

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



TESIS

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA
CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS
RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA DE LA
CONVENCIÓN – CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. HUGO ALFREDO SALAZAR MONTERROSO

Br. DARCY VLADIMIR CAJIGAS HUILLCANINA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

ASESOR:

Mgt. PAOLA LY TRIVEÑO RAMOS

CUSCO – PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA MEDIANTE EL USO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - CUSCO

Presentado por: DARCY VIADIMIR CAJIGAS HUILLCANINA DNI N° 46728417

presentado por: HUGO ALFREDO SALAZAR MONTERROSO DNI N°: 48370547

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO MECÁNICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por2..... veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de3.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	☐

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 13 de Agosto de 2025



Firma

Post firma Darco G. Trujano Romero

Nro. de DNI 41915360

ORCID del Asesor 0000-0002-3693-9293

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 272591482771495

Darcy Cajigas / Hugo Salazar

Tesis de Darcy Cajigas y Hugo Salazar - Final (2).pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:482771495

Fecha de entrega

13 ago 2025, 7:06 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

13 ago 2025, 7:12 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis de Darcy Cajigas y Hugo Salazar - Final (2).pdf

Tamaño de archivo

16.0 MB

291 Páginas

79.966 Palabras

397.192 Caracteres

3% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 2%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

PRESENTACIÓN

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica.

Señores docentes miembros del jurado.

En cumplimiento con las disposiciones del Reglamento de Grados y Títulos que rigen en nuestra casa de estudios para optar el título de ingeniero mecánico, presentamos ante ustedes nuestro trabajo de investigación intitulado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA MEDIANTE EL USO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN – CUSCO”.

Este trabajo de investigación tecnológico busca una solución a un problema que es muy frecuente en zonas urbanas y rurales del distrito de Santa Ana, hablamos de la falta de agua potable apta para el consumo humano, para lo cual se ha diseñado y construido un generador de agua que busca obtener agua a partir de la humedad atmosférica del aire.

Para el desarrollo del siguiente trabajo se emplearon y aplicaron conocimientos y habilidades adquiridos durante los años académicos de pregrado, con lo cual se busca contribuir con el desarrollo de tecnologías sostenibles que puedan mejorar la calidad de vida de las comunidades afectadas por la falta de agua apta para el consumo humano.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Dora y Willian, por el amor y apoyo incondicional que me brindan día a día, el cual me motiva para cumplir mis metas.

Darcy V. Cajigas Huíllcanina

A Dios, por ser fuente de sabiduría y fortaleza.

A mis padres y mi familia por sus consejos y apoyo incondicional.

Hugo A. Salazar Monterroso

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la UNSAAC, a su distinguido cuerpo docente y, en especial, a la Ing. Paola Triveño, nuestra asesora de tesis, por su invaluable apoyo y orientación durante la realización de este trabajo.

Extendemos también nuestro reconocimiento a María Vargas, Willy Tantalean, Alonso Tantalean, a la directora de la I.E. Pacchac Chico y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, contribuyeron significativamente a la culminación de esta tesis.

Finalmente, agradecemos a nuestros compañeros de la facultad por su amistad y compañerismo que nos brindaron en el transcurso de nuestra formación académica.

Hugo A. Salazar Monterroso

Darcy V. Cajigas Huillcanina

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha ido incrementando la escasez de agua en diversas regiones del mundo, y el Perú no ha sido una excepción. Lo cual ha llevado a la búsqueda de nuevas alternativas como la generación de agua a partir de fuentes no convencionales como son los generadores de agua atmosférica (AWG). El cual se presenta como una solución prometedora para la obtención de agua a partir de la humedad del aire atmosférico.

La presente tesis tiene como objetivo el diseño y construcción de un generador de agua atmosférico que se adapte a las condiciones climáticas de las zonas rurales del distrito de Santa Ana. Para este fin, se ha desarrollado un AWG basado en principios de refrigeración y deshumidificación para la extracción de agua de la atmosfera, buscando la sostenibilidad económica del proyecto mediante el uso de energía solar fotovoltaica, con la finalidad de satisfacer las necesidades básicas de agua apta para el consumo humano de una familia promedio, sin generar un impacto ambiental significativo.

RESUMEN

En esta tesis se diseñó y construyó un Generador de Agua Atmosférico (AWG) para consumo humano, capaz de producir 10 litros de agua por día en aproximadamente 7 horas de operación. El objetivo principal fue crear una solución hídrica sostenible, especialmente para comunidades con acceso limitado a fuentes de energía tradicionales.

El diseño se basó en la metodología VDI (directrices 2221 y 2225), incorporando un estudio detallado de las condiciones climáticas y geográficas de la zona de trabajo. Se realizaron cálculos de psicometría y refrigeración para el diseño térmico de los intercambiadores compactos de tubos con aletas, y se seleccionaron los componentes del sistema de refrigeración, tratamiento de agua y un sistema fotovoltaico.

Posteriormente, se llevó a cabo la construcción y fabricación del AWG siguiendo las normativas vigentes. El dispositivo fue puesto en marcha y las muestras de agua obtenidas fueron analizadas en un laboratorio especializado en Cusco para verificar su calidad.

Finalmente, se realizó un análisis de costos y una evaluación de la rentabilidad social del dispositivo. Los resultados concluyeron que el AWG es una alternativa sostenible y prometedora para la generación de recursos hídricos, con un impacto social positivo significativo, ya que ofrece una solución viable para comunidades con necesidades urgentes de agua potable.

Palabras clave: Generador de agua atmosférico, humedad, energía, fotovoltaica.

ABSTRACT

This thesis describes the design and construction of an Atmospheric Water Generator (AWG) for human consumption, capable of producing 10 liters of water per day in approximately 7 hours of operation. The main goal was to create a sustainable water solution, especially for communities with limited access to traditional energy sources.

The design was based on the VDI methodology (guidelines 2221 and 2225), and included a detailed study of the climatic and geographical conditions of the working area. Psychrometric and refrigeration calculations were performed for the thermal design of the compact finned-tube heat exchangers, and the components for the refrigeration, water treatment, and photovoltaic systems were selected.

Subsequently, the AWG was constructed and manufactured in accordance with current regulations. The device was put into operation, and water samples were analyzed in a specialized laboratory in Cusco to verify their quality.

Finally, a cost analysis and an evaluation of the social profitability of the device were conducted. The results concluded that the AWG is a sustainable and promising alternative for generating water resources, with a significant positive social impact, as it offers a viable solution for communities in urgent need of drinking water.

Keywords: Atmospheric Water Generator, humidity, energy, photovoltaic.

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO	IV
INTRODUCCIÓN	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
NOMENCLATURA Y SÍMBOLOS	XVIII
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	XXIII
CAPITULO 1 Marco Referencial.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.1.1. Problema General.....	2
1.1.2. Problemas Específicos	2
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.3. Justificación del Estudio	3
1.3. Alcances y limitaciones	4
1.3.1. Alcances	4
1.3.2. Limitaciones.....	5
1.4. Hipótesis.....	5
1.4.1. Hipótesis general	5
1.4.2. Hipótesis específicas	6
1.5. Variables e Indicadores	6
1.5.1. Variables Independientes	6
1.5.2. Variables Dependientes.....	6
1.4. Metodología	7
1.4.1. Enfoque, Nivel, Tipo y Diseño de la Investigación	7
1.4.2. Técnicas de Recolección de Datos	7
1.4.3. Procesamiento de Datos	7
1.4.4. Técnicas de Análisis de Datos.....	7
1.5. Estudio de Mercado: Generadores de Agua Atmosféricos (AWG).....	7
CAPITULO 2 Marco Teórico	9
2.1. Psicrometría	9
2.1.1. Diagrama Psicrométrico o Carta Psicrométrica	9
2.1.2. Variables que se Representan en el Diagrama Psicrométrico	9
2.1.3. Procesos Psicrométricos.....	11
2.1.4. Factor de bypass o de desvío.....	11
2.2. Refrigeración.....	12

2.2.1. Refrigeración Por Compresión de Vapor	12
2.3. Refrigerantes	14
2.4. Ebullición y Condensación	14
2.4.1. Ebullición	14
2.4.2. Condensación	14
2.5. Correlaciones Para el Diseño de Condensadores y Evaporadores	14
2.5.1. Correlaciones Para la Condensación al Interior de Tuberías	15
2.5.2. Correlaciones Para Ebullición por Flujo o Convección Forzada al Interior de Tuberías	15
2.5.3. Caída de Presión.....	16
2.6. Intercambiadores de Calor	17
2.6.1. Clasificación de Intercambiadores de Calor	17
2.6.2. Factor de impureza o Factor de Incrustación	17
2.6.3. Análisis de los Intercambiadores de Calor	17
2.6.4. Metodología de Diseño de Intercambiadores de Calor	18
2.7. Tecnología Fotovoltaica.....	18
2.7.1. Radiación Solar	18
2.7.2. Irradiancia	19
2.7.3. Irradiación	19
2.7.4. Hora Solar Pico (HSP)	19
2.7.5. Sistemas Fotovoltaicos Aislado	19
CAPITULO 3 Diseño del Generador de Agua	20
3.1. Diseño Conceptual	20
3.1.1. Lista de Exigencias	20
3.1.2. Caja Negra.....	21
3.1.3. Secuencia de Funciones	21
3.1.4. Procesos técnicos	21
3.1.5. Aplicación de sistemas técnicos y sus limitaciones.	22
3.1.6. Agrupación de estructuras de funciones:	22
3.1.7. Representación de estructuras de funciones.....	22
3.1.8. Elección de la estructura de funciones	23
3.1.9. Matriz Morfológica	23
3.1.10. Concepto de Solución	24
3.1.11. Evaluación técnico económico de los conceptos solución.....	27
3.1.12. Proyecto preliminar	27
3.1.13. Evaluación del Proyecto preliminar	29
3.1.14. Evaluación técnica	29
3.1.15. Evaluación económica	30
3.2. Diseño del Sistema Térmico	31
3.2.1. Caudal Requerido de Agua de Consumo Humano por Familia	31
3.2.2. Estudio del Clima de la Zona	32
3.2.3. Tiempo de Servicio del Generador de Agua	35
3.2.4. Primeras Consideraciones Para el Diseño.....	37
3.2.5. Cálculos de Psicrometría.....	37
3.2.6. Ciclo de Refrigeración	45
3.2.7. Diseño del Evaporador	51
3.2.8. Diseño del Condensador	86
3.2.9. Dimensionamiento del Sistema de Refrigeración	110
3.3. Diseño del Sistema de Alimentación y Limpieza de Aire	113

3.3.1. Diseño del Filtro de Aire.....	113
3.3.2. Selección del Ventilador	114
3.4. Diseño del Sistema de Tratamiento de Agua	117
3.4.1. Requisitos que Debe Tener el Agua Para Consumo Según la OMS y el MINSA ...	118
3.4.2. Posibles Contaminantes del Agua Obtenida a Partir del Aire.....	118
3.4.3. Selección de los Filtros de Agua.....	120
3.4.4. Selección de la Tubería del Sistema de Tratamiento de Agua.....	121
3.4.5. Selección de Accesorios.....	122
3.4.6. Dimensionamiento del Tanque de Almacenamiento	122
3.4.7. Selección de la Bomba	124
3.4.8. Distribución del Sistema de Tratamiento de Agua	130
3.5. Estructura del AWG.....	130
3.5.1. Proceso de Doblado de las Planchas de Acero Inoxidable y Aluminio.	131
3.5.2. Coberturas de la Estructura Metálica	131
3.5.3. Ruedas de Transporte.....	131
3.6. Sistema Eléctrico y de Control.....	131
3.6.1. Panel de Control.....	131
3.6.2. Dimensionamiento del Tablero Eléctrico.....	134
3.6.3. Detalles del Funcionamiento del Sistema Eléctrico	135
3.7. Diseño Final del Generador de Agua Atmosférica	136
3.8. Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico	137
3.8.1. Emplazamiento.....	137
3.8.2. Inclinação de los Paneles Solares	138
3.8.3. Estimación del Consumo (Carga)	138
3.8.4. Tensión del Sistema	138
3.8.5. Irradiación Solar Disponible	139
3.8.6. Hora Solar Pico (HSP)	139
3.8.7. Dimensionamiento de los Paneles Solares.....	140
3.8.8. Dimensionamiento Baterías	140
3.8.9. Dimensionamiento del Controlador	141
3.8.10. Dimensionamiento del Inversor	141
3.9. Planos de Fabricación e Instalación del Generador de Agua Atmosférica.....	141
CAPITULO 4 Construcción y Operación del Generador de Agua.....	142
4.1. Construcción del Generador de Agua	142
4.1.1. Construcción de los Intercambiadores de Calor.....	142
4.1.2. Construcción y Ensamble de la Cámara de Deshumidificación	145
4.1.3. Construcción de la Estructura Metálica	146
4.1.4. Instalación del Sistema de Refrigeración.....	148
4.1.5. Instalación del Sistema de Tratamiento de Agua.....	150
4.1.6. Instalación del Sistema Eléctrico	152
4.2. Primeras Pruebas y Resultados Obtenidos.....	154
4.3. Toma de Muestras y Análisis del Agua Obtenida.....	157
4.3.1. Datos de la Toma de Muestras	157
4.3.2. Resultados de Laboratorio	158
4.4. Manual de Montaje, Operación y Mantenimiento	158
CAPITULO 5 Análisis de Costos.....	159
5.1. Costos Directos y de Operación del AWG	159
5.1.1. Costo Directo, Materiales.....	159

5.1.2. Costo Directo, Servicios	162
5.1.3. Resumen de Costos Directos.....	163
5.1.4. Costo de Operación Anual	163
5.1.5. Costo de Funcionamiento en un Periodo de 10 Años con Energía Solar Fotovoltaica	163
5.1.6. Costo de Funcionamiento en un Periodo de 10 Años Conectado a la Red Eléctrica	164
5.1.7. Costo del Litro de Agua Producido.....	164
5.2. Análisis de Rentabilidad social	165
5.2.1. Cálculo de VANS y TIRS	165
CONCLUSIONES.....	167
RECOMENDACIONES	169
BIBLIOGRAFÍA.....	170
SOFTWARE UTILIZADO.....	175
APÉNDICE.....	176
Apéndice 01 Matriz de Consistencia	176
Apéndice 02 Resultados del Análisis de Datos Obtenidos del SENAMHI.....	177
Apéndice 03 Características Técnicas del Evaporador.....	178
Apéndice 04 Características Técnicas del Condensador	179
Apéndice 05 Informe de Fabricación del Evaporador y Condensador.....	180
Apéndice 06 Características Técnicas de Generador de Agua Atmosférica	184
Apéndice 07 Resultados de Laboratorio.....	186
Apéndice 08 Manual de Operación y Mantenimiento del Generador de Agua Atmosférico	188
ANEXOS.....	197
Anexo 01 Diagrama Psicrométrico para 1001 msnm y 89864 Pa.	197
Anexo 02 Datos Climáticos Correspondiente al Mes de Agosto de los Años 2017 al 2021.	198
Anexo 03 Propiedades del Agua Saturada.....	199
Anexo 04 Valoraciones de Rango y Tablas de Propiedades de los Refrigerantes.....	200
Anexo 05 Diagrama Presión Entalpia para el Refrigerante R404A	202
Anexo 06 Propiedades Termofísicas del Refrigerante R404A	203
Anexo 07 Propiedades de los Metales	204
Anexo 08 Propiedades Termofísicas del Aire a Presión Atmosférica	205
Anexo 09 Transferencia de Calor y Factor de Fricción para la Configuración 8.0-3/8T206	207
Anexo 10 Factores de Impureza o Incrustación para el Diseño de Intercambiadores de Calor	207
Anexo 11 Caída de Presión Debido a la Fricción en Accesorios	208
Anexo 12 Propiedades del Agua Saturada.....	209
Anexo 13 Diagrama de Moody y Valores de Rugosidad Equivalentes para Tuberías	210
Anexo 14 Coeficientes de Perdida para Accesorios de Tubería	211
Anexo 15 Límites Máximos Permisibles para la Calidad del Agua	212
Anexo 16 Catálogos y Fichas Técnicas	215
Anexo 17 Cartas de Plegado para Chapas de Acero	225

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Tipo de Procedencia del Agua en las Zonas Rurales del Distrito Santa Ana	1
Tabla 1-2 Fabricantes de generadores de agua	8
Tabla 1-3 Generadores de agua entre 30 y 60 litros de capacidad.....	8
Tabla 2-1 Casos de acuerdo al valor del factor de bypass.....	12
Tabla 3-1 Lista de exigencias	20
Tabla 3-2 Caja Negra, Entradas y Salidas	21
Tabla 3-3 Lista de Secuencia de Funciones.....	21
Tabla 3-4 Procesos Técnicos	21
Tabla 3-5 Sistemas Técnicos	22
Tabla 3-6 Agrupación de Funciones.....	22
Tabla 3-7 Alternativas desarrolladas	22
Tabla 3-8 Matriz Morfológica	23
Tabla 3-9 Evaluación Técnico-Económica	27
Tabla 3-10 Evaluación técnica	29
Tabla 3-11 Evaluación Económica	30
Tabla 3-12 Calificación de las alternativas de solución	30
Tabla 3-13 Resultado de la valoración técnico-económico.....	31
Tabla 3-14 Temperatura promedio distrito de Santa Ana	34
Tabla 3-15 Humedad Relativa Distrito de Santa Ana.	35
Tabla 3-16 Temperatura promedio distrito de Santa Ana entre las 01:00 y 08:00 horas.....	36
Tabla 3-17 Humedad Relativa Distrito de Santa Ana entre las 01:00 y 08:00 horas.	36
Tabla 3-18 Datos atmosféricos estándar según la altura.....	38
Tabla 3-19 Factores de bypass típicos para serpentines aleteados.	39
Tabla 3-20 Datos de entrada para el proceso psicrométrico 1-2	40
Tabla 3-21 Parámetros de los puntos 1, b, 2 y a	41
Tabla 3-22 Flujo másico de agua a obtener	42
Tabla 3-23 Datos de entrada y suposiciones para el proceso psicrométrico del 1-2.....	42
Tabla 3-24 Resultados del proceso de enfriamiento con deshumidificación.....	44
Tabla 3-25 Estimación de resultados para todo el Año.....	45
Tabla 3-26 Resultado Análisis de los Refrigerantes	46
Tabla 3-27 Eficiencias isoentrópicas según el tipo de compresor	47
Tabla 3-28 Valores recomendados para sobrecalentamiento en el evaporador	48
Tabla 3-29 Datos de entrada ciclo de refrigeración	49
Tabla 3-30 Valores de cada punto del ciclo termodinámico	50
Tabla 3-31 Arreglos disponibles para bobinas de evaporadores DX y condensadores para uso en HVAC&R.....	51
Tabla 3-32 Materiales usados en la fabricación de intercambiadores tipo tubo con aletas...52	52
Tabla 3-33 Materiales seleccionados para al diseño y fabricación del evaporador	52
Tabla 3-34 Datos geométricos para la configuración 8.0–3/8T.....	53
Tabla 3-35 Datos de entrada para el dimensionamiento núcleo del evaporador	55
Tabla 3-36 Datos de entrada para calcular el coeficiente de transferencia de calor al interior del evaporador	57
Tabla 3-37 Propiedades termofísicas del refrigerante R-404A a una temperatura de 2°C58	58
Tabla 3-38 Correlaciones para convección forzada en ductos circulares con propiedades constantes.....	61
Tabla 3-39 Constantes para la ecuación general de la correlación de Kandlikar	62
Tabla 3-40 Parámetro F_{fl} para diferentes fluidos para la correlación de Kandlikar	62

Tabla 3-41 Variación de los parámetros del coeficiente de transferencia de calor de acuerdo a la calidad de vapor del refrigerante	63
Tabla 3-42 Resultados obtenidos de hTP para el evaporador	65
Tabla 3-43 Propiedades termofísicas de los fluidos de trabajo en el evaporador.	66
Tabla 3-44 Datos de la para la configuración 8.0-3/8T en el S.I.	66
Tabla 3-45 Iteraciones y resultados para determinar hc y L	76
Tabla 3-46 Datos de entrada para el cálculo de esfuerzos en el evaporador	82
Tabla 3-47 Materiales seleccionados para al diseño y fabricación del Condensador.....	86
Tabla 3-48 Datos de entrada para el dimensionamiento del condensador	87
Tabla 3-49 Datos de entrada para calcular el coeficiente de transferencia de calor al interior del condensador	89
Tabla 3-50 Propiedades termofísicas del refrigerante R-404A a una temperatura de 50°C ..	89
Tabla 3-51 Condiciones para la determinación del patrón del flujo en condensadores.....	90
Tabla 3-52 Transiciones del patrón de flujo del refrigerante al interior del condensador.....	90
Tabla 3-53 Funciones F2 para diferentes rangos de Rel	91
Tabla 3-54 Valores de hTP para diferentes calidades del vapor de refrigerante evaluados por la correlación de Travis.....	92
Tabla 3-55 Valores de hTP para diferentes calidades del vapor de refrigerante evaluados por la correlación de Cavallini y Zecchin.....	94
Tabla 3-56 Resultados obtenidos de hTP para el condensador	94
Tabla 3-57 Propiedades termofísicas de los fluidos de trabajo en el condensador.	95
Tabla 3-58 Datos de la para la configuración 8.0-3/8T en S.I.	95
Tabla 3-59 Datos de entrada para el cálculo de esfuerzos en el condensador	107
Tabla 3-60 Selección de tuberías para el circuito de refrigeración.....	111
Tabla 3-61 Selección de accesorios esenciales y complementarios	111
Tabla 3-62 Selección de accesorios de protección	112
Tabla 3-63 Datos de entrada para la selección del ventilador	114
Tabla 3-64 Requisitos de la calidad del agua para consumo humano	118
Tabla 3-65 Etapas de filtración del sistema de tratamiento de agua	120
Tabla 3-66 Características y especificaciones de la tubería LLDPE.....	122
Tabla 3-67 Datos de entrada para dimensionamiento del tanque almacenamiento de agua	123
Tabla 3-68 Medidas generales del tanque de almacenamiento de agua	123
Tabla 3-69 Datos de entrada para la selección de la bomba	125
Tabla 3-70 Propiedades del agua a 25°C.....	125
Tabla 3-71 Coeficientes de pérdida de los accesorios del sistema entre los puntos 1 y2	127
Tabla 3-72 Accionamientos del panel de control	132
Tabla 3-73 Indicadores luminosos (pilotos) del panel de control	132
Tabla 3-74 Indicadores del panel de control (Displays).	132
Tabla 3-75 Parámetros para la programación de funciones del controlador de temperatura.	133
Tabla 3-76 Selección de componentes del tablero eléctrico.....	134
Tabla 3-77 Otros componentes del circuito eléctrico.....	135
Tabla 3-78 Consumo total estimado diario.	138
Tabla 3-79 Elección de la tensión de trabajo en función de su consumo.	138
Tabla 3-80 Valor medio diario de la irradiación sobre una superficie horizontal.	139
Tabla 3-81 Valor medio diario de la irradiación sobre una superficie inclinada con ángulo óptimo.	139
Tabla 3-82 Hora Solar Pico.....	139
Tabla 4-1 Parámetro de funcionamiento del AWG.....	154
Tabla 4-2 Resultados Institución Educativa Pacchac Chico 08/08/2024.....	155

Tabla 4-3 Resultados Institución Educativa Pacchac Chico 09/08/2024.....	155
Tabla 4-4 Resultados de pruebas en Quillabamba 06/08/2024.....	156
Tabla 4-5 Resultados de pruebas en Quillabamba 07/08/2024.....	156
Tabla 4-6 Resultados Institución Educativa Pacchac Chico 08/08/2024 (Horario tarde). ..	157
Tabla 4-7 Datos de Muestreo.....	158
Tabla 4-8 Datos de la cadena de custodia de la muestra	158
Tabla 5-1 Costos de la estructura	159
Tabla 5-2 Costos del sistema de refrigeración.	159
Tabla 5-3 Costos del sistema de tratamiento de agua.	160
Tabla 5-4 Costos sistema eléctrico y automatización.	160
Tabla 5-5 Costos de sistema fotovoltaico	161
Tabla 5-6 Costos de mano de obra	162
Tabla 5-7 Costo mano de obra sistema fotovoltaico	162
Tabla 5-8 Resumen de costos directos	163
Tabla 5-9 Costo de operación anual.....	163
Tabla 5-10 Costo de operación del AWG en 10 años con energía solar fotovoltaica.....	163
Tabla 5-11 Costo de operación del AWG en 10 años	164
Tabla 5-12 Costo de agua producido por litro	164
Tabla 5-13 Resultados VANS y TIRS	166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Esquema del Diagrama Psicrométrico.	10
Figura 2-2 Proceso de Enfriamiento con Des-humidificación	11
Figura 2-3 Tipos de condensadores según el agente condensante	12
Figura 2-4 Clasificación de los evaporadores	13
Figura 2-5 Ciclo teórico de refrigeración por compresión de vapor de una sola etapa	13
Figura 2-6 Flujo de calor vs. diferencia de temperatura en ebullición de piscina.....	14
Figura 2-7 Cambios en el régimen de flujo durante la condensación en un tubo horizontal..	15
Figura 2-8 Modos de transferencia de calor en un flujo en ebullición para un tubo horizontal.	16
Figura 2-9 Clasificación de los intercambiadores de calor.....	17
Figura 2-10 Metodología de diseño de intercambiadores de calor	18
Figura 2-11 Sistema fotovoltaico Aislado	19
Figura 3-1 Caja Negra	21
Figura 3-2 Estructura de funciones 02.....	23
Figura 3-3 Concepto solución 1	24
Figura 3-4 Concepto solución 2	25
Figura 3-5 Concepto solución 3	26
Figura 3-6 Concepto solución 4	26
Figura 3-7 Alternativa 1	28
Figura 3-8 Alternativa 2	28
Figura 3-9 Alternativa 3.....	29
Figura 3-10 Análisis técnico-económico.....	31
Figura 3-11 Datos Históricos de la Temperatura Ambiental	33
Figura 3-12 Datos Históricos de la Humedad Relativa	34
Figura 3-13 Temperatura y humedad relativa promedio del mes de agosto	36
Figura 3-14 Disposición de los componentes del sistema de condensación de aire	37
Figura 3-15 Esquema general del sistema de deshumidificación del aire.....	38
Figura 3-16 Representación de los procesos 1-2 y 2-3 en el diagrama psicrométrico	39
Figura 3-17 Esquema del sistema para el proceso 1-2.....	40
Figura 3-18 Ubicación de los puntos 1, b y 2 en el diagrama psicrométrico.....	41
Figura 3-19 Grafica del proceso de enfriamiento con deshumidificación	44
Figura 3-20 Ciclo de refrigeración del sistema	49
Figura 3-21 Configuración 8.0–3/8T para un intercambiador de calor tipo compacto.....	53
Figura 3-22 Tipos de aletas más comunes en evaporadores para HVAC&R.....	54
Figura 3-23 Altura del cuello o collar de aleta y separación entre aletas	54
Figura 3-24 Variación del coeficiente de convección h_{TP} en función de la calidad de vapor	64
Figura 3-25 Circuito térmico para el evaporador	67
Figura 3-26 Cilindro hueco con condiciones superficiales convectivas.....	68
Figura 3-27 Transferencia de calor y factor de fricción para la configuración 8.0-3/8T.....	69
Figura 3-28 Visualización de la longitud de aleta para un tubo	70
Figura 3-29 Eficiencia de aletas rectas (rectangulares, triangulares, y perfil parabólicos) ..	71
Figura 3-30 Distribución de temperaturas en el evaporador	73
Figura 3-31 Factor de corrección.....	74
Figura 3-32 Parámetros del núcleo del intercambiador de calor	75
Figura 3-33 Tipos de Circuitos en Evaporadores.....	80
Figura 3-34 Vistas del Lado Activo y Lado Pasivo de un Intercambiador de Calor.....	81
Figura 3-35 Recomendaciones Para la Configuración de Circuitos.....	81

Figura 3-36 Configuración de los Circuitos Para el Evaporador	82
Figura 3-37 Variación de σ_t y σ_r de acuerdo al espesor de la pared	83
Figura 3-38 Vistas del modelo 3D del evaporador	85
Figura 3-39 Variación de hTP en función de la calidad del vapor de refrigerante por la correlación de Travis	92
Figura 3-40 Variación de hTP en función de la calidad del vapor de refrigerante por la correlación de Cavallini y Zecchin	94
Figura 3-41 Circuito térmico para el condensador	96
Figura 3-42 Transferencia de calor y factor de fricción para la configuración 8.0-3/8T	98
Figura 3-43 Distribución de temperaturas en el condensador	101
Figura 3-44 Parámetros del núcleo del intercambiador de calor	102
Figura 3-45 Configuración de los Circuitos Para el Condensador	107
Figura 3-46 Vistas del modelo 3D del condensador	110
Figura 3-47 Selección del capilar con el software Secop CapSel	111
Figura 3-48 Diagrama del sistema de refrigeración	112
Figura 3-49 Vistas del modelo 3D del filtro de aire	113
Figura 3-50 Representación del montaje de la cámara de deshumidificación	114
Figura 3-51 Coeficiente “n” para reducción en conductos	115
Figura 3-52 Relación de densidad del aire vs. temperatura	116
Figura 3-53 Curva característica del ventilador seleccionado	117
Figura 3-54 Esterilizador de agua con luz UV	121
Figura 3-55 Conexión tipo Quick Connect o conexión rápida	121
Figura 3-56 Vistas del modelo 3D del tanque de almacenamiento de agua	124
Figura 3-57 Esquema hidráulico del sistema de tratamiento de agua y puntos de análisis ..	124
Figura 3-58 Punto de operación de la bomba de agua	129
Figura 3-59 Bomba seleccionada para el sistema de tratamiento de agua	129
Figura 3-60 Distribución Sistema de tratamiento de agua	130
Figura 3-61 Vistas del modelo 3D de la estructura principal	130
Figura 3-62 Controlador de temperatura Full Gauge modelo MT-512E 2HP	133
Figura 3-63 Distribución del panel de control del generador de agua	134
Figura 3-64 Distribución del tablero eléctrico del generador de agua	134
Figura 3-65 Diagrama eléctrico del circuito de fuerza del AWG	135
Figura 3-66 Vistas Interiores de AWG	136
Figura 3-67 Vistas Exteriores del AWG	137
Figura 4-1 Ensamble del evaporador	143
Figura 4-2 Fotos del evaporador una vez concluida su fabricación	144
Figura 4-3 Ensamble del condensador	144
Figura 4-4 Fotos del condensador una vez concluida su fabricación	144
Figura 4-5 Primeras pruebas de rendimiento del evaporador	145
Figura 4-6 Ensamble y pruebas de rendimiento de la cámara de deshumidificación	146
Figura 4-7 Procesos de doblado de los perfiles de la estructura metálica	146
Figura 4-8 Soldado de la estructura metálica con proceso de soldadura TIG (GTAW)	147
Figura 4-9 Procesos de corte de las rejillas de las coberturas mediante CNC laser	147
Figura 4-10 Rejilla porta filtro y filtro de aire	148
Figura 4-11 Procesos de soldadura de cobre	148
Figura 4-12 Proceso de carga de refrigerante	149
Figura 4-13 Aislamiento de tramos de tubería de cobre (línea de baja presión)	150
Figura 4-14 Fabricación del tanque de almacenamiento de agua	150
Figura 4-15 Instalación de los componentes del sistema de tratamiento de agua	151
Figura 4-16 Pruebas del sistema de tratamiento de agua	152

Figura 4-17 <i>Instalación de los componentes del sistema eléctrico</i>	152
Figura 4-18 <i>Cableado del sistema eléctrico</i>	153
Figura 4-19 <i>Pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico</i>	153
Figura 4-20 <i>Fotos de las pruebas realizadas en Quillabamba</i>	156
Figura 4-21 <i>Fotos de transporte del equipo</i>	157
Figura 4-22 <i>Procedimiento de toma de muestras del agua obtenida por el generador</i>	157

NOMENCLATURA Y SÍMBOLOS

A :	Área superficial, área de transferencia de calor	m^2	C_{bat} :	Capacidad nominal de la batería	
A_h :	Área superficial del lado caliente (aire atmosférico)	m^2	C_p :	Calor específico	$J/kg \cdot K$
A_c :	Área superficial del lado frío, área transversal al interior de la tubería de cobre	m^2	C_{ph} y C_{pc} :	Calor específico del fluido caliente y frío respectivamente	$J/kg \cdot K$
$A_{f,h}$:	Área superficial de las aletas del lado caliente (aire atmosférico),	m^2	C_S :	Días de autonomía	
A_f/A	Área de las aletas sobre el área total		Co :	Número de convección	
A_{ff} :	Área de flujo libre mínima de los pasos con aletas (área de sección transversal perpendicular a la sección del flujo)	m^2	COP_R	Coeficiente de Desempeño de refrigeración	
$A_{f,o}$:	Área superficial de las aletas del lado frío (aire)	m^2	d :	Diámetro interno de la tubería	m
A_{fr} :	Área frontal del intercambiador de calor	m^2	D_h :	Diámetro hidráulico del paso de flujo	m^2
$A_{fr,a}$:	Área frontal con respecto al flujo de aire	m^2	D_i :	Diámetro interior de la tubería de cobre	m
$A_{fr,w}$:	Área frontal lateral con respecto al flujo del refrigerante	m^2	D_o :	Diámetro exterior de la tubería	m
A_i :	Área superficial del lado caliente (refrigerante R404A)	m^2	f :	Factor de fricción	
A_o :	Área superficial del lado frío (aire)	m^2	F :	Factor de corrección.	
A_p	Área de perfil de la aleta corregida	m^2	F_1, F_2 :	Parámetros adimensionales para la correlación de Travis	
A_w :	Área de la pared de la tubería	m^2	$F.B.:$	Factor de bypass	
BN_i :	Flujo neto anual		$F.C.:$	Factor de contacto	
Bo :	Número de ebullición		F_{fl} :	Parámetro dependiente del fluido para la ecuación de Kandlikar	
B_p :	Número de baterías en paralelo		Fr_L :	Número de Froude	
B_s :	Número de baterías en serie		$F.S.:$	Factor de seguridad	
$C_1 - C_5$:	Constantes de la ecuación de Kandlikar		g :	Aceleración de la gravedad	m/s^2
C_A :	Capacidad del generador		G :	Flujo de masa del refrigerante	kg/s
C_B :	Capacidad nominal necesaria		G_o :	Velocidad de masa del aire atmosférico en el condensador	$kg/s \cdot m^2$
			G_h :	Velocidad de masa del aire atmosférico en el evaporador	$kg/s \cdot m^2$
			$G_{da}(0, \beta_{opt})$:	Valor medio diario de la irradiación sobre una superficie inclinada con ángulo óptimo	KW/m^2h
			h_1, h_2 :	Entalpías inicial y final	J/kg

h :	Coeficiente de transferencia de calor por convección	$W/m^2 \cdot K$	i :	Entalpia especifica.	
h_{bomba} :	Carga útil de la bomba entregada al fluido	m	I_G :	Corriente del generador	A
h_c :	Coeficiente de transferencia de calor por convección en el lado frio	$W/m^2 \cdot K$	i_{lg} :	Calor latente de vaporización	J/kg
$h_{Filtros}$:	Pérdidas de carga debido a las etapas de filtración	m	I_{mp} :	Corriente punto de máxima potencia	A
h_g :	Entalpia de la fase gas,	J/kg	I_{reg} :	Máxima corriente que deberá soportar tanto a la entrada como a la salida	A
h_h :	Coeficiente de transferencia de calor por convección en el lado caliente	$W/m^2 \cdot K$	I_{sc} :	Intensidad de cortocircuito del panel seleccionado	A
h_h :	Coeficiente promedio de convección del aire sobre la superficie con aletas (lado caliente),	$W/m^2 \cdot K$	j_H :	Número de Colburn, <i>adim.</i>	
h_l :	Coeficiente de transferencia de calor de la parte liquida	$W/m^2 \cdot K$	j_g^* :	Velocidad de masa adimensional	
h_l :	Entalpía de la fase liquida	J/kg	k :	Conductividad térmica del material de la tubería	$W/m \cdot K$
h_{lo} :	Coeficiente de convección de la parte liquida	$W/m^2 K$	K_{FR} :	Factor de corrección	
h_L :	Perdida de carga total	m	K_L :	Coeficiente de pérdida o resistencia	$W \cdot h$
$h_{L, mayores}$:	Pérdidas de carga por fricción de los tramos de tubería	m	k_t :	Conductividad térmica	W/mK
$h_{L, menores}$:	Pérdidas de carga de los accesorios empleados en el sistema debido al fenómeno de separación y mezcla que generan	m	L :	Longitud total de la tubería	m
$h_{TP,CBD}$:	Coeficiente de transferencia de calor por convección bifásica, para la región donde predomina la ebullición convectiva	$W/m^2 K$	L_1 :	Longitud del núcleo del intercambiador de calor con respecto al flujo de aire	m
$h_{TP,NBD}$:	Coeficiente de transferencia de calor por convección bifásica, para la región donde predomina la ebullición nucleada	$W/m^2 K$	L_2 :	Ancho del núcleo del intercambiador de calor	m
$h_{turbina}$:	Carga de turbina extraída del fluido	m	L_3 :	Alto del núcleo del intercambiador de calor	m
h_w :	Entalpía agua	J/kg	L_{TE} :	Consumo total diario estimado	$W \cdot h$
HR, φ :	Humedad relativa.		L_T :	Consumo total diario	$W \cdot h$
HSP :	Hora Solar pico	h	L_{aleta} :	Longitud de una aleta	m
			L_c :	Longitud de aleta corregida	m
			$\dot{m}$:	Flujo másico del aire	kg/s
			$\dot{m}_a$:	Flujo másico del aire	kg/s
			M_{aire} :	Caudal de aire tratado	kg/s
			$\dot{m}_c$:	Flujo másico del fluido frio	kg/s
			$\dot{m}_h$:	Flujo másico del fluido caliente	kg/s

$\dot{m}_R$:	Flujo másico del refrigerante	kg/s	Re :	Número de Reynolds	
$\dot{m}_w$:	Flujo másico del agua	kg/s	Re_{eq} :	Número de Reynolds equivalente	
N_L :	Número de filas de tubos perpendiculares a la dirección del flujo de aire		$R''_{f,c}$:	Resistencia térmica debido a las incrustaciones al interior de los tubos (lado frío/refrigerante R404a)	$m^2 \cdot K/W$
N_P :	Número de paneles en paralelo		$R''_{f,h}$:	Resistencia térmica debido a las incrustaciones al exterior de los tubos (lado caliente/aire)	$m^2 \cdot K/W$
N_S :	Número de paneles en serie		$R''_{f,i}$:	Resistencia térmica debido a las incrustaciones al interior de los tubos (lado caliente/refrigerante R404A)	$m^2 \cdot K/W$
N_T :	Número de hileras paralelas al flujo paralelas al flujo de aire		$R''_{f,o}$:	Resistencia térmica debido a las incrustaciones al exterior de los tubos (lado frío/aire)	$m^2 \cdot K/W$
Nu_{lo} :	Número de Nusselt de la parte líquida.		R_h :	Resistencia térmica en el exterior de los tubos (lado caliente/aire)	$m^2 \cdot K/W$
P :	Presión	Pa	r_i :	radio interno	m
P_C :	Potencia máxima de consumo	W	R_i :	Resistencia térmica en el interior de los tubos (lado caliente/refrigerante R404A)	$m^2 \cdot K/W$
PD_{max} :	Profundidad máxima de descarga		r_o :	radio externo	m
P_{inv} :	Potencia nominal inversor	W	R_o :	Resistencia térmica en el exterior de los tubos (lado frío/aire)	$m^2 \cdot K/W$
P_i :	Presión interna	Pa	$R_{t,com}$:	Resistencia térmica de la pared del tubo	$m^2 \cdot K/W$
p_o :	Presión externa	Pa	R_w :	Resistencia en las paredes del tubo	$m^2 \cdot K/W$
Pr_l :	Número de Prandtl de la parte líquida		S_L :	Separación longitudinal entre centros de tuberías	m
q'' :	Flujo de calor por unidad de área	W/m^2	S_T :	Separación transversal entre centros de tubería a tubería	m
$\dot{Q}$:	Tasa de transferencia de calor	W	S_t :	Número de Stanton, <i>adim.</i>	
$\dot{Q}_{cond}, \dot{Q}_H$:	Flujo de calor en el evaporador	W	τ_{xy} :	Esfuerzo cortante	Pa
$\dot{Q}_{evap}, \dot{Q}_L$:	Flujo de calor en el evaporador	W	t :	Espesor	m
$Q_{latente}$:	Calor latente extraído al aire	W	T_2 :	Temperatura a la salida del evaporador.	$^{\circ}C$
$\dot{Q}_{sal}$:	Tasa de transferencia a la salida	W	T_b :	Temperatura en la superficie del evaporador	$^{\circ}C$
$Q_{sensible}$:	Calor sensible extraído al aire	W			
Q_{Total} :	Calor total sustraído al aire	W			
r_1 :	Radio interior de la tubería	m			
r_2 :	Radio exterior de la tubería	m			
R_C :	Resistencia térmica en el exterior de los tubos (lado caliente/aire)	$m^2 \cdot K/W$			

T_{BH} :	Temperatura de bulbo húmedo	$^{\circ}C$	V_{max} :	Velocidad máxima	m/s
T_{BS} :	Temperatura de bulbo seco	$^{\circ}C$	V_{mp} :	Tensión punto de máxima potencia	V
t_c :	Temperatura de condensación	$^{\circ}C$	V_{sit} :	Tensión de trabajo	V
$T_{c,ent}$	Temperatura de entrada del fluido frío	$^{\circ}K$	Vol :	Volumen del núcleo del intercambiador de calor	m^3
$T_{c,sal}$	Temperatura de salida del fluido frío	$^{\circ}K$	$\dot{W}_{compresor}$:	Potencia nominal del compresor	W
$T_{c,prom}$	Temperatura de promedio del fluido frío	$^{\circ}K$	$\dot{W}_{entrada}$:	Potencia de compresión	W
t_e :	Temperatura del aire a la entrada	$^{\circ}C$	x :	Calidad de vapor del refrigerante	
T_{h_1} y T_{c_1} :	Temperaturas de entrada	$^{\circ}C$	X_{tt} :	Parámetro de Lockhart-Martinelli	
T_{h_2} y T_{c_2} :	Temperaturas de salida	$^{\circ}C$	z :	Elevación	m
$T_{h,ent}$	Temperatura de entrada del fluido caliente	$^{\circ}K$	$()_c$:	Subíndice que se refiere del lado frío (refrigerante R404A)	
$T_{h,sal}$	Temperatura de salida del fluido caliente	$^{\circ}K$	$()_F$:	Representa el gradiente de presión debido a la fricción en las paredes del tubo.	
$T_{h,prom}$	Temperatura de promedio del fluido caliente	$^{\circ}K$	$()_G$:	Representa el gradiente de presión debido a la gravedad.	
$T_{i,ent}$	Temperatura de entrada del fluido caliente (R404A)	$^{\circ}K$	$()_h$:	Subíndice que se refiere del lado caliente (aire atmosférico)	
$T_{i,sal}$	Temperatura de salida del fluido caliente (R404A)	$^{\circ}K$	$()_i$:	Subíndice que se refiere del lado interior de los tubos (lado caliente/refrigerante R-404A)	
$T_{i,prom}$	Temperatura de promedio del fluido caliente (R404A)	$^{\circ}K$	$()_M$:	Representa la caída de presión debido a las variaciones de la cantidad de movimiento.	
$TIRS$:	Tasa Interna de Retorno Social		$()_o$:	Subíndice que se refiere del lado exterior de los tubos (lado frío/aire)	
$T_{o,ent}$	Temperatura de entrada del fluido frío (aire)	$^{\circ}K$	LETRAS GRIEGAS		
$T_{o,sal}$	Temperatura de salida del fluido frío (aire)		α :	Área de transferencia de calor sobre volumen total del núcleo del intercambiador de calor	
$T_{o,prom}$	Temperatura de promedio del fluido frío (aire)	$^{\circ}K$	α_1, α_2 :	Factor de corrección de energía cinética	
TSD :	Tasa Social de Descuento		β_{opt} :	Ángulo de Inclinación optimo	$^{\circ}$
U :	Coeficiente global de transferencia de calor	W/m^2K	δQ :	Tasa de transferencia de calor al fluido en cuestión asociado con el cambio de estado infinitesimal.	
V :	Velocidad	m/s			
$VANS$:	Valor Actual Neto Social				
V_{bat} :	Tensión de operación nominal de la batería	V			

ΔT_m :	Diferencia de temperaturas media apropiada.		μ :	Viscosidad dinámica	$kg/m \cdot s$
			μ_l :	Viscosidad dinámica de la fase líquida	$kg/m \cdot s$
ΔT_{lm} :	Diferencia de temperaturas media logarítmica corregida		μ_v :	Viscosidad dinámica de la fase vapor	$kg/m \cdot s$
$\Delta T_{lm,CF}$:	Diferencia de temperaturas media logarítmica para condiciones de contraflujo		σ :	Razón del área de flujo libre mínima de los pasos con aletas sobre el área frontal	
Δp :	Caída de presión	N/m^2	σ_t :	Esfuerzo tangencial	Pa
ρ :	Densidad	kg/m^3	σ_r :	Esfuerzo radial	Pa
ρ_{aire} :	Densidad del aire atmosférico	kg/m^3	σ_{eq} :	Esfuerzo equivalente	Pa
ρ_g :	Densidad del aire atmosférico	kg/m^3	σ_{perm} :	Esfuerzo permisible	Pa
ρ_l :	Densidad de la fase líquida	kg/m^3	τ_{xy} :	Esfuerzo cortante	Pa
ρ_v :	Densidad de la fase vapor	kg/m^3	v :	Volumen específico	m^3/kg
ε :	Rugosidad de la tubería	m	v_i :	Volumen específico a la entrada del fluido	m^3/kg
η_{bat} :	Eficiencia del regulador (0.85)		v_o :	Volumen específico a la salida del fluido	m^3/kg
η_c :	Eficiencia isoentrópica del compresor		v_m :	Volumen específico medio	m^3/kg
η_{cab} :	Eficiencia de cables (0.98)		ϕ_1, ϕ_2 :	Humedad relativa en el ingreso y la salida.	
η_f :	Eficiencia de la aleta		φ :	Latitud	
η_o :	Eficiencia de la temperatura		ω :	Humedad específica del aire	
$\eta_{o,h}$:	Eficiencia de la temperatura en el lado caliente				
$\eta_{o,o}$:	Eficiencia de la temperatura en el lado frío (aire)				

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ADN: Ácido Desoxirribonucleico.

AISI: American Iron and Steel Institute (Instituto americano del hierro y el acero).

ANSI: American National Standards Institute (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares).

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado).

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

AWG: Air Water Generator (Generador de agua atmosférico).

Calor: Forma de energía que se transfiere entre dos sistemas debido a un diferencial de temperatura.

CNC: Computer Numerical Control (control numérico por computadora).

Densidad: Cantidad de masa de una sustancia por unidad de volumen.

DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental.

DIN: Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán para la Normalización).

DX: Hace referencia a evaporadores de expansión directa o seca.

F.B.: Factor de Bypass.

FDA: Food and Drug Administration (Administración de Alimentos y Medicamentos).

GAC: Granular Activated Carbon (Carbón Activado Granular).

GPAE-OSINERGMIN: Gestión de Políticas e Impacto Regulatorio - Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

GPT: General purpose thermoplastic (termoplástico de uso general), hace referencia a un tipo de cable automotriz fabricado a partir de PVC que se emplea para el cableado de circuitos eléctricos.

GTAW: Gas Tungsten Arc Welding (Soldadura por Arco de Tungsteno con Gas).

GTAW: Gas Tungsten Arc Welding.

HSP: Hora Solar Pico.

HSS: United States Department of Health and Human Services (Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos).

Humedad absoluta: Es la cantidad de vapor de agua contenido en un determinado volumen de aire, se mide en gramos de vapor de agua por metro cúbico de aire.

Humedad específica: Es el contenido real de vapor de agua por kilogramo de aire seco, se mide en gramos de vapor de agua por kilogramo de aire seco.

Humedad relativa: Es la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire (humedad absoluta) y la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a esa temperatura (humedad absoluta de saturación).

HVAC&R: H (Heating, Calefacción), V (Ventilating, ventilación), AC (Air Conditioned, Aire Acondicionado), R (Refrigeration, Refrigeración).

I.E.: Institución educativa.

IEC: International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional).

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

INGEMMET: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

INS: Instituto Nacional de Salud del Perú.

ISO: International Organization for Standardization (Organización Internacional de Estandarización).

LLDPE: Linear Low Density Polyethylene (Polietileno Lineal de Baja Densidad).

LMTD: Diferencia media logarítmica de temperatura.

M.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar.

MERV: Minimum Efficiency Reporting Value (Valor de Eficiencia Mínima a Informar).

MINSA: Ministerio de Salud.

NASA_SSE: National Aeronautics and Space Administration - Surface meteorology and Solar Energy (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio - Meteorología de superficie y energía solar).

NSF: National Science Foundation (Fundación Nacional de Ciencia).

NUT, NTU: Método del Número de Unidades de Transferencia.

O.D.: Outside Diameter (Diámetro externo).

OMS: Organización mundial de la salud.

PAO (ODP): Potencial de Agotamiento de Ozono (Ozone Depletion Potential).

PCG (GWP): Potencial de Calentamiento Global (Global Warming Potential).

PH: Potencial de Hidrógeno.

POM: Polyoxymethylene (Polioximetileno).

PP: Polipropileno.

PVC: Polyvinyl Chloride (Cloruro de Polivinilo).

RO: Reverse Osmosis (osmosis inversa).

SAE: Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros de Automoción).

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

TEC: Thermoelectric Cooling (Refrigeración termoeléctrica).

TEG: Thermoelectric Generator Traducción: Generador termoeléctrico

Temperatura: Es una magnitud escalar que indica la energía interna de un cuerpo o de un sistema termodinámico (Cengel & Boles, 2011).

TIG: Soldadura de Gas Inerte.

TLV: Threshold Limit Value (Concentración máxima permisible).

TWA: Time-Weighted Average (Concentración ponderada en el tiempo).

UF: Ultra Filtration (Ultrafiltración).

UNS: Unified Numbering System (Sistema de Numeración Unificado).

UV: Radiación ultravioleta.

UV: Ultra Violet (Radiación Ultravioleta).

VDI: Verein Deutscher Ingenieure Traducción: Asociación de Ingenieros Alemanes.

VDI: Virtual Desktop Infrastructure (Infraestructura de Escritorio Virtual).

WRAS: Water Regulations Approval Scheme (Sistema de asesoramiento sobre reglamentación del agua).

WRI: World Resources Unstitute.

CAPITULO 1

Marco Referencial

1.1. Planteamiento del problema

En las zonas rurales del distrito de Santa Ana, provincia de La Convención, Cusco, el acceso al agua potable para el consumo humano depende principalmente de fuentes superficiales. No obstante, persiste una significativa brecha en la cobertura y calidad de este recurso, lo cual impacta de manera directa en la salud, la calidad de vida y el desarrollo socioeconómico de las comunidades. Muchas de las fuentes de agua disponibles presentan niveles alarmantes de contaminación, y la infraestructura para el suministro de agua potable resulta insuficiente o inexistente, situación agravada por las complejidades geográficas y la falta de mantenimiento adecuado.

Tabla 1-1 *Tipo de Procedencia del Agua en las Zonas Rurales del Distrito Santa Ana*

Clasificación	Viviendas
Total de viviendas.	1391
Red pública dentro de la vivienda.	268
Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación.	357
Pilón o Pileta. de uso público.	15
Camión - cisterna u otro similar.	2
Pozo.	467
Manantial o puquio.	188
Río, acequia, lago, laguna.	89
Otros.	5

Nota. Fuente: Elaboración propia con datos de (INEI, 2018).

Asimismo, el cambio climático y los desastres naturales han intensificado la escasez de agua, incrementando la vulnerabilidad de las comunidades rurales y evidenciando la necesidad de implementar soluciones alternativas y sostenibles. En este contexto, la tecnología de generación de agua a partir de la humedad atmosférica, impulsada por el uso de energía fotovoltaica, se presenta como una alternativa innovadora, viable y ambientalmente sostenible. Este enfoque resulta particularmente pertinente en áreas donde las fuentes de agua tradicionales son limitadas o no confiables, ofreciendo una solución integral para mitigar los problemas asociados al acceso al agua potable.

1.2. Formulación del problema

1.1.1. Problema General

“¿Cómo diseñar y construir un generador de agua, para consumo humano a partir de la humedad atmosférica mediante el uso de energía fotovoltaica para zonas rurales del distrito de Santa Ana, provincia de La Convención – Cusco?”.

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Qué conceptos y metodologías se deben aplicar para el diseño y construcción de un generador de agua a partir de la humedad atmosférica considerando las condiciones geográficas y climáticas del distrito de Santa Ana?
- ¿Cuáles son las consideraciones para el diseño de los componentes del generador de agua a partir de la humedad atmosférica en el distrito de Santa Ana?
- ¿Qué componentes son los más adecuados para el funcionamiento del generador de agua a partir de la humedad atmosférica en el distrito de Santa Ana?
- ¿Cómo se realizaría el montaje, la operación y el mantenimiento del generador de agua a partir de la humedad atmosférica?
- ¿Cuáles serían los costos y presupuestos para el diseño y construcción de un generador de agua a partir de la humedad atmosférica en el distrito de Santa Ana?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Diseñar y construir un generador de agua para consumo humano a partir de la humedad atmosférica mediante el uso de energía fotovoltaica para las zonas rurales del distrito de Santa Ana.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los conceptos y metodologías para el diseño y construcción de generadores de agua a partir de la humedad atmosférica.
- Diseñar los componentes del sistema de condensación de agua a partir de la humedad atmosférica del generador de agua.
- Identificar y seleccionar los componentes del generador de agua a partir de la humedad atmosférica.
- Elaborar un manual de montaje, operación y mantenimiento del generador de agua a partir de la humedad atmosférica.
- Evaluar los costos y presupuestos del generador de agua a partir de la humedad atmosférica.

1.3. Justificación del Estudio

Con esta tesis se propone una alternativa más, para la obtención de agua apta para el consumo humano mediante el uso de energías renovables, con esta propuesta se pretende alcanzar un beneficio social para las familias que no tienen acceso al agua tratada, ya que eso les permitirá una mejor calidad de vida, libre de las enfermedades ocasionadas por el consumo de agua no potable.

De la misma manera, en los meses de lluvia entre diciembre y abril, el servicio de agua potable se ve afectado debido a que las fuentes hídricas del cual se obtiene el recurso traen consigo partículas y sedimentos, que son arrastrados por las corrientes debido al aumento de caudal y turbulencia, esto se ve reflejado en el agua de aspecto turbio que llega a los hogares de la población, la cual no es apta para consumo humano.

Se busca que el dispositivo funcione con energía solar, ya que la obtención de agua a partir de la humedad atmosférica requiere un alto consumo de electricidad. Aunque la mayoría

de las zonas rurales del distrito de Santa Ana cuentan con suministro eléctrico, los cortes del servicio son frecuentes debido a diversos factores. En muchos casos, restablecer la electricidad puede tomar un tiempo considerable debido a las grandes distancias y las dificultades de acceso. Por ello, la energía solar se presenta como una alternativa viable para garantizar el funcionamiento del dispositivo en ausencia de suministro eléctrico.

Si bien en el mercado se pueden adquirir dispositivos de generación de agua a partir de la humedad atmosférica, estos suelen tener precios elevados debido a los costos de importación, es por ese motivo que se realiza el presente estudio, con el objetivo de lograr una alternativa que esté al alcance de la población beneficiaria. Además, la facilidad que un dispositivo local pudiera brindar en cuanto a la reparación y adquisición de repuestos. Algo que los generadores de agua importados no pueden ofrecer debido a que tanto en su reparación suelen ser complicados y encontrar repuestos es engorroso.

Con esta propuesta se lograría también, el desarrollo de la tecnología AWG (Air Water Generator) específicamente para las condiciones geográficas del distrito de Santa Ana y al mismo tiempo se obtendrían datos en cuanto al funcionamiento de este tipo de dispositivos en dicho ámbito geográfico, lo cual servirá para futuros trabajos de investigación que aborden este tema en zonas con características similares al distrito de Santa Ana.

1.3. Alcances y limitaciones

1.3.1. Alcances

- Un generador de agua que cumpla con las normas nacionales e internacionales para el abastecimiento de agua para el consumo humano.
- Se realizará cálculos de diseño térmico y mecánico de un generador de agua.
- Se realizará una descripción de los procesos para la construcción de un generador de agua.

1.3.2. Limitaciones

- Para este estudio se utilizarán los datos hidrometeorológicos del SENAMHI, los cuales se disponen desde el año 2016 al 2021.
- Los cálculos de diseño se limitarán a las condiciones geográficas y climatológicas del distrito de Santa Ana.
- El diseño del generador de agua estará limitado solo para la obtención de agua para consumo humano.
- No se realizará el cálculo del diseño mecánico de la estructura y sus elementos de sujeción del generador de agua, del mismo modo no se realizará el análisis de vibraciones mecánicas que ejercen el compresor, ventilador y bomba de agua sobre la estructura del generador de agua, también las vibraciones mecánicas que ejercen los fluidos dentro de las tuberías, dado que se emplearan equipos pequeños y estos generan bajos niveles de vibración, que a su vez no afectarían al correcto funcionamiento del dispositivo.
- Los estudios de ingeniería de control y automatización del generador de agua no serán desarrollados en el presente trabajo, porque es materia de otra investigación.
- No se realizará estudios de impacto ambiental.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El diseño y construcción de un generador de agua a partir de la humedad atmosférica, mediante el uso de energía fotovoltaica; permite obtener agua para consumo humano en beneficio de las familias de las zonas rurales del distrito de Santa Ana.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Los conceptos y metodologías identificados en la presente investigación garantizan el diseño y construcción de un generador de agua a partir de la humedad atmosférica que opere al cien por ciento.
- El diseño de los componentes del sistema de condensación de agua a partir de la humedad atmosférica garantiza la operatividad del dispositivo.
- Los componentes seleccionados del generador de agua a partir de la humedad atmosférica garantizan su operatividad.
- El manual de montaje, operación y mantenimiento garantiza la operatividad del dispositivo.
- Los costos y presupuestos garantizan el diseño y construcción del generador de agua a partir de la humedad atmosférica.

1.5. Variables e Indicadores

1.5.1. Variables Independientes

Temperatura ambiental [°C].

Humedad ambiental relativa [%].

Flujo de masa de aire [m³/s].

Hora solar pico [h].

1.5.2. Variables Dependientes

Producción de agua [litros / día].

Consumo de energía eléctrica [W/h].

1.4. Metodología

1.4.1. *Enfoque, Nivel, Tipo y Diseño de la Investigación*

Enfoque: cuantitativo

Porque se recogerán y analizarán datos medibles de las variables.

Nivel: descriptivo

Porque se describirá, estimará y se verificará el proceso de diseño y construcción del generador de agua.

Tipo: aplicada

Porque se busca convertir los conocimientos teóricos en un conocimiento práctico.

Diseño: experimental

Porque se van a manipular las variables.

1.4.2. *Técnicas de Recolección de Datos*

Se utilizará un proceso mixto (manual y computacional).

1.4.3. *Procesamiento de Datos*

Los datos serán procesados mediante análisis de tablas y curvas.

1.4.4. *Técnicas de Análisis de Datos*

Los datos serán analizados en forma comparativa entre los resultados obtenidos y los datos de la experimentación.

1.5. Estudio de Mercado: Generadores de Agua Atmosféricos (AWG)

En la Tabla 1-2 se presenta un análisis de mercado a nivel mundial que incluye a los principales fabricantes de generadores de agua atmosféricos, detallando las capacidades, consumo energético y aplicaciones.

Tabla 1-2 Fabricantes de generadores de agua

Fabricantes	Capacidades	Usos	Características
GENAQ (España)	50 - 5000 litros/día	Doméstico, industrial, emergencias.	Alta eficiencia energética
Bluemont (España)	20 - 5000 litros/día	Doméstico, social, industrial	Compatible con energías renovables y aplicaciones industriales, de emergencia y domésticas.
Watergen (Israel)	30 – 900 litros/día	Residencial, humanitario	Tecnología avanzada de filtración y diseño portátil para zonas remotas.
Aguapars (Latinoamérica)	10-1000 litros/día	Hogares y oficinas	Diseño compacto, ideal para oficinas y hogares
Innovaqua (Latinoamérica)	30-1000 litros/día	Hogares, oficinas	Tecnología e innovación ideal para hogares y oficinas

Nota. Fuente: elaboración propia.

Para el presente estudio se espera construir un generador de agua atmosférico compacto, por este motivo el presente estudio se centrará en generadores de agua atmosféricos compactos con un rango de producción diaria entre 30 y 60 litros, ideales para usos residenciales, oficinas pequeñas y zonas rurales. Los datos de la Tabla 1-3 incluyen modelos comerciales disponibles, producción, consumo energético y precio de mercado.

Tabla 1-3 Generadores de agua entre 30 y 60 litros de capacidad.

Fabricante	Modelo	Producción	Consumo Energético	Precio
Watergen	GENNY	30 L/día	~0.40 kWh/L	~\$3,500 USD
Osoley	G30	30 L/día	~0.48 kWh/L	~\$2,400 USD
AirWater	AWG-30L	30 L/día	~0.36 kWh/L	~\$2,100 USD
Innovaqua	NUBE SS30	30 L/día	~0.36 kWh/L	~\$2,200 USD
Aguapars	AP-50	50 L/día	~0.38 kWh/L	~\$4,500 USD
GENAQ	Stratus S50	50 L/día	~0.39 kWh/L	~\$7,425 USD
Ai-Go (Hendrx)	Ai-Go 300 FC	50 L/día	~0.38 kWh/L	~\$7,000 USD
Osoley	G60	60 L/día	~0.48 kWh/L	~\$4,800 USD

Nota. Fuente: elaboración propia.

El mercado de generadores de agua atmosféricos está en expansión, los fabricantes utilizan tecnologías avanzadas para reducir el consumo energético garantizando la obtención de agua de calidad. De los equipos analizados con capacidades entre 30 y 60 se puede observar que, el consumo energético varía entre 0.36 y 0.48 kWh/L y el precio al cambio en soles oscila entre 8,000 y 30,000 soles.

CAPITULO 2

Marco Teórico

2.1. Psicrometría

La psicrometría es una rama de la ciencia que estudia las propiedades termodinámicas del aire húmedo (mezcla de aire – vapor de agua) (Carrier Air Conditioning Company, 1980).

2.1.1. Diagrama Psicrométrico o Carta Psicrométrica

Los diagramas psicrométricos son gráficos conformados por curvas que representan las ecuaciones de estado del aire húmedo (aire – vapor de agua) (Cengel & Boles, 2011). Entre los diagramas más conocidos de acuerdo con su construcción son: el diagrama de Mollier, el diagrama de ASHRAE y el más empleado el diagrama de Carrier.

2.1.2. Variables que se Representan en el Diagrama Psicrométrico

2.1.2.1. Temperatura de bulbo seco

Es la temperatura leída en un termómetro común (Carrier Air Conditioning Company, 1980), en el diagrama psicrométrico se representan como líneas verticales que tienen su origen en la escala de temperatura de bulbo seco.

2.1.2.2. Temperatura de bulbo húmedo

Es la temperatura leída en un termómetro común (Carrier Air Conditioning Company, 1980).

2.1.2.3. Temperatura de punto de rocío

Es la temperatura a la que el aire debe ser enfriado para que empiece la condensación, ósea es la temperatura en la condición de saturación del aire (Carrier Air Conditioning Company, 1980).

2.1.2.4. Humedad específica

Es el contenido real de agua en la atmosfera y se mide gramos de vapor de agua por kilogramo de aire seco (Donald Ahrens, 2011).

