint permitido al usuario final	-50	75	-25	° C

F05	Máximo setpoint permitido al usuario final	-50	75	20	° C
F06	Retardo en la partida (energización)	0	30	0	Min.
F07	Punto de actuación del alerta de temperatura ambiente alta (S1)	-50	75	75	° C
F08	Tiempo en refrigeración (intervalo entre deshielos)	1	999	300	Min.
F09	Tiempo mínimo de compresor conectado	0	999	0	Seg.
F10	Tiempo mínimo de compresor desconectado	0	999	0	Seg.
F11	Situación del compresor con sensor ambiente (S1) desconectado	0 -Off	1 – on	1	-----
F12	Deshielo en la partida del instrumento	0 – no	1 – yes	0	-----
F13	Temperatura en el evaporador (S2) para determinar fin de deshielo	-50	75	-19	° C
F14	Duración máxima del deshielo	0=disab	90	10	Min.
F15	Forzador conectado durante el deshielo	0 – no	1 – yes	0	-----
F16	Tipo de deshielo	0 – elect	1 – hot gas	0	-----
F17	Indicación de temperatura (S1) bloqueada durante el deshielo	0 - no	1 – yes	0	-----
F18	Tiempo de drenaje (goteo del agua del deshielo)	0	30	6	° C
F19	Temp. del evaporador (S2) p/ retorno del forzador después del drenaje	-50	75	0	Min.

F20	Tiempo máximo p/ retorno del forzador del drenaje (fan-delay)	0	30	1	° C
F21	Forzador conectado con compresor desconectado (en refrigeración)	0 – no	1 – yes	1	Min.
F22	Parada del forzador por temperatura alta en el evaporador	-50	75	75	° C

Descripción de las funciones

F01 - Código de acceso (123)

Es necesario cuando si desea alterar los parámetros de configuración. Para sólo visualizar los parámetros ajustados, no es necesario ingresar este código.

F02 - Diferencial de control (histéresis)

Es la diferencia de temperatura (histéresis) entre CONECTAR y DESCONECTAR la refrigeración.

Ejemplo: Si desea controlar la temperatura en 4.0 °C con diferencial de 1.0 °C.

Luego, la refrigeración será conectada en 4.0 °C y reconectada en 5.0 °C (4.0 + 1.0).

F03 - Corrimiento de indicación de la temperatura ambiente (offset)

Permite compensar eventuales errores en la lectura de la temperatura ambiente (S1), provenientes del cambio del sensor o de la alteración del largo del cable.

F04 - Mínimo setpoint permitido al usuario final

Bloqueos electrónicos cuya finalidad es evitar, que por error, se regule la temperatura extremadamente baja de setpoint.

F05 - Máximo setpoint permitido al usuario final

Bloqueos electrónicos cuya finalidad es evitar, que por error, se regule la temperatura extremadamente alta de setpoint.

F06 - Retardo en la partida (energización) de este instrumento

Cuando el instrumento es prendido, este puede permanecer un tiempo con su control inhabilitado, retardando el inicio del proceso. Durante ese tiempo él funciona solamente como indicador de temperatura. Sirve para evitar altas de demanda de energía eléctrica, en caso de corte y retorno de la misma, cuando existen varios equipos conectados en la misma línea. Para eso, basta ajustar tiempos distintos para cada equipo. Ese retardo puede ser del compresor o del deshielo (cuando existir deshielo en la partida).

F07- Punto de actuación del alerta de temperatura ambiente alta (S1)

Si la temperatura ambiente (sensor S1) alcanzar ese punto durante la refrigeración, eso será señalado visualmente a través de la indicación parpadeando en el visor.

F08 - Tiempo de refrigeración - intervalo entre deshielos

Es el tiempo en el cual el compresor conectará solamente por temperatura ambiente, y se empieza el conteo a partir de la entrada del forzador, después de la etapa de fan-delay (retorno del forzador después drenaje).

Atención: El deshielo sólo va a iniciarse si la temperatura en S2 (sensor del evaporador) sea menor que la indicada en F13.

F09 - Tiempo mínimo de compresor conectado

Es el tiempo mínimo en que el compresor permanecerá conectado, o sea, espacio de tiempo entre la última partida y la próxima parada. Sirve para evitar altas de tensión en la red eléctrica.

F10 - Tiempo mínimo de compresor desconectado

Es el tiempo mínimo en que el compresor permanecerá desconectado, o sea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida. Sirve para aliviar la presión de descarga y aumentar el tiempo de vida útil del compresor.

F11 -Situación del compresor con sensor ambiente (S1) desconectado

Si el sensor ambiente (S1) se encuentra desconectado o fuera del rango de medición, el compresor asume el estado configurado en esta función.

Ejemplo: Para cámaras que almacenan frutas, se prefiere que el compresor quede desconectado; ya en cámaras que almacenan carnes, es preferible que el compresor permanezca conectado.

F12 - Deshielo en la partida del instrumento

Posibilita la realización de un deshielo en el momento en que el controlador es energizado, como por ejemplo, en el retorno de la energía eléctrica (en caso de corte de energía eléctrica).

F13 - Temperatura en el evaporador (S2) para determinación de fin de deshielo

Si la temperatura en el evaporador (sensor S2) alcanza el valor ajustado, el fin de deshielo ocurrirá por temperatura, que es lo deseable. Con eso, se optimiza el proceso de deshielo.

F14 - Duración máxima del deshielo

Esta función sirve para ajustar el valor máximo de tiempo para el deshielo. Si dentro de ese período la temperatura del evaporador no alcanza el valor configurado en F13 un punto quedará parpadeando en el borde inferior derecho del visor, indicando que el término del deshielo ocurrió por tiempo y no por temperatura.

El final del deshielo por tiempo (el cual no es deseable) puede ocurrir en las siguientes situaciones:

- Temperatura ajustada (F13) muy alta*
- Tiempo máximo de deshielo (F14) insuficiente*
- Sensor (S2) desconectado o sin contacto con el evaporador*

F15 - Forzador prendido durante el deshielo

Posibilita el funcionamiento del forzador durante el deshielo.

Ejemplo: Deshielo natural o por resistencias aletadas instaladas fuera del evaporador.

F16 - Tipo de deshielo

“0” = Deshielo eléctrico (por resistencias), donde es activada solamente la salida de deshielo.

“1” = Deshielo por gas caliente, donde son activadas las salidas del compresor y del deshielo.

F17 - Indicación de temperatura (S1) bloqueada durante el deshielo

Esta función tiene por finalidad evitar que sea visualizada la elevación de temperatura ambiente durante el deshielo, permaneciendo la última indicación antes del inicio del deshielo. La indicación es liberada nuevamente en el inicio del ciclo de refrigeración, después del fan-delay (atraso para retorno del ventilador).

F18 - Tiempo de drenaje (goteo del agua del deshielo)

Tiempo necesario para goteo, o sea, para que escurran las últimas gotas de agua del evaporador. Todas las salidas permanecen apagadas. Si no se desea esta etapa, ajuste ese tiempo para cero..

F19 - Temperatura del evaporador (S2) para retorno del forzador después drenaje (fan-delay)

Después del drenaje inicia el ciclo de fan-delay. La refrigeración es activada inmediatamente, pues la temperatura ambiente está alta, pero el forzador sólo es activado después que la temperatura en el evaporador quede más baja que el valor ajustado. Ese proceso es necesario para remover el calor que todavía existe en el evaporador a causa del deshielo, evitando tirarlo en el ambiente.

F20 - Tiempo máximo para retorno del forzador después del drenaje (fan-delay)

Por seguridad, caso la temperatura en el evaporador no alcance el valor ajustado en **F19** o el sensor S2 se encuentre desconectado, el retorno del forzador ocurrirá en el tiempo ajustado en esta función.

F21 - Forzador prendido con compresor apagado

Durante la refrigeración, la activación del forzador puede estar condicionada al del compresor

“0” = El forzador permanece prendido solamente mientras el compresor esté prendido (esta alternativa, en algunos casos, posibilita gran ahorro de energía eléctrica).

“1” = El forzador permanece prendido durante todo el ciclo de refrigeración.

F22 - Parada del forzador por temperatura alta en el evaporador

Tiene por finalidad ciclar la ventilación del evaporador hasta que la temperatura ambiente se aproxime de aquella prevista en el proyecto de la instalación frigorífica, evitando así altas temperaturas y presiones de succión que pueden dañar el compresor. Si la temperatura en el evaporador sobrepasar el valor ajustado, el forzador es apagado, prendiendo de nuevo con una histéresis fija de 2 °C abajo de ese valor. Importante recurso cuando, por ejemplo, se pone en operación un equipo frigorífico que estuvo parado por días o cuando se reabastece cámaras o refrigeradores comerciales con la debida mercadería.

5.3 COMPORTAMIENTO DEL EQUIPO

5.3.1 COMPORTAMIENTO DEL EQUIPO DE REFRIGERACIÓN

Tabla 5.13– Comportamiento de equipo de refrigeración para enfriamiento (probeta $\frac{1}{2}$ ")

Prueba 1: enfriamiento (probeta $\frac{1}{2}$")		
Rango de temperatura entre encendido y apagado de compresor: -22 °C a -19 °C		
Tiempo en alcanzar -22 °C: 35 min		
Numero de prueba	Tiempo de encendido del compresor	Tiempos de duración apagado el compresor
1	1 min 26 seg	2 min 4 seg
2	1 min 17 seg	2 min 0 seg
3	1 min 20 seg	2 min 2 seg
4	1 min 20 seg	2 min 3 seg

Tabla 5.14– Comportamiento de equipo de refrigeración para enfriamiento (probeta $\frac{3}{4}$ ")

Prueba 2: enfriamiento (probeta $\frac{3}{4}$")		
Rango de temperatura entre encendido y apagado de compresor: -22 °C a -19 °C		
Tiempo en alcanzar -22 °C: 32 min 30 seg		
Numero de prueba	Tiempo de encendido del compresor	Tiempos de duración apagado el compresor
1	1 min 28 seg	1 min 35 seg
2	1 min 20 seg	1 min 30 seg

Tabla 5.15– Comportamiento de equipo de refrigeración para calentamiento (probeta $\frac{1}{2}$ ")

Prueba 1: Calentamiento (probeta $\frac{1}{2}$")		
Temperatura a alcanzar : 70 °C		
Numero de prueba	Tiempo para alcanzar 70°C	Tiempo para enfriarse
1	2 min 47 seg	50 min 0 seg
2	3 min 1 seg	54 min 40 seg
3	3 min 23 seg	45 min 5 seg
4	3 min 24 seg	40 min 0 seg
5	3 min 7 seg	42 min 34 seg
6	3 min 30 seg	42 min 26 seg

CAPITULO 6

RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS

6.1 ENSAYO DE TEMPERATURAS DE SERVICIO

6.1.1 HOJA DE CONTROL DE ENSAYO

Tabla 6.1 – Hoja de control de ensayo TOE01

Código: TOE01		
Diámetro de la probeta: ¾ pulgadas		
Temperatura de la probeta al inicio del ensayo: 22 °C		
Fecha de inicio del ensayo: 22/10/07		
Hora de inicio del ensayo: 10:20 AM		
Lote del accesorio UNC: S/L		
	Tiempo en llegar a 70 °C	Tiempo en enfriarse a temperatura ambiente
Primer Calentamiento:	5 min 2 seg	55 min
Segundo Calentamiento:	4 min 41 seg	55 min
Tercer Calentamiento:	5 min 49 seg	55 min
Cuarto Calentamiento:	4 min 22 seg	55 min
Quinto Calentamiento:	4 min 50 seg	55 min
Sexto Calentamiento:	4 min 27 seg	55 min
Hora de inicio enfriamiento a -20 °C: 3 : 45 PM		
Fecha de fin del ensayo: 23/10/07		
Hora de fin del ensayo: 4:30 PM		
Observaciones:		

Tabla 6.2 – Hoja de control de ensayo TOE02

Código: TOE02		
Diámetro de la probeta: ½ pulgadas		
Temperatura de la probeta al inicio del ensayo: 21 °C		
Fecha de inicio del ensayo: 24/10/07		
Hora de inicio del ensayo: 10:30 AM		
Lote del accesorio UNC: S/L		
	Tiempo en llegar a 70 °C	Tiempo en enfriarse a temperatura ambiente
Primer Calentamiento:	3 min 38 seg	50 min
Segundo Calentamiento:	3 min 32 seg	50 min
Tercer Calentamiento:	4 min 10 seg	50 min
Cuarto Calentamiento:	3 min 35 seg	50 min
Quinto Calentamiento:	3 min 25 seg	50 min
Sexto Calentamiento:	3 min 18 seg	50 min
Hora de inicio enfriamiento a -20 °C: 3 : 15 PM		
Fecha de fin del ensayo: 25/10/07		
Hora de fin del ensayo: 4:00 PM		
Observaciones:		

Tabla 6.3 – Hoja de control de ensayo TOE03

Código: TOE03		
Diámetro de la probeta: ½ pulgadas		
Temperatura de la probeta al inicio del ensayo: 22 °C		
Fecha de inicio del ensayo: 12/11/07		
Hora de inicio del ensayo: 10:00 AM		
Lote del accesorio UNC: 1125 – 2/U		
	Tiempo en llegar a 70 °C	Tiempo en enfriarse a temperatura ambiente
Primer Calentamiento:	3 min 21 seg	50 min
Segundo Calentamiento:	3 min 09 seg	50 min
Tercer Calentamiento:	3 min 14 seg	50 min
Cuarto Calentamiento:	3 min 05 seg	50 min
Quinto Calentamiento:	3 min 18 seg	50 min
Sexto Calentamiento:	3 min 11 seg	50 min
Hora de inicio enfriamiento a -20 °C: 3 : 55 PM		
Fecha de fin del ensayo: 13/11/07		
Hora de fin del ensayo: 4:40 PM		
Observaciones:		

Tabla 6.4 – Hoja de control de ensayo TOE04

Código: TOE04		
Diámetro de la probeta: ½ pulgadas		
Temperatura de la probeta al inicio del ensayo: 22 °C		
Fecha de inicio del ensayo: 14/11/07		
Hora de inicio del ensayo: 10:50 AM		
Lote del accesorio UNC: 1125 – 2/U		
	Tiempo en llegar a 70 °C	Tiempo en enfriarse a temperatura ambiente
Primer Calentamiento:	3 min 16 seg	50 min
Segundo Calentamiento:	3 min 20 seg	50 min
Tercer Calentamiento:	3 min 25 seg	50 min
Cuarto Calentamiento:	3 min 10 seg	50 min
Quinto Calentamiento:	3 min 40 seg	50 min
Sexto Calentamiento:	3 min 40 seg	50 min
Hora de inicio enfriamiento a -20 °C: 3 : 45 PM		
Fecha de fin del ensayo: 15/11/07		
Hora de fin del ensayo: 4:30 PM		
Observaciones:		

Tabla 6.5 – Hoja de control de ensayo TOE05

Código: TOE05		
Diámetro de la probeta: ¾ pulgadas		
Temperatura de la probeta al inicio del ensayo: 20 °C		
Fecha de inicio del ensayo: 19/11/07		
Hora de inicio del ensayo: 10:50 AM		
Lote del accesorio UNC: 1113 – 2/U		
	Tiempo en llegar a 70 °C	Tiempo en enfriarse a temperatura ambiente
Primer Calentamiento:	5 min 30 seg	55 min
Segundo Calentamiento:	5 min 24 seg	55 min
Tercer Calentamiento:	5 min 20 seg	55 min
Cuarto Calentamiento:	5 min 35 seg	55 min
Quinto Calentamiento:	5 min 40 seg	55 min
Sexto Calentamiento:	5 min 34 seg	55 min
Hora de inicio enfriamiento a -20 °C: 3 : 45 PM		
Fecha de fin del ensayo: 20/11/07		
Hora de fin del ensayo: 4:30 PM		
Observaciones:		

Tabla 6.6 – Hoja de control de ensayo TOE06

Código: TOE06		
Diámetro de la probeta: ¾ pulgadas		
Temperatura de la probeta al inicio del ensayo: 22 °C		
Fecha de inicio del ensayo: 21/11/07		
Hora de inicio del ensayo: 10:30 AM		
Lote del accesorio UNC: 1113 – 2/U		
	Tiempo en llegar a 70 °C	Tiempo en enfriarse a temperatura ambiente
Primer Calentamiento:	5 min 40 seg	55 min
Segundo Calentamiento:	5 min 20 seg	55 min
Tercer Calentamiento:	5 min 25 seg	55 min
Cuarto Calentamiento:	5 min 30 seg	55 min
Quinto Calentamiento:	5 min 18 seg	55 min
Sexto Calentamiento:	5 min 15 seg	55 min
Hora de inicio enfriamiento a -20 °C: 4 : 00 PM		
Fecha de fin del ensayo: 22/11/07		
Hora de fin del ensayo: 4:45 PM		
Observaciones:		

6.1.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 6.7 – Análisis de resultados ensayo de temperaturas de servicio

ENSAYO DE TEMPERATURAS DE SERVICIO								
Código de ensayo	Diámetro	Accesorio	Código	Lote	Existencia de fugas previas al ensayo		Existencia de fugas posteriores al ensayo	
					SI	NO	SI	NO
TOE01	3/4 in	Tapón	TA20	S/L		X		X
		Unión	UNC20	S/L		X		X
		Reducción roscada	TMR20x13	S/L		X		X
TOE02	1/2 in	Tapón	TA13	S/L		X		X
		Unión	UNC13	1125 - 2/U		X	X	
		Unión roscada	TMN13	S/L		X		X
TOE03	1/2 in	Tapón	TA13	S/L		X		X
		Unión	UNC13	1125 - 2/U		X	X	
		Unión roscada	TMN13	S/L		X		X
TOE04	1/2 in	Tapón	TA13	S/L		X		X
		Unión	UNC13	1125 - 2/U		X	X	
		Unión roscada	TMN13	S/L		X		X
TOE05	3/4 in	Tapón	TA20	S/L		X		X
		Unión	UNC20	1113 - 2/U		X	X	
		Reducción roscada	TMR20x13	S/L		X		X
TOE06	3/4 in	Tapón	TA20	S/L		X		X
		Unión	UNC20	1113 - 2/U		X		X
		Reducción roscada	TMR20x13	S/L		X		X

6.2 Ensayo de comportamiento a la Corrosión

6.2.1 HOJA DE CONTROL DEL ENSAYO

Tabla 6.8 – Hoja de control de ensayo CCE01

Código: CCE01
Diámetro de la probeta: 3/4"
Fecha de inicio del ensayo: 19/11/2007
Hora de inicio del ensayo: 15:30
Lote del accesorio UNC: S/L
Tiempo en llegar la solución a temperatura de ebullición: 30 min
Hora de inicio del ataque corrosivo: 17:00
Fecha de fin del ensayo: 20/11/2007
Hora de fin del ensayo: 7:00
Observaciones:

Tabla 6.9 – Hoja de control de ensayo CCE02

Código: CCE02
Diámetro de la probeta: 1/2"
Fecha de inicio del ensayo: 20/11/2007
Hora de inicio del ensayo: 15:30
Lote del accesorio UNC: 1125 - 2/U
Tiempo en llegar la solución a temperatura de ebullición: 30 min
Hora de inicio del ataque corrosivo: 17:00
Fecha de fin del ensayo: 21/11/2007
Hora de fin del ensayo: 7:00
Observaciones:

Tabla 6.10 – Hoja de control de ensayo CCE03

Código: CCE03
Diámetro de la probeta: ½ ”
Fecha de inicio del ensayo: 21/11/2007
Hora de inicio del ensayo: 15:30
Lote del accesorio UNC: 1125 - 2/U
Tiempo en llegar la solución a temperatura de ebullición: 30 min
Hora de inicio del ataque corrosivo: 17:00
Fecha de fin del ensayo: 22/11/2007
Hora de fin del ensayo: 7:00
Observaciones:

Tabla 6.11 – Hoja de control de ensayo CCE04

Código: CCE04
Diámetro de la probeta: ½ ”
Fecha de inicio del ensayo: 22/11/2007
Hora de inicio del ensayo: 15:30
Lote del accesorio UNC: 1125 - 2/U
Tiempo en llegar la solución a temperatura de ebullición: 30 min
Hora de inicio del ataque corrosivo: 17:00
Fecha de fin del ensayo: 23/11/2007
Hora de fin del ensayo: 7:00
Observaciones:

Tabla 6.12 – Hoja de control de ensayo CCE05

Código: CCE05
Diámetro de la probeta: ¾"
Fecha de inicio del ensayo: 26/11/2007
Hora de inicio del ensayo: 15:30
Lote del accesorio UNC: 1113 - 2/U
Tiempo en llegar la solución a temperatura de ebullición: 30 min
Hora de inicio del ataque corrosivo: 17:00
Fecha de fin del ensayo: 27/11/2007
Hora de fin del ensayo: 7:00
Observaciones:

Tabla 6.13– Hoja de control de ensayo CCE06

Código: CCE06
Diámetro de la probeta: ¾"
Fecha de inicio del ensayo: 27/11/2007
Hora de inicio del ensayo: 15:30
Lote del accesorio UNC: 1113 - 2/U
Tiempo en llegar la solución a temperatura de ebullición: 30 min
Hora de inicio del ataque corrosivo: 17:00
Fecha de fin del ensayo: 28/11/2007
Hora de fin del ensayo: 7:00
Observaciones:

6.2.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 6.14– Análisis de resultados ensayo de comportamiento a la corrosión