2.1.2.5. Humedad relativa

Es la relación de la presión de vapor de agua contenido en el aire con respecto a la presión del vapor saturado que podría contener a la misma temperatura, se puede decir también que la humedad relativa es igual al porcentaje de saturación del aire, es decir, la relación de humedad específica y la humedad específica de saturación (Donald Ahrens, 2011).

2.1.2.6. Humedad absoluta

Es la cantidad de vapor de agua contenido en un determinado volumen de aire, se mide en gramos de vapor de agua por metro cubico de aire (Donald Ahrens, 2011).

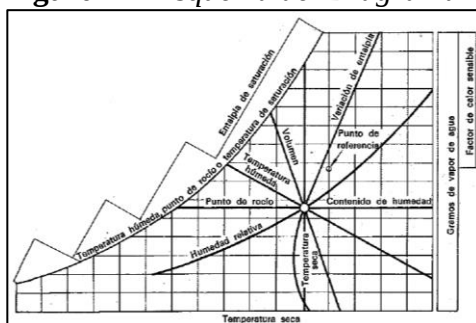
2.1.2.7. Entalpia especifica

Es la cantidad de calor de la mezcla de aire vapor de agua, por encima de 0°C (Carrier Air Conditioning Company, 1980).

2.1.2.8. Volumen especifico

Son los metros cúbicos de aire húmedo que corresponden a un kilogramo de aire seco (Carrier Air Conditioning Company, 1980).

Figura 2-1 Esquema del Diagrama Psicrométrico.



Nota. Fuente: (Carrier Air Conditioning Company, 1980).

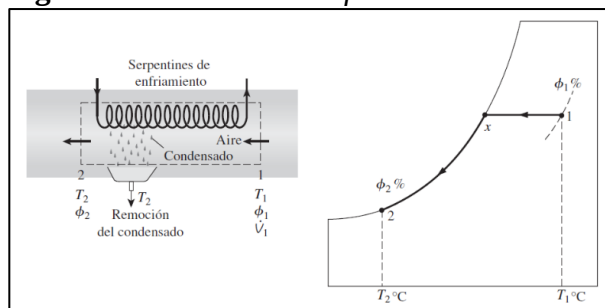
2.1.3. Procesos Psicrométricos

Existen 4 procesos psicrométricos básicos: calentamiento simple, enfriamiento simple, humidificación y deshumidificación.

2.1.3.1. Enfriamiento con des humidificación

En este proceso el aire caliente y húmedo entra a una zona de enfriamiento donde se halla un intercambiador de calor (estado 1, ver Figura 2-2). A medida que el aire atraviesa el intercambiador de calor, su temperatura disminuye y su humedad relativa aumenta a humedad específica constante. Si se tiene un área de enfriamiento lo suficientemente grande, el aire alcanzara su punto de rocío (aire saturado) (estado x, ver Figura 2-2). El enfriamiento adicional del aire resultara en la condensación de una parte de la humedad del aire. Durante todo el proceso de condensación el aire permanece saturado, y sigue la línea de 100% de humedad relativa hasta que alcanza su estado final (estado 2, ver Figura 2-2). (Cengel & Boles, 2011).

Figura 2-2 Proceso de Enfriamiento con Des-humidificación



Nota. Esquema del proceso de enfriamiento con des-humidificación del aire y su comportamiento en la carta psicrométrica. Debido a la des humidificación la cantidad de vapor de agua en el aire disminuye $\omega_2 < \omega_1$. Fuente: imagen modificada de (Cengel & Boles, 2011).

2.1.4. Factor de bypass o de desvío

Cuando el aire pasa por un intercambiador de calor, parte de ese volumen de aire no entra en contacto con los serpentines debido a su geometría, lo que conlleva que no haya transferencia de calor entre dicho volumen de aire y los serpentines (Carrier Air Conditioning Company, 1980).

Tabla 2-1 *Casos de acuerdo al valor del factor de bypass*

Factor de bypass más pequeño	Factor de bypass más grande
Conlleva: • Punto de rocío más alto. • Menor caudal de aire, lo que significa ventilador de menor capacidad. • Más superficie de transferencia de calor, lo que significa tuberías del serpentín de mayor diámetro exterior o de mayor longitud. También más hileras en el serpentín o más aletas.	Conlleva: • Punto de rocío más bajo. • Mayor caudal de aire (ventilador de mayor capacidad). • Menos superficie de transferencia de calor, lo que significa tuberías del serpentín de menor diámetro exterior o de menor longitud. También menos hileras en el serpentín o menos aletas.

Nota. Fuente: tabla elaborada a partir de (Carrier Air Conditioning Company, 1980).

2.2. Refrigeración

La refrigeración es el proceso por el cual se elimina el calor de un lugar donde no es deseado y se traslada a otro donde resulta indiferente.

2.2.1. Refrigeración Por Compresión de Vapor

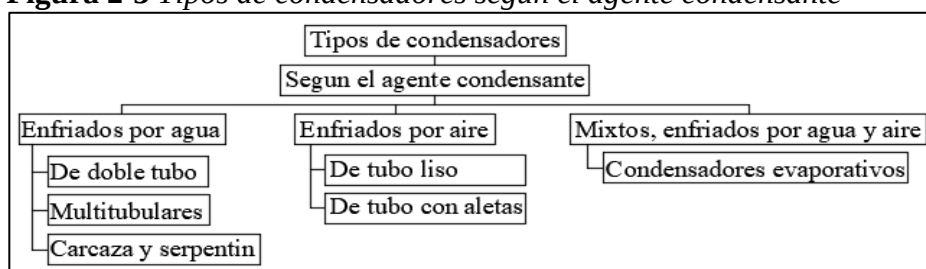
Consta de cuatro elementos fundamentales, a través de los cuales circula el fluido refrigerante (compresor, condensador, expansor y evaporador) (Franco Lijó, 2012).

1.5.2.1. El Compresor

Es el dispositivo que produce el aumento de la presión y temperatura del refrigerante que viene del evaporador como vapor a baja presión y temperatura, de tal forma que después se vuelva a condensar. (Franco Lijó, 2012).

1.5.2.2. El Condensador

Es el dispositivo encargado de ceder al medio ambiente el calor del refrigerante que ha absorbido en el evaporador. El calor que cede el condensador es siempre mayor al calor absorbido en el proceso de evaporación.

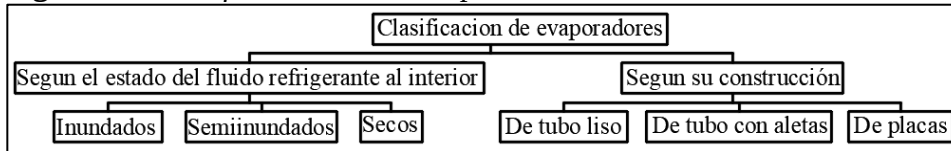
Figura 2-3 *Tipos de condensadores según el agente condensante*

Nota. Fuente: elaborado a partir de (Franco Lijó, 2012).

1.5.2.3. El Evaporador

Es un intercambiador de calor que se ubica antes del compresor, ósea en el lado de baja presión, en el evaporador el refrigerante ingresa como líquido y conforme va circulando se va evaporando al absorber el calor del medio que lo rodea hasta convertirse en vapor.

Figura 2-4 Clasificación de los evaporadores



Nota. Fuente: elaboración a partir de (Franco Lijó, 2012).

1.5.2.4. Dispositivos de expansión

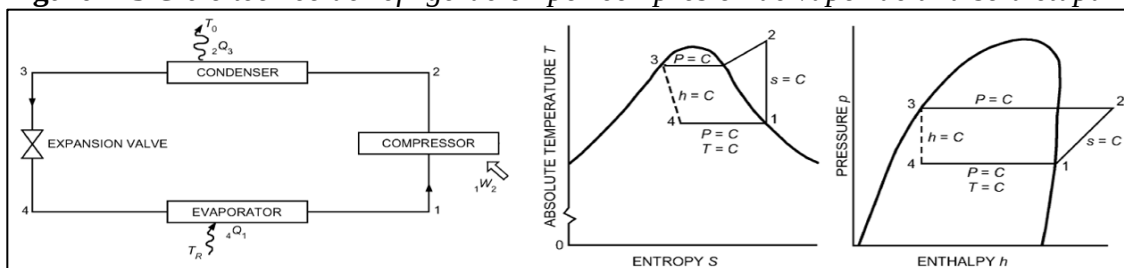
Este dispositivo cumple la función de regular el flujo de refrigerante líquido hacia el evaporador, pasando de un estado de alta presión y temperatura a uno de menor presión y temperatura (tubos capilares o válvulas de expansión). (Franco Lijó, 2012)

1.5.2.5. Ciclo de Refrigeración Por Compresión de Vapor

Ciclo ideal de Refrigeración por Compresión de Vapor

Si se eliminan aspectos imprácticos asociados con el ciclo invertido de Carnot, como al evaporar el refrigerante por completo antes de que se comprima, y al sustituir la turbina con un dispositivo de estrangulamiento (válvula de expansión o un tubo capilar). El ciclo que resulta se denomina ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor (Cengel & Boles, 2011).

Figura 2-5 Ciclo teórico de refrigeración por compresión de vapor de una sola etapa



Nota. Proceso 1-2, compresión isentrópica del refrigerante desde el estado 1 hasta la presión del evaporador en el estado 2. Proceso 2-3, transferencia de calor a presión constante en el condensador y el refrigerante sale como líquido en el estado 3. Proceso 3-4, estrangulamiento desde el estado 3 hasta la mezcla bifásica líquido-vapor. Proceso 4-1, transferencia de calor hacia el refrigerante a presión constante en el evaporador hasta completar el ciclo (Moran & Shapiro, 2018). Fuente: (ASHRAE, 2017).

2.3. Refrigerantes

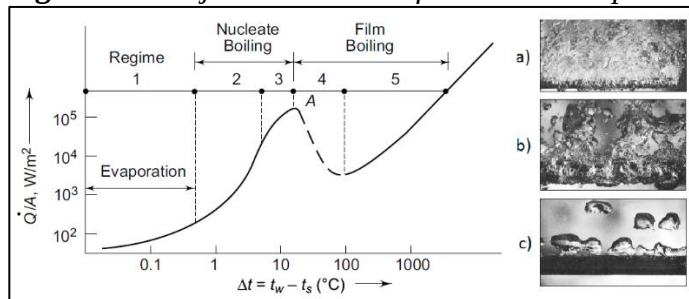
Es un fluido que absorbe el calor y lo transfiere a una temperatura y presión más alta, generalmente con un cambio de fase (ASHRAE Standard 34, 2022).

2.4. Ebullición y Condensación

2.4.1. Ebullición

La ebullición se presenta cuando se eleva la temperatura de un líquido a una presión específica, hasta la temperatura de saturación a esa misma presión (Cengel & Ghajar, 2011).

Figura 2-6 Flujo de calor vs. diferencia de temperatura en ebullición de piscina



Nota. Donde: t_w : temperatura de la pared, t_s : temperatura de saturación del fluido. a) ebullición nucleada, b) ebullición de transición, c) ebullición en película. Fuente: (Arora, 2017, pág. 322), (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 586).

2.4.2. Condensación

La condensación ocurre cuando se baja la temperatura de un vapor hasta por debajo de la temperatura de saturación, esto puede suceder cuando el vapor llega a tener contacto con una superficie la cual se encuentra a una temperatura T_s , y esta temperatura está por debajo de la temperatura de saturación de dicho vapor (Cengel & Ghajar, 2011).

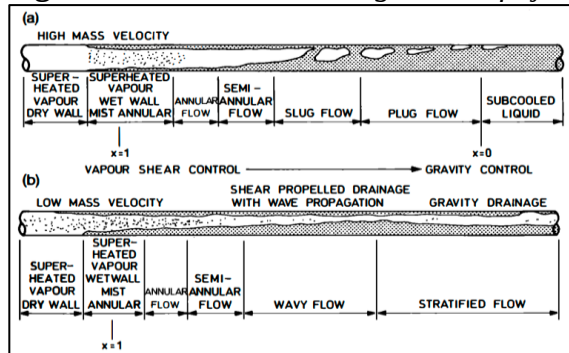
2.5. Correlaciones Para el Diseño de Condensadores y Evaporadores

Debido a aspectos hidrodinámicos y de transferencia de calor, el flujo bifásico es más complicado de tratar que el flujo monofásico, debido que aún no se ha creado un modelo integral para estimar las caídas de presión o las tasas de transferencia de calor, sin embargo, el uso de las correlaciones, son para condiciones operativas térmicas e hidrodinámicas específicas

(ASHRAE, 2017). En muchos casos la selección de una correlación depende del diseñador o de los fabricantes de intercambiadores (Rohsenow, Hartnett, & Cho, 1998).

2.5.1. Correlaciones Para la Condensación al Interior de Tuberías

Figura 2-7 Cambios en el régimen de flujo durante la condensación en un tubo horizontal



Nota. a) Condensación con alta carga de líquido, b) Condensación con baja carga de líquido. Fuente: (Collier & Thome, 1994, pág. 17).

Hay correlaciones que son específicamente para determinados modelos de flujo y características específicas, y dado que en la mayoría de condensadores el flujo es anular en la mayor parte del tubo, se podría emplear correlaciones basadas en modelos de flujo anular como la correlación de Traviss (Mills, 1995, pág. 693). Otra correlación para la condensación en tubos horizontales es la correlación de Cavallini y Zecchin (1974), que fue desarrollado de un análisis teórico similar a la correlación de Traviss (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012).

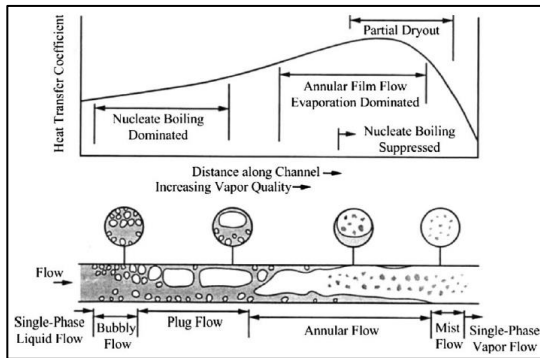
2.5.2. Correlaciones Para Ebullición por Flujo o Convección Forzada al Interior de Tuberías

En un tubo dispuesto de forma horizontal, la mayor parte de la transferencia de calor ocurre en la parte mojada del tubo, Mientras el flujo toma un patrón anular el coeficiente de transferencia de calor aumenta, pero cuando el líquido se evapora completamente, el coeficiente de transferencia de calor toma un valor bajo (Arora, 2017).

En el transcurso de todo el proceso dominan dos modos de transferencia de calor. En las zonas donde el fluido tiene contacto con la pared caliente domina la ebullición nucleada, en este caso el coeficiente de transferencia de calor depende sobre todo del flujo de calor por

unidad de área (Mills, 1995). Después domina la evaporación por convección forzada de la película líquida al núcleo de vapor, en este caso el coeficiente de transferencia de calor depende fundamentalmente de la velocidad de flujo de masa y de la calidad del vapor (Mills, 1995).

Figura 2-8 *Modos de transferencia de calor en un flujo en ebullición para un tubo horizontal.*



Nota. Esquema de los patrones de flujo y los correspondientes mecanismos de transferencia de calor y variación cualitativa de los coeficientes de transferencia de calor para el flujo de ebullición en un tubo horizontal. Fuente: (Cheng, Ribatski, & Thome, 2008).

Algunas correlaciones recomendadas para la ebullición por convección forzada son: la correlación de Shah (1976), Kandlikar (1990), Kandlikar (1991), Gungor y Winterton (1986) (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012). Estas correlaciones antes mencionadas son más precisas para regímenes de flujo anular (Cheng, Ribatski, & Thome, 2008). Según (ASHRAE, 2017), para evaporadores de expansión directa (DX) se tiene correlaciones verificadas como: Chen (1966), Gungor y Winterton (1986), Kandlikar (1990), Li y Wu (2010), Liu y Winterton (1991), Shah (1977, 1983).

2.5.3. Caída de Presión

Existen enumerarles métodos para obtener la caída de presión de flujos bifásicos, uno de ellos es un procedimiento basado en un modelo homogéneo del flujo de dos fases, en el cual no hace falta tener en cuenta el modelo del flujo (Mills, 1995). En este método se asume que se puede caracterizar al fluido mediante propiedades promedio (ASHRAE, 2017, pág. 5.15).

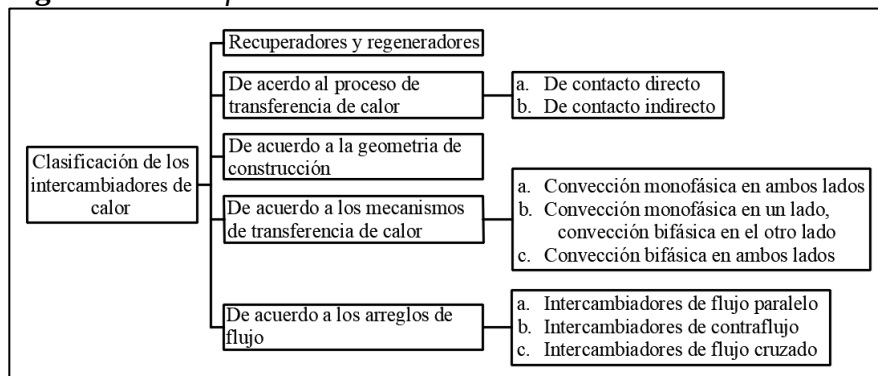
2.6. Intercambiadores de Calor

Es un dispositivo que permite la transferencia de calor entre dos o más fluidos que se hallan a diferentes temperaturas (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012). Los intercambiadores de calor son ampliamente usados en la industria ya sea para generación de potencia, calefacción de recintos, acondicionamiento de aire, etc. (Incropera F., 1999).

2.6.1. Clasificación de Intercambiadores de Calor

De acuerdo con (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012) los intercambiadores de calor se pueden clasificar de acuerdo a los siguientes criterios:

Figura 2-9 Clasificación de los intercambiadores de calor



Nota. Fuente: elaboración propia a partir de (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012).

2.6.2. Factor de impureza o Factor de Incrustación

Por lo general la eficiencia de los intercambiadores de calor se ve afectado por la acumulación de sustancias indeseables en sus superficies, esto significa que rendimiento de la superficie del intercambiador de calor va decayendo con el tiempo a partir del momento que inicia su operación (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012).

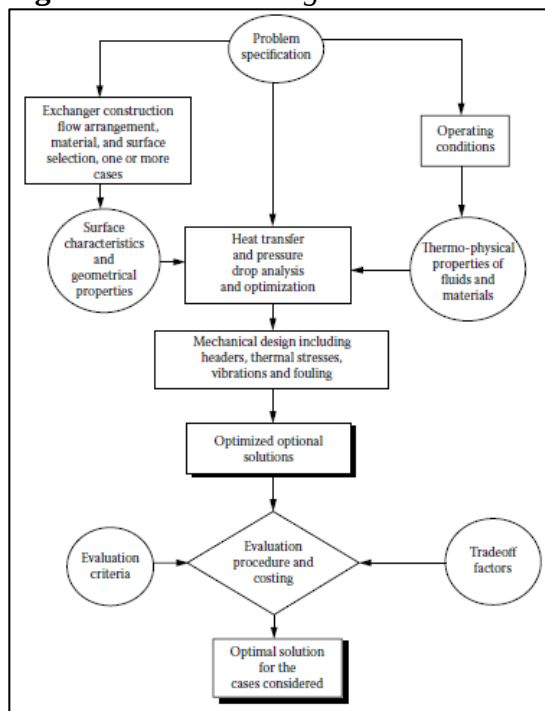
2.6.3. Análisis de los Intercambiadores de Calor

Se tiene dos métodos: el método LMTD que por lo general se aplica cuando se tiene conocimiento de las temperaturas de entrada y salida de los fluidos en el intercambiador, y el método de la efectividad NUT que se emplea cuando se desconocen las temperaturas de los fluidos a la salida del intercambiador (Cengel & Ghajar, 2011).

2.6.4. Metodología de Diseño de Intercambiadores de Calor

Se debe tener en cuenta una serie de criterios, como requisitos de operación, materiales, tipo de intercambiador, geometría del núcleo del intercambiador, disposición de los flujos, etc., en cuanto a datos faltantes estos pueden ser obtenidos a partir de la experiencia o criterio propio del diseñador (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012).

Figura 2-10 Metodología de diseño de intercambiadores de calor



Nota. Fuente: (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012, pág. 71).

2.7. Tecnología Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable que consiste en transformación directa de la energía solar en energía eléctrica (Mascaros Mateo, 2016).

2.7.1. Radiación Solar

La constante solar es la irradiancia o cantidad de energía que procede del sol por unidad de tiempo y área (Peñiran Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012).

2.7.2. Irradiancia

Es la potencia de la radiación solar recibida por unidad de superficie (W/m^2) (Peñiran Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012).

2.7.3. Irradiación

Es la energía recibida por unidad de superficie durante un tiempo determinado ($\text{W.h}/\text{m}^2$) (Peñiran Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012).

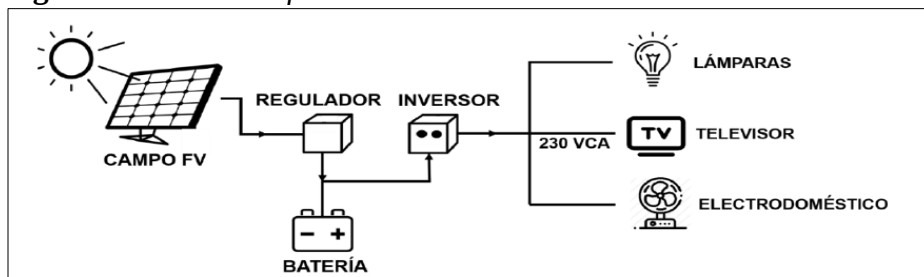
2.7.4. Hora Solar Pico (HSP)

Se define el concepto de hora solar pico de un día, referido a una superficie con orientación alfa y una inclinación beta, como el número de horas de un día con una irradiancia ficticia de $1000 \text{ W}/\text{m}^2$ que tendría la misma irradiación total que la irradiación real de ese día (Peñiran Lamigueiro, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2012).

2.7.5. Sistemas Fotovoltaicos Aislado

La electricidad únicamente proviene de la energía solar, la cual es acumulada en baterías para su posterior uso.

Figura 2-11 Sistema fotovoltaico Aislado



Nota: Fuente (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

CAPITULO 3

Diseño del Generador de Agua

3.1. Diseño Conceptual

Para el diseño del generador de agua se empleará las directrices VDI 2221 y la VDI 2225.

A partir de aquí denominaremos al generador de agua atmosférica por las siglas AWG.

3.1.1. Lista de Exigencias

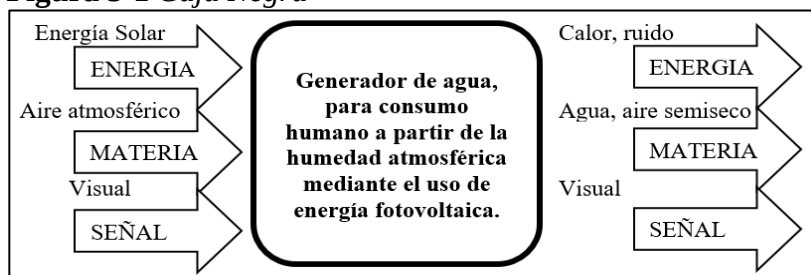
Tabla 3-1 Lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS		
Diseño y construcción de un generador de agua, para consumo humano a partir de la humedad atmosférica mediante el uso de energía fotovoltaica para las zonas rurales del distrito de Santa Ana, provincia de La Convención – Cusco		
Autores:	- Darcy Vladimir Cajigas Huillcanina - Hugo Alfredo Salazar Monterroso	Fecha: 13/06/2023
Características	Deseo o Exigencia	Descripción
Función principal	E	Generación de 10 litros de agua diarios a partir de la humedad atmosférica para las zonas rurales del distrito de Santa Ana, provincia de La Convención – Cusco.
Geometría	D	El AWG deberá ocupar el menor espacio posible (compacto).
Seguridad:	E	- El AWG se diseñará de tal forma que su funcionamiento no ponga en riesgo la integridad física de los usuarios. - El AWG no deberá poner en riesgo el medio ambiente.
Fuente de energía	E	El AWG empleará energía solar fotovoltaica.
Fabricación	D	Los materiales, componentes y equipos deberán ser de fácil adquisición.
Montaje	E	El AWG deberá ser fácil montaje.
Operación	E	El AWG deberá ser de fácil operación de tal forma que no requiera un personal especializado.
Mantenimiento	E	El diseño del AWG debe prever el fácil acceso a los componentes para su mantenimiento, así como para el recambio de piezas en caso sea necesario.
Transporte	D	- El AWG deberá ser compacto para así facilitar su transporte a las zonas rurales donde se pondrá en funcionamiento. - El AWG contará con ruedas para facilitar su transporte.
Costo	D	El costo de construcción del AWG debe ser lo más económico posible.
Plazo	D	La fabricación del AWG tiene como fecha de culminación: julio del 2024.
Ergonomía	E	El AWG contará con un dispensador de agua (grifo), el cual se encontrará en una altura accesible al usuario.
Uso	E	El AWG será diseñado para uso en lugares abiertos y ventilados, protegido con una cobertura (techo).
Señales	E	El AWG contará con señales visuales informativas y preventivas.
Calidad	E	La calidad del agua deberá cumplir con los estándares de la OMS.
E: Son las que se deben cumplir bajo cualquier circunstancia.		
D: Son solo aspiraciones sin consecuencias contradictorias con el objetivo del diseño.		

Nota. Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Caja Negra

Figura 3-1 Caja Negra



Nota. Fuente: elaboración propia.

Tabla 3-2 Caja Negra, Entradas y Salidas

Entradas:	Salidas:
• Materia: al sistema ingresará aire para un proceso de deshumidificación. • Energía: al sistema ingresará energía solar que se convertirá en energía eléctrica para el funcionamiento del compresor. • Señales: activación del sistema de encendido.	• Materia: se obtendrá agua y aire semiseco. • Energía: Perdidas de calor y ruido durante la operación. • Señales: indicadores de operación (estado y calidad de agua)

Nota. Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Secuencia de Funciones

En la Tabla 3-3, se muestra la secuencia de funciones:

Tabla 3-3 Lista de Secuencia de Funciones

SECUENCIAS DE FUNCIONES
1. Verificar condiciones iniciales. 2. Proporcionar energía eléctrica para el funcionamiento del dispositivo. 3. Alimentar aire al dispositivo. 4. Enfriar el aire para condensar la humedad. 5. Recolectar el agua condensada. 6. Tratar agua para consumo. 7. Almacenar para consumo.

Nota. Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Procesos técnicos

Tabla 3-4 Procesos Técnicos

PROCESOS TÉCNICOS
Preparación • Verificar condiciones iniciales (asegurar el área de posicionamiento del dispositivo y la disponibilidad de fuente de energía eléctrica estable). • Inspeccionar los componentes del generador de agua atmosférico.
Ejecución • Alimentar de aire. • Enfriar el aire para deshumidificación. • Recolectar agua condensada. • Tratar el agua recolectada para consumo.
Control • Verificar el funcionamiento del ventilador y compresor. • Encender el dispositivo. • Verificar los indicadores ambientales del dispositivo.

	• Controlar los procesos del dispositivo de inicio a fin.
Fase final	• Almacenar agua tratada para consumo. • Dispensar el agua de consumo.

Nota. Fuente: elaboración propia.

3.1.5. Aplicación de sistemas técnicos y sus limitaciones.

Tabla 3-5 *Sistemas Técnicos*

SISTEMAS TÉCNICOS	
Procesos manuales	• Encender y apagar el dispositivo. • Dispensar el agua para consumo.
Procesos mecánicos	• Alimentar aire para deshumidificación mediante el ventilador. • Enfriar agua para deshumidificación. • Tratar agua para consumo.
Procesos automáticos	• Monitorear el funcionamiento del dispositivo. • Alertar automáticamente sobre posibles fallas.

Nota. Fuente: elaboración propia.

3.1.6. Agrupación de estructuras de funciones:

En la Tabla 3-6 se muestran las funciones para realizar son las siguientes:

Tabla 3-6 *Agrupación de Funciones*

FUNCIONES
1. Alimentar aire: El aire ingresa por acción del ventilador.
2. Enfriar el aire: El aire es conducido a través del intercambiador de calor, donde se enfría, propiciando la condensación de la humedad.
3. Recolectar el agua: El agua condensada se recolecta en una bandeja y posteriormente se almacena antes de someterse al tratamiento de filtración.
4. Tratar el agua para consumo: El agua almacenada se conduce a través del sistema de filtración para obtener agua apta para el consumo humano.
5. Almacenar para consumo: El agua tratada es almacenada y lista para consumo.

Nota. Fuente: elaboración propia.

3.1.7. Representación de estructuras de funciones

En la Tabla 3-7, se describen las estructuras de funciones desarrolladas:

Tabla 3-7 *Alternativas desarrolladas*

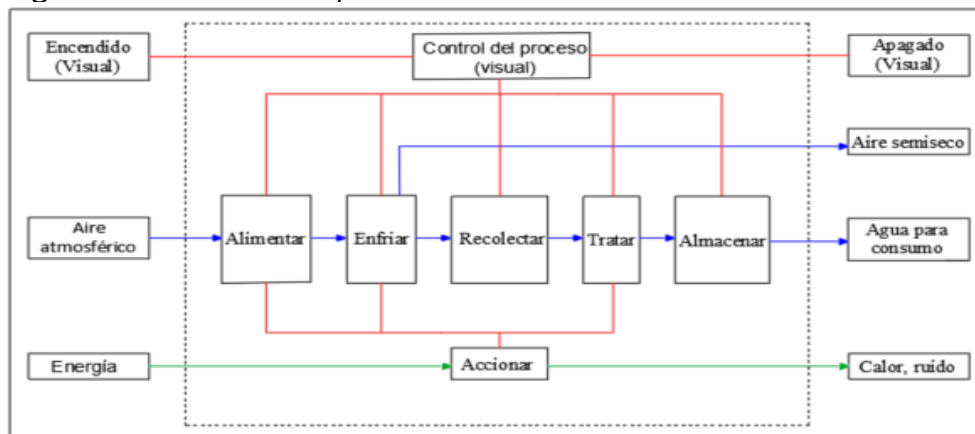
Alternativa 01:	Alternativa 02:
El dispositivo capta aire mediante un proceso de convección natural, el cual es enfriado por acción de un intercambiador de calor para inducir la condensación de la humedad del aire. El agua condensada es recolectada y almacenada temporalmente, para luego ser impulsada mediante una bomba a través de un sistema de filtración, obteniendo finalmente agua apta para el consumo humano.	El dispositivo capta aire mediante un proceso de convección forzada, el cual es enfriado por acción de un intercambiador de calor para inducir la condensación de la humedad del aire. El agua condensada es recolectada y almacenada temporalmente, para luego ser impulsada mediante una bomba a través de un sistema de filtración, obteniendo finalmente agua apta para el consumo humano.

Nota. Fuente: elaboración propia.

3.1.8. Elección de la estructura de funciones

En la Figura 3-2, se muestra la estructura de funciones de la alternativa 2

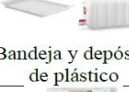
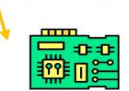
Figura 3-2 Estructura de funciones 02



Nota. Fuente: elaboración propia.

3.1.9. Matriz Morfológica

Tabla 3-8 Matriz Morfológica

MATRIZ MORFOLOGICA DEL GENERADOR DE AGUA				
Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Energía				
Alimentar				
Enfriar				
Recolectar				
Tratar				
Almacenar				
Señal				

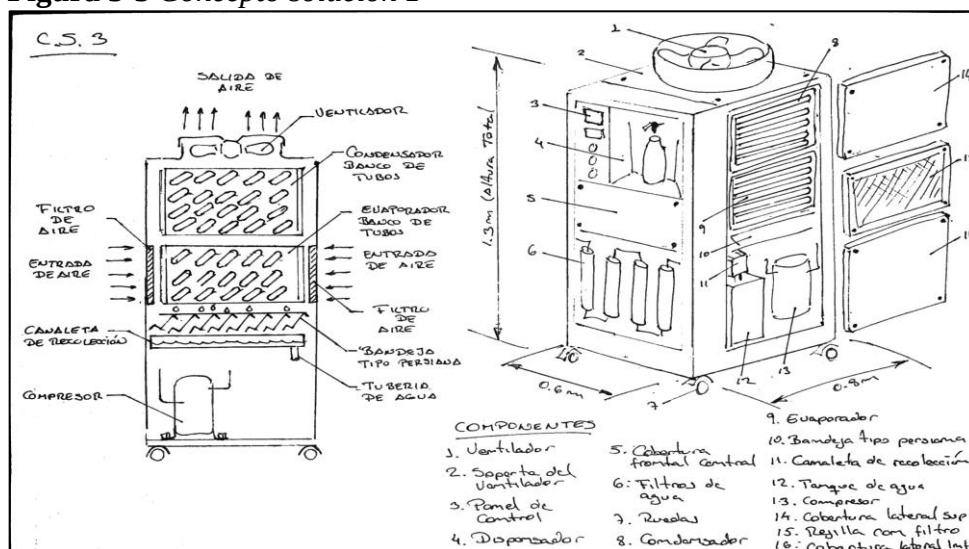
Nota. Fuente: elaboración propia.

3.1.10. Concepto de Solución

Concepto de Solución 1

En esta alternativa se plantea el uso de un sistema de refrigeración por compresión de vapor, en la cual para el evaporador (donde se condensa la humedad el aire) se opta por un intercambiador de tubos, de la misma forma para el condensador del sistema de refrigeración. Para la alimentación de aire se opta por un ventilador axial ubicado en la parte superior que actúa como extractor y dos filtros mecánicos de aire ubicados a los lados. El tratamiento de agua se realizará con osmosis inversa y filtros de múltiples etapas.

Figura 3-3 Concepto solución 1



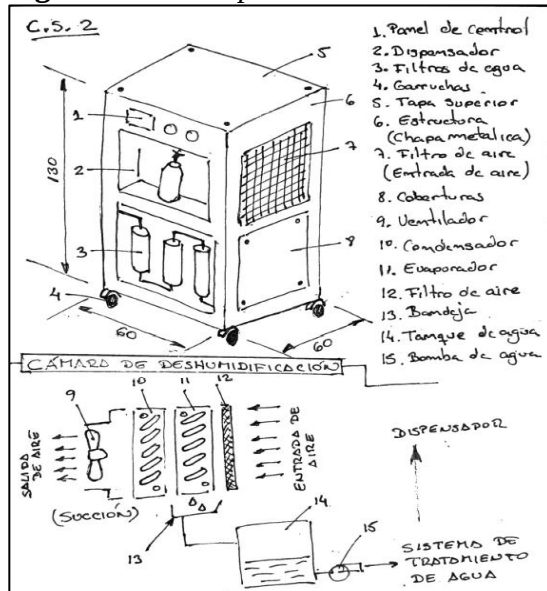
Nota. Fuente: Elaboración propia.

Concepto de Solución 2

Para esta alternativa, de la misma forma que el concepto solución 1, se plantea el uso de un sistema de refrigeración por compresión de vapor, pero en este caso se hace el uso de intercambiadores de calor tipo compacto para el evaporador y condensador, lo cual conlleva que el AWG pueda ocupar menos volumen, debido a que estos tipos de intercambiadores de calor ofrecen mayor área de transferencia de calor en menor volumen, esto facilita la disposición del sistema de condensación de aire debido a que, el filtro de aire, evaporador,

condensador y ventilador forman un bloque más compacto. El tratamiento de agua se realizará con un filtro ultravioleta y filtros de múltiples etapas.

Figura 3-4 Concepto solución 2



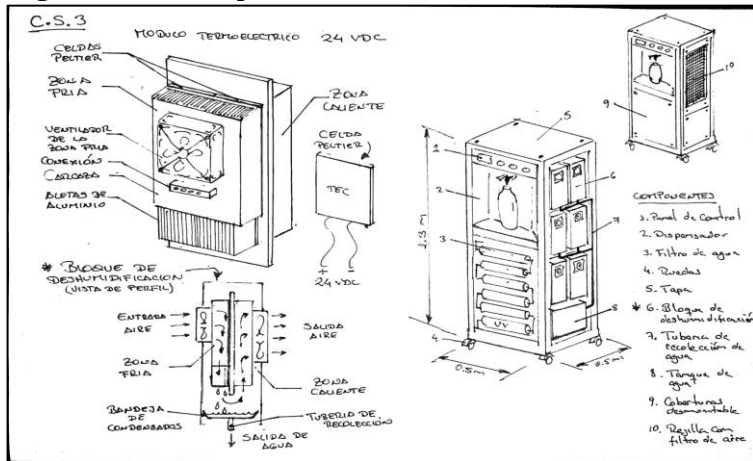
Nota. Fuente: Elaboración propia.

Concepto de Solución 3

Este concepto solución consiste en un sistema que emplea refrigeración termoeléctrica mediante el uso de celdas Peltier, dichas celdas se hallan montadas en un módulo termoeléctrico con sistema aire – aire, en el cual el lado caliente y el lado frío de las celdas Peltier será refrigerado por aire mediante la acción de dos ventiladores a cada lado. A su vez el módulo termoeléctrico estaría dentro de un bloque de chapa metálica al cual se le llamará bloque de deshumidificación, el cual permitiría la recolección de agua de forma independiente.

En el lado frío del módulo termoeléctrico es donde se llevará a cabo la condensación de la humedad del aire. Este sistema debería contar con un control automatizado electrónico para la gestión de temperaturas en la celda Peltier, para evitar su daño prematuro. La bandeja recolectora y depósito serán de plástico y el tratamiento de agua se realizará con osmosis inversa, filtro ultravioleta y filtros de múltiples etapas.

Figura 3-5 Concepto solución 3

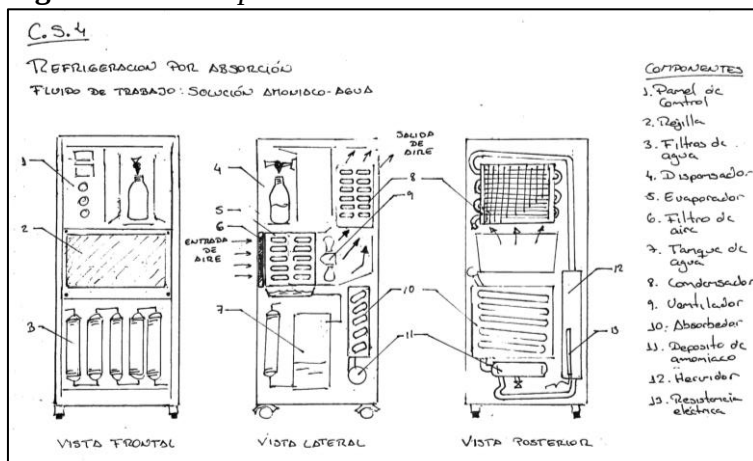


Nota. Fuente: Elaboración propia.

Concepto de Solución 4

Para este concepto solución, se usará un sistema de refrigeración por absorción, el cual empleará solución amoníaco - agua como fluido de trabajo y como aporte de calor al ciclo de refrigeración se opta por una resistencia eléctrica la cual será alimentada por un sistema fotovoltaico. El evaporador y el condensador serán intercambiadores de tubos con aletas fabricados en acero inoxidable. Para esta alternativa la alimentación de aire se dará por el frente, de tal forma que el aire circulará por el evaporador y se elevará hacia el condensador, esto debido a la ubicación de los componentes en un sistema de refrigeración por absorción. La bandeja recolectora y depósito serán de plástico y el tratamiento de agua se realizará con ozonizador y filtros de múltiples etapas.

Figura 3-6 Concepto solución 4



Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.1.11. Evaluación técnico económico de los conceptos solución

Se evaluarán las soluciones propuestas con criterios técnico-económicos.

Tabla 3-9 Evaluación Técnico-Económica

Evaluación Técnico - Económica					UNSAAC	
Proyecto: “Diseño y construcción de un generador de agua, para consumo humano a partir de la humedad atmosférica mediante el uso de energía fotovoltaica para las zonas rurales del distrito de Santa Ana, provincia de La Convención – Cusco”						
p: puntaje de 0 a 4						
0=No satisface, 1=Aceptable a las justas, 2=Suficiente, 3=Bien, 4=Muy Bien (ideal)						
Variantes de Concepto/Proyecto		Soluciones				
		Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	Solución Ideal
Nº	Criterios Técnicos y Económicos	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	Ideal
1	Función	3	3	3	3	4
2	Seguridad	3	3	2	2	4
3	Tamaño de la máquina	2	2	3	1	4
4	Buen uso de energía	3	3	2	2	4
5	Eficiencia	3	3	2	2	4
6	Fabricación sencilla	3	3	3	3	4
7	Disponibilidad de materiales de fabricación	3	3	3	2	4
8	Facilidad de operación	3	3	3	2	4
9	Posibilidad de automatización	3	3	3	2	4
10	Facilidad para el transporte	2	2	2	2	4
11	Costo de la tecnología	2	3	2	2	4
12	Fácil mantenimiento	2	3	3	2	4
13	Costos de operación	3	3	2	2	4
Puntaje total		35	37	33	27	52

Nota. Fuente: Elaboración propia.

El concepto solución con mayor puntaje fue el número 2.

3.1.12. Proyecto preliminar

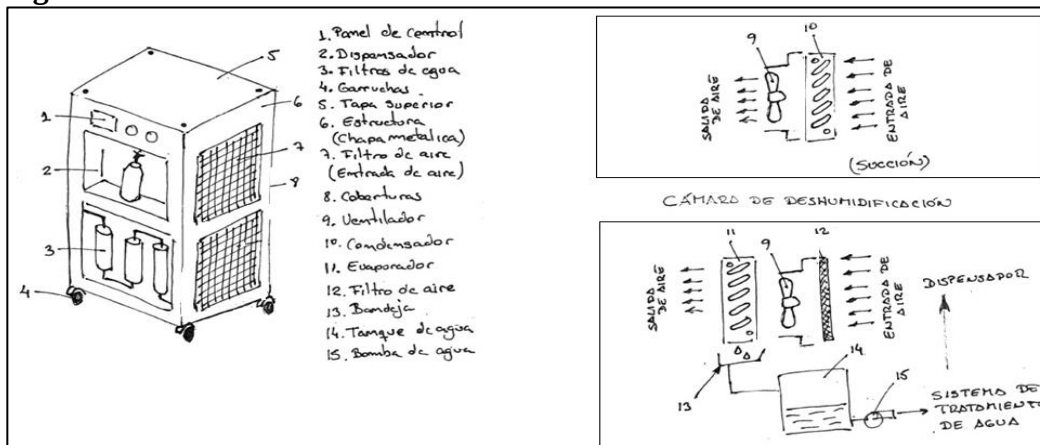
Se desarrollará el proyecto preliminar a partir del concepto solución seleccionado.

Alternativa 1

Para esta alternativa (Figura 3-7), el dispositivo estará montado sobre ruedas, la cámara de deshumidificación formará un bloque conformado por, el filtro mecánico de aire, el ventilador, evaporador; el condensador y su respectivo ventilador se ubicarán en la parte baja, el compresor del sistema de refrigeración se alojará en la parte inferior del dispositivo. El agua condensada en el evaporador será recolectada por una bandeja de acero inoxidable y almacenada en un tanque de acero inoxidable de 15 litros de capacidad. Una bomba impulsa el

agua a través de un sistema de filtración de múltiples etapas para su tratamiento. El agua purificada se almacena en un tanque superior de 3 litros de capacidad, lista para el consumo.

Figura 3-7 Alternativa 1



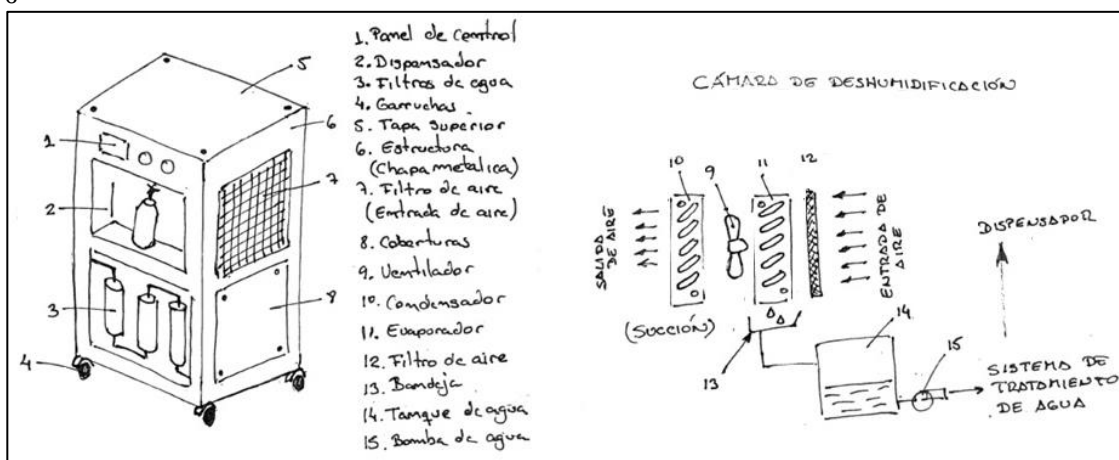
Nota. Fuente: Elaboración propia.

Alternativa 2

Para la segunda alternativa (Figura 3-8), la cámara de deshumidificación formará un bloque conformado por, el filtro mecánico de aire, evaporador, el ventilador y el condensador, el compresor del sistema de refrigeración se alojará en la parte inferior del dispositivo. El agua condensada en el evaporador será recolectada y almacenada de la misma forma que la alternativa anterior.

Figura 3-8 Alternativa 2

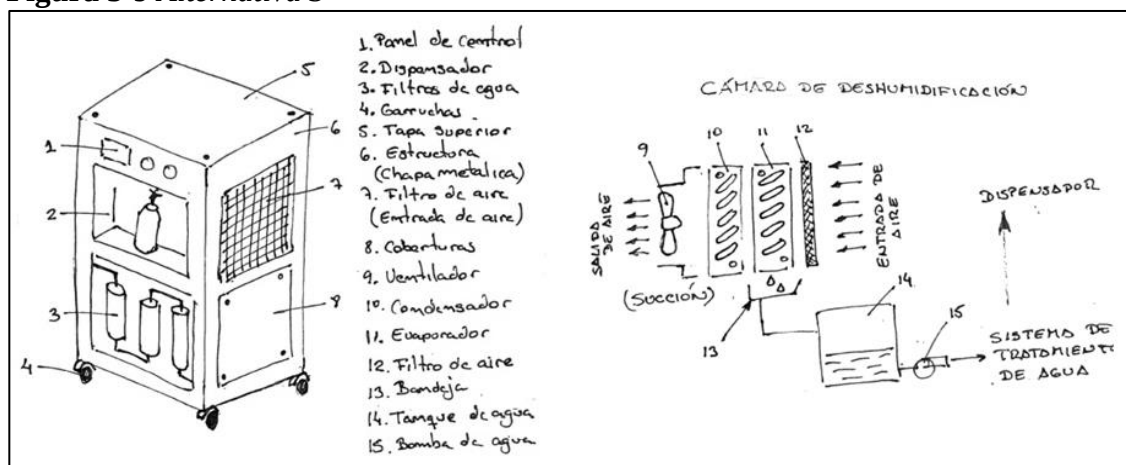
6



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Alternativa 3

Figura 3-9 Alternativa 3



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Para la tercera alternativa (Figura 3-9), la cámara de deshumidificación formará un bloque conformado por el filtro mecánico de aire, evaporador, el condensador y el ventilador, el cual se ubicará en la parte superior del dispositivo. El compresor del sistema de refrigeración se alojará en la parte inferior, y al igual que en la alternativa 1 el agua condensada en el evaporador será recolectada y almacenada en un tanque de acero inoxidable de 15 litros de capacidad. De igual forma se cuenta con una bomba en la parte inferior para impulsar el agua por el sistema de tratamiento y finalmente será almacenada en un tanque superior de 3 litros de capacidad lista para su consumo.

3.1.13. Evaluación del Proyecto preliminar

En esta etapa de la metodología de diseño (VDI 2225), se procede a evaluar las alternativas solución del proyecto, para lo cual se procede a realizar un análisis técnico-económico de las alternativas de solución, para determinar la opción más apropiada para el diseño del generador de agua.

3.1.14. Evaluación técnica

Tabla 3-10 Evaluación técnica

Valoración Técnico

Valor Técnico (Xi)

UNSAAC

p: puntaje de 0 a 4 (escala de valores según VDI 2225)

0=No satisface, 1=Aceptable a las justas, 2=Suficiente, 3=Bien, 4=Muy Bien (ideal)

g: peso ponderado, que está en función de los criterios de evaluación.

Variantes de Concepto/Proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución Ideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Calidad de agua obtenida	4	3	12	3	12	3	12	4	16
2	Rapidez del proceso de condensación	3	2	6	2	6	3	9	4	12
3	Tamaño de la máquina	3	2	6	3	9	3	9	4	12
4	Seguridad	4	3	12	3	12	3	12	4	16
5	Buen uso de energía	3	2	6	3	9	3	9	4	12
6	Eficiencia	3	1	3	1	3	3	9	4	12
7	Fabricación sencilla	3	2	6	3	9	3	9	4	12
8	Disponibilidad de equipos	3	3	9	3	9	3	9	4	12
9	Facilidad de operación	3	3	9	3	9	3	9	4	12
10	Mantenimiento de la máquina	3	1	3	2	6	3	9	4	12
11	Facilidad para el transporte	3	2	6	2	6	2	6	4	12
12	Ergonomía	4	2	8	3	12	3	12	4	16
13	Automatización de los procesos	4	2	8	3	12	3	12	4	16
Puntaje máximo Σg, Σp, Σpg		43	28	94	34	114	38	126	52	172
Valor técnico Xi (sin ponderado)			0.54		0.65		0.73		1.00	
Valor técnico Xi (con ponderado)			0.55		0.66		0.73		1.00	

Nota. Fuente: Elaboración propia. Adaptado de (Barriga, 2014).

3.1.15. Evaluación económica

Tabla 3-11 Evaluación Económica

Valoración Económica										UNSAAC
Valor Económico (Yi)										
p: puntaje de 0 a 4 (escala de valores según VDI 2225)										
0=No satisface, 1=Aceptable a las justas, 2=Suficiente, 3=Bien, 4=Muy Bien (ideal)										
g: peso ponderado, que está en función de los criterios de evaluación.										
Variantes de Concepto/Proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución Ideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo de diseño	3	3	9	3	9	3	9	4	12
2	Costo de material	3	2	6	2	6	3	9	4	12
3	Costo de fabricación	4	2	8	2	8	3	12	4	16
4	Costo de mantenimiento	4	2	8	3	12	3	12	4	16
5	Cantidad de componentes	3	2	6	3	9	3	9	4	12
6	Costo de instalación	3	2	6	3	9	3	9	4	12
7	Costo de operación	3	2	6	2	6	3	9	4	12
Puntaje máximo Σg, Σp, Σpg		23	15	49	18	59	21	69	28	92
Valor económico Yi (sin ponderado)			0.54		0.64		0.75		1.00	
Valor económico Yi (con ponderado)			0.53		0.64		0.75		1.00	

Nota. Elaboración propia. Adaptado de (Barriga, 2014).

Para ver la calificación de las alternativas, se ajustan los valores obtenidos a una tabla, donde se tendrán en cuenta el mejor balance técnico económico.

Tabla 3-12 Calificación de las alternativas de solución

Valor Xi	Valor Yi	Calificación
0.8	0.8	Muy buena solución
0.7	0.7	Buena solución
0.6 o menos	0.6 o menos	Solución deficiente

Nota. Fuente: (Barriga, 2014).

Después de realizar la evaluación técnico-económico se obtuvieron los siguientes datos:

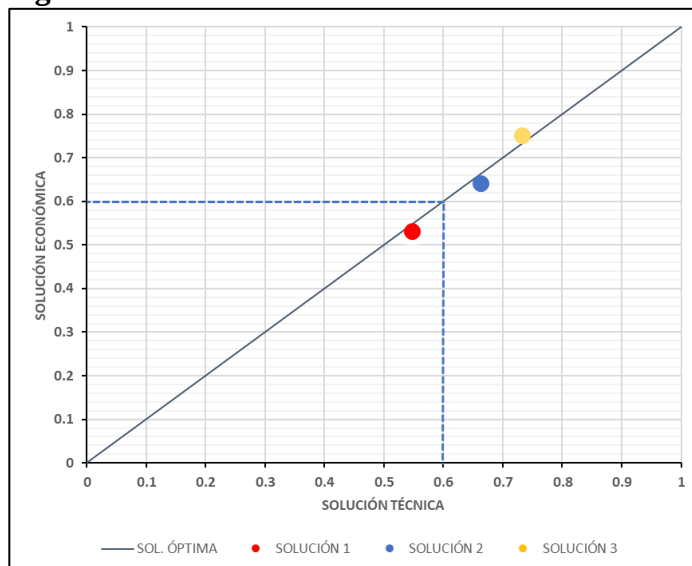
Tabla 3-13 Resultado de la valoración técnico-económico

Solución	Evaluación	
	Técnica (Xi)	Económica (Yi)
1	0.65	0.72
2	0.68	0.64
3	0.57	0.53
4	0.42	0.39

Nota. Elaboración propia. Adaptado de (Barriga, 2014).

Con los datos de la Tabla 3-13, se ubican los puntos de las alternativas solución en un plano cartesiano, el cual se muestra en la Figura 3-10.

Figura 3-10 Análisis técnico-económico.



Nota. Elaboración propia. Fuente: Adaptado de (Barriga, 2014).

De la Figura 3-10 se puede observar que el concepto solución 3 es la que más se acerca a la línea de la solución óptima (línea diagonal de equilibrio entre la zona de solución técnica y solución económica) y tiene un mayor valor técnico y económico.

3.2. Diseño del Sistema Térmico

3.2.1. Caudal Requerido de Agua de Consumo Humano por Familia

Según la OMS una persona promedio requiere de 100 litros de agua diarios para satisfacer sus necesidades básicas, así mismo la OMS asume que cada persona adulta consume

aproximadamente 2 litros de agua diarios, este consumo varía de acuerdo con el clima, nivel de actividad y la alimentación (OMS, 2011).

De acuerdo a los datos obtenidos del INEI según el censo del año 2017, del 100% del total de hogares en zonas rurales, el 21.8% está conformado por un miembro, el 20.1% conformado por 2 miembros, el 35.1% por 3 a 4 miembros, el 18.1% por 5 a 6 miembros y el 4.8% de 7 a más miembros (INEI, 2018). De estos datos podemos tomar una media de 5 miembros por hogar.

Entonces, consideraremos un consumo de 2 litros diarios por persona para una familia de 5 miembros.

$$Agua_{Prod. \text{ por día}} = \# \text{ Miembros/hogar} \times \text{Consumo Diario/persona} = 5 \times 2l = 10l$$

Por consiguiente, el AWG deberá producir 10 litros diarios como mínimo, a continuación, se determinará el número de horas de operación por día.

3.2.2. Estudio del Clima de la Zona

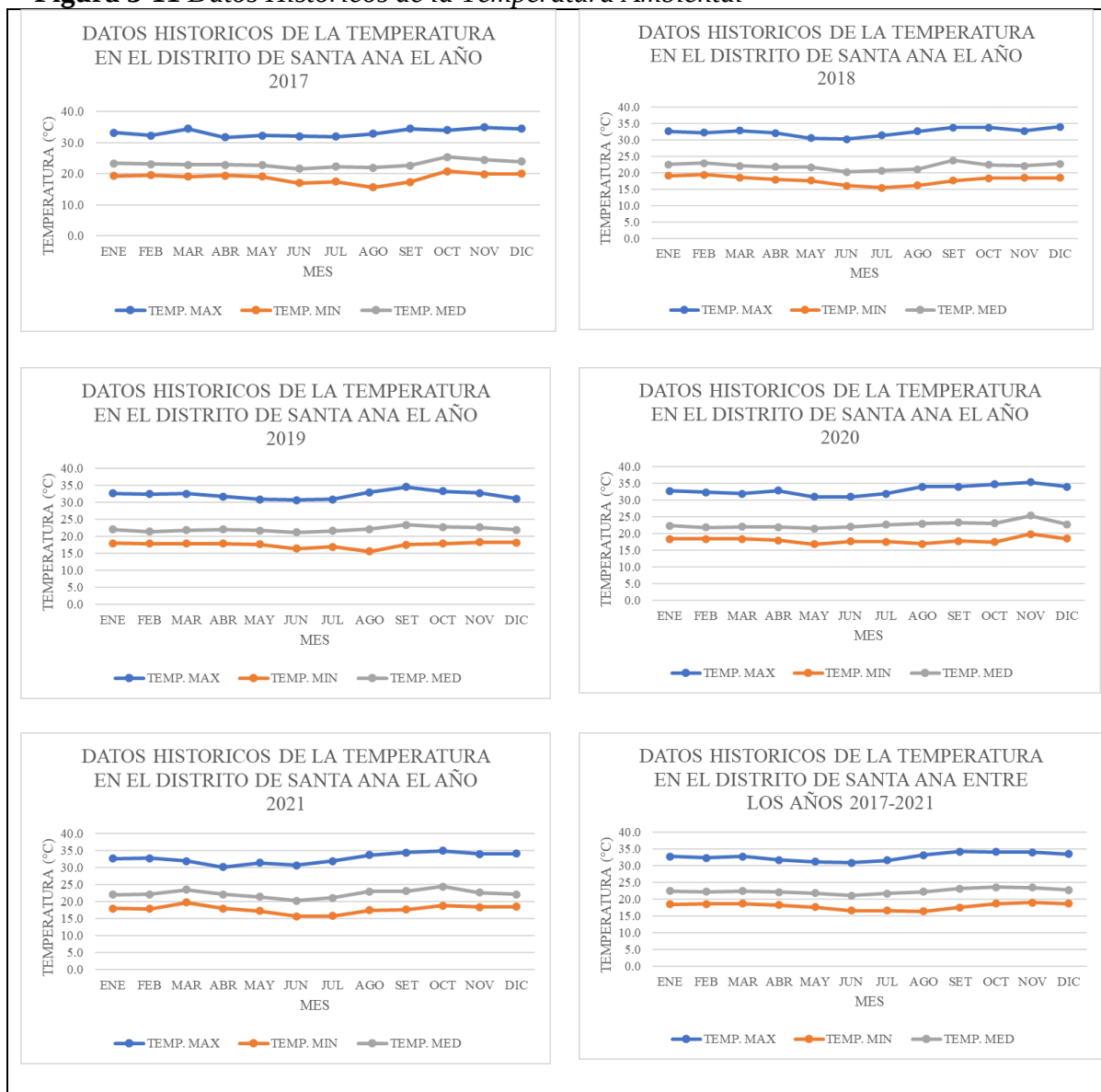
El Distrito de Santa Ana está ubicado en la Región del Cusco, Provincia de la Convención y tiene como capital a la ciudad de Quillabamba la cual se encuentra a 1050 m.s.n.m. El clima del distrito de Santa Ana es húmedo y cálido, alcanzando una temperatura media mensual de 23,6 °C, siendo los meses más calurosos de mayo a octubre, en los cuales la temperatura llega a 30,8 °C. Las precipitaciones se presentan generalmente durante todo el año, sin embargo, la época más lluviosa corresponde a los meses de noviembre a abril.

Para el diseño del AWG se evaluaron y analizaron los datos Temperatura y Humedad Relativa obtenidos de la página web del SENAMHI, comprendidos desde el año 2017 al 2021.

1.5.2.6. Temperatura del Distrito de Santa Ana

Para el presente estudio se analizaron los datos históricos de la temperatura ambiental, los cuales se muestran en la Figura 3-11.

Figura 3-11 Datos Históricos de la Temperatura Ambiental



Nota: Datos históricos de la temperatura del distrito de Santa Ana entre los años 2017 al 2021. Fuente: elaboración propia con los datos obtenidos del (SENAMHI, 2022).

La Figura 3-11 muestra que la temperatura se mantiene casi constante a lo largo del año, sin variaciones significativas. La Tabla 3-14 resume las temperaturas máxima, media y mínima de los datos analizados de la estación meteorológica de Quillabamba.

Tabla 3-14 *Temperatura promedio distrito de Santa Ana*

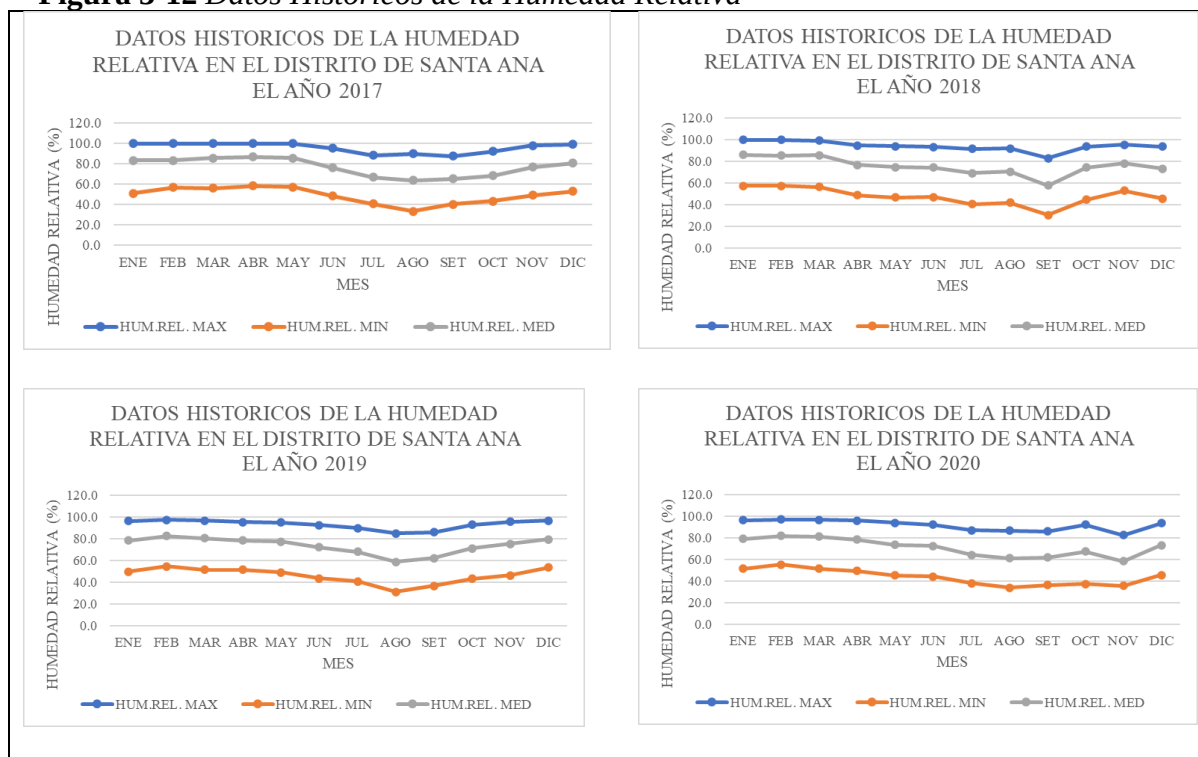
ESTACIÓN METEOROLÓGICA	TEMPERATURA (°C)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
QUILLABAMBA - SANTA ANA	MÍNIMA	18.5	18.6	18.7	18.2	17.7	16.5	16.6	16.3	17.5	18.6	19.0	18.7
	MEDIA	22.4	22.3	22.4	22.1	21.8	21.1	21.6	22.2	23.2	23.6	23.4	22.7
	MÁXIMA	32.8	32.4	32.7	31.7	31.2	30.9	31.6	33.2	34.2	34.1	34.0	33.5

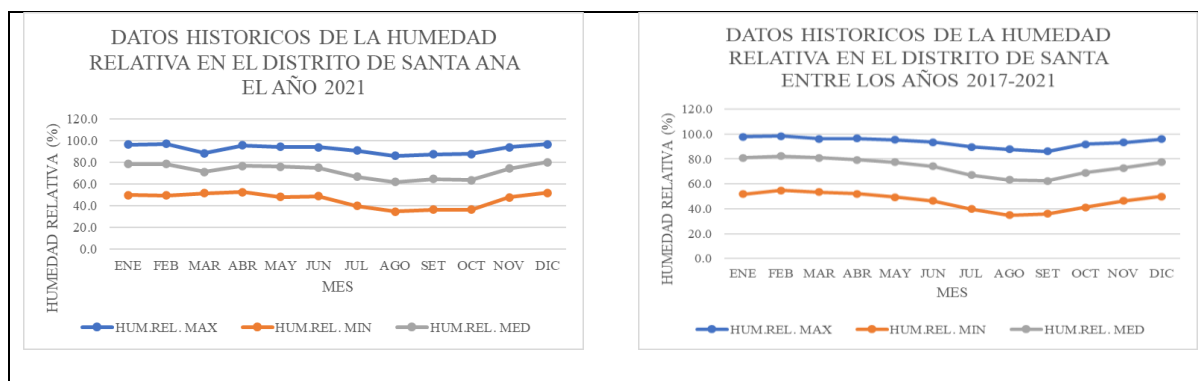
Nota: Datos de la temperatura promedio del distrito de Santa Ana del 2017 al 2021. Fuente: elaboración propia con los datos obtenidos del (SENAMHI, 2022).