ENSAYO DE COMPORTAMIENTO A LA CORROSIÓN								
Código de ensayo	Diámetro	Accesorio	Código	Lote	Existencia de fugas previas al ensayo		Existencia de fugas posteriores al ensayo	
					SI	NO	SI	NO
CCE01	3/4 in	Tapón	TA20	S/L		X		X
		Unión	UNC20	S/L		X		X
		Reducción roscada	TMR20x13	S/L		X		X
CCE02	1/2 in	Tapón	TA13	S/L		X		X
		Unión	UNC13	1125 – 2/U		X	X	
		Unión roscada	TMN13	S/L		X		X
CCE03	1/2 in	Tapón	TA13	S/L		X		X
		Unión	UNC13	1125 - 2/U		X		X
		Unión roscada	TMN13	S/L		X		X
CCE04	1/2 in	Tapón	TA13	S/L		X		X
		Unión	UNC13	1125 - 2/U		X	X	
		Unión roscada	TMN13	S/L		X		X

CCE05	3/4 in	Tapón	TA20	S/L		X		X
		Unión	UNC20	1113 - 2/U		X		X
		Reducción roscada	TMR20x13	S/L		X		X
CCE06	3/4 in	Tapón	TA20	S/L		X		X
		Unión	UNC20	1113 - 2/U		X	X	
		Reducción roscada	TMR20x13	S/L		X		X

6.3 Ensayo de Capacidad Adicional de Carga Térmica

6.3.1 HOJA DE CONTROL DEL ENSAYO

Tabla 6.15– Hoja de control de ensayo CRE01

Código: CRE01		
Diámetro de la probeta: $\frac{3}{4}$ "		
Fecha de inicio del ensayo: 13/10/07		
Hora de inicio del ensayo: 10:30		
Lote del accesorio UNC: S/L		
	Cuota de escape de nitrógeno (SCFH)	Cuota de escape de nitrógeno (dm³/hr)
1 SCFH = 28,31685 dm³/hr		
Control a los 5 minutos:	0.4	11.3267
Control a los 10 minutos:	0.4	11.3267
Control a los 15 minutos:	0.4	11.3267
Control a los 20 minutos:	0.4	11.3267
Control a los 25 minutos:	0.4	11.3267
Control a los 30 minutos:	0.4	11.3267
Fecha de fin del ensayo: 13/10/07		
Hora de fin del ensayo: 11:05		
Observaciones:		

Tabla 6.16– Hoja de control de ensayo CRE02

Código: CRE02		
Diámetro de la probeta: ½"		
Fecha de inicio del ensayo: 13/10/07		
Hora de inicio del ensayo: 13:20		
Lote del accesorio UNC: 1125 -2/U		
	Cuota de escape de nitrógeno (SCFH)	Cuota de escape de nitrógeno (dm³/hr)
1 SCFH = 28,31685 dm³/hr		
Control a los 5 minutos:	0	0
Control a los 10 minutos:	0	0
Control a los 15 minutos:	0	0
Control a los 20 minutos:	0	0
Control a los 25 minutos:	0	0
Control a los 30 minutos:	0	0
Fecha de fin del ensayo: 13/10/07		
Hora de fin del ensayo: 13:55		
Observaciones:		

Tabla 6.17– Hoja de control de ensayo CRE03

Código: CRE03		
Diámetro de la probeta: ½"		
Fecha de inicio del ensayo: 27/11/07		
Hora de inicio del ensayo: 11:00		
Lote del accesorio UNC: 1125 -2/U		
	Cuota de escape de nitrógeno (SCFH)	Cuota de escape de nitrógeno (dm³/hr)
1 SCFH = 28,31685 dm³/hr		
Control a los 5 minutos:	0.9	25.4852
Control a los 10 minutos:	0.9	25.4852
Control a los 15 minutos:	0.9	25.4852
Control a los 20 minutos:	0.9	25.4852
Control a los 25 minutos:	0.9	25.4852
Control a los 30 minutos:	0.9	25.4852
Fecha de fin del ensayo: 27/11/07		
Hora de fin del ensayo: 11:35		
Observaciones:		

Tabla 6.18– Hoja de control de ensayo CRE04

Código: CRE04		
Diámetro de la probeta: ½"		
Fecha de inicio del ensayo: 20/11/07		
Hora de inicio del ensayo: 11:20		
Lote del accesorio UNC: 1125 -2/U		
	Cuota de escape de nitrógeno (SCFH)	Cuota de escape de nitrógeno (dm³/hr)
1 SCFH = 28,31685 dm³/hr		
Control a los 5 minutos:	0.2	5.6634
Control a los 10 minutos:	0.2	5.6634
Control a los 15 minutos:	0.2	5.6634
Control a los 20 minutos:	0.2	5.6634
Control a los 25 minutos:	0.2	5.6634
Control a los 30 minutos:	0.2	5.6634
Fecha de fin del ensayo: 20/11/07		
Hora de fin del ensayo: 11:55		
Observaciones:		

Tabla 6.19– Hoja de control de ensayo CRE05

Código: CRE05		
Diámetro de la probeta: 3/4"		
Fecha de inicio del ensayo: 27/11/07		
Hora de inicio del ensayo: 10:15		
Lote del accesorio UNC: 1113 -2U		
	Cuota de escape de nitrógeno (SCFH)	Cuota de escape de nitrógeno (dm³/hr)
1 SCFH = 28,31685 dm³/hr		
Control a los 5 minutos:	0.7	19.8218
Control a los 10 minutos:	0.7	19.8218
Control a los 15 minutos:	0.7	19.8218
Control a los 20 minutos:	0.7	19.8218
Control a los 25 minutos:	0.7	19.8218
Control a los 30 minutos:	0.7	19.8218
Fecha de fin del ensayo: 27/11/07		
Hora de fin del ensayo: 10:50		
Observaciones:		

Tabla 6.20– Hoja de control de ensayo CRE06

Código: CRE06		
Diámetro de la probeta: 3/4 ”		
Fecha de inicio del ensayo: 20/11/07		
Hora de inicio del ensayo: 13:20		
Lote del accesorio UNC: 1125 -2/U		
	Cuota de escape de nitrógeno (SCFH)	Cuota de escape de nitrógeno (dm³/hr)
1 SCFH = 28,31685 dm³/hr		
Control a los 5 minutos:	0	0
Control a los 10 minutos:	0.7	19.8218
Control a los 15 minutos:	0.7	19.8218
Control a los 20 minutos:	0.7	19.8218
Control a los 25 minutos:	0.7	19.8218
Control a los 30 minutos:	0.7	19.8218
Fecha de fin del ensayo: 20/11/07		
Hora de fin del ensayo: 13:55		
Observaciones:		

6.3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 6.21– Análisis de resultados ensayo de capacidad adicional de carga térmica

ENSAYO DE CAPACIDAD ADICIONAL DE CARGA TÉRMICA										
Código de ensayo	Diámetro	Accesorio	Código	Lote	Fuga mayor a 1.5 SCFH previas al ensayo		Fuga mayor a 1.5 SCFH durante el ensayo		Cuota máxima de escape	Tiempo transcurrido al fugar
					SI	NO	SI	NO	SCFH	Minutos
CRE01	3/4 in	Tapón	TA20	S/L		X		X	0.4	5
		Unión	UNC20	S/L		X		X		
		Reducción roscada	TMR20x13	S/L		X		X		
CRE02	1/2 in	Tapón	TA13	S/L		X		X	0	.---
		Unión	UNC13	1125 2-U		X		X		
		Unión roscada	TMN13	S/L		X		X		
CRE03	1/2 in	Tapón	TA13	S/L		X		X	0.9	1.16
		Unión	UNC13	1125 - 2/U		X		X		
		Unión roscada	TMN13	S/L		X		X		

CRE04	1/2 in	Tapón	TA13	S/L		X		X	0.2	1.5
		Unión	UNC13	1125 - 2/U		X		X		
		Unión roscada	TMN13	S/L		X		X		
CRE05	3/4 in	Tapón	TA20	S/L		X		X	0.7	2
		Unión	UNC20	1113 - 2/U		X		X		
		Reducción roscada	TMR20x13	S/L		X		X		
CRE06	3/4 in	Tapón	TA20	S/L		X		X	0.7	6
		Unión	UNC20	1113 - 2/U		X		X		
		Reducción roscada	TMR20x13	S/L		X		X		

Los accesorios con número de lote 1113 - 2/U, presentaron fugas posteriores a los ensayos realizados, esto se debe a una falla en el control de temperatura de tratamiento térmico en el accesorio lo que dio lugar a que el límite de fluencia del material no sea el adecuado para el sellado con la bomba utilizada. Esto se puede observar en las gráficas Fuerza Vs. Desplazamiento realizadas en la empresa Ideal Alambrec S.A. en los accesorios con lote 1113-2U y accesorio sin lote (S/L)²¹

En los ensayos de capacidad adicional de carga térmica se obtiene una fuga luego de que el o-ring se incinera, pero esta no supera el nivel máximo permitido por la norma.

²¹ Ir a Anexo H para ver gráficos de ensayos realizados.

CAPITULO 7

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

7.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

7.1.1. COSTOS DIRECTOS

7.1.1.1 Remuneración a Profesionales

Tabla 7.1– Remuneración a profesionales

No		[horas]	[USD/h]	Total
1	Director de Tesis	30	15	450
1	Codirector de Tesis	20	15	300
TOTAL 2.1 (USD)				750

7.1.1.2 Remuneración a no profesionales

Tabla 7.2– Remuneración a no profesionales

No		[horas]	[USD/h]	Total
1	Técnico en refrigeración	10	5	50
1	Electricista	5	5	25
1	Soldador	3	3	9
TOTAL 2.2 (USD)				84

7.1.1.3 Remuneraciones a Estudiantes

Tabla 7.3– Remuneración estudiantes

Nombre	Cargo	Tiempo Horas	Valor H (USD)	Costo total (USD)
Sr. David Altamirano	Responsable del Proyecto	600	4	2400
Sr. Carlos Torres	Responsable del Proyecto	600	4	2400
TOTAL 2.3 (USD)				4800

7.1.1.4 Costos de adquisición de materiales y equipos

Tabla 7.4– Costos de adquisición de materiales y equipos

Ensayo 1: Temperaturas operativas			
Descripción	Cant.	Unidad	Precio
Materiales:			
Evaporador	1	Unidad	\$182,19
Resistencia eléctrica para defrost 110V	1	Unidad	\$22,40
Unidad Condensadora	1	Unidad	\$339,94
Filtro tuerca de ¼ “	1	Unidad	\$12,30
Tuercas de bronce reforzadas de ¼ “	2	Unidad	\$2,16
Presostato	1	Unidad	\$46,50
Control electrónico digital 110v/220v	1	Unidad	\$87,36
Alambre flexible 14	3	m	\$1,20
Alambre flexible 12	3	m	\$1,86
Enchufe	1	Unidad	\$1,68
Caja de revisión 30 x 30	1	Unidad	\$11,38
Contactores 3 polos 110V	3	Unidad	\$37,63
Contactador 110V para resistencia	1	Unidad	\$5,60
Foco indicador de resistencia 110V	2	Unidad	\$5,60
Selector de 3 posiciones	1	Unidad	\$2,80
Laminas de acero inoxidable 1/8”	2	Unidad	\$300
Angulo 1” x 1/8”	7,60	m	\$8,86
Empaque plano	3	m	\$9,40
Tubería cobre ¼”	1	m	\$6,72
Tubería de cobre 5/8 “	2	m	\$15,68
Bisagra de piano	1	Unidad	\$1,80
Inyección de Poliuretano			\$44,80
Cemento de contacto	2	Unidad	\$1,70
Brazos de presión	2	Unidad	\$7,20
Resistencia eléctrica 110 V	1	Unidad	\$19,60
Aldaba	1	Unidad	\$2,17
Tubo capilar 0.42	2	m	\$8,96
Refrigerante R 404A			\$28,00

Vacío del sistema y carga de refrigerante	1	Unidad	\$22,40
Tabla para encofrado	2	Unidad	\$8,00
Vacío del sistema y carga de refrigerante			\$22,40
Probetas			
Caño de ½" , longitud 200 mm	4		\$1,47
Caño de ¾", longitud 200 mm	4		\$2,92
Unión normal corta de ½" (UNC)	2		\$3,42
Unión normal corta de ¾" (UNC)	2		\$4,68
Tapa Hidrinox de ½ (TA)	2		\$4,74
Tapa Hidrinox de ¾ (TA)	2		\$6,14
Tubo macho reducción de ¾" x ½" (TMR)	2		\$10,78
Tubo macho normal de ½" (TMN)	2		\$8,82
Ensayo 2: Temperatura adicional de carga térmica			
Descripción	Cant.	Unidad	Precio
Materiales:			
Flujometro	1	Unidad	\$32,25
Uso de laboratorio de metalurgia		USD/hr	\$ 250
Regulador de presión para tanque	1		\$ 119
Tanque de nitrógeno	1		\$ 15,00
Válvula de globo 3/8	1		\$ 53,60
Manguera neumática 10 mm	2		\$ 7,00
Racor rápido roscado en T FESTO	1	Unidad	\$ 2,00
Reducción de ½ a 3/8"	1	Unidad	\$ 2,00
Acoples	6	Unidad	\$18,00
Probetas			
Caño de ½, longitud 200 mm.	2		\$0,74
Caño de ¾", longitud 200 mm.	2		\$1,46
Unión normal corta de ½ (UNC)	1		\$1,71
Unión normal corta de ¾ (UNC)	1		\$2,34
Tapón de ½" (TA)	1		\$2,37
Tapón de ¾" (TA)	1		\$3,07
Tubo macho reducción de ¾" x ½" (TMR)	1		\$5,39

Ensayo 3: Corrosión			
Descripción	Cant	Unidad	Precio
Materiales:			
Balón con boca esmerilada y agujero para termómetro	1	Unidad	\$45,36
Acople esmerilado	1	Unidad	\$22,40
Termómetro digital de punta metálica	1	Unidad	\$28,83
Nitrato de Sodio	250	gr.	\$2,91
Cloruro de Sodio	400	gr.	\$ 15,00
Prestación de servicio laboratorio de química (reverbero eléctrico, condensador, agua destilada y servicios básicos)			\$ 300
Abrazaderas	2	Unidad	\$0,60
Balón aforado	1	Unidad	\$30,00
Probetas			
Caño de ½, longitud 100 mm.	2		\$0,37
Caño de ¾, longitud 100 mm.	2		\$0,73
Unión normal corta de ½ (UNC)	1		\$1,71
Unión normal corta de ¾ (UNC)	1		\$2,34
Tapón de ½ (TA)	1		\$2,37
Tapón de ¾ (TA)	1		\$3,07
Tubo macho reducción de ¾ x ½ (TMR)	1		\$5,39

Insumos para la construcción de equipos de Ensayos			
Descripción	Cant	Unidad	Precio
Thiñer	½	Gl.	\$2,40
Whippes	3	Unidad	\$0,45
Lijas de hierro	1	Unidad	\$0,50
Lijas de agua	3	Unidad	\$1,20
Pintura anticorrosivo negra	1/4	Gl.	\$ 3,85
Electrodos 6011	1	lb	\$1,47
Suelda MIG carrete para Acero Inoxidable	3	USD/hr	\$ 30

7.1.1.5. Otros costos directos

Tabla 7.5– Otros costos directos

Certificación de equipos		
Descripción	Cantidad	Precio
Certificación de Termómetro	1	100
TOTAL .8 (USD)		2.428,14
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS (TCD)		8.062,14

Total costo proyecto (TCI+ TCD) = \$ 9302,14

7.1.2. COSTOS INDIRECTOS

7.1.2.1. Costos indirectos a personal

Tabla 7.6– Costos indirectos a personal

No		[horas]	[USD/h]	Total
1	Ing. Diego Altamirano	20	8	160
2	Ing. Patricio Quezada	10	8	80
3	Dr. Oswaldo Aguirre	4	8	32
TOTAL 1.1 (USD)				272

7.1.2.2. Costos de misceláneos

Tabla 7.7– Costos de misceláneos

Descripción	[USD]
Suministros de Oficina	50
Transporte (gasolina)	500
Alimentación	268
Servicios básicos (teléfono, agua potable, electricidad)	100
Internet	50
TOTAL 1.2 (USD)	968
TOTAL COSTOS INDIRECTOS (TCI) (TOTAL 1.1+TOTAL 1.2)	1240

7.1.3 DEPRECIACIÓN DE LOS EQUIPOS

Para el cálculo de la depreciación de los equipos se emplea el método de la línea recta ya que se toma en cuenta el valor original del equipo, la instalación y la puesta a punto del mismo.

Se utiliza la siguiente fórmula para el cálculo respectivo.

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{VO} - \text{VR}}{n} \quad (\text{Ec. 7.1})$$

Donde

VO: Valor de la compra

VR: Valor residual al final del período

n: número de períodos en la vida útil

Para poder determinar el valor residual se debe calcular el monto para depreciar anualmente que viene dado por la ecuación:

$$D = \frac{2}{n} \quad (\text{Ec. 7.2})$$

Donde n en este caso es de 10 años.

$$D = \frac{2}{5}$$

$$D = 0.40$$

Para un período de 5 años se depreciará un 40 % cada año.

De este modo teniendo que el valor recuperado para el periodo de los 5 años, tiempo establecido de vida útil para el equipo, se puede establecer la depreciación lineal anual que es:

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{VC} - \text{VR}}{n}$$

$$\text{Depreciación} = \frac{9302.14 - 723.33}{5}$$

$$\text{Depreciación} = 1715.762$$

7.2 ANÁLISIS FINANCIERO

7.2.1 SITUACIÓN ACTUAL

CONDUIT DEL ECUADOR S.A. es una empresa que se ha dedicado a la fabricación de tubería de acero en Quito, Ecuador desde el año 1979. La tubería ha tenido una gran aceptación en el mercado por su excelente calidad, basada desde sus inicios en tecnología japonesa conformada con maquinaria de Estados Unidos y Europa.

La principal fuente de ingresos en la empresa es la venta y distribución de tubería tanto de acero al carbono como de acero inoxidable.

Para encontrar las proyecciones de ventas e instalación se optó por realizar el análisis de porcentaje de instalaciones de gas realizadas en un período de estudio de un año, como fuente para dicha información se tiene a los instaladores de gas, ya que son ellos quienes están inmersos en esta área y tienen los valores más certeros para el estudio.

7.2.2 FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

Para el análisis de factibilidad se ha tomado como sector de mercado todo el país debido a que la empresa realiza negociaciones con varias ciudades y distribuye sus productos por todo el país. Como objetivo se indica que el nuevo producto que ofrece la empresa tenga una aceptación suficiente como para que la participación del mismo en el mercado sea de un 25% del total en el primer año, y posterior a este un incremento anual de un 5% para obtener en un período de 5 años una inclusión del producto del 45% sobre el total demandado; teniendo conocimiento que la principal competencia en esta área es la tubería de cobre que ha incrementado su precio en los últimos años y cuyo método de unión es el proceso mediante soldadura.

Debido a que la junta utilizada es una junta por medio de presión, se estima una buena aceptación de la misma en la industria de instalación de gas ya que proporciona gran facilidad de unión y gran seguridad en las uniones.

7.2.3 INVERSIÓN DEL PROYECTO

Una de las definiciones más certera sobre inversión es la que expresa Andrés De Kelety Alcaide²², quien dice que “La inversión es el proceso por el cual un sujeto decide vincular recursos financieros líquidos a cambio de la expectativa de obtener unos beneficios también líquidos, a lo largo de un plazo de tiempo que se denomina como vida útil.”

Debido a que las máquinas a construirse serán destinadas a medir la conformidad de los accesorios y la junta tipo press fit, la inversión sobre el proyecto será mayor en el primer año, posterior a este, se realizarán los ensayos de conformidad pero la inversión disminuirá considerablemente debido al echo de que la construcción de los equipos representa la mayor inversión a realizar por la empresa.

Como se indicó anteriormente en el análisis económico la inversión realizada por la empresa en el primer año es de \$9.302 USD.

7.2.4 AHORRO DE COSTOS AL REALIZAR EL PROYECTO

Uno de los beneficios que obtiene la empresa mediante el proyecto presentado, es el ahorro de costos, ya que la inversión realizada por la empresa se verá justificada debido a que se evitará destinar fondos para conseguir una prestación extranjera de estos servicios, debido a que los equipos necesarios para realizar dichos ensayos deberán tener parámetros específicos descritos en la norma DVGW VP614; lo cual encarece el precio de utilización de los mismos.

También se debe tomar en consideración los costos adicionales que deberá realizar la empresa como son el ejemplo de costos por envío y trámites necesarios para ingreso y salida de las probetas del país.

Con el fin de analizar el ahorro real aproximado de la empresa al realizar este proyecto se ubicaron algunos laboratorios certificados por la DVGW para realizar ensayos basados en esta norma. Se contacto a dichos laboratorios mediante correo electrónico y se pidió cotizaciones a los mismos sobre el costo

²² A. KELETY. (2005). www.mailxmail.com/curso/empresa/formaciongerencialdelaadministracion.

aproximado de los ensayos en los laboratorios ubicados en Alemania, cabe recalcar que estos costos no incluyen costos de envío y trámites necesarios.

La respuesta se la obtuvo del laboratorio apropiado para realizar los ensayos fue de un precio estimado de €15.000 para realizar todos los ensayos descritos en la norma para 6 diámetros de tubería, dividiendo el valor para el total de ensayos dictados en la norma y tomando en cuenta que solo son necesarios dos diámetros de tubería para el proyecto se llegó a un valor estimado de €2.000 para los 4 ensayos necesarios, incluyendo el ensayo de impermeabilidad bajo presión necesario para comprobar la tasa de fuga posterior.

Para el estimado de costos de envío y trámites necesarios para enviar las probetas se considerará el 15% del costo final de los ensayos, lo que nos indica que el costo final de los ensayos en el exterior ascendería a un valor de €2.300 o en su equivalencia en dólares USD. 3.450.

Se resalta el echo de que la realización de los ensayos que plantea el proyecto es para comprobar la conformidad de la junta tipo press fit para la conducción de gas en instalaciones domiciliarias según la norma alemana DVGW VP614, y avalar el uso de esta junta para dicha aplicación. Los ensayos posteriores que se realicen quedarán a discreción de la empresa cuando quiera volver a analizar la conformidad de los accesorios adquiridos, por lo que no se analiza costos ni ahorros al realizar ensayos posteriores ya que no se puede cuantificar la cantidad de ensayos que la empresa decida hacer al año.

Los costos de mano de obra, operación de máquinas, mantenimiento y costos de probetas no se considerarán en el flujo de caja debido a que no se puede cuantificar el número de ensayos y probetas, a parte su costo no es representativo.

7.2.5 INGRESOS GENERADOS POR EL PROYECTO.

La venta es una transacción mercantil por medio de la cual ciertos bienes o servicios se traspasan a la propiedad de otro, recibiendo a cambio una promesa de pago posterior o equivalente en dinero o la combinación de estos.

Para incrementar las ventas, se debe optar por ganar las preferencias del consumidor mediante productos de mejor calidad que pueda diferenciar al mismo de la competencia, de esta forma el consumidor obtiene un producto atractivo según sus necesidades. Una forma de realizar esto es mediante la estrategia de la empresa Conduit del Ecuador S.A. al ofertar productos para la instalación de gas centralizado que se caracteriza por su tubería de acero inoxidable y una junta tipo press fit que ofrece medidas de seguridad mayores a la junta por soldadura.

Para estimar el incremento real en las ventas anuales al insertar en el mercado esta alternativa para instalaciones centralizadas de gas, se estimó un costo medio por unidad habitacional tipo para instalaciones de gas domiciliarias, lo que permite evitar el hecho de diferenciar una instalación en casas y otra en edificios. Para esto se partió del aproximado de que existen 25 empresas instaladoras de gas a nivel nacional, siendo Quito y Guayaquil los principales focos de mercado con 15 y 7 empresas instaladoras respectivamente. Según la información obtenida, al menos 5 de dichas empresas se dedican a instalaciones industriales por lo que se tomará como empresas definitivas un número total de 20 para instalaciones domiciliarias. Con estos valores, se realiza el estudio de la cantidad de instalaciones que realiza un instalador promedio al año, obteniendo así la demanda real del producto, y se obtienen los ingresos que representaría la venta de los accesorios para satisfacer dicha demanda.

En la información obtenida de un instalador tipo de gas centralizado se indica una cantidad de proyectos residenciales instalados en el año 2006 de 19, con un número estimado de 168 unidades habitacionales en total, como esta empresa instaladora satisface solamente el 5% de la demanda el total estimado anual de unidades habitacionales es de 3.360.

Para el análisis de costo por unidad habitacional promedio se optó por analizar los principales equipos que posee una vivienda promedio con funcionamiento a gas los cuales son: la cocina, el calefón y la secadora. Para obtener el costo total se analizó la tubería y accesorios necesarios para realizar esta instalación tipo, la esquematización de un plano de instalación se la puede visualizar en la siguiente figura:

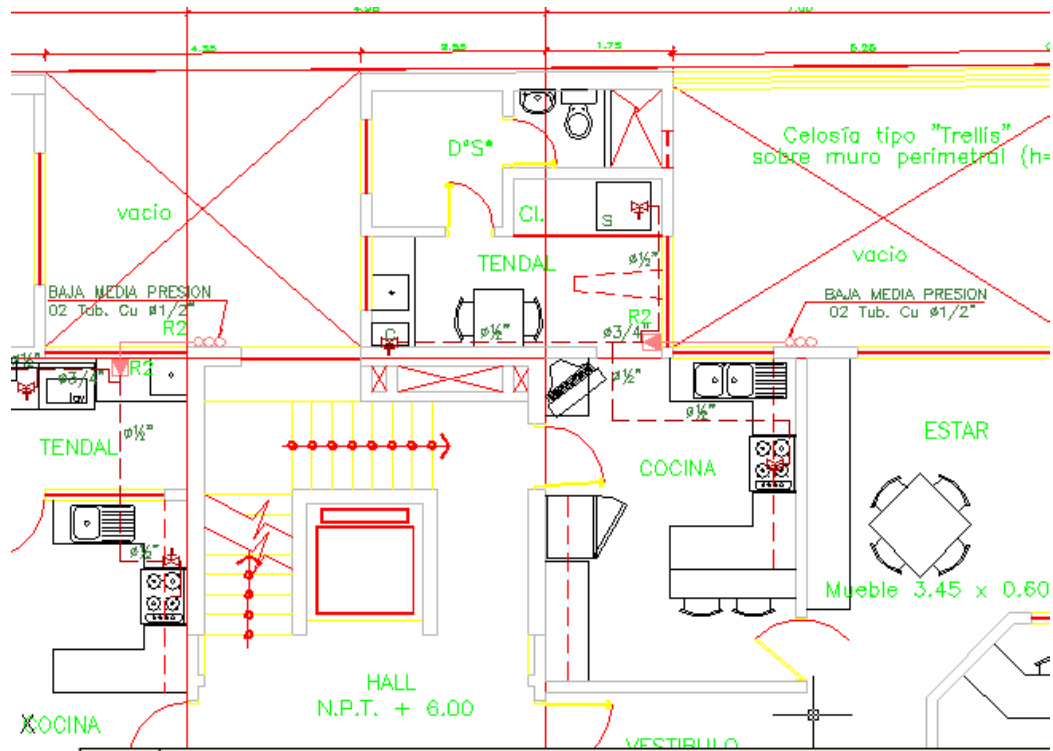


Figura 7.1 – Plano de instalación tipo de gas centralizado

Fuente: Planos de instalación de GLP del Edificio Coronel Portillo. Elaborado por PRORAG Contratistas S.R.L

El desglose de los accesorios y tubería necesarios para dicha instalación se la puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 7.8- Desglose de tubería y accesorios para instalación de gas centralizado

Accesorio	Codigo			Cant.	Precio	Total
Codo 90° 1/2" gas	'07	CN90G	13	17	\$ 1,95	\$ 33,15
Codo 90° 3/4" gas	'07	CN90G	20	4	\$ 2,76	\$ 11,04
REDUCCIÓN 3/4" x 1/2" Gas	'07	RG	2013	1	\$ 3,96	\$ 3,96
Te 1/2" gas	'07	TNG	13	1	\$ 4,06	\$ 4,06
Te 3/4" gas	'07	TNG	20	1	\$ 5,34	\$ 5,34
Te reduc. Central 3/4 x 1/2 gas	'07	TRG	2013	1	\$ 6,48	\$ 6,48
TUBO DE SOBREPASO 1/2" (13mm)	'07	CS	13	3	\$ 0,89	\$ 2,67

Tubo hembra 1/2" gas	'07	THNG	13	2	\$ 4,28	\$ 8,56
TUBO HIDRINOX 1/2" (13mm)	'07	C	134000	7	\$ 6,82	\$ 47,74
TUBO HIDRINOX 3/4" (20mm)	'07	C	204000	2	\$10,95	\$ 21,90
Tubo macho 1/2" gas	'07	TMNG	13	6	\$ 4,14	\$ 24,84
Tubo macho 3/4" gas	'07	TMNG	20	2	\$ 5,57	\$ 11,14
Unión corta 1/2" gas	'07	UNCG	13	7	\$ 1,59	\$ 11,13
Unión corta 3/4" gas	'07	UNCG	20	2	\$ 1,75	\$ 3,50
Subtotal de accesorios						195,51
Porcentaje de utilidad para CONDUIT (35%)						68,43

Por lo tanto según el número de demanda de unidades habitacionales anuales y con el porcentaje de inclusión meta establecido podemos obtener que el ingreso en el primer año de la empresa por venta de tubería y accesorios será de aproximadamente 57.481,2 USD.

7.2.6 FLUJO NETO DE CAJA

Es el movimiento temporal de las cuentas de efectivo de una empresa, el estado de flujo de efectivo o flujo de caja, proporciona información contable sobre las habilidades para generar dinero, y, ayuda a entender los flujos de efectivo en las actividades de operación, de inversión y de financiamiento de la empresa.

El período de estudio para el flujo de caja será de 5 años ya que se estima que en este período la inclusión del producto en el mercado alcance un 50%, teniendo una inclusión inicial de un 25% y posterior a este una inclusión de 5% anual. Se estimó un período de 5 años debido a que si se estima un período mayor se debería analizar el echo de inclusiones de nuevas tecnologías y procedimientos para el mismo fin, por estas razones se piensa que un análisis en 5 años es suficiente para analizar que el proyecto sea rentable.

En la siguiente tabla se indican los movimientos de caja previstos para el proyecto, así como los desembolsos necesarios previos a la iniciación del proyecto en el período cero, finalmente los ahorros estimados se los contabilizará en el primer año.

La ecuación para determinar el flujo de caja es la siguiente:

$$FNC = \sum \text{ingresos} - \sum \text{egresos} \quad (\text{Ec. 7.3})$$

Tabla 7.9- Flujo neto de caja del proyecto

Año	Ingresos		Egresos	Inversión inicial	Flujo Neto de Caja
	Ingresos	Ahorros	Depreciación		
0				9.302,14	-9.302,14
1	57.481,20	3.450	1.715,76		59.215,44
2	60.355,26		1.715,76		58.639,50
3	63.373,02		1.715,76		61.657,26
4	66.541,67		1.715,76		64.825,91
5	69.868,76		1.715,76		68.153,00

7.2.7 HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO

7.2.7.1 Valor Actual Neto

Es el valor presente de los flujos de efectivo futuros de un proyecto descontados a una tasa de interés dada.

Para que el proyecto sea rentable, se debe alcanzar un resultado del VAN mayor a cero, lo que implica que se ha recuperado toda la inversión, y estará sobre la tasa de descuento impuesta para el proyecto.

Para estimar el valor actual neto se tiene la siguiente expresión:

$$VAN = -\text{Inversión} + \frac{FNC1}{(1+i)^1} + \frac{FNC2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNC}{(1+i)^n} \quad (\text{Ec. 7.4})$$

Donde:

FNC_i = Flujo neto de caja de cada período

i = Tasa de descuento impuesta

Para obtener la tasa de descuento (TMAR) se tiene la siguiente expresión:

$$TMAR = i_1 + i_R \quad (\text{Ec. 7.5})$$

Donde:

i_f = Inflación

i_R = Porcentaje de riesgo

Se tomó valores de inflación de 2.3% y un porcentaje de riesgo de 8% según bibliografía consultada y para la tasa de inflación se visitó la página web del INEC.

Tabla 7.10 - Valor actual neto del proyecto

Año	Flujo Neto de Caja (\$)	VAN (10.3%)
0	-9.302,14	-9.302,14
1	59.215,44	53.685,80236
2	58.639,50	48.199,13382
3	61.657,26	45.947,05761
4	64.825,91	43.797,22556
5	68.153,00	41.745,28225
	Σ	224.072,3616

7.2.7.2 Tasa Interna de Retorno

Es el tipo de interés que hay que descontar una serie de flujos en una fecha determinada para que tenga un valor actual neto igual a cero.

En la evolución de un proyecto si la TIR es superior a la tasa mínima requerida, que generalmente se toma como referencia la tasa de interés activa, éste debe ser aceptado.

La ecuación para determinar dicha tasa viene dada por la siguiente expresión:

$$\text{Inversión} = \frac{\text{FNC}_1}{(1+i)^1} + \frac{\text{FNC}_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\text{FNC}_n + \text{VR}}{(1+i)^n} \quad (\text{Ec. 7.6})$$

Donde:

FNC_i = Flujo neto de caja de cada período

VR = Valor recuperado del bien

Tabla 7.11- Tasa Interna de retorno del proyecto

Año	Flujo Neto de Caja (\$)	TIR (636,4%)
0	-8.062,00	-9.302,14
1	59.503,93	8.041,21
2	58.927,99	1.081,34
3	61.945,76	154,40
4	65.114,41	22,04
5	68.441,49	3,15
	Σ	0,00

7.2.8 ANÁLISIS DEL COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO

Este análisis nos permite comparar el valor actual de los costos, incluyendo la inversión realizada, con el valor actual de los beneficios proyectados. Si este valor es superior a 1, el proyecto se lo puede sugerir como viable y rentable.

Tabla 7.12- Relación costo – beneficio del proyecto

Año	Ingresos	Egresos	Flujo Neto de Caja	Ingresos en Valor Actual	Egresos en Valor Actual
0		9.302,14	-9.302,14	0,00	9.302,14
1	60.931,20	1.715,76	59.215,44	55.241,34	1.555,54
2	60.355,26	1.715,76	58.639,50	49.609,41	1.410,28
3	63.373,02	1.715,76	61.657,26	47.225,64	1.278,59
4	66.541,67	1.715,76	64.825,91	44.956,42	1.159,19
5	69.868,76	1.715,76	68.153,00	42.796,22	1.050,94
TOTALES				239.829,04	15.756,68

Relación Costo Beneficio:	15,220787
----------------------------------	-----------

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES:

1. Se realizaron 3 pruebas por cada probeta de diámetros $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ " por cada ensayo exigido de lo cual se concluye que la junta tipo press fit para accesorios de acero inoxidable en conducción de gas cumple en conformidad con la norma alemana de la DVGW VP614.
2. Mediante la elaboración de la matriz de decisión se llegó a concluir que la mejor opción del equipo de refrigeración fue la marca LU VE modelo SHS 12N con una potencia de 2660 BTU/hr. que satisface los requerimientos para la elaboración del ensayo de temperaturas operativas según la norma DVGW VP 614.
3. La norma DIN EN 12502 indica métodos más cualitativos que cuantitativos para analizar el ataque corrosivo en la junta, por lo que se optó por el procedimiento descrito en la norma AISI LC1 – 2005, que proporciona un procedimiento adecuado para cuantificar el grado de afectación sobre la junta.
4. La eficiencia de la junta press fit depende del estado en que se encuentre la bomba, la mordaza para deformar el accesorio, de las propiedades del material del accesorio y del o-ring.
5. Para verificar que la junta se haya realizado correctamente se utiliza una galga "pasa – no pasa", para verificar la estanqueidad del sistema previo al suministro del gas y antes de enterrar o embeber tuberías se debe llevar a cabo un ensayo de estanqueidad según indica la norma INEN 2260 con título "Instalaciones para gas combustible en edificaciones de uso residencial, comercial o industrial. Requisitos"
6. Aun cuando los resultados obtenidos demuestran que la junta es adecuada, se pudo comprobar que la galga "pasa – no pasa" no provee una confiabilidad alta ya que las probetas que fallaron en los ensayos de impermeabilidad solo lo hicieron en un lado del accesorio y ambos lados pasaron esta comprobación, lo que

demuestra que la falla se debe al mal prensado de la probeta, la que aumenta con la acción de la temperatura.

7. De acuerdo a las medidas tomadas en los accesorios de las probetas que pasan la prueba, se concluye que se debe ajustar la galga “pasa – no pasa” a una menor tolerancia para que el sellado sea exitoso.

8. Para la conformidad en los O-rings utilizados la empresa optó por la opción de compra de dichos empaques con certificación del proveedor.

9. La fuga máxima en el ensayo de capacidad adicional de carga se produce luego de la incineración del o-ring la misma que no sobrepasa el nivel máximo permisible por la norma.

10. Se debe tener un mayor control de calidad por parte del proveedor sobre los accesorios para asegurar que tenga las propiedades adecuadas para la junta press fit.

11. La presencia de iones cloruros es la que más puede afectar para la generación de cualquier tipo de corrosión en materiales como el acero inoxidable por lo que el ensayo de corrosión se lo realiza con una solución salina.

12. La tasa interna de retorno del proyecto obtenida es de 636,4% lo que indica que el proyecto es rentable.

13. El equipo diseñado y construido cumple con los requerimientos para la realización de los ensayos de acuerdo a la base provisional de la DVGW VP614.

8.2 RECOMENDACIONES:

8.2.1 RECOMENDACIONES GENERALES:

1. Se recomienda realizar los ensayos de conformidad al menos 2 veces al año para mantener la confiabilidad en los accesorios utilizados.
2. Se recomienda mantener un control sobre la tolerancia en la dimensión de los accesorios y sus propiedades de material por lote.
3. Para realizar los ensayos se recomienda seguir los pasos descritos en el manual de procedimientos adjuntos en los Anexos

4. Se recomienda ajustar la tolerancia de la galga “pasa – no pasa” a una medida de arista: para el sellado de accesorios de ½” 16 mm y para el sellado de accesorios de ¾” 22.75 mm
5. Se debe realizar el ensayo de impermeabilidad previo a cada ensayo para verificar si existen fugas en la junta y evitar pruebas fallidas posteriores.

8.2.2 RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO:

1. El equipo de refrigeración debe estar conectado a un dispositivo de seguridad eléctrica de 15 amp independiente para prevenir daños permanentes en el mismo.
2. Se debe verificar el correcto funcionamiento del equipo de refrigeración por lo menos una vez por semana.

8.2.3 RECOMENDACIONES PARA ELABORACIÓN DE ENSAYOS:

8.2.3.1 Ensayo de temperaturas de servicio:

1. El abrir y cerrar continuo de la tapa del equipo de refrigeración durante el ensayo puede ocasionar que la temperatura en el interior de la misma varíe, por lo que se recomienda no abrir la tapa de esta mientras se realice el ensayo a -20°C.

8.2.3.2 Ensayo de capacidad adicional de carga térmica:

1. Para la elaboración de ensayo de capacidad adicional de carga térmica se debe tener mucho cuidado con la probeta extraída debido a que su temperatura es muy alta y podría causar accidentes. Se debe utilizar el equipo de seguridad adecuado para la elaboración del ensayo (guantes de cuero, gafas y mandil)
2. El medidor de flujo debe estar en 0 (cero) al inicio del ensayo para poder verificar con exactitud las pérdidas de gas durante el ensayo. Además se debe tener mucho cuidado con el medidor de flujo ya que es un instrumento frágil.

8.2.3.3 Ensayo de corrosión:

1. Se recomienda verificar que el caudal de agua de entrada del condensador (refrigerante) sea continuo, ya que puede ocasionar que la solución se evapore y la solución salina llegue a trizar el balón de pirex.
2. Se recomienda utilizar un balón de aforo de 500 ml en la elaboración de la solución salina ya que esta cantidad es la apropiada para realizar cada ensayo.
3. Se debe dejar enfriar el balón por 40 min después de realizar el ensayo para poder sacar la probeta el mismo para evitar quemaduras.

ANEXOS

ANEXO A
NORMA ANSI LC1 - 2005

ANEXO B
NORMA DIN EN 12502 – 1

ANEXO C
COTIZACIONES DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

ANEXO D
CERTIFICADOS DE CALIDAD

ANEXO E

MEDIDOR DE FLUJO DWYER SERIE VFA

ANEXO F

MEDIDOR DE FLUJO DWYER SERIE RMA

ANEXO G

AJUSTE DE LECTURA SEGÚN PRESIÓN Y

TEMPERATURA DE ENSAYO

ANEXO H

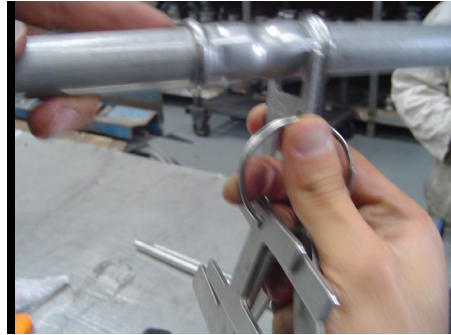
GRÁFICAS FUERZA VS. DEFORMACIÓN DE LOS ACCESORIOS

ANEXO I

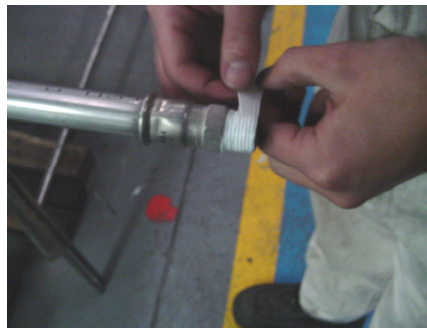
PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE TEMPERATURAS OPERATIVAS

Para la realización de este ensayo se deben realizar el siguiente procedimiento:

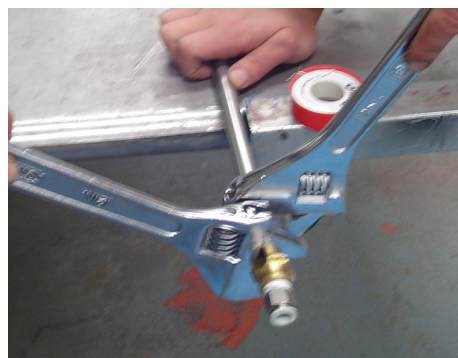
1. Elaboración de probetas de acuerdo a planos y verificación que las juntas estén bien remachadas con el método pasa no pasa (indicado en la foto)



2. Colocar teflón en el accesorio roscado para evitar fugas cuando se ensamble con acople de bronce.



3. Colocar acople de bronce en probeta con la ayuda de dos llaves de pico de loro



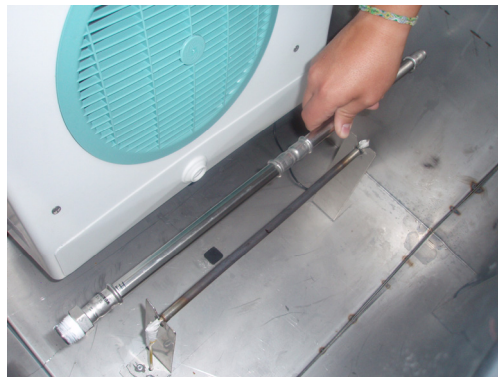
4. Colocar manguera que viene del tanque de nitrógeno en acople de bronce para poder realizar prueba de impermeabilidad. Regular a 3 bares de presión.