3.2.2.1. Humedad Relativa

El clima del distrito de Santa Ana se caracteriza por ser húmedo, la humedad relativa promedio de la zona de estudio es del 71%, siendo mayor en épocas de lluvia o estación de verano y menor en invierno o época de sequías. Los meses de mayor humedad relativa son: diciembre, enero, febrero, marzo y abril, y los meses en que la humedad relativa es menor son: junio, julio, agosto y setiembre.

Se analizaron los datos obtenidos de la estación meteorológica de Quillabamba, en la Figura 3-12 se muestran los datos históricos de los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021.

Figura 3-12 *Datos Históricos de la Humedad Relativa*



Nota: Datos históricos de la temperatura del distrito de Santa Ana de los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021.
Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del (SENAMHI, 2022).

Así mismo, en la Tabla 3-15 se muestra la humedad relativa máxima, mínima y media registrada para todos los meses del año.

Tabla 3-15 Humedad Relativa Distrito de Santa Ana.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	HUMEDAD RELATIVA (%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
QUILLABAMBA - SANTA ANA	MÍNIMA	51.9	54.8	53.4	52.1	49.3	46.4	39.9	34.9	36.0	41.0	46.3	50.0
	MEDIA	81.1	82.4	80.8	79.4	77.5	74.0	67.1	63.2	62.3	69.0	72.6	77.4
	MÁXIMA	97.9	98.3	96.3	96.4	95.5	93.4	89.5	87.8	86.0	91.8	93.2	96.0

Nota: Datos de la humedad relativa promedio del distrito de Santa Ana del 2017 al 2021. *Fuente:* Elaboración propia con los datos obtenidos del (SENAMHI, 2022).

3.2.3. Tiempo de Servicio del Generador de Agua

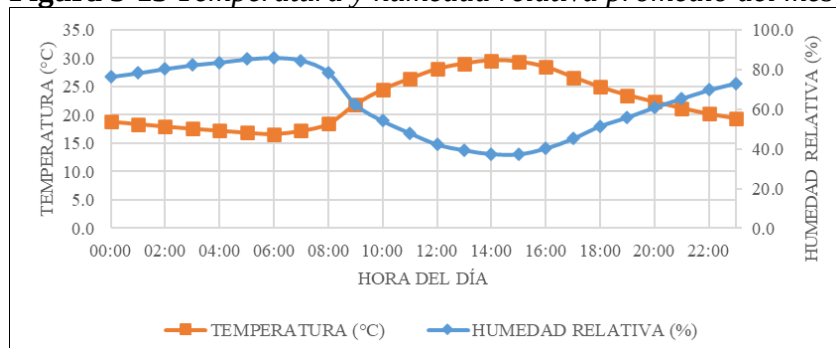
Dentro de las consideraciones de diseño para el funcionamiento del AWG se contempló el uso de energía solar fotovoltaica; asimismo se espera que el costo de fabricación y operación sea lo más económico posible, para cumplir con ambas consideraciones se debe garantizar la producción de agua requerida en el menor tiempo de operación.

Bajo la premisa del párrafo anterior, se sabe que los AWG necesitan una temperatura mínima de 15°C y una humedad relativa mínima del 25% para condensar el agua de la atmósfera, idealmente necesitan una temperatura de unos 30°C y una humedad relativa del 80% para alcanzar su máximo desempeño (AGUAPARS, s.f.), es por esto por lo que se deben buscar las horas del día donde la humedad relativa y temperatura estén cerca del rango ideal.

Para obtener los resultados más satisfactorios debemos buscar las condiciones climatológicas donde la temperatura ambiente sea menor y la humedad relativa sea máxima

(Galindo Torres, Gregorio Contreras , & Mendoza Ortiz, 2015), para este fin analizaremos la Figura 3-13.

Figura 3-13 Temperatura y humedad relativa promedio del mes de agosto



Nota: Temperatura y humedad relativa promedio del mes de agosto por horas del día. Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del (SENAMHI, 2022).

En la Figura 3-13 se puede apreciar, que a mayor temperatura ambiente la humedad relativa es menor y a menor temperatura ambiente ocurre lo contrario con la humedad relativa, entre 00:00 horas y las 8:00 horas la humedad relativa se incrementa y alcanza su máximo pico entre las 05:00 y 06.00 horas, por lo cual podemos asumir que en esas horas se dan las mejores condiciones climáticas para el funcionamiento de nuestro AWG.

Finalmente, para garantizar la producción de 10 litros de agua requeridos por día, el cálculo del diseño se debe realizar con los datos del mes del año donde la humedad relativa es menor, ya que en dicho mes se produciría la menor cantidad de agua, para lo cual analizaremos la Tabla 3-16 y la Tabla 3-17 que muestran los datos de temperatura ambiental y humedad relativa respectivamente.

Tabla 3-16 Temperatura promedio distrito de Santa Ana entre las 01:00 y 08:00 horas.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	TEMPERATURA (°C)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
QUILLABAMBA	MÍNIMA	15.4	16.3	15.9	15.0	11.1	11.1	11.6	12.0	13.1	11.6	14.7	16.1
- SANTA ANA	MEDIA	19.0	19.0	18.8	18.6	18.3	17.2	17.6	18.5	18.6	19.1	18.9	19.3
	MÁXIMA	22.6	24.2	23.5	21.6	22.9	21.7	21.9	24.0	24.4	25.0	24.8	23.4

Nota: Datos de la temperatura promedio del distrito de Santa Ana entre las 01:00 y 08:00 horas del 2017 al 2021. Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del (SENAMHI, 2022).

Tabla 3-17 Humedad Relativa Distrito de Santa Ana entre las 01:00 y 08:00 horas.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	HUMEDAD RELATIVA (%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
------------------------	----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

QUILLABAMBA - SANTA ANA	MÍNIMA	85.2	74.0	82.0	80.0	75.0	75.0	65.0	59.0	57.0	59.0	60.0	64.0
	MEDIA	96.9	97.2	97.2	95.0	93.5	91.0	85.0	83.1	80.5	86.8	86.1	93.7
	MÁXIMA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.0	98.0	97.0	100.0	98.0	100.0

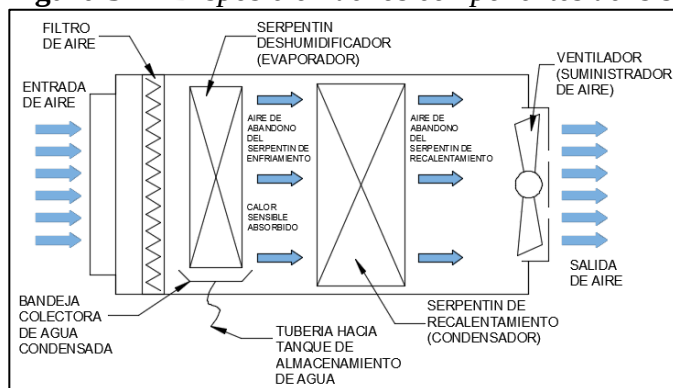
Nota: Datos de la humedad relativa promedio del distrito de Santa Ana del 2017 al 2021 entre las 01:00 y las 08:00 horas. Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del (SENAMHI, 2022).

De la Tabla 3-17 se puede apreciar que el mes con la humedad relativa más baja registrada es el mes de setiembre, por consiguiente, utilizaremos los datos climatológicos correspondientes a dicho mes para dimensionar el AWG.

3.2.4. Primeras Consideraciones Para el Diseño

En la figura 3-14, se muestra la disposición de la cámara de deshumidificación según las directrices VDI 2221 y la VDI 2225, se opta por esta disposición dado que en este sistema no se pretende aprovechar la potencia frigorífica.

Figura 3-14 Disposición de los componentes del sistema de condensación de aire



Nota. Este tipo de distribución es muy similar a la que suele emplearse mucho en los deshumidificadores mecánicos. Fuente: elaboración propia a partir de (ASHRAE, 2016).

Una clara ventaja de esta disposición es que el aire que ha sido enfriado en el evaporador, servirá para enfriar el condensador del sistema de refrigeración.

3.2.5. Cálculos de Psicrometría

La temperatura y la presión barométrica del aire atmosférico varían considerablemente con la altitud, así como con la geografía local y las condiciones climáticas (ASHRAE, 2017). De la Tabla 3-18 podemos obtener la presión atmosférica a partir de la altitud.

Tabla 3-18 Datos atmosféricos estándar según la altura

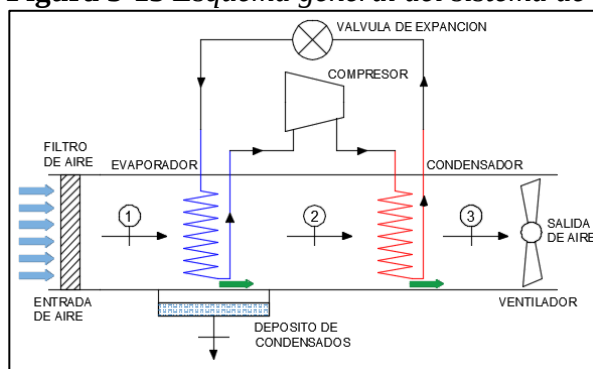
Altitude, m	Temperature, °C	Pressure, KPa	Altitude, m	Temperature, °C	Pressure, KPa
-500	18.2	107.478	4000	-11.0	61.640
0	15.0	101.325	5000	-17.5	54.020
500	11.8	95.461	6000	-24.0	47.181
1000	8.5	89.875	7000	-30.5	41.061
1500	5.2	84.556	8000	-37.0	35.600
2000	2.0	79.495	9000	-43.5	30.742
2500	- 1.2	74.682	10 000	-50	26.436
3000	-4.5	70.108			

Nota. Datos atmosféricos estándar para altitudes de hasta 10 000 m. Fuente: Extraído de (ASHRAE, 2017).

Para los cálculos de psicrometría emplearemos cartas o diagramas psicrométricos para una altitud de 1001 msnm, dado que a esa altitud se tomaron los datos climáticos del (SENAMHI, 2022). Para este punto emplearemos los diagramas psicrométricos que nos brinda el software SICRO (ver Anexo 01).

3.2.5.1. Proceso Psicrométrico General

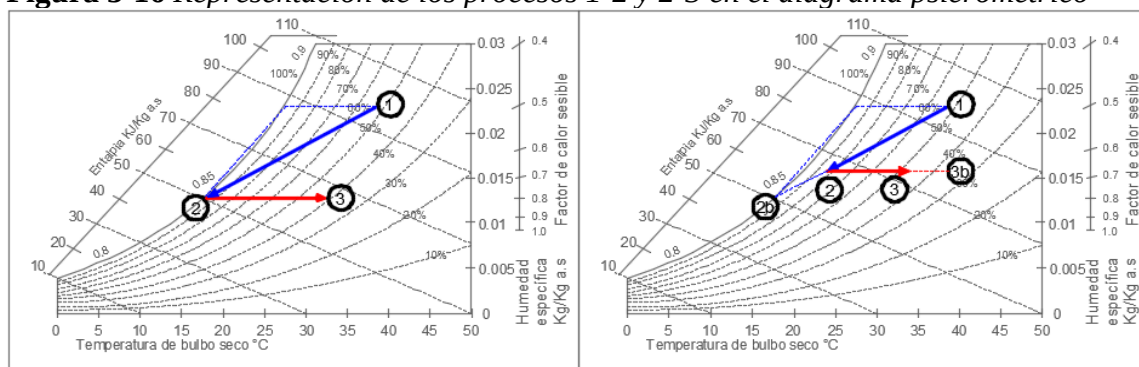
Durante todo el proceso que el aire ingresa y sale del sistema de condensación ocurren dos procesos psicrométricos, el primero es cuando el aire interactúa con el evaporador del sistema de refrigeración, que viene a ser el que se encargará de la condensación del aire, siendo este un proceso de enfriamiento con deshumidificación, el segundo proceso, es cuando el aire frío y semiseco que proviene del proceso anterior interactúa con el condensador del sistema de refrigeración, este es un proceso de calentamiento simple. En la Figura 3-15 se detalla el esquema general.

Figura 3-15 Esquema general del sistema de deshumidificación del aire.

Nota. El proceso 1-2 es un proceso de enfriamiento con deshumidificación y el proceso 2-3 es un proceso de calentamiento simple. Fuente: Elaboración propia.

Del esquema general del Sistema de deshumidificación del aire, se puede tener una idea de los procesos psicrométricos 1-2 y 2-3 en el diagrama psicrométrico, en la siguiente figura se muestra de manera esquemática los procesos 1-2 y 2-3 y como afecta el factor de bypass en ambos procesos.

Figura 3-16 Representación de los procesos 1-2 y 2-3 en el diagrama psicrométrico



Nota. A la izquierda se representa los procesos 1-2 y 2-3 sin considerar el factor de bypass de los intercambiadores de calor, y a la derecha se representan los procesos 1-2 y 2-3 considerando el factor de bypass. Fuente: elaboración propia.

Para los cálculos de diseño del evaporador y condensador, se tomarán en cuenta los factores de bypass, de hecho, cada uno tendrá un factor de bypass diferente. Para empezar con los cálculos por el momento solo determinaremos el factor de bypass para el evaporador.

3.2.5.2. Determinación del Factor de Bypass

De la Tabla 3-19 se estima un valor para el factor de bypass, esta tabla solo se usa como una referencia para asumir un valor.

Tabla 3-19 Factores de bypass típicos para serpentines aleteados.

Rows Deep or Depth of Coils	3 fins/cm		6 fins/cm				
			Air Velocity (m/min)				
	90	210	90	120	150	180	210
1	.65	.74	.47				.61
2	.42	.55	.22	.274	.314	.346	.38
3	.27	.40	.10	.143	.176	.204	.23
4	.19	.30	.05	.076	.099	.12	.14
5	.12	.23	.02	.04	.056	.071	.09
6	.08	.18	.01	.022	.032	.042	.06
8	.03	.08					

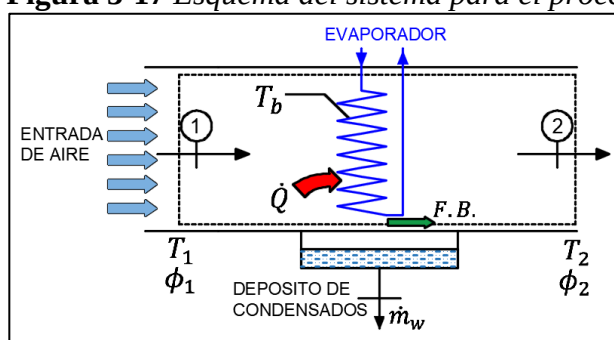
Nota. Estos valores aplican a bobinas con tubos de 1,6 cm de diámetro exterior, espaciados aproximadamente en centros de 3 cm. Fuente: (Arora, 2017).

Mientras se tiene un mayor número de filas se tiende a tener un factor de bypass pequeño, una correcta estimación sería un valor de entre 0.20 a 0.30 dado que se estimaría diseñar un evaporador con más de 3 filas. Para este caso tomamos un valor de 0.3 y con ello calculamos la temperatura a la salida del evaporador con la siguiente ecuación (Arora, 2017):

$$T_2 = F.B. \times (T_1 - T_b) + T_b$$

1.5.2.1. Proceso 1-2, Enfriamiento con Deshumidificación

Figura 3-17 Esquema del sistema para el proceso 1-2



Nota. Fuente Elaboración propia.

Para el diseño del AWG, emplearemos el valor más bajo de humedad relativa y la media de la temperatura del mes de setiembre (Tabla 3-16 y Tabla 3-17).

Para la temperatura en la superficie del evaporador (temperatura de evaporación) se toma un valor mayor a 0°C, esto con el fin de evitar la formación de escarcha en la superficie del evaporador, para este caso tomamos el valor de 2°C.

En cuanto a la humedad relativa del punto b será 100 % debido a que el punto b se encontrará en la línea de saturación.

Tabla 3-20 Datos de entrada para el proceso psicométrico 1-2

Punto	Estado	Temperatura (bulbo seco), °C	Humedad relativa, %
Punto 1	Ingreso	18.6	57.0
Punto b	En el inter. de Calor	2	100

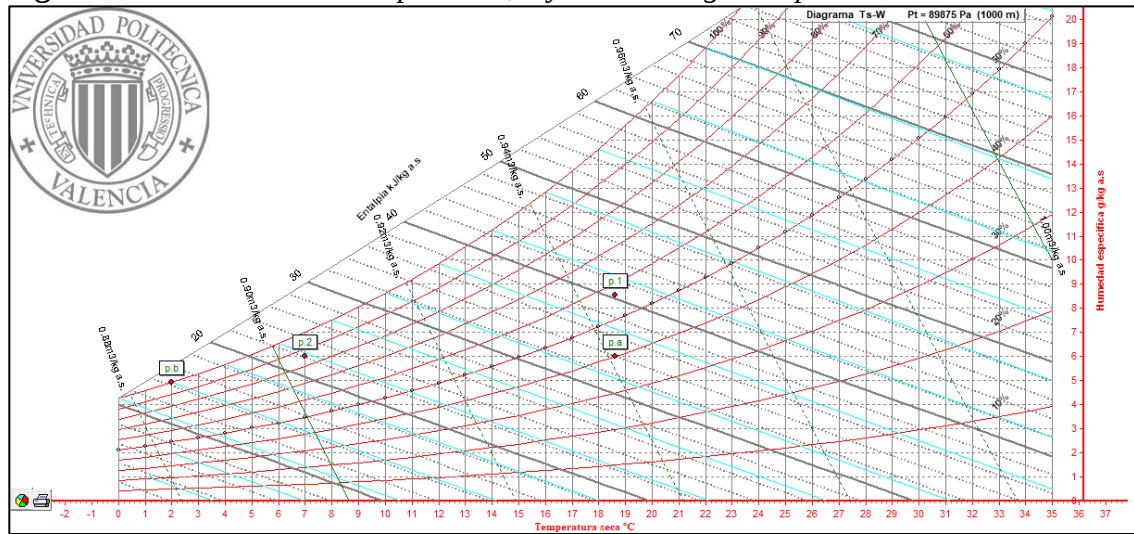
Nota. Fuente: Elaboración propia.

Ahora ubicamos los puntos 1 y b en el diagrama psicrométrico, para obtener los demás parámetros del aire, requeridos para calcular el flujo de aire requerido. También definiremos el punto 2 con la ecuación del factor de bypass.

$$T_2 = F.B. \times T_1 + T_b(1 - F.B.) = 0.3 \times 18.6 + 2 \times (1 - 0.3) = 7.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_2 = F.B. \times h_1 + h_b(1 - F.B.) = 0.30 \times 40.4 + 14.3 \times (1 - 0.3) = 22.13$$

Figura 3-18 Ubicación de los puntos 1, b y 2 en el diagrama psicrométrico



Nota. Puntos de operación durante el mes de setiembre entre 01:00 a 08:00 horas. Fuente: Elaboración propia con el uso de SICRO.

Tabla 3-21 Parámetros de los puntos 1, b, 2 y a

Indice	Eti.	Ts (°C)	FI (%)	W (g/kgas)	h (KJ/kgas)	Th (°C)	Tr (°C)	Pv (Pa)	ve (m3/kgas)	den (kgas/m3)
1	p.1	18.6	57	8.6	40.4	13.3	9.9	1222	0.9446	1.0677
2	p.b	2.0	100	4.9	14.3	2.0	2.0	706	0.8857	1.1346
3	p.2	7.0	86	6.0	22.1	5.8	4.8	859	0.9034	1.1136
4	p.a	18.6	40	6.0	34.0	10.9	4.8	863	0.9408	1.0693

Nota. Puntos de operación durante el mes de setiembre entre 01:00 a 08:00 horas. Fuente: Elaboración propia con el uso de SICRO.

Cálculo del Agua Condensada Requerida

$$\dot{m}_w = \frac{\text{Agua requerida por día}}{\text{Horas de operación por día}}$$

$$\dot{m}_w = \frac{10[\text{Litros de agua a generar en un día}]}{7 [\text{Horas de operación}]} = 1.43 \left[\frac{\text{Litros}}{\text{Hora}} \right]$$

Para los cálculos correspondientes expresaremos $\dot{m}_w$ en diferentes unidades:

Tabla 3-22*Flujo másico de agua a obtener*

	[LitH ₂ O/h]	[LitH ₂ O/s]	[KgH ₂ O/h]	[KgH ₂ O/s]	[mH ₂ O ₃ /h]	[mH ₂ O ₃ /s]
$\dot{m}_w$	1.43	0.0004	1.43	0.0004	0.00143	3.968E-07

Nota. flujo volumétrico y másico de agua a obtener expresados en diferentes unidades. Fuente: Elaboración propia

Análisis del Proceso 1-2 Enfriamiento con Deshumidificación

Tabla 3-23 *Datos de entrada y suposiciones para el proceso psicrométrico del 1-2.*

Datos de entrada		
Temperatura del aire a la entrada	T_1	18.6 °C
Temperatura en la superficie del evaporador	T_b	2 °C
Temperatura del aire a la salida del evaporador	T_2	7.0 °C
Entalpía del aire atmosférico a la entrada	h_1	40.4 KJ/kgas
Entalpía del aire atmosférico a la salida	h_2	22.3 KJ/kgas
Humedad específica del aire a la entrada	ω_1	8.6 g/kgas
Humedad específica del aire a la salida	ω_2	6.0 g/kgas
Suposiciones		
• Proceso de enfriamiento con deshumidificación. • Proceso de flujo estacionario, por lo tanto, el flujo másico del aire permanece constante durante todo el proceso. • El aire (aire seco y vapor de agua) son gases ideales. • Los cambios de energías cinética y potencial son insignificantes. • Factor de bypass de 0.30 en el intercambiador de calor (evaporador).		

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Durante este proceso se observa que la cantidad de humedad en el aire disminuye debido a la deshumidificación ($\omega_2 < \omega_1$) (Cengel & Boles, 2011). Ahora aplicamos los balances de masa y energía para un proceso de enfriamiento con deshumidificación (Cengel & Boles, 2011).

A partir de la Figura 3-17 se tiene el balance de masa:

$$\dot{m}_{ent} = \dot{m}_{sal}$$

Balance de masa para el aire seco:

$$\sum_{ent} \dot{m}_a = \sum_{sal} \dot{m}_a \quad \left(\frac{kg}{s}\right)$$

$$\dot{m}_{a_1} = \dot{m}_{a_2} = \dot{m}_a$$

Balance de la masa del agua:

$$\sum_{ent} \dot{m}_w = \sum_{sal} \dot{m}_w \quad \text{ó} \quad \sum_{ent} \dot{m}_a \omega = \sum_{sal} \dot{m}_a \omega$$

$$\dot{m}_{a_1} \omega_1 = \dot{m}_{a_2} \omega_2 + \dot{m}_w$$

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a (\omega_1 - \omega_2)$$

Balance de energía:

$$\sum_{ent} \dot{m}h = \dot{Q}_{sal} + \sum_{sal} \dot{m}h$$

$$\dot{m}h_1 = \dot{Q}_{sal} + \dot{m}h_2 + \dot{m}_w h_w$$

Despejando $\dot{Q}_{sal}$:

$$\dot{Q}_{sal} = \dot{m}(h_1 - h_2) - \dot{m}_w h_w$$

Para obtener el flujo másico de aire requerido, despejaremos $\dot{m}_a$ de la ecuación:

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a \times (\omega_1 - \omega_2)$$

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{m}_w}{(\omega_1 - \omega_2)} = \frac{0.0004 [KgH_2O/s]}{(8.6 - 6.0) [g/kgas]} = \frac{0.0004 [KgH_2O/s]}{0.0026 [KgH_2O/kgas]} = 0.154 [kgas/s]$$

Caudal volumétrico de aire requerido:

$$\dot{V}_{aire} = \frac{\dot{m}_a}{\rho_{aire}} = \frac{0.154 [kgas/s]}{1.06 [kgas/m^3]} = 0.15 \frac{m^3}{s} = 540 m^3/h$$

Carga de refrigeración requerida:

$$\dot{Q}_{sal} = \dot{m}(h_1 - h_2) - \dot{m}_w h_w$$

$$Q_{evaporador} = \dot{m}_a (h_1 - h_2) - \dot{m}_w h_w$$

$$Q_{evaporador} = 0.154 [kgas/s] (40.4 - 22.1) \left[\frac{KJ}{kgas} \right] - 0.0004 \left[\frac{KgH_2O}{s} \right] \times 8.383 \left[\frac{KJ}{KgH_2O} \right]$$

$$Q_{evaporador} = 2.814 \left[\frac{KJ}{s} \right] = 2.814 KW$$

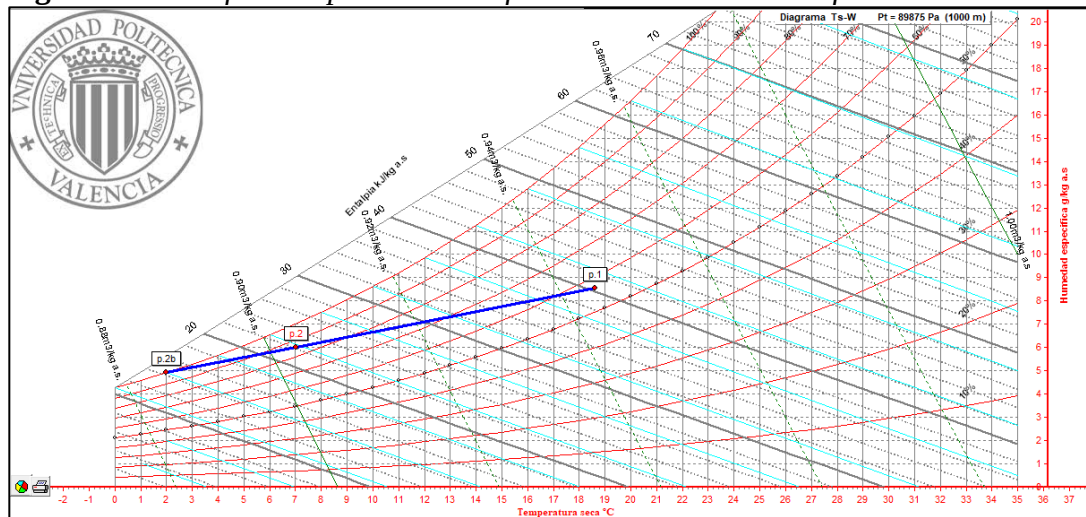
Ahora determinamos los valores de $Q_{sensible}$ y $Q_{latente}$, para ello se requiere ubicar el punto “a” en la carta psicrométrica el cual es la posición relativa del punto 2 respecto al punto 1 (ver Figura 3-18).

$$Q_{sensible} = m_1(h_2 - h_a) = 0.154 \times (22.1 - 34) = -1.833 \left[\frac{KJ}{s} \right] = -1.83 \text{ KW}$$

$$Q_{latente} = m_1(h_a - h_1) = 0.154 \times (34 - 40.4) = -0.986 \left[\frac{KJ}{s} \right] = -0.98 \text{ KW}$$

Ahora utilizaremos el software SICRO para corroborar los resultados obtenidos, ver Figura 3-19 y Tabla 3-24.

Figura 3-19 Grafica del proceso de enfriamiento con deshumidificación



Nota. Fuente: elaboración propia con el uso de SICRO.

Tabla 3-24 Resultados del proceso de enfriamiento con deshumidificación

Eti.	Proceso	m ³ /h	kg/s	Ts (°C)	FI (%)	W (g/kgas)	h (KJ/kgas)	Th (°C)	Tr (°C)	Pv (Pa)	ve (m ³ /kgas)	den (kgas/m ³)	mw (kg/h)	Qs (kW)	Ql (kW)	Qt (kW)
p.1	corriente	504	0.1482	18.6	57	8.6	40.4	13.3	9.9	1222	0.9446	1.0677				
p.2i	Bateria_FriaC			2.0		4.9			FB= 0.30				-1.3623	-1.748	-0.960	-2.708
p.2	Bateria_FriaC	482	0.1482	7.0	86	6.0	22.2	5.9	4.8	861	0.9034	1.1136				

Nota. Fuente: elaboración propia con el uso de SICRO.

Se concluye que los resultados obtenidos mediante las ecuaciones psicrométricas y el SICRO son muy similares, además que el flujo de aire obtenido de $540 \text{ m}^3/\text{s}$ es el apropiado para la obtención de agua requerida.

3.2.5.3. Estimación de Resultados Para Todo el Año

Para la estimación de la producción anual de agua, se empleará el caudal volumétrico de aire obtenido durante el mes de septiembre (mes crítico), considerando que el ventilador operará con una capacidad de flujo constante a lo largo del año.

Tabla 3-25 *Estimación de resultados para todo el Año*

Mes	Temperatura Ambiental (°C)	Humedad relativa (%)	Caudal volumétrico de aire (m ³ /h)	Masa de agua condensada (Kg/h)	Agua obtenida en 7 horas de operación (L)	Tasa de transferencia del evaporador (KW)
Enero	19.0	85.0	540	3.14	22.0	3.93
Febrero	19.0	74.0	540	2.43	17.0	3.49
Marzo	18.8	82.0	540	2.87	20.1	2.02
Abril	18.6	80.0	540	2.68	18.7	3.62
Mayo	18.3	75.0	540	2.30	16.1	3.33
Junio	17.2	75.0	540	2.03	14.2	3.03
Julio	17.6	65.0	540	1.60	11.2	2.77
Agosto	18.5	59.0	540	1.46	10.2	2.76
Setiembre	18.6	57.0	540	1.46	10.2	2.90
Octubre	19.1	59.0	540	1.58	11.1	2.91
Noviembre	18.9	60.0	540	1.59	11.2	2.90
Diciembre	19.3	64.0	540	1.92	13.4	3.16

Nota. los resultados de esta tabla comprenden durante las 7 horas de operación establecidas entre 01:00 am a 08:00 am. Fuente: elaboración propia.

Se observa que en los demás meses del año se logra el objetivo planteado para obtener la mínima cantidad de agua necesaria durante el tiempo establecido de operación.

3.2.6. Ciclo de Refrigeración

En esta sección realizaremos los cálculos del sistema de refrigeración, este sistema es diferente a un sistema de refrigeración doméstica, comercial o a uno de climatización, debido a que no se pretende mantener una temperatura en una cámara o espacio. Lo que se busca es enfriar constantemente un flujo de aire hasta por debajo de su temperatura de rocío.

3.2.6.1. Selección del Refrigerante Adecuado

Para la elección y gestión del refrigerante se toma en consideración normas y estándares nacionales e internacionales. Para el proceso de selección del refrigerante se analizará con base en la Metodología de Ponderación Lineal Scoring, para los refrigerantes que se encuentran disponibles en el mercado nacional.

Aplicando el método Scoring, de acuerdo a los puntajes mostrados en el Anexo 04 se establecen las valoraciones, donde el valor final se obtiene multiplicando el valor general por el valor del grupo y por el valor unitario de cada propiedad.

Haciendo el análisis de la valoración con los datos de las tablas de propiedades de los refrigerantes analizados (ver Anexo 04), se elabora la Tabla 3-26.

Tabla 3-26 Resultado Análisis de los Refrigerantes

RANGO 1	R-134a	R-22	R-404A	R-410A
PROPIEDADES AMBIENTALES				
ODP (PAO)	100	50	100	100
GWP (PCG)	100	100	0	50
PROPIEDADES DE SEGURIDAD				
Clasificación de seguridad	100	100	100	100
Clasificación de inflamabilidad	150	150	150	150
Temperatura de autoignición	150	150		
RANGO 2	R-134a	R-22	R-404A	R-410A
PROPIEDADES TERMODINÁMICAS				
Temperatura de evaporación	50	100	100	150
Presión de condensación a 25 °C	100	50	50	50
Temperatura crítica	150	100	100	100
PROPIEDADES FÍSICAS				
Calor latente de vaporización	100	100	100	100
Volumen específico en fase vapor	150	150	200	150
Densidad de líquido	50	50	100	100
Densidad de vapor	50	50	50	50
RANGO 3	R-134a	R-22	R-404A	R-410A
Origen de refrigerantes	10	10	10	10
PUNTAJE TOTAL	1260	1160	1060	1110

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al método de ponderación lineal Scoring, el orden de los refrigerantes de mayor a menor de acuerdo al puntaje que alcanzaron son: R134a, R22, R410A y R404A.

Si bien, el refrigerante R134a alcanza el puntaje más alto, descartamos este refrigerante por su alto desplazamiento volumétrico en comparación con los otros refrigerantes analizados, esta característica afecta negativamente en la vida útil del compresor.

En este punto descartamos al refrigerante R22 por su impacto ambiental (ODP), además que su uso es restringido y algunas veces prohibido por las ultimas regulaciones medioambientales.

En el caso del refrigerante del R410A, si bien tiene mejor rendimiento energético que el refrigerante R404A, se descarta, debido a que las presiones de trabajo a las que opera son altas, por lo que se debería tener muchas consideraciones adicionales en el diseño para una operación segura.

3.2.6.2. Parámetros Para el Ciclo de Refrigeración

Temperatura de Condensación

Para determinar la temperatura de condensación, sumaremos 15°C a la temperatura más alta registrada en la ciudad de Quillabamba, que es de 35°C aproximadamente (SENAMHI, 2022). Ahora tenemos la temperatura de condensación de diseño mediante la siguiente ecuación (Franco Lijó, 2012):

$$t_c = t_{\text{ambiental}} + 15^\circ\text{C} = 35^\circ\text{C} + 15^\circ\text{C} = 50^\circ\text{C}$$

De acuerdo con las normas ASHRAE, el rango de temperaturas de operación para el refrigerante R404A en aplicaciones de media temperatura (-10°C a 10°C), es de 30°C a 50°C. con lo cual nuestra estimación de la temperatura de condensación está dentro del rango.

Dado que debido a que el condensador será enfriado por el aire frío proveniente del evaporador, se tendrá mayor capacidad de condensación del refrigerante.

Eficiencia Isoentrópica del Compresor

El valor de la eficiencia isoentrópica depende del tipo de compresor, tamaño, capacidad, velocidad, construcción y en gran medida del diseño del compresor. Los compresores mejor diseñados tienen eficiencias isoentrópicas que van de 80 a 90% (Cengel & Boles, 2011). Para estimar la eficiencia isoentrópica utilizaremos la Tabla 3-27.

Tabla 3-27 *Eficiencias isoentrópicas según el tipo de compresor*

Tipo de compresor	Eficiencia
Centrifugo	0.70 – 0.85
Reciprocante de alta velocidad	0.72 – 0.85
Reciprocante de baja velocidad	0.75 – 0.90

Para los cálculos, la eficiencia isoentrópica del compresor será del 75%.

Sobrecalentamiento

Para asegurarse que no ingrese líquido refrigerante al compresor (golpe de líquido), definiremos un sobrecalentamiento. De acuerdo con (Yañez, 2022) recomienda los siguientes valores para distintas aplicaciones:

Tabla 3-28 *Valores recomendados para sobrecalentamiento en el evaporador*

	Temperatura de evaporación	Valores de sobrecalentamiento
Para alta temperatura	0°C o mayor	Entre los 6°C y los 7°C:
Para media temperatura	-18°C a 0°C	Entre los 3°C y los 6°C
Para baja temperatura	menor a los -18°C	Entre 1°C y los 3°C

Nota. Fuente: Tabla elaborada con los datos de (Yañez, 2022)

Se asume 5°C de sobrecalentamiento en el evaporador (Tabla 3-28).

Subenfriamiento

De acuerdo con (BOHN, 2008) recomienda valores de subenfriamiento de 3°C a 5.55°C, de los cuales tomamos un valor de 4°C de subenfriamiento en el condensador.

Caídas de presión en la línea de refrigeración

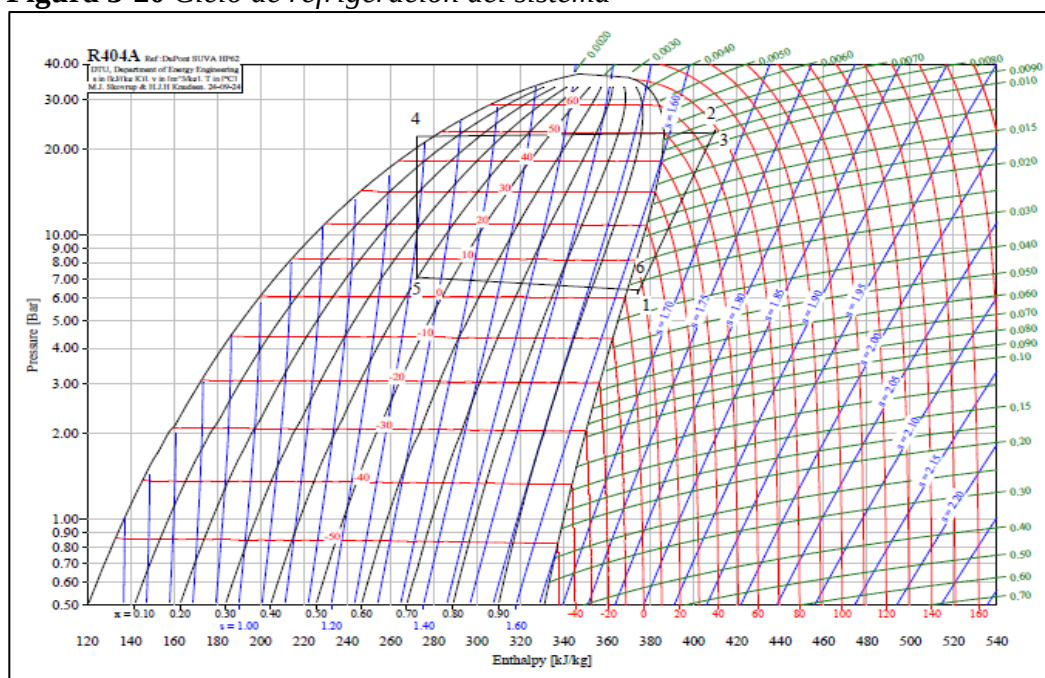
Para estimar el ciclo real de refrigeración, asumiremos las caídas de presión en las diferentes etapas de la línea de refrigeración. Para la caída de presión en el evaporador se tiene valores típicos de caída de presión entre un rango de 5 a 10 PSI, para lo cual se tomará el máximo valor (10 PSI) (Dossat, 1991). Para el caso del condensador los valores de caída de presión típicos son similares al evaporador, por lo cual se toma 10 PSI. Para la línea de succión los valores de caída de presión rondan entre 1 a 3 PSI por cada 25 pies de tubería, de la misma forma para la línea de descarga las caídas de presión están dentro de un rango de 3 a 5 PSI por cada 25 pies de tubería (Althouse, Turnquist, & Bracciano, 2016). Por lo cual asumiremos una pérdida de 3 PSI para la línea de succión y 5 PSI para la línea de descarga.

Tabla 3-29 Datos de entrada ciclo de refrigeración

Datos de entrada		
Temperatura de evaporación	$t_e = T_b$	2 °C
Temperatura de condensación	t_c	50 °C
Sobrecalentamiento		5 °C
Subenfriamiento		4° C
Tasa de transferencia de calor en el evaporador	$\dot{Q}_L = Q_{evap.}$	2.814 KW
Caída de presión en el evaporador	$D_{p- evaporador}$	0.7 bar
Caída de presión en el condensador	$D_{p- condensador}$	0.7 bar
Caída de presión en la línea de succión	$D_{p- línea succion.}$	0.2 bar
Caída de presión en la línea de descarga	$D_{p- línea descarga}$	0.34 bar
Eficiencia isotrópica del condensador	η	0.75
Refrigerante	R-404A	
Suposiciones		
• Condición estacionaria de operación. • Los cambios de energía potencial y cinética son insignificantes. • Se supone que la conductividad térmica es constante. • El dispositivo de expansión opera adiabáticamente. • Se ignoran las pérdidas de calor por las tuberías y otros componentes.		

Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.2.6.3. Ciclo termodinámico por compresión de vapor

Figura 3-20 Ciclo de refrigeración del sistema

Nota. Para más detalle ver Anexo 04. Fuente: Elaboración propia graficado con el software CoolPack.

Con el software Coolpack se grafica el ciclo termodinámico en el diagrama de presión entalpía para el refrigerante R410A (ver Figura 3-20). De igual forma obtenemos los valores de los estados principales (ver Tabla 3-30).

Tabla 3-30 Valores de cada punto del ciclo termodinámico

Punto	Temperatura (T°)	Presión (Bar)	Volumen Específico (m3/Kg)	Entalpía (KJ/Kg)	Entropía (KJ/Kg°C)
1	6.7	6.22	0.0333	373.96	1.635
2	68.7	23.29	0.0088	409.74	1.661
3	68.2	22.95	0.0089	409.74	1.662
4	44.4	22.53	-	272.02	-
5	5.0	7.12	-	272.02	-
6	7.1	6.42	0.0321	373.96	1.633

Nota: En la tabla se muestran los valores de cada punto del ciclo termodinámico obtenidos del diagrama presión-entalpía. Fuente: elaboración propia.

Determinamos el flujo másico del refrigerante a partir de la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_L = \dot{m}_R(h_1 - h_5)$$

$$\dot{m}_R = \frac{\dot{Q}_L}{h_1 - h_5} = \frac{2.814 \text{ KW}}{(373.96 - 272.02) \text{ KJ/Kg}} = 0.0276 \text{ Kg/s}$$

La transferencia de calor en el condensador se determina de la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_H = \dot{m}_R(h_3 - h_4) = \left(0.0276 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}\right) (409.74 - 272.02) \text{ KJ/Kg} = 3.8 \text{ KW}$$

La potencia del compresor se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$\dot{W}_{entrada} = \dot{m}_R(h_2 - h_1) = \left(0.0276 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}\right) (409.74 - 373.96) \text{ KJ/Kg} = 0.99 \text{ KW}$$

El coeficiente de Desempeño de refrigeración se determina con la siguiente ecuación:

$$COP_R = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{entrada}} = \frac{2.814 \text{ KW}}{0.99 \text{ KW}} = 2.84$$

Para sistemas de refrigeración por compresión de vapor el COP generalmente varía de 2.5 a 5. Un COP igual a 2.84 significa que el sistema estaría funcionando eficientemente. Para garantizar que el compresor a seleccionar opere correctamente bajo condiciones imprevistas o variaciones de la carga térmica, multiplicamos por un factor de seguridad de $f.s. = 1.3$.

$$\dot{W}_{compresor} = \dot{W}_{entrada} \times f.s. = 0.99 \text{ KW} \times 1.3 = 1.29 \text{ KW}$$

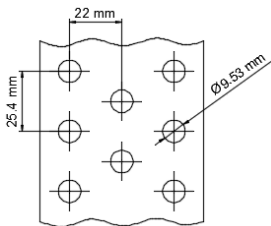
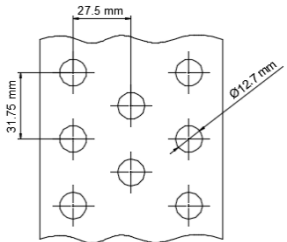
3.2.7. Diseño del Evaporador

Se opta por un evaporador diseñado y fabricado a medida. En esta sección se realiza el dimensionamiento del evaporador, este dispositivo será un intercambiador de calor tipo compacto de tubo con aletas, y la alimentación de refrigerante será por expansión directa.

3.2.7.1. Consideraciones Iniciales Para el Diseño del Evaporador

Para la fabricación de evaporadores DX y condensadores empleados en HVAC&R se tiene dos tipos de arreglos que son los más empleados. Aunque si bien se pueden fabricar en otras configuraciones, esto supondría un mayor costo debido a que se requeriría una matriz de troquelado a medida, y con ello más procesos de fabricación. En la Tabla 3-31 se detallan las dos configuraciones más empleadas en el mercado nacional.

Tabla 3-31 Arreglos disponibles para bobinas de evaporadores DX y condensadores para uso en HVAC&R

Especificaciones técnicas	Para tubos de 3/8" (O.D.)		Para tubos de 1/2" (O.D.)	
Arreglo de los tubos	Escalonado		Escalonado	
Diámetro del tubo	3/8"	9.53 mm	1/2"	12.7 mm
Paso del tubo	1"	25.4 mm	1 1/4"	31.75 mm
Paso de fila	0.866"	22 mm	1.083"	27.5 mm
Espesor de pared del tubo	0.012-0.065 in	0.3-1.65 mm	0.014-0.065 in	0.35-1.65 mm
Superficie interior del tubo	Liso		Liso	
Espesor de aleta	0.008 in	0.2 mm	0.008 in	0.2 mm
Paso de aleta	11 aletas/in	-	9 aletas/in	-
Separación entre aletas	2.3 mm	1/11"	3.18 mm	1/8"
Perfil de aleta	Plana		Plana	
Patrón del arreglo de los tubos y aletas				

Nota. Las especificaciones mostradas en esta tabla son las que ofrecen la mayoría de fabricantes nacionales disponibles. Fuente: elaboración propia.

Para el diseño del evaporador se opta por el arreglo para tubos de 3/8".

3.2.7.2. Selección de Materiales para la Fabricación del Evaporador

En la Tabla 3-32 se detalla los materiales que suelen emplearse para la fabricación de intercambiadores de tubo con aletas empleados en HVAC&R.

Tabla 3-32 *Materiales usados en la fabricación de intercambiadores tipo tubo con aletas*

Componente	Materiales
Tubos	Cobre, aluminio, acero inoxidable.
Aletas	Cobre, aluminio, acero inoxidable.
Cabezales / colectores	Cobre, acero inoxidable.
Case	Cobre, aluminio, acero galvanizado, latón, acero inoxidable
Recubrimientos	Sin recubrimiento (desnudo), hidrofílico, epoxi, e-coating (electro recubrimiento).

Nota. En esta tabla solo se detallan los materiales más empleados en la fabricación de intercambiadores tipo tubo con aletas, sin embargo, en la industria HVAC&R se pueden optar por más materiales aún. También se tiene los recubrimientos más empleados para la protección de los tubos y las aletas. Fuente: Elaboración propia.

Para la selección de los materiales se toma en consideración los materiales ofrecidos por los fabricantes disponibles, esto para evitar sobre costos en la fabricación. Los materiales seleccionados para el diseño y fabricación del evaporador se muestran en la Tabla 3-33.

Tabla 3-33 *Materiales seleccionados para al diseño y fabricación del evaporador*

Componente	Material	Especificaciones
Tubos	Cobre, UNS C12200	ASTM B743, O.D. 3/8", espesor de pared 0.6mm
Aletas	Aluminio, 5052-H34	ASTM B209, espesor 0.2mm
Colectores	Cobre, UNS C12200	ASTM B743, O.D. 5/8", espesor de pared 0.8mm
Case	Aluminio, 3003-H14	ASTM B209, espesor 3.0mm

Nota. La selección de materiales se ha realizado en función de la disponibilidad ofrecida por los fabricantes. Fuente: elaboración propia.

3.2.7.3. Dimensionamiento del Núcleo del Evaporador

Existen varios métodos para el dimensionamiento de evaporadores, desde correlaciones específicas hasta métodos generales, en esta sección dimensionaremos el evaporador mediante el uso de ecuaciones generales de intercambiadores de calor y algunos procedimientos recomendados en la bibliografía.

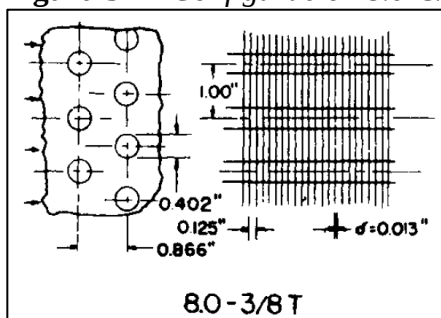
Consideraciones Generales Para Diseño del Evaporador

En cuanto a los datos de los fluidos de trabajo (flujos másicos, las temperaturas de entrada y salida), estos son obtenidos de los cálculos de psicrometría para el aire, y los del refrigerante R-404A, de los cálculos termodinámicos del ciclo de refrigeración.

Consideraciones Geométricas Para el Diseño del Evaporador

Para la obtención de datos para el diseño del evaporador se empleará la configuración 8.0–3/8T estudiada (Kays & London, 2018). En la Figura 3-21 y Tabla 3-34 se muestra más a detalle los datos geométricos de la configuración 8.0–3/8T.

Figura 3-21 Configuración 8.0–3/8T para un intercambiador de calor tipo compacto



Nota. El trabajo de (Kays & London, 2018) ofrece datos que han sido obtenidos mediante experimentación, para las distintas configuraciones de intercambiadores de calor, facilitando la obtención de algunos datos para la transferencia de calor, y el coeficiente de fricción para la determinación de la caída de presión (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012). Ver Anexo 09. Fuente: (Kays & London, 2018, pág. 183).

Tabla 3-34 Datos geométricos para la configuración 8.0–3/8T

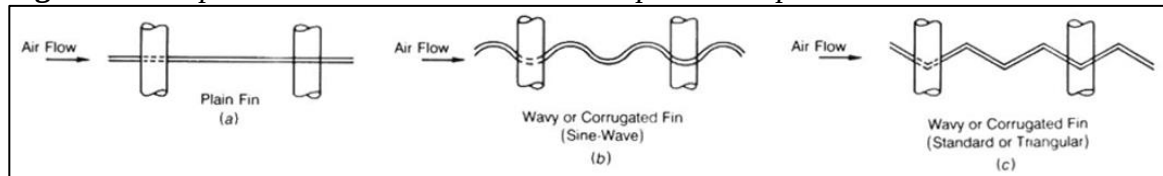
Designación de Superficie: 8.0–3/8T		
Arreglo de tubos	Escalonado	
Diámetro de tubo	0.402 in	$10.21 \times 10^{-3} m$
Tipo de aletas	Tipo plana	
Aletas / pulgada	8.0	
Diámetro hidráulico, $4r_h$	0.01192 ft	$3.63 \times 10^{-3} m$
Espesor de aleta δ	0.013 in	$0.33 \times 10^{-3} m$
Flujo libre / área frontal, σ	0.534	
Área de transferencia de calor / volumen total, α	$1.79 ft^2/ft^3$	$587 m^2/m^3$
Área de la aleta / área total	0.913	

Nota. Ver Anexo 09. Fuente: tabla elaborada a partir de (Kays & London, 2018, pág. 169).

Si bien el arreglo 8.0-3/8T no coincide perfectamente al arreglo que ofrecen los fabricantes para tubos de 3/8", los datos de este arreglo se pueden aplicar siempre y cuando los parámetros geométricos no difieran por mucho.

Aunque los datos experimentales de (Kays & London, 2018) para la configuración 8.0-3/8T son para aletas planas, algunos autores amplían su uso para otros tipos de aletas. Se considera que las aletas a fabricar serán planas, pero con cierto perfil ondulado, esto debido a la matriz de troquelado (como referencia del tipo de aleta se tiene a y c de la Figura 3-22).

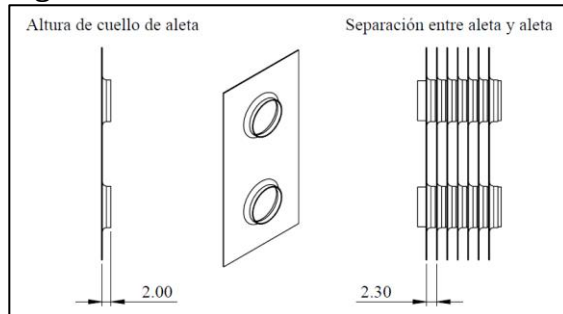
Figura 3-22 Tipos de aletas más comunes en evaporadores para HVAC&R



Nota. El tipo de aleta influye en el aumento de la turbulencia y el área de transferencia de calor en un intercambiador de calor. Fuente: (Kakaç, 1991, pág. 664).

El troquelado de aletas genera un cuello que determina la separación entre ellas, facilitando el apilado en los tubos. La matriz disponible produce un cuello de 2 mm de altura, resultando en una separación de aletas de 2.3 mm (Figura 3-23).

Figura 3-23 Altura del cuello o collar de aleta y separación entre aletas



Nota. Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con ASHRAE, para aplicaciones pequeñas como aires acondicionados residenciales se suelen emplear de 1 a 2 circuitos y en aplicaciones comerciales de 2 a 4. Para el diseño del evaporador se opta por 3 circuitos (ASHRAE, 2017), (ASHRAE Inc, 2006).

El diseño del evaporador se basará en un núcleo que tendrá un área frontal de 32 cm. por 32 cm., que será por donde circulará el flujo de aire. En cuanto a la longitud total de la tubería del evaporador esta se estimará inicialmente y se ajustará mediante iteraciones. Los resultados finales y representativos se muestran respectivamente y en una tabla al final.

Datos de Entrada Para el Dimensionamiento del Núcleo del Evaporador

Con todo lo antes mencionado se procede a la enumeración de los datos de entrada y las suposiciones o consideraciones para el dimensionamiento del núcleo del evaporador.

Tabla 3-35 Datos de entrada para el dimensionamiento núcleo del evaporador

Datos de entrada		
Flujo de calor en el evaporador	$\dot{Q}_{evap}$	2814 W
Temperatura de evaporación del refrigerante	T_s	2 °C
Temperaturas de entrada y de salida		
Temperatura de entrada del aire	$T_{h,ent}$	18.6 °C / 291.6 K
Temperatura de salida del aire	$T_{h,sal}$	7 °C / 280 K
Temperatura de entrada del refrigerante	$T_{c,ent}$	2 °C / 275 K
Temperatura de salida del refrigerante	$T_{c,sal}$	2 °C / 275 K
Coefficientes de convección y conducción		
Coefficiente de convección al interior del evaporador	h_c	Por determinar
Coefficiente de convección al exterior del evaporador	h_h	Por determinar
Conductividad térmica de los tubos (cobre) (Anexo 07)	k_{tub}	401 W / m · K
Conductividad térmica de las aletas (aluminio) (Anexo 07)	k_{al}	237 W / m · K
Flujos másicos de los fluidos de trabajo		
Flujo másico del aire	$\dot{m}_h$	0.154 kg/s
Flujo másico del refrigerante	$\dot{m}_c$	0.0276 kg/s
Datos geométricos del núcleo del evaporador		
Diámetro interno de la tubería	D_i	0.00833 m
Diámetro externo de la tubería	D_o	0.00953 m
Alto del núcleo del intercambiador de calor	L_3	0.32 m
Ancho del núcleo del intercambiador de calor	L_2	0.32 m
Profundidad del núcleo del intercambiador de calor	L_1	Por determinar
Separación transversal de entre los centros de los tubos	S_T	0.0254 m
Separación longitudinal de entre los centros de los tubos	S_L	0.02199 m
Área frontal del núcleo del intercambiador de calor	A_{fr}	0.102 m ²
Número total de tubos	N	Por determinar
Suposiciones y consideraciones		
• Se considera que no hay pérdida o transferencia de calor a los alrededores. • Los cambios de energía cinética y potencial son insignificantes. • Se considera un proceso de flujo estacionario, por lo tanto, el flujo másico de ambos fluidos permanece constante. • Al interior del intercambiador de calor no existe generación de calor. • Se asume que el coeficiente global de transferencia de calor es constante en todo el intercambiador de calor incluido en el proceso de cambio de fase. • Se asume que el calor específico a presión constante, es constante para ambos fluidos. • Se considerará un factor de impureza para ambos fluidos. • Se considera un intercambiador de calor de flujo cruzado, en el que cada fluido se halla sin mezclar. • Se considera que el fluido refrigerante R-404A presenta un cambio de fase a temperatura constante. • Se tomará los datos experimentales de la configuración 8.0–3/8T de (Kays & London, 2018).		

Nota. Donde ()_h: subíndice que se refiere del lado caliente (aire atmosférico), ()_c: subíndice que se refiere del lado frío (refrigerante R404A). Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de Transferencia de Calor al Interior del Evaporador

En los evaporadores de expansión directa una parte de la superficie de transferencia de calor se utiliza para sobrecalentar el vapor (Arora, 2017). Esta superficie de sobrecalentamiento se haya en el tramo final del evaporador, se requiere aproximadamente del 10% al 20% de la superficie total del evaporador, esto conlleva una mayor longitud de tubería en el diseño. (Dossat, 1991).

En este punto podemos identificar y analizar tres partes del intercambio de calor, que a su vez son las tres resistencias de transferencia de calor en el evaporador:

- i. El lado interior de los tubos (donde se haya el refrigerante).
- ii. Las paredes metálicas del intercambiador de calor (tubo y aletas).
- iii. El lado exterior a los tubos (donde se halla el flujo de aire).

Cada lado tiene un coeficiente de transferencia de calor diferente. Por lo tanto, el siguiente paso es calcular el coeficiente de transferencia de calor dentro de los tubos, que es el más complejo.

Del diagrama P-h de los cálculos termodinámicos se puede apreciar que el refrigerante ingresa al evaporador con una calidad de 0.4 aproximadamente, por lo cual en este punto se tiene un flujo bifásico, esta mezcla se ira evaporándose progresivamente a medida que el refrigerante circule por el evaporador y absorba calor latente de vaporización del flujo de aire del exterior. Esto quiere decir que el coeficiente de transferencia de calor al interior de los tubos va cambiando a lo largo del evaporador. Además, en la parte final del evaporador donde se haya la zona de sobrecalentamiento, donde el refrigerante se encuentra en estado de vapor, la transferencia de calor no es tan efectiva como en las primeras partes del evaporador (Dossat, 1991). Así mismo el coeficiente de transferencia de calor, se ve afectado por la condensación de película del aire al exterior de los tubos (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012).

Es por ello que el diseño del evaporador solo se basara en la zona donde el refrigerante cambia de fase, dado que es donde se da la mayor tasa de transferencia de calor.

Selección de Correlaciones Para el Coeficiente de Transferencia de Calor

Para el diseño del evaporador se selecciona la correlación de (Kandlikar, 1990), esta correlación es aplicable a tubos horizontales y es una de las más recomendadas por la

bibliografía (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012), (ASHRAE, 2017). Se toma también algunas ecuaciones de (Kandlikar, 1991) para el diseño del evaporador.

Determinación del Coeficiente de Transferencia de Calor en el Evaporador

Debido a las cambiantes propiedades del refrigerante al interior de los tubos del evaporador, existen diversos métodos para calcular del coeficiente de transferencia de calor. En esta sección, utilizaremos los siguientes: entre los que usaremos en esta sección serán:

- a) Tomar una calidad de vapor media de 0.5, con ello se puede determinar un valor aproximado del coeficiente de transferencia de calor para todo el evaporador (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012), (Rohsenow, Hartnett, & Cho, 1998).
- b) Calcular los coeficientes de transferencia de calor para los diferentes valores de calidad que va tomando el fluido durante su recorrido por las tuberías del evaporador, para después tomar un promedio de todos los coeficientes y tomarlo como un valor único para todo el evaporador.

Una vez realizados los cálculos para determinar el coeficiente de transferencia de calor, se realizará una comparación entre los resultados obtenidos por los diferentes métodos, y se procederá a la selección de un coeficiente para el dimensionamiento del evaporador.

Tabla 3-36 *Datos de entrada para calcular el coeficiente de transferencia de calor al interior del evaporador*

Datos de entrada		
Refrigerante		R404A
Temperatura de evaporación del refrigerante	T_s	2 °C
Flujo de calor en el evaporador	$\dot{Q}_{evap}$	2814 W
Flujo másico del refrigerante	$\dot{m}_R$	0.0276 kg/s
Diámetro interno de la tubería	D_i	0.00833 m
Longitud total de la tubería	L	Por determinar
Aceleración de la gravedad	g	9.81 m/s ²
Suposiciones y consideraciones		
• Se considera un evaporador con tubos de cobre en arreglo horizontal (banco de tubos con aletas) y de expansión directa. • Se considera un proceso de flujo estacionario, por lo tanto, el flujo másico de refrigerante permanece constante. • Se calculará el coeficiente de transferencia de calor para diferentes calidades del refrigerante al interior de los tubos de $x = 0.4$ a $x = 1$.		

- La longitud total de la tubería será un valor que inicialmente será asumido y después será corregido mediante iteraciones.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

A partir del Anexo 06 tomaremos las propiedades termofísicas del refrigerante R404A a una temperatura de evaporación de 2°C,

Tabla 3-37 *Propiedades termofísicas del refrigerante R-404A a una temperatura de 2°C*

Propiedades	Valor	Unidades	Propiedades	Valor	Unidades
$v_l =$	0.000875	m^3/kg	$c_{pl} =$	1.397	$kJ/kg \cdot K$
$v_g =$	0.03029	m^3/kg	$c_{pg} =$	1.018	$kJ/kg \cdot K$
$\rho_l =$	1142.3	kg/m^3	$\mu_l =$	1.725	$10^{-4} Pa \cdot s$
$\rho_g =$	33.014	kg/m^3	$\mu_g =$	1.099	$10^{-4} Pa \cdot s$
$h_l =$	202.810	kJ/kg	$k_l =$	0.0765	$W/m \cdot K$
$h_g =$	367.060	kJ/kg	$Pr_l =$	3.15	

Nota. El subíndice “g” se refiere a las propiedades termofísicas de la fase vapor y el subíndice “l” se refiere a las propiedades termofísicas de la fase líquida. Para obtener las propiedades como la densidad, se emplea la ecuación $\rho = 1/v$. Fuente: tabla elaborada a partir de los datos de la tabla del Anexo 06.

Determinamos el área transversal al interior de la tubería de cobre A_c y la velocidad de masa del refrigerante en el interior de la tubería de cobre del evaporador G (Kakaç, 1991):

$$A_c = \frac{\pi}{4} D_i^2 = \frac{\pi}{4} 0.00833^2 = 5.4432 \times 10^{-5} m^2$$

$$G = \frac{\dot{m}_R}{A_c} = \frac{0.0276 kg/s}{5.4432 \times 10^{-5} m^2} = 507.05 kg/m^2 \cdot s$$

Se determina el calor latente de vaporización i_{fg} , o la entalpia de vaporización a la temperatura o presión especificada (Cengel & Ghajar, 2011).

$$i_{lg} = h_g - h_l = 367.060 \frac{kJ}{kg} - 202.810 \frac{kJ}{kg} = 164.25 kJ/kg$$

De la misma forma determinamos el flujo de calor por unidad de área de la tubería. En este punto requerimos de la longitud total de la tubería de cobre del evaporador L , pero como este valor es desconocido aún, una forma correcta sería tomar un valor asumido y después corregirlo mediante iteraciones (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012), (Incropera F., 1999).

Después de 3 iteraciones el valor obtenido para L es igual a 20 metros.

$$L = 20 \text{ m}$$

Determinamos el flujo de calor por unidad de área q'' :

$$q'' = \frac{\dot{Q}_{evap}}{A_w} = \frac{(\dot{Q}_{evap}/L)}{\pi \cdot D_i} = \frac{2814 \text{ W}/20 \text{ m}}{\pi \times 0.00833 \text{ m}} = 5379.7 \text{ W/m}^2$$

El área de la pared de la tubería A_w es:

$$A_w = \pi \cdot D_i \cdot L = \pi \times 0.00833 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 0.523 \text{ m}^2$$

Correlación de Kandlikar

La correlación de Kandlikar emplea algunos parámetros adimensionales de la correlación de Shah, los cuales son: el número de Froude Fr_L , el número de convección Co , el número de ebullición Bo y el factor de mejora F_o , estos parámetros caracterizan el flujo y se emplean para estimar la contribución convectiva bifásica a la transferencia de calor en ebullición (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012).