5. Colocar en el recipiente con agua y verificar si existe fugas de nitrógeno. En el caso que no existiere fugas se procede con el paso 6, de lo contrario verificar si la probeta esta mal remachada.



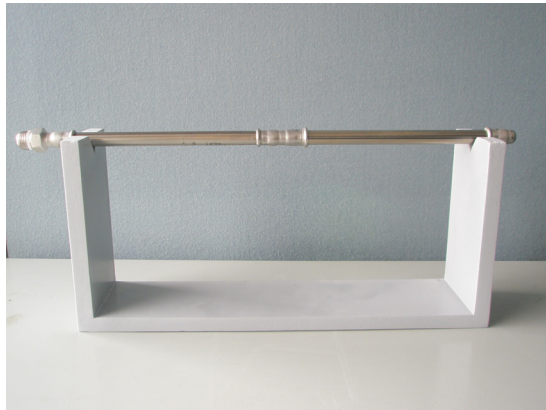
6. Se quita el acople de bronce de la probeta. Se coloca la probeta en los soportes dentro del refrigerador.



7. Encender resistencia eléctrica por un tiempo aproximado de 1 min 40 s para probeta de $\frac{1}{2}$ " y 2 min 30 s para probeta de $\frac{3}{4}$ "



8. Apagar resistencia y controlar que la probeta llegue a 70 °C por medio de la termocupla, sacar probeta y dejar enfriar en el soporte por un tiempo de 40 minutos aproximadamente



9. Realizar 6 veces consecutivas el paso 7 y 8.
10. Encender equipo de refrigeración y cerrar compuerta de refrigeradora. Dejar probeta durante 24 horas a una temperatura de -20 °C.



11. Sacar probeta de refrigeradora y proceder con ensayo de impermeabilidad.

ANEXO J

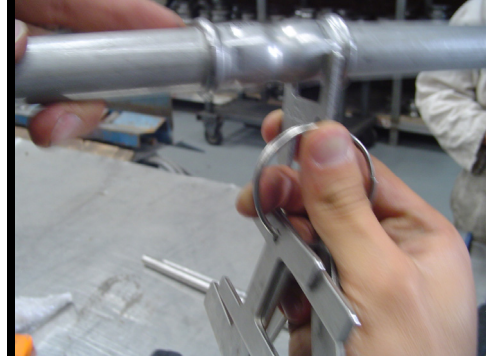
PLANOS DEL ENSAYO DE TEMPERATURAS OPERATIVAS

ANEXO K

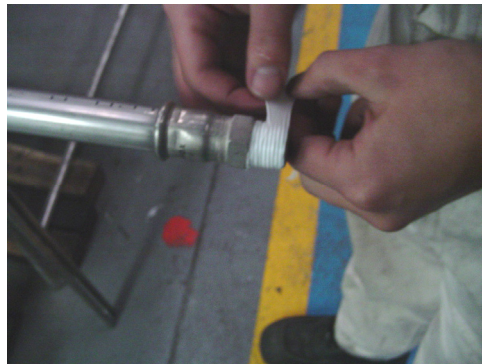
**PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE CAPACIDAD
ADICIONAL DE CARGA TÉRMICA²³**

²³ Ensayo realizado en el laboratorio de Metalurgia de la Escuela Politécnica del Ejército, para ver certificado de control del laboratorio dirigirse al Anexo P.

1. Elaboración de probetas de acuerdo a planos y verificación que las juntas estén bien remachadas con el método pasa no pasa (indicado en la foto)



2. Colocar teflón en el accesorio roscado para evitar fugas cuando se ensamble con acople de bronce.



3. Colocar acople de bronce en probeta con la ayuda de dos llaves de pico de loro



- Colocar manguera que viene del tanque de nitrógeno en acople de bronce para poder realizar prueba de impermeabilidad. Regular a 3 bares de presión.



- Colocar en el recipiente con agua y verificar si existe fugas de nitrógeno. En el caso que no existiere fugas se procede con el paso 6, de lo contrario verificar si la probeta esta mal remachada.



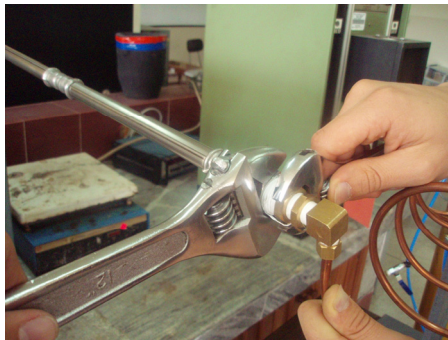
- Encender el horno mufla y dejar calentar hasta 650 ° C.



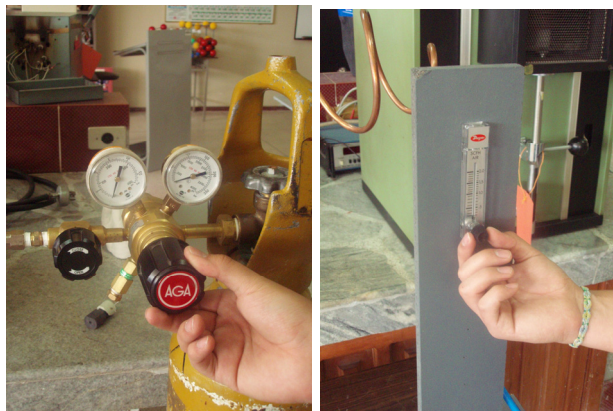
7. Conectar serpentín, flujometro y tanque de nitrogeno en posición. (ajustar bien los acoples previamente protegidos con teflón)



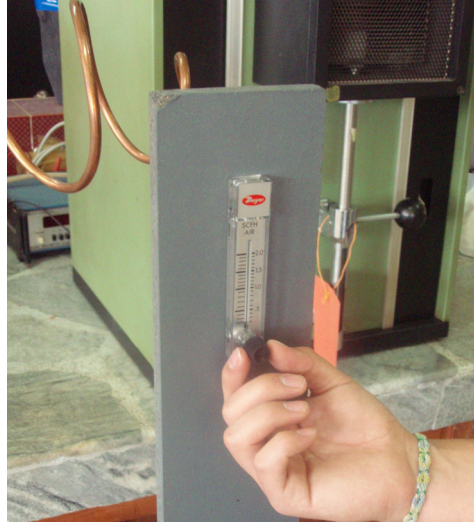
8. Colocar probeta en inicio del serpentín con la ayuda de llaves de pico de loro



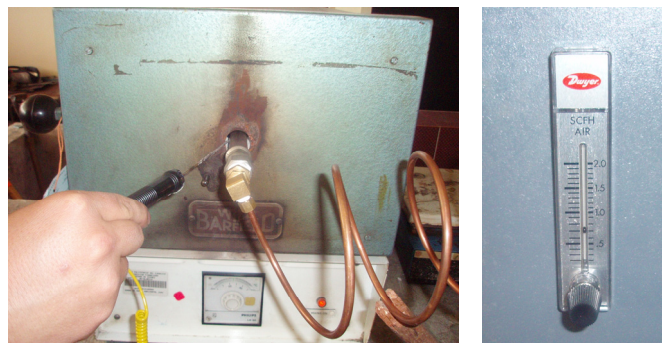
9. Abrir la válvula del tanque de nitrógeno hasta una presión de 1 bar. Así mismo abrir la válvula del flujometro para permitir el paso del nitrógeno.



10. Comprobar mediante el flujómetro que no existan fugas de gas nitrógeno previas al ensayo (el medidor de flujo deberá marcar 0 SCFH una vez que se haya alcanzado la presión de 1 bar en la probeta).



11. Meter la probeta dentro del horno y controlar la temperatura de la misma mediante una termocupla. Iniciar cronometro y dejar probeta en el horno durante 30 minutos. Verificar que no exista lecturas mayores a 1 SCFH en el flujometro en intervalos de 5 minutos durante el ensayo y anotar cualquier variación.





12. Concluidos los 30 minutos de tiempo de ensayo, cerramos la llave del tanque de nitrógeno y abrimos llave para purgar nitrógeno de la probeta.



13. Sacar probeta del horno con mucho cuidado y aflojar serpentín de la probeta con la ayuda de las llaves de pico de loro nuevamente.



ANEXO L

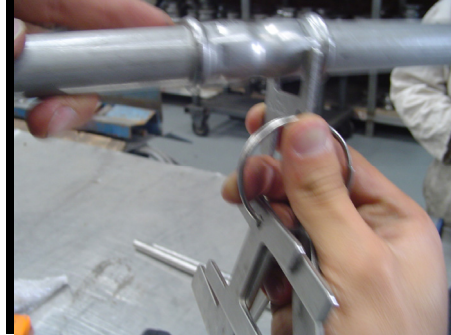
PLANOS DEL ENSAYO DE CAPACIDAD ADICIONAL DE CARGA TÉRMICA

ANEXO M

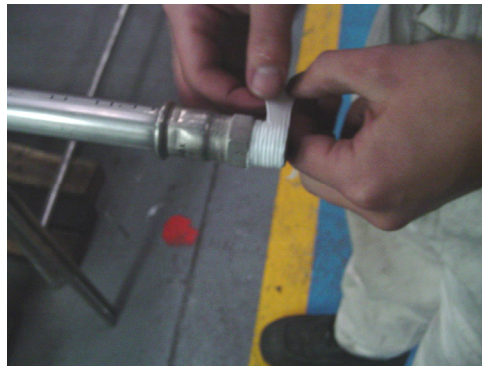
PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE CORROSIÓN²⁴

²⁴ Ensayo realizado en el laboratorio de Química de la Escuela Politécnica del Ejército, para ver certificado de control del laboratorio dirigirse al Anexo O.

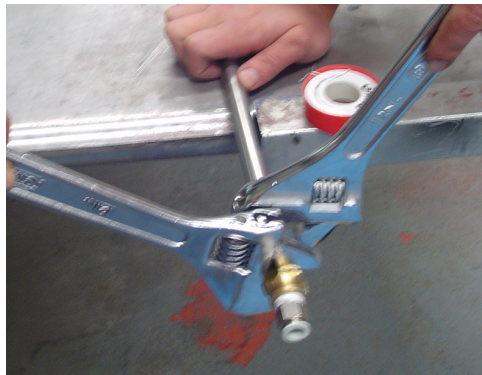
1. Elaboración de probetas de acuerdo a planos y verificación que las juntas estén bien remachadas con el método pasa no pasa (indicado en la foto)



2. Colocar teflón en el accesorio roscado para evitar fugas cuando se ensamble con acople de bronce.



3. Colocar acople de bronce en probeta con la ayuda de dos llaves de pico de loro



- Colocar manguera que viene del tanque de nitrógeno en acople de bronce para poder realizar prueba de impermeabilidad. Regular a 3 bares de presión.



- Colocar en el recipiente con agua y verificar si existe fugas de nitrógeno. En el caso que no existiere fugas se procede con el paso 6, de lo contrario verificar si la probeta esta mal remachada.



- Pesar componentes químicos (100 gr de cloruro de sodio y 5 gramos de nitrato de sodio) y colocarlos en un balón de aforo de 500 ml. Colocar agua destilada hasta la mitad del balón y agitar hasta obtener una solución transparente. Llenar con agua destilada hasta la señal de los 500 ml del balón aforado.



7. Colocar probeta en el balón y verter la solución en el mismo.



8. Armar estación para colocar balón, condensador y reverbero eléctrico.
Ajustar bien por medio de pinzas y nueces.



9. Abrir la llave de agua para el condensador y verificar que no exista ninguna fuga y que su flujo sea constante.

10. Encender el reverbero (colocar perrilla en 8) y tomar el tiempo. Dejar por 14 horas a una temperatura de 95°C (temperatura de ebullición de la solución a la presión atmosférica existente en Sangolquí)



11. Apagar reverbero y dejar enfriar por aproximadamente 1 hora para poder sacar probeta del balón. Verter la solución en el balón de aforo.



12. Realizar ensayo de impermeabilidad con la probeta.

ANEXO N

PLANOS DEL ENSAYO DE CORROSIÓN

ANEXO O

**CERTIFICADO DE CONTROL DEL LABORATORIO DE
QUÍMICA DE LA ESPE**

ANEXO P

**CERTIFICADO DE CONTROL DEL LABORATORIO DE
METALURGÍA DE LA ESPE**

ANEXO Q

ORDEN DEL DÍA DEL SUBCOMITÉ DE GAS DEL INEN

ANEXO R

ACTA DE RECEPCIÓN DE EQUIPOS EN LA EMPRESA

CONDUIT DEL ECUADOR S.A.

ANEXO S

CARTA DE SATISFACCIÓN DE LA EMPRESA

CONDUIT DEL ECUADOR S.A.

ANEXO T

BASE PROVISIONAL DE ENSAYOS DE CERTIFICACIÓN

DVGW VP 614

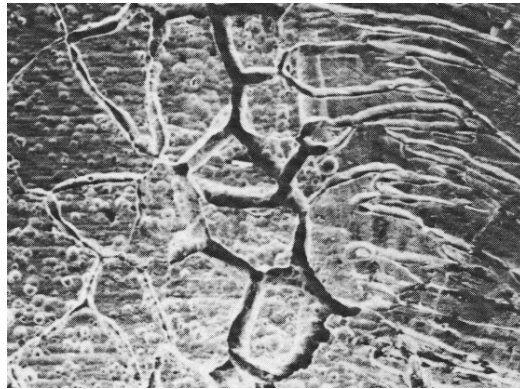
ANEXO U

GRAFICAS DE LOS TIPOS DE CORROSIÓN INDICADOS

CORROSIÓN



CORROSIÓN INTERGRANULAR



CORROSIÓN DE HOJA DE CUCHILLA

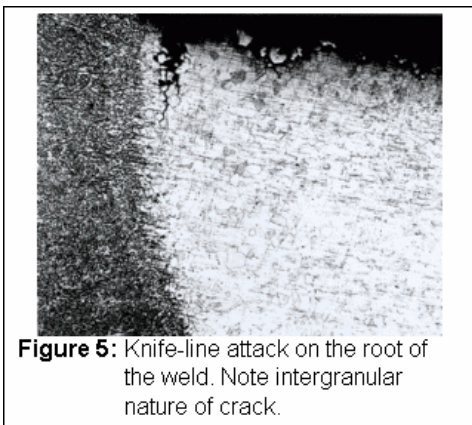
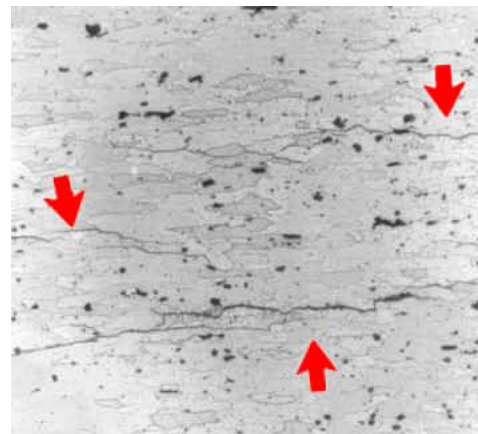
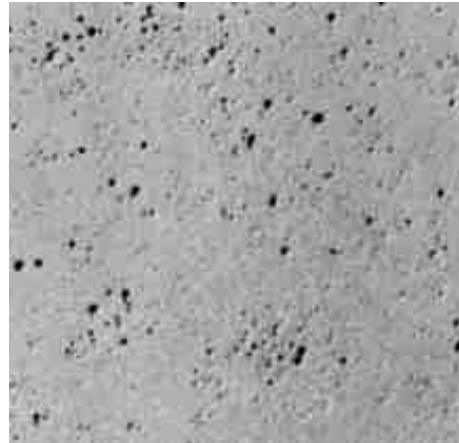


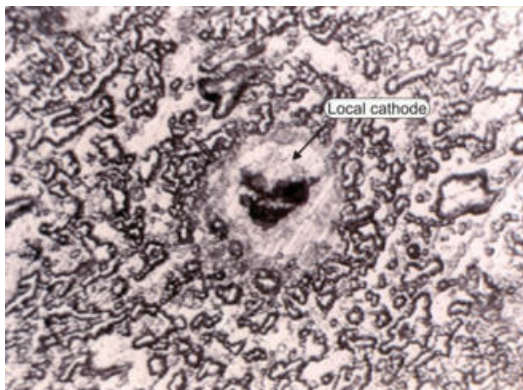
Figure 5: Knife-line attack on the root of the weld. Note intergranular nature of crack.



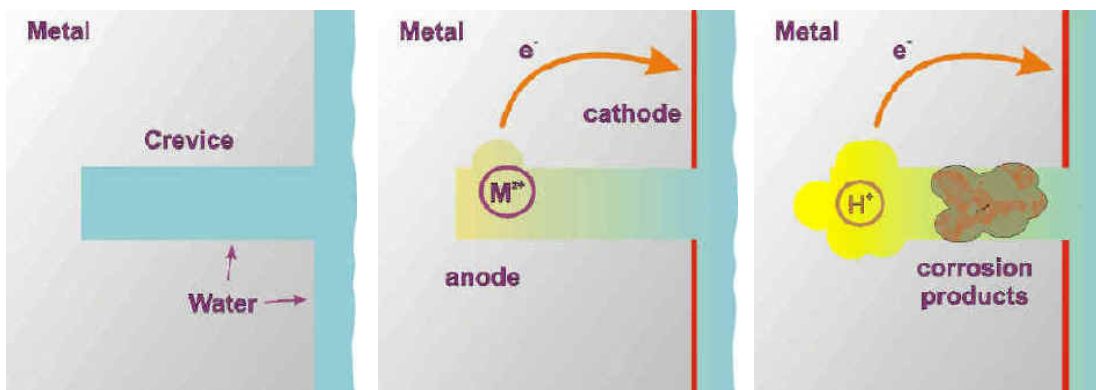
CORROSIÓN POR CONTACTO



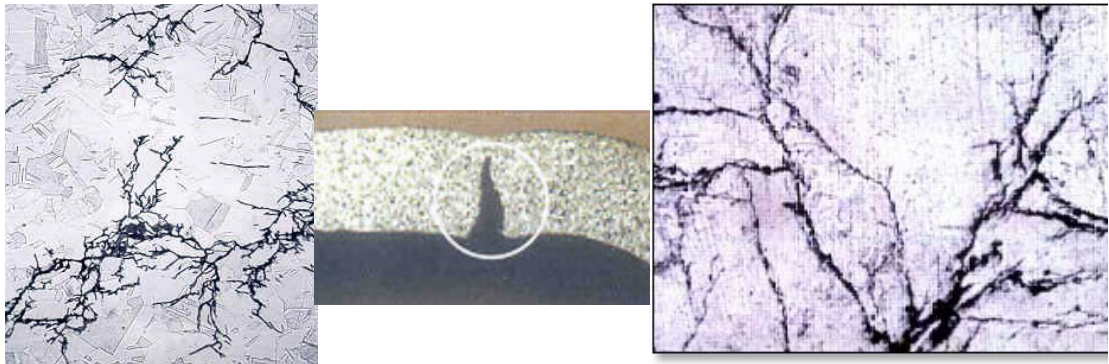
CORROSIÓN POR PICADURA



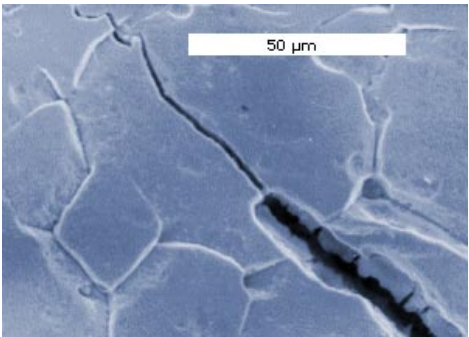
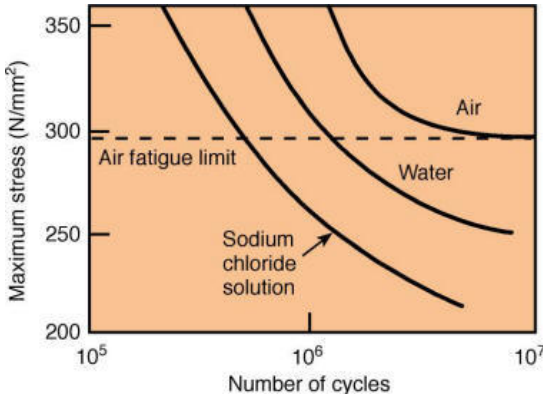
CORROSIÓN CAVERNOSA



CORROSIÓN BAJO TENSIÓN



CORROSIÓN POR FATIGA



BIBLIOGRAFÍA

- DOSSAT, Roy; Principios de Refrigeración; editorial Continental, décima séptima reimpresión, México, 1997.
- INCROPERA, FRANK P., Fundamentos de Transferencia de Calor; 4ta ed. México, Prentice Hall, 1999.
- BACA URBINA GABRIEL. Evaluación del Proyecto. 3era ed. Colombia, McGraw-Hill, Febrero 1999. pp13-81, 179-205.
- ACOSTA JUAN y CARRILLO DANIEL. Diseño y construcción de una máquina clasificadora por diámetro para champiñones con capacidad de 1 Ton/día para la empresa Kennet”. Tesis Ing. Mec. Quito. Escuela Politécnica del Ejército. Carrera de Ingeniería Mecánica. 2007. pp45-62.
- RILLEY WILLIAM , LEROY STURGES y MORRIS DON. Mecánica de Materiales. Traducido del inglés por Raúl Arrijo Juárez. 1era ed. México, Limusa, 2001. 681p.
- Norma DVGW VP614
- Norma DIN EN 12502
- Norma AISI LC1 – 2005
- Manual de Refrigeración de La ASHRAE
- Manual de Refrigeración de Russel
- Apuntes de Transferencia de Calor
- Apuntes de Refrigeración Industrial
- Apuntes de Ingeniería Económica

DIRECCIONES DE INTERNET

- http://www.danfoss.com/Spain/BusinessAreas/Refrigeration+and+Air+Conditioning/Refrigeration+Basic/Basic+Refrigeration_componentes.htm
- <http://www.mitecnologico.com/Main/SensoresDeTemperatura>
- <http://www.monografias.com/trabajos6/tube/tube.shtml>
- http://www.quiminet.com.mx/ar2/ar_%25D1%2520%25C1%2502%25A9%259F%259D%25F7.htm
- www.monografias.com/trabajos15/manometros/manometros.shtml - 66k
- http://es.wikipedia.org/wiki/Balanza_anal%C3%ADtica

- http://zytemp.com.mx/zytemp/contenido/wp-content/uploads/2007/01/tablas_de_emisividad.pdf
- http://www.parker.com/ar/catalogs/o_ring.pdf
- <http://en.wikipedia.org/wiki/O-ring>
- http://www.winner-pak.com.ar/prod_Cast/o'ring1.htm
- http://www.modbs.co.uk/news/fullstory.php/aid/1567/Modern_metallic_plumbing_systems_show_their_mettle.html
- www.mailxmail.com/curso/empresa/formaciongerencialdelaadministracion
- www.corrosion-doctors.org

1

2

3

4

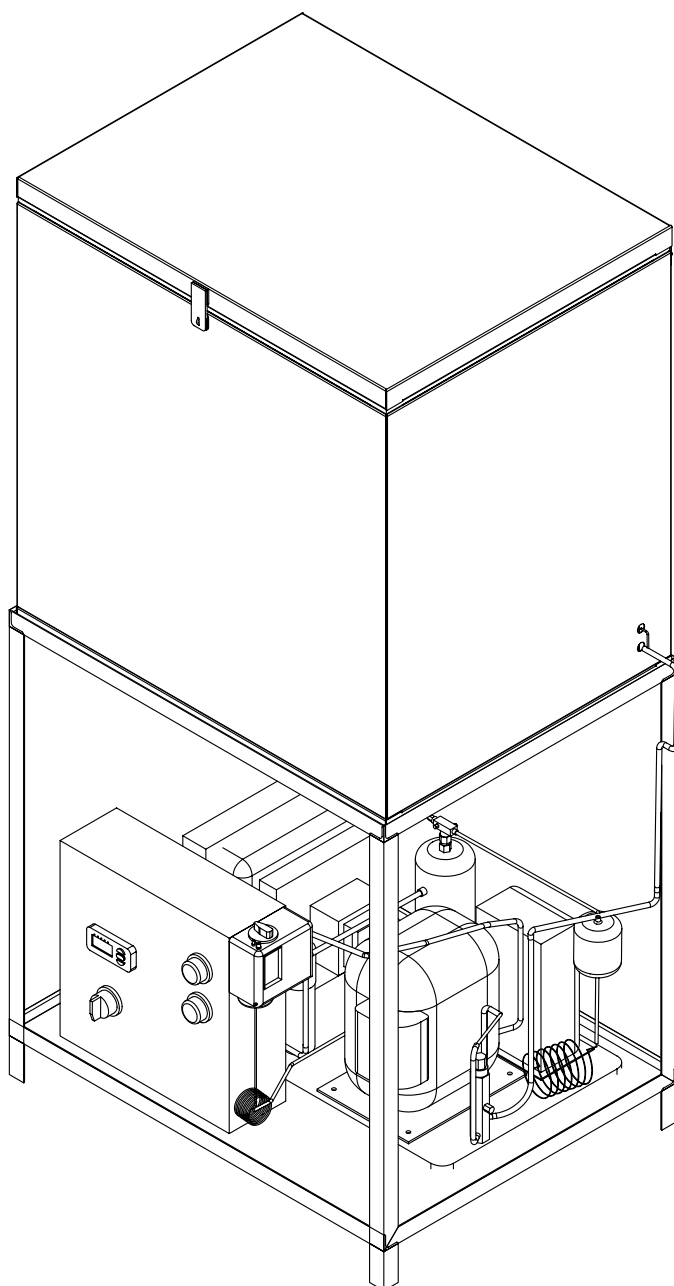
A

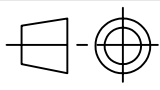
B

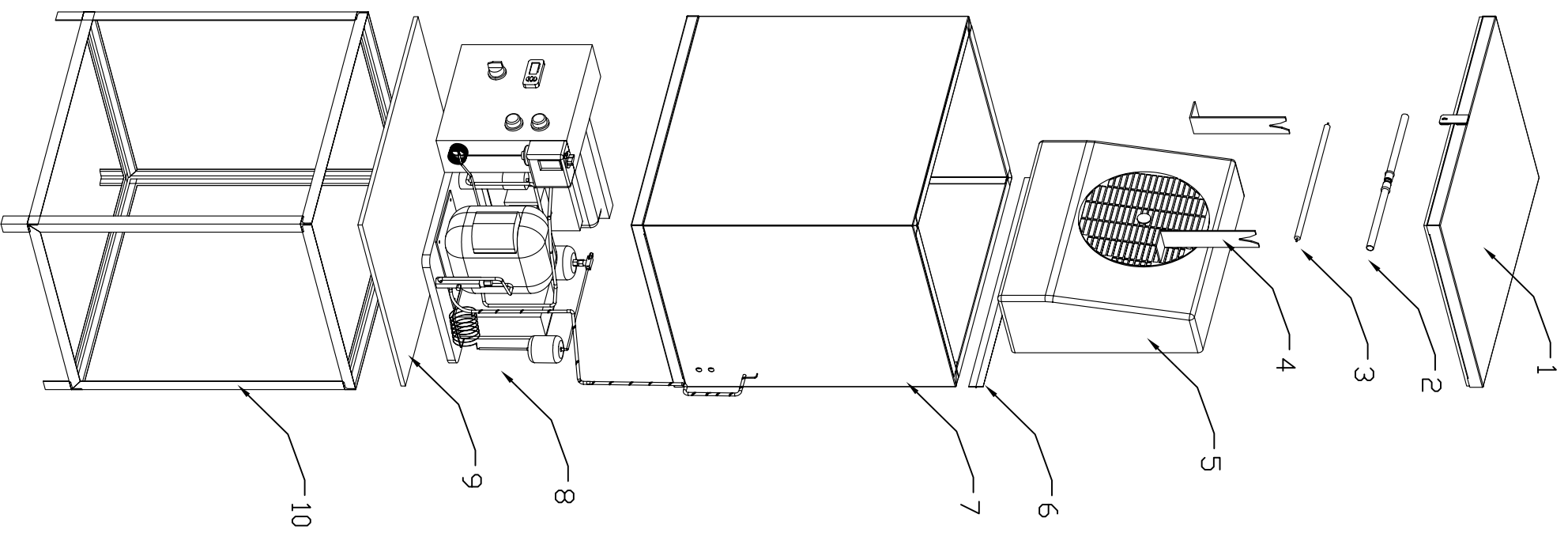
C

D

E



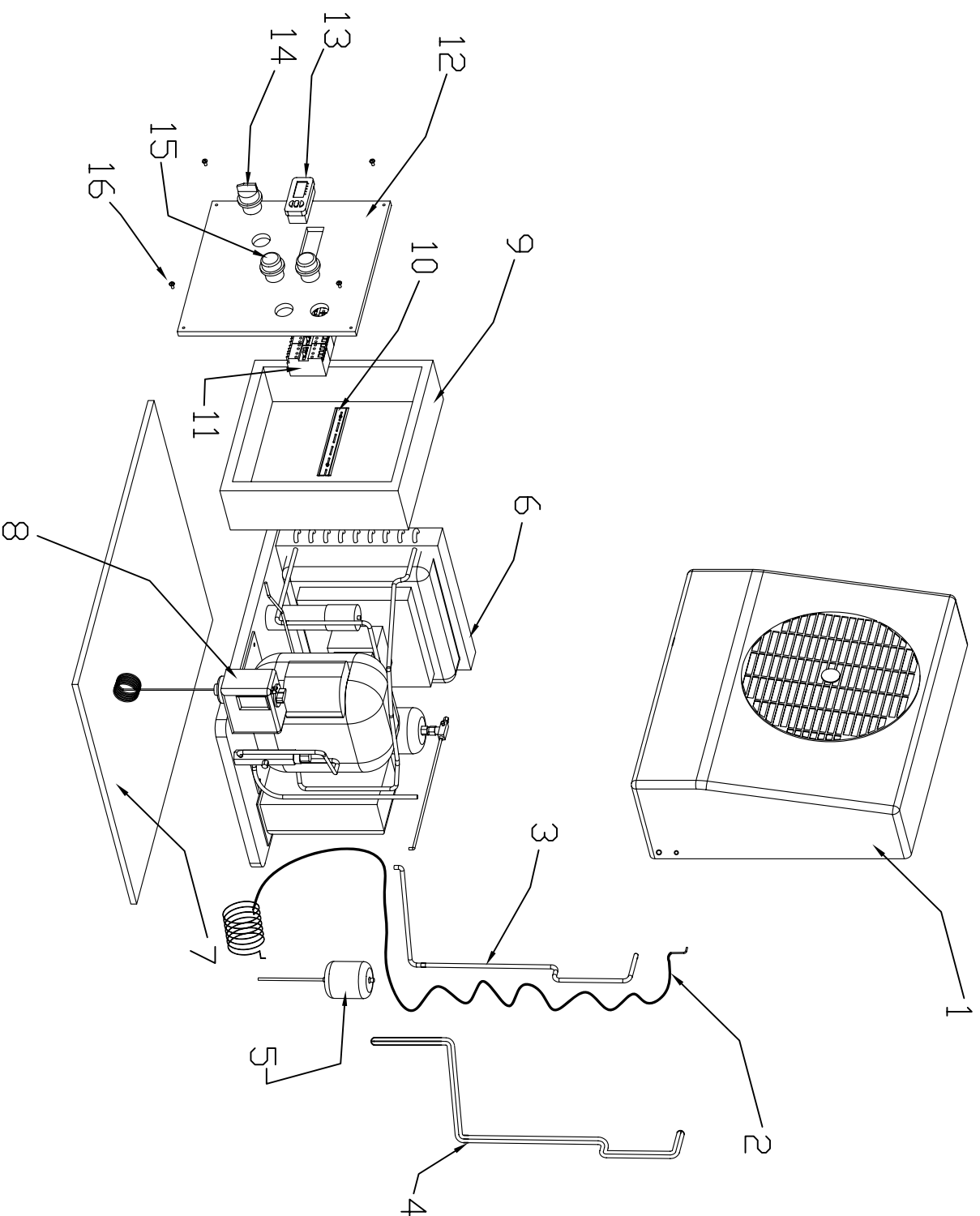
	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Varios	1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soria / A. Proaño		Isometría equipo de refrigeración	1:10
Aprobado	14-10-07	E. Soria / A. Proaño			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingeniería Mecánica Sangolquí - Ecuador				Código Isomre1	
				Sustituye a:	Hoja 1



10	1	Estructura soporte	ESD01	Acero	
9	1	Madera	MA01	Madera	
8	3	Unidad condensadora y de control	UC01	Varios	
7	1	Estructura refrigeradora	REFR01	Acero inoxidable	
6	1	Bisagra	BIS01	Acero	Bisagra de piano 65 cm
5	1	Evaporador	EVA01	Varios	
4	1	Soporte para probeta	SPP01	Acero inoxidable	Plancha espesor 1/8"
3	1	Resistencia electrica	RESE01	Varios	380 W, 110 V
2	1	Probeta	PRDB01	Acero inoxidable	de 1/2" y 3/4"
1	1	Tapa de refrigeradora	TR01	Acero inoxidable	Plancha espesor 1/8"
Dr.	Cart	Denominación	Código	Material	Observaciones

	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Varios	1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño		Despiece del Equipo de refrigeración para el ensayo de temperaturas operativas	1:15
Aprobado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño			

ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingeniería Mecánica		Código DER01	Sustituye a:
Sangolquí - Ecuador		Hoja 2	



16	4	Tornillos para caja metálica	TDR01	Acero	
15	2	Focos indicadores	FDC01	Acero	
14	1	Selector de tres posiciones	SEL01	Varios	-----
13	1	Control digital	CDD01	Varios	-----
12	1	Tapa de caja metálica	TACM01	Acero A36	
11	4	Contactores	CDNT01	Varios	
10	1	Riel para contactores	RIEL01	Acero	
9	1	Caja metálica	CAJM01	Acero A36	
8	1	Presostato	PRE01	Varios	
7	1	Madera	MAD01	Madera	
6	1	Unidad Condensadora	UC01	Varios	
5	1	Filtro secador	FILT01	Varios	
4	1	Aislante térmico	ATE01	caucho	
3	1	Tubo de cobre	TCD01	Cobre	
2	1	Tubo Capilar	TUC01	Cobre	
1	1	Evaporador	EVA01	Varios	
Prd.	Cant	Denominación	Código	Material	Observaciones

Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
14-10-07	D. Altamirano / C. Torres		Varios	1

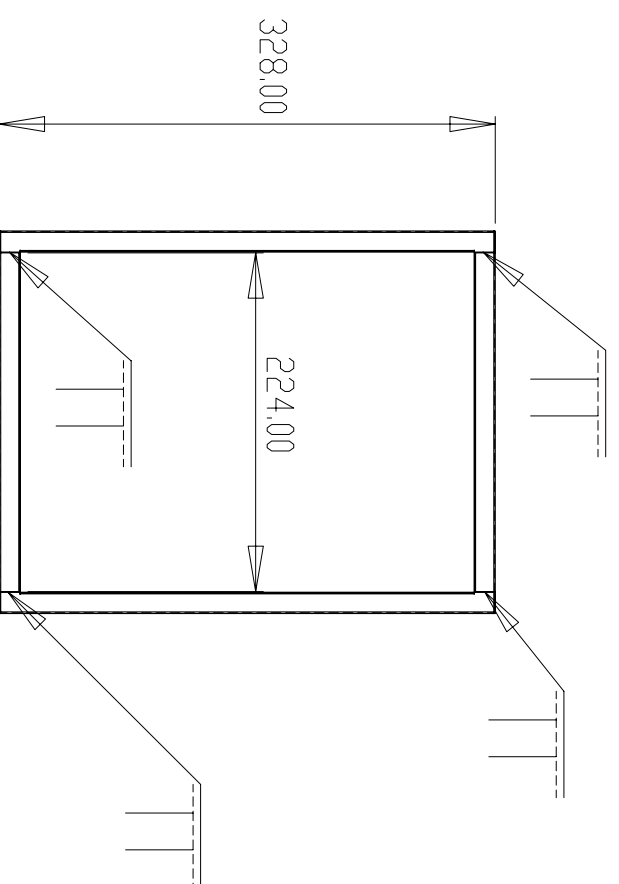
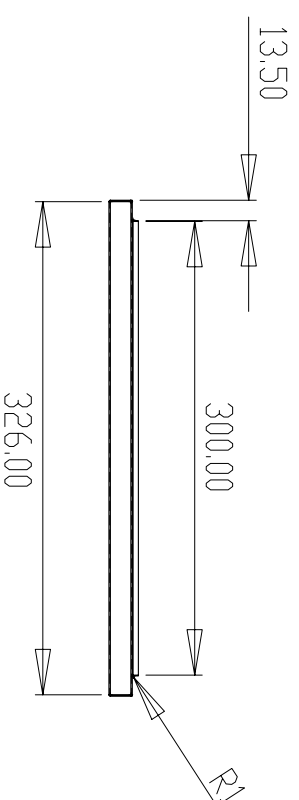
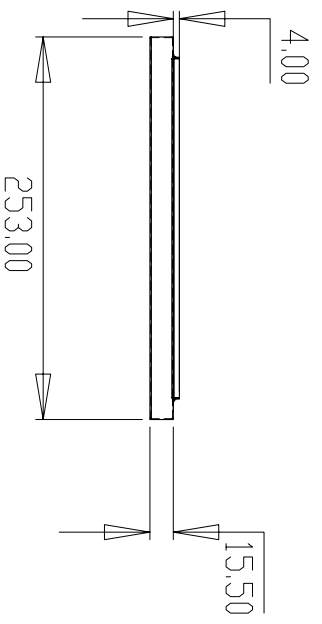
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano / C. Torres		
------------	----------	---------------------------	--	--

Dibujado	14-10-07	D. Altamirano / C. Torres	Denominación	Escala
----------	----------	---------------------------	--------------	--------

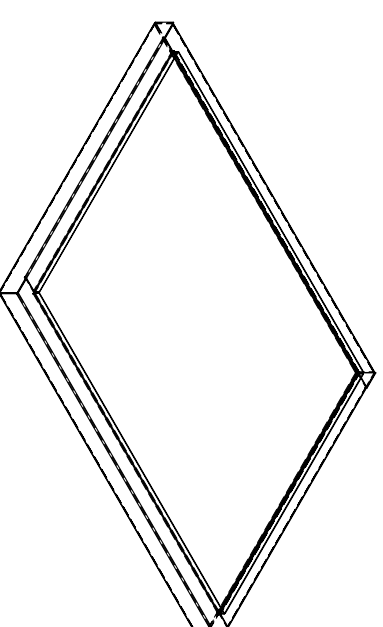
Revisado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño	Despiece de equipo de refrigeración	1:10
----------	----------	----------------------	-------------------------------------	------

Aprobado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño		
----------	----------	----------------------	--	--

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO			Código	Sustituye a:	
Carrera de Ingeniería Mecánica			DER01		
Sangolquí - Ecuador					Hoja 4

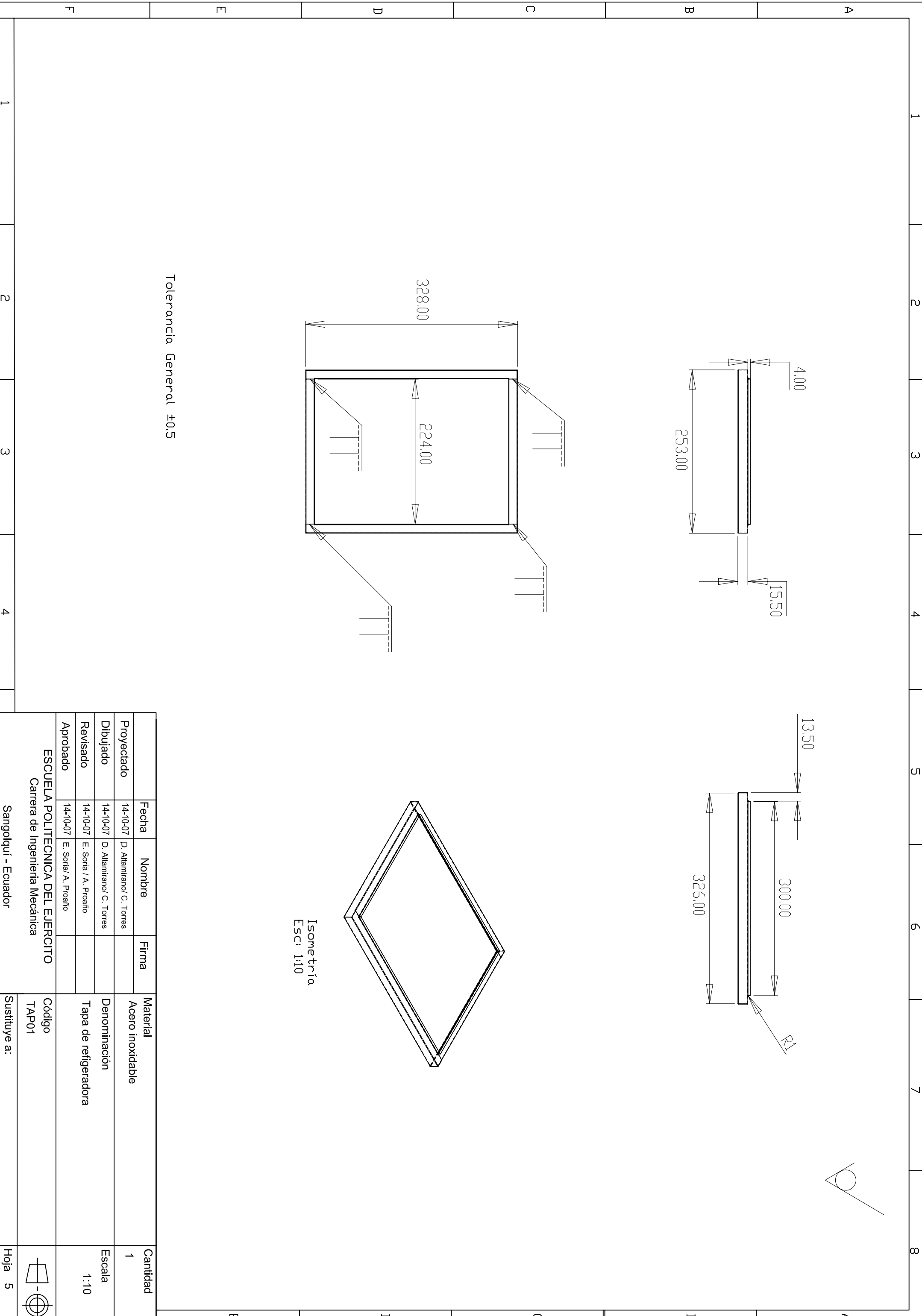
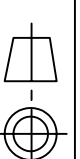