El número de Froude Fr_L permite determinar si los efectos de la estratificación son o no son de importancia, y está definido por la siguiente ecuación (Kandlikar, 1990):

$$Fr_L = \frac{G^2}{\rho_l^2 \cdot g \cdot D_i} = \frac{(507 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s})^2}{(1142.3 \text{ kg/m}^3)^2 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.00833 \text{ m}} = 2.41$$

Un número de Froude mayor que 0.04 significa que los efectos de estratificación son insignificantes y las fuerzas inerciales son dominantes, comparadas con las fuerzas gravitatorias. En caso de un número de Froude menor que 0.04 se emplea un factor de corrección K_{FR} (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012). De esta forma se tiene que si:

$$Fr_L > 0.04 \quad K_{FR} = 1$$

$$Fr_L < 0.04 \quad K_{FR} = (25 Fr_L)^{-0.3}$$

Dado que: $Fr_L = 2.41 > 0.04$, por consiguiente no se requiere factor de corrección.

Mediante la siguiente ecuación se define el número de convección Co , este parámetro permite definir las regiones donde predomina la ebullición convectiva y la ebullición nucleada, es decir, para un $Co < 0.65$ se tiene una región donde predomina la ebullición convectiva y para un $Co > 0.65$ se tiene una región donde predomina la ebullición nucleada (Kandlikar, 1990, pág. 223). Por consiguiente, definimos el número de convección para una calidad de vapor de refrigerante de $x = 0.5$.

$$Co = \left[\frac{1-x}{x} \right]^{0.8} \left(\frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{0.5} K_{FR} = \left[\frac{1-0.5}{0.5} \right]^{0.8} \left(\frac{33.014 \text{ kg/m}^3}{1142.3 \text{ kg/m}^3} \right)^{0.5} \times 1 = 0.17$$

El número de ebullición Bo está definido por la siguiente ecuación (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012, pág. 338):

$$Bo = \frac{q''}{G \cdot i_{lg}} = \frac{5379.7 \text{ W/m}^2}{507.05 \text{ kg/m}^2 \cdot s \times 164.250 \text{ kJ/kg}} = 0.000065$$

Para calcular la variación del coeficiente de transferencia de calor por convección bifásico h_{TP} , en función de la calidad de vapor de refrigerante x , determinamos que el refrigerante ingresa al evaporador con una calidad inicial de $x_o = 0.4$ y sale con un valor final $x_i = 0.99$, esto permite evitar el error y se tendrá una mejor visualización de la curva $h_{TP} = f(x)$. Estos valores de x_o y x_i se utilizarán en la siguiente ecuación para determinar el número de ebullición (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012):

$$Bo = \frac{q''}{G \cdot i_{fg}} = \frac{G \cdot A_c \cdot (x_o - x_i) \cdot i_{fg}}{A_w \cdot G \cdot i_{fg}} = \frac{(x_o - x_i) \cdot d_i}{4 \cdot L}$$

Mediante la siguiente ecuación determinamos el número de Reynolds de la fase líquida Re_{lo} (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012, pág. 324):

$$Re_{lo} = \frac{G(1-x)D_i}{\mu_l} = \frac{507.05 \text{ kg/m}^2 \cdot s \times (1-0.5) \times 0.008325 \text{ m}}{0.0001725 \text{ Pa} \cdot s} = 12235$$

Para determinar la relación entre el número de Nusselt, el número de Reynolds y el número de Prandtl, se debe seleccionar la correlación más indicada de acuerdo a los valores del número de Reynolds. En la Tabla 3-38 se tiene una recopilación de las correlaciones empleadas para la convección forzada en ductos circulares, que se usan para la determinación del coeficiente de transferencia de calor por convección (Kakaç, 1991).

Tabla 3-38 Correlaciones para convección forzada en ductos circulares con propiedades constantes.

	Correlación	Limitaciones
Petukhov	$Nu_{lo} = \frac{Re_{lo} Pr_l (f/2)}{1.07 + 12.7(f/2)^{0.5} (Pr_l^{2/3} - 1)}$	$5 \times 10^6 > Re_{lo} > 10^4$
Gnielinski	$Nu_{lo} = \frac{(f/2)(Re_{lo} - 1000) Pr_l}{1 + 12.7(f/2)^{1/2} (Pr_l^{2/3} - 1)}$	$10^4 > Re_{lo} > 2300$
Sieder-Tate	$f = (1.58 \ln Re_{lo} - 3.28)^{-2}$ $Nu_a = 1.86 \left(Re_{lo} Pr_l \frac{d_i}{L} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^{0.14}$ $Nu_T = 1.86 \left(Re_{lo} Pr_l \frac{d_i}{L} \right)^{1/3}$ Para comprobar la validez (ignorar la diferencia de temperatura entre el fluido y la pared). $\left(Re_{lo} Pr_l \frac{d_i}{L} \right)^{1/3} \geq 2$	$Re_{lo} > 2300$
Dittus-Boelter	$Nu_{lo} = 0.023 Re_{lo}^{0.8} Pr_l^{0.4}$	

Nota. Esto es solo una recopilación de las correlaciones más empleadas para la determinación del coeficiente de transferencia de calor por convección mediante la correlación de Kandlikar. Fuente: tabla elaborada a partir de (Kakaç, 1991), (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012), (Kandlikar, 1990).

Dado que $5 \times 10^6 > Re_{lo} > 10^4$, para este caso se emplea la correlación de Petukhov:

$$Nu_{lo} = \frac{h_{lo} D_i}{k_l} = \frac{Re_{lo} Pr_l (f/2)}{1.07 + 12.7(f/2)^{0.5} (Pr_l^{2/3} - 1)}$$

Se determina el coeficiente de fricción f y el número de Nusselt de la parte líquida

Nu_{lo} :

$$f = (1.58 \times \ln Re_{lo} - 3.28)^{-2} = (1.58 \times \ln 12235 - 3.28)^{-2} = 0.0074$$

$$Nu_{lo} = \frac{12235 \times 3.15 \times (0.0074/2)}{1.07 + 12.7(0.0074/2)^{0.5} (3.15^{2/3} - 1)} = 73.177$$

De la ecuación para determinar el número de Nusselt para la parte líquida Nu_{lo} , se obtiene el coeficiente de transferencia de calor por convección de la parte líquida h_{lo} .

$$h_{lo} = Nu_{lo} \frac{k_l}{D_i} = 73.177 \frac{0.0765 \text{ W/m} \cdot \text{K}}{0.008325 \text{ m}} = 672.44 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Se tiene la ecuación general de la correlación de Kandlikar (Kandlikar, 1990)

$$h_{TP} = C1(Co)^{-0.2}(25Fr_l)^{C5}h_{lo} + C3(Bo)^{C4}F_{fl}h_{lo}$$

Las constantes $C_1 - C_5$ se toman de acuerdo a la disposición de los tubos (horizontal o vertical) y de acuerdo a la región (ebullición nucleada o ebullición convectiva) (Rohsenow, Hartnett, & Cho, 1998, pág. 15.102) (ver Tabla 3-39).

Tabla 3-39 Constantes para la ecuación general de la correlación de Kandlikar

Constante	Región convectiva	Región ebullición nucleada
	$Co < 0.65$	$Co > 0.65$
C1	1.136	0.6683
C2	-0.9	-0.2
C3	667.2	1058.0
C4	0.7	0.7
C5	0.3	0.3

Nota. Para tubos verticales $C5=0$, y para tubos horizontales con $Fr_l > 0.04$. Fuente: (Kandlikar, 1990).

El parámetro F_{fl} depende del fluido de trabajo, si bien, en la correlación propuesta por (Kandlikar, 1990) no hay un valor para el refrigerante R-404A (ver Tabla 3-40), dicha correlación plantea que puede extenderse a otros fluidos siempre y cuando se tenga un valor para F_{fl} . Para los cálculos se toma un valor de $F_{fl} = 1.5$, considerando que el R-404A es una mezcla de tres refrigerantes.

Tabla 3-40 Parámetro F_{fl} para diferentes fluidos para la correlación de Kandlikar

Fluido	F_{fl}	Fluido	F_{fl}	Fluido	F_{fl}	Fluido	F_{fl}
Agua	1.00	R-13B1	1.31	R-114	1.24	Neón	3.50
R-11	1.30	R-22	2.20	R-152a	1.10	R-134a	1.63
R-12	1.50	R-113	1.30	Nitrógeno	4.70		

Nota. Fuente: tabla elaborada a partir de (Kandlikar, 1990), (Kandlikar, A Model for Correlating Flow Boiling Heat Transfer in Augmented Tubes and Compact Evaporators, 1991).

El coeficiente de transferencia de calor se calcula tanto para las regiones de ebullición convectiva y ebullición nucleada, usando los correspondientes valores de $C_1 - C_5$ y F_{fl} , y al final se toma el coeficiente calculado más alto (Rohsenow, Hartnett, & Cho, 1998, pág. 15.102).

Dado que para el caso de tubos horizontales y $Fr_l > 0.04$ se tiene que $C5 = 0$. Por consiguiente, se determina el coeficiente de transferencia de calor para $Co > 0.65$ mediante:

$$h_{TP,NBD} = C1(Co)^{-0.2}(25Fr_l)^{C5}h_{lo} + C3(Bo)^{C4}F_{fl}h_{lo}$$

$$h_{TP,NBD} = 0.6683(0.17)^{-0.2}(25 \cdot 2.413)^0 \cdot 672.44 + 1058(0.000065)^{0.7} \cdot 1.5 \cdot 672.44$$

$$h_{TP,NBD} = 1886.09 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

De igual forma se determina el coeficiente de transferencia de calor para $Co < 0.65$.

$$h_{TP,CBD} = C1(Co)^{-0.2}(25Fr_l)^{C5}h_{lo} + C3(Bo)^{C4}F_{fl}h_{lo}$$

$$h_{TP,CBD} = 1.136(0.17)^{-0.9}(25 \cdot 2.413)^0 \cdot 672.44 + 667.2(0.000065)^{0.7} \cdot 1.5 \cdot 672.44$$

$$h_{TP,CBD} = 4549.20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Dado que $h_{TP,NBD} < h_{TP,CBD}$, esto quiere decir que en la zona del evaporador donde la calidad es de 0.5 predomina la ebullición convectiva.

$$\therefore h_{TP} = h_{TP,CBD} = 4549.20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

En la Tabla 3-41 se tiene la variación de los diferentes parámetros que emplea la correlación de Kandlikar, y la variación del coeficiente de calor al interior de los tubos del evaporador, para los distintos valores de la calidad de vapor del refrigerante.

Tabla 3-41 Variación de los parámetros del coeficiente de transferencia de calor de acuerdo a la calidad de vapor del refrigerante

x	Bo	Co	Re_{lo}	f	Nu_{lo}	h_{lo} $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$	$h_{TP,NBD}$ $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$	$h_{TP,CBD}$ $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$	h_{TP} $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$
0.4	0.000065	0.235	14682	0.0071	84.536	776.816	2132.39	4154.54	4155
0.5	0.000065	0.170	12235	0.0074	73.177	672.436	1886.09	4549.20	4549
0.6	0.000065	0.123	9788	0.0079	57.137	525.041	1506.19	4548.31	4548
0.7	0.000065	0.086	7341	0.0086	43.890	403.317	1187.03	4625.98	4626
0.8	0.000065	0.056	4894	0.0097	29.553	271.565	825.94	4441.26	4441
0.9	0.000065	0.029	2447	0.0122	13.007	119.526	383.22	3394.11	3394
0.99	0.000065	0.004	245	0.0342	1.273	11.701	44.92	1804.48	1804

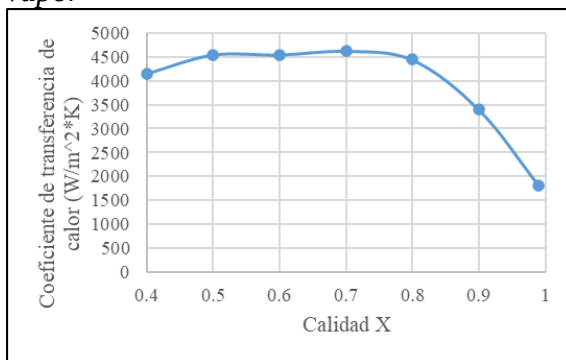
Nota. Fuente: elaboración propia.

De la Tabla 3-41 se obtiene el promedio del coeficiente de transferencia de calor bifásico:

$$h_{TP, Promedio} = 3931 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

En la Figura 3-24 se visualiza la variación del coeficiente de transferencia de calor en función de la calidad del vapor del refrigerante, del cual se puede deducir las regiones donde predomina los distintos casos de ebullición con ayuda de la Tabla 3-41.

Figura 3-24 Variación del coeficiente de convección h_{TP} en función de la calidad de vapor



Nota. Se aprecia que: a partir de $x = 0.4$ a $x = 1$ predomina la ebullición por convección. También se puede corroborar que a medida que la calidad de vapor va tomando el valor de $x = 1$ el coeficiente de transferencia de calor decrece. Fuente: elaboración propia.

Correlación de Chaddock

A manera de corroboración del coeficiente de transferencia de calor hallado, se hace uso de otra correlación. Una de las correlaciones empleadas para ebullición por convección forzada es la correlación de Chaddock (Arora, 2017, pág. 325). La correlación de Chaddock incluye el parámetro de Lockhart-Martinelli X_{tt} y relaciona el coeficiente de transferencia de calor de las dos fases h_{TP} con el coeficiente de transferencia de calor de la fase líquida h_l (Arora, 2017, pág. 325).

El parámetro de Lockhart-Martinelli X_{tt} es un valor adimensional, empleado en cálculos de transferencia de calor de flujos bifásicos en ductos que se encuentran en condensación o evaporación, y representa la relación entre la caída de presión por fricción del

líquido y la caída de presión por fricción del vapor, suponiendo que cada fase sea turbulenta y fluya solo a la velocidad superficial. El parámetro de Lockhart-Martinelli para un flujo turbulento está definido por (Arora, 2017, pág. 326):

$$\frac{1}{X_{tt}} = \frac{x}{(1-x)^{0.9}} \left(\frac{\rho_l}{\rho_v} \right)^{0.5} \left(\frac{\mu_v}{\mu_l} \right)^{0.1} = \frac{0.5}{(1-0.5)^{0.9}} \left(\frac{1142.3 \text{ kg/m}^3}{33.014 \text{ kg/m}^3} \right)^{0.5} \left(\frac{1.099 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}}{1.725 \times 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}} \right)^{0.1} = 4.167$$

La correlación de Chaddock viene definido por (Arora, 2017, pág. 325):

$$h_{TP} = 1.85 h_l \left[Bo \times 10^4 + \left(\frac{1}{X_{tt}} \right)^{0.67} \right]^{0.6}$$

El coeficiente de transferencia de calor de la parte líquida h_l para la correlación de Chaddock está definida por:

$$h_l = 0.019 \left(D_i \frac{G}{\mu_l} \right)^{0.8} Pr_l^{0.4} \frac{k_l}{D_i} = 0.019 \left(0.00832 \text{ m} \frac{507.05 \text{ kg/m}^2\cdot\text{s}}{1.725 \times 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}} \right)^{0.8} 3.15^{0.4} \frac{0.0765 \text{ W/m}\cdot\text{K}}{0.008325 \text{ m}}$$

$$h_l = 895.9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\therefore h_{TP} = 1.85 \times 895.9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} [0.000065 \times 10^4 + (4.167)^{0.67}]^{0.6} = 3361 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Comparación de los Resultados Obtenidos

Tabla 3-42 Resultados obtenidos de h_{TP} para el evaporador

Correlación	Para:	Valor, $\text{W/m}^2\text{K}$
Correlación de Kandlikar	$h_{TP \ x=0.5}$	4549
	$h_{TP \text{ promedio}}$	3931
Correlación de Chaddock	$h_{TP \ x=0.5}$	3361

Nota. Se puede verificar que los valores obtenidos de h_{TP} por la correlación de Kandlikar no son muy distantes, aunque el valor de h_{TP} obtenido por la correlación de Chaddock, difiere un poco más de los valores obtenidos por la correlación de Kandlikar. Fuente: elaboración propia.

Para los siguientes cálculos se toma el valor de $h_{TP \text{ promedio}}$ obtenido por la correlación de Kandlikar para el h_c del refrigerante en todo el evaporador.

$$\therefore h_c = h_{TP \text{ promedio}}$$

Determinación del Coeficiente Global de Transferencia de Calor

Como primer paso se determinará las propiedades termofísicas del aire atmosférico y refrigerante R-404A, a una temperatura promedio. Dado que se conocen las temperaturas de entrada y salida de ambos fluidos, no será necesario asumir las temperaturas de salida, por consiguiente, se determinan las temperaturas promedio $T_{h,prom}$ y $T_{c,prom}$:

$$T_{h,prom} = \frac{T_{h,ent} + T_{h,sal}}{2} = \frac{291.6 + 280}{2} = 286 \text{ K}; \quad T_{c,prom} = \frac{T_{c,ent} + T_{c,sal}}{2} = 275 \text{ K}$$

Tabla 3-43 *Propiedades termofísicas de los fluidos de trabajo en el evaporador.*

Fluido	Propiedades	Valor
Aire	$Cp_h, J/kg \cdot K$	1007
	$\mu_h, N \cdot s/m^2$	1.776×10^{-5}
	Pr_h	0.711
Refrigerante R-404A	$Cp_c, J/kg \cdot K$	1397

Nota. Fuente: tabla elaborada a partir de los anexos 05 y 07.

En la Tabla 3-44 se muestran los datos para la configuración 8.0–3/8T de (Kays & London, 2018) en el sistema internacional.

Tabla 3-44 *Datos de la para la configuración 8.0-3/8T en el S.I.*

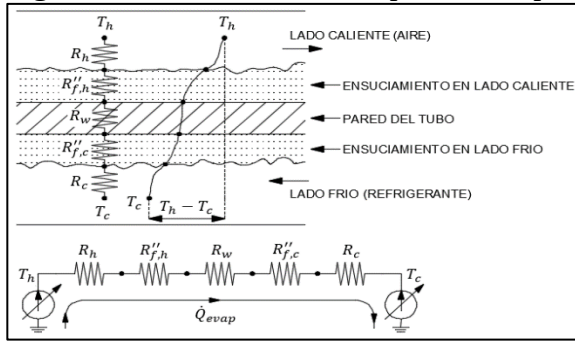
Diámetro exterior del tubo	Do	10.2 mm	0.0102 m
Paso de aletas		315 aletas/m	
Diámetro hidráulico	D_h	3.632 mm	0.003632 m
Espesor de aleta	t	0.33 mm	0.00033 m
Área de flujo libre / área frontal	σ	0.534	
Área de transferencia de calor / volumen total	α	$587 \text{ m}^2/\text{m}^3$	
Área de aletas / área total	A_f/A	0.913	

Nota. Parámetros geométricos para la configuración 8.0-3/8T. Fuente: tabla elaborada a partir de (Kays & London, 2018, pág. 270).

Así mismo, el valor del área de aletas sobre el área total A_f/A será igual a la relación:

$$\frac{A_f}{A} = \frac{A_{f,h}}{A_h}$$

Para determinar el coeficiente global de transferencia de calor U se considera 5 resistencias, las cuales se deducen a partir de la Figura 3-25:

Figura 3-25 Circuito térmico para el evaporador

Nota. Estas resistencias térmicas son aplicables a la mayoría de los intercambiadores de calor empleados en refrigeración y aire acondicionado (Kakaç, 1991). Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor, obviaremos la resistencia por contacto entre tubo y aleta, así mismo se considera que no habrá aletas al interior de los tubos. Por consiguiente, se tiene la resistencia total en el intercambiador de calor.

$$R_T = R_c + R'_{f,c} + R_w + R'_{f,h} + R_h$$

De tal forma que se deduce la ecuación para determinar el coeficiente global de transferencia de calor U (Incropera F., 1999).

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{U_c A_c} = \frac{1}{U_h A_h} = \frac{1}{(\eta_o h A)_c} + \frac{R'_{f,c}}{(\eta_o A)_c} + R_w + \frac{R'_{f,h}}{(\eta_o A)_h} + \frac{1}{(\eta_o h A)_h}$$

En este punto realizaremos un breve análisis acerca de la influencia del factor de impureza en el coeficiente global de transferencia de calor, por lo cual se realizará dos cálculos por separado, en el cual en uno de ellos se ignore el factor de impureza y en el otro donde se considere dichos factores para ambos fluidos.

Ignorando el factor de impureza, la ecuación para determinar el coeficiente U_h queda:

$$\frac{1}{U_h} = \frac{1}{h_c \left(\frac{A_c}{A_h} \right)} + A_h R_w + \frac{1}{\eta_{o,h} h_h}$$

Para determinar el valor de A_c/A_h se podría suponer que el espesor de las aletas es casi insignificante, dado que el espesor de las aletas es muy pequeño, por lo cual se puede demostrar la siguiente relación (Incropera F., 1999):

$$\frac{A_c}{A_h} \approx \frac{D_i}{D_o} \left(1 - \frac{A_{f,h}}{A_h} \right) = \frac{0.00833}{0.00953} (1 - 0.913) = 0.076$$

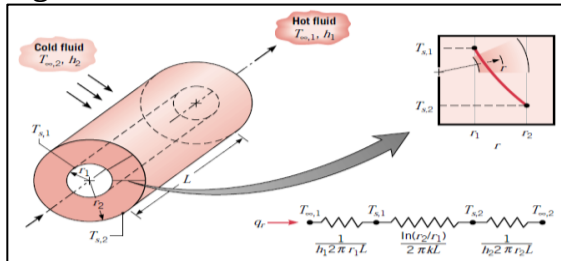
Si se considera los factores de impureza tanto al interior como para el exterior de los tubos, la ecuación para determinar el coeficiente global de transferencia de calor U_h queda así:

$$\frac{1}{U_h} = \frac{1}{h_c \left(\frac{A_c}{A_h} \right)} + \frac{R''_{f,c}}{\left(\frac{A_c}{A_h} \right)} + A_h R_W + \frac{R''_{f,h}}{\eta_{o,h}} + \frac{1}{\eta_o h_h}$$

A partir de la Figura 3-26 se determina la resistencia térmica de la pared del tubo $R_{t,com}$ (Incropera, DeWitt, Bergman, & Lavine, 2007):

$$R_{t,com} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi Lk} = R_W = \frac{\ln(D_o/D_i)}{2\pi Lk}$$

Figura 3-26 Cilindro hueco con condiciones superficiales convectivas



Nota. Donde r_1 : radio interior de la tubería, r_2 : radio exterior de la tubería. Fuente: (Incropera, DeWitt, Bergman, & Lavine, 2007, pág. 116)

Por consiguiente, se multiplica la anterior expresión por A_h para obtener el valor de $A_h R_W$, y al mismo tiempo se tiene en cuenta que el área del lado frío es igual a $A_c = D_i \cdot \pi \cdot L$.

$$A_h R_W = \frac{\ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)}{\frac{2\pi Lk}{A_h}} = \frac{D_i \ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)}{2k \left(\frac{A_c}{A_h}\right)} = \frac{0.00833 \text{ m} \times \ln\left(\frac{0.00953}{0.00833}\right)}{2 \times 401 \text{ W/m} \cdot \text{K} \times (0.076)} = 1.838 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Se determina la velocidad de masa del aire atmosférico G_h (Incropera F., 1999, pág. 613):

$$G_h \equiv \rho V_{max} = \frac{\rho_{aire} V A_{fr}}{A_{ff}} = \frac{\dot{m}_h}{A_{ff}} = \frac{\dot{m}_h}{\sigma A_{fr}}$$

$$\therefore G_h = \frac{\dot{m}_h}{\sigma A_{fr}} = \frac{0.154 \text{ kg/s}}{0.534 \times 0.102 \text{ m}^2} = 2.816 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2$$

Se determina el número de Reynolds R_e para el flujo de aire al exterior del intercambiador de calor, empleando el diámetro hidráulico del paso de flujo D_h para la configuración 8.0-3/8T (ver Tabla 3-44).

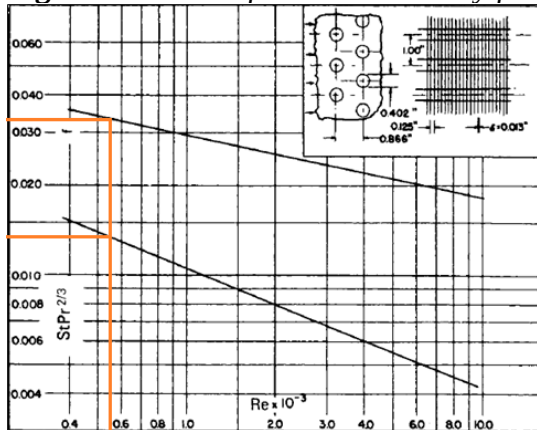
$$R_e = \frac{G_h D_h}{\mu_h} = \frac{2.816 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2 \times 0.003632 \text{ m}}{1.776 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 575$$

Con el número de Reynolds se obtiene el valor de $S_t Pr^{2/3}$ mediante la Figura 3-27:

$$(S_t Pr^{2/3})_h = 0.014$$

El valor de $S_t Pr^{2/3}$ viene a ser el número de Colburn j , el cual permite la predicción del coeficiente de transferencia de calor cuando se conocen otras relaciones como R_e , a partir del número de Stanton S_t se puede ya determinar el coeficiente promedio de convección de las superficies con aletas (Incropera F., 1999).

Figura 3-27 Transferencia de calor y factor de fricción para la configuración 8.0-3/8T



Nota. (Ver anexo 08). Fuente: figura extraída de (Kays & London, 2018, pág. 270).

$$j_H = S_t \cdot Pr^{2/3}; S_t = \frac{h_h}{Gc_p}$$

Donde j_H (número de Colburn) es adimensional, por lo cual remplazando la ecuación de Stanton en la ecuación de Colburn se tiene el coeficiente promedio de convección del aire sobre la superficie con aletas h_h .

$$h_h = j_H \frac{G_h(C_p)}{Pr^{2/3}} = 0.014 \frac{2.816 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2 \times 1007 \text{ J/kg} \cdot \text{K}}{0.711^{2/3}} = 49.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

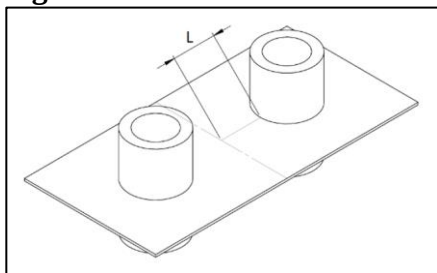
Ahora se determina la eficiencia de la temperatura del lado caliente η_o (Incropera F., 1999, pág. 585), para lo cual es necesario hallar la eficiencia de aleta η_f .

$$\eta_o = 1 - \frac{A_f}{A} (1 - \eta_f)$$

Donde A_f/A es el área de las aletas sobre el área total y se obtiene de la Tabla 3-44.

Ahora se define la longitud de las aletas L_{aleta} , dado que las aletas constan de chapas troqueladas para todos los tubos, se puede tomar las secciones que se hallan alrededor de cada tubo (ver Figura 3-28).

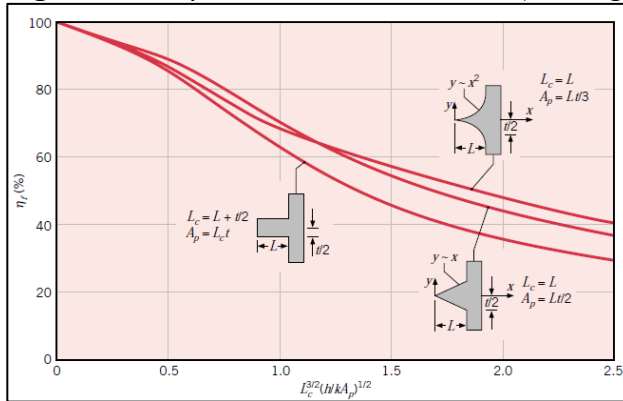
Figura 3-28 Visualización de la longitud de aleta para un tubo



Nota. Fuente: elaboración propia.

$$L_{aleta} = \frac{S_T - D_o}{2} = \frac{0.0254 \text{ m} - 0.0095 \text{ m}}{2} = 0.0079 \text{ m}$$

Se determina la eficiencia de las aletas η_f a partir de la Figura 3-29:

Figura 3-29 Eficiencia de aletas rectas (rectangulares, triangulares, y perfil parabólicos)

Nota. Fuente: imagen extraída de (Incropera, DeWitt, Bergman, & Lavine, 2007, pág. 150)

$$L_c = L_{aleta} + (t/2); \quad A_p = L_c t; \quad L_c^{3/2}(h/kA_p)^2$$

$$L_c = L_{aleta} + (t/2) = 0.0079 \, m + \frac{0.0002 \, m}{2} = 0.008 \, m$$

$$A_p = L_c t = 0.008 \, m \times 0.0002 \, m = 1.607 \times 10^{-6} \, m^2$$

$$L_c^{3/2}(h_h/k_{Al} \cdot A_p)^2 = (0.008 \, m)^{3/2} \left(\frac{49.8 \, W/m^2 \cdot K}{237 \, W/m \cdot K \times 1.607 \times 10^{-6} \, m^2} \right)^2 = 0.261$$

Por lo cual, a partir de la Figura 3-29 obtenemos $\eta_f(\%)$.

$$\eta_f(\%) = 95 \, \%$$

Corroboramos la eficiencia de las aletas rectangulares planas η_f a partir de las siguientes expresiones (Incropera F., 1999, pág. 122):

$$mL_c = \left(\frac{hP}{kA_c} \right)^{1/2} L_c = \left(\frac{2h_h}{k_{Al}t} \right)^{1/2} L_c = \left(\frac{2 \times 49.8 \, W/m^2 \cdot K}{237 \, W/m \cdot K \times 0.0002 \, m} \right)^{1/2} \times 0.008 \, m = 0.368$$

$$\eta_f = \frac{\tanh mL_c}{mL_c} = \frac{\tanh 0.368}{0.368} = 0.96$$

Ahora se determina la eficiencia de la temperatura del lado caliente $\eta_{o,h}$.

$$\eta_{o,h} = 1 - \frac{A_f}{A} (1 - \eta_f) = 1 - 0.913(1 - 0.96) = 0.96$$

Ahora se determinan las resistencias térmicas debido a los factores de impureza, tanto para el lado frío y el lado caliente. Los valores estimados a partir del Anexo 10 son:

$$R''_{f,h} = 0.0004 \, m^2 \cdot K/W \text{ Para el lado del aire}$$

$$R''_{f,c} = 0.0004 \, m^2 \cdot K/W \text{ Para el lado del refrigerante}$$

Ahora determinamos el coeficiente global de transferencia de calor del intercambiador, obviando el factor de impureza y considerando el factor de impureza respectivamente.

$$\frac{1}{U_{h, \sin F.I.}} = \frac{1}{h_c \left(\frac{A_c}{A_h} \right)} + A_h R_W + \frac{1}{\eta_{o,h} h_h} = \frac{1}{3931 \frac{W}{m^2 \cdot K} \times 0.076} + (1.838 \times 10^{-5}) \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{1}{0.96 \times 49.8 \frac{W}{m^2 \cdot K}}$$

$$U_{h, \sin F.I.} = 41.244 \, W/m^2 \cdot K$$

$$\frac{1}{U_{h, \text{ con F.I.}}} = \frac{1}{h_c \left(\frac{A_c}{A_h} \right)} + \frac{R''_{f,c}}{\left(\frac{A_c}{A_h} \right)} + A_h R_W + \frac{R''_{f,h}}{\eta_{o,h}} + \frac{1}{\eta_{o,h} h_h}$$

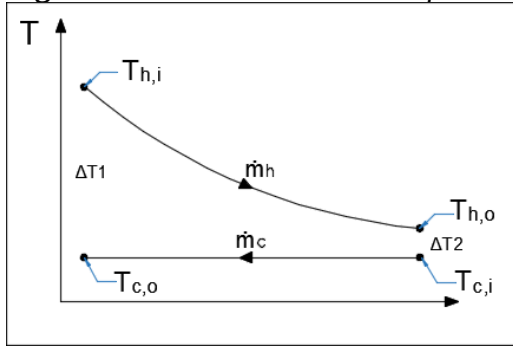
$$\frac{1}{U_{h, \text{ con F.I.}}} = \frac{1}{3931 \frac{W}{m^2 \cdot K} \times 0.076} + \frac{0.0004 \, m^2 \cdot K/W}{0.076} + (1.838 \times 10^{-5}) \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{0.0004 \, m^2 \cdot K/W}{0.96} + \frac{1}{0.96 \times 49.8 \frac{W}{m^2 \cdot K}}$$

$$U_{h, \text{ con F.I.}} = 33.42 \, W/m^2 \cdot K$$

Se verifica que el factor de impureza tiene un efecto relevante en el coeficiente global de transferencia de calor de aproximadamente 19 %, con lo cual para el dimensionamiento del evaporador consideraremos los factores de impureza.

Cálculo del Área Necesaria Para la Transferencia de Calor del Evaporador

Para el cálculo del área para la transferencia de calor, se opta por el método LMTD, dado que se conocen las temperaturas de entrada y salida de ambos fluidos. Por consiguiente, en la Figura 3-30 se tiene la distribución de temperaturas del evaporador, donde se visualiza el comportamiento del refrigerante debido a su cambio de fase, por el cual durante este proceso absorbe calor del aire a temperatura constante.

Figura 3-30 Distribución de temperaturas en el evaporador

Nota. Se visualiza la variación de las temperaturas de ambos fluidos, donde el flujo $\dot{m}_h$ corresponde al fluido del aire y el flujo $\dot{m}_c$ corresponde al fluido del refrigerante. Así mismo, los subíndices h y c se refieren al fluido caliente (aire) y al fluido frío (refrigerante) respectivamente, del mismo modo i y o designan las condiciones de entrada y salida de ambos fluidos. Esta distribución de temperaturas corresponde a un intercambiador de calor de flujo cruzado. Fuente: elaboración propia.

A partir de la Figura 3-30 definimos la diferencia de temperaturas en los puntos extremos ΔT_1 y ΔT_2 (Incropera F., 1999, pág. 591):

$$\Delta T_1 \equiv T_{h,1} - T_{c,1} = T_{h,i} - T_{c,o} = 291.6 \text{ K} - 275 \text{ K} = 16.6 \text{ K}$$

$$\Delta T_2 \equiv T_{h,2} - T_{c,2} = T_{h,o} - T_{c,i} = 280 \text{ K} - 275 \text{ K} = 5 \text{ K}$$

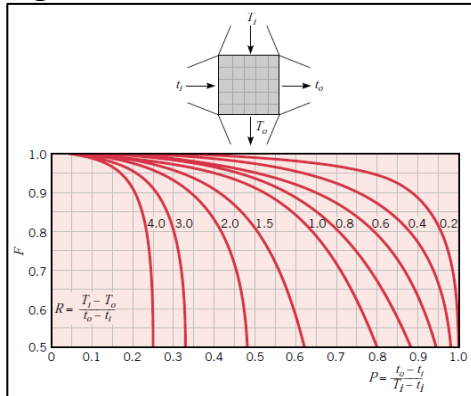
Por lo tanto, la diferencia de temperaturas media logarítmica ΔT_{lm} es igual a:

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2/\Delta T_1)} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1/\Delta T_2)} = 9.67 \text{ K}$$

Dado que se trata de un intercambiador de flujo cruzado, es necesario un factor de corrección F para obtener el valor apropiado de ΔT_{lm} , dado que el valor de ΔT_{lm} que se calculó antes, fue para condiciones de un intercambiador de contraflujo (Incropera F., 1999, pág. 592):

$$\Delta T_{lm} = F \cdot \Delta T_{lm,CF}$$

El factor de corrección F se obtiene de la Figura 3-31, en el cual se elige esta configuración debido a que ambos fluidos se hallan sin mezclar en el proceso de transferencia de calor, tanto como el aire que se encuentra limitado por las aletas, y el refrigerante por los circuitos de las tuberías de cobre.

Figura 3-31 Factor de corrección

Nota. Factor de corrección para un intercambiador de calor de flujo cruzado con ambos fluidos sin mezclar. Las notaciones T y t se emplean para especificar las temperaturas de los fluidos, por tanto t representa la temperatura del lado de los tubos (Incropera F., 1999, pág. 592). Fuente: (Incropera, DeWitt, Bergman, & Lavine, 2007, págs. W-38)

Por consiguiente, se tiene que:

$$P = \frac{t_o - t_i}{T_i - t_i} = 0; \quad R = \frac{T_i - T_o}{t_o - t_i} = \infty$$

Los valores de P y R obtenidos, corresponden a un intercambiador de calor en el cual el fluido al interior de los tubos experimenta un cambio de fase. Por consiguiente, de acuerdo con (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 646) el factor de corrección es igual a 1 para evaporadores.

$$F = 1$$

$$\therefore \Delta T_{lm} = F \cdot \Delta T_{lm,CF} = 1 \times 9.67 = 9.67$$

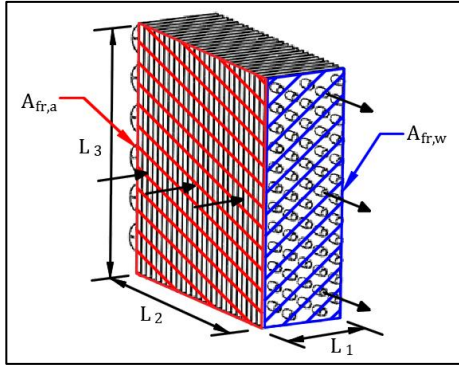
Ahora se determina el área de transferencia de calor A_h a partir de la siguiente expresión, donde $\dot{Q}$ es la tasa de transferencia de calor en el evaporador (Incropera F., 1999):

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{evap} = U \cdot A \cdot F \cdot \Delta T_{lm,CF}$$

$$\therefore A_h = \frac{\dot{Q}_{evap}}{U_h \cdot F \cdot \Delta T_{lm,CF}} = \frac{2814 \text{ W}}{33.42 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 9.67 \text{ K}} = 8.71 \text{ m}^2$$

Dimensiones del Núcleo del Evaporador

Para determinar las dimensiones del núcleo del evaporador, se emplea el volumen del núcleo $Vol_{nucleo-evap}$ y el valor α para la configuración 8.0-3/8T (ver Tabla 3-44).

Figura 3-32 *Parámetros del núcleo del intercambiador de calor*

Nota. Donde: L_1 : longitud del núcleo del intercambiador de calor con respecto al flujo de aire, L_2 : ancho del núcleo del intercambiador de calor, L_3 : alto del núcleo del intercambiador de calor, Fuente: elaboración propia a partir de (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012).

A partir de la Figura 3-32 se deduce que:

$$Vol = A_{fr,a} \times L_1; \quad Vol = A_{fr,w} \times L_2; \quad Vol = L_1 \times L_2 \times L_3; \quad A_{fr,a} = L_2 \times L_3;$$

Se determina el volumen del núcleo Vol a partir de la relación α (Incropera F., 1999):

$$\alpha = \frac{A_h}{Vol_{nucleo-evap}}$$

$$\therefore Vol_{nucleo-evap} = \frac{A_h}{\alpha} = \frac{8.71 \text{ m}^2}{587 \text{ m}^2/\text{m}^3} = 0.0148 \text{ m}^3$$

Se define la longitud L_1 del núcleo del intercambiador de calor a partir de:

$$L_1 = \frac{Vol_{nucleo-evap}}{A_{fr}} = \frac{0.0148 \text{ m}^3}{0.102 \text{ m}^2} = 0.145 \text{ m}$$

Se determina el número de filas de tubos perpendiculares a la dirección del flujo del fluido exterior N_L :

$$N_L \approx \frac{L_1 - D_o}{S_L} - 1 = \frac{145 \text{ mm} - 9.53 \text{ mm}}{21.99 \text{ mm}} - 1 = 5.16 \approx 5 \text{ filas}$$

El número de hileras paralelas al flujo de aire N_T es:

$$N_T \approx 0.5 \left(\frac{2L_3 - S_T}{S_T} \right) = 0.5 \left(\frac{2(320 \text{ mm}) - 25.4 \text{ mm}}{25.4 \text{ mm}} \right) = 12.1 \approx 12$$

Por tanto, el número total de tubos N que se empleara en el núcleo del evaporador.

$$N_{evap} = N_L \times N_T = 5 \times 12 = 60 \text{ tubos}$$

La longitud total de tubería que se empleara en el núcleo del evaporador es:

$$L_{long. \text{ total de tubería-evap}} = N_{evap} \times L_2 = 60 \times 0.32 \text{ m} = 19.2 \text{ m}$$

Por consiguiente, para la fabricación del núcleo del evaporador se emplearía 19.2 metros de tubería de cobre de 3/8" aproximadamente, aunque este solo es un valor referencial, debido a que no está incluido la longitud de tubería que se empleará en las conexiones en C y las conexiones a los colectores, por lo cual tomaremos un valor más aproximado de:

$$L_{long. \text{ total de tubería-evap}} \approx 20 \text{ m}$$

Resultados de las Iteraciones

Para determinar la longitud total de tubería que se empleara en el evaporador L se realizaron 3 iteraciones (ver Tabla 3-45).

Tabla 3-45 Iteraciones y resultados para determinar h_c y L

Iteración	L, m	$h_c, W/m^2 \cdot K$	$U_{h, \text{ con F.L.}}, W/m^2 \cdot K$	A_h, m^2
1	15	4061	33.54	8.68
2	19.2	3948	33.44	8.70
3	20	3931	33.42	8.71

Nota. El coeficiente de transferencia de calor $h_c = h_{TP \text{ promedio}}$ obtenida por la correlación de Kandlikar. Fuente: elaboración propia.

Caída de Presión Asociada con el Flujo a Través del Banco de Tubos con Aletas

La caída de presión asociada con el flujo a través del banco de tubos con aletas Δp consta de la suma de dos partes, tanto como los efectos del cambio de presión debido a la aceleración y desaceleración del fluido en la entrada y salida del intercambiador de calor, y las pérdidas debido a la fricción del fluido en su paso por el intercambiador de calor (Incropera F., 1999, pág. 614).

$$\Delta p_{h-evap} = \frac{G_h^2 (v_i)_h}{2} \left[(1 + \sigma^2) \left(\frac{(v_o)_h}{(v_i)_h} - 1 \right) + (f)_h \left(\frac{A}{A_{ff}} \right)_{evap} \frac{(v_m)_h}{(v_i)_h} \right]$$

Los valores v_i y v_o se obtienen del Anexo 08 y con ello se determina el volumen específico medio v_m :

$$v_i = 0.833 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ para } 291.6 \text{ K}; \quad v_o = 0.799 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ para } 280 \text{ K}$$

$$\therefore v_m = \frac{(v_i + v_o)}{2} = \frac{(0.833 + 0.799)}{2} = 0.816 \text{ m}^3/\text{kg}$$

La razón de área A/A_{ff} se determina mediante (Incropera F., 1999, pág. 614):

$$\left(\frac{A}{A_{ff}} \right)_{evap} = \frac{\alpha Vol_{nucleo-evap}}{\sigma A_{fr}} = \frac{587 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3} \times 0.0148 \text{ m}^3}{0.534 \times 0.102 \text{ m}^2} = 159.28$$

De la Figura 3-27 ó Anexo 09 se obtiene el factor de fricción $(f)_h$ a partir del Re :

$$(f)_h = 0.033$$

$$\therefore \Delta p_{h-evap} = \frac{\left(2.816 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \right)^2 \times 0.833 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{2} \left[(1 + 0.534^2) \left(\frac{0.799}{0.833} - 1 \right) + 0.033 \times 159.28 \times \frac{0.816}{0.833} \right]$$

$$\Delta p_{h-evap} = 16.84 \text{ Pa}$$

Caída de Presión del Refrigerante al Interior de las Tuberías del Evaporador

El gradiente de presión para un tubo recto viene dado por la ecuación (Mills, 1995):

$$\frac{dP}{dz} = \left(\frac{dP}{dz} \right)_F + \left(\frac{dP}{dz} \right)_G + \left(\frac{dP}{dz} \right)_M$$

Se determina la viscosidad de referencia μ_r (Mills, 1995):

$$\frac{1}{\mu_r} = \frac{x}{\mu_g} + \frac{1-x}{\mu_l}$$

$$\mu_r = \left(\frac{0.5}{1.099 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}} + \frac{1-0.5}{1.725 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}} \right)^{-1} = 2.0664 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$\therefore Re = \frac{G \cdot D_i}{\mu_r} = \frac{507 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s} \times 0.008325 \text{ m}}{2.0664 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 204282$$

Por lo cual se tiene un flujo turbulento. Ahora se define el factor de fricción f . El factor de fricción se puede obtener a partir del diagrama de Moody. Aunque de acuerdo con (Mills, 1995, pág. 281) para un flujo totalmente desarrollado, el factor de fricción para una tubería de paredes lisas se puede obtener a través de la ecuación de Petukhov para $10^4 < Re < 5 \times 10^6$.

$$f = (0.790 \cdot \ln Re - 1.64)^{-2} = (0.790 \times \ln 204282 - 1.64)^{-2} = 0.0155$$

Calculamos la densidad de flujo ρ (Mills, 1995):

$$\rho = x\rho_g + (1 - x)\rho_l = 0.5 \times 33.014 \text{ kg/m}^3 + (1 - 0.5)1142.3 \text{ kg/m}^3 = 587.657 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Gradiente debido a la fricción en la pared del tubo $(dP/dz)_F$ es:

$$\left(\frac{dP}{dz}\right)_F = -\frac{f}{D_{in}} \frac{G^2}{2\rho} = -\frac{0.0155}{0.008325 \text{ m}} \times \frac{(507 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s})^2}{2 \times 587.657 \text{ kg/m}^3} = -408.568 \text{ Pa/m}$$

Gradiente de presión debido a la gravedad $(dP/dz)_G$ para una tubería horizontal es igual a cero, debido a que $\theta = 0$ (θ : ángulo medido a partir de la horizontal).

$$\left(\frac{dP}{dz}\right)_G = -\rho g \sin \theta = -\rho g \sin 0^\circ = 0$$

Para determinar el gradiente de presión debido a la variación de la cantidad de movimiento $(dP/dz)_M$, se debe primero determinar $d\rho/dz$, por consiguiente, se tiene que para $\rho \cong (1 - x)\rho_l$ (Mills, 1995):

$$\left(\frac{dP}{dz}\right)_M = \left(\frac{G}{\rho}\right)^2 \frac{d\rho}{dz} \cong -\left(\frac{G}{\rho}\right)^2 \rho_l \frac{dx}{dz}$$

El gradiente de la calidad de vapor mediante un balance de energía es:

$$\frac{dx}{dz} = \frac{\dot{Q}/L}{\dot{m}_R \cdot i_{lg}} = \frac{2814 \text{ W/1m}}{0.0276 \text{ kg/s} \times 164250 \text{ J/kg}} = 0.6207 \text{ m}^{-1}$$

Por consiguiente, se tiene:

$$\left(\frac{dP}{dz}\right)_M = -\left(\frac{G}{\rho}\right)^2 \rho_l \frac{dx}{dz} = -\left(\frac{507 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}}{587.657 \text{ kg/m}^3}\right)^2 \times 1142.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.6207 \text{ m}^{-1} = -527.89 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$$

El gradiente de presión para la tubería recta del evaporador dP/dz :

$$\frac{dP}{dz} = \left(\frac{dP}{dz}\right)_F + \left(\frac{dP}{dz}\right)_G + \left(\frac{dP}{dz}\right)_M = -408.568 + 0 - 527.89 = -936.45 \text{ Pa/m}$$

Bajo las condiciones dadas, predominan el gradiente debido a la aceleración y el gradiente debido a la fricción de las paredes del tubo. Aunque este valor dP/dz es solo un aproximado.

Se calculan las pérdidas adicionales $\Delta P_{\text{Adicional}}$ debido a los codos del evaporador.

$$\Delta P_{\text{Adicional}} = K_{\text{codo}} \times \frac{\rho \cdot v_R^2}{2}$$

Donde K_{codo} es el coeficiente de pérdida del accesorio, se obtiene del anexo 10:

$$K_{\text{codo}} = 1.7$$

Se determina la velocidad del refrigerante v_R :

$$v_R = \frac{\dot{m}_R}{\rho \cdot A_C} = \frac{0.0276 \text{ kg/s}}{587.657 \text{ kg/m}^3 \times 5.443 \times 10^{-5} \text{ m}^2} = 0.863 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_{\text{Adicional}} = 1.7 \times \frac{587.657 \text{ kg/m}^3 \cdot (0.863 \text{ m/s})^2}{2} = 371.87 \text{ Pa}$$

Por consiguiente, la caída de presión total en el evaporador $\Delta p_{\text{total-R}}$ para una longitud de tubería de 20 metros y 57 codos es:

$$\Delta p_{\text{total-R}} = \frac{dP}{dz} \times L + \Delta P_{\text{Adicional}} \times N_{\text{codos}} = 936.45 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} \times 20 \text{ m} + 371.87 \text{ Pa} \times 57$$

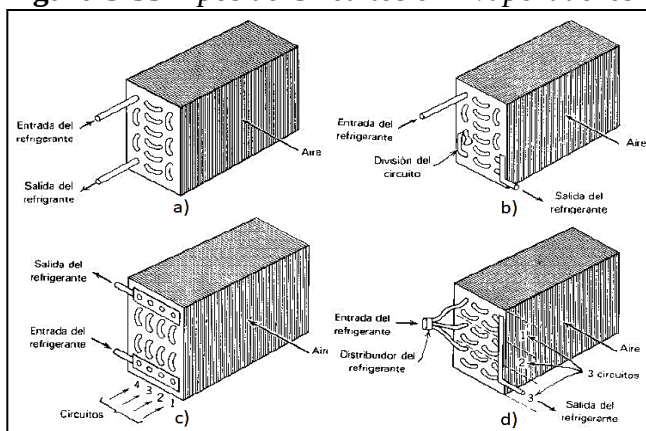
$$\Delta p_{\text{total-R}} = 39.93 \text{ KPa} \approx 0.4 \text{ bar} \approx 5.8 \text{ PSI}$$

Siendo la caída de presión $\Delta p_{total-R}$ menor al valor asumido inicialmente $D_{p-evaporador} = 0.7 \text{ bar}$. Sin embargo, el valor de $\Delta p_{total-R} = 5.8 \text{ PSI}$ se encuentra dentro del rango de caídas de presión típicas para un evaporador (de 5 a 10 PSI).

3.2.7.4. Disposición de los Circuitos del Evaporador

La elevada caída de presión en el evaporador ocasiona menor presión en la succión del vapor de refrigerante a la entrada del compresor, lo cual genera una pérdida de la capacidad y eficiencia del compresor (Dossat, 1991). Para evitar este inconveniente, en el diseño de un evaporador se recomienda un número determinado de circuitos, para que el refrigerante fluya a través del evaporador, de tal forma que la caída de presión sea la mínima necesaria para obtener velocidades suficientes en el refrigerante, de este modo tener una razón alta de transferencia de calor y un buen retorno del aceite (Dossat, 1991).

Figura 3-33 Tipos de Circuitos en Evaporadores



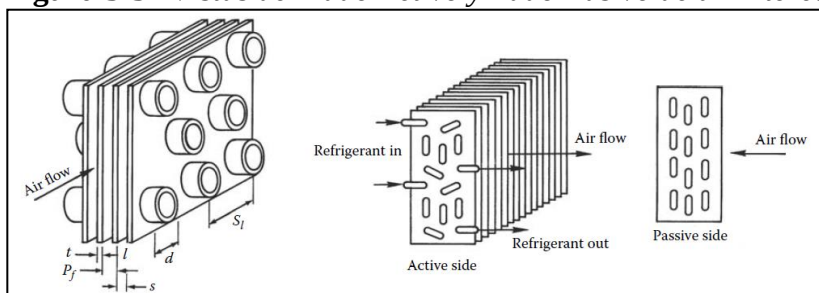
Nota. a) Evaporador con un circuito refrigerante en serie. b) Evaporador con circuito refrigerante dividido. c) Evaporador de circuitos con cabezales de refrigerante en la entrada y a la salida. d) Evaporador con distribuidor de refrigerante y cabezal en la succión. Fuente: (Dossat, 1991, págs. 240, 241).

Para el diseño del evaporador se emplea el circuito tipo d) de la Figura 3-33. En el cual el evaporador consta de un distribuidor para el ingreso de refrigerante y con un cabezal para la descarga, dado que este arreglo es muy efectivo, y se emplea también cuando se tiene un diferencial grande de temperatura entre refrigerante y el aire, además es el más recomendado para evaporadores similares a los que se emplean en HVAC y sobre todo en evaporadores DX.

3.2.7.5. Diseño del Arreglo de los Serpentes del Evaporador

Para el arreglo de los serpentes del evaporador, se considera que el sentido del lado activo y lado pasivo del evaporador será igual al del condensador, de esta forma las conexiones de entrada y salida serán por el mismo lado para ambos intercambiadores.

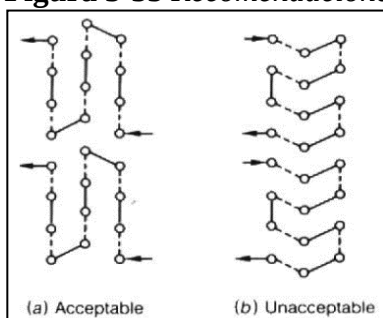
Figura 3-34 Vistas del Lado Activo y Lado Pasivo de un Intercambiador de Calor



Nota. En los intercambiadores compactos de tubo con aletas los lados lateral derecho e izquierdo se les denominan lado pasivo y lado activo de acuerdo a su funcionalidad, siendo el lado activo por donde se realiza las conexiones para la entrada y salida del refrigerante, y el lado pasivo por donde solo se hallan las conexiones en “C” de los tubos. Fuente: (Kakaç, 1991).

Se tienen diversas recomendaciones para el diseño de arreglos de serpentes, como que las trayectorias de flujos paralelos deben disponerse para formar regiones de simetría en el intercambiador de calor, esto con el fin de mantener las diferencias de temperatura relativamente constantes en el serpentín, al mismo tiempo con esto se evitan tasas desiguales de transferencia de calor. Se recomienda también que el intercambiador de calor debe ser divisible en sub-intercambiadores de calor únicos de tal forma que tengan tasas iguales de flujo de refrigerante, y que cada circuito debe terminar en un lado distinto al que comenzó (ver Figura 3-35) (Kakaç, 1991).

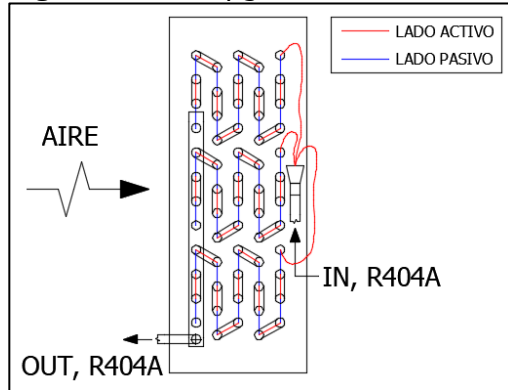
Figura 3-35 Recomendaciones Para la Configuración de Circuitos



Nota. Esto es aplicable para intercambiadores tipo tubo con aletas que son empleados en evaporadores de HVAC&R. Fuente: (Kakaç, 1991).

Considerando todo lo antes mencionado, en la Figura 3-36 se muestra el arreglo de los serpentines para el evaporador.

Figura 3-36 Configuración de los Circuitos Para el Evaporador



Nota. Esta configuración es para 3 circuitos. Fuente: elaboración propia.

1.5.2.2. Análisis de Esfuerzos en el Evaporador

En esta sección se realiza un análisis de los esfuerzos presentes en el evaporador, más específicamente los esfuerzos debido a la presión del refrigerante en las paredes de los tubos del núcleo y el colector.

Tabla 3-46 Datos de entrada para el cálculo de esfuerzos en el evaporador

Datos de entrada		
Presión del gas refrigerante al interior del evaporador	$P_{i, \text{evap}}$	Por determinar
Datos de la tubería de cobre del núcleo		
Diámetro externo de la tubería del núcleo	$D_{o, \text{nucleo}}$	$3/8" \approx 9.52 \text{ mm}$
Espesor de la tubería del núcleo	t_{nucleo}	0.6 mm
Datos de la tubería de cobre del colector		
Diámetro externo de la tubería del colector	$D_{o, \text{colect}}$	$5/8" \approx 15.87 \text{ mm}$
Espesor de la tubería del colector	t_{colector}	0.8 mm

Nota. Fuente: elaboración propia.

Considerando que el evaporador opera en condiciones de baja presión, para los cálculos de los esfuerzos máximos se considera una presión de $P_{i, \text{evap}} = 220 \text{ PSI} \approx 1.52 \text{ MPa}$, el cual sería la presión aproximada a la que llegaría a una temperatura ambiental máxima de 36°C (cuando el sistema de refrigeración del AWG estaría apagado).

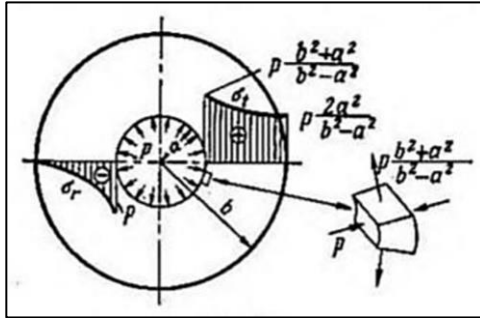
Dado que $t > r_o/10$, se considera un caso de esfuerzos en recipientes de pared gruesa. Por consiguiente, se tiene las ecuaciones de Lamé para determinar el esfuerzo tangencial σ_t y esfuerzo radial σ_r :

$$\sigma_t = \frac{p_i r_i^2 - p_o r_o^2}{r_o^2 - r_i^2} + \frac{r_i^2 \cdot r_o^2 (p_i - p_o)}{r^2 (r_i^2 - r_o^2)}; \quad \sigma_r = \frac{p_i r_i^2 - p_o r_o^2}{r_o^2 - r_i^2} - \frac{r_i^2 \cdot r_o^2 (p_i - p_o)}{r^2 (r_i^2 - r_o^2)}$$

Donde r es el radio donde se quiere determinar el esfuerzo. Dado que la presión interna del refrigerante es muy grande a comparación de la presión externa a los tubos, para este caso despreciamos la presión externa $p_o = 0$, por consiguiente, se tiene:

$$\sigma_t = \frac{p_i r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_o^2}{r^2}\right); \quad \sigma_r = \frac{p_i r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 - \frac{r_o^2}{r^2}\right)$$

Figura 3-37 Variación de σ_t y σ_r de acuerdo al espesor de la pared



Nota. Donde $a = r_i$ y $b = r_o$. Fuente: (Feodosiev, 1980).

Esfuerzos en los tubos del núcleo considerando que $r_o = 9.52/2 = 4.76 \text{ mm}$, $r_i = (9.52/2) - 0.6 = 4.16 \text{ mm}$:

$$\sigma_t (r=r_i) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) = \frac{(1.52 \times 10^6) \cdot 0.00416^2}{0.00476^2 - 0.00416^2} \cdot \left(1 + \frac{0.00476^2}{0.00416^2}\right) = 11.35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t (r=r_o) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_o^2}{r_o^2}\right) = \frac{(1.52 \times 10^6) \cdot 0.00416^2}{0.00476^2 - 0.00416^2} \cdot (2) = 9.83 \text{ MPa}$$

$$\sigma_r (r=r_i) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 - \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) = \frac{(1.52 \times 10^6) \cdot 0.00416^2}{0.00476^2 - 0.00416^2} \cdot \left(1 - \frac{0.00476^2}{0.00416^2}\right) = -1.52 \text{ MPa}$$

$$\sigma_r (r=r_o) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 - \frac{r_o^2}{r_o^2}\right) = \frac{(1.52 \times 10^6) \cdot 0.00416^2}{0.00476^2 - 0.00416^2} \cdot (0) = 0$$

Esfuerzos en el tubo del colector considerando que $r_o = 15.87/2 = 7.94 \text{ mm}$, $r_i = (15.87/2) - 0.8 = 7.14 \text{ mm}$:

$$\sigma_t (r=r_i) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) = \frac{(1.52 \times 10^6) \cdot 0.00714^2}{0.00794^2 - 0.00714^2} \cdot \left(1 + \frac{0.00794^2}{0.00714^2}\right) = 14.40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t (r=r_o) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) = \frac{(1.52 \times 10^6) \cdot 0.00714^2}{0.00794^2 - 0.00714^2} \cdot (2) = 12.85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_r (r=r_i) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 - \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) = \frac{(1.52 \times 10^6) \cdot 0.00714^2}{0.00794^2 - 0.00714^2} \cdot \left(1 - \frac{0.00794^2}{0.00714^2}\right) = -1.52 \text{ MPa}$$

$$\sigma_r (r=r_o) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 - \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) = \frac{(1.52 \times 10^6) \cdot 0.00714^2}{0.00794^2 - 0.00714^2} \cdot (0) = 0$$

De acuerdo con la Figura 3-37 y los esfuerzos calculados, se verifica que los esfuerzos máximos ocurren en las paredes interiores de los tubos, por lo cual se tiene:

Para los tubos del núcleo: $\sigma_x = \sigma_t (r=r_i) = 11.35 \text{ MPa}$; $\sigma_y = \sigma_r (r=r_i) = -1.52 \text{ MPa}$

Para los tubos del colector: $\sigma_x = \sigma_t (r=r_i) = 14.40 \text{ MPa}$; $\sigma_y = \sigma_r (r=r_i) = -1.52 \text{ MPa}$

Por consiguiente, empleando el criterio de la máxima energía de la distorsión de Von Mises para materiales dúctiles, considerando un estado de esfuerzo plano $\sigma_3 = 0$, se tiene:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} \leq \sigma_{perm}; \quad \sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{eq} \leq \sigma_{perm} = \frac{S_y}{F.S.} \quad \therefore \sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \leq \sigma_{perm}$$

Para los tubos del núcleo:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}^2} = \sqrt{11.35^2 + (-1.52)^2 - (11.35 \cdot -1.52)} = 12.18 \text{ MPa}$$

Para los tubos del colector:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} = \sqrt{14.40^2 + (-1.52)^2 - (14.40 \cdot -1.52)} = 15.21 \text{ MPa}$$

Se determina el factor de seguridad $F.S.$ considerando que la resistencia a la fluencia S_y para las tuberías de cobre ASTM/UNS C12200 con temple recocido O60 es $S_y = 40 \text{ MPa}$ (ver Anexo 16).

El factor de seguridad para los tubos del núcleo y colector correspondiente:

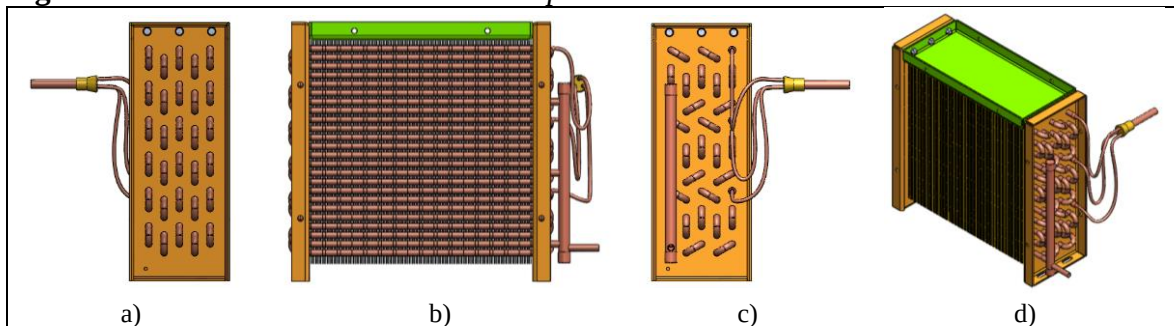
$$F.S. = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} = \frac{40}{12.18} = 3.28 \quad , \quad F.S. = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} = \frac{40}{15.21} = 2.62$$

Los factores de seguridad obtenidos en ambos casos son mayores a 1. Estos resultados proporcionan un margen de seguridad adecuado que garantiza el rendimiento seguro del evaporador bajo las condiciones de operación estimadas.