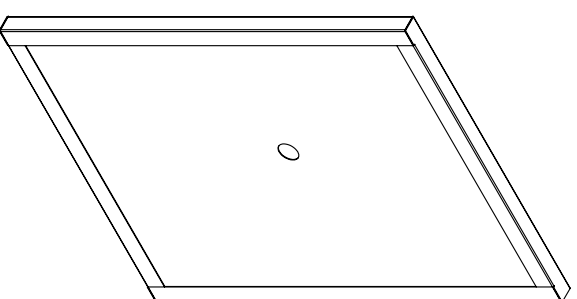
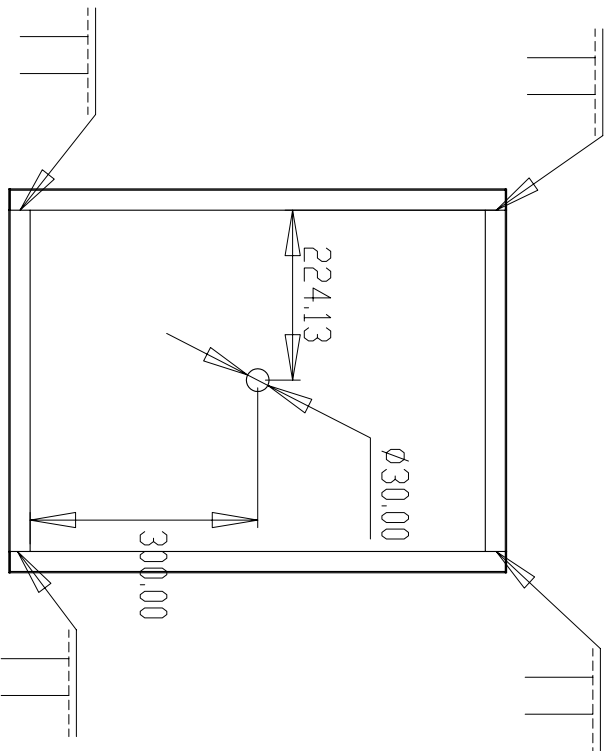
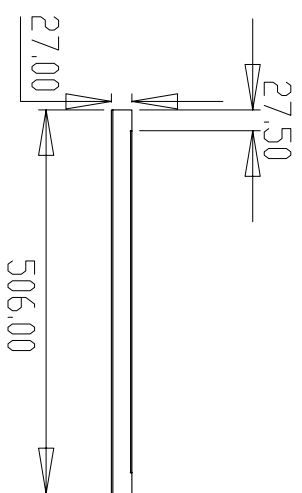
Isometría
Esc: 1:10



Tolerancia General $\pm 0,5$

	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Acero inoxidable	1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño		Tapa de refrigeradora	1:10
Aprobado	14-10-07	E. Soría/ A. Proaño		Código	
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingeniería Mecánica				TAP01	
Sangolquí - Ecuador				Sustituye a:	



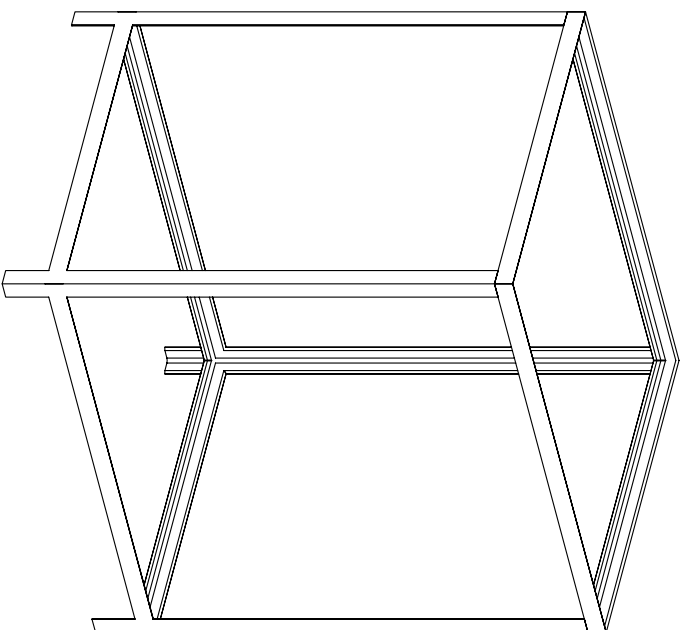
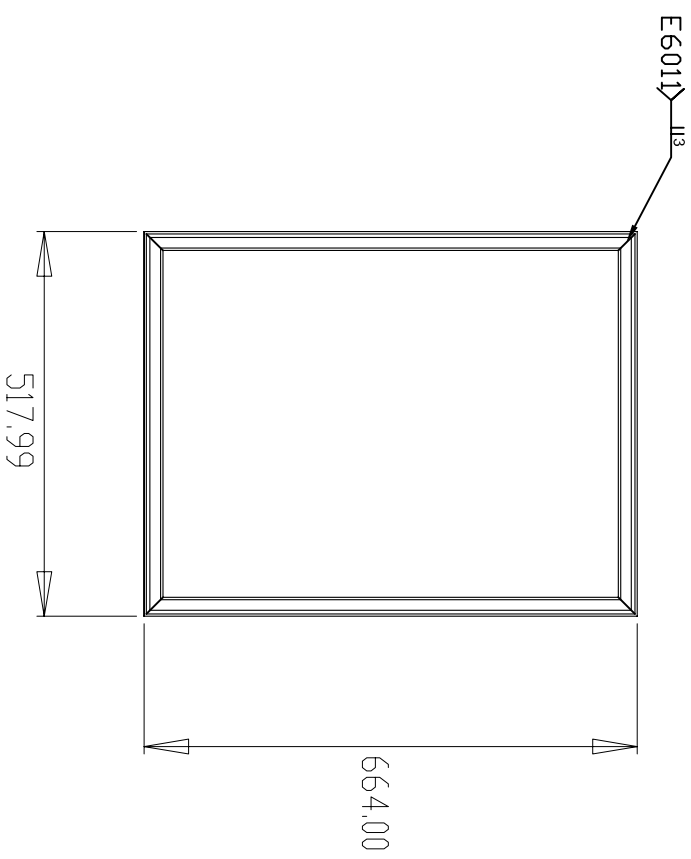
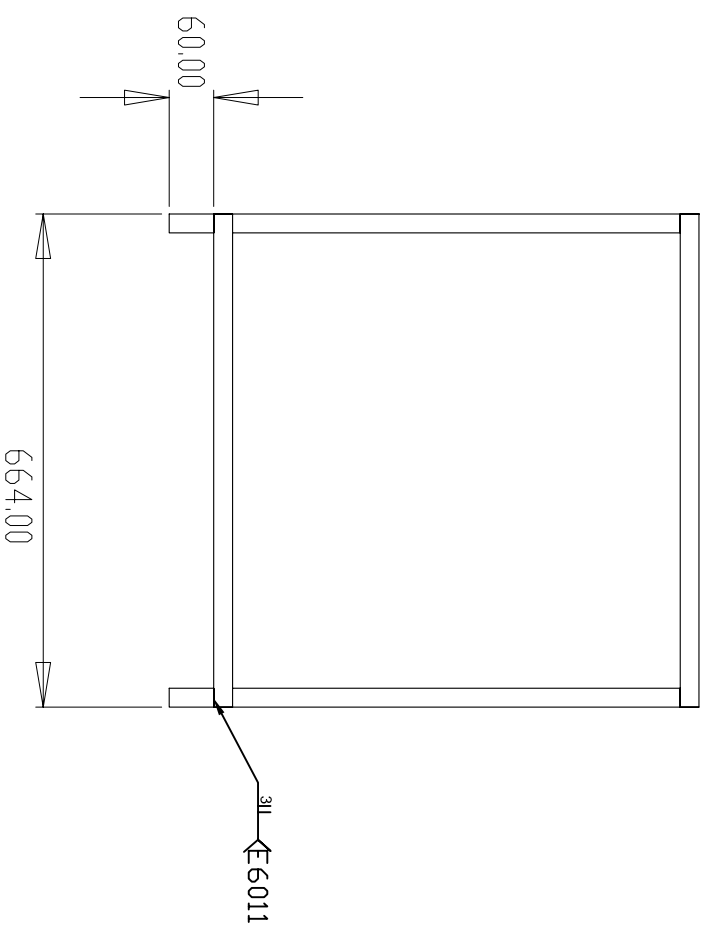
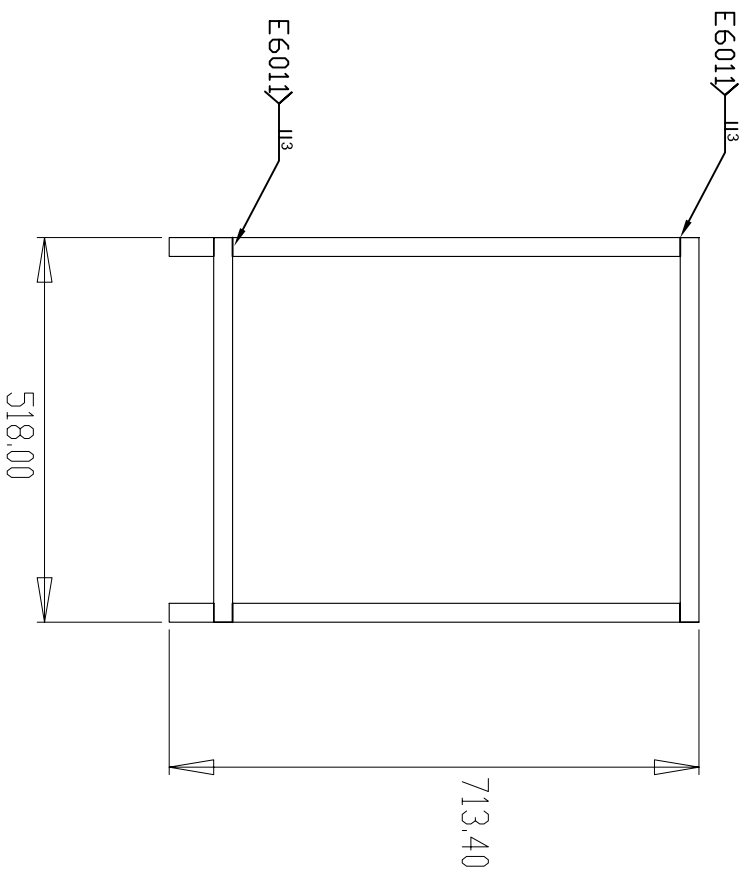


Isometría
Esc: 1:10

Tolerancia General ± 0.5

	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Acero inoxidable	1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño		Base de caja de refrigeradora	1:10
Aprobado	14-10-07	E. Soría/ A. Proaño		Código	
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO				Código	
Carrera de Ingeniería Mecánica				BAS01	
Sangolquí - Ecuador				Sustituye a:	
					Hoja 6





Isometría
Esc: 1:10

Tolerancia General $\pm 0,5$

	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Angulo 1/8" de acero	1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño		Estructura soporte de refrigeradora	1:10
Aprobado	14-10-07	E. Soría/ A. Proaño			

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
Carrera de Ingeniería Mecánica

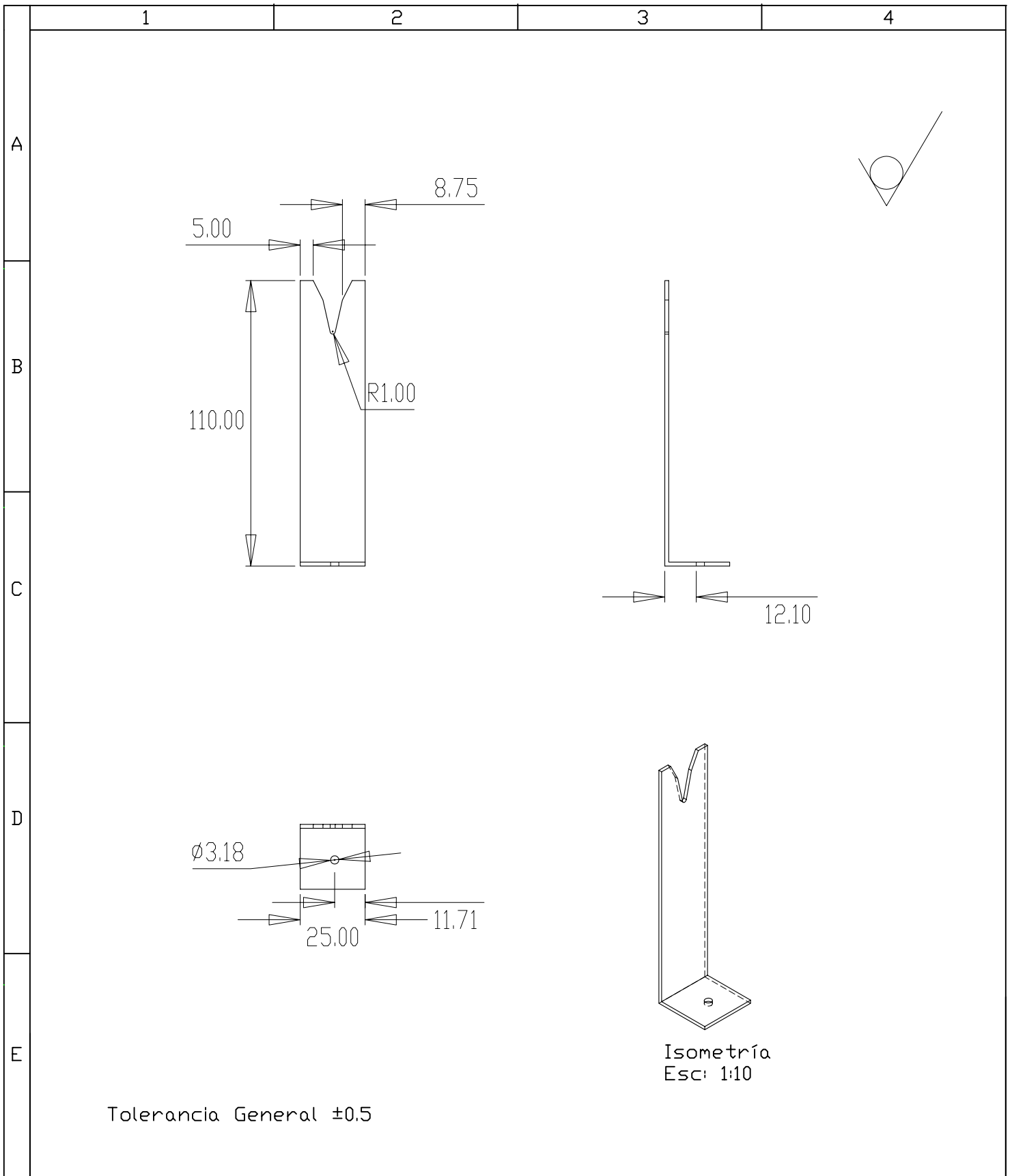
Sangolquí - Ecuador

Código
ESRT01

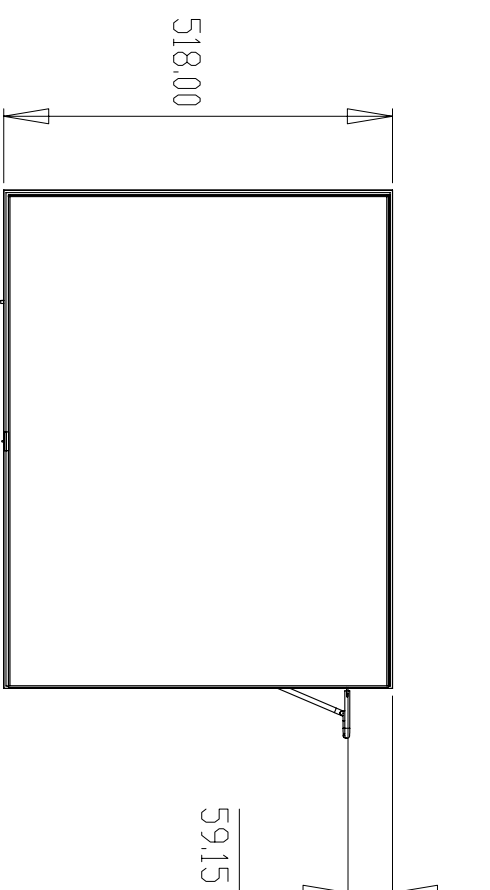
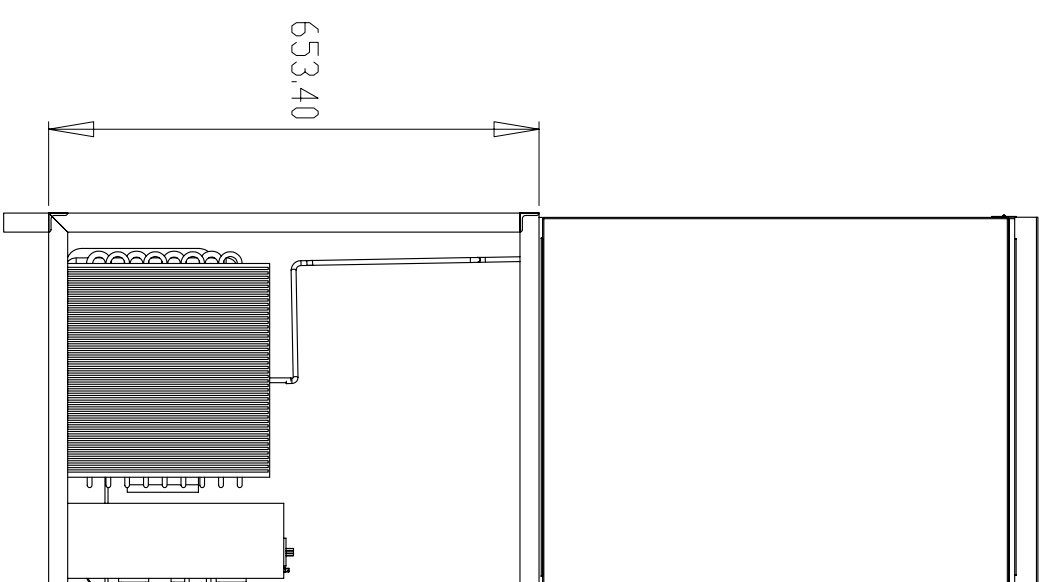
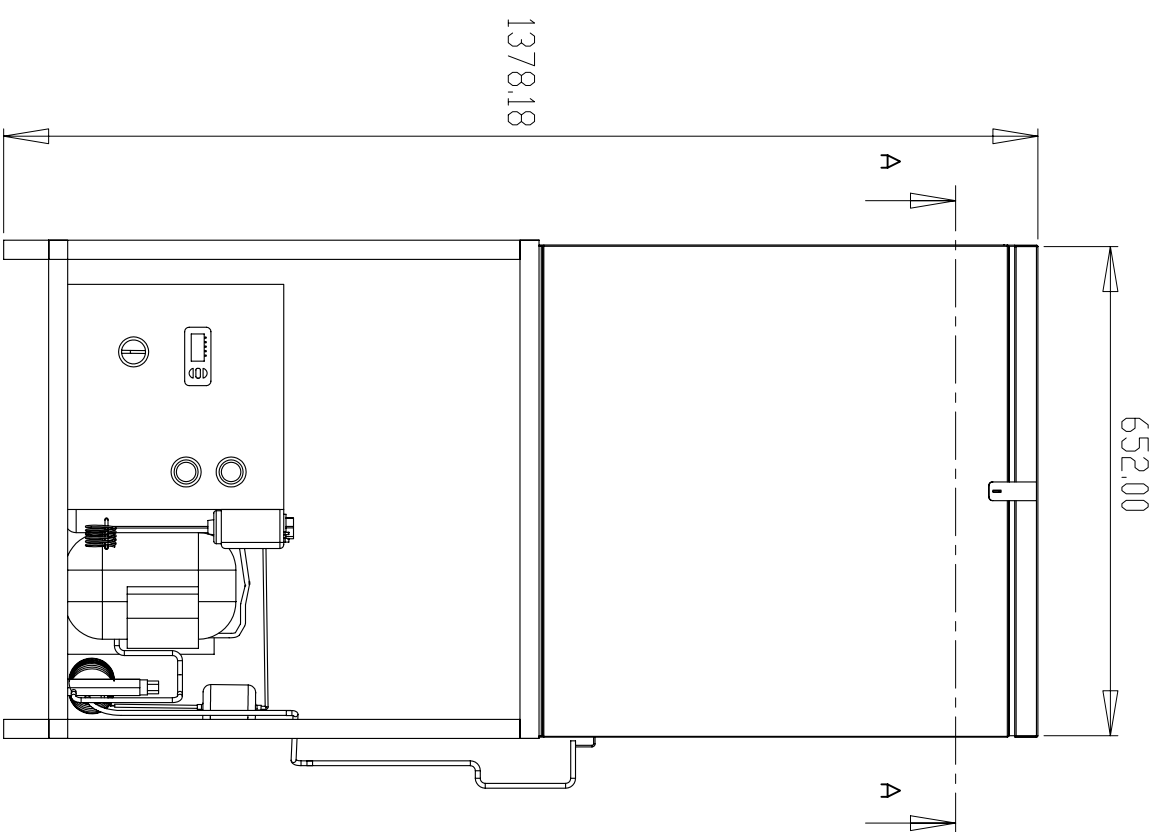
Sustituye a:



Hoja 9



	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Acero inoxidable	2
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soria / A. Proaño		Soporte	1:2.5
Aprobado	14-10-07	E. Soria / A. Proaño			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingenieria Mecánica Sangolquí - Ecuador				Código SOP_01 Sustituye a:	 Hoja 10

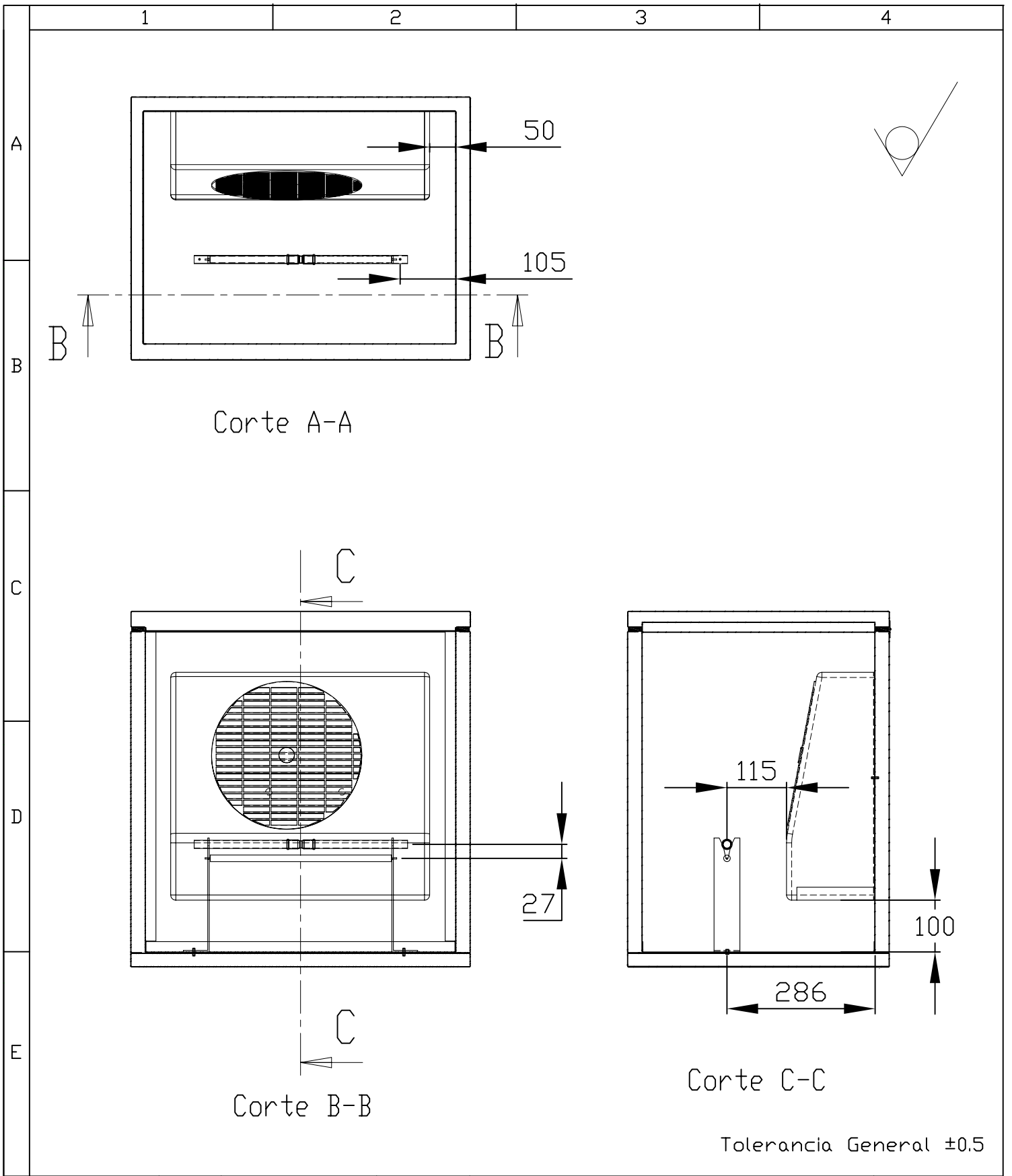


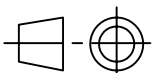
Tolerancia General ± 0.5

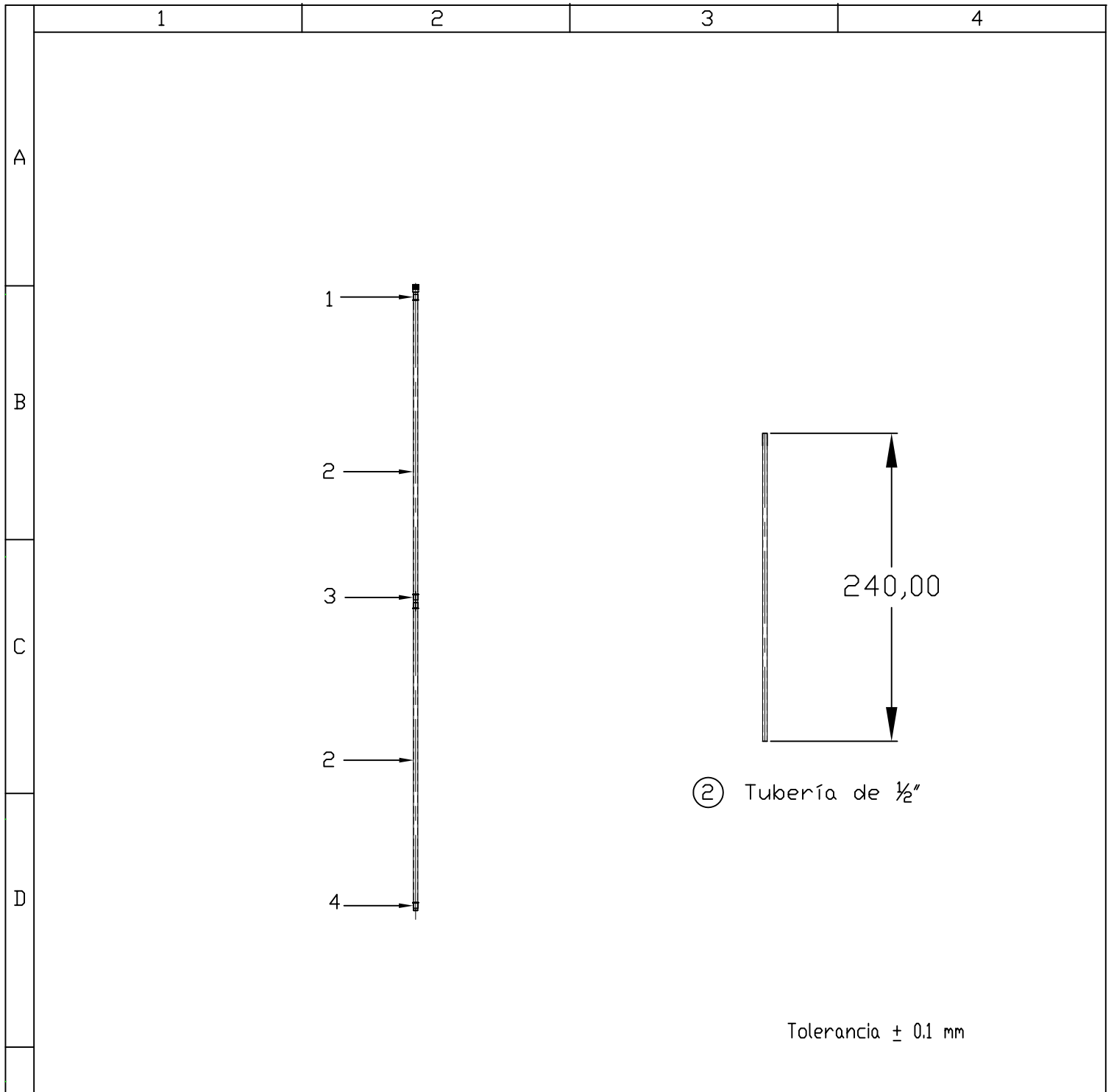
Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Varios	1
14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
14-10-07	E. Soria / A. Proaño		Vistas de refrigeradora	1:10
14-10-07	E. Soria/ A. Proaño		Código	
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingeniería Mecánica			REFR01	

Sangolquí - Ecuador			Sustituye a:	Hoja 11
---------------------	--	--	--------------	---------

A



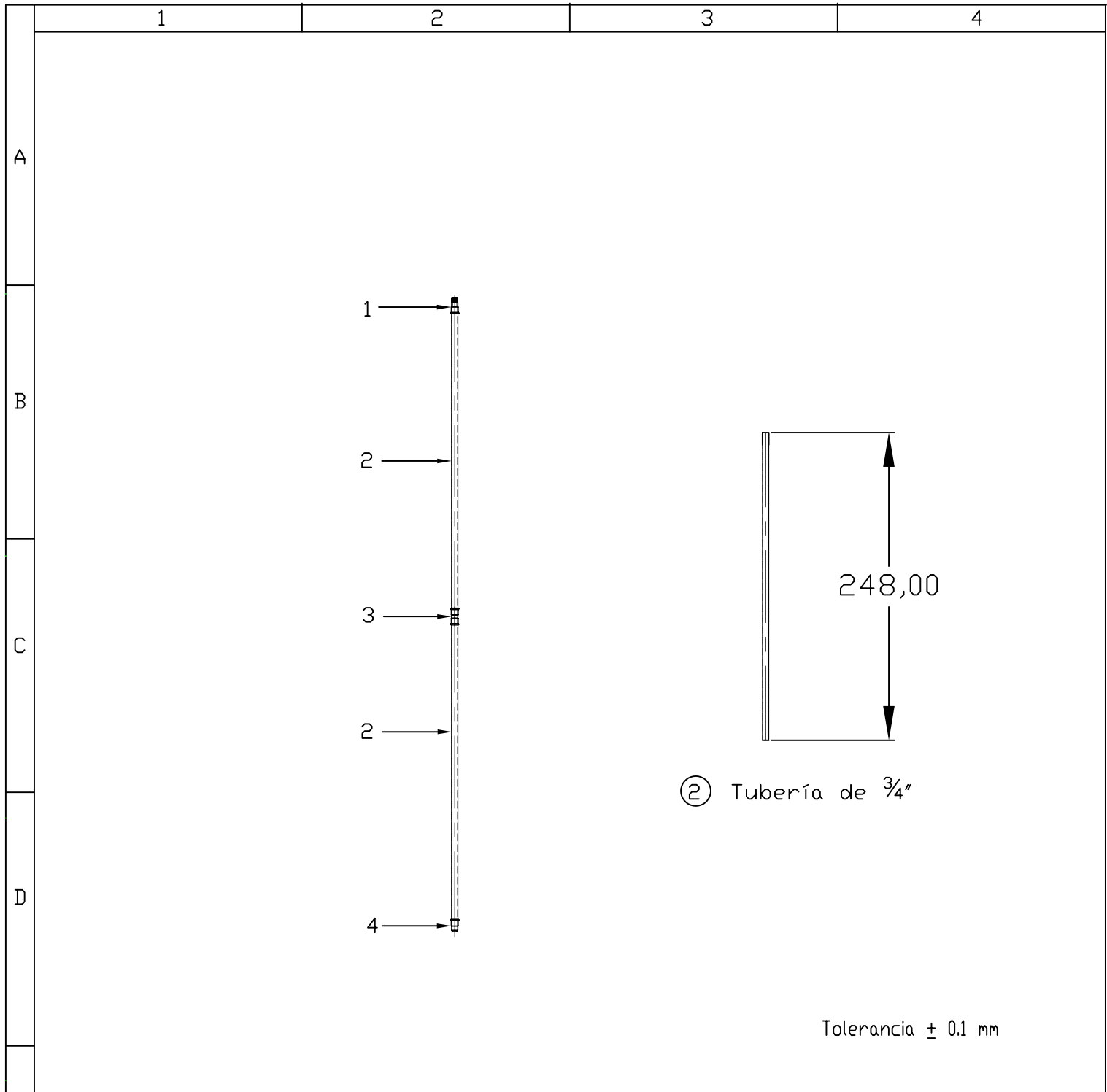
	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado		D. Altamirano/ C. Torres		Varios	1
Dibujado		D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado		E. Soria / A. Proaño		Cortes equipo de refrigeración	1:10
Aprobado		E. Soria / A. Proaño			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingenieria Mecánica Sangolquí - Ecuador				Código Cortes1 Sustituye a:	 Hoja 12



Tolerancia ± 0.1 mm

4	1	Tapa HIDRINDEX	TA 13	AISI 304	Para tubería de 1/2"
3	1	Unión normal corta HIDRINDEX	UNC 13	AISI 304	Para tubería de 1/2"
2	2	Tubería HIDRINDEX	T	AISI 304	1/2" de diámetro
1	1	Tubo macho normal HIDRINDEX	TMN 13	AISI 304	Para tubería de 1/2"
Ord.	Cant	Denominación	Código	Material	Observaciones

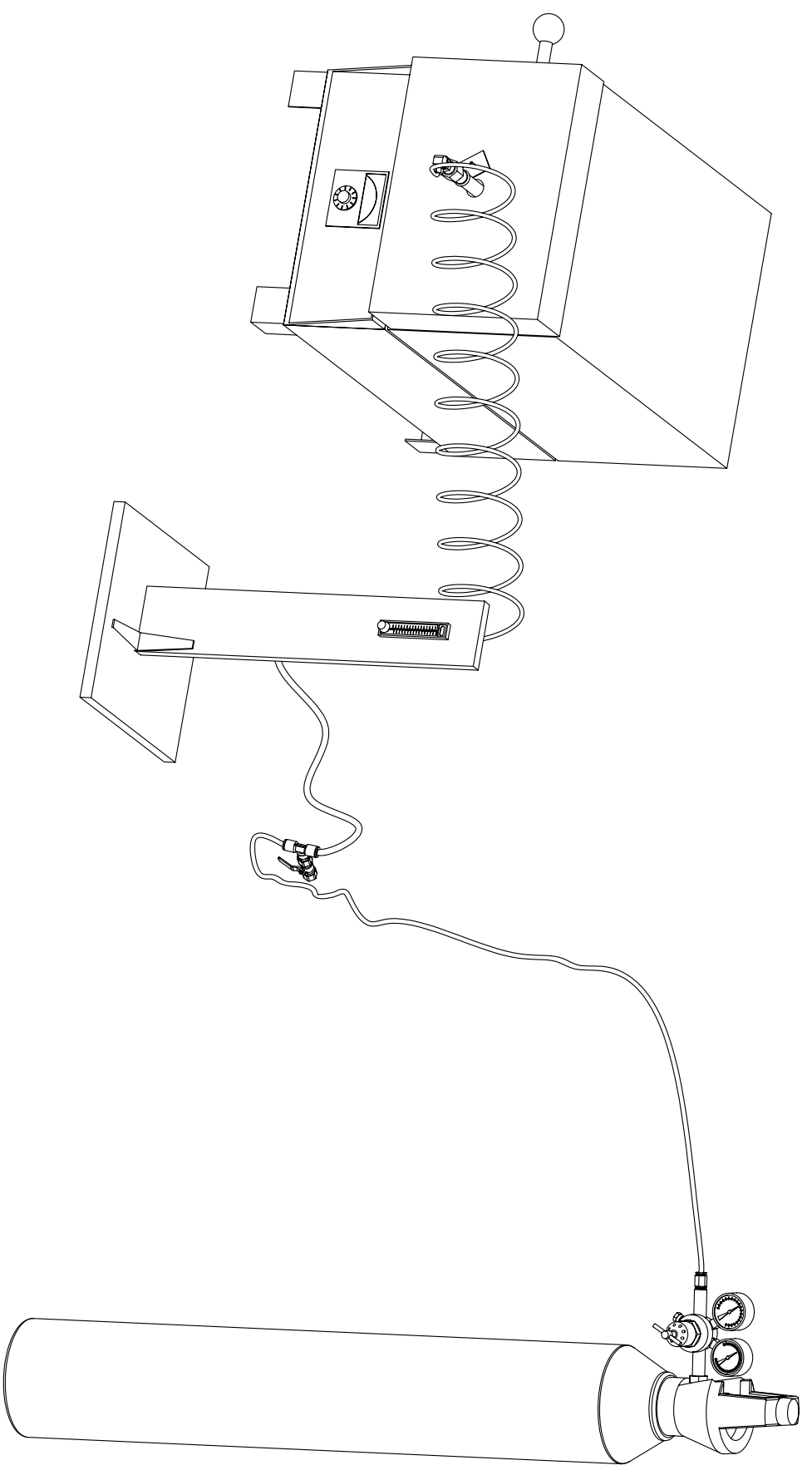
	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Acero AISI 304	1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño		Probeta para ensayo de temperaturas de servicio - tubería 1/2 plg	1:20
Aprobado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingeniería Mecánica				Código PROT_E01	
Sangolquí - Ecuador				Sustituye a:	Hoja 13



Tolerancia ± 0.1 mm

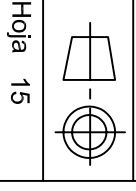
4	1	Tapa HIDRINDEX	TA 20	AISI 304	Para tubería de 3/4"
3	1	Unión normal corta HIDRINDEX	UNC 20	AISI 304	Para tubería de 3/4"
2	2	Tubería HIDRINDEX	T	AISI 304	3/4" de diámetro
1	1	Tubo macho reducción HIDRINDEX	TMR 20	AISI 304	Reducción de 3/4 x 1/2"
Ord.	Cant	Denominación	Código	Material	Observaciones

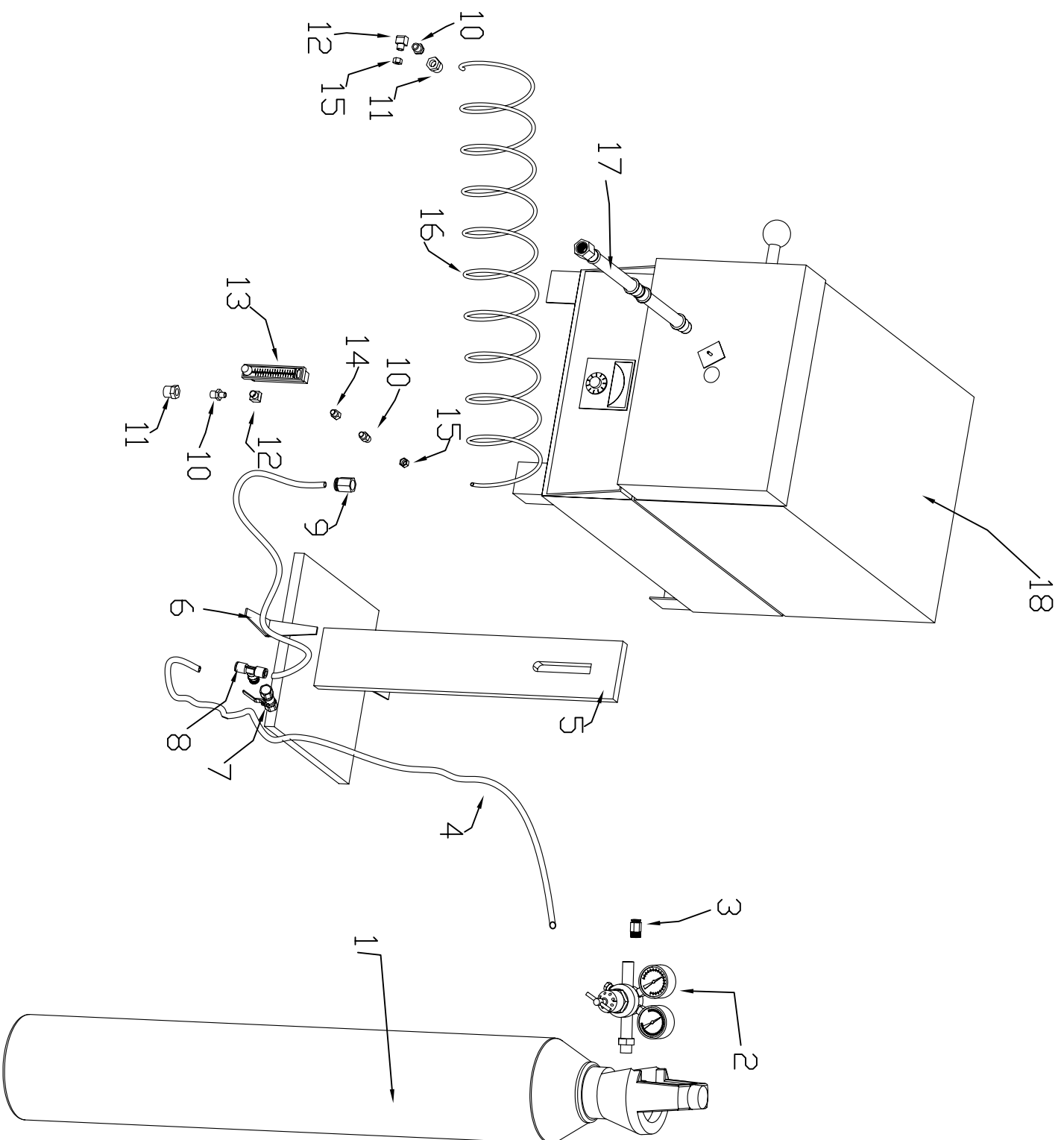
	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Acero AISI 304	1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño		Probeta para ensayos ensayo de	1:20
Aprobado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño		temperaturas de servicio - tubería 3/4 plg	
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingeniería Mecánica				Código PROT_E02	
Sangolquí - Ecuador				Sustituye a:	Hoja 14



1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Varios	1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño		Equipo para ensayo de capacidad adicional	1:10
Aprobado	14-10-07	E. Soría/ A. Proaño		Código	
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingeniería Mecánica				ECAD01	
Sangolquí - Ecuador				Sustituye a:	Hoja 15





18	1	Horno mufla	HDR01	Varios	
17	2	Probeta	PRDB03	AIISI 304	de 1/2" y 3/4"
16	1	Serpentin	SER01	Cobre	1/4" de diámetro
15	1	Conector roscado de 1/2" a 1/4"	CDNE02	Bronce	
14	1	Conector de 1/8"	CDNE01	Bronce	
13	1	Flujometro	FLUJ01	Varios	6.9 bares maxima de presión
12	1	Codo reductor de 1/4" a 1/8"	CDNRE01	Bronce	
11	1	Reducción de 1/2" a 3/8"	RED03	Bronce	
10	2	Reducción de 3/8" a 1/4"	RED02	Bronce	
9	1	Reducción de 1/2" a 1/4"	RED01	Bronce	
8	1	Racor rápido roscado en T	RRA01	Varios	Conexión R 3/8"
7	1	Válvula de globo	GLD01	Varios	3/8"
6	2	Pie de amigo	PIE01	Acero	
5	1	SopORTE para medidor de flujo	SDM01	Madera	
4	1	Manguera FESTD	MAF01	Varios	10 mm
3	1	Racor rápido roscado recto	RRR01	Varios	Conexión R 3/8"
2	1	Regulador de presión	REGU01	Varios	3 bares de presión
1	1	Tanque de nitrógeno	TAN01	Varios	
		Denominación	Código	Material	Observaciones

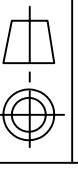
	Fecha	Nombre	Firma	Material	Denominación	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Varios		1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres			Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño			Despiece de equipo para ensayo de capacidad adicional	1:10
Aprobado	14-10-07	E. Soría/ A. Proaño				

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO
Carrera de Ingeniería Mecánica

Sangolquí - Ecuador

Código
ECAD01

Sustituye a:



Hoja 16

1

2

3

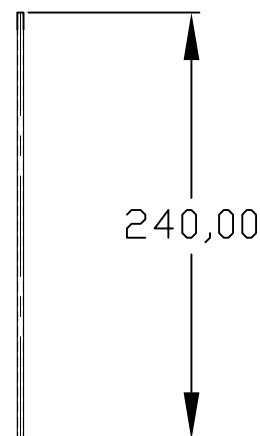
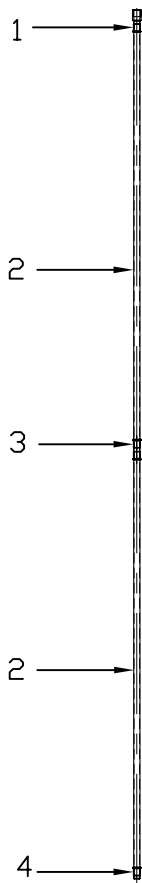
4

A

B

C

D



② Tubería de 1/2"

Tolerancia ± 0.1 mm

4	1	Tapa HIDRINOX	TA 13	AISI 304	Para tubería de 1/2"
3	1	Unión normal corta HIDRINOX	UNC 13	AISI 304	Para tubería de 1/2"
2	2	Tubería HIDRINOX	T	AISI 304	1/2" de diámetro
1	1	Tubo hembra normal HIDRINOX	THN 13	AISI 304	Para tubería de 1/2"
Ord.	Cant.	Denominación	Código	Material	Observaciones

	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Acero AISI 304	1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soria / A. Proaño		Probeta para ensayo de capacidad	1:20
Aprobado	14-10-07	E. Soria / A. Proaño		adicional de carga térmica - tubería 1/2 plg	
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingeniería Mecánica				Código PROC_E01	
Sangolquí - Ecuador				Sustituye a:	Hoja 17

1

2

3

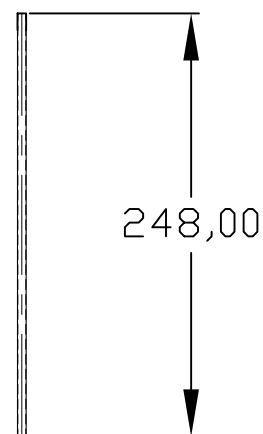
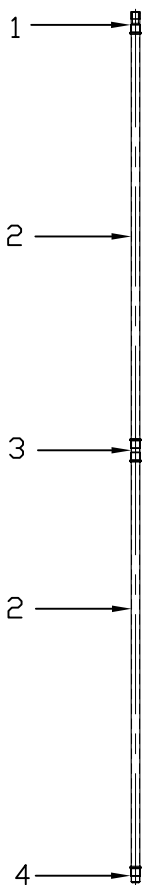
4

A

B

C

D

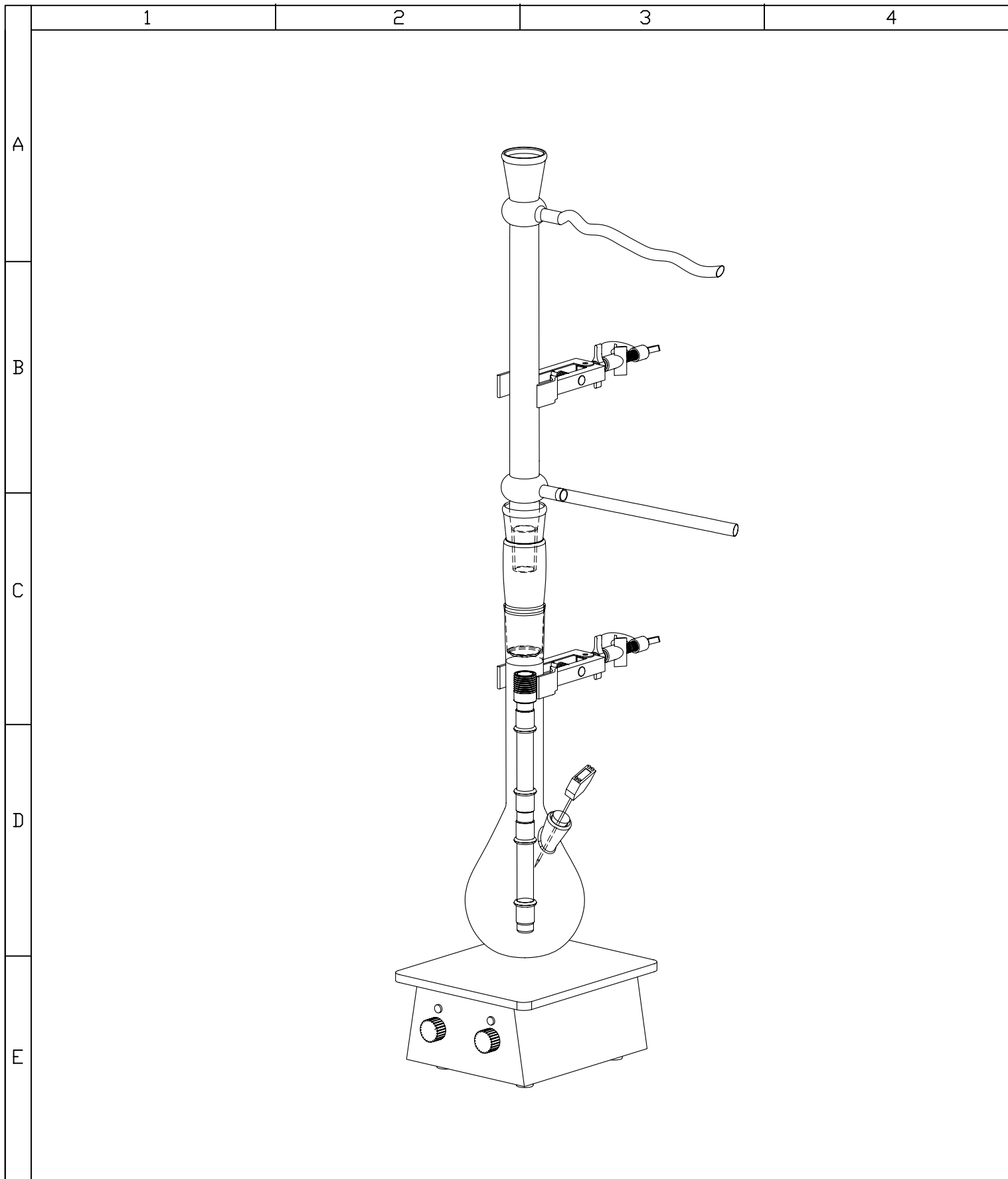


② Tubería de 3/4"

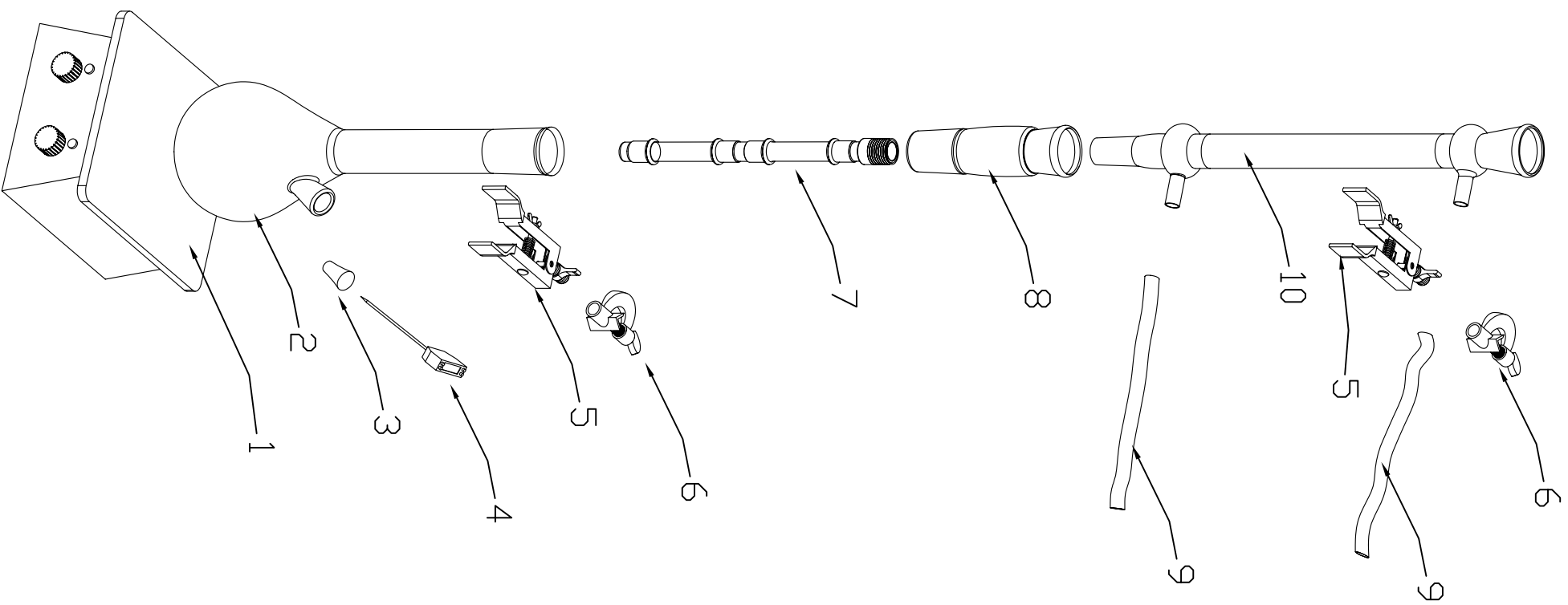
Tolerancia ± 0.1 mm

4	1	Tapa HIDRINOX	TA 20	AISI 304	Para tubería de 3/4"
3	1	Unión normal corta HIDRINOX	UNC 20	AISI 304	Para tubería de 3/4"
2	2	Tubería HIDRINOX	T	AISI 304	3/4" de diámetro
1	1	Tubo hembra reducción HIDRINOX	THR 20	AISI 304	Reducción de 3/4 x 1/2"
Ord.	Cant.	Denominación	Código	Material	Observaciones

	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Acero AISI 304	1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soria / A. Proaño		Probeta para ensayo de capacidad	1:20
Aprobado	14-10-07	E. Soria / A. Proaño		adicional de carga térmica - tubería 3/4 plg	
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingeniería Mecánica				Código PROC_E02	
Sangolquí - Ecuador				Sustituye a:	Hoja 18



	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Varios	1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño		Isometría equipo para ensayo de corrosión	1:5
Aprobado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño			
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingeniería Mecánica Sangolquí - Ecuador				Código Isomcor1	
				Sustituye a:	Hoja 19



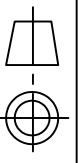
Ord.	Cant	Denominación	Código	Material	Observaciones
10	1	Condensador	CDN01	Pirex	
9	2	Manguera	MAN01	Plastico	
8	1	Acople	ACD01	Varios	
7	1	Probeta	PRDB01	Acero	
6	2	Nuez	NUE01	Acero	
5	2	Plinza	PLN01	Acero	
4	1	Termometro digital	TER01	Varios	
3	1	Tapón	TAP01	caucho	
2	1	Balón	BAL01	Pirex	con orificio para termometro
1	1	Reverbero	REV01	Varios	

Proyectado	Fecha	Nombre	Firma	Material	Denominación	Escala
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Varios		1
Revisado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño			Despice ensayo de corrosión	1:5
Aprobado	14-10-07	E. Soría / A. Proaño				

ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO
Carrera de Ingeniería Mecánica

Sangolquí - Ecuador

Código DCO01
Sustituye a:



Hoja 20

1

2

3

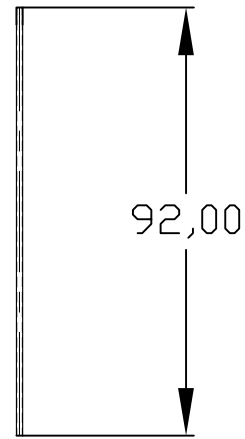
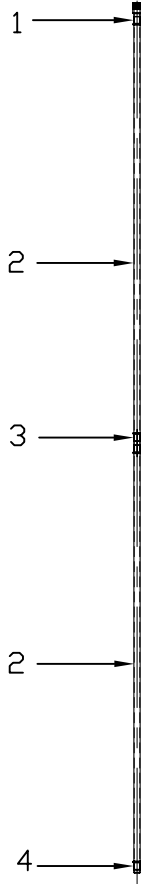
4

A

B

C

D

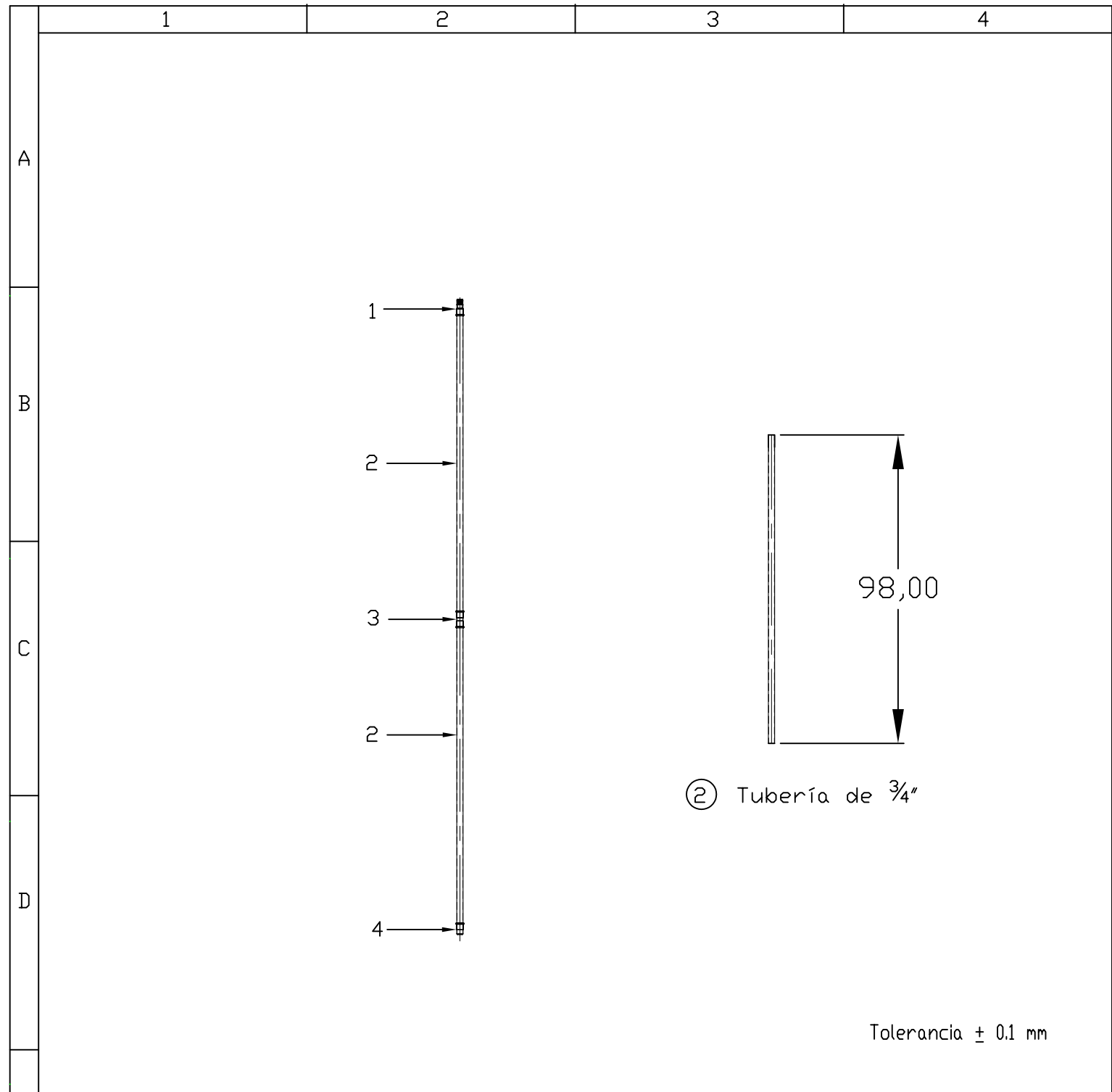


② Tubería de 1/2"

Tolerancia ± 0.1 mm

4	1	Tapa HIDRINOX	TA 13	AISI 304	Para tubería de 1/2"
3	1	Unión normal corta HIDRINOX	UNC 13	AISI 304	Para tubería de 1/2"
2	2	Tubería HIDRINOX	T	AISI 304	1/2" de diámetro
1	1	Tubo macho normal HIDRINOX	TMN 13	AISI 304	Para tubería de 1/2"
Ord.	Cant.	Denominación	Código	Material	Observaciones

	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Acero AISI 304	1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soria / A. Proaño		Probeta para ensayo de corrosión - tubería	1:20
Aprobado	14-10-07	E. Soria / A. Proaño		1/2 plg	
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingeniería Mecánica				Código PROD_E01	
Sangolquí - Ecuador				Sustituye a:	Hoja 21



4	1	Tapa HIDRINOX	TA 20	AISI 304	Para tubería de 3/4"
3	1	Unión normal corta HIDRINOX	UNC 20	AISI 304	Para tubería de 3/4"
2	2	Tubería HIDRINOX	T	AISI 304	3/4" de diámetro
1	1	Tubo macho reducción HIDRINOX	TMR 20	AISI 304	Reducción de 3/4 x 1/2"
Ord.	Cant.	Denominación	Código	Material	Observaciones

	Fecha	Nombre	Firma	Material	Cantidad
Proyectado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Acero AISI 304	1
Dibujado	14-10-07	D. Altamirano/ C. Torres		Denominación	Escala
Revisado	14-10-07	E. Soria / A. Proaño		Probeta para ensayo de corrosión - tubería	1:20
Aprobado	14-10-07	E. Soria / A. Proaño		3/4 plg	
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO Carrera de Ingeniería Mecánica Sangolquí - Ecuador				Código PROD_E02	
				Sustituye a:	Hoja 22