1.5.2.3. Dimensiones y Características del Evaporador

Entre otros componentes del evaporador son un distribuidor de latón de tres vías conectado a un tubo de cobre de O.D. 1/2" para la conexión hacia el dispositivo de expansión.

Figura 3-38 Vistas del modelo 3D del evaporador



Nota. a) vista lateral derecha, b) vista frontal, c) vista lateral izquierda, d) vista isométrica. Para mayor información sobre el evaporador, refiérase a los planos y al Apéndice 03. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 3-38 se aprecia que la parte inferior del núcleo queda expuesta, esto se debe a que será por esa zona donde se realizará la recolección de las gotas de agua por medio de la incorporación de una bandeja (ver planos).

3.2.8. Diseño del Condensador

De la misma forma que para el evaporador, este componente será un intercambiador de calor tipo compacto de tubo con aletas, y compartirá algunos parámetros geométricos con respecto al evaporador, dado que el condensador se ubicará en el lado posterior al evaporador, de tal forma que aproveche el mismo flujo de aire que proviene del evaporador.

3.2.8.1. Consideraciones Iniciales para el Diseño del Condensador

Para el diseño del condensador se opta por el arreglo para tubos de 3/8" (Tabla 3-31).

3.2.8.2. Selección de los Materiales para el Diseño del Condensador

Considerando la Tabla 3-32, los materiales que se emplearán para la fabricación del condensador serán los mismos que se seleccionaron para el evaporador (ver Tabla 3-47).

Tabla 3-47 *Materiales seleccionados para al diseño y fabricación del Condensador*

Componente	Material	Especificaciones
Tubos	Cobre, UNS C12200	ASTM B743, O.D. 3/8", espesor de pared 0.6mm
Aletas	Aluminio, 5052-H34	ASTM B209, espesor 0.2mm
Colectores	Cobre, UNS C12200	ASTM B743, O.D. 5/8", espesor de pared 0.8mm
Case	Aluminio, 3003-H14	ASTM B209, espesor 3.0mm

Nota. los materiales seleccionados corresponden a los que ofrecen los fabricantes disponibles. Fuente: elaboración propia.

3.2.8.3. Dimensionamiento del Núcleo del Condensador

Para el dimensionamiento del núcleo del condensador se hace uso de las ecuaciones generales de intercambiadores de calor y algunas correlaciones sugeridas en la bibliografía.

Consideraciones Generales para Diseño del Condensador

Los cálculos termodinámicos del ciclo de refrigeración proporcionarán los datos del refrigerante R-404A, y los cálculos de psicrometría, los datos del aire.

Consideraciones Geométricas para el Diseño del Condensador

Los datos para el diseño del condensador se obtienen de la configuración 8.0–3/8T de (Kays & London, 2018, pág. 270) (ver Anexo 09). Se considera también el mismo tipo de aleta empleado en el evaporador (aletas planas con cierto perfil ondulado, a y c de la Figura 3-22.

De igual forma la altura de cuello de aleta y la separación entre aletas serán las mismas del evaporador (ver Figura 3-23).

Para el diseño del condensador se opta por 3 circuitos de acuerdo a lo recomendado por (ASHRAE, 2017) para condensadores pequeños y condensadores para aplicaciones comerciales. Del mismo modo, debido a que el condensador será instalado junto al evaporador, el diseño del condensador también se basa en un núcleo que tendrá la misma área frontal del núcleo del evaporador, 32 cm. por 32 cm.

Datos de Entrada Para el Dimensionamiento del Núcleo del Condensador

Tomando en cuenta todo lo mencionado, se listan los datos de entrada y las suposiciones adoptadas para el dimensionamiento del núcleo del condensador.

Tabla 3-48 Datos de entrada para el dimensionamiento del condensador

Datos de entrada		
Flujo de calor en el condensador	$\dot{Q}_{cond}$	3800 W
Temperatura de condensación del refrigerante	T_s	50 °C
Temperaturas de entrada y de salida		
Temperatura de entrada del aire	$T_{o,ent}$	7 °C/ 280 K
Temperatura de salida del aire	$T_{o,sal}$	Por determinar
Temperatura de entrada del refrigerante	$T_{i,ent}$	50 °C/ 323 K
Temperatura de salida del refrigerante	$T_{i,sal}$	50 °C/ 323 K
Coefficientes de convección y conducción		
Coefficiente de convección al interior del condensador	h_i	Por determinar
Coefficiente de convección al exterior del condensador	h_o	Por determinar
Conductividad térmica de los tubos (cobre) (Anexo 07)	k_{tub}	401 W/m · K
Conductividad térmica de las aletas (aluminio) (Anexo 07)	k_{al}	237 W/m · K
Flujos másicos de los fluidos de trabajo		
Flujo másico del aire	$\dot{m}_o$	0.154 kg/s
Flujo másico del refrigerante	$\dot{m}_i$	0.0276 kg/s
Datos geométricos del núcleo del condensador		
Diámetro interno de la tubería	D_i	0.00833 m
Diámetro externo de la tubería	D_o	0.00953 m
Alto del núcleo del intercambiador de calor	L_3	0.32 m
Ancho del núcleo del intercambiador de calor	L_2	0.32 m
Profundidad del núcleo del intercambiador de calor	L_1	Por determinar
Separación transversal de entre los centros de los tubos	S_T	0.0254 m
Separación longitudinal de entre los centros de los tubos	S_L	0.02199 m
Área frontal del núcleo del intercambiador de calor	A_{fr}	0.102 m ²
Número total de tubos	N	Por determinar
Suposiciones y consideraciones		
• Se considera que no hay pérdida o transferencia de calor a los alrededores. • Los cambios de energía cinética y potencial son insignificantes. • Se considera un proceso de flujo estacionario, por lo tanto, el flujo másico de ambos fluidos permanece constante.		

-
- Al interior del intercambiador de calor no existe generación de calor.
 - Se asume que el coeficiente global de transferencia de calor es constante en todo el intercambiador de calor incluido en el proceso de cambio de fase.
 - Se asume que el calor específico a presión constante, es constante para ambos fluidos.
 - Se considerará un factor de impureza para ambos fluidos.
 - Se considera un intercambiador de calor de flujo cruzado, en el que cada fluido se halla sin mezclar.
 - Se considera que el fluido refrigerante R404A presenta un cambio de fase a temperatura constante.
 - Se toma los datos experimentales de la configuración 8.0–3/8T de (Kays & London, 2018) (Anexo 09).
-

Nota. Donde $()_o$: subíndice que se refiere del lado caliente (aire atmosférico), $()_i$: subíndice que se refiere del lado frío (refrigerante R404A). Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de Transferencia de Calor al Interior en el Condensador

En condensadores de sistemas HVAC&R se produce la condensación convectiva forzada, que por lo general se da en dos casos, ya sea en tubos verticales o horizontales, del cual depende mucho el comportamiento del flujo bifásico al interior de los tubos, sobre todo por la influencia de la gravedad. En esta sección solo analizaremos la condensación de película al interior de un condensador de tubos horizontales.

Selección de las Correlaciones Para Hallar el Coeficiente de Transferencia de Calor

Dado que, en la mayoría de los condensadores, el flujo anular es predominante en la mayor parte de los tubos del condensador, se opta por correlaciones basadas en modelos de flujo anular (Mills, 1995). Por ello para la obtención del coeficiente de transferencia de calor al interior de los tubos del condensador, se selecciona la correlación de Travis (1972), y a manera de comparación y corroboración la correlación de Cavallini and Zecchin (1974). Ambas correlaciones han sido verificadas para su uso en refrigerantes (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012). Así también para la predicción de las transiciones de patrón de flujo al interior de los tubos del condensador, se usa el método de Breber (1980).

Determinación del Coeficiente de Transferencia de Calor en el Condensador

Debido al flujo bifásico en el condensador, se aplican los mismos métodos que en el evaporador para calcular el coeficiente de transferencia de calor. Del mismo modo al final se analizarán los resultados obtenidos.

- a) Tomar una calidad de vapor media de 0.5, con ello se puede determinar un valor aproximado del coeficiente de transferencia de calor para todo el condensador (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012), (Rohsenow, Hartnett, & Cho, 1998).
- b) Calcular los coeficientes de transferencia de calor para los diferentes valores de calidad que va tomando el fluido durante su recorrido por las tuberías del condensador, para después tomar un promedio de todos los coeficientes.

Tabla 3-49 Datos de entrada para calcular el coeficiente de transferencia de calor al interior del condensador

Datos de entrada		
Refrigerante		R404A
Temperatura de condensación del refrigerante	T_s	50 °C
Tasa de transferencia de calor en el condensador	$\dot{Q}_{cond}$	3800 W
Flujo másico del refrigerante	$\dot{m}_R$	0.0276 kg/s
Diámetro interno de la tubería	D_i	0.008325 m
Aceleración de la gravedad	g	9.81 m/s ²
Suposiciones y consideraciones		
- Se considera un condensador con tubos de cobre en arreglo horizontal (tubos con aletas) y de flujo forzado. - Se considera un proceso de flujo estacionario, por lo tanto, el flujo másico de refrigerante permanece constante. - Se calculará el coeficiente de transferencia de calor para diferentes calidades del refrigerante al interior de los tubos $x = 0.1, 0.2, 0.3, \dots, 1$.		

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-50 Propiedades termofísicas del refrigerante R-404A a una temperatura de 50°C

Propiedades	Valor	Unidades	Propiedades	Valor	Unidades
$v_l =$	0.00111	m ³ /kg	$c_{pl} =$	1.952	kJ/kg · K
$v_g =$	0.00723	m ³ /kg	$c_{pg} =$	-	kJ/kg · K
$\rho_l =$	900.6	kg/m ³	$\mu_l =$	0.87	10 ⁻⁴ Pa · s
$\rho_g =$	138.312	kg/m ³	$\mu_g =$	0.144	10 ⁻⁴ Pa · s
$h_l =$	277.2	kJ/kg	$k_l =$	0.0568	W/m · K
$h_g =$	381.01	kJ/kg	$Pr_l =$	-	

Nota. El subíndice “g” se refiere a las propiedades termofísicas de la fase vapor y el subíndice “l” se refiere a las propiedades termofísicas de la fase líquida. Para obtener las propiedades como la densidad, se emplea la ecuación $\rho = 1/v$. Fuente: tabla elaborada a partir de los datos de la tabla del Anexo 06.

Del Anexo 06 se toman las propiedades termofísicas del refrigerante R-404A a una temperatura de condensación de 50°C (Tabla 3-50).

Se determina la velocidad de masa del refrigerante G y el área transversal al interior de la tubería de cobre A_c en el condensador (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012).

$$G = \frac{\dot{m}_R}{A_c} = \frac{0.0276 \text{ kg/s}}{5.443 \times 10^{-5} \text{ m}^2} = 507 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$A_c = \pi/4 \cdot D_i^2 = \pi/4 \cdot 0.008325^2 = 5.443 \times 10^{-5} m^2$$

Se determina la entalpia de vaporización del refrigerante i_{fg} para el condensador:

$$i_{fg} = h_g - h_l = 381.01 \text{ kJ/kg} - 277.2 \text{ kJ/kg} = 103.810 \text{ kJ/kg}$$

Determinación del Patrón de Flujo

El método para predecir las transiciones del patrón de flujo propuesto por Breber, requiere de la velocidad de masa adimensional j_g^* y del parámetro de Lockhart Martinelli X_{tt} .

$$j_g^* = \frac{x \cdot G}{[g \cdot d \cdot \rho_g (\rho_l - \rho_g)]^{1/2}} \quad ; \quad X_{tt} = \left(\frac{1-x}{x} \right)^{0.9} \left(\frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{0.5} \left(\frac{\mu_l}{\mu_g} \right)^{0.1}$$

En la Tabla 3-51 se tiene los criterios propuestos por Breber, para determinar los patrones de flujo de acuerdo con los valores que toma j_g^* y X_{tt} .

Tabla 3-51 Condiciones para la determinación del patrón del flujo en condensadores

Condición 1	Condición 2	Patrón de flujo
$j_g^* > 1.5$	$X_{tt} < 1.0$	Neblina y anular
$j_g^* < 0.5$	$X_{tt} < 1.0$	Ondulado y estratificado
$j_g^* < 0.5$	$X_{tt} > 1.5$	Slug
$j_g^* > 1.5$	$X_{tt} < 1.5$	Bubble

Nota. Fuente: tabla elaborada a partir de (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012, pág. 322)

En la Tabla 3-52 se tiene las transiciones del patrón de flujo al interior de la tubería del condensador, calculado para las diferentes calidades que va tomando el refrigerante durante su recorrido, de la cual se puede verificar el orden que va tomando los patrones de flujo.

Tabla 3-52 Transiciones del patrón de flujo del refrigerante al interior del condensador

x	j_g^*	X_{tt}	Patrón de flujo
0.999	5.459	0.001	Mist and anular
0.9	4.918	0.065	Mist and anular
0.8	4.371	0.135	Mist and anular
0.7	3.825	0.219	Mist and anular
0.6	3.279	0.325	Mist and anular
0.5	2.732	0.469	Mist and anular
0.4	2.186	0.675	Mist and anular
0.3	1.639	1.005	Mist and anular
0.2	1.093	1.632	Slug
0.1	0.546	3.386	Slug
0.01	0.055	29.308	Slug

Nota. Fuente: elaboración propia.

Correlación de Travis

Para determinar el coeficiente de transferencia de calor por medio de la correlación de Travis, se emplea la expresión (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012, pág. 324):

$$Nu = \frac{h_{TP} \cdot D_i}{k_l} = Pr_l \cdot Re_l^{0.9} \frac{F_1(X_{tt})}{F_2(Re_l, Pr_l)}$$

Donde F_1 y F_2 son parámetros adimensionales que están en función del parámetro de Lockhart Martinelli X_{tt} .

El parámetro de Lockhart Martinelli X_{tt} para una calidad del vapor de 0.5 del refrigerante, bajo las condiciones de temperatura del condensador:

$$X_{tt} = \left(\frac{1 - 0.5}{0.5} \right)^{0.9} \left(\frac{138.312 \text{ kg/m}^3}{900.6 \text{ kg/m}^3} \right)^{0.5} \left(\frac{0.87 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}}{0.144 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}} \right)^{0.1} = 0.4687$$

El número de Reynolds para la fase líquida Re_l , para una calidad del vapor de refrigerante del 0.5 es igual a (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012):

$$Re_l = \frac{G(1 - x)d}{\mu_l} = \frac{507 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s} \times (1 - 0.5) \times 0.008325 \text{ m}}{0.87 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 24400$$

El valor del parámetro adimensional F_1 se obtiene a partir de la expresión (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012, pág. 324):

$$F_1 = 0.15 \left[\frac{1}{X_{tt}} + \frac{2.85}{X_{tt}^{0.476}} \right] = 0.15 \left[\frac{1}{0.4687} + \frac{2.85}{0.4687^{0.476}} \right] = 0.933$$

Para determinar el parámetro adimensional F_2 , se selecciona la expresión de acuerdo con el rango del número de Reynolds de la fase líquida (Tabla 3-53).

Tabla 3-53 Funciones F_2 para diferentes rangos de Re_l

Para: $Re_l \leq 50$	$F_2 = 0.70 Pr_l Re_l^{0.5}$
Para: $50 < Re_l \leq 1125$	$F_2 = 5 Pr_l + 5 \ln[1 + Pr_l(0.09636 Re_l^{0.585} - 1)]$
Para: $Re_l > 1125$	$F_2 = 5 Pr_l + 5 \ln(1 + 5 Pr_l) + 2.5 \ln(0.00313 Re_l^{0.812})$

Nota. Fuente: tabla elaborada a partir de (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012, pág. 325).

$$F_2 = 5Pr_l + 5 \ln(1 + 5Pr_l) + 2.5 \ln(0.00313 Re_l^{0.812}) = 34.774$$

El número de Prandtl para la fase líquida Pr_l (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012).

$$Pr_l = \frac{\mu_l C_{pl}}{k_l} = \frac{0.87 \times 10^{-4} Pa \cdot s \times 1.952 kJ/kg \cdot K}{0.0568 W/m \cdot K} = 2.97$$

Por consiguiente, el coeficiente de transferencia de calor para el flujo bifásico h_{TP} es:

$$h_{TP} = Pr_l \cdot Re_l^{0.9} \frac{F_1 \cdot k_l}{F_2 \cdot D_i} = 2.97 \times 24400^{0.9} \frac{0.933 \times 0.0568 W/m \cdot K}{34.774 \times 0.008325 m} = 4836 W/m^2 \cdot K$$

Tabla 3-54 Valores de h_{TP} para diferentes calidades del vapor de refrigerante evaluados por la correlación de Travis

x	Re_l	X_{tt}	F_1	F_2	Nu	$h_{TP}, W/m^2 \cdot K$
0.001	48751	234.7025	0.032	36.179	44.165	301
0.1	43920	3.3863	0.284	35.968	353.345	2411
0.2	39040	1.6322	0.430	35.728	485.787	3314
0.3	34160	1.0048	0.576	35.457	580.603	3961
0.4	29280	0.6751	0.738	35.144	653.148	4456
0.5	24400	0.4687	0.933	34.774	708.779	4836
0.6	19520	0.3254	1.190	34.321	749.420	5113
0.7	14640	0.2186	1.568	33.737	774.901	5287
0.8	9760	0.1346	2.225	32.914	782.650	5340
0.9	4880	0.0649	3.884	31.507	764.842	5218
0.99	488	0.0075	24.401	25.701	741.611	5060

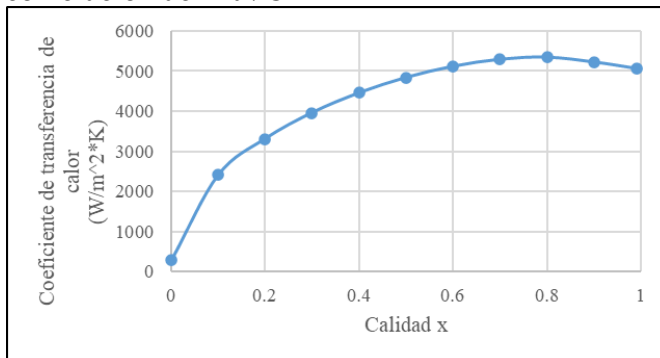
Nota. Fuente: elaboración propia.

De la Tabla 3-54 se tiene que el coeficiente de transferencia de calor promedio

$h_{TP, promedio}$ por la correlación de Travis:

$$h_{TP, promedio} = 4118 W/m^2 \cdot K$$

Figura 3-39 Variación de h_{TP} en función de la calidad del vapor de refrigerante por la correlación de Travis



Nota. Fuente: elaboración propia.

A partir de la Tabla 3-54 y la Figura 3-39 se puede verificar que al ingreso del refrigerante al condensador, el valor del coeficiente de transferencia de calor es más alto, y conforme se va condensando el vapor de refrigerante, el coeficiente de transferencia de calor va descendiendo, esto de acuerdo con (Kakaç, 1991) es debido al aumento de la película anular al interior de la tubería del condensador.

Correlación de Cavallini y Zecchin

El trabajo de Cavallini y Zecchin sugiere la siguiente ecuación para determinar el coeficiente de transferencia de calor (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012, pág. 324):

$$h_{TP} = 0.05 Re_{eq}^{0.8} Pr_l^{0.33} \frac{k_l}{d}$$

Donde Re_{eq} es el número de Reynolds equivalente, y está definido por (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012, pág. 325):

$$Re_{eq} = Re_v \left(\frac{\mu_v}{\mu_l} \right)^{0.5} \left(\frac{\rho_l}{\rho_v} \right) + Re_l$$

Se tiene el número de Reynolds de la fase de vapor Re_v y de la fase líquida Re_l para una calidad del 0.5:

$$Re_v = \frac{G \cdot x \cdot D_i}{\mu_v} = \frac{507 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s} \times 0.5 \times 0.008325 \text{ m}}{1.44 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 146163$$

$$Re_l = \frac{G(1-x)D_i}{\mu_l} = \frac{507 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s} \times (1-0.5) \times 0.008325 \text{ m}}{0.87 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 24400$$

$$\therefore Re_{eq} = 86662 \left(\frac{0.144 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}}{0.87 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}} \right)^{0.5} \left(\frac{900.6 \text{ kg/m}^3}{138.312 \text{ kg/m}^3} \right) + 24200 = 86662$$

Por consiguiente, el coeficiente de transferencia de calor de la fase bifásica h_{TP} es:

$$h_{TP} = 0.05 Re_{eq}^{0.8} Pr_l^{0.33} \frac{k_l}{D_i} = 0.05 \times 86662^{0.8} \times 2.97^{0.33} \times \frac{0.0568 \text{ W/m} \cdot \text{K}}{0.008325 \text{ m}} = 4358 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

En la Tabla 3-55 y Figura 3-40 se muestran los resultados obtenidos por la correlación de Cavallini y Zecchin, para la variación del coeficiente de transferencia de calor en el proceso de condensación del refrigerante.

Tabla 3-55 Valores de h_{TP} para diferentes calidades del vapor de refrigerante evaluados por la correlación de Cavallini y Zecchin

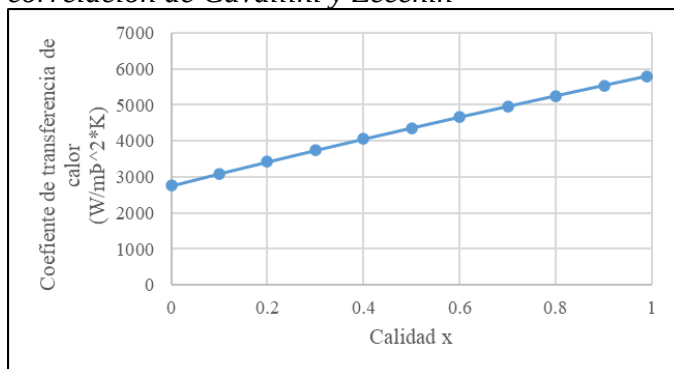
x	Re_v	Re_l	Re_{eq}	$h_{TP}, W/m^2 \cdot K$
0.001	292	48751	48876	2756
0.1	29233	43920	56372	3090
0.2	58465	39040	63945	3418
0.3	87698	34160	71517	3738
0.4	116930	29280	79090	4051
0.5	146163	24400	86662	4358
0.6	175395	19520	94234	4661
0.7	204628	14640	101807	4958
0.8	233860	9760	109379	5251
0.9	263093	4880	116952	5540
0.99	289402	488	123767	5796

Nota. Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 3-55 se tiene coeficiente de transferencia de calor promedio $h_{TP, promedio}$:

$$h_{TP, promedio} = 4329 W/m^2 \cdot K$$

Figura 3-40 Variación de h_{TP} en función de la calidad del vapor de refrigerante por la correlación de Cavallini y Zecchin



Nota. Fuente: elaboración propia.

Comparación de los Valores Obtenidos

Tabla 3-56 Resultados obtenidos de h_{TP} para el condensador

Correlación	Para:	Valor, $W/m^2 K$
Correlación de Travis	$h_{TP} x=0.5$	4836
	$h_{TP} promedio$	4118
Correlación de Cavallini y Zecchin	$h_{TP} x=0.5$	4358
	$h_{TP} promedio$	4329

Nota. Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 3-56 se aprecia que los valores obtenidos de h_{TP} por ambas correlaciones, tanto como para $x = 5$ y el $h_{TP \text{ promedio}}$, son muy similares. Por lo tanto, para los siguientes cálculos tomaremos el valor de $h_{TP \text{ promedio}}$ obtenido por la correlación de Travis para el h_i del refrigerante en todo el condensador.

$$\therefore h_i = h_{TP \text{ promedio}}$$

Determinación del Coeficiente Global de Transferencia de Calor

Debido a que se desconoce la temperatura del aire a la salida del condensador $T_{o,sal}$, se asume un primer valor para después ser corregido, de esta forma se obtiene también el valor de Cp_o para una temperatura media del aire $T_{o,prom}$.

A partir de la ecuación de balance para intercambiadores de calor se determina $T_{o,sal}$:

$$\dot{Q}_{cond} = \dot{m}_o Cp_o (T_{o,sal} - T_{o,ent})$$

$$T_{o,sal} = \frac{\dot{Q}_{cond}}{\dot{m}_o Cp_o} + T_{o,ent} = \frac{3800 \text{ W}}{0.154 \text{ kg/s} \times 1.007 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}} + 280 \text{ K} = 318 \text{ K}$$

Se determinan las propiedades termofísicas del aire y del refrigerante R-404A a una temperatura media $T_{o,prom}$ y $T_{i,prom}$:

$$T_{o,prom} = \frac{T_{o,ent} + T_{o,sal}}{2} = \frac{280 \text{ K} + 318 \text{ K}}{2} = 299 \text{ K}; \quad T_{i,prom} = \frac{T_{i,ent} + T_{i,sal}}{2} = 323 \text{ K}$$

Tabla 3-57 Propiedades termofísicas de los fluidos de trabajo en el condensador.

Fluido	Propiedades	Valor
Aire	$Cp_o, \text{ J/kg} \cdot \text{K}$	1007
	$\mu_o, \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$	1.8385×10^{-5}
	Pr_o	0.707
Refrigerante R-404A	$Cp_i, \text{ J/kg} \cdot \text{K}$	1952

Nota. Fuente: tabla elaborada a partir del Anexo 08 y Anexo 06.

Tabla 3-58 Datos de la para la configuración 8.0-3/8T en S.I.

Diámetro exterior del tubo	Do	10.2 mm	0.0102 m
Paso de aletas		315 aletas/m	
Diámetro hidráulico	D_h	3.632 mm	0.003632 m
Espesor de aleta	t	0.33 mm	0.00033 m
Área de flujo libre / área frontal	σ	0.534	

Área de transferencia de calor / volumen total	α	$587 \text{ m}^2/\text{m}^3$
Área de aletas / área total	A_f/A	0.913

Nota. Parámetros geométricos para la configuración 8.0-3/8T. Fuente: tabla elaborada a partir de (Kays & London, 2018, pág. 270).

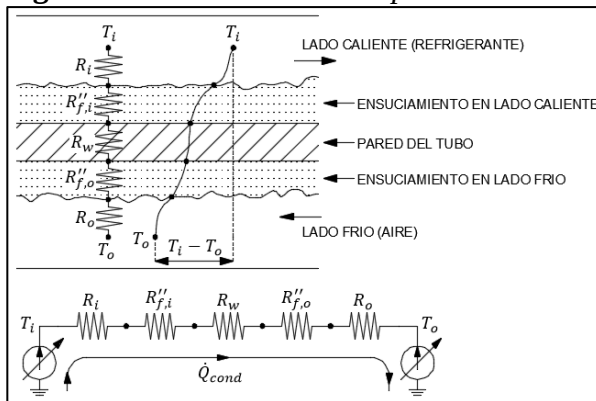
En la Tabla 3-58 se detallan los parámetros geométricos para la configuración 8.0-3/8T que se empleara para el dimensionamiento del condensador. Del mismo modo que para el evaporador, se omiten las diferencias menores entre datos de (Kays & London, 2018) y valores comerciales (diámetro de tubo y espesor de aleta) debido a su mínima variación en los resultados.

Análogamente, el valor del área de aletas sobre el área total A_f/A para el condensador:

$$\frac{A_f}{A} = \frac{A_{f,o}}{A_o}$$

Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor, se obvia la resistencia por contacto entre tubo y aleta, del mismo modo no se considera aletas al interior de los tubos. Por consiguiente, a partir de la Figura 3-41 se tiene la resistencia total en el condensador.

Figura 3-41 Circuito térmico para el condensador



Nota. Fuente: elaboración propia.

$$R_T = R_i + R''_{f,i} + R_w + R''_{f,o} + R_o$$

Por consiguiente, se tiene la expresión para determinar el coeficiente global de transferencia de calor U (Incropera F., 1999):

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{U_i A_i} = \frac{1}{U_o A_o} = \frac{1}{(\eta_o h A)_i} + \frac{R''_{f,i}}{(\eta_o A)_i} + R_W + \frac{R''_{f,o}}{(\eta_o A)_o} + \frac{1}{(\eta_o h A)_o}$$

Se realiza un análisis de la influencia del factor de impureza en el coeficiente global de transferencia de calor, de tal forma que la ecuación para determinar U , ignorando los factores de impureza al interior y exterior de los tubos queda de la siguiente forma:

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_i \left(\frac{A_i}{A_o} \right)} + A_o R_W + \frac{1}{\eta_{o,o} h_o}$$

El valor de A_i/A_o se puede determinar a partir de la suposición de que el espesor es casi insignificante, por lo cual se tiene (Incropera F., 1999):

$$\frac{A_i}{A_o} \approx \frac{D_i}{D_o} \left(1 - \frac{A_{f,o}}{A_o} \right) = \frac{0.00833}{0.00953} (1 - 0.913) = 0.076$$

La expresión para determinar el coeficiente global de transferencia de calor U_o , considerando los factores de impureza al interior y exterior:

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_i \left(\frac{A_i}{A_o} \right)} + \frac{R''_{f,i}}{\left(\frac{A_i}{A_o} \right)} + A_o R_W + \frac{R''_{f,o}}{\eta_{o,o}} + \frac{1}{\eta_o h_o}$$

A partir de la Figura 3-26 se tiene la siguiente expresión, para determinar la resistencia térmica de la pared del tubo $R_{t,com}$ (Incropera F., 1999, pág. 92):

$$R_{t,com} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi Lk} = R_W = \frac{\ln(D_o/D_i)}{2\pi Lk}$$

Se multiplica ambas partes de la ecuación de R_W por A_o para obtener el valor de $A_o R_W$, así también se reemplaza por la expresión $A_i = D_i \cdot \pi \cdot L$.

$$A_o R_W = \frac{\ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)}{\frac{2\pi Lk}{A_o}} = \frac{D_i \ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)}{2k_{tub} \left(\frac{A_i}{A_o}\right)} = \frac{0.00833m \times \ln\left(\frac{0.00953m}{0.00833m}\right)}{2 \times 401 \frac{W}{m \cdot K} (0.076)} = 1.8382 \times 10^{-5} \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Ahora se determina el coeficiente de transferencia de calor al exterior de los tubos h_o , para ello se requiere la velocidad de masa del aire G_o (Incropera F., 1999, pág. 613):

$$G_o = \frac{\dot{m}_o}{A_{ff}} = \frac{\dot{m}_o}{\sigma A_{fr}} = \frac{0.154 \text{ kg/s}}{0.534 \times 0.102 \text{ m}^2} = 2.816 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2$$

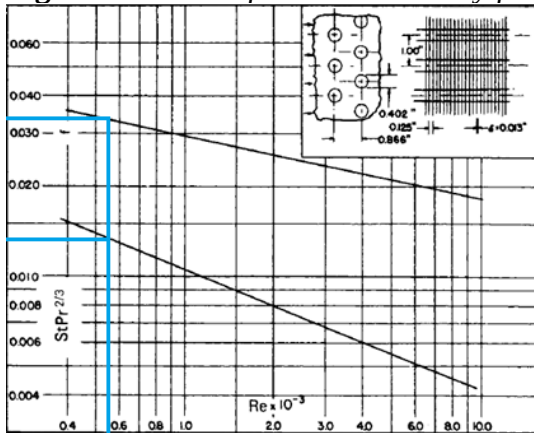
Donde A_{ff} es área de flujo libre mínima de los pasos con aletas (área de sección transversal perpendicular a la sección del flujo) (Incropera F., 1999).

Se determina el número de Reynolds Re para el flujo de aire al exterior del condensador. Donde el diámetro hidráulico del paso de flujo D_h de obtiene de la Tabla 3-58.

$$Re = \frac{G_o D_h}{\mu_o} = \frac{2.816 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2 \times 0.003632 \text{ m}}{1.8385 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 556$$

De la Figura 3-42 se obtiene el valor de $St Pr^{2/3}$ mediante el número de Reynolds.

Figura 3-42 Transferencia de calor y factor de fricción para la configuración 8.0-3/8T



Nota. para más detalle ver Anexo 08. Fuente: figura extraída de (Kays & London, 2018, pág. 270).

$$(St Pr^{2/3})_o = 0.013$$

Se tiene las ecuaciones del número de Colburn j_H , y el numero Stanton St (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012, pág. 434):

$$j_H = St \cdot Pr^{2/3}; \quad St = \frac{h}{G C_p}$$

Por consiguiente, reemplazando la ecuación de Stanton en la ecuación de Colburn y despejando h , se tiene el coeficiente promedio de convección del aire sobre la superficie con aletas h_o .

$$h_o = j_H \frac{G_o C p_o}{Pr_o^{2/3}} = 0.013 \frac{2.816 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2 \times 1.007 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}}{0.707^{2/3}} = 30.17 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Ahora se determina la eficiencia de la temperatura η_o del lado frío, a partir de la ecuación planteada en (Incropera F., 1999, pág. 585), para lo cual se halla la eficiencia de aleta η_f , y el valor del área de las aletas sobre el área total A_f/A se obtiene de la Tabla 3-58.

$$\eta_o = 1 - \frac{A_f}{A} (1 - \eta_f)$$

Se define la longitud de aleta L_{aleta} , de la misma forma que se hizo para las aletas del evaporador, a partir de la Figura 3-28:

$$L_{aleta} = (S_T - D_o)/2 = (0.0254\text{m} - 0.00953\text{m}) = 0.0079\text{m}$$

$$L_c = L_{aleta} + (t/2) = 0.00794\text{m} + (0.0002\text{m}/2) = 0.008\text{m}$$

$$A_P = L_c t = 0.008\text{m} \times 0.0002\text{m} = 1.607 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$L_c^{3/2} (h_o/k_{Al} \cdot A_P)^2 = (0.008 \text{ m})^{3/2} \left(\frac{30.17 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}{237 \text{ W/m} \cdot \text{K} \times 1.607 \times 10^{-6} \text{ m}^2} \right)^2 = 0.2027$$

Por lo cual, a partir de la Figura 3-29 se obtiene η_f (%).

$$\eta_f(\%) = 97 \%$$

Se corrobora la eficiencia de las aletas η_f a partir de (Incropera F., 1999, pág. 122):

$$mL_c = \left(\frac{hP}{kA_c} \right)^{1/2} L_c = \left(\frac{2h_o}{k_{Al}t} \right)^{1/2} L_c = \left(\frac{2 \times 30.17 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}{237 \text{ W/m} \cdot \text{K} \times 0.0002 \text{ m}} \right)^{1/2} \times 0.008\text{m} = 0.2867$$

$$\eta_f = \frac{\tanh mL_c}{mL_c} = \frac{\tanh 0.2867}{0.2867} = 0.97$$

Por consiguiente, se tiene la eficiencia del lado frío (lado aire) $\eta_{o,o}$:

$$\eta_{o,o} = 1 - \frac{A_f}{A} (1 - \eta_f) = 1 - 0.913(1 - 0.96) = 0.975$$

Del Anexo 10 se obtienen las resistencias térmicas debido a los factores de impureza:

$$R''_{f,o} = 0.0004 \, m^2 \cdot K/W \text{ Para el lado del aire}$$

$$R''_{f,i} = 0.0004 \, m^2 \cdot K/W \text{ Para el lado del refrigerante}$$

Ahora determinamos el coeficiente global de transferencia de calor del intercambiador, obviando el factor de impureza y considerando el factor de impureza respectivamente.

$$\frac{1}{U_{h, \sin F.I.}} = \frac{1}{h_i \left(\frac{A_i}{A_o} \right)} + A_o R_w + \frac{1}{\eta_{o,o} h_o} = \frac{1}{4118 \frac{W}{m^2 \cdot K} \times (0.0760)} + 1.8382 \times 10^{-5} \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{1}{0.975 \times 30.17 \frac{W}{m^2 \cdot K}}$$

$$U_{h, \sin F.I.} = 26.89 \, W/m^2 \cdot K$$

$$\frac{1}{U_{h, \text{ con F.I.}}} = \frac{1}{h_i \left(\frac{A_i}{A_o} \right)} + \frac{R''_{f,i}}{\left(\frac{A_i}{A_o} \right)} + A_o R_w + \frac{R''_{f,o}}{\eta_{o,o}} + \frac{1}{\eta_{o,o} h_o}$$

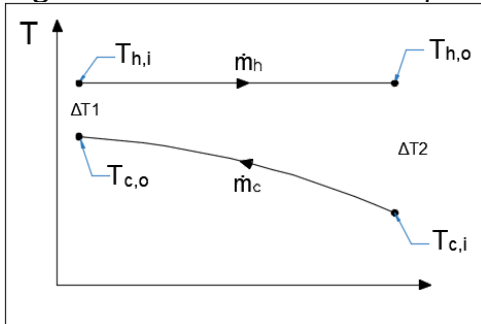
$$\frac{1}{U_{h, \text{ con F.I.}}} = \frac{1}{4118 \frac{W}{m^2 \cdot K} \times (0.0760)} + \frac{0.0004 \, m^2 \cdot K/W}{0.0760} + 1.8382 \times 10^{-5} \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{0.0004 \, m^2 \cdot K/W}{0.975} + \frac{1}{0.975 \times 30.17 \frac{W}{m^2 \cdot K}}$$

$$U_{h, \text{ con F.I.}} = 23.34 \, W/m^2 \cdot K$$

Se verifica que el factor de impureza tiene un efecto significativo en el coeficiente global de transferencia de calor U , de aproximadamente 13.2%. Por consiguiente, se toma en consideración en el dimensionamiento del condensador.

Cálculo del Área Necesaria Para la Transferencia de Calor del Condensador

Para el cálculo del área para la transferencia de calor, se opta por el método LMTD, dado que se conocen las temperaturas de entrada y salida de ambos fluidos. Por consiguiente, en la Figura 3-43 se tiene la distribución de temperaturas para el condensador:

Figura 3-43 Distribución de temperaturas en el condensador

Nota. Se visualiza la variación de las temperaturas de ambos fluidos, donde el flujo $\dot{m}_h$ corresponde al fluido del refrigerante y el flujo $\dot{m}_c$ corresponde al fluido del aire. Así mismo, los subíndices h y c se refieren al fluido caliente (refrigerante) y al fluido frío (aire) respectivamente, del mismo modo i y o designan las condiciones de entrada y salida de ambos fluidos. Esta distribución de temperaturas corresponde a un intercambiador de calor de flujo cruzado. Fuente: elaboración propia.

A partir de la Figura 3-43, se calculan las diferencia de temperaturas en los puntos extremos (ΔT_1 y ΔT_2) para determinar la diferencia de temperaturas media logarítmica ΔT_{lm} (Incropera F., 1999, pág. 591):

$$\Delta T_1 \equiv T_{h,1} - T_{c,1} = T_{h,i} - T_{c,o} = 323 \text{ K} - 318 \text{ K} = 5 \text{ K}$$

$$\Delta T_2 \equiv T_{h,2} - T_{c,2} = T_{h,o} - T_{c,i} = 323 \text{ K} - 280 \text{ K} = 43 \text{ K}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2/\Delta T_1)} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1/\Delta T_2)} = 17.7 \text{ K}$$

Al tratarse de un intercambiador de flujo cruzado, es necesario un factor de corrección F para obtener el valor correcto de ΔT_{lm} , dado que el valor de ΔT_{lm} que se calculó antes, fue para condiciones de un intercambiador de contraflujo (Incropera F., 1999, pág. 592).

$$\Delta T_{lm} = F \cdot \Delta T_{lm,CF}$$

La Figura 3-31 proporciona el factor de corrección F aplicable a esta configuración de fluidos sin mezclar (aire y refrigerante), donde el aire está limitado por aletas y el refrigerante por tubos de cobre. Por consiguiente:

$$P = \frac{t_o - t_i}{T_i - t_i} = \frac{323 \text{ K} - 323 \text{ K}}{280 \text{ K} - 323 \text{ K}} = 0; \quad R = \frac{T_i - T_o}{t_o - t_i} = \frac{280 \text{ K} - 318 \text{ K}}{323 \text{ K} - 323 \text{ K}} = \infty$$

Los valores de P y R obtenidos, corresponden a un intercambiador de calor en el cual el fluido al interior de los tubos experimenta un cambio de fase. Por consiguiente, de acuerdo con (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 646) el factor de corrección es igual a 1, para condensadores.

$$F = 1 \quad \therefore \Delta T_{lm} = F \cdot \Delta T_{lm,CF} = 1 \times 17.66 = 17.66$$

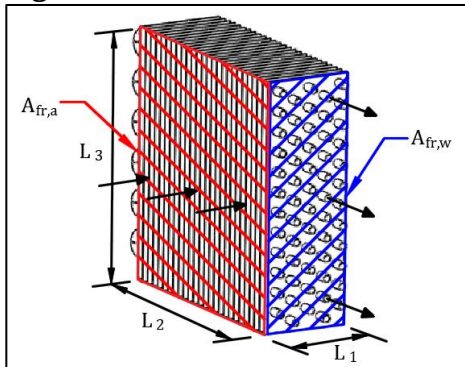
Ahora determinamos el área de transferencia de calor A_o con la siguiente expresión, donde $\dot{Q}_{cond}$ es la tasa de transferencia de calor en el condensador (Incropera F., 1999):

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{cond} = U \cdot A \cdot F \cdot \Delta T_{lm,CF}$$

$$\therefore A_o = \frac{\dot{Q}_{cond}}{U_o \cdot F \cdot \Delta T_{lm,CF}} = \frac{3800 \text{ W}}{23.33 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 17.66 \text{ K}} = 9.22 \text{ m}^2$$

Dimensiones del Núcleo del Condensador

Figura 3-44 Parámetros del núcleo del intercambiador de calor



Nota. Donde: L_1 : longitud del núcleo del intercambiador de calor con respecto al flujo de aire, L_2 : ancho del núcleo del intercambiador de calor, L_3 : alto del núcleo del intercambiador de calor, Fuente: elaboración propia a partir de (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012).

Para determinar las dimensiones del núcleo del condensador, se emplea el volumen del núcleo $Vol_{nucleo-cond}$ y el valor α para la configuración 8.0-3/8T (ver Tabla 3-44).

A partir de la Figura 3-44 se deduce que:

$$Vol = A_{fr,a} \times L_1; \quad Vol = A_{fr,w} \times L_2; \quad Vol = L_1 \times L_2 \times L_3; \quad A_{fr,a} = L_2 \times L_3;$$

Determinamos el volumen del núcleo Vol a partir de la relación α (Incropera F., 1999):

$$\alpha = \frac{A_o}{Vol_{nucleo-cond}} \quad \therefore Vol_{nucleo-cond} = \frac{A_o}{\alpha} = \frac{9.22 \text{ m}^2}{587 \text{ m}^2/\text{m}^3} = 0.0157 \text{ m}^3$$

Determinamos la longitud L_1 del núcleo del intercambiador de calor a partir de:

$$L_1 = \frac{Vol_{nucleo-cond}}{A_{fr}} = \frac{0.0157 \text{ m}^3}{0.102 \text{ m}^2} = 0.153 \text{ m}$$

Número de filas de tubos perpendiculares a la dirección del flujo del fluido exterior N_L :

$$N_L \approx \frac{L_1 - S_T}{S_L} + 1 = \frac{153 \text{ mm} - 25.4 \text{ mm}}{21.99 \text{ mm}} + 1 = 6.8 \approx 7 \text{ filas}$$

Determinamos el número de hileras paralelas al flujo de aire N_T :

$$N_T \approx 0.5 \left(\frac{2L_3 - S_T}{S_T} \right) = 0.5 \left(\frac{2(320 \text{ mm}) - 25.4 \text{ mm}}{25.4 \text{ mm}} \right) = 12.1 \approx 12$$

Por tanto, el número total de tubos N que se empleara en el núcleo del condensador.

$$N_{cond} = N_L \times N_T = 7 \times 12 = 84 \text{ tubos}$$

La longitud total de tubería que se empleara en el núcleo del condensador es:

$$L_{long. total de tubería-cond} = N_{cond} \times L_2 = 84 \times 0.32 \text{ m} = 26.88 \text{ m}$$

Por consiguiente, para la fabricación del núcleo del condensador se emplearía 26.88 metros de tubería de cobre de 3/8" aproximadamente, aunque este solo es un valor referencial, debido a que no está incluido la longitud de tubería que se empleará en las conexiones en C y las conexiones a los colectores, por lo cual tomaremos un valor más aproximado de:

$$L_{long. total de tubería-cond} \approx 27 \text{ m}$$

Caída de Presión Asociada con el Flujo a Través del Banco de Tubos con Aletas

La caída de presión asociada con el flujo a través del banco de tubos con aletas Δp_o (Incropera F., 1999, pág. 614):

$$\Delta p_{o-cond} = \frac{G_o^2 (v_i)_o}{2} \left[(1 + \sigma^2) \left(\frac{(v_o)_o}{(v_i)_o} - 1 \right) + (f)_o \left(\frac{A}{A_{ff}} \right)_{cond} \frac{(v_m)_o}{(v_i)_o} \right]$$

Los valores $(v_i)_o$ y $(v_o)_o$ se obtienen del Anexo 08 y se determina el volumen específico medio $(v_m)_o$:

$$(v_i)_o = 0.797 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ para } 280 \text{ K}; \quad (v_o)_o = 0.905 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ para } 318 \text{ K}$$

$$\therefore (v_m)_o = \frac{(v_i)_o + (v_o)_o}{2} = \frac{0.797 + 0.905}{2} = 0.851 \text{ m}^3/\text{kg}$$

La razón de área A/A_{ff} se determina mediante (Incropera F., 1999, pág. 614):

$$\left(\frac{A}{A_{ff}} \right)_{cond} = \frac{\alpha Vol_{nucleo-cond}}{\sigma A_{fr}} = \frac{587 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3} \times 0.0162 \text{ m}^3}{0.534 \times 0.102 \text{ m}^2} = 173.621$$

De la Figura 3-42 se obtiene el factor de fricción $(f)_o$ a partir del número de Reynolds:

$$(f)_o = 0.033$$

$$\therefore \Delta p_{o-cond} = \frac{\left(2.816 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \right)^2 \times 0.797 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{2} \left[(1 + 0.534^2) \left(\frac{0.905}{0.797} - 1 \right) + 0.033 \times 173.621 \times \frac{0.851}{0.797} \right] = 19.89 \text{ Pa}$$

Caída de Presión del Refrigerante al Interior de las Tuberías del Condensador

El gradiente de presión para un tubo recto viene dado por la ecuación (Mills, 1995):

$$\frac{dP}{dz} = \left(\frac{dP}{dz} \right)_F + \left(\frac{dP}{dz} \right)_G + \left(\frac{dP}{dz} \right)_M$$

Se determina la viscosidad de referencia μ_r (Mills, 1995):

$$\frac{1}{\mu_r} = \frac{x}{\mu_g} + \frac{1-x}{\mu_l}$$

$$\mu_r = \left(\frac{0.5}{1.44 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}} + \frac{1-0.5}{0.87 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}} \right)^{-1} = 2.475 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$\therefore Re = \frac{G \cdot D_i}{\mu_r} = \frac{507 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s} \times 0.008325 \text{ m}}{2.475 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 170563$$

Por lo cual se tiene un flujo turbulento. Ahora el factor de fricción para una tubería de paredes lisas se obtiene a través de la ecuación de Petukhov para $10^4 < Re < 5 \times 10^6$ (Mills, 1995, pág. 281):

$$f = (0.790 \cdot \ln Re - 1.64)^{-2} = (0.790 \times \ln 170563 - 1.64)^{-2} = 0.01612$$

Calculamos la densidad de flujo ρ (Mills, 1995):

$$\rho = x\rho_g + (1 - x)\rho_l = 0.5 \times 138.312 \text{ kg/m}^3 + (1 - 0.5)900.6 \text{ kg/m}^3 = 519.456 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Gradiente debido a la fricción en la pared del tubo $(dP/dz)_F$ es:

$$\left(\frac{dP}{dz}\right)_F = -\frac{f}{D_{in}} \frac{G^2}{2\rho} = -\frac{0.01612}{0.008325 \text{ m}} \times \frac{(507 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s})^2}{2 \times 519.456 \text{ kg/m}^3} = -479.09 \text{ Pa/m}$$

Gradiente de presión debido a la gravedad $(dP/dz)_G$ para una tubería horizontal es igual a cero, debido a que $\theta = 0$ (θ : ángulo medido a partir de la horizontal).

$$\left(\frac{dP}{dz}\right)_G = -\rho g \sin \theta = -\rho g \sin 0^\circ = 0$$

Para determinar el gradiente de presión debido a la variación de la cantidad de movimiento $(dP/dz)_M$, se debe primero determinar $d\rho/dz$, por consiguiente, se tiene (Mills, 1995):

$$\left(\frac{dP}{dz}\right)_M = \left(\frac{G}{\rho}\right)^2 \frac{d\rho}{dz}$$

El gradiente de la calidad de vapor mediante un balance de energía es:

$$\frac{dx}{dz} = -\frac{\dot{Q}/L}{\dot{m}_R \cdot i_{lg}} = -\frac{3800 \text{ W/1m}}{0.0276 \text{ kg/s} \times 103810 \text{ J/kg}} = -1.326 \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{dp}{dz} = (\rho_g - \rho_l) \frac{dx}{dz} = (138.312 \text{ kg/m}^3 - 900.6 \text{ kg/m}^3) \times (-1.326 \text{ m}^{-1}) = 1011 \text{ kg/m}^4$$

$$\left(\frac{dP}{dz}\right)_M = \left(\frac{G}{\rho}\right)^2 \frac{d\rho}{dz} = \left(\frac{507 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}}{519.456 \text{ kg/m}^3}\right)^2 \times 1011 \frac{\text{kg}}{\text{m}^4} = 963.3 \text{ Pa/m}$$

Por consiguiente, el gradiente de presión para la tubería de la recta del condensador dP/dz :

$$\frac{dP}{dz} = \left(\frac{dP}{dz}\right)_F + \left(\frac{dP}{dz}\right)_G + \left(\frac{dP}{dz}\right)_M = -479.09 + 0 + 963.3 = 484.2 \text{ Pa/m}$$

Bajo estas condiciones se verifica que hay recuperación de presión por desaceleración.

Ahora se calculan las pérdidas adicionales $\Delta P_{\text{Adicional}}$ debido a los codos del condensador.

$$\Delta P_{\text{Adicional}} = K_{\text{codo}} \times \frac{\rho \cdot v_R^2}{2}$$

Donde K_{codo} es el coeficiente de pérdida del accesorio, se obtiene del Anexo 11:

$$K_{\text{codo}} = 1.7$$

Se determina la velocidad del refrigerante v_R :

$$v_R = \frac{\dot{m}_R}{\rho \cdot A_C} = \frac{0.0276 \text{ kg/s}}{519.456 \text{ kg/m}^3 \times 5.443 \times 10^{-5} \text{ m}^2} = 0.976 \text{ m/s}$$

$$\therefore \Delta P_{\text{Adicional}} = 1.7 \times \frac{519.456 \text{ kg/m}^3 \times (0.976 \text{ m/s})^2}{2} = 420.7 \text{ Pa}$$

Por consiguiente, la caída de presión total en el condensador $\Delta p_{\text{total-R}}$ para una longitud de tubería de 27 metros y 81 codos es:

$$\Delta p_{\text{total-R}} = \frac{dP}{dz} \times L + \Delta P_{\text{Adicional}} \times N_{\text{codos}} = (-484.2 \text{ Pa/m}) \times 27 \text{ m} + 420.7 \text{ Pa} \times 81$$

$$\Delta p_{\text{total-R}} = 21.0 \text{ KPa} \approx 0.21 \text{ bar} \approx 3.05 \text{ PSI}$$

Aunque no se establece un límite específico para las caídas de presión en condensadores, se sugiere caídas de presión por debajo de 5 PSI para asegurar la eficiencia de

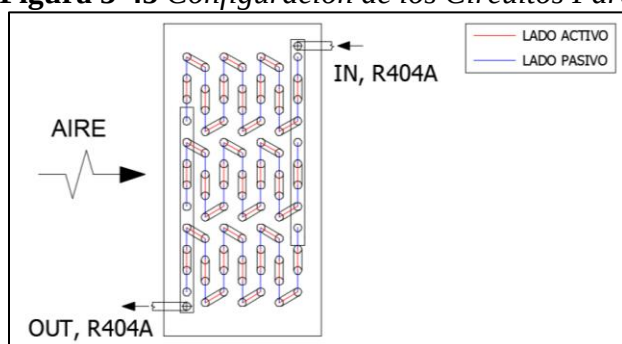
un sistema de refrigeración. Por lo cual la caída de presión hallada $\Delta p_{total-R} = 3.05 \text{ PSI}$ es aceptable.

3.2.8.4. Disposición de los Circuitos del Condensador

Los colectores en condensadores del tipo compactos mejoran el flujo de refrigerante, optimizan la transferencia de calor y reducen el consumo energético. Por ello, se opta por un colector a la entrada y otro a la salida del condensador.

3.2.8.5. Diseño del Arreglo de los Serpentes del Condensador

Figura 3-45 Configuración de los Circuitos Para el Condensador



Nota. Esta configuración es para 3 circuitos. Fuente: elaboración propia.

Para el arreglo de los serpentines del condensador, el sentido del lado activo y lado pasivo del condensador será igual al del evaporador, esto para realizar las respectivas conexiones de un mismo lado. Siguiendo las mismas recomendaciones para la configuración de los arreglos de los circuitos del evaporador y tomando en consideración la Figura 3-35 y Figura 3-36, se muestra el arreglo de los serpentines para el condensador en la Figura 3-45.

3.2.8.6. Diseño Mecánico del Condensador

En esta sección se realiza un análisis de los esfuerzos presentes en el condensador debido a la presión del refrigerante en las paredes de los tubos del núcleo y de los colectores.

Tabla 3-59 Datos de entrada para el cálculo de esfuerzos en el condensador

Datos de entrada		
Presión del gas refrigerante al interior del condensador	$P_{i, \text{cond}}$	Por determinar
Datos de la tubería de cobre del núcleo		
Diámetro externo de la tubería del núcleo	$D_{o, \text{nucleo}}$	$3/8" \approx 9.52 \text{ mm}$
Espesor de la tubería del núcleo	t_{nucleo}	0.6 mm

Datos de la tubería de cobre del colector		
Diámetro externo de la tubería de los colectores	$D_{o, \text{colect}}$	$5/8" \approx 15.87 \text{ mm}$
Espesor de la tubería del colector	t_{colector}	0.8 mm

Nota. Fuente: elaboración propia.

Para los cálculos de los esfuerzos máximos se considera una presión de $P_{i, \text{cond}} = 350 \text{ PSI} \approx 2.42 \text{ MPa}$, la cuál sería la presión máxima aproximada a la que llegaría a una temperatura ambiental máxima de 36°C (cuando el sistema de refrigeración del AWG estaría operando).

De la misma forma que para el evaporador se considera un caso de esfuerzos en recipientes de pared gruesa $t > r_o/10$. Por consiguiente, se emplea las ecuaciones de Lamé para determinar el esfuerzo tangencial σ_t y esfuerzo radial σ_r , y se desprecia la presión externa porque es muy pequeña en comparación a la presión interna en el condensador $p_o = 0$.

Por consiguiente, los esfuerzos en los tubos del núcleo considerando que $r_o = 9.52/2 = 4.76 \text{ mm}$, $r_i = (9.52/2) - 0.6 = 4.16 \text{ mm}$:

$$\sigma_t(r=r_i) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) = \frac{(2.42 \times 10^6) \cdot 0.00416^2}{0.00476^2 - 0.00416^2} \cdot \left(1 + \frac{0.00476^2}{0.00416^2}\right) = 18.07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t(r=r_o) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_o^2}{r_o^2}\right) = \frac{(2.42 \times 10^6) \cdot 0.00416^2}{0.00476^2 - 0.00416^2} \cdot (2) = 15.65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_r(r=r_i) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 - \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) = \frac{(2.42 \times 10^6) \cdot 0.00416^2}{0.00476^2 - 0.00416^2} \cdot \left(1 - \frac{0.00476^2}{0.00416^2}\right) = -2.42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_r(r=r_o) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 - \frac{r_o^2}{r_o^2}\right) = \frac{(2.42 \times 10^6) \cdot 0.00416^2}{0.00476^2 - 0.00416^2} \cdot (0) = 0$$

Esfuerzos en los tubos de los colectores considerando que $r_o = 15.87/2 = 7.94 \text{ mm}$, $r_i = (15.87/2) - 0.8 = 7.14 \text{ mm}$:

$$\sigma_t(r=r_i) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) = \frac{(2.42 \times 10^6) \cdot 0.00714^2}{0.00794^2 - 0.00714^2} \cdot \left(1 + \frac{0.00794^2}{0.00714^2}\right) = 22.87 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t (r=r_o) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) = \frac{(2.42 \times 10^6) \cdot 0.00714^2}{0.00794^2 - 0.00714^2} \cdot (2) = 20.45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_r (r=r_i) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 - \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) = \frac{(2.42 \times 10^6) \cdot 0.00714^2}{0.00794^2 - 0.00714^2} \cdot \left(1 - \frac{0.00794^2}{0.00714^2}\right) = -2.42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_r (r=r_o) = \frac{p_i \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 - \frac{r_o^2}{r_o^2}\right) = \frac{(2.42 \times 10^6) \cdot 0.00714^2}{0.00794^2 - 0.00714^2} \cdot (0) = 0$$

Se verifica que los esfuerzos máximos ocurren en las paredes interiores de los tubos.

Para los tubos del núcleo: $\sigma_x = \sigma_t (r=r_i) = 18.07 \text{ MPa}$; $\sigma_y = \sigma_r (r=r_i) = -2.42 \text{ MPa}$

Para los tubos del colector: $\sigma_x = \sigma_t (r=r_i) = 22.87 \text{ MPa}$; $\sigma_y = \sigma_r (r=r_i) = -2.42 \text{ MPa}$

Por consiguiente, empleando el criterio de la máxima energía de la distorsión de Von Mises para materiales dúctiles, considerando un estado de esfuerzo plano $\sigma_3 = 0$, se tiene:

Para los tubos del núcleo:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} = \sqrt{18.07^2 + (-2.42)^2 - (18.07 \cdot -2.42)} = 19.39 \text{ MPa}$$

Para los tubos del colector:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} = \sqrt{22.87^2 + (-2.42)^2 - (22.87 \cdot -2.42)} = 24.17 \text{ MPa}$$

Se determina el factor de seguridad $F.S.$ considerando que la $S_y = 40 \text{ MPa}$ para las tuberías de cobre ASTM/UNS C12200 con temple recocido O60 (ver Anexo 16).

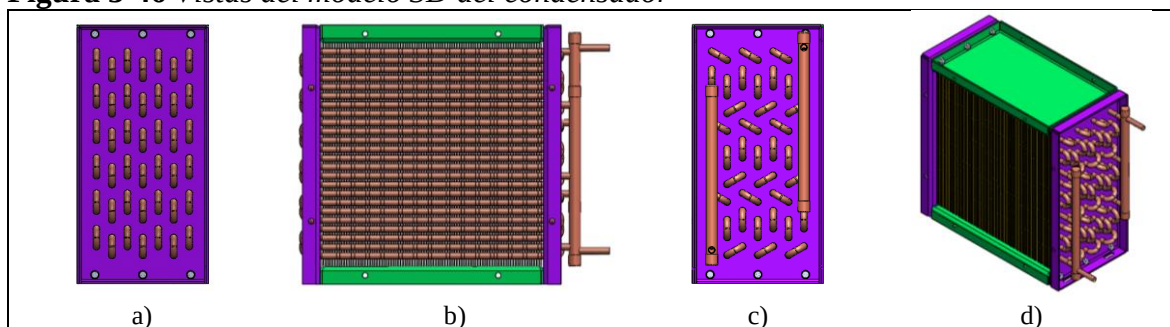
El factor de seguridad para los tubos del núcleo y de los colectores:

$$F.S. = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} = \frac{40}{19.39} = 2.06 \quad ; \quad F.S. = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} = \frac{40}{24.17} = 1.66$$

Los factores de seguridad obtenidos en ambos casos son mayores a 1. Estos resultados proporcionan un margen de seguridad adecuado que garantiza el rendimiento seguro del condensador bajo las condiciones de operación estimadas.

3.2.8.7. Dimensiones y Características del Condensador

Figura 3-46 Vistas del modelo 3D del condensador



Nota. a) vista lateral derecha, b) vista frontal, c) vista lateral izquierda, d) vista isométrica. En el Apéndice 04 y el plano AWG-05-04 se detallan las características técnicas del condensador. Fuente: elaboración propia.

3.2.9. Dimensionamiento del Sistema de Refrigeración

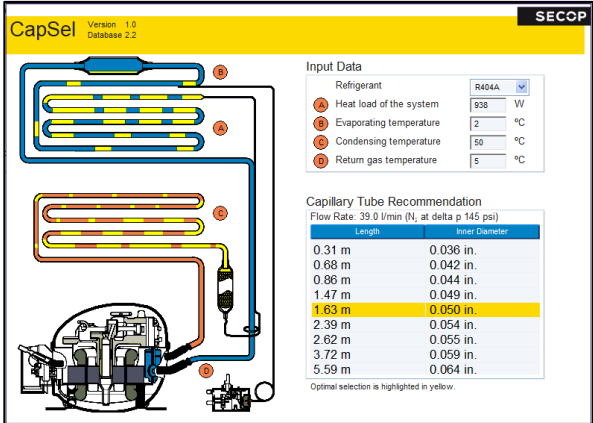
3.2.9.1. Selección del Compresor

Para el sistema de refrigeración se selecciona un compresor hermético rotativo (ver detalles del compresor en el Anexo 16). Entre las razones por las que se elige este tipo de compresor esta la eficiencia energética que muestra en sistemas de refrigeración de mediana capacidad, esto debido a su mecanismo de compresión continua. Además de ser económico y compacto frente a otros tipos de compresores de la misma capacidad. Así mismo tiene ya incorporado un acumulador de succión, dado que el compresor se instalará en la parte inferior al evaporador, lo que evitará los golpes de líquido que se pudieran generar (ver Figura 3-48).

3.2.9.2. Selección del Dispositivo de Expansión

Como dispositivo de expansión se opta por capilares, con lo cual para la selección del capilar se emplea el software Secop CapSel (Figura 3-47). Se decanta por instalar capilares en paralelo, dado que las ventajas que ofrece esta disposición es que se reduce las pérdidas de carga en el sistema y se reducen las fallas por obstrucción de capilar.

Figura 3-47 Selección del capilar con el software Secop CapSel



Nota. Se tiene en la parte inferior derecha los capilares más recomendados y resaltado la selección más óptima.
Fuente: elaboración propia con el uso de Secop CapSel.

Por consiguiente, para la selección de los capilares se divide la capacidad del evaporador por el número de circuitos del evaporador y se selecciona el diámetro adecuado. Con lo cual la selección más óptima es un capilar de diámetro interior 0.050” por una longitud de 1.63 metros, como resultado para el circuito serían tres capilares con la misma medida soldados en paralelo (ver datos del capilar seleccionado en el Anexo 16).

1.5.2.1. Selección de la Tuberías

En la Tabla 3-60 se detallan las tuberías seleccionadas, las cuales fueron corroboradas con el software Coolselector® 2.

Tabla 3-60 Selección de tuberías para el circuito de refrigeración

Línea	Tubería seleccionada
Línea de aspiración (evaporador → compresor)	Tubería de cobre flexible tipo ACR, O.D. 1/2” x 0.6 mm, ASTM B280
Línea de descarga (compresor → condensador)	Tubería de cobre flexible tipo ACR, O.D. 3/8” x 0.6 mm, ASTM B280
Línea de líquido (condensador → evaporador)	Tubería de cobre flexible tipo ACR, O.D. 3/8” x 0.6 mm, ASTM B280

Nota. Ver especificaciones técnicas en el Anexo 16. Fuente: elaboración propia

3.2.9.3. Selección de Accesorios Esenciales y Complementarios

Tabla 3-61 Selección de accesorios esenciales y complementarios

Accesorio	Función	Selección / Cantidad
Filtro deshidratador	Filtra impurezas y retiene la humedad del refrigerante	Para conexión a 3/8” soldable, compatible con R404A. Cantidad: 1
Válvula solenoide	Controla el flujo de refrigerante mediante el accionamiento de una bobina.	Para conexión a 3/8”, compatible con R404A. Cantidad: 1

Manómetro de alta	Mide la presión del refrigerante en la línea de alta presión.	Manómetro con glicerina para alta con conexión posterior a 1/4"SAE, compatible con R404A, rango: 0 a 250 PSI. Cantidad: 1
Manómetro de baja	Mide la presión del refrigerante en la línea de baja presión.	Manómetro con glicerina para baja con conexión posterior a 1/4"SAE, compatible con R404A, rango: -30 in Hg a 0 PSI a 250 PSI. Cantidad: 1
Visor de liquido	Permite la visualización del estado y humedad del refrigerante.	Para conexión a 3/8" soldable, compatible con R404A. Cantidad: 1
Válvula de servicio	Permite realizar la conexión de herramientas para tareas como la carga del refrigerante o tareas de mantenimiento y reparación.	Válvula de servicio Schraeder soldable 1/4", con gusanillo. Cantidad: 2

Nota. Ver datos de los accesorios seleccionados en el Anexo 16. Fuente: elaboración propia.

Se prioriza la selección de accesorios soldables puesto que se corre menos riesgo de fugas de refrigerante ante tareas de transporte a comparación de accesorios con conexión roscada.

1.5.2.1. Selección de Accesorios de Protección

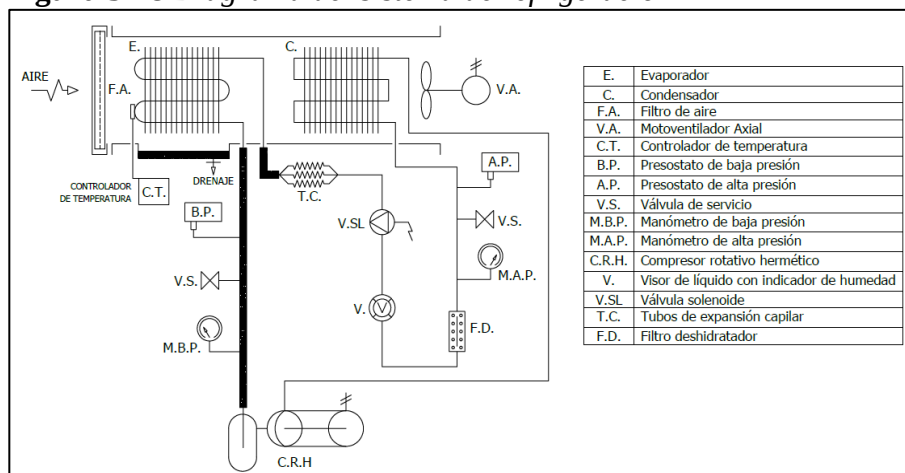
Para proteger el sistema de refrigeración ante presiones excesivamente altas o bajas en la línea de descarga o aspiración, se opta por presostatos encapsulados que serán conectados a válvulas Schraeder respectivamente soldadas en la tubería de cobre (ver Figura 3-48).

Tabla 3-62 Selección de accesorios de protección

Accesorio	Selección / Cantidad
Presostato de alta presión	Abierto: 350 PSI, cerrado: 250 PSI, p/conexión a 1/4" Flare. Cantidad: 1
Presostato de baja presión	Abierto: 25 PSI, cerrado: 80 PSI, p/conexión a 1/4" Flare. Cantidad: 1

Nota. Los presostatos son dispositivos que abren y cierran un circuito eléctrico dependiendo de la presión del refrigerante, suelen ser usados para el arranque o parada de compresores y ventiladores de condensadores de flujo forzado. Ver datos de los presostatos seleccionados en el Anexo 16. Fuente: elaboración propia.

Figura 3-48 Diagrama del sistema de refrigeración



Nota. Para ver los detalles del Circuito de refrigeración ver planos. Fuente: elaboración propia.

3.3. Diseño del Sistema de Alimentación y Limpieza de Aire

Para la retención de partículas de polvo, pelusas, insectos y otros. Se opta por un filtro de aire fabricado a medida.

3.3.1. Diseño del Filtro de Aire

La principal característica del filtro de aire es que será lavable, esto con el fin de economizar su reemplazo en las tareas de mantenimiento.

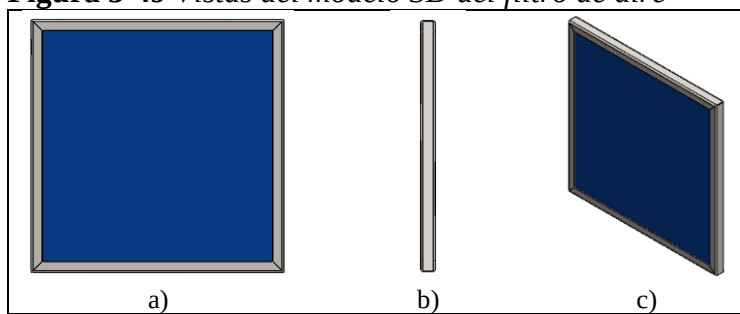
3.3.1.1. Selección del Material Filtrante

Se selecciona el filtro sintético azul lavable, el cual es fabricado a partir de fibras de poliéster y se tiene disponible en presentaciones por rollo. Este filtro suele ser empleado para proteger serpentines en aplicaciones de HVAC y de acuerdo con el estándar ASHRAE 52.2 corresponde a un filtro MERV 4.

Si bien lo más recomendable sería seleccionar o diseñar un filtro con mayor capacidad filtrante (de mayor eficiencia), esto implicaría disponer de un ventilador de mayor potencia lo que conlleva a mayor costo energético. Por lo cual se prioriza la limpieza del agua obtenida mediante más etapas de filtración de agua.

El marco del filtro será fabricado con acero inoxidable AISI 304 y tendrá una medida de 13"x13"x3/4" (Figura 3-49).

Figura 3-49 Vistas del modelo 3D del filtro de aire



Nota. a) Vista frontal, b) Vista lateral izquierda, c) Vista isométrica. Para mayor información sobre el filtro de aire, refiérase a los planos y al Anexo 16. Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Selección del Ventilador

Tabla 3-63 Datos de entrada para la selección del ventilador

Datos de entrada		
Caudal de aire	$\dot{V}_{aire}$	540 m ³ /h
Presión estática del sistema	P_e	Por determinar
Temperatura de trabajo del ventilador	$T_{T-ventilador}$	35 °C
Altura de instalación (Altitud)	Alt	1000 msnm
Área de la sección transversal del ducto (cámara de deshumidificación)	A_{fr}	0.102 m ²
Suposiciones		
Proceso de flujo estacionario, por lo tanto, el flujo másico del aire permanece constante durante todo el proceso.		

Nota. Fuente: elaboración propia.

Se determina la velocidad de aire Vel_{aire} a partir de:

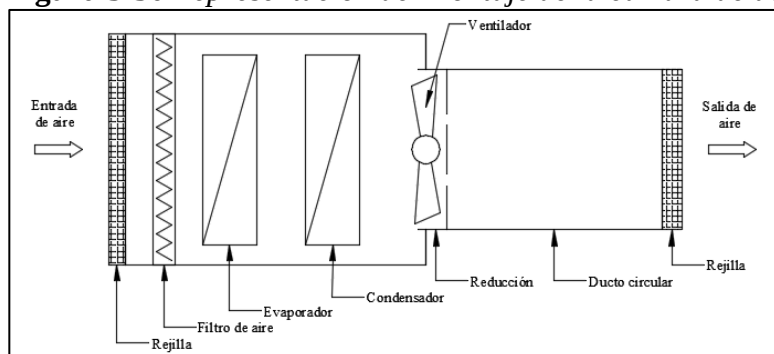
$$\dot{V}_{aire} = Vel_{aire} \times A_{fr}$$

$$Vel_{aire} = \dot{V}_{aire} / A_{fr} = 540 \text{ m}^3/\text{h} \div 0.102 \text{ m}^2 = 5294 \text{ m}/\text{h} = 1.47 \text{ m}/\text{s} \approx 289.4 \text{ fpm}$$

3.3.2.1. Pérdida de carga total del sistema

Enumeramos todos los componentes que generan pérdida de carga en la cámara de deshumidificación (ver Figura 3-50).

Figura 3-50 Representación del montaje de la cámara de deshumidificación



Nota. Fuente: elaboración propia.

Determinamos la presión dinámica P_d del aire al interior:

$$P_d = \frac{1}{2} \cdot \rho_{aire} \cdot Vel_{aire}^2 = \frac{1}{2} \times 1.225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (1.47 \text{ m}/\text{s})^2 = 1.324 \text{ Pa} \approx 0.13 \text{ mm.c.a.}$$

La pérdida de carga debido a la rejilla varía de acuerdo a su diseño, dado que la rejilla será fabricada a medida, este valor es aún desconocido, por lo tanto, se asume un valor de 5

Pa , dado que para rejillas a la entrada o salida se tiene valores típicos de pérdida de carga que varían entre 5 a 20 Pa .

$$\Delta p_{Rejilla-Ent.} = 5 Pa \quad ; \quad \Delta p_{Rejilla-Sal.} = 5 Pa$$

Los filtros sintéticos azul poseen una resistencia promedio de 0.1 inH_2O a 300 fpm , aunque este valor varía según el fabricante. Por lo tanto, la pérdida de carga debido al filtro de aire $\Delta p_{P.F.A.}$ es:

$$\Delta p_{P.F.A.} = R_{P.F.A.} = 0.1 inH_2O \approx 2.54 mm. c. a. \approx 24.88 Pa$$

La pérdida de carga debido a los tubos del evaporador (ver sección 3.2.7.3):

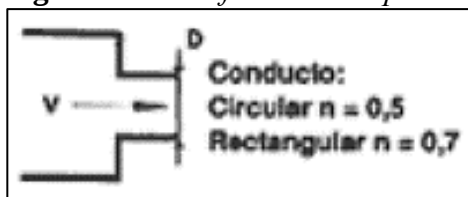
$$\Delta p_{h-evap} = 16.84 Pa \approx 1.72 mm. c. a.$$

La pérdida de carga debido a los tubos del condensador (ver sección 3.2.8.3):

$$\Delta p_{o-cond} = 19.89 Pa \approx 2.03 mm. c. a.$$

Se determina la pérdida de carga debido a la reducción a un tramo circular $\Delta p_{Reduc.}$ por el método del coeficiente “n”, el coeficiente n para reducción se obtiene de la Figura 3-51.

Figura 3-51 Coeficiente “n” para reducción en conductos



Nota. Fuente: (S&P, s.f.).

$$\Delta p_{Reduc.} = n \cdot P_d = 0.5 \times 1.324 Pa = 0.662 Pa \approx 0.07 mm. c. a.$$

La pérdida de carga por tramo recto $\Delta p_{T.R.}$ en el ducto circular de diámetro $D_{T.R.} = 346mm$ y longitud de tramo $L_{T.R.} = 0.20m$, por el método del coeficiente “n” es:

$$\Delta p_{T.R.} = \frac{27.80}{Q^{0.079} \cdot D_{T.R.}^{1.066}} \cdot P_d \cdot L_{T.R.}$$

$$\Delta p_{T.R.} = \frac{27.80}{\left(540 \frac{m^3}{h} \times \frac{1h}{3600s}\right)^{0.079} \times (346mm)^{1.066}} \times 1.324 Pa \times 0.20 m = 0.02 Pa \approx 0.002 mm.c.a.$$

La pérdida de carga total del sistema es:

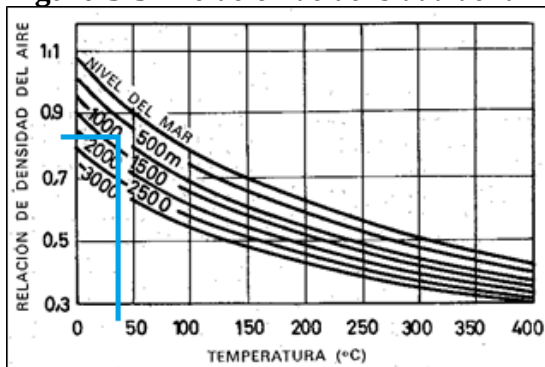
$$\therefore \Delta p_{T-Sist.} = \Delta p_{R.E.} + \Delta p_{P.F.A.} + \Delta p_{h-evap} + \Delta p_{o-cond} + \Delta p_{Reduc.} + \Delta p_{T.R.} + \Delta p_{R.S.}$$

$$\Delta p_{T-Sist.} = 5 Pa + 24.88 Pa + 16.84 Pa + 19.89 Pa + 0.662 Pa + 0.02 Pa + 5 Pa$$

$$\Delta p_{T-Sist.} = 72.3 Pa \approx 7.38 mm.c.a.$$

Dado que el sistema está diseñado para operar a 1000 m.s.n.m. (aproximadamente) se procede a determinar el factor de corrección por altitud $f.c.Por Altitud$, mediante la Figura 3-52 para una temperatura de operación de 35°C (máxima temperatura ambiental registrada).

Figura 3-52 Relación de densidad del aire vs. temperatura



Nota. Fuente: (Carrier Air Conditioning Company, 1980, pág. 6.15)

$$f.c.Por Altitud = 0.82$$

$$\Delta p_{T-Sist.-corregida} = \frac{\Delta p_{T-Sist.}}{f.c.Por Altitud} = \frac{72.3 Pa}{0.82} = 88.2 Pa \quad \therefore P_e = 88.2 Pa$$

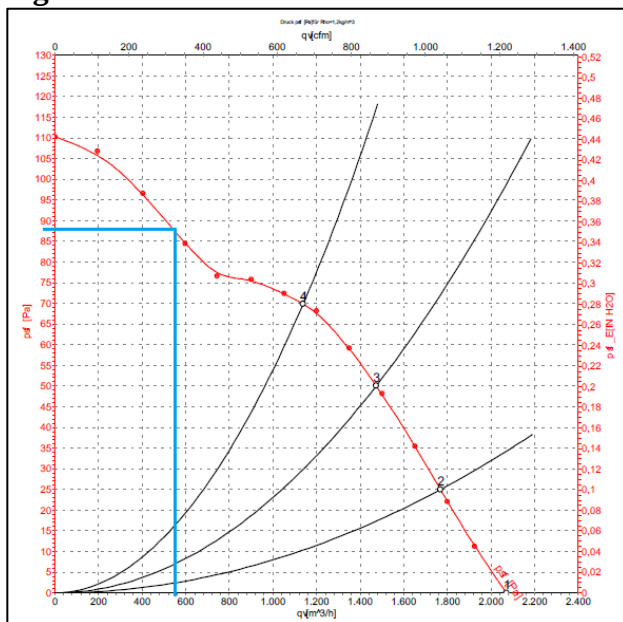
Por consiguiente, con los datos ya obtenidos se procede a la selección del ventilador. Se selecciona un ventilador axial dado que entre sus principales características es que son silenciosos, poseen alta eficiencia y son ampliamente usados en aplicaciones de HVAC.

En la Figura 3-53 se muestra el punto de operación del ventilador en la curva característica.

Se verifica que el ventilador seleccionado cubre la demanda del caudal de aire a la presión presente en el sistema. Del mismo modo se determina la potencia corregida del ventilador con el factor de corrección por altitud:

$$Pot_{corregida-vent} = Pot_{nom-vent} \cdot f.c.Por\ Altitud = 80\ W \times 0.82 = 65.6\ W$$

Figura 3-53 Curva característica del ventilador seleccionado



Nota. Fuente: ficha técnica del ventilador (Anexo 16).

La potencia corregida es menor a la potencia nominal debido a que la densidad del aire a 1000 m.s.n.m. es menor a la del nivel del mar, lo que conlleva que el motor realiza menos trabajo, aunque a mayor altitud se requiere un poco más de rpm que a nivel del mar.

3.4. Diseño del Sistema de Tratamiento de Agua

Aunque la etapa de filtración del aire reduce parte de las partículas sólidas que podrían contaminar el agua condensada, esta reducción no es suficiente. Una posible solución sería utilizar filtros de aire más eficientes, pero esto requeriría un ventilador de mayor potencia, lo que aumentaría el consumo de energía. Por lo tanto, un sistema de tratamiento de agua se vuelve imprescindible. Se eligió un sistema de filtros en línea para el tratamiento del agua debido a su practicidad, facilidad de instalación y mantenimiento, y su idoneidad para bajos caudales.

3.4.1. Requisitos que Debe Tener el Agua Para Consumo Según la OMS y el MINSA

La guía (OMS, 2011), proporcionada por la OMS, detalla las directrices para la calidad de agua para consumo humano, esta guía es aplicable a diferentes sistemas de abastecimiento de agua potable, desde grandes hasta pequeños sistemas (OMS, 2011, pág. 5). En el Perú el ministerio de salud (MINSA), dispone de un reglamento para la calidad de agua destinada a consumo humano. El reglamento (MINSA. Dirección General de Salud Ambiental - Lima, 2011), establece los límites máximos permisibles en cuanto a parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos, e inorgánicos y parámetros radiactivos (Ver Anexo 15).

Tabla 3-64 *Requisitos de la calidad del agua para consumo humano*

Aspectos microbiológicos	Se debe garantizar la inocuidad microbiana del agua, el agua debe estar lo más libre posible de: bacterias coliformes totales, bacterias heterotróficas, bacterias termo tolerantes, escherichia coli, virus, huevos, larvas, algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, y nematodos en todos sus estados evolutivos (Ver Anexo 15).
Aspectos químicos	El agua para consumo humano no debe superar los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos de las guías (MINSA. Dirección General de Salud Ambiental - Lima, 2011) o (OMS, 2011) (Ver Anexo 15).
Aspectos radiológicos	Se debe considerar el riesgo para la salud relacionado a la presencia de radionúclidos de origen natural en el agua. No obstante, por lo general en condiciones normales la exposición natural a los radionúclidos es insignificante (Ver Anexo 15).
Aspectos relativos a la aceptabilidad: sabor, olor y apariencia.	El agua para consumo humano debe tener un aspecto agradable, tanto en el olor y sabor. Y debe tener una muy baja turbidez (a mayor turbidez menor calidad del agua) (Ver Anexo 15).

Nota. Las guías de la OMS y del MINSA son muy similares en cuanto a los requisitos mínimos establecidos para el agua destinada a consumo humano. Fuente: (OMS, 2011), (MINSA. Dirección General de Salud Ambiental - Lima, 2011).

3.4.2. Posibles Contaminantes del Agua Obtenida a Partir del Aire

El aire atmosférico por lo general tiene presencia de partículas y gases debido a la contaminación generada por la actividad humana como: la industria minera, metalúrgica, agrícola, contaminantes que provienen del parque automotor, quemas de residuos, emisiones de polvo generado por caminos y carreteras no pavimentadas. También existen contaminantes debido a factores naturales como: vientos con polvo, actividad volcánica, incendios forestales, etc. Algunos otros contaminantes de forma natural son: bacterias, polen, esporas de plantas y hongos, etc. Muchos de estos contaminantes presentes en el aire pueden llegar al agua que se

pretende obtener, sobre todo los de tipo partículas sólidas, dado que los contaminantes gaseosos no son condensables bajo las condiciones en que se propone condensar la humedad del aire.

Si bien, lo más recomendable para la selección de un sistema de tratamiento de agua, habría sido realizar un diagnóstico de la calidad del aire de la zona, y obtener un resultado de laboratorio del agua obtenida sin haber recibido tratamiento alguno, esto habría implicado elevar los costos de investigación. Una forma de conocer los posibles contaminantes del agua provenientes del aire, sería asumiendo los posibles casos de contaminación antes mencionados.

Se tiene conocimiento que en la ciudad de Quillabamba y a las afueras de esta, no se desarrolla ni se desarrolló algún tipo de actividad minera o metalúrgica, a comparación de ciudades como Cerro de Pasco o la Oroya, en las que se puede encontrar contaminación del aire por metales pesados como: plomo, azufre, cadmio, arsénico, etc. Por consiguiente, se puede descartar este tipo de contaminación.

Se tienen algunos trabajos de investigación, como (Bautista O., y otros, 2013) y (Aguierre, Piraneque, & Rozo, 2018) en los cuales se hace un estudio de la calidad del agua obtenida a partir de la humedad del aire sin tratar, en ellos se encontró contaminación microbiológica por coliformes, más específicamente por coliformes totales y coliformes fecales. Los coliformes son un grupo de bacterias que suelen estar más presentes en el tracto digestivo de humanos y animales, aunque también están presentes en el ambiente. Dado que no todos los coliformes son de origen fecal se hace una diferenciación entre coliformes totales y coliformes fecales, siendo los coliformes totales la totalidad de este grupo de bacterias. De hecho, los coliformes son tomados como indicadores de contaminación en el agua potable. Existen métodos para eliminar bacterias coliformes entre los que se tienen: la cloración, luz ultravioleta, inyección de ozono, sedimentación, etc.

Dado que el generador de agua está destinado para una zona rural, se puede asumir algunos otros contaminantes que podrían estar presentes en el aire como: polen, esporas, polvo, cenizas provenientes de la quema de residuos orgánicos, y en menor medida contaminación vehicular, es decir contaminación por quema de combustible.

3.4.3. Selección de los Filtros de Agua

Con todas las observaciones antes mencionadas se procede a la selección de los filtros. El sistema de tratamiento de agua contara con 6 etapas de filtración (Tabla 3-65).

Tabla 3-65 Etapas de filtración del sistema de tratamiento de agua

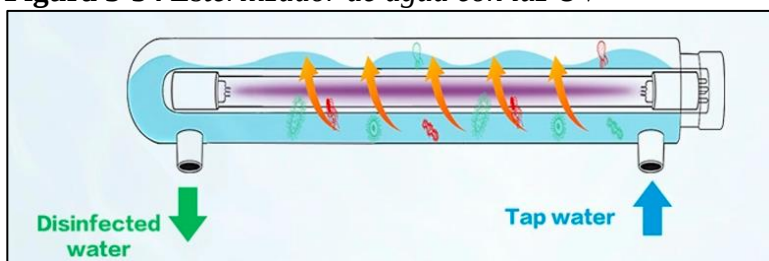
Etapas	Tipo de filtro	Función
1ra	Filtro de sedimento PP-33	Filtra sedimentos o partículas suspendidas en un rango de tamaño de 1 hasta 5 micras como: tierra, arena, cascarillas, hojas secas, insectos, etc. Este filtro se utiliza como pretratamiento del agua antes de su paso por filtros más finos u otros tratamientos.
2da	Filtro de carbón activado granulado GAC	Este filtro está compuesto por partículas de carbón activado que eliminan contaminantes como: cloro, pesticidas, detergentes u otras sustancias químicas que afectan al olor y sabor del agua.
3ra	Filtro de membrana de ultrafiltración UF	Este filtro separa partículas y contaminantes del agua entre un rango de tamaño de 0.01 a 0.1 micras, con lo cual depura solidos suspendidos, algunos tipos de bacterias y virus.
4ta	Filtro de carbón acibado modelo T33-33	Este filtro está fabricado a partir de granulado de carbón activado de coco, el cual elimina olores y sabores no deseados a partir de la reducción de cloro y la eliminación de compuestos volátiles de carbono inorgánico.
5ta	Esterilización con luz ultravioleta (UV)	Dispositivo que esteriliza bacterias, virus y algunos otros microorganismos que pueden estar presentes en el agua mediante una lámpara UV.
6ta	Filtro mineralizador y alcalinizador	Este filtro libera al agua minerales esenciales como potasio, calcio y magnesio. Además, aumenta los niveles de PH en un rango de 8.5 a 9.5.

Nota: Ver detalles de los filtros seleccionados en el Anexo 16. Fuente: elaboración propia de diferentes fichas técnicas proveídas por los fabricantes de filtros.

Como parte de las últimas etapas, se elige un esterilizador de agua con luz UV, este dispositivo está destinado para el control de virus y bacterias, si bien los tratamientos por UV no eliminan a los microorganismos del agua, la exposición a la luz UV afecta a su capacidad de reproducción, alterando el ADN de sus células, por consiguiente, se obtiene la desinfección del agua (Ningbo Hidrotek Co., LTD, s.f.). Por lo general se recomienda instalar el sistema de desinfección UV como una última etapa, después de las etapas de filtración, esto debido a que el grado de turbidez del agua afecta la correcta dosis de luz UV (Oram, s.f.).

Para lograr la desinfección del agua por UV se debe tener en cuenta la calidad del agua, el tiempo de exposición y la intensidad de la lámpara (Oram, s.f.). De acuerdo con (Oram, s.f.), por lo general el agua debe tener una exposición mínima de $16\,000\ \mu W \cdot s/cm^2$, esto según lo recomendado por el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU. (HSS), y normalmente los fabricantes de esterilizadores UV, proporcionan una intensidad de lámpara de $30\,000$ a $50\,000\ \mu W \cdot s/cm^2$. Esto sería suficiente para el caso de las bacterias coliformes ya que estas se destruyen a $7\,000\ \mu W \cdot s/cm^2$.

Figura 3-54 Esterilizador de agua con luz UV

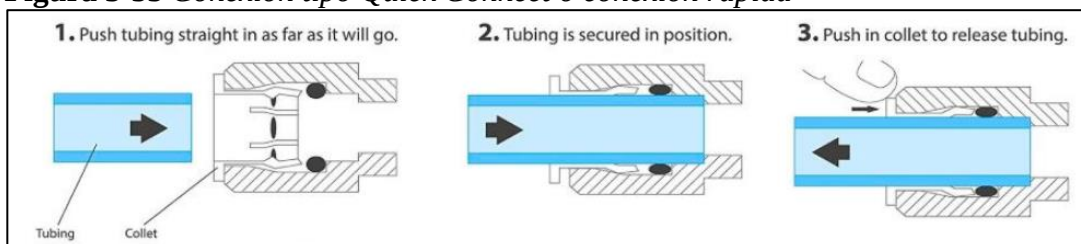


Nota: Esterilizador UV de onda corta (longitud de onda 254 nm), a esta longitud de onda se tiene un efecto esterilizador en microorganismos. Fuente: (Ningbo Hidrotek Co., LTD, s.f.).

3.4.4. Selección de la Tubería del Sistema de Tratamiento de Agua

Para las tuberías del sistema de tratamiento de agua, se selecciona tubería de polietileno, más específicamente polietileno lineal de baja densidad (LLDPE). Si bien se puede seleccionar otros materiales como tubos flexibles de vinilo o PVC grado alimenticio, la ventaja que ofrece las tuberías de LLDPE, es el mecanismo quick connect o conexión rápida (ver Figura 3-55). En la Tabla 3-66 se muestran los datos del material de la tubería seleccionada.

Figura 3-55 Conexión tipo Quick Connect o conexión rápida



Nota. Este tipo de conexión facilita la instalación, mantenimiento y el recambio de sus accesorios, sin necesidad de adhesivos permanentes. Fuente: (Softenerparts, s.f.).

Tabla 3-66 Características y especificaciones de la tubería LLDPE

Material:	LLDPE (Linear Low Density PolyEthylene) (Polietileno lineal de baja densidad).
Diámetros nominales:	1/4" $\approx$ 6.35 mm, 3/8" $\approx$ 9.53 mm
Cumple con normativas:	
• NSF/ANSI 51, (certificación) Estándar que establece los requisitos mínimos de salud pública y saneamiento para los materiales usados en la fabricación de equipos alimentarios comerciales. • NSF/ANSI 61, (certificación) Estándar que establece los requisitos mínimos de los efectos sobre la salud, que tienen los contaminantes o impurezas impartidas directamente por los materiales al agua potable. • NSF/ANSI 372, Estándar que establece un límite en la cantidad de plomo que pueden contener los materiales en contacto con el agua en un producto en contacto con el agua potable. • WRAS, FDA • ASTM D1693, (método de prueba estándar para el agrietamiento por estrés ambiental de plásticos de etileno). • ASTM D570, (método de prueba estándar para la absorción de agua de plásticos).	

Nota. Fuente: elaboración propia a partir de catálogos y fichas técnicas.

3.4.5. Selección de Accesorios

Los accesorios como codos, té, niples, válvulas, uniones, etc. para este tipo de sistemas de tratamiento de agua serán seleccionados en materiales como acetal (POM), polipropileno (PP), PVC (cloruro de polivinilo), todos ellos son materiales de grado alimenticio y tienen disponible la conexión quick connect (para mayor detalle ver planos).

3.4.6. Dimensionamiento del Tanque de Almacenamiento

El tanque de almacenamiento de agua será diseñado a medida, para cumplir con los objetivos este tendrá las siguientes consideraciones:

3.4.6.1. Consideraciones Para el diseño del Tanque de Almacenamiento

El tanque de almacenamiento se diseñará con una capacidad de 15 litros, dimensionada para albergar el agua generada durante 10 horas de operación, incluyendo un margen de seguridad. Se propone una geometría prismática rectangular para optimizar el espacio disponible. La fabricación se realizará en acero inoxidable AISI 304, garantizando la salubridad del agua almacenada.

Adicionalmente, el tanque incorporará conexiones para el ingreso y egreso del agua, así como dos sensores de nivel de líquido para el control automatizado del llenado y vaciado.

Se implementará un sistema de fijación al bastidor, complementado con carriles deslizantes, para facilitar las operaciones de instalación, desinstalación, limpieza y mantenimiento.

Para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento de agua, se han establecido datos iniciales basados en las limitaciones de espacio disponibles (Tabla 3-67).

Tabla 3-67 Datos de entrada para dimensionamiento del tanque almacenamiento de agua

Volumen de agua	Vol_{agua}	15 L
Ancho del volumen de agua	a	0.40 m
Profundidad de volumen de agua	b	0.16 m
Altura del volumen de agua	h'	Por determinar
Altura excedente	$h_{excedente}$	0.05 m

Nota. Fuente: elaboración propia.

La altura excedente $h_{excedente}$ se destina a prevenir desbordamientos mediante la instalación de accesorios y a facilitar la instalación del sensor de nivel de líquido. Por lo tanto:

$$Vol_{agua} = a \times b \times h'; \quad Vol_{agua} = 15 \text{ L} = 0.015 \text{ m}^3$$

$$h' = \frac{Vol_{agua}}{b \times a} = \frac{0.015 \text{ m}^3}{0.16 \text{ m} \times 0.40 \text{ m}} = 0.23 \text{ m}$$

$$\therefore h_{Tanque} = h' + h_{excedente} = 0.23 \text{ m} + 0.05 \text{ m} = 0.28 \text{ m}$$

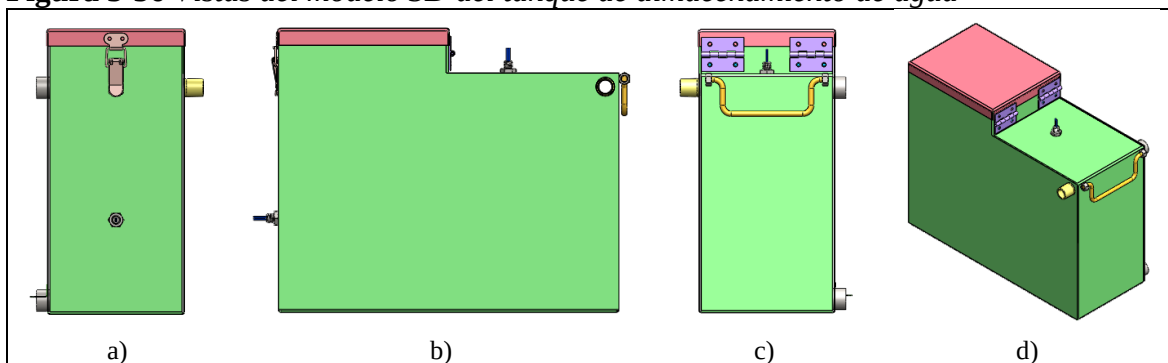
En la Tabla 3-68 se tiene las medidas generales del tanque de almacenamiento de agua.

Tabla 3-68 Medidas generales del tanque de almacenamiento de agua

Ancho	0.40 m
Profundidad	0.12 m
Altura	0.28 m

Nota. Fuente: elaboración propia.

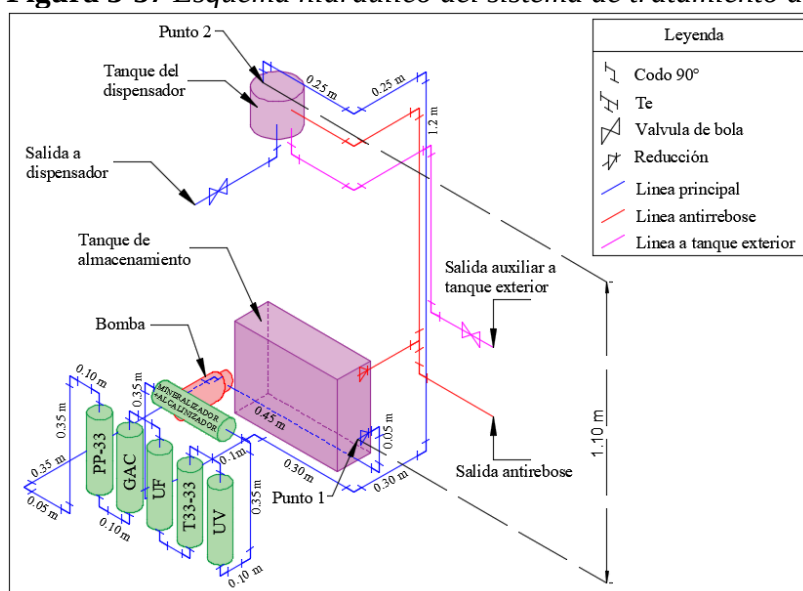
El tanque de almacenamiento de agua contara con un sensor de nivel de líquido en la parte superior para apagar el sistema de refrigeración cuando este se encuentre lleno, y otro sensor de nivel de líquido en la parte inferior, que apagara el sistema de tratamiento de agua para evitar el funcionamiento en seco de la bomba de agua (Figura 3-56).

Figura 3-56 Vistas del modelo 3D del tanque de almacenamiento de agua

Nota. a) vista lateral derecha, b) vista frontal, c) vista lateral izquierda, d) vista isométrica. Para mayor información sobre el tanque de almacenamiento de agua, refiérase a los planos. Fuente: elaboración propia.

3.4.7. Selección de la Bomba

Para los cálculos de la selección de la bomba del sistema de tratamiento de agua, se toman los puntos de análisis 1 y 2 de la línea principal de bombeo (ver Figura 3-57). En la línea antirreboso y la línea a tanque exterior la bomba no tendrá influencia, debido a que estas líneas operan bajo el efecto de la gravedad y la presión hidrostática que pueda ejercer el agua en el tanque del dispensador.

Figura 3-57 Esquema hidráulico del sistema de tratamiento de agua y puntos de análisis

Nota. Fuente: elaboración propia.

La disposición del circuito de tratamiento de agua que se muestra en la Figura 3-57, en la que se emplea un pequeño tanque elevado para la alimentación del dispensador, suele ser recomendada por los fabricantes de dispensadores de agua, dado que siempre se tiene

disponible agua inmediatamente después de abrir el grifo. Cuando el nivel de agua en el tanque dispensador desciende de un cierto nivel establecido por un sensor de nivel de líquido, dicho sensor activa el encendido de la bomba para nuevamente alimentar al tanque del dispensador con agua ya tratada. Este ciclo se ira repitiendo siempre y cuando se tenga agua en el tanque de almacenamiento (tanque inferior).

Tabla 3-69 Datos de entrada para la selección de la bomba

Datos de entrada		
Caudal de agua	Q_{Agua}	Por determinar
Gravedad	g	9.81 m/s^2
Datos de la tubería		
Material		LLDPE
Diámetro interno de la tubería de LLDPE O.D. 1/4"	D_{in}	0.00435 m
Longitud total de la tubería (ver Figura 3-57)	L_{T-Agua}	5 m
Rugosidad de la tubería (Anexo 13)	ε	0
Elevaciones		
Elevación del punto 1 (ver Figura 3-57)	z_1	0 m
Elevación del punto 2 (ver Figura 3-57)	z_2	1.10 m
Elevación	$z_2 - z_1$	1.10 m
Suposiciones y consideraciones		
- El agua se encuentra a temperatura ambiente promedio. - El flujo es estacionario. - El fluido de trabajo es incompresible. - Las elevaciones permanecen constantes, ósea el nivel del agua en el depósito y en el grifo permanecen constantes. - El tanque de almacenamiento de agua y el tanque del dispensador están abiertos a la atmosfera. - Se asume un flujo turbulento.		

Nota. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 3-70 se detalla las propiedades del agua, para lo cual se considera una temperatura ambiental promedio de 25°C.

Tabla 3-70 Propiedades del agua a 25°C

Fluido	Propiedades	Valor
Agua	$T, ^\circ\text{C}$	25
	$\rho, \text{kg/m}^3$	997
	$\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	0.000891
	$\nu, \text{m}^2/\text{s}$	1.139×10^{-6}

Nota. Fuente: tabla elaborada a partir del Anexo 12.

A partir de la ecuación de energía para un sistema de tuberías con bombas y turbinas (Çengel & Cimbala, 2006), se deduce una ecuación de energía para un volumen de control entre los puntos 1 y 2 del sistema (ver Figura 3-57).

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_{bomba} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_{turbina} + h_L$$

Se considera que el fluido en los puntos 1 y 2 están abiertos a la atmosfera por consiguiente la presión en ambos puntos son iguales a la presión atmosférica ($P_1 = P_2 = P_{atm}$), y la velocidad del fluido en el punto 1 es igual a cero ($V_1 = 0$). Por consiguiente, la ecuación anterior se reduce a:

$$z_1 + h_{bomba} = \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_L$$

Se considera también $\alpha_2 = 1$, dado que el factor de corrección de energía cinética tiene un valor cercano a 1 para los casos de flujos turbulentos, por consiguiente, la ecuación de energía queda:

$$h_{bomba} = \frac{V_2^2}{2g} + (z_2 - z_1) + h_L$$

Se obtiene la pérdida de carga total h_L a partir de la siguiente ecuación

$$h_L = h_{L,Total} = h_{L,mayores} + h_{L,menores} + h_{Filtros} = \sum_i f_i \frac{L_i}{D_i} \frac{V_i^2}{2g} + \sum_j K_{L,j} \frac{V_j^2}{2g} + h_{Filtros}$$

Se considera un mismo diámetro para la línea principal (O.D. 1/4", I.D.=0.00435 mm), por consiguiente, la ecuación para determinar la pérdida de carga total h_L queda:

$$h_L = \left(f \frac{L_{T-Agua}}{D_{in}} + \sum K_L \right) \frac{V_2^2}{2g} + h_{Filtros}$$

Los dispensadores de agua de uso doméstico con múltiples etapas de filtración suelen trabajar con caudales que van de 1 a 3 litros por minuto. Tomando en cuenta la capacidad de generación de agua del AWG se considera un caudal de 1litro por minuto.

$$Q_{Agua} = 1 \text{ l/min} = 0.017 \text{ l/s} = 1.667 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Con lo cual se obtiene la velocidad en el punto 2 a partir de la ecuación de caudal:

$$Q_{\text{Agua}} = V \cdot A_c$$

$$V_2 = \frac{Q_{\text{Agua}}}{A_c} = \frac{Q_{\text{Agua}}}{\frac{\pi \cdot D_{in}^2}{4}} = \frac{1.667 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi \times (0.00435 \text{ m})^2}{4}} = 1.121 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho \cdot V_2 \cdot D_{in}}{\mu} = \frac{997 \text{ kg/m}^3 \times 1.121 \text{ m/s} \times 0.00435 \text{ m}}{0.000891 \text{ kg/m} \cdot \text{s}} = 5459$$

Se comprueba que se tiene un flujo turbulento ($Re \geq 4000$). Así también se determina el factor de fricción f por medio de la ecuación de Colebrook o por el diagrama de Moody. Para un tubo circular, el diámetro hidráulico $D_h = D_{in}$.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left(\frac{\varepsilon/D_h}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad ; \quad \frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left(\frac{(0)/(0.00435)}{3.7} + \frac{2.51}{(5459)\sqrt{f}} \right)$$

Despejando el factor de fricción de la ecuación de Colebrook o usando el diagrama de Moody (Anexo 13) se obtiene:

$$f_{\text{ecu.Colebrook}} \approx f_{\text{diag.Moody}} = 0.035$$

Ahora se determina la suma total de los coeficientes de pérdida o resistencia K_L de todos los accesorios empleados en la línea principal del sistema de tratamiento de agua.

Tabla 3-71 Coeficientes de pérdida de los accesorios del sistema entre los puntos 1 y 2

Accesorio	Cant.	K_L	Cant. $\times K_L$
Codo estándar 90°	26	0.9	23.4
Unión niple	2	0.08	0.16
Reducción 1/2" a 1/4"	1	0.3	0.3
Perdida de carga a la entrada de la tubería por borde redondeado	1	0.03	0.03
Suma total de los coeficientes de pérdida de todos los accesorios			23.89

Nota. Si bien no se tiene información precisa acerca de los coeficientes de pérdida para accesorios con conexión rápida (Quick Connect), en este caso se considera los valores de K_L a partir de valores representativos para accesorios roscados (ver Anexo 14). Fuente: elaboración propia a partir del Anexo 14.

Por consiguiente, la suma total de los coeficientes de pérdida o resistencia de todos los accesorios empleados en el sistema de tratamiento de agua es:

$$\sum K_L = 23.89$$

La pérdida de presión debido a los filtros depende de varios factores como: el caudal de agua, el grado de saturación del filtro, la calidad del agua, el diseño del filtro, el diseño del sistema, etc. Los valores típicos de la pérdida de presión para un filtro nuevo oscilan entre 1 a 3 PSI, y para filtros usados o saturados con contaminantes la caída de presión suele llegar a 5 PSI o más. Por consiguiente, para los filtros PP-33, GAC, UF, T33-33 se considera una caída de presión de 5 PSI.

$$h_{PP-33} = h_{GAC} = h_{UF} = h_{T33-33} = 5 \text{ PSI} \approx 3.52 \text{ m. c. a.}$$

Para filtros con luz ultravioleta las caídas de presión suelen ser bajas y constantes en el tiempo, esto debido a que no hay material filtrante como tal. Las caídas de presión para filtros UV rondan aproximadamente de entre 1 a 3 PSI.

$$h_{UV} = 2 \text{ PSI} \approx 1.408 \text{ m. c. a.}$$

En el caso de filtros mineralizadores la caída de presión depende del tipo de minerales que añaden al agua, las caídas de presión para este tipo de filtro suelen estar entre 1 a 3 PSI. Por consiguiente:

$$h_{Min+Alk} = 2 \text{ PSI} \approx 1.408 \text{ m. c. a.}$$

Por lo tanto, la pérdida de presión debido a las 6 etapas de filtración es:

$$h_{Filtros} = h_{PP-33} + h_{GAC} + h_{UF} + h_{T33-33} + h_{UV} + h_{Min.+Alk}$$

$$h_{Filtros} = 3.52 + 3.52 + 3.52 + 3.52 + 1.408 + 1.408 = 16.896 \text{ m. c. a.}$$

Ahora se obtiene los valores de h_L y h_{bomba} :

$$h_L = \left(0.035 \cdot \frac{5 \text{ m}}{0.00435 \text{ m}} + 23.89 \right) \frac{(1.121 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2} + 16.89 \text{ m} = 21.01 \text{ m}$$

$$\therefore h_{bomba} = \frac{V_2^2}{2g} + (z_2 - z_1) + h_L = \frac{(1.121 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2} + (1.10 \text{ m}) + 21.01 = 22.2 \text{ m}$$

En términos de presión $h_{bomba} = 0.22 \text{ MPa}$.

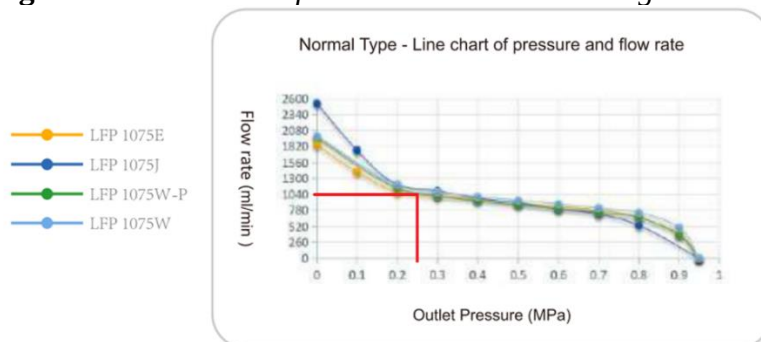
Con la carga útil de la bomba h_{bomba} calculada, se procede a determinar la potencia mecánica que la bomba $\dot{W}_{bomba}$ debe suministrar al agua. Considerando que para bombas de diafragma empleadas en sistemas de filtración, se tienen eficiencias de entre 60% a 80%, con lo cual se asume una eficiencia para la bomba de $\eta_{bomba} = 0.6$.

$$\dot{W}_{bomba} = \rho \cdot g \cdot h_{bomba} \cdot Q_{Agua} / \eta_{bomba}$$

$$\dot{W}_{bomba} = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 22.2 \text{ m} \times 1.667 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} / 0.6 = 6.02 \text{ W}$$

Por consiguiente, se procede a la selección de bomba. La bomba a seleccionar será una bomba de diafragma, este tipo de bomba es muy empleado en sistemas de osmosis inversa doméstico y en aplicaciones de transporte de alimentos líquidos. En la Figura 3-58 se muestra el punto de operación de la bomba seleccionada.

Figura 3-58 Punto de operación de la bomba de agua



Nota. Fuente: ficha técnica de la bomba (ver Anexo 16).

Figura 3-59 Bomba seleccionada para el sistema de tratamiento de agua

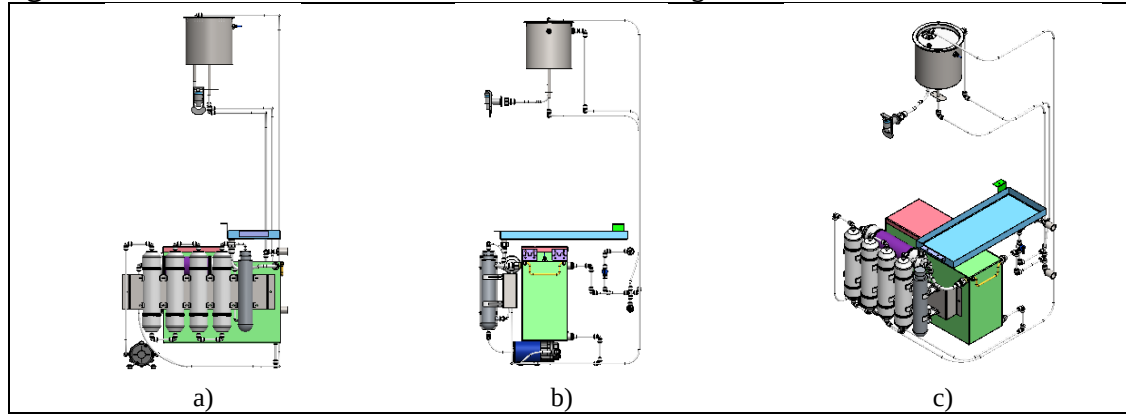


Nota. Bomba de diafragma de la marca LEFOO modelo LFP1075W-P. En el Anexo 16 se tiene las especificaciones técnicas de la bomba. Fuente: elaboración propia.

Se verifica que la bomba seleccionada cubre con el requerimiento del caudal de agua a la presión que debe suministrar al sistema.

3.4.8. Distribución del Sistema de Tratamiento de Agua

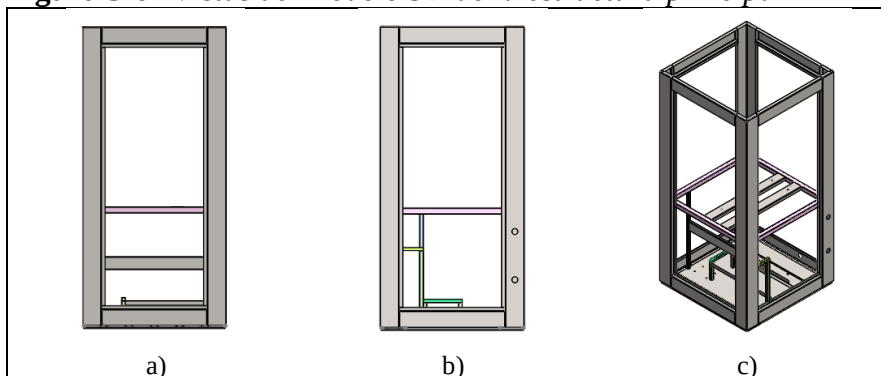
Figura 3-60 Distribución Sistema de tratamiento de agua



Nota. a) Vista frontal, b) Vista lateral, c) Vista isométrica. Para mayor información sobre el sistema de tratamiento de agua, refiérase a los planos. Fuente: elaboración propia.

3.5. Estructura del AWG

Figura 3-61 Vistas del modelo 3D de la estructura principal



Nota. a) vista frontal, b) vista lateral, c) vista isométrica. Para mayor información sobre la estructura principal, refiérase a los planos. Fuente: elaboración propia.

Para contener y soportar todos los componentes del generador de agua se opta por una estructura metálica, la cual será fabricada casi en su totalidad por perfiles de planchas de acero ASTM A240 en AISI 304 con acabado satinado (A4-PVC). Para los travesaños internos que servirán de soporte para componentes internos, se opta por tubos cuadrados ASTM A554 en AISI 304.

3.5.1. Proceso de Doblado de las Planchas de Acero Inoxidable y Aluminio.

Para evitar la formación de grietas durante el proceso de plegado de las planchas, se determinan los radios mínimos de pliegue utilizando tablas o cartas de plegado (ver Anexo 17). Aunque estas tablas de plegado (Anexo 17) son para mesas dobladoras de chapa, se pueden utilizar como referencia para los radios de pliegue recomendados para espesores comerciales específicos y, además, se pueden adaptar para otros materiales distintos del acero.

3.5.2. Coberturas de la Estructura Metálica

Para las coberturas que protegerán los componentes internos del AWG, se utilizarán planchas de acero inoxidable ASTM A240, AISI 304 A4-PVC, con espesores de 0.8 y 0.9 mm.

3.5.3. Ruedas de Transporte

Debido a que el generador de agua debe cumplir con la exigencia de transportabilidad, se opta por garruchas para su movilización y transporte. Tomando en cuenta que no hay presencia de grandes vibraciones o riesgo de volteo, además considerando que el peso aproximado del AWG es de 130 kg, se selecciona 4 garruchas giratorias de 3” (ver planos).

3.6. Sistema Eléctrico y de Control

En los objetivos de este trabajo no se tiene por desarrollar un sistema automatizado eléctrico para el AWG, aun así, este contará con un sistema eléctrico mediante lógica cableada (o lógica por contactores), el cual servirá para poner en marcha el sistema de refrigeración y el sistema de tratamiento de agua.

3.6.1. Panel de Control

El generador de agua contará con un panel de control básico el cual tendrá botones de accionamiento e indicadores luminosos (pilotos). En la Tabla 3-72, Tabla 3-73 y Tabla 3-74 se detallan las funciones de los elementos del panel de control.

Tabla 3-72 Accionamientos del panel de control

Ítem	Indicador / Etiqueta	Accionado por:	Estado	Función	Selección / Cantidad
S1	OFF / ON	Selector de manija de dos posiciones 0-1	Apagado	Apaga el generador de agua.	Selector de 2 posiciones 0-1, 1NA, Ø22mm, IEC 60947-5-1. Cantidad: 1
			Encendido	Pondrá en marcha al generador de agua.	

Nota. Ver detalles técnicos del selector seleccionado en el Anexo 16. Fuente: elaboración propia.

Tabla 3-73 Indicadores luminosos (pilotos) del panel de control

Ítem	Indicador / Etiqueta	Estado	Significado	Selección / Cantidad
H1	Energizado	Apagado	El generador de agua se encuentra sin conexión a una red eléctrica.	Luz roja, Ø22mm, 220VAC, <20mA, IEC 60947-5-1. Cantidad: 1
		Iluminado	El generador de agua se encuentra energizado (con conexión a una red eléctrica).	
H2	Marcha	Apagado	El generador de agua se encuentra apagado.	Luz verde, Ø22mm, 220VAC, <20mA, IEC 60947-5-1. Cantidad: 1
		Iluminado	El generador de agua se encuentra encendido, y con el sistema de refrigeración operando.	
H3	Falla por sobrecarga	Apagado	No hay presencia de falla por sobrecarga en el compresor.	Luz roja, Ø22mm, 220VAC, <20mA, IEC 60947-5-1. Cantidad: 1
		Iluminado	Falla por sobrecarga del compresor, por consiguiente, se detendrá el compresor y con ello el sistema de refrigeración.	
H6	Tanque vacío	Apagado	El tanque de almacenamiento de agua tiene una cierta cantidad de líquido con el cual la bomba de agua del sistema de tratamiento de agua puede operar con normalidad.	Luz amarilla, Ø22mm, 220VAC, <20mA, IEC 60947-5-1. Cantidad: 1
		Iluminado	El tanque de almacenamiento de agua se encuentra vacío, con lo cual no se encenderá la bomba del sistema de tratamiento de agua.	
H4	Tanque Lleno	Apagado	El tanque de almacenamiento de agua no se encuentra lleno, por consiguiente, se puede iniciar la marcha del sistema de refrigeración.	Luz roja, Ø22mm, 220VAC, <20mA, IEC 60947-5-1. Cantidad: 1
		Iluminado	El tanque de almacenamiento de agua se encuentra lleno, por consiguiente, no se pondrá en marcha el sistema de refrigeración.	
H5	Sistema de tratamiento de agua	Apagado	La bomba de agua se encuentra apagada, por consiguiente, el sistema de tratamiento de agua no opera.	Luz azul, Ø22mm, 220VAC, <20mA, IEC 60947-5-1. Cantidad: 1
		Iluminado	La bomba de agua se encuentra encendida, con el sistema de tratamiento de agua operando.	
H7	Humedad relativa baja	Apagado	Humedad relativa actual dentro del rango de operación del generador de agua.	Luz amarilla, Ø22mm, 220VAC, <20mA, IEC 60947-5-1. Cantidad: 1
		Iluminado	Humedad relativa actual fuera del rango de operación del generador de agua (humedad relativa muy baja).	

Nota. Ver detalles técnicos de los pilotos seleccionados en el Anexo 16. Fuente: elaboración propia.

Tabla 3-74 Indicadores del panel de control (Displays).

N°	Parámetros a ver	Unidad	Significado
Indicador 1	Voltaje	V	Mide el voltaje de la red de alimentación.
	Corriente	A	Mide el amperaje del generador de agua.
	Frecuencia	Hz	Mide la frecuencia de la red de alimentación.
Indicador 2	Temperatura ambiental	°C	Muestra la temperatura ambiental actual medida en el entorno.
	Humedad relativa	%	Muestra la humedad relativa actual medida en el entorno.

Nota. Ver detalles técnicos de los indicadores seleccionados en el Anexo 16. Fuente: elaboración propia.

Los indicadores solo serán para la visualización de los parámetros requeridos para el monitoreo del funcionamiento del AWG, mas no tendrán influencia en el control de los sistemas del AWG, a excepción del controlador de temperatura.

3.6.1.1. Selección del Controlador del Sistema de Refrigeración

Para controlar la temperatura del sistema de refrigeración se opta por un controlador de temperatura el cual gestionara los arranques y paradas del compresor y ventilador. Para lo cual se selecciona el controlador digital Full Gauge modelo MT-512E 2HP, el cual es recomendado para uso en aplicaciones de media temperatura (ver Figura 3-62).

Figura 3-62 Controlador de temperatura Full Gauge modelo MT-512E 2HP



Nota. Si bien el modelo MT-512E 2HP tiene incorporado un relé que puede accionar cargas de hasta 2HP, este será instalado en el circuito de mando. Ver detalles técnicos en el Anexo 16. Fuente: (Full Gauge, s.f.).

En la Tabla 3-75 se muestra los parámetros para la programación del controlador de temperatura, los cuales pueden ser directamente instalados con las teclas del controlador.

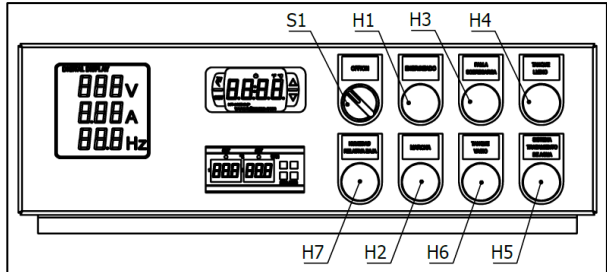
Tabla 3-75 Parámetros para la programación de funciones del controlador de temperatura.

Función	Descripción de la función	Funciones en el AWG	Valor
F 01	Código de acceso	Permite alterar parámetros del controlador de temperatura.	123
F 02	Temperatura deseada (Setpoint)	Temperatura deseada en el evaporador.	0 °C
F 06	Diferencial de control (histéresis)	Histéresis en la temperatura del evaporador para modo de enfriamiento (refrigeración).	3 °C
F 10	Tiempo de refrigeración	Tiempo de operación del sistema de refrigeración.	240 min
F 11	Tiempo de deshielo	Tiempo de duración de las paradas del sistema de refrigeración.	20 min
F 14	Retardo en la energización del instrumento	Delay o retraso para el arranque del sistema de refrigeración ante cortes abruptos de la alimentación eléctrica.	3 min

Nota. Si bien el controlador de temperatura Full Gauge modelo MT-512E 2HP tiene 21 funciones que se pueden configurar, con cinco funciones configuradas es suficiente para el normal funcionamiento del generador de agua. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 3-63 se tiene la distribución del panel de control, el cual se encontrará en la parte superior frontal del AWG, en el cual se hallarán los indicadores, el controlador de temperatura, el selector y los pilotos con sus respectivas leyendas.

Figura 3-63 Distribución del panel de control del generador de agua



Nota. Para mayor información sobre el panel de control, refiérase a los planos. Fuente: elaboración propia.

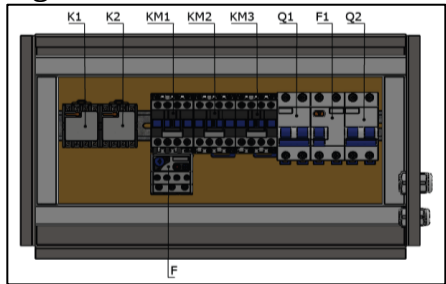
3.6.2. Dimensionamiento del Tablero Eléctrico

Tabla 3-76 Selección de componentes del tablero eléctrico

Ítem	Accesorio	Función	Selección / Cantidad
Q1	Interruptor termomagnético	Abre o cierra el circuito de fuerza y lo protege ante sobrecargas y cortos circuitos.	32A, 220VAC, 60HZ, 2P, p/carril DIN, IEC 60898-1. Cantidad: 1
Q2	Interruptor termomagnético	Abre o cierra el circuito de mando y lo protege ante sobrecargas y cortos circuitos.	16A, 220VAC, 60HZ, 2P, p/carril DIN, IEC. 60898-1
F1	Interruptor diferencial	Protege a usuarios ante descargas eléctricas y fugas de corriente.	40A, 220VAC, 60HZ, 2P, p/carril DIN, IEC 61008-1. Cantidad: 1
KM1	Contactor	Acciona la conexión y desconexión del circuito del compresor.	32A, 3P+1NO, BOBINA 220VAC, 50/60Hz, IEC 60947-4-1. Cant: 1
F	Relé térmico de sobrecarga	Protege el circuito del compresor ante sobrecargas.	12-18A, 1NA+1NC, M+A, 50/60Hz, 690VAC, IEC 60947-4-1. Cantidad: 1
KM2	Contactor	Acciona la conexión y desconexión del circuito del ventilador.	9A, 3P+1NO, BOBINA 220VAC, 50/60Hz, IEC 60947-4-1. Cant: 1
KM3	Contactor	Acciona la conexión y desconexión del circuito del sistema de tratamiento de agua.	9A, 3P+1NO, BOBINA 220VAC, 50/60Hz, IEC 60947-4-1. Cant: 1
K2	Relé enchufable encapsulado 8 pines	Controla la apertura y cierre del circuito del sensor de nivel de líquido ubicado en el fondo del tanque de almacenamiento de agua.	10A, 2NA+2NC, bobina 220VAC, IEC 61810-1. Cantidad: 1
K1	Relé enchufable encapsulado 8 pines	Controla la apertura y cierre del circuito del sensor de nivel de líquido ubicado en la parte superior del tanque de almacenamiento de agua.	10A, 2NA+2NC, bobina 220VAC, IEC 61810-1. Cantidad: 1

Nota. Ver detalles técnicos en el Anexo 16. Fuente: elaboración propia.

Figura 3-64 Distribución del tablero eléctrico del generador de agua



Nota. Para mayor información sobre el tablero eléctrico, refiérase a los planos. Fuente: elaboración propia

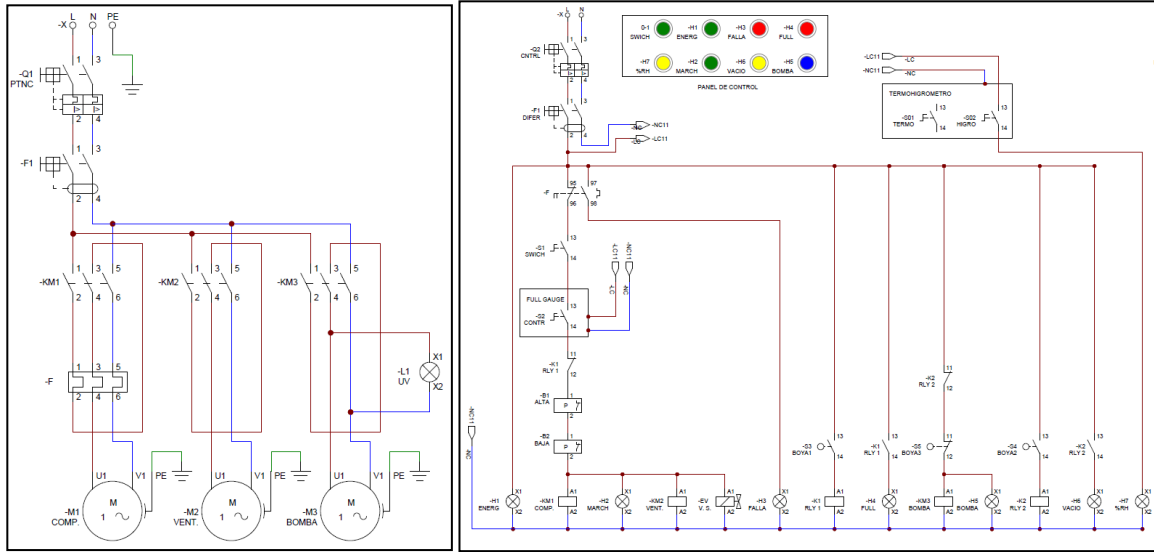
Tabla 3-77 Otros componentes del circuito eléctrico

Ítem	Accesorio	Función
S3	Sensor de nivel de liquido	Detecta si el tanque de almacenamiento interno de agua está lleno.
S4	Sensor de nivel de liquido	Detecta si el tanque de almacenamiento interno de agua está vacío.
S5	Sensor de nivel de liquido	Detecta si el tanque del dispensador está lleno.
L1	Filtro UV	Esteriliza el agua por medio de una lámpara ultravioleta.

Nota. Ver detalles técnicos en el Anexo 16. Fuente: elaboración propia.

Para el cableado del sistema eléctrico, se opta por el cable GPT, ideal para tableros con espacio reducido, cuyo aislamiento de PVC lo hace resistente a altas temperaturas. Por lo tanto, para las conexiones del circuito de mando se selecciona cable GPT 16AWG y para las conexiones del circuito de fuerza cables GPT 14AWG y GPT 12AWG. En la Figura 3-65 se muestra el diagrama eléctrico del generador de agua, en el cual se detalla cómo se llevará a cabo la instalación eléctrica.

Figura 3-65 Diagrama eléctrico del circuito de fuerza del AWG



Nota. Izquierda: Diagrama eléctrico del circuito de fuerza del AWG, Derecha: Diagrama eléctrico del circuito de mando del AWG Para mayor información sobre el diagrama eléctrico, refiérase a los planos. Fuente: elaboración propia mediante el software CADe_SIMU (Versión 4.0).

3.6.3. Detalles del Funcionamiento del Sistema Eléctrico

Si el generador de agua ha sido transportado, debe reposar al menos 20 minutos antes de su puesta en marcha, permitiendo que el aceite del sistema de refrigeración regrese al compresor. Al conectar el generador de agua a la red eléctrica mediante un enchufe, el sistema de refrigeración estará listo para su puesta en marcha. En ese momento, se encenderá el piloto

“ENERGIZADO”. Mientras el generador de agua esté conectado a la red eléctrica, la información estará disponible en las pantallas del panel de control.

Para encender el generador de agua, se gira el selector a la posición “ON”. Esto iniciará el funcionamiento del compresor y el ventilador, activando el sistema de refrigeración y la deshumidificación del aire. Simultáneamente, se encenderá el piloto de “MARCHA”.

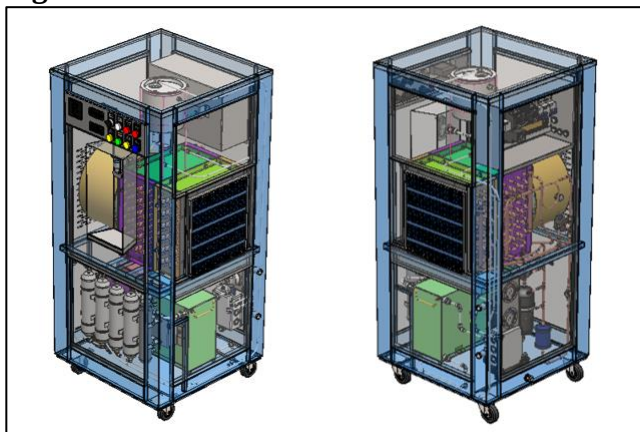
Para apagar el sistema de refrigeración, se gira el selector a “OFF”, lo que apagará el compresor y el ventilador. El piloto “ENERGIZADO” permanecerá encendido, ya que el generador de agua sigue conectado a la red eléctrica. Mientras esté conectado, el sistema de tratamiento de agua y el dispensador seguirán funcionando.

Cuando el tanque de agua se llena, el sensor de nivel superior apagará el sistema de generación de agua. En ese momento, se encenderá el piloto “TANQUE LLENO” y el sistema de refrigeración no se iniciará hasta que se vacíe el tanque.

El piloto del “SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA” se activará durante el funcionamiento del sistema de tratamiento de agua. Por otro lado, la activación del indicador “TANQUE VACÍO” se producirá cuando el nivel de agua en el tanque de almacenamiento descienda por debajo del umbral definido por el sensor de nivel inferior.

3.7. Diseño Final del Generador de Agua Atmosférica

Figura 3-66 *Vistas Interiores de AWG*



Nota. Fuente: elaboración propia.

Figura 3-67 *Vistas Exteriores del AWG*

Nota. Fuente: elaboración propia.

La modelización del diseño final del generador de agua atmosférica (AWG) se ilustra en las Figura 3-66 y Figura 3-67. Este diseño se fundamenta en la aplicación de las normativas de diseño VDI 2221 y 2225. Asimismo, el diseño del sistema de refrigeración se realizó considerando las recomendaciones establecidas en las normas (ASHRAE, 2017), (ASHRAE, 2016), (ASHRAE Inc, 2006) y (ASHRAE Standard 34, 2022). Para las consideraciones de seguridad del sistema de refrigeración, se tomaron en cuenta las recomendaciones de la norma (ASHRAE Standard 15, 2013). Finalmente, la normativa de calidad del agua se basó en las guías proporcionadas por el (MINSA. Dirección General de Salud Ambiental - Lima, 2011) y (OMS, 2011).

3.8. Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

3.8.1. Emplazamiento

La instalación del sistema solar fotovoltaico se realizará en las zonas rurales del distrito de Santa Ana, pero para los cálculos se toma una ubicación geográfica de referencia: latitud (φ) 12°51'48" S, longitud 72°41'35" O.

Los paneles solares se deben ubicar en espacios nivelados y libre de sombras, con la orientación siempre mirando al ecuador terrestre (Mascaros Mateo, 2016).

3.8.2. Inclinación de los Paneles Solares

La inclinación óptima de los paneles solares se estima utilizando la siguiente ecuación:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69(\varphi) = 3.7 + 0.69(12.86) = 12.57$$

No obstante, la inclinación de los paneles solares no debe ser menor de 15 grados, para permitir su limpieza por el agua de lluvia (Mascaros Mateo, 2016). Por esta razón la inclinación de los paneles solares será de 15°.

3.8.3. Estimación del Consumo (Carga)

El AWG incluye los siguientes dispositivos eléctricos, junto con sus respectivas horas de funcionamiento:

Tabla 3-78 Consumo total estimado diario.

Equipos	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso (h)	Total estimado (W.h)
Compresor	1	1250	7	8750
Ventilador	1	80	7	560
Sistema de Filtrado	1	35	0.5	17.5
Total		1365		9327.5

Nota. Fuente: elaboración propia.

Entonces el consumo estimado diario, está dado por la ecuación:

$$L_{TE} = \frac{L_T}{\eta_{bat} \times \eta_{cab}} = \frac{9327.5 \text{ W}}{0.90 \times 0.98} = 10575.4 \text{ W.h}$$

3.8.4. Tensión del Sistema

Para el AWG, la tensión del sistema la elegiremos de la Tabla 3-79.

Tabla 3-79 Elección de la tensión de trabajo en función de su consumo.

Tipo de instalación	Consumo	Tensión de trabajo
Pequeña	Menor a 3 KW	Puede utilizarse 12 V o 24 V
Grande	Mayor a 3 KW	Se utilizará 48 V o 120 V

Nota. Fuente: (Díaz Corcobado & Carmona Rubio, 2010).

Se selecciona una tensión de trabajo V_{sit} de 48 V, por ser una máquina de consumo relativamente alto.

Ahora se determina la carga en Amperios hora con la siguiente formula:

$$Q_L = \frac{L_{TE}}{V_{sit}} = \frac{10575.4 \text{ W} \cdot \text{h}}{48 \text{ V}} = 220.32 \text{ A} \cdot \text{h}$$

3.8.5. Irradiación Solar Disponible

La irradiación media solar diaria en el distrito de Santa Ana son:

Tabla 3-80 Valor medio diario de la irradiación sobre una superficie horizontal.

Irradiación media solar diaria en el distrito de Santa Ana $G_{da}(0)$ (KW/m ² .h)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media anual
4.22	3.97	4.21	4.19	4.11	4	4.25	4.55	4.53	4.62	4.39	4.1	4.26

Nota. Fuente: elaboración propia con los datos obtenidos de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.

Se debe corregir estos datos para la inclinación óptima de los paneles solares, de acuerdo a la siguiente ecuación con los datos de la Tabla 3-80:

$$G_{da}(0, \beta_{opt}) = \frac{G_{da}(0)}{1 - 4.46 \times 10^{-4} \times \varphi - 1.19 \times 10^{-4} \times \varphi^2}$$

En la Tabla 3-81 se muestra la irradiación media solar diaria sobre una superficie inclinada con ángulo óptimo.

Tabla 3-81 Valor medio diario de la irradiación sobre una superficie inclinada con ángulo óptimo.

Irradiación media solar diaria en el distrito de Santa Ana $G_{da}(0, \beta_{opt})$ (KW/m ² .h)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media anual
4.33	4.07	4.32	4.29	4.21	4.10	4.36	4.66	4.64	4.74	4.50	4.20	4.37

Nota. Fuente: elaboración propia.

3.8.6. Hora Solar Pico (HSP)

Se reemplaza los valores de la irradiación media solar diaria de todos los meses del año en la siguiente fórmula:

$$HSP_{(0, \beta_{opt})} = \frac{G_{da}(0, \beta_{opt})}{1000 \text{ W/m}^2}$$

Tabla 3-82 Hora Solar Pico.

Hora Solar pico HSP (h)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media anual
4.33	4.07	4.32	4.29	4.21	4.10	4.36	4.66	4.64	4.74	4.50	4.20	4.37

Nota. Fuente: elaboración propia.

En este caso el valor del HSP más crítico es en el mes de febrero.

3.8.7. Dimensionamiento de los Paneles Solares

Para determinar el número de paneles solares calculamos la corriente del generador:

$$I_G = \frac{C_A \times Q_L}{HSP} = \frac{1.1 \times 220.32 \text{ A} \cdot h}{4.07h} = 59.55 \text{ A}$$

Para determinar el número de paneles en serie y paralelo, es necesario conocer la corriente de potencia máxima (I_{mp}) y la tensión de máxima potencia (V_{mp}), valores que vienen en las especificaciones técnicas de los paneles solares.

Para el AWG se selecciona el Panel Solar 610W Monocristalino N-Type Tensite, cuyos datos son los siguientes: $I_{mp} = 15.34 \text{ A}$ y $V_{mp} = 39.77 \text{ V}$.

Número de paneles en serie y paralelo a utilizar:

$$N_S = \frac{V_{sis}}{V_{mp}} = \frac{48 \text{ V}}{39.77 \text{ V}} = 1.21 \quad ; \quad N_P = \frac{I_G}{I_{mp}} = \frac{59.55 \text{ A}}{15.34 \text{ A}} = 3.88 \approx 4$$

Por consiguiente, se necesitan 8 módulos de paneles solares, 4 grupos conectados en serie de 2 paneles conectados en paralelo (Anexo 16).

3.8.8. Dimensionamiento Baterías

Para el dimensionamiento de las baterías utilizaremos la siguiente ecuación:

$$C_B = \frac{Q_L \times C_S}{PD_{max}} = \frac{220.32 \text{ A} \cdot h \times 2}{0.8} = 550.8 \text{ A} \cdot h$$

En este caso se usarán baterías de Gel de 300Ah y 12V ($V_{bat} = 12 \text{ V}$ y $C_{bat} = 300 \text{ A} \cdot h$) de la marca Tensite, para determinar el número de baterías en serie B_S y el número de baterías en paralelo B_P de la instalación, se emplea la siguiente fórmula:

$$B_S = \frac{V_{sis}}{V_{bat}} = \frac{48 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 4 \quad ; \quad B_P = \frac{C_B}{C_{bat}} = \frac{550.8 \text{ A} \cdot h}{300 \text{ A} \cdot h} = 1.836 \approx 2$$

Asimismo, para determinar el número de baterías en paralelo B_p se utiliza la fórmula:

Por consiguiente, se necesitan 8 baterías, 2 grupos en serie de 4 baterías conectadas en paralelo (Anexo 16).

3.8.9. Dimensionamiento del Controlador

Para la selección del regulador es necesario calcular la máxima corriente que deberá soportar tanto a la entrada como a la salida, en el caso de los paneles seleccionados el valor de $I_{sc} = 16.05$.

$$I_{reg} = 1.25 \times N_p \times I_{sc} = 1.25 \times 4 \times 16.05 \text{ A} = 80.25 \text{ A}$$

3.8.10. Dimensionamiento del Inversor

En cuanto a la potencia nominal que debe tener el inversor este debe satisfacer la potencia máxima de consumo, incrementado en un porcentaje (se recomienda entre 1.20 y 1.25) por los picos de arranque que generan algunos dispositivos:

$$P_{inv} = 1.25 \times P_c = 1.25 \times 1365 \text{ W} = 1706.25 \text{ W}$$

Por consiguiente, se selecciona un inversor cargador de la marca SUNTAIC de 5500 W, con 100 A de corriente de carga y 48 VDC (Anexo 16).

3.9. Planos de Fabricación e Instalación del Generador de Agua Atmosférica

Para la fabricación del generador de agua, se elaboraron planos técnicos siguiendo la normativa ISO 128. Dichos planos, codificados como AWG-XX, incluyen detalles de ensamble y despiece, así como recomendaciones para la instalación del AWG y su tanque de almacenamiento de agua externo. De manera similar, se desarrollaron planos para la instalación fotovoltaica, codificados como PF-XX. Los planos mencionados se encuentran disponibles al final de este documento.

CAPITULO 4

Construcción y Operación del Generador de Agua

4.1. Construcción del Generador de Agua

La construcción del generador de agua se llevó a cabo en diversas fábricas y talleres especializados en la ciudad de Lima, seleccionados tras una exhaustiva investigación. Los criterios de selección incluyeron controles de calidad en los procesos de fabricación, instalaciones adecuadas y personal capacitado. Durante la fase de construcción, se realizó un seguimiento detallado de cada procedimiento de fabricación para garantizar el cumplimiento de las especificaciones establecidas en la fase de diseño (ver planos).

4.1.1. Construcción de los Intercambiadores de Calor

Antes de la fabricación de los intercambiadores de calor, el fabricante realizó una revisión de los planos proporcionados. En esta etapa se verificó y se aprobó el diseño de los intercambiadores para su fabricación.

4.1.1.1. Construcción del Evaporador

La fabricación del evaporador se inició con el corte de los tubos de cobre para el núcleo. Posteriormente, se procedió al corte de las láminas de aluminio destinadas a las aletas. El proceso de troquelado de las aletas se realizó mediante una matriz con dimensiones estandarizadas. Durante el troquelado, la matriz generó un cuello de aleta con una altura aproximada de 2.3 a 2.4 mm, logrando una distribución de 11 aletas por pulgada, donde el cuello de aleta actúa como el único separador entre cada aleta. Después se llevaron a cabo las operaciones de corte, troquelado y doblado, según los planos, de las planchas de aluminio utilizadas para la fabricación del case.

El proceso de ensamblaje del evaporador se inició con la construcción del núcleo, mediante el apilamiento de las aletas entre los tubos de cobre, en conjunto con el case

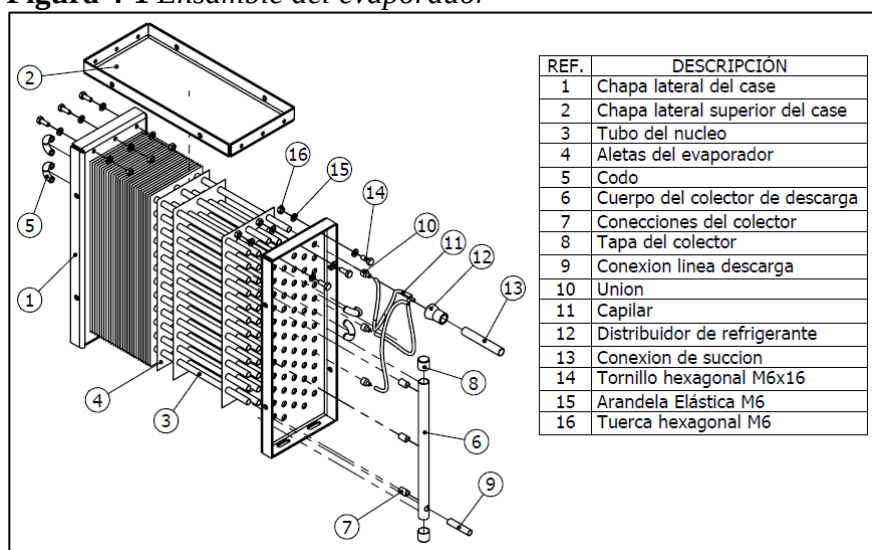
parcialmente ensamblado. Para la construcción del case, se emplearon puntos de soldadura de aluminio como soporte durante el ensamblaje. Posteriormente, el case se fijó en su posición final, una vez completado el núcleo, mediante pernos M6.

. La fabricación de los codos se realizó a partir de tubos de cobre, los cuales fueron conformados en forma de “U” mediante una dobladora de tubos. Para la unión de los codos a los tubos del núcleo, se llevó a cabo el proceso de expansión en los extremos de los tubos, utilizando una herramienta de expansión manual.

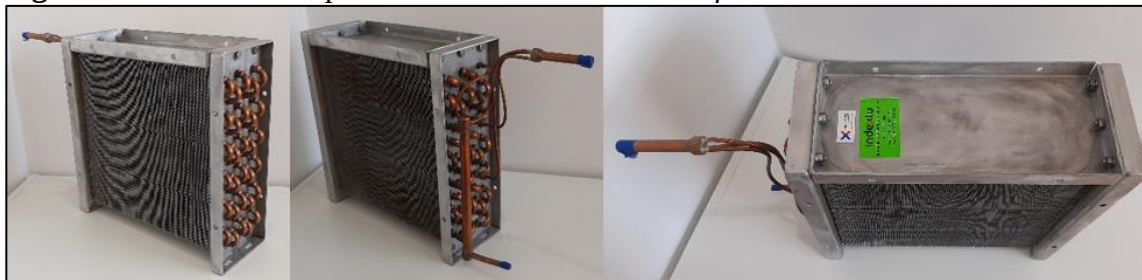
La fabricación del colector se realizó a partir de un tubo de cobre con diámetro exterior de 5/8”. Se procedió a la instalación de tapones hembra en ambos extremos del tubo, y posteriormente, el colector se fijó en su posición mediante soldadura de plata.

Como etapa final del ensamblaje del evaporador, se le suelda al núcleo los tres tubos capilares con el respectivo distribuidor de refrigerante, y un segmento de tubería de 1/2” que será para la unión a la línea de succión del compresor. Todos los procesos de soldadura del cobre se realizaron con soldadura de plata al 5%. En la Figura 4-1 se tiene una visión general del ensamble del evaporador.

Figura 4-1 Ensamble del evaporador



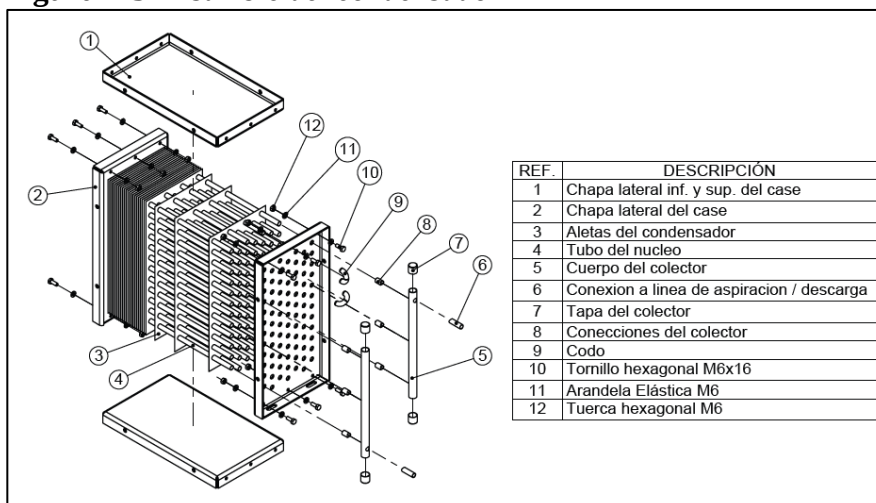
Nota. En el Apéndice 05 se detalla los procesos de fabricación del evaporador en un informe elaborado por el fabricante. Fuente: elaboración propia.

Figura 4-2 Fotos del evaporador una vez concluida su fabricación

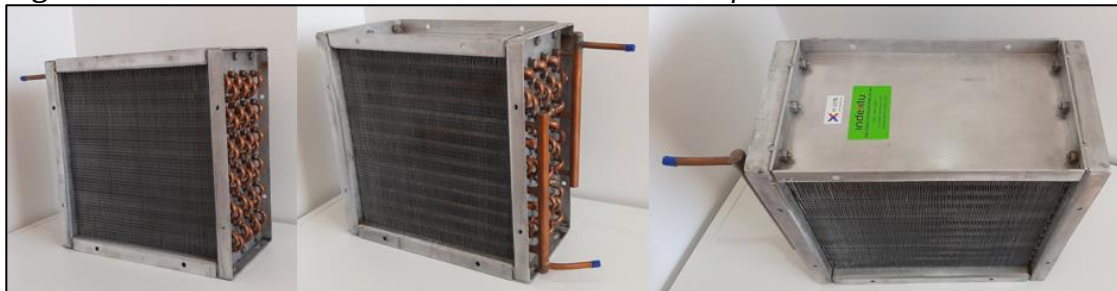
Nota. Una vez concluida la fabricación se sella el ingreso y salida para evitar que la humedad ingrese al interior de los tubos del evaporador. Fuente elaboración propia.

4.1.1.2. Construcción del Condensador

Los procesos de fabricación para el condensador son prácticamente iguales a los del evaporador, pero en este caso se requirió de fabricación de 2 colectores para el ingreso y salida del refrigerante. En la Figura 4-3 se tiene una visión general del ensamble del evaporador.

Figura 4-3 Ensamble del condensador

Nota. En el Apéndice 05 se detalla los procesos de fabricación del condensador en un informe elaborado por el fabricante. Fuente: elaboración propia.

Figura 4-4 Fotos del condensador una vez concluida su fabricación

Nota. Una vez concluida la fabricación se sella el ingreso y salida para evitar que la humedad ingrese al interior de los tubos del condensador. Fuente elaboración propia.

4.1.1.3. Pruebas de Hermeticidad de los Intercambiadores de Calor

Una vez concluida la fabricación del condensador y el evaporador, se realizó una prueba de hermeticidad en una tina de pruebas, utilizando gas nitrógeno a una presión de 250 PSI durante 60 minutos, a una temperatura de 25°C. El objetivo de esta prueba fue detectar posibles fugas, especialmente en las uniones soldadas y en el caso de detectarse alguna fuga, se procede a localizar el punto de fuga y a corregir la unión mediante soldadura.

Habiendo completado con éxito la prueba de hermeticidad, se confirma la operatividad de los intercambiadores de calor. (Apéndice 05).

4.1.2. Construcción y Ensamble de la Cámara de Deshumidificación

4.1.2.1. Prueba de Rendimiento del Evaporador

Previo a la construcción de la cámara de deshumidificación, se realizaron pruebas de rendimiento del evaporador con el fin de validar los parámetros de operación especificados en la fase de diseño, incluyendo la temperatura de evaporación, la producción de agua y la potencia requerida del compresor. Adicionalmente, estas pruebas proporcionaron información valiosa para la optimización del diseño de la cámara de deshumidificación.

Figura 4-5 *Primeras pruebas de rendimiento del evaporador*



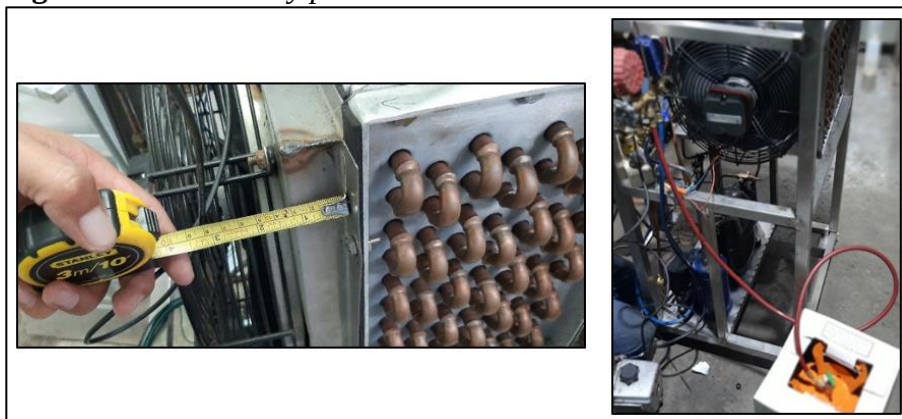
Nota. A la izquierda: banco de pruebas provisional para la comprobación de parámetros de funcionamiento del evaporador. A la derecha: lectura de la temperatura de operación del evaporador (0.1°C). Fuente: elaboración propia.

4.1.2.2. Prueba de Rendimiento de la Cámara de Deshumidificación

Previo a la instalación definitiva de la cámara de deshumidificación, se realizaron pruebas de rendimiento con el objetivo de validar la capacidad de producción de agua. Para

ello, se dispuso la cámara de deshumidificación sobre una plataforma, junto con el sistema de refrigeración correspondiente y un sistema de accionamiento eléctrico básico, suficiente para la operación del compresor y el ventilador. Los resultados de estas pruebas confirmaron satisfactoriamente la capacidad de la cámara de deshumidificación para generar el volumen de agua requerido (Figura 4-6).

Figura 4-6 *Ensamble y pruebas de rendimiento de la cámara de deshumidificación*



Nota. A la izquierda: Instalación del soporte del ventilador. A la derecha: carga de refrigerante para las primeras pruebas de la cámara de deshumidificación. Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Construcción de la Estructura Metálica

La fabricación de la estructura metálica, a partir de planchas de acero, se llevó a cabo mediante procesos de corte por cizalla hidráulica y corte CNC láser. Para la conformación de los perfiles, se utilizaron una dobladora hidráulica y una dobladora manual.

Figura 4-7 *Procesos de doblado de los perfiles de la estructura metálica*



Nota. Proceso de doblado mediante el uso de una dobladora hidráulica. Fuente: elaboración propia.

Los cortes manuales se realizaron utilizando discos abrasivos de corte especializados para acero inoxidable, con el fin de prevenir la contaminación del acero AISI 304. Para la unión de los perfiles, se empleó el proceso de soldadura TIG (GTAW), utilizando gas argón como protección y material de aporte ER 308L. El desbaste y la limpieza de los cordones de soldadura, así como la eliminación de imperfecciones, se llevaron a cabo con discos flap de zirconio.

Figura 4-8 Soldado de la estructura metálica con proceso de soldadura TIG (GTAW)



Nota. Fuente: elaboración propia.

4.1.3.1. Fabricación e Instalación de las Coberturas

La fabricación de las cubiertas con rejillas de ventilación se realizó mediante corte láser CNC, con el fin de obtener un acabado exterior de alta calidad para el equipo. Todas las cubiertas son desmontables mediante tornillos de fijación (ver planos), lo cual facilita las operaciones de montaje y desmontaje de los componentes internos del AWG.

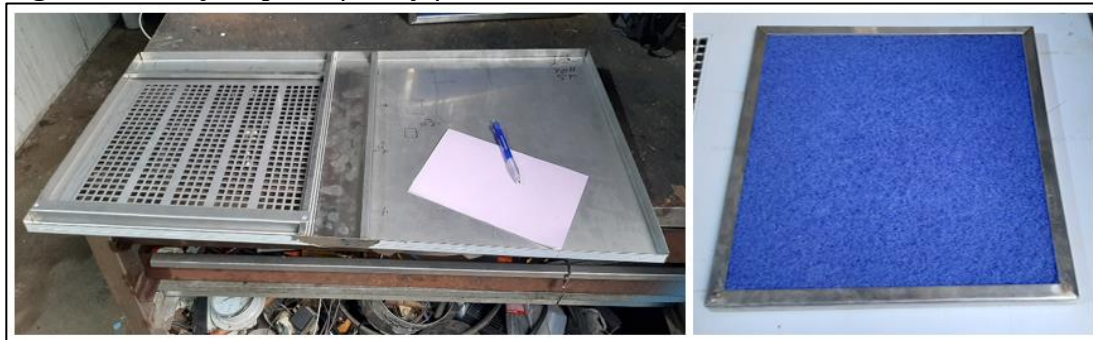
Figura 4-9 Procesos de corte de las rejillas de las coberturas mediante CNC laser



Nota. Fuente: elaboración propia.

4.1.3.2. Construcción de la Rejilla Porta Filtro y Filtro de Aire

Figura 4-10 *Rejilla porta filtro y filtro de aire*

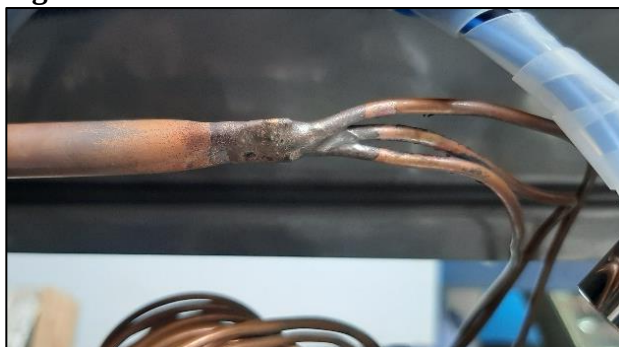


Nota. A la izquierda: soporte del filtro de aire integrado a la cobertura. A la derecha: el filtro de aire fabricado a medida. Fuente: elaboración propia.

4.1.4. Instalación del Sistema de Refrigeración

4.1.4.1. Proceso de Soldadura de la Tubería de Cobre

Figura 4-11 *Procesos de soldadura de cobre*



Nota. Unión soldada de los capilares. Fuente: elaboración propia.

La unión de los tubos de cobre se realizó mediante soldadura de plata al 5%, utilizando un equipo de oxiacetileno. Durante el proceso, se implementó una circulación de gas nitrógeno a 10 PSI en el interior de las tuberías, con el fin de prevenir la formación de óxidos de cobre que pudieran contaminar el refrigerante.

4.1.4.2. Prueba de Estanqueidad del Circuito de Refrigeración

Tras la instalación de los componentes y la conexión de las tuberías del circuito de refrigeración, se procedió a realizar una prueba de estanqueidad utilizando gas nitrógeno para la detección de fugas. Inicialmente, se aplicó vacío al circuito de refrigeración mediante una bomba de vacío. Posteriormente, se cargó gas nitrógeno hasta alcanzar una presión aproximada

de 250 PSI, manteniendo el circuito presurizado durante 30 minutos. Durante este periodo, se monitorizó la presión mediante un juego de manómetros y se aplicó una solución de agua jabonosa en las uniones soldadas para identificar posibles fugas.

Una vez superada la prueba de hermeticidad, se procedió a la evacuación controlada del gas nitrógeno del circuito de refrigeración, liberando la presión gradualmente para evitar daños en el sistema.

4.1.4.3. Proceso de Carga de Refrigerante

El proceso de carga de refrigerante se inició con la aplicación de vacío al sistema durante aproximadamente 30 minutos (Figura 4-12). Este procedimiento se realizó con el fin de eliminar la humedad y los gases no condensables (aire) presentes en el interior del sistema.

Figura 4-12 *Proceso de carga de refrigerante*



Nota. A la izquierda: proceso de vacío del circuito de refrigeración, a la derecha: proceso de carga de refrigerante R404A en fase líquida, mediante el uso de una balanza electrónica. Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se procedió a la carga de 1.2 kg de refrigerante R404A en fase líquida, cantidad requerida para el correcto funcionamiento del sistema de refrigeración (Figura 4-12). Durante la carga de refrigerante, se monitorizó la presión mediante un juego de manómetros, lo que permitió la detección de posibles fugas en el circuito."

4.1.4.4. Aislamiento de Tramos de Tubería del Circuito de Refrigeración

Con el fin de controlar la condensación de humedad del aire en la superficie de tramos específicos de las tuberías de cobre, se implementó un aislamiento térmico mediante espuma

elastómera flexible, comercialmente conocida como cinta FOAM. Esta medida no solo mejora la eficiencia energética del generador de agua atmosférica (AWG), sino que también proporciona una protección adicional contra la corrosión (Figura 4-13).

Figura 4-13 Aislamiento de tramos de tubería de cobre (línea de baja presión)



Nota. A la izquierda: colocación de aislamiento sobre la tubería de cobre a la salida del evaporador. A la derecha: colocación de aislamiento sobre la tubería de cobre a la entrada del evaporador. Fuente: elaboración propia.

4.1.5. Instalación del Sistema de Tratamiento de Agua

La instalación de este sistema requirió especial atención debido al riesgo de cortocircuitos y electrocución para los usuarios, derivados de posibles fugas de agua que podrían dañar el sistema eléctrico.

4.1.5.1. Construcción del Tanque de Almacenamiento de Agua

Figura 4-14 Fabricación del tanque de almacenamiento de agua



Nota. A la izquierda: Fabricación del tanque de agua. Al medio: Tanque de almacenamiento de agua una vez concluida su fabricación. A la derecha: instalación de los carriles para el soporte del tanque de agua en la estructura del AWG. Fuente: elaboración propia.

La fabricación del tanque de almacenamiento de agua se realizó mediante procesos de corte con cizalla hidráulica y conformación de planchas con dobladora manual. Para las uniones soldadas, se empleó el proceso de soldadura TIG (GTAW), utilizando material de

aporte ER 308L y gas argón como protección. Finalmente, se instalaron los accesorios necesarios, incluyendo los sensores de nivel de líquido y conexiones para la línea de tratamiento de agua.

4.1.5.2. Instalación de los Componentes del Sistema de Tratamiento de Agua

La instalación de los componentes del sistema de tratamiento de agua se realizó siguiendo los planos de diseño, verificando la correcta fijación de cada componente para prevenir cualquier holgura que pudiera derivar en fugas de agua en las conexiones.

Figura 4-15 *Instalación de los componentes del sistema de tratamiento de agua*



Nota. A la izquierda: instalación de la bomba. Al medio: instalación de los filtros de agua. A la izquierda: instalación del tanque del dispensador de agua. Fuente: elaboración propia.

4.1.5.3. Conexión de la Tubería y Accesorios

Para la conexión de los accesorios del sistema de tratamiento de agua mediante conectores Quick-Connect, se realizaron cortes precisos de la tubería LLDPE utilizando un cortador de tubos RO de tijera. Este procedimiento aseguró cortes limpios en ángulo recto, previniendo conexiones defectuosas. Posteriormente, se verificó la integridad de cada unión mediante inspección táctil y visual antes de la puesta en marcha del sistema.

4.1.5.4. Prueba de Estanqueidad del Sistema de Tratamiento de Agua

Tras la instalación y conexión de todos los componentes del sistema de tratamiento de agua, se procedió a realizar una prueba de estanqueidad a una presión de 30 PSI, con el fin de detectar y corregir cualquier fuga de agua que pudiera comprometer la integridad de otros sistemas del AWG.

Figura 4-16 Pruebas del sistema de tratamiento de agua



Nota. A la izquierda: Prueba de llenado del tanque del dispensador. Al medio: Prueba de los sensores de nivel de líquido del tanque de almacenamiento de agua. A la izquierda: prueba del sensor de nivel de líquido del tanque del dispensador. Fuente: elaboración propia.

4.1.6. Instalación del Sistema Eléctrico

La instalación del sistema eléctrico se realizó de acuerdo al esquema eléctrico (ver plano). Las conexiones del sistema se realizaron teniendo las debidas precauciones de seguridad para evitar accidentes eléctricos.

4.1.6.1. Instalación de los Componentes del Sistema Eléctrico

La instalación de los componentes eléctricos se realizó de tal manera que facilitara su reemplazo en caso de posibles fallos.

Figura 4-17 Instalación de los componentes del sistema eléctrico



Nota. A la izquierda: instalación de los componentes del panel de control. A la derecha: instalación de los componentes del tablero eléctrico. Fuente: elaboración propia.

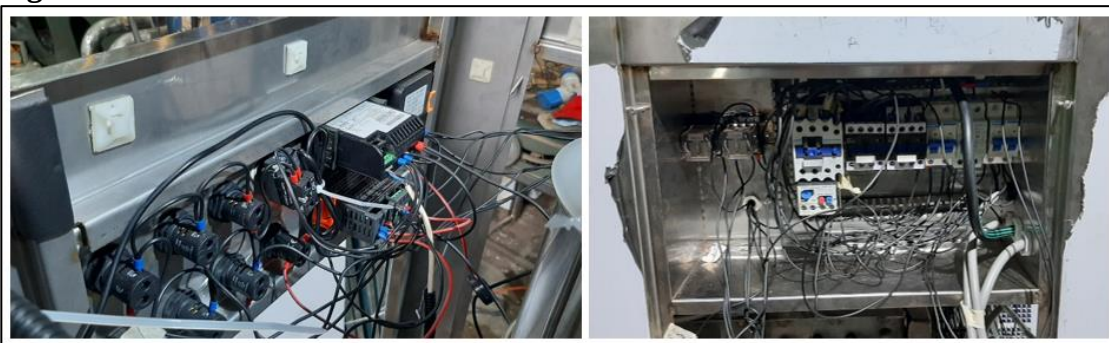
4.1.6.2. Conexión de los Componentes del Sistema Eléctrico

Para el conexionado del circuito de control, se emplearon cables GPT de calibre 16AWG. En el circuito de potencia, se utilizaron cables GPT de calibres 14AWG y 12AWG, siguiendo las especificaciones de los planos de diseño. Con el fin de proteger los empalmes, se

aplicó cinta aislante de vinilo y, en casos específicos, tubo termorretráctil. Para la protección de los cables, se utilizaron tubos corrugados flexibles abiertos de PVC de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{1}{4}$ ", y tubos espirales de 10 mm en situaciones particulares.

Para asegurar la integridad de las conexiones y prevenir falsos contactos, se emplearon terminales eléctricos adecuados para cada aplicación. En las conexiones de pilotos, contactores, interruptores termomagnéticos, diferenciales y relés, se utilizaron terminales tipo punta. Para las conexiones al compresor, condensador eléctrico y sensores de nivel de líquido, se seleccionaron terminales tipo fast-on. Finalmente, para las conexiones a tierra, se emplearon terminales tipo ojal.

Figura 4-18 *Cableado del sistema eléctrico*



Nota. A la izquierda: cableado del panel de control. A la derecha: cableado del tablero eléctrico. Fuente: elaboración propia.

4.1.6.3. Pruebas de Funcionamiento del Sistema Eléctrico

Figura 4-19 *Pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico*



Nota. A la izquierda: Primeras pruebas del panel de control. A la derecha: primeras pruebas del tablero eléctrico. Fuente: elaboración propia.

Tras la conclusión de la instalación y conexionado del sistema eléctrico, se procedió a realizar un testeo. Este proceso tuvo como objetivo principal verificar el correcto

funcionamiento de cada componente del sistema, así como la detección de posibles cortocircuitos o conexiones defectuosas.

4.2. Primeras Pruebas y Resultados Obtenidos

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante la puesta en marcha del generador de agua atmosférica (AWG). Las pruebas se realizaron en dos ubicaciones distintas: la ciudad de Quillabamba (-12.864652, -72.696001), situada a 1059 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), y la Institución Educativa N° 50280 Pacchac Chico (-12.800128, -72.678792), ubicada a 1019 m.s.n.m.

Durante las pruebas, se registraron mediciones de temperatura ambiente, humedad relativa y potencia consumida durante la operación del equipo. El agua generada se recolectó y midió en intervalos de una hora.

En la Institución Educativa Pacchac Chico, se llevaron a cabo pruebas durante las horas de operación de diseño, registrando los parámetros de funcionamiento correspondientes (Tabla 4-1).

Tabla 4-1 *Parámetro de funcionamiento del AWG*

UNSAAC							
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica							
Lugar	Quillabamba	Altura	1019 m.s.n.m	Fecha	08/08/2014		
Condiciones ambientales antes de encender el equipo			Hora	06:00			
Ts	20°C	HR	75%	Refrigerante	R-404A		
Características del AWG							
Consumos eléctrico compresor							
Voltaje	220 V	Amperaje	5.5 A	Frecuencia	60 HZ	Potencia	1210 W
Parámetros de funcionamiento del equipo							
Velocidad del aire en la succión del evaporador						1.9	m/s
Temperatura del aire en la succión del evaporador						31	°C
Área en la succión del aire del evaporador						1024	cm ²
Temperatura del evaporador (manómetro)						2	°C
Temperatura de la tubería en la entrada del evaporador						6	°C
Temperatura de la tubería en la salida del evaporador						11	°C
Temperatura del condensador (manómetro)						52	°C
Temperatura de la tubería en la entrada del condensador						31.7	°C
Temperatura de la tubería en la salida del condensador						52	°C
Temperatura de la tubería en la succión del compresor						19.8	°C
Temperatura de la tubería en la descarga del compresor						58	°C
Temperatura del aire a la descarga del condensador						25	°C

Velocidad del aire a la salida del condensador	3.7	m/s
Área en la descarga del aire del condensador	1024	cm ²
Cantidad de agua condensada (entre las 06:00 y las 07: horas)	2200	ml
Consumos eléctrico compresor (entre las 06:00 y las 07: horas)		
Voltaje	219 V	
Amperaje	4.6 A	
Frecuencia	60 HZ	
Potencia	1007 W	

Nota. Fuente: elaboración propia.

La producción de agua y el consumo de energía por hora de operación se detallan en las tablas Tabla 4-2 y Tabla 4-3.

Tabla 4-2 Resultados Institución Educativa Pacchac Chico 08/08/2024

Hora del día	Temperatura ambiente (°C)	Humedad relativa (%)	Agua condensada (l.)	Energía consumida (KW-h)
01:00-02:00	23	58	1.65	1.02
02:00-03:00	22	61	1.75	1.02
03:00-04:00	22	65	1.90	1.01
04:00-05:00	21	70	2.05	1.01
05:00-06:00	20	73	2.10	1.00
06:00-07:00	20	75	2.20	1.01
07:00-08:00	21	73	2.15	1.02
Total	7 horas		13.80	7.09

Nota. Fuente: elaboración propia.

A partir de la Tabla 4-2, se observa que el 8 de agosto se obtuvo un volumen de 13.80 litros de agua durante las 7 horas de operación, con un consumo energético total de 7.09 kWh.

Tabla 4-3 Resultados Institución Educativa Pacchac Chico 09/08/2024

Hora del día	Temperatura ambiente (°C)	Humedad relativa (%)	Agua condensada (l.)	Energía consumida (KW-h)
01:00-02:00	22	56	1.60	1.02
02:00-03:00	22	64	1.90	1.02
03:00-04:00	21	70	2.05	1.01
04:00-05:00	20	75	2.20	1.01
05:00-06:00	19	77	2.30	1.01
06:00-07:00	19	75	2.20	1.01
07:00-08:00	20	72	2.15	1.02
Total	7 horas		14.40	7.10

Nota. Fuente: elaboración propia.

De manera similar, el 9 de agosto se obtuvo un volumen de 14.40 litros de agua durante las 7 horas de operación, con un consumo energético total de 7.10 kWh (Tabla 4-3).

Adicionalmente, se realizaron pruebas diurnas del AWG para evaluar su desempeño durante las horas de mayor actividad solar. Estas pruebas se llevaron a cabo en la ciudad de Quillabamba y en la Institución Educativa N° 50280 Pacchac Chico. Los resultados obtenidos se presentan en las tablas Tabla 4-4, Tabla 4-5 y Tabla 4-6.

Tabla 4-4 Resultados de pruebas en Quillabamba 06/08/2024

Hora del día	Temperatura ambiente (°C)	Humedad relativa (%)	Agua condensada (l.)	Energía consumida (KW-h)
13:00-14:00	31	49	1.35	1.12
14:00-15:00	30	47	1.20	1.13
15:00-16:00	29	43	1.10	1.11
16:40-17:40	28	50	1.40	1.11
17:50-18:50	28	55	1.60	1.1
19:00-20:00	26	57	1.70	1.08
Total	6 horas		8.35	6.65

Nota. Fuente: elaboración propia.

Durante el día, se observaron temperaturas elevadas y una humedad relativa significativamente menor en comparación con las horas nocturnas. Adicionalmente, se registró un incremento en el consumo de energía. En un periodo de operación de 6 horas, se obtuvo un volumen de 8.35 litros de agua, con un consumo energético total de 6.65 kWh (Tabla 4-4).

Tabla 4-5 Resultados de pruebas en Quillabamba 07/08/2024

Hora del día	Temperatura ambiente (°C)	Humedad relativa (%)	Agua condensada (l.)	Energía consumida (KW-h)
09:20-10:20	28	53	1.45	1.14
10:20-11:20	28	50	1.35	1.15
15:20-16:20	32	36	0.95	1.17
19:50-17:50	26	57	1.65	1.13
Total	4 horas		5.40	4.59

Nota. Fuente: elaboración propia.

El 7 de agosto, se obtuvo un volumen de 5.40 litros de agua en un periodo de operación de 4 horas, con un consumo energético de 4.59 kWh (Tabla 4-5).

El 8 de agosto, se realizaron pruebas en la Institución Educativa Pacchac Chico, cuyos resultados se detallan en la Tabla 4-6.

Figura 4-20 Fotos de las pruebas realizadas en Quillabamba



Nota. A la izquierda: equipo instalado en la Institución Educativa Pacchac Chico, fecha: 08/08/2024. A la derecha: equipo instalado en el centro de la ciudad de Quillabamba, fecha: 07/08/2024. Fuente: elaboración propia.

Tabla 4-6 Resultados Institución Educativa Pacchac Chico 08/08/2024 (Horario tarde).

Hora del día	Temperatura ambiente (°C)	Humedad relativa (%)	Agua condensada (L)	Energía consumida (KW-h)
16:05-17:05	28	45	1.20	1.02

Nota. Fuente: elaboración propia.

Figura 4-21 Fotos de transporte del equipo

Nota. Transporte del equipo AWG mediante moto carga. Fuente: elaboración propia.

4.3. Toma de Muestras y Análisis del Agua Obtenida

Para la obtención de muestras de agua, se aplicaron los procedimientos establecidos en el protocolo (MINSA - DIGESA, 2015). Este protocolo define los lineamientos para la toma, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de muestras de agua destinadas al consumo humano, asegurando así la adecuada realización de los análisis de laboratorio.

4.3.1. Datos de la Toma de Muestras

Figura 4-22 Procedimiento de toma de muestras del agua obtenida por el generador

Nota. A la izquierda: kit de toma de muestras. Al medio: toma de muestras del dispensador de agua. A la derecha: finalización del procedimiento de toma de muestras. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 4-7 se muestran los datos del muestreo realizado.

Tabla 4-7 Datos de Muestreo

Descripción	Datos
Fecha de muestreo	05/09/2024
Horas	09:40
Temperatura ambiental	26°
Humedad atmosférica	63 %
Cantidad de muestra	1 Litro.
Ubicación	Jr. Santa Ana 120 - Quillabamba

Nota. Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Resultados de Laboratorio

Las muestras de agua obtenidas fueron remitidas al laboratorio Louise Pasteur para la realización de un análisis fisicoquímico. Los resultados de dicho análisis confirmaron que el agua producida por el generador cumple con los límites permisibles establecidos en el reglamento del (MINSA. Dirección General de Salud Ambiental - Lima, 2011), certificando su aptitud para el consumo humano (Apéndice 07). La Tabla 4-8 presenta los datos correspondientes a la cadena de custodia de la muestra ingresada al laboratorio.

Tabla 4-8 Datos de la cadena de custodia de la muestra

Descripción	Datos
Fecha de muestreo	05/09/2024
Horas	16:00
Temperatura Ambiente	SI () NO (X)
Refrigerado ($\leq 6^{\circ}$ C aguas)	SI (X) NO ()
Temperatura de ingreso a laboratorio	4°C
En buen estado/cantidad adecuada	SI (X) NO ()
Recipiente adecuado	SI (X) NO ()
Dentro del tiempo de conservación	SI (X) NO ()

Nota. Los resultados de las pruebas se adjuntan en el Apéndice 07. Fuente: elaboración propia.

4.4. Manual de Montaje, Operación y Mantenimiento

Como parte del desarrollo del proyecto, se elaboró una versión inicial (1.0) del manual de operación y mantenimiento del equipo (Apéndice 08), destinada a los usuarios del AWG. Este manual se desarrolló en conformidad con las normas ISO 20607, ISO 3864-2, ISO 7010, ISO 128, ASHRAE Standard 15 y ASHRAE Guideline 4, con el objetivo de proporcionar información detallada para el uso adecuado del equipo. La versión 1.0 del manual fue revisada y validada por los investigadores durante las pruebas de campo iniciales del AWG.

CAPITULO 5

Análisis de Costos

Este capítulo presenta un análisis detallado de los costos de construcción y operación del AWG, que incluye la valoración de materiales, mano de obra y los gastos operativos asociados al funcionamiento del equipo. El enfoque principal de este análisis de costos es evaluar el beneficio social del AWG, destacando su impacto positivo en el suministro de agua potable a comunidades rurales con acceso limitado a este recurso esencial.

5.1. Costos Directos y de Operación del AWG

5.1.1. Costo Directo, Materiales

A continuación, se desarrollarán los costos de los materiales y cantidades por sistemas:

Tabla 5-1 Costos de la estructura

DESCRIPCIÓN	U. Med.	Cant.	P. Unit.	TOTAL (S/.)		
Plancha de acero inoxidable 316 N°4 satinado 4'x8'	Plancha	1	S/	320.00	S/	320.00
Tubo cuadrado de acero inoxidable 304 de 1"x1"x1.00mm	und.	1	S/	85.00	S/	85.00
Pernos Hexagonales Acero Inox 304 1/4	und.	12	S/	0.50	S/	6.00
Tuercas Hex. Acero Inox 304 1/4	und.	24	S/	0.25	S/	6.00
Arandelas planas Acero Inox 304 M6	und.	12	S/	0.20	S/	2.40
Arandelas de presión Acero Inox 304 1/4	und.	24	S/	0.20	S/	4.80
Pernos Hexagonales Acero Inox 304 1/4 x 1/4	und.	12	S/	0.60	S/	7.20
Arandelas planas Acero Inox 304 1/4	und.	24	S/	0.25	S/	6.00
Tuercas mariposa Acero Inox 304 1/4	und.	6	S/	0.80	S/	4.80
Subtotal					S/	442.20

Nota. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 5-2 se muestran los costos del sistema de refrigeración.

Tabla 5-2 Costos del sistema de refrigeración.

DESCRIPCIÓN	U. Med.	Cant.	P. Unit.	TOTAL (S/.)		
Compresor rotativo 220/2HP/60HZ-R404A	und.	1	S/	780.00	S/	780.00
Ventilador EMBAPST	und.	1	S/	370.00	S/	370.00
Filtro sintético con marco de acero inoxidable 37x37 cm de 3/4	und.	1	S/	120.00	S/	120.00
Reloj manómetro C/Glicerina Alta conexión posterior 1/4 HONGSEN	und.	11	S/	50.00	S/	550.00
Reloj manómetro C/Glicerina Baja conexión posterior 1/4 HONGSEN	und.	1	S/	50.00	S/	50.00
Válvula Solenoide de 3/8 - RPV-603BYF - SAGINOMIYA	und.	1	S/	170.00	S/	170.00
Botella de gas refrigerante R-404A X 10.900KG	und.	1	S/	250.00	S/	250.00
Tubería flex. de 1/2	metro	1	S/	13.00	S/	13.00
Tubería flex. de 3/8	metro	2	S/	9.00	S/	18.00

Codo soldable de 1/2 - 90°	und.	3	S/	2.50	S/	7.50
Tee soldable de 3/8X3/8X3/8 - 111 W4000	und.	2	S/	3.50	S/	7.00
Filtro secador soldable de 3/8	und.	1	S/	21.00	S/	21.00
Soldadura de plata 5% HARRIS	und.	4	S/	9.00	S/	36.00
Tuerca Flare de 3/8	und.	2	S/	3.50	S/	7.00
Cinta FOAM 2 X 30 X 9.14 MTS	und.	1	S/	15.00	S/	15.00
Subtotal					S/	2,414.50

Nota. Fuente: elaboración propia.

Los costos del sistema de tratamiento de agua se muestran en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3 Costos del sistema de tratamiento de agua.

DESCRIPCIÓN	U. Med.	Cant.		P. Unit.		TOTAL (S/.)
Bomba de membrana Lefoo	und.	1	S/	450.00	S/	450.00
Tanque pequeño de 3L.	und.	1	S/	180.00	S/	180.00
Grifo de polipropileno	und.	1	S/	35.00	S/	35.00
Swich de presión	und.	1	S/	120.00	S/	120.00
Llave de paso de 3/8	und.	1	S/	15.00	S/	15.00
Uniones niple	und.	2	S/	15.00	S/	30.00
Codo de 1/4 de polipropileno	und.	2	S/	15.00	S/	30.00
Tee de 1/4 de polipropileno	und.	2	S/	15.00	S/	30.00
Manguera de polipropileno de 1/4	metro	3	S/	10.00	S/	30.00
Accesorios de reducción macho NTP 1/2 A 1/4 conexión rápida	und.	2	S/	30.00	S/	60.00
Accesorios de reducción hembra NTP 1/2 A 3/8 conexión rápida	und.	2	S/	30.00	S/	60.00
Abrazaderas Inox	und.	6	S/	2.50	S/	15.00
Filtro de sedimentos modelo PP-33	und.	1	S/	45.00	S/	45.00
Filtro de carbón activado granulado	und.	1	S/	65.00	S/	65.00
Filtro de polímero UF	und.	1	S/	177.00	S/	177.00
Filtro de carbón acibado modelo T33-33	und.	1	S/	95.00	S/	95.00
Filtro alcalinizador Falk	und.	1	S/	120.00	S/	120.00
Lampara de luz ultravioleta	und.	1	S/	413.00	S/	413.00
Subtotal					S/	1,970.00

Nota. Fuente: elaboración propia.

Los costos materiales del sistema eléctrico se detallan en la Tabla 5-4.

Tabla 5-4 Costos sistema eléctrico y automatización.

DESCRIPCIÓN	U. Med.	Cant.		P. Unit.		TOTAL (S/.)
Equipo GAUGE modelo 512 220/10 voltios 2HP	und.	1	S/	100.00	S/	100.00
Medidor de Amperaje Voltaje Hertz	und.	1	S/	130.00	S/	130.00
Contadores 18A	und.	3	S/	90.00	S/	90.00
Piloto De Señalización Pvc Blanca, Ø 22Mm, Voltaje 220Vac.	und.	1	S/	4.76	S/	4.76
Piloto De Señalización Pvc Roja, Ø 22Mm, Voltaje 220Vac.	und.	2	S/	5.55	S/	11.10
Piloto De Señalización Pvc Verde, Ø 22Mm, Voltaje 220Vac.	und.	1	S/	5.30	S/	5.30
Piloto De Señalización Pvc Azul, Ø 22Mm, Voltaje 220V.	und.	1	S/	3.00	S/	3.00
Piloto De Señalización Pvc Amarilla, Ø 22Mm, Voltaje 220Vac.	und.	2	S/	4.60	S/	9.20
Int. Aut. Termomagnetico P/Riel 2P 32A 230Vac 6Ka Curva C	und.	1	S/	13.70	S/	13.70
Int. Diferencial 2P 40A 230Vac 30Ma T. Ac	und.	1	S/	55.20	S/	55.20

Cable de control GPT 16AWG 300V.AISLAM. PVC NEGRO	metro	100	S/	1.10	S/	110.00
Cable vulcanizado INDECO 3XN°12	metro	2	S/	5.00	S/	10.00
Cable vulcanizado INDECO 3XN°14	metro	2	S/	4.00	S/	8.00
Terminal Sobremoldeado [Øe 1.7Mm] Rojo P/Cable 1.5mm	cto.	1	S/	3.00	S/	3.00
Terminal Sobremoldeado [Øe 1.7Mm] Rojo P/Cable 1.5mm	cto.	1	S/	3.00	S/	3.00
Terminal Sobremoldeado [Øe 2.5Mm] Azul P/Cable 2.5mm	cto.	1	S/	3.60	S/	3.60
Selector Con Llave 2 Posic Metal Negro Ø 22Mm 1Na	cto.	1	S/	11.26	S/	11.26
Condensador/capacitor de 24	und.	1	S/	35.00	S/	35.00
Reley 12-18	und.	1	S/	35.00	S/	35.00
Cable GPT #14	metro	2	S/	4.50	S/	9.00
Cable GPT #12	metro	8	S/	3.50	S/	28.00
Prensaestopa PG 13.50	und.	2	S/	2.00	S/	4.00
Prensaestopa 13.5 GP	und.	1	S/	2.50	S/	2.50
Prensaestopa 11 GP	und.	2	S/	2.50	S/	5.00
Cinta aislante 3M	und.	1	S/	8.00	S/	8.00
Cintillo 200	cto.	1	S/	4.00	S/	4.00
Cintillo 100	cto.	1	S/	2.50	S/	2.50
Sensor bolla para nivel de agua inox	und.	1	S/	60.00	S/	60.00
Sensor de nivel 75mm inox rosca M10	und.	1	S/	60.00	S/	60.00
Contador de potencia 3P 32A AC3 BOB 220VAC 1NA 15KW 50/6H	und.	1	S/	80.00	S/	80.00
Termohigrómetro controlador	und.	1	S/	70.00	S/	70.00
Tapa nuez 22mm	und.	2	S/	2.50	S/	5.00
Cable vulcanizado 3X12	metro	4	S/	8.50	S/	34.00
Relé enchufable 8 pines 220VAC 10A 2NANC con indicador mecánico	und.	2	S/	12.00	S/	24.00
Base de enchufable 8 pines P/RELE JQX- 10F/2ZJMK2P-I	und.	1	S/	10.00	S/	10.00
Tubo corrugado de 1/8	und.	1	S/	10.00	S/	10.00
Subtotal					S/	1,057.12

Nota. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 5-5 se detalla los costos del sistema fotovoltaico, necesario para 2 días de autonomía:

Tabla 5-5 Costos de sistema fotovoltaico

DESCRIPCIÓN	U. Med.	Cant.	P. Unit.	TOTAL (S/.)
Panel Solar 610W 24V Mono N-Type Tensite	und.	8	S/ 490.67	S/ 4,416.01
Inversor cargador 5.5Kw MPPT 48V SUNTAIC	und.	1	S/ 2,749.40	S/ 4,749.40
WIFI Stick SUNTAIC	und.	1	S/ 143.75	S/ 143.75
Batería GEL 300Ah 12V Tensite	und.	8	S/ 1,280.91	S/ 10,247.31
Cable de Interconexión Baterías Serie 50mm	und.	6	S/ 29.81	S/ 178.84
Juego Conectores MC4 Paneles solares	jgo	3	S/ 10.70	S/ 32.11
Cable Unifilar Solar PV 6mm2 H1Z2Z2-K 1,5kV Rojo (20+10)	metro	30	S/ 6.76	S/ 202.84
Cable Unifilar Solar PV 6mm2 H1Z2Z2-K 1,5kV Negro (20+10)	metro	30	S/ 6.76	S/ 202.84
Cable Unifilar TOP CABLE 10 mm2 de 1,5kV Rojo	metro	15	S/ 15.79	S/ 236.83
Cable Unifilar TOP CABLE 10 mm2 de 1,5kV Negro	metro	15	S/ 15.79	S/ 236.83
Cable Unifilar Solar PV 35mm2 RZ1-K 1kV Verde	metro	8	S/ 36.21	S/ 289.71
Cable Unifilar Solar PV 35mm2 RV-K 1kV Negro	metro	8	S/ 36.21	S/ 289.71

Cable Unifilar Solar 50mm2 RZ1-K 1kV Verde	metro	2	S/	49.42	S/	98.84
Cable Unifilar Solar 50mm2 RV-K 1kV Negro	metro	2	S/	49.42	S/	98.84
Terminal de Compresión Cable 35mm - Perno 8mm	und.	14	S/	5.11	S/	71.53
Terminal punta Cable 35mm - Borne 35mm	und.	2	S/	4.22	S/	8.45
Terminal de Compresión Cable 50mm - Perno 8mm	und.	4	S/	7.65	S/	30.59
Terminal de Compresión Cable 50mm - Perno 10mm	und.	2	S/	7.65	S/	15.29
Fusible Cilíndrico DC gPV 20A 1000Vdc 10x38	und.	2	S/	6.49	S/	12.98
Portafusible DC gPV 10x38 32A 1000Vdc	und.	2	S/	9.83	S/	19.66
Fusible DC 40A 500V 14x51	und.	2	S/	12.43	S/	24.85
Portafusible DC 14x51 63A 690V	und.	2	S/	60.58	S/	121.16
Termomagnético 2P 32A 6KA Monofásico CHINT	und.	2	S/	53.52	S/	107.05
Protección sobretensiones 3P 750Vdc 40kA DC	und.	2	S/	288.33	S/	576.67
Desconector de Baterías DC 275A 48V	und.	1	S/	117.74	S/	117.74
Repartidor-Bornera Bipolar 2x6 125A -DC	und.	1	S/	68.36	S/	68.36
Caja estanca SOLERA S 160x135x70mm	und.	1	S/	43.79	S/	43.79
Aislador Resina 4cm	und.	4	S/	16.43	S/	65.70
Caja de Protección IP65 XL (80 x 60 x 30) (ACOPLE INVERSOR)	und.	2	S/	685.60	S/	1,371.21
Rejilla Plástica con Filtro 148x148mm DC Energy	und.	4	S/	32.75	S/	130.98
Caja embarrado para conexión paralelo 250A	und.	1	S/	601.06	S/	601.06
Estructura 8 Paneles 144c 15° Inclinada Falcat	und.	1	S/	1,121.97	S/	1,121.97
Subtotal					S/	23,442.21

Nota. Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Costo Directo, Servicios

En esta sección se detallan los costos asociados a la mano de obra requerida para la construcción del AWG. La Tabla 5-6 presenta un desglose de estos costos.

Tabla 5-6 Costos de mano de obra

DESCRIPCIÓN	U. Med.	Cant.	P. Unit.	TOTAL (S/.)
Servicio de fabricación de estructura y coberturas en acero inoxidable	serv	1	S/ 1,200.00	S/ 1,400.00
Servicio de instalación del sistema de refrigeración	serv	1	S/ 1,000.00	S/ 1,000.00
Servicio de fabricación de Condensador según diseño	serv	1	S/ 4,224.90	S/ 4,224.90
Servicio de fabricación de Evaporador según diseño	serv	1	S/ 3,513.40	S/ 3,513.40
Servicio de instalación parte eléctrica y automatización	serv	1	S/ 1,300.00	S/ 1,300.00
Subtotal				S/ 11,958.30

Nota. Fuente: elaboración propia.

En el caso de la instalación fotovoltaica, se debe instalar la caja de protección, el costo de mano de obra se muestra en la Tabla 5-7.

Tabla 5-7 Costo mano de obra sistema fotovoltaico

DESCRIPCIÓN	U. Med.	Cant.	P. Unit.	TOTAL (S/.)
Servicio de montaje de Caja Protección IP65	serv	2	S/ 150.00	S/ 300.00
Subtotal				S/ 300.00

Nota. Fuente: elaboración propia.

5.1.3. Resumen de Costos Directos

El costo total por materiales y mano de obra necesario para la fabricación del AWG se detalla en la Tabla 5-8, asimismo se detalla el costo del sistema fotovoltaico necesario para el funcionamiento del AWG.

Tabla 5-8 *Resumen de costos directos*

DESCRIPCIÓN	Und.	Cant.	P. Unit.	TOTAL (S/.)
Costos de materiales del AWG			S/	5,883.82
Costos de servicios del AWG			S/	11,958.30
Costos del sistema fotovoltaico			S/	23,442.21
Costos de servicios sistema fotovoltaico			S/	300.00
TOTAL			S/	41,584.33

Nota. Fuente: elaboración propia.

5.1.4. Costo de Operación Anual

En la Tabla 5-9 se muestra el costo de operación en 7 horas de funcionamiento al día (según diseño) para un periodo de un año; para este caso se utilizará corriente eléctrica de la red local (tarifa eléctrica para zonas rurales).

Tabla 5-9 *Costo de operación anual*

DESCRIPCIÓN	Und.	Cant.	P. Unit.	TOTAL (S/.)
Tarifa Eléctrica zona urbanas	KWh	3066	S/ 0.5535	S/ 1,697.03
Mantenimiento	und.	2	S/ 550.00	S/ 1,100.00
TOTAL			S/	2,797.03

Nota. Fuente: elaboración propia.

5.1.5. Costo de Funcionamiento en un Periodo de 10 Años con Energía Solar

Fotovoltaica

La Tabla 5-10 detalla el costo operativo del AWG durante un periodo de 10 años, considerando su funcionamiento con energía proveniente de una instalación fotovoltaica.

Tabla 5-10 *Costo de operación del AWG en 10 años con energía solar fotovoltaica*

DESCRIPCIÓN	Und.	Cant.	P. Unit.	TOTAL (S/.)
Costo de la maquina	und.	1	S/ 5,883.82	S/ 17,842.12
Costo del sistema fotovoltaica	und.	1	S/ 23,442.21	S/ 23,442.21
Mantenimiento	und.	20	S/ 550.00	S/ 11,000.00
Mantenimiento sistema fotovoltaico	und.	1	S/ 10,250.00	S/ 10,250.00
TOTAL			S/	62,534.33

Nota. Fuente: elaboración propia.

5.1.6. Costo de Funcionamiento en un Periodo de 10 Años Conectado a la Red Eléctrica

En esta sección se detalla el costo de funcionamiento del AWG durante un período de 10 años, considerando su operación con energía proveniente de la red eléctrica, aplicando una tarifa rural.

Tabla 5-11 Costo de operación del AWG en 10 años

DESCRIPCIÓN	Und.	Cant.	P. Unit.	TOTAL (S/.)
Costo de la máquina	und.	1	S/ 5,883.82	S/ 17,842.12
Tarifa Eléctrica zona urbanas	KWh	30660	S/ 0.55	S/ 16,970.31
Mantenimiento	und.	20	S/ 550.00	S/ 11,000.00
TOTAL				S/ 45,812.43

Nota. Fuente: elaboración propia.

5.1.7. Costo del Litro de Agua Producido

Este cálculo representa el costo unitario de producción, es decir, el costo total de fabricación y operación por litro de agua producido. Se realiza un análisis comparativo de este costo unitario para los dos escenarios de operación evaluados: sistema fotovoltaico y red eléctrica.

Tabla 5-12 Costo de agua producido por litro

Energía de funcionamiento	Costo de funcionamiento (S/.)	Agua producida (l.)	Costo por litro
Sistema fotovoltaico	S/ 62,534.33	54750	S/ 1.14
Red eléctrica local	S/ 45,812.43	54750	S/ 0.84

Nota. Fuente: elaboración propia.

Al comparar los costos de producción obtenidos con el precio comercial del agua embotellada en el mercado peruano, que oscila entre 1 y 2.5 soles por litro, se evidencia la viabilidad económica y la sostenibilidad a largo plazo del agua producida por el generador de agua atmosférica (AWG). Este análisis resalta el impacto social positivo del AWG, especialmente en regiones con acceso limitado a fuentes de agua potable.

5.2. Análisis de Rentabilidad social

Para realizar un análisis costo beneficio, es necesario cuantificar los costos y beneficios sociales, los cuales inciden en la calidad de vida de la población rural. El consumo de agua potable puede influir positivamente en la salud de la población reduciendo la incidencia de enfermedades gastrointestinales y endémicas por ende reduciendo los costos médicos y aumentando la productividad de las personas.

En el presente estudio no se llevará a cabo un análisis costo beneficio debido a que la cuantificación de los beneficios sociales requiere de estudios complementarios en la zona de trabajo, los cuales no se contemplaron en los objetivos de la tesis.

Por consiguiente, se realizará un análisis de rentabilidad en base Valor Actual Neto Social (VANS) y Tasa Interna de Retorno Social (TIRS) para un horizonte de 10 años y una Tasa Social de Descuento (TSD) del 8% (Invierte.pe, 2021).

5.2.1. Cálculo de VANS y TIRS

Se realizará el cálculo de VANS y TIRS para un funcionamiento del AWG con la red eléctrica y sistema fotovoltaico:

$$VANS = -I_o + \sum_{i=1}^{10} \frac{BN_i}{(1 + TSD)^i} = -17842.12 + \sum_{i=1}^{10} \frac{BN_i}{(1 + 0.08)^i}$$

$$0 = -I_o + \sum_{i=1}^{10} \frac{BN_i}{(1 + TIRS)^i} = -17842.12 + \sum_{i=1}^{10} \frac{BN_i}{(1 + TIRS)^i}$$

Reemplazando:

El flujo neto anual es la diferencia entre el beneficio (costo por litro de agua a 1.2 soles) y costo anual de operación y mantenimiento:

$$BN_i = (5475)(1.2) - 4469.22 = 2100.8$$

$$BN_i = (5475)(1.2) - 2796.03 = 3773.9$$

Tabla 5-13 Resultados VANS y TIRS

Energía de funcionamiento		BN_i (S/.)		VANS (S/.)	TIRS (%)
Sistema fotovoltaico	S/	2,100.80	S/	-3,746.58	3.1
Red eléctrica local	S/	3,773.90	S/	7,481.53	16.6

Nota. Fuente: elaboración propia.

Para el caso del AWG alimentado con la red eléctrica el VANS resultante es positivo y el TIRS es superior al TSD (8%), esto confirma la viabilidad del proyecto.

Para el caso del AWG funcionando con el sistema fotovoltaico, el VANS resultante es negativo y el TIRS es inferior al TSD (8%), esto indica que el proyecto no recupera la inversión inicial ni los costos operativos, por lo tanto, no es rentable.

CONCLUSIONES

- En el diseño y construcción del generador de agua atmosférico (AWG) se aplicaron las directrices VDI 2221 y VDI 2225 como marco conceptual y metodológico. La alternativa final, seleccionada tras un análisis técnico y económico, comprendió un sistema de refrigeración por compresión de vapor con dos intercambiadores de calor compactos (evaporador y condensador), un ventilador axial con filtro de aire mecánico, un sistema de tratamiento de agua de seis etapas de filtración y automatización eléctrica mediante lógica cableada.
- Los componentes del sistema de condensación de agua a partir de la humedad atmosférica fueron diseñados aplicando los conceptos de termodinámica y mecánica de fluidos. Como resultado, la cantidad de agua obtenida en los días 08/08/2024 y 09/08/2024 fueron de 13.80 y 14.40 litros respectivamente entre la 01:00 y 08:00 horas; siendo superior a los 10 litros de agua requerida en la etapa de diseño, considerando que agosto y septiembre son los meses donde las condiciones climáticas son más desfavorables para la producción de agua durante el año.
- El funcionamiento del AWG en su máxima capacidad considerando factores como humedad atmosférica, temperatura y altitud se logró incluyendo los siguientes componentes: a) Para el sistema de refrigeración: un compresor rotativo hermético de 1250 W, como dispositivo de expansión tres tubos capilares conectados en paralelo, y un ventilador axial compacto de 80 W en modo de extracción para la alimentación de aire. b) Para el sistema de tratamiento de agua: una bomba de diafragma para un flujo de trabajo de 750 mL/min, con 5 filtros: PP-33, GAC, UF, T33-33, un filtro mineralizador con balanceador de PH y como última etapa un esterilizador por luz UV. c) Para el sistema eléctrico: un controlador de temperatura digital con un sistema de automatización básica con lógica cableada; d) Para el sistema fotovoltaico: 8 paneles tipo monocristalino de 600

W, 1 inversor de 5.5 KW y 8 baterías de gel de 300 Ah para una autonomía de dos días de operación.

- El manual de montaje, operación y mantenimiento del AWG versión 1.0 fue elaborado siguiendo las normas ISO 20607, ISO 3864-2, ISO 7010, ISO 128, ASHRAE Standard 15 y ASHRAE Guideline 4. Esto asegura que el manual proporciona información detallada para el uso correcto del equipo, lo cual fue validado por los investigadores durante las pruebas de campo.
- La evaluación de los costos y presupuestos del AWG estuvo basado en dos criterios: a) Costos directos de fabricación del equipo: S/. 17,842.12 y Costo directo del sistema fotovoltaico S/. 23,442.21. b) Costos de rendimiento del equipo por litro de agua para un periodo de 10 años: Utilizando el sistema fotovoltaico el costo aproximado por litro de agua sería de S/. 1.14; utilizando energía de la red local (tarifa eléctrica para zonas rurales: S/.0.5535 por KWh) el costo aproximado por litro de agua seria de S/. 0.84. Por lo que, el AWG podría ser una alternativa financieramente sostenible si comparamos su costo de producción con el precio del litro de agua en el mercado peruano que oscila entre S/. 0.90 y S/. 2.50.

RECOMENDACIONES

- Dada la creciente crisis hídrica global, y su impacto crítico en nuestras regiones como la selva, la tecnología de captación de agua atmosférica propuesta por el generador de agua atmosférico (AWG) representa una alternativa sostenible y prometedora para la generación de recursos hídricos. Su capacidad de operación con energía solar y su diseño modular lo hacen especialmente relevante para comunidades con acceso limitado a fuentes de energía convencionales. Para optimizar su rendimiento en condiciones climáticas variables, se recomienda la integración de un sistema de automatización electrónico. Este sistema debería incluir sensores y algoritmos que permitan la adaptación dinámica del AWG a las condiciones ambientales, maximizando así la eficiencia en la captura de agua.
- Para optimizar el diseño y mejorar la eficiencia en la captura de agua, se recomienda llevar a cabo fases de prueba adicionales en diversas condiciones ambientales, incluyendo un plan de pruebas detallado que considere variables como la temperatura, humedad relativa y radiación solar. Estas pruebas deben incluir un análisis de los costos de mantenimiento, la capacitación requerida para el manejo del equipo y la evaluación del impacto social en las comunidades beneficiarias.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUAPARS. (s.f.). *Preguntas mas frecuentes*. Obtenido de AGUAPARS Web site: https://aguapars.com/ES/Preguntas_mas_frecuentes_FAQ_ES.pdf
- Aguierre, S. E., Piraneque, N. V., & Rozo, A. (2018). Potencial de uso del agua proveniente de los sistemas de aire acondicionado en el Caribe seco colombiano. *Información tecnológica*, 29(6), 33 - 42. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000600033>
- Aguilera Nieves, A. (2011). *Montaje mecánico en instalaciones solares fotovoltaicas* (1ra ed.). Madrid: Vértice.
- Althouse, A. D., Turnquist, C. D., & Bracciano, J. (2016). *Modern refrigeration and air conditioning* (20 ed.). Goodheart-Willcox.
- Andrew Maddocks, R. S. (26 de August de 2015). *World Resources Institute*. Obtenido de World Resources Institute Web site: <https://www.wri.org/insights/ranking-worlds-most-water-stressed-countries-2040>
- Arora, C. P. (2017). *Refrigeration and Air Conditioning* (3 ed.). India: Mc Graw Hill.
- ASHRAE. (2016). *Guía de Bolsillo de ASHRAE*. Atlanta.
- ASHRAE. (2016). *Guia de Bolsillo de ASHRAE, Para Aire Acondicionado, Calefacción, Ventilación, Refrigeración (Edición I-P ySI)*. Atlanta, Estados Unidos: ASHRAE.
- ASHRAE. (2017). *Fundamentals* (SI Edition ed.).
- ASHRAE Inc. (2006). *ASHRAE Handbook Refrigeration*. New York.
- ASHRAE Standar 34. (2010). *Designación y Clasificación de Seguridad de los refrigerantes*.
- ASHRAE Standard 15. (2013). *Safety Standard for Refrigeration Systems*. Atlanta: ASHRAE.
- ASHRAE Standard 34. (2022). *Designation and Safety Classification of Refrigerants*.
- ASTM. (2020). *Standard Specification for Seamless Copper Tube in Coils - ASTM B743-12(2020)*. ASTM.
- Barriga, B. (2014). *Métodos de Diseño en Ingeniería Mecánica* (Vol. IV). Lima, Perú.
- Bautista O., A. L., Tovar S., J. L., Mancilla V., O. R., Magdaleno F., H., Ramirez A., C., Arteaga R., R., & Vazquez P., M. A. (2013). Calidad microbiológica del agua obtenida por condensacion de la atmósfera en Tlaxcala, Hidalgo y Ciudad de México. *Revista internacional de contaminacion ambiental*, 29(2), 167 - 175. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000200003&lng=es&tlng=es.
- BOHN. (2008). Boletín 36 - Importancia del subenfriamiento en los sistemas de refrigeración.
- Borgnakke, C., & Sonntag, R. E. (2012). *Fundamentals of thermodynamics* (8th ed.). United States of America: Wiley.
- Campbell, J. M. (2014). *Gas conditioning and processing* (9 ed., Vol. 2). Oklahoma: Campbell Petroleum Series, Norman.
- Carrier Air Conditioning Company. (1980). *Manual de Aire Acondicionado* (5ta reimpresión ed.). España: Marcombo S.A. de Boixareu Editores.

- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2011). *Termodinámica* (7ta ed.). Boston: McGraw-Hill.
- Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2006). *Mecánica de Fluidos, fundamentos y aplicaciones* (1ra ed.). Mexico D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de calor y masa* (4ta ed.). México D.F., México: McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Cheng, L., Ribatski, G., & Thome, J. R. (2008). Two-Phase Flow Patterns and Flow-Pattern Maps: Fundamentals and Applications. *Applied Mechanics Reviews ASME*, 61(5).
- Collier, J. G., & Thome, J. R. (1994). *Convective Boiling and Condensation* (3rd ed.). New York, United States: Oxford University Press.
- Díaz , V. S., & Barreneche, R. O. (2005). *Acondicionamiento termico de edificios* (1ra ed.). Buenos Aires: Nobuko.
- Díaz Corcobado, T., & Carmona Rubio, G. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.
- Donald Ahrens, P. L. (2011). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*, (1st ed.). Canada: Nelson College Indigenious.
- Dossat, R. J. (1991). *Principios de Refrigeración*. Mexico: Cecsa.
- El Comercio. (24 de 03 de 2019). *elcomercio.pe*. Obtenido de *elcomercio.pe*: <https://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/dia-agua-mapa-muestra-paises-riesgo-quedarse-agua-mexico-argentina-colombia-espana-noticia-619296-noticia/>
- Feodosiev, V. I. (1980). *Resistencia de materiales*. Moscu: MIR.
- Franco Lijó, J. M. (2012). *Manual de refrigeración* (1ra ed.). Barcelona: Reverté.
- Full Gauge. (s.f.). *MT-512E 2HP*. Obtenido de Full Gauge Web Site: <https://www.fullgauge.com/es>
- Galindo Torres, M. D., Gregorio Contreras , J., & Mendoza Ortiz, A. (2015). Condensación de la humedad del Aire: solución a la escasez de agua en las regiones de Colombia como la Guajira y San Andrés Isla. *Letras, Cociencia Tecnológica Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central*, 15-24.
- GASSERVEI. (s.f.). *Ficha Técnica*. Obtenido de <https://gas-servei.com/wp-content/uploads/2024/02/ficha-tecnica-r-404a-gas-servei.pdf>
- Hernández G., E. (2005). *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración* (1ra ed.). Mexico D.F., Mexico: Limusa.
- Incropera F., D. W. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor* (4th ed.). México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- Incropera, DeWitt, Bergman, & Lavine. (2007). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (6th ed.). Hoboken, U.S.A.: Jhon Wiley & Sons.
- INEI. (2018). *Perú: Perfil Sociodemográfico* . Lima.
- INEI. (Octubre de 2018). Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017 CUSCO. *Resultados Definitivos Cusco*. Lima.

- INEI. (2020). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico*. Lima.
- INGEMMET. (02 de 2020). *Peligro geológico en la región Cusco - [Boletín C 74]*. Obtenido de Repositorio Institucional INGEMMET: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2564>
- Invierte.pe. (2021). *NOTA TÉCNICA PARA EL USO DE LOS PRECIOS SOCIALES*. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo2_RD006_2021EF6301.pdf
- Kakaç, S. (1991). *Boilers, Evaporators and Condensers*. John Wiley & Sons. Inc.
- Kakaç, S., Liu, H., & Pramuanjaroenkij, A. (2012). *Heat Exchangers, Selection, Rating, and Thermal Design* (3th ed.). Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Kandlikar, S. G. (1990). A General Correlation for Saturated Two-Phase Flow Boiling Heat Transfer Inside Horizontal and Vertical Tubes. *Journal of Heat Transfer*, 112/219.
- Kandlikar, S. G. (1991). A Model for Correlating Flow Boiling Heat Transfer in Augmented Tubes and Compact Evaporators. *Journal of Heat Transfer*, 113, 966-972.
- Kays, W. M., & London, A. L. (2018). *Compact Heat Exchangers* (3th ed.). USA: Scientific International.
- Lee, H. (2010). *Thermal Design: Heat Sinks, Thermoelectrics, Heat Pipes, Compact Heat Exchangers, and Solar Cells* (1 st ed.). Hoboken, New Jersey, United States of America: Wiley.
- MachineMFG. (s.f.). *Amada Air Bending Force Chart: The Ultimate Reference*. Obtenido de machinemfg.com: <https://www.machinemfg.com/air-bending-force-chart/>
- Martinez Jimenez, A. (2012). *Dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas* (1ra ed.). Madrid: Ediciones Parainfo.
- Mascaros Mateo, V. (2016). *Gestión del Montaje de Instalaciones Solares Fotovoltáicas*. Madrid.
- Miller, E. (2018). *Heat Exchanger Design Handbook*. New York, USA: University Publications.
- Miller, R., & Miller, M. (2006). *Air conditioning and refrigeration* (1st ed.). United States of America: McGraw-Hill .
- Mills, A. F. (1995). *Transferencia de Calor* (1ra ed.). Madrid: McGRAW-HILL/IRWIN.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Manual de las Buenas Prácticas en Refrigeración*. Bogotá.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Norma Técnica EM.080 Instalaciones con Energía Solar*.
- MINSA - DIGESA. (24 de 09 de 2015). Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. Lima, Perú.
- MINSA. (2018). *UNIDAD TEMÁTICA N°3: VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CALIDAD*. Lima, Peru: CREATIVE SIDEKICK.

- MINSA. Dirección General de Salud Ambiental - Lima. (2011). Reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N °031-2010-SA. Lima, Perú.
- Moran, M. J., & Shapiro, H. N. (2018). *Fundamentos de Termodinámica Técnica* (2da ed.). Barcelona, España: Reverté.
- Ningbo Hidrotek Co., LTD. (s.f.). Obtenido de Ningbo Hidrotek Co., LTD Web site: <https://www.hidrotek.cn/>
- OMS. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano* (4 ed.). Ginebra.
- OMS. (21 de 03 de 2022). [www.who.int](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water). Obtenido de www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water
- ONU-Agua. (2019). *Informe de políticas de ONU-AGUA sobre el Cambio Climático y el Agua*. Ginebra: UN-WATER.
- Oram, B. (s.f.). *UV Disinfection Drinking Water Treatment*. Obtenido de Water Research Center: <https://www.archive-water-research.net/index.php/water-treatment/water-disinfection/uv-disinfection>
- Osinermin. (2019). *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética*. Lima: Gráfica Biblos S.A.
- Peñiran Lamigueiro, Ó., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. A. (2012). *Diseño de Sistemas Fotovoltaicos*. España.
- Rohsenow, W. M., Hartnett, J. P., & Cho, Y. I. (1998). *Handbook Of Heat Transfer* (3 ed.). United States of America: McGraw-Hill.
- S&P. (s.f.). *Circulación de aire por conductos II*. Obtenido de Soler & Palau Web site: <https://www.solerpalau.com/es-es/hojas-tecnicas-circulacion-de-aire-por-conductos-ii/>
- Sanguinetti R., E. (2017). *Manual de refrigeración y acondicionamiento de aire*. Lima, Perú: Macro.
- SENAMHI. (2019). ESCENARIOS CLIMATICOS EN EL PERÚ PARA EL AÑO 2030. Lima, Perú.
- SENAMHI. (2022). *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional*. Obtenido de Senamhi Web Site: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Softenerparts. (s.f.). *How to Use Quick Connect type Fittings*. Obtenido de Softenerparts.com: <https://www.softenerparts.com/>
- Thermal-FluidsCentral. (17 de 06 de 2010). *Regímenes de flujo bifásico para condensación convectiva forzada*. Obtenido de Thermal-FluidsCentral Web Site: http://www.thermalfluidscentral.org/encyclopedia/index.php/Two-phase_flow_regimes_for_forced_convective_condensation#References
- Tomás Díaz C., G. C. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas* (1ra ed.). Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España S.L.
- Trott, A., & Welch, T. (2000). *Refrigeration and Air-Conditioning* (3rd ed.). Great Britain: Butterworth-Heinemann.
- Urrego Rodriguez, C. (2018). Metodología de selección de refrigerantes. *Fundación Univesidad de América*, 75-89.

- Van Wylen, G. J. (2004). *Fundamentos de Termodinámica* (8th ed.). México D.F.: Ed. Limusa – Grupo Noriega Editores.
- Watergen. (s.f.). *Watergen*. Obtenido de Watergen sWeb site: <https://www.watergen.com/>
- Whitman, W. C., & Johnson, W. M. (2000). *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado. Aire acondicionado* (Vol. III). Paraninfo.
- Whitman, W. C., & Johnson, W. M. (2000). *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado. Fundamentos* (Vol. I). Paraninfo.
- Whitman, W. C., & Johnson, W. M. (2000). *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado. Refrigeración comercial* (Vol. II). Paraninfo.
- Yañez, G. (19 de 06 de 2022). *Sobrecalentamiento (superheat) del refrigerante*. Obtenido de gildardoyanez.com Web site: <https://www.gildardoyanez.com/sobrecalentamiento-del-refrigerante/>

SOFTWARE UTILIZADO

Autodesk. (2019). *AutoCAD 2019* (Product version P.46.0.0) [Software de computador]. <https://latinoamerica.autodesk.com/products/autocad/free-trial>

Danfoss. (2024). *Coolselector® 2* (Versión 5.4.9, Base de datos 114) [Software de computador]. <https://www.danfoss.com/es-es/>

Dassault Systèmes. (2018). *SOLIDWORKS Premium 2018 x64 Edition* [Software de computador]. <https://www.solidworks.com/es>

Juel Skovrup, M., Jakobsen, A., Dindler Rasmussen, B., Engedal Andersen, S. (2012). *CoolPack (Version 1.50)* [Software de computador]. IPU & Department of Mechanical Engineering Technical University of Denmark. [IPU - We help businesses meet complex technology challenges](#)

Pinazo Ojer, J. M., Soto Frances, V., Sarabia Escriba, E. J. (2019). *SICRO* (Versión SICRO_V2_1_3) [Software de computador]. Departamento de Termodinámica Aplicada - Universidad Politécnica de Valencia. <http://www.calculaconatecyr.com/psicro.php>

SECOP. (2012/2019). *Secop CapSel* (Versión 4.0, Database 2.2) [Software de computador]. www.secop.com

Villanueva Montoto, J. L. (2021). *CADe_SIMU* (Version 4.0) [Software de computador]. <https://cade-simu.com/>

APÉNDICE

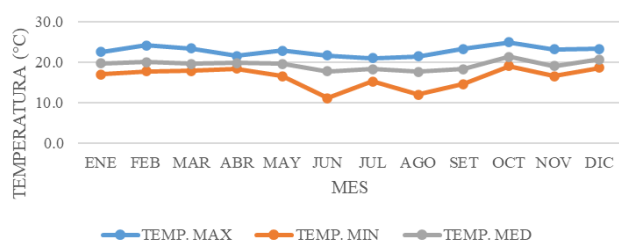
Apéndice 01 Matriz de Consistencia

“Diseño y construcción de un generador de agua, para consumo humano a partir de la humedad atmosférica mediante el uso de energía fotovoltaica para las zonas rurales del distrito de Santa Ana, provincia de La Convención – Cusco”.

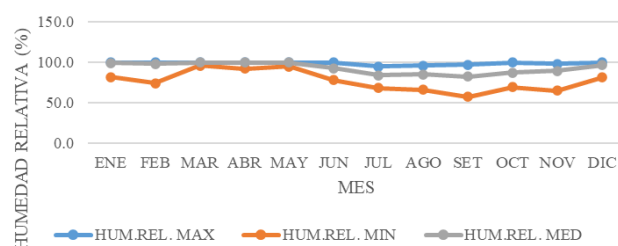
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
PROBLEMA GENERAL ¿Cómo diseñar y construir un generador de agua, para consumo humano a partir de la humedad atmosférica mediante el uso de energía fotovoltaica para zonas rurales del distrito de Santa Ana, provincia de La Convención – Cusco?”.	OBJETIVO GENERAL Diseñar y construir un generador de agua para consumo humano a partir de la humedad atmosférica mediante el uso de energía fotovoltaica para las zonas rurales del distrito de Santa Ana.	HIPÓTESIS GENERAL El diseño y construcción de un generador de agua a partir de la humedad atmosférica, mediante el uso de energía fotovoltaica; permite obtener agua para consumo humano en beneficio de las familias de las zonas rurales del distrito de Santa Ana.	VARIABLES INDEPENDIENTES • Temperatura ambiental. • Humedad ambiental relativa. • Flujo de masa de aire. • Hora solar pico. VARIABLES DEPENDIENTES • Producción de agua. • Consumo de energía eléctrica.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS a. ¿Qué conceptos y metodologías se deben aplicar para el diseño y construcción de un generador de agua a partir de la humedad atmosférica considerando las condiciones geográficas y climáticas del distrito de Santa Ana? b. ¿Cuáles son las consideraciones para el diseño de los componentes del generador de agua a partir de la humedad atmosférica en el distrito de Santa Ana? c. ¿Qué componentes son los más adecuados para el funcionamiento del generador de agua a partir de la humedad atmosférica en el distrito de Santa Ana? d. ¿Cómo se realizaría el montaje, la operación y el mantenimiento del generador de agua a partir de la humedad atmosférica? e. ¿Cuáles serían los costos y presupuestos para el diseño y construcción de un generador de agua a partir de la humedad atmosférica en el distrito de Santa Ana?	OBJETIVOS ESPECÍFICOS a. Identificar los conceptos y metodologías para el diseño y construcción de generadores de agua a partir de la humedad atmosférica. b. Diseñar los componentes del sistema de condensación de agua a partir de la humedad atmosférica del generador de agua. c. Identificar y seleccionar los componentes del generador de agua a partir de la humedad atmosférica. d. Elaborar un manual de montaje, operación y mantenimiento del generador de agua a partir de la humedad atmosférica. e. Evaluar los costos y presupuestos del generador de agua a partir de la humedad atmosférica.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS a. Los conceptos y metodologías identificados en la presente investigación garantizan el diseño y construcción de un generador de agua a partir de la humedad atmosférica que opere al cien por ciento. b. El diseño de los componentes del sistema de condensación de agua a partir de la humedad atmosférica garantiza la operatividad del dispositivo. c. Los componentes seleccionados del generador de agua a partir de la humedad atmosférica garantizan su operatividad. d. El manual de montaje, operación y mantenimiento garantizan la operatividad del dispositivo. e. Los costos y presupuestos garantizan el diseño y construcción del generador de agua a partir de la humedad atmosférica.	METODOLOGÍA Tipo: Experimental. Nivel: Aplicativo. Enfoque: Cuantitativo. i. Técnicas de Recolección de Datos: Se utilizará un proceso mixto (manual y computacional). ii. Procesamiento de Datos: Los datos serán procesados mediante análisis de tablas y curvas. iii. Técnicas de Análisis de Datos: Los datos serán analizados en forma comparativa entre los resultados obtenidos y los datos de la experimentación.

Apéndice 02 Resultados del Análisis de Datos Obtenidos del SENAMHI

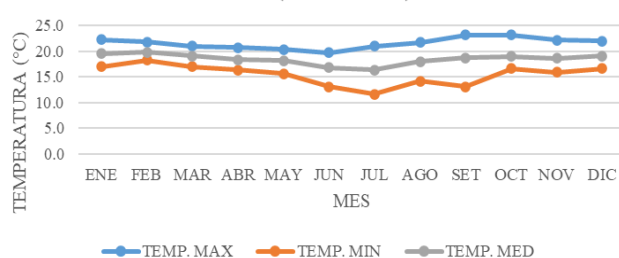
DATOS HISTORICOS DE LA TEMPERATURA
EN EL DISTRITO DE SANTA ANA EL AÑO
2017 (01:00-08:00)



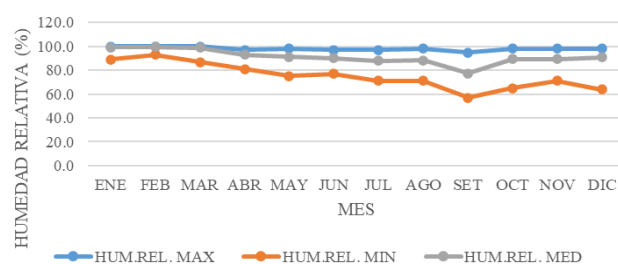
DATOS HISTORICOS DE LA HUMEDAD
RELATIVA EN EL DISTRITO DE SANTA ANA
EL AÑO 2017 (01:00-08:00)



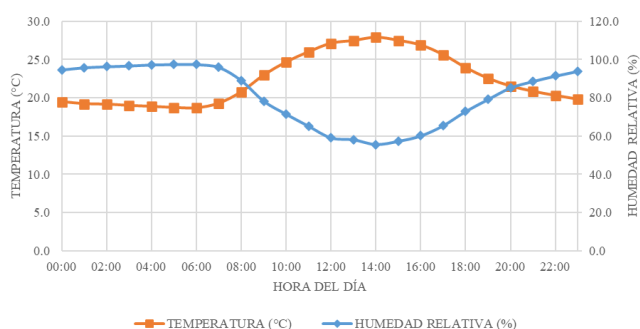
DATOS HISTORICOS DE LA TEMPERATURA
EN EL DISTRITO DE SANTA ANA EL AÑO
2018 (01:00-08:00)



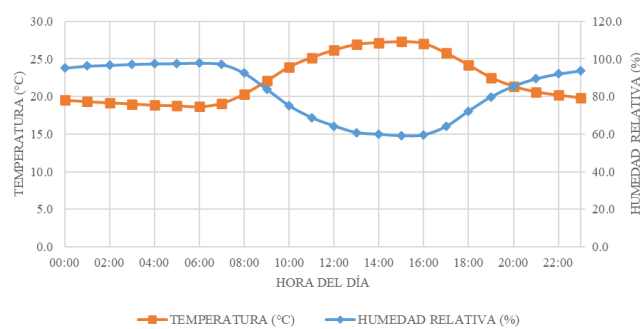
DATOS HISTORICOS DE LA HUMEDAD
RELATIVA EN EL DISTRITO DE SANTA ANA
EL AÑO 2018 (01:00-08:00)



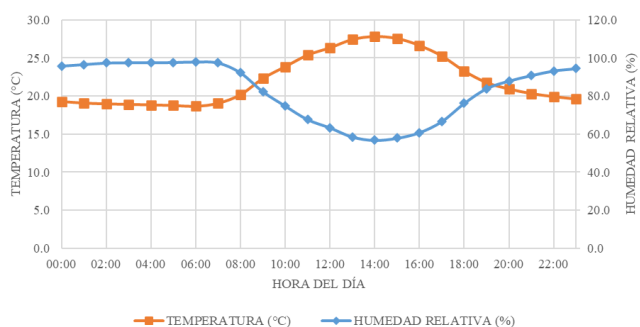
TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA
PROMEDIO DEL MES DE ENERO



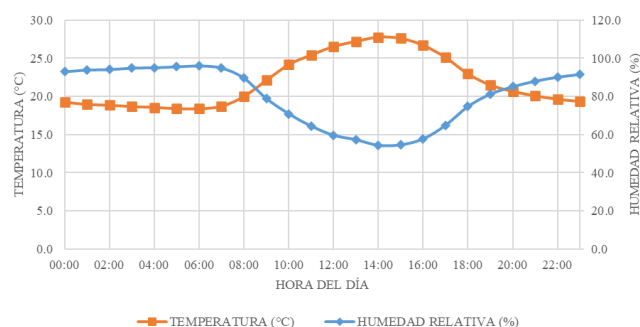
TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA
PROMEDIO DEL MES DE FEBRERO



TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA
PROMEDIO DEL MES DE MARZO



TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA
PROMEDIO DEL MES DE ABRIL



Apéndice 03 Características Técnicas del Evaporador

Datos Generales de Evaporador			
Diseñado por	D. C. y H. S.	Fecha:	06/2023
Fabricado por	INDEXTU	Fecha:	07/2023
Lugar de fabricación	Lima - Perú		
Aplicación	Deshumidificación de aire		
Características Generales			
Dimensiones generales	0.37 x 0.44 x 0.143 m (Alto x Ancho x Profundidad)		
Peso	8.7 kg		
Material del Case	Aluminio, 3003-H14		
Espesor del Case	3.0mm, ASTM B209		
Material de colectores	Cobre, UNS C12200		
Diámetro de colectores	O.D. 5/8" x 0.8mm, ASTM B743		
Diámetro de succión	O.D. 1/2"		
Diámetro de descarga	O.D. 3/8"		
Diámetros externos del distribuidor	O.D. 1/2” x (O.D. 3/16" x 3)		
Tipo Soldadura	Soldadura de plata al 5%		
Datos de los Tubos			
Diámetro de los tubos	O.D. 3/8" x 0.6mm, ASTM B743		
Material de los tubos	Cobre, UNS C12200		
Datos de las Aletas			
Espesor de las aletas	0.2mm, ASTM B209		
Material de las aletas	Aluminio, 5052-H34		
Datos del Núcleo o Panal			
Dimensiones del núcleo	0.32 x 0.32 x 0.113 m (Alto x Ancho x Profundidad)		
Área frontal	0.32 x 0.32 m		
Área de transferencia de calor	8.71 m²		
Aletas por pulgada	11		
Numero de filas o hileras	5		
Numero de tubos por hilera	12		
Número total de tubos	60		
Número de codos	57		
Condiciones de Operación			
Fluido	R404A	Aire	
Temperatura de entrada	5 °C	18 °C	
Temperatura de salida	7 °C	7 °C	
Temperatura de evaporación	2 °C	-	
Flujo másico / Caudal	0.0276 kg/s	540 m³/h	
Presión de trabajo	0.7 MPa	-	
Caídas de presión	40 kPa	16.84 Pa	
Transferencia de calor	2814 W		
Tipo de flujo	Flujo cruzado		
Construcción			
Test de presión con gas nitrógeno	250 PSI		
Instalación			
Pernos de anclaje	M6 ó ½”		

Apéndice 04 Características Técnicas del Condensador

Datos Generales del Condensador			
Diseñado por	D. C. y H. S.	Fecha:	06/2023
Fabricado por	INDEXTU	Fecha:	07/2023
Lugar de fabricación	Lima - Perú		
Aplicación	Deshumidificación de aire		
Características Generales			
Dimensiones generales	0.37 x 0.44 x 0.187 m (Alto x Ancho x Profundidad)		
Peso	12.3 kg		
Material del Case	Aluminio, 3003-H14		
Espesor del Case	3.0mm, ASTM B209		
Material de colectores	Cobre, UNS C12200		
Diámetro de colectores	O.D. 5/8" x 0.8mm, ASTM B743		
Diámetro de succión	O.D. 3/8"		
Diámetro de descarga	O.D. 3/8"		
Tipo Soldadura	Soldadura de plata al 5%		
Datos de los Tubos			
Diámetro de los tubos	O.D. 3/8" x 0.6mm, ASTM B743		
Material de los tubos	Cobre, UNS C12200		
Datos de las Aletas			
Espesor de las aletas	0.2mm, ASTM B209		
Material de las aletas	Aluminio, 5052-H34		
Datos del Núcleo o Panal			
Dimensiones del núcleo	0.32 x 0.32 x 0.157 m (Alto x Ancho x Profundidad)		
Área frontal	0.32 x 0.32 m		
Área de transferencia de calor	9.22 m²		
Aletas por pulgada	11		
Numero de filas o hileras	7		
Numero de tubos por hilera	12		
Número total de tubos	84		
Número de codos	81		
Condiciones de Operación			
Fluido	R404A	Aire	
Temperatura de entrada	68 °C	7 °C	
Temperatura de salida	45 °C	45 °C	
Temperatura de condensación	50 °C	-	
Flujo másico / Caudal	0.0276 kg/s	540 m³/h	
Presión de trabajo	2.3 MPa	-	
Caídas de presión	21 kPa	19.89 Pa	
Transferencia de calor	3800 W		
Tipo de flujo	Flujo cruzado		
Construcción			
Test de presión con gas nitrógeno	250 PSI		
Instalación			
Pernos de anclaje	M6 ó ½”		

Apéndice 05 Informe de Fabricación del Evaporador y Condensador

		INFORME TRABAJO		Versión 01	
		FMR-0638		Código: PR-MF-001	
				Página 1 de 7	

OS - INDEXTU	04076	FABRICACION COMPONENTES		CODIGO	
FECHA INFOR.	18/01/2024	ENFRIAMIENTO		CLIENTE	-

1. DATOS DEL CLIENTE

Cliente	DARCY CAJIGAS	Condición	PRESUPUESTO
Contacto	DARCY CAJIGAS	Tipo de trabajo	FABRICACION
Doc. de Ingreso	S/N	Fecha de Ingreso	06/11/2023

2. DATOS DE LOS COMPONENTES

Cantidad	Descripción	ITP	Medidas	Maquinaria
01	CONDENSADOR	8098	16 ½ - 14 5/8 – 7 3/8	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
01	EVAPORADOR	8099	14 3/8 – 14 3/8 – 5 5/8	

3. COMPONENTES

COMPONENTE 1: CONDENSADOR

A. Condiciones de Ingreso	B. Procesos de Evaluación
---------------------------	---------------------------

- Cliente suministro planos para los procesos de fabricación del componente.

MATERIALES:

- Tubo de cobre de diámetro OD 3/8 - 0.6 mm - ASTM B743 – 07 filas
- Aletas disipadoras de plancha de aluminio de 0.25 mm - aluminio H14
- Soldadura de plata al 5%
- estructuras en material de aluminio de espesor 3 mm
- Manifold o distribuidores en material de cobre.

PROCESOS DE FABRICACION

- Corte de tubos de núcleo de trabajo a medidas indicadas.
- Perforación de aletas disipadoras con distribución en 11 fpi
- Fabricación de codos en diámetro de tubos.
- Armado de partes mediante inserto de tubos en aletas disipadoras de aluminio conformando el componente en 07 filas.
- Instalación de parrillas de material de aluminio en 1/8 espesor.
- Instalación de codos unidos a núcleo de enfriamiento mediante procesos de soldadura de plata.
- Instalación de manifolds o distribuidores mediante procesos de soldadura de plata.
- Instalación de marcos protectores.

EJECUCION DE PRUEBAS DE PRESION Y ACABADOS.

- Instalación de tapones adecuados con manómetro y línea de presión para verificar hermeticidad.
- Aplicación de presión hasta 250 psi con gas nitrógeno.
- Verificación de hermeticidad de componente sumergiendo el equipo en tina de pruebas.
- Garantía de operación del condensado.
- Secado de partes.
- Acabados generales de superficies.
- Inspección embalaje y entrega de condensador.

Ejecución de Prueba de presión de Enfriador Aceite Hidráulico.

1. Inspección de dimensiones de conexiones. 2. Instalación de tapones de prueba adecuados para la hermeticidad de los componentes. 3. Instalación de manómetro de presión. 4. Instalación de línea de presión. 5. Ejecución de Pruebas.	PARAMETROS DE PRUEBAS DE PRESION			
	Tipo de Prueba	Neumática	Hidrostática	Nitrógeno
	Presión (psi)	-	-	250
	Temperatura (°C)	-	-	25
	Fluido	-	-	GAS
	Tiempo	-	-	60 minutos
	RESULTADO DE PRUEBA	SIN FUGAS	X	CON FUGAS
	CONDICIÓN FINAL	OPERATIVO CON GARANTIA		



	INFORME TRABAJO FMR-0638	Versión 01 Código: PR-MF-001 Página 2 de 7
F. Imágenes Digitales		
Los procesos realizados se encuentran archivados con fotos y videos las cuales pueden ser solicitadas previa coordinación con nuestro departamento comercial.		
		Comentario: Condensador fabricado.
		Comentario: Detalle de zona de manifolds.
		Comentario: manómetro con presión de prueba.
Comentario: condensador en proceso de prueba.		



	INFORME TRABAJO FMR-0638	Versión 01
		Código: PR-MF-001
		Página 3 de 7

COMPONENTE 2: EVAPORADOR

A. Condiciones de Ingreso

B. Procesos de Evaluación

- Cliente suministro planos para los procesos de fabricación del componente.

MATERIALES:

- Tubo de cobre de diámetro OD 3/8 - 0.6 mm - ASTM B743 – 05 filas
- Aletas disipadoras de plancha de aluminio de 0.25 mm - aluminio H14
- Soldadura de plata al 5%
- estructuras en material de aluminio de espesor 3 mm
- Manifold o distribuidores en material de cobre.

PROCESOS DE FABRICACION

- Corte de tubos de núcleo de trabajo a medidas indicadas.
- Perforación de aletas disipadoras con distribución en 11 fpi
- Fabricación de codos en diámetro de tubos.
- Armado de partes mediante inserto de tubos en aletas disipadoras de aluminio conformando el componente en 07 filas.
- Instalación de parrillas de material de aluminio en 1/8 espesor.
- Instalación de codos unidos a núcleo de enfriamiento mediante procesos de soldadura de plata.
- Instalación de manifolds o distribuidores mediante procesos de soldadura de plata.
- Instalación de marcos protectores.

EJECUCION DE PRUEBAS DE PRESION Y ACABADOS.

- Instalación de tapones adecuados con manómetro y línea de presión para verificar hermeticidad.
- Aplicación de presión hasta 250 psi con gas nitrógeno.
- Verificación de hermeticidad de componente sumergiendo el equipo en tina de pruebas.
- Garantía de operación del condensado.
- Secado de partes.
- Acabados generales de superficies.
- Inspección embalaje y entrega de condensador.

Ejecución de Prueba de presión de Enfriador Aceite Hidráulico.

1. Inspección de dimensiones de conexiones. 2. Instalación de tapones de prueba adecuados para la hermeticidad de los componentes. 3. Instalación de manómetro de presión. 4. Instalación de línea de presión. 5. Ejecución de Pruebas.	PARAMETROS DE PRUEBAS DE PRESION			
	Tipo de Prueba	Neumática	Hidrostática	Nitrógeno
	Presión (psi)	-	-	250
	Temperatura (°C)	-	-	25
	Fluido	-	-	GAS
	Tiempo	-	-	60 minutos
	RESULTADO DE PRUEBA	SIN FUGAS	X	CON FUGAS
CONDICIÓN FINAL		OPERATIVO CON GARANTIA		



	INFORME TRABAJO FMR-0638	Versión 01 Código: PR-MF-001 Página 4 de 7
F. Imágenes Digitales Los procesos realizados se encuentran archivados con fotos y videos las cuales pueden ser solicitadas previa coordinación con nuestro departamento comercial.		
		Comentario: Evaporador fabricado.
		Comentario: Detalle de zona de manifolds.
		Comentario: manómetro con presión de prueba.

	INFORME TRABAJO FMR-0638	Versión 01 Código: PR-MF-001 Página 5 de 7
5. INFORME ELABORADO POR		
ASESOR COMERCIAL Y TECNICO:	JAYRO ROMAN UGAZ	
SUPERVISOR / OPERARIO:	JUAN ANGULO	
REVISADO Y AUTORIZADO POR EL GERENTE GENERAL	ANGEL TUBILLAS GRADOS	

Apéndice 06 Características Técnicas de Generador de Agua Atmosférica

Características Generales	
Generación mínima de agua	1 l/h a condiciones: 30°C / 35% HR / 1000 m.s.n.m. (condiciones críticas).
Generación máxima de agua	2.2 l/h a condiciones: 20°C / 75% HR / 1000 m.s.n.m. (condiciones favorables)
Dimensiones generales (Alto x Ancho x Profundidad)	1300 mm x 600 mm x 600 mm
Versión	1.0
Peso	130 kg (Sin contenido de agua)
Material de la estructura	Fabricado en plancha de acero AISI 304
Acabado	Sin acabado (Acero inoxidable satinado)
Condiciones de almacenamiento recomendado según ASHRAE	Temperatura ambiental: 10°C a 30°C. Humedad relativa: 30% a 60%
Rangos de Trabajo Óptimos para la Generación de Agua	
Humedad relativa HR	35% a 90%, 1000 m.s.n.m.
Temperatura	16°C a 35°C, 1000 m.s.n.m.
Suministro Eléctrico	
Tensión	220 VAC
Frecuencia	60 Hz
Fases	1 (monofásico)
Potencia nominal	1365 W
Enchufe	Tipo F (Schuko)
Sistema de Refrigeración	
Refrigerante de trabajo	R404A
Evaporador	Tubo de cobre con aletas de aluminio
Condensador	Tubo de cobre con aletas de aluminio
Compresor	Compresor hermético rotativo 1250W, 220V/1PH/60Hz
Dispositivo de expansión	3 capilares: 0.50" x 1.63m
Visor de líquido	Incluido
Manómetros de alta y baja presión	Incluido
Seguridad y protección	Protección frente a presiones anormales del refrigerante en la línea de alta y baja presión.
Sistema de Alimentación Aire	
Flujo de aire nominal	590 m ³ /h
Ventilador	Moto ventilador axial Ø300mm, 220V/1PH/60Hz, Rotor externo
Potencia	80 W
Filtro de aire	13" x 13" x 3/4", sintético, MERV 4, lavable
Sistema de Tratamiento de Agua	
Caudal de agua nominal	1 l/min
Bomba	Bomba de diafragma, 24VDC.
Intensidad de corriente de la bomba	0.9 A
Tubería	LLDPE, 1/4"
Tipo de conexión	Quick Connect (conexión rápida)
Filtros de agua	Filtro de sedimento PP-33 Filtro de carbón activado granulado GAC Filtro de membrana de ultrafiltración UF Filtro de carbón acibado modelo T33-33 Esterilización con luz ultravioleta UV

	Filtro mineralizador y alcalinizador
Capacidad del tanque de almacenamiento	15 l
Capacidad del tanque del dispensador	3 l
Seguridad y protección	Protección antirrebose en los depósitos de almacenamiento de agua
Sistema Eléctrico y de Control	
Sistema automatizado por contactores, con controlador de temperatura para el accionamiento del compresor y ventilador, y 7 pilotos para indicar sobre el estado operativo del equipo.	
Controlador de temperatura	Full Gauge modelo MT-512E 2HP
Parámetros del controlador de temperatura (recomendado)	Setpoint: 0°C Histéresis en refrigeración: 3°C Tiempo de operación: 240 min Tiempo de duración de paradas: 20 min Delay de arranque: 3 min
Indicadores display	Indicador digital de voltaje, corriente y frecuencia Indicador de temperatura y humedad relativa ambiental
Seguridad y protección	Protección magnetotérmica con interruptor diferencial y puesta a tierra.
Conexiones Exteriores	
Salida auxiliar a tanque de almacenamiento de agua externo	Conexión tipo Qick Connect 1/4"
Salida antirrebose al exterior	Conexión tipo Qick Connect 1/4"
Sistema Fotovoltaico Requerido	
Autonomía	2 días
Paneles	Monocristalino 600W, Cant.: 8
Inversor	5.5KW, Cant.: 1
Baterías	Gel 300Ah, Cant.: 8

Apéndice 07 Resultados de Laboratorio

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Telefono: 084-771906
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO

LLP-3521-2024

SO-0917-2024

**LABORATORIO LOUIS PASTEUR**

Pág. 1 de 1

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Hugo Alfredo Salazar Monterroso
Dirección Legal: Urb. Manuel Prado L-5.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua tratada
Fecha de Ingreso de Muestra: 2024/09/05
Fecha de Ensayo: 2024/09/05
Nro. Cotización: 167-08-2024

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):

Muestreo realizado por: Hugo Alfredo Salazar Monterroso
Fecha de Muestreo: 2024/09/05
Hora de muestreo: 09:40
Procedencia de la Muestra: Dispensador de generador de Agua – Jr. Santa Ana #120 – Quillabamba.
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 frasco de polietileno de 1000ml; transportado en cadena de frío.
Cadena de custodia LLP-MP14-F04 de fecha: 2024/09/05

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2024/09/10

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	Unidades de pH	9,63
Turbiedad	NTU	0,94
Color	UCV	5
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	106,60
Dureza total	mg/L CaCO_3	192,00
Sulfatos	mg/L SO_4^{2-}	3,38
Cloruros	Cf mg/L	7,00

Métodos de Referencias:

pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF	Part. 4500 - H-B, 24th Ed. (2023) pH, Electrometric Method.
Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF	Part. 2130 - B, 24th Ed. (2023) Turbidity, Nephelometric Method.
Color	SMEWW-APHA-AWWA-WEF	Part. 2120 - B, 24th Ed. (2023) Color, Visual Comparison Method.
Dureza	SMEWW-APHA-AWWA-WEF	Part. 2340 - C, 24th Ed. (2023) Hardness, EDTA Titrimetric Method.
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF	Part. 2510 - B, 24th Ed. (2023) Conductivity, Laboratory Method.
Cloruros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF	Part. 4500 - B, 24th Ed. (2023) Chloride, Argentometric Method.
Sulfatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF	Part. 4500 - E, 24th Ed. (2023) Sulfate, Turbidimetric Method.

Blga. Mercedes Maritza Luispe Flórez
C.B.P. 4217
DIRECTOR DE CALIDAD
LABORATORIO LOUIS PASTEUR

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada. **El Laboratorio Louis Pasteur S. R. Ltda. no se responsabiliza por la información de la muestra declarada por el cliente.**

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Urb. Velasco Astete D-18-B

Wanchaq - Cusco - Perú

Teléfono: 084-771906

Celular: 975 713500 - 974787151

laboratoriolouispasteur@yahoo.es

www.lablouispasteur.pe

**OPINIONES E INTERPRETACION****LABORATORIO LOUIS PASTEUR****INFORME DE ENSAYO****LLP-3521-2024**

Pág. 1 de 1

DECRETO SUPREMO N°031/2010 MINSA – Aprueban Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Determinaciones	Unidad de Medida	Límite Máximo permisible	Valores Hallados
pH	Valor de pH	6,5 -8,5	9,63
Turbidez	UNT	5	0,94
Color	UCV escala Pt/Co	15	5
Conductividad	µmho/cm	1 500	106,60
Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500	192,00
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ L ⁻¹	250	3,38
Cloruros	mg Cl - L ⁻¹	250	7,00

Observaciones

De acuerdo a los ensayos realizados la muestra analizada **no se encuentra dentro de los límites establecidos por el D. S. N°031/2010 MINSA – APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.**



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada. **El Laboratorio Louis Pasteur S. R. Ltda. no se responsabiliza por la información de la muestra declarada por el cliente.**

Apéndice 08 Manual de Operación y Mantenimiento del Generador de Agua Atmosférico**CONTENIDO**

- I.** **Introducción**
- II.** **Notas de seguridad**
- III.** **Precauciones**
- IV.** **Mantenimiento**
- V.** **¿Cómo funciona su generador atmosférico?**
- VI.** **Componentes del generador atmosférico**
- VII.** **Operando su generador de agua atmosférico**
- VIII.** **Solución de problemas**
- IX.** **Especificaciones técnicas**

I. Introducción

El generador de agua atmosférico está diseñado con el objetivo de obtener agua purificada apta para el consumo humano, para su funcionamiento utiliza la tecnología de refrigeración por compresión de vapor y para la purificación del agua utiliza el sistema de filtrado multietapa.

II. Notas de seguridad

- No utilice extensiones ni triples.
- No remueva el terminal de conexión a tierra del cable de alimentación.
- No utilizar el equipo si está dañado el cable o la toma eléctrica.
- No conecte ni desconecte el enchufe con las manos mojadas.
- No compartir el mismo enchufe con otros equipos de alto consumo de energía.
- Realizar el mantenimiento con el equipo desconectado a la red eléctrica.
- Antes de trasladar el equipo, vacíe el tanque de agua y desconecte el enchufe.

III. Precauciones

- Para su operación con mejor rendimiento, no ubicar el dispositivo cerca de una pared.
- Este dispositivo es para uso bajo techo asegurando una buena ventilación para su buen funcionamiento.
- Evite la exposición directa del equipo a la luz solar.
- Operar el dispositivo en posición vertical y a nivel.
- El equipo no se debe operar por debajo del 10 % de alimentación eléctrica estándar, cuando esto ocurre, desenchufe inmediatamente, esto puede provocar recalentamiento y mal funcionamiento del equipo.
- Reemplazar el cable de poder si se encuentra dañado.

IV. Mantenimiento

- Mantener limpio el dispositivo, utilice solo agua, evitar el uso de algún limpiador abrasivo durante la limpieza.
- Asegurar la limpieza del filtro de aire regularmente.
- Vaciar el agua residual y limpiar el tanque antes de un periodo largo de inactividad.

V. ¿Cómo funciona su generador atmosférico?

El generador de agua funciona utilizando la tecnología de refrigeración por compresión de vapor para condensar en forma de gotas el agua presente en el aire de la atmósfera, para un buen funcionamiento la humedad relativa del aire debería ser al menos de un 50 % o superior.

En sitios cerrados la humedad el dispositivo puede funcionar como un deshumidificador de aire, permitiendo una buena salud y asegurar la vida útil de los electrodomésticos.

El agua obtenida pasará por múltiples etapas de filtración y purificación garantizando que se apta para el consumo humano.

VI. Componentes del generador atmosférico

1. Sistema de refrigeración por compresión de vapor.

Es el encargado de la condensación del agua, forman parte de este sistema el condensador, el evaporador, el compresor, tubo capilar y los presostatos de seguridad.

2. Sistema de filtración multi- etapa de agua.

Para asegurar la obtención de agua de calidad, el dispositivo cuenta con los siguientes filtros:

- Filtro de agua modelo PP-33, es un filtro de sedimento de 5 micras filtra hasta 2000 Gal, retiene todo tipo de sedimentos disueltos en el agua como, arenilla, pelos, óxido, etc.
- Filtro de carbón activado granulado de albaricoque, retiene el mal olor y filtra los sedimentos orgánicos en el agua.
- Filtro de polímero UF, filtra hasta 0.01 micras.
- Filtro de agua modelo T33-33, filtro de carbón acibado cascara de coco post membrana, filtra hasta 2500 Gal.
- Filtro alcalinizador FALK, aumenta el PH del agua a neutro, además remineraliza el agua (calcio ionizado, magnesio, sodio y iones de potasio).

3. Sistema de ventilación.

Utiliza un ventilador axial de 30 cm de diámetro y un filtro sintético de aire lavable.

4. Tratamiento ultravioleta.

La luz UV es un desinfectante eficaz debido a su fuerte capacidad germicida (inactivamente). El AWG utiliza una lámpara UV para agua de 1 GPM, 12 watts.

5. Sistema de recolección y almacenamiento agua.

El AWG cuenta con una bandeja de acero inoxidable que recolecta el agua (agua condensada en el evaporador), también cuenta con un tanque inferior de almacenamiento de acero inoxidable con capacidad de 15 litros y un tanque superior de acero inoxidable que almacena el agua tratada.

6. Sistema de automatización.

El AWG funciona con automatización por lógica cableada, cuenta con contactores y sensores de nivel de agua para los tanques que una vez encendido el AWG funciona autónomamente.

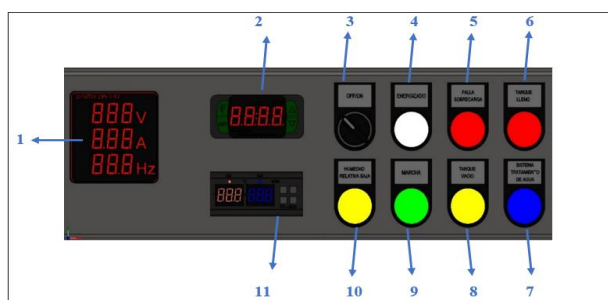
VII. Operando su generador de agua atmosférico

Lea cuidadosamente este manual antes de comenzar con la operación de la máquina.

Para un buen funcionamiento libre de problemas deberá seguir estas simples instrucciones y procedimiento de mantenimiento que proporciona este manual, para familiarizarse rápidamente con los componentes y funciones del generador atmosférico de agua.



a) Indicadores, controlador de temperatura y pilotos



1. **Indicador de parámetros eléctricos.**
Indica los parámetros de voltaje, amperaje y frecuencia con la cual opera el AWG.
2. **Indicador de temperatura.**
Indica la temperatura a la que está operando el evaporador.
3. **Swich de encendido.**
Al girar swich a la derecha se encenderá el sistema de refrigeración (después de 3 minutos).
4. **Indicador de energizado**
Cuando el piloto está encendido significa que el AWG está energizado.
5. **Indicador de sobrecarga**
Cuando se produce una falla por sobrecarga se enciende el piloto, automáticamente se interrumpe el funcionamiento del AWG.
6. **Indicador de tanque lleno.**
Cuando el piloto se enciende, indica que el tanque inferior está lleno, inmediatamente se detiene la producción de agua.
7. **Indicador de sistema tratamiento de agua funcionando.**
Cuando la luz del piloto se enciende, indica que el sistema de tratamiento de agua está en funcionamiento.
8. **Indicador de tanque lleno.**
Cuando el piloto se enciende indica que el tanque inferior está a máxima capacidad (cuando este piloto se enciende, automáticamente el sistema de condensación de agua deja de funcionar).
9. **Indicador de funcionamiento.**
Cuando la luz del piloto se enciende, indica que está funcionando el sistema de deshumidificación.
10. **Indicador de humedad relativa baja.**
Cuando este piloto está encendido, indica que la humedad relativa del ambiente está por debajo del límite, por lo que el AWG no funcionará correctamente.
11. **Indicador de temperatura y humedad relativa del ambiente.**
Muestra los parámetros de temperatura y humedad relativa del medio ambiente.

b) Configuración

El AWG deberá estar ubicado sobre un piso nivelado y sólido, con buena ventilación y bajo techo. Para asegurar su posición fijar el freno de las ruedas.

Esperar al menos 24 horas para conectar el AWG, después de su transporte para asegurar que el refrigerante regrese al compresor.

El tomacorriente para conectarlo debe soportar al menos 10 amperios.

c) Operación

Una vez conectado el cable poder del AWG a la toma de corriente, se encenderán los paneles y pilotos de la parte frontal. Para comenzar con la producción de agua se debe girar el swich de ON/OFF a la derecha, existe un retardo de tres minutos en el encendido del compresor, este mecanismo está pensado en la protección del sistema.

Se debe esperar por lo menos un par de horas para obtener agua del AWG (el piloto de tanque vacío estará encendido), una vez el agua obtenida llegue a un cierto nivel (se apagará el piloto de tanque vacío), entonces la bomba de agua se encenderá (piloto de sistema de tratamiento de agua encendido), haciendo recorrer el agua a través de los filtros y la luz ultravioleta el cual será almacenado en el tanque superior (agua lista para consumo). Presione la aleta de la llave del grifo para obtener el agua.

El equipo se apagará en los siguientes casos:

- Una vez que el tanque se llene (luz encendida de piloto de tanque lleno).
- Después de alcanzar las 4 horas de funcionamiento continuo (por un periodo de 20 minutos)
- Si presenta una falla por sobrecarga (luz encendida del piloto de falla por sobrecarga eléctrica).
- Si se incrementa las presiones de trabajo en el sistema de refrigeración.

En caso de que la humedad relativa o la temperatura ambiental sean muy bajas, la obtención de agua se verá reducida, en este caso el AWG puede funcionar como purificador de agua, solo se debe llenar de agua el tanque inferior.

d) Reemplazo de filtros

Los tiempos para el cambio de filtros están basado en un consumo de agua de 10 litros diarios.

- | | | |
|----|--|-------------------------------------|
| 1. | Filtro de sedimento modelo PP-33 | 6 meses |
| 2. | Filtro de carbón activado granulado | 6 meses |
| 3. | Filtro de polímero UF | 6 meses |
| 4. | Filtro de carbón acibado modelo T33-33 | 6 meses |
| 5. | Filtro alcalinizador Falk | 6 meses |
| 6. | Lámpara de luz ultravioleta | 12 meses o cuando deje de funcionar |

Nota. Después de un largo periodo lavar la lámpara de luz ultravioleta, se debe reemplazar en caso de falla (revisar que la luz de testigo del balastro o transformador de corriente este encendido, en caso este apagado significa que la lámpara UV dejó de funciona).



Para el cambio de los filtros, presionar el anillo inferior de los accesorios de conexión y desconecte la tubería jalando hacia afuera (1), hacer lo mismo modo con la parte inferior del filtro (2). Remplace con el nuevo filtro y finalmente vuelva a conectar las tuberías y accesorios (3).



e) Limpieza

Limpieza del filtro del aire

La limpieza del filtro de aire se hace regularmente en función la contaminación atmosférica presente en el lugar de operación (polvo y humo).

Quite los tornillos de la tapa lateral de admisión de aire (1), luego deslice el filtro de aire para un costado para retirarlo (2-3); finalmente lave la suciedad con agua limpia y deje secar. Vuelva a colocar el filtro en su lugar.



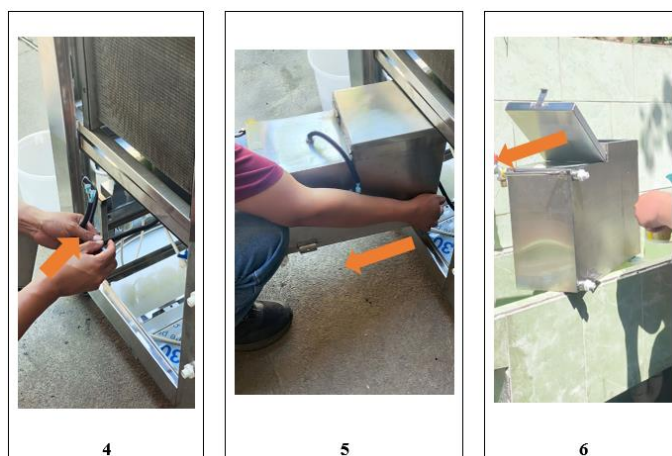
Limpieza del tanque inferior

Retire la tapa latera (1), desconecte las cañerías del tanque presionando el anillo interior y jalando la tubería al lado contrario (2,3)



Desconecte los conectores eléctricos de los sensores de nivel de agua del tanque (4), retirar el tanque (5) y abrir la tapa para limpiar las paredes con agua y un detergente neutro (6) y deje secar.

Vuelva a poner las piezas en su lugar.



f) Atención.

Se recomienda dispensar a diario por lo menos 3 litros de agua.

Si el AWG no está en uso por un periodo de 2 a 5 días, deje salir 0.5 litros de agua antes de consumir. Si el periodo de inactividad es más prolongado, vacíe los tanques. Para su reactivación deje producir 5 litros de agua y escurra desde las salidas.

Si el periodo de inactividad es largo o ha estado funcionando de manera continua durante 4 meses, realice los pasos de limpieza y reemplazo si es que requiere.

VIII. Solución de problemas

Problema:

Si el AWG no funciona después de los tres minutos de haberlo encendido.

Solución:

Verifique si el voltaje es el apropiado en el panel y asegúrese que este en el rango cercano a 220 voltios.

Revisar si el piloto del tanque lleno está encendido, indica que el tanque alcanzó su nivel máximo, por este motivo no encenderá el sistema de refrigeración. Igualmente revisar el piloto de sobrecarga está encendido, indica alguna falla en algún componente; en este caso llamar a un técnico especializado en refrigeración.

Problema:

Si hay un olor a quemado y está encendido el piloto de sobrecarga.

Solución:

Desconecte inmediatamente el AWG, en este caso llamar a un técnico para que lo revise.

Problema:

Si hay fuga en el grifo del dispositivo.

Solución:

Reemplace el grifo del dispositivo.

Problema:

Si el AWG produce agua a un ritmo lento, incluso después de un periodo largo de operación

Solución:

Asegúrese que la temperatura ambiental y la humedad relativa del ambiente estén en el rango correcto, en caso de la temperatura ambiente no debe estar por debajo de los 15° C y la humedad relativa debe ser superior al 30%.

Asegúrese que el AWG este bien ventilado, a la entrada.

Si se ha realizado todos los procedimientos anteriores, no realice ninguna otra operación y llame al servicio técnico en refrigeración para que revise el equipo.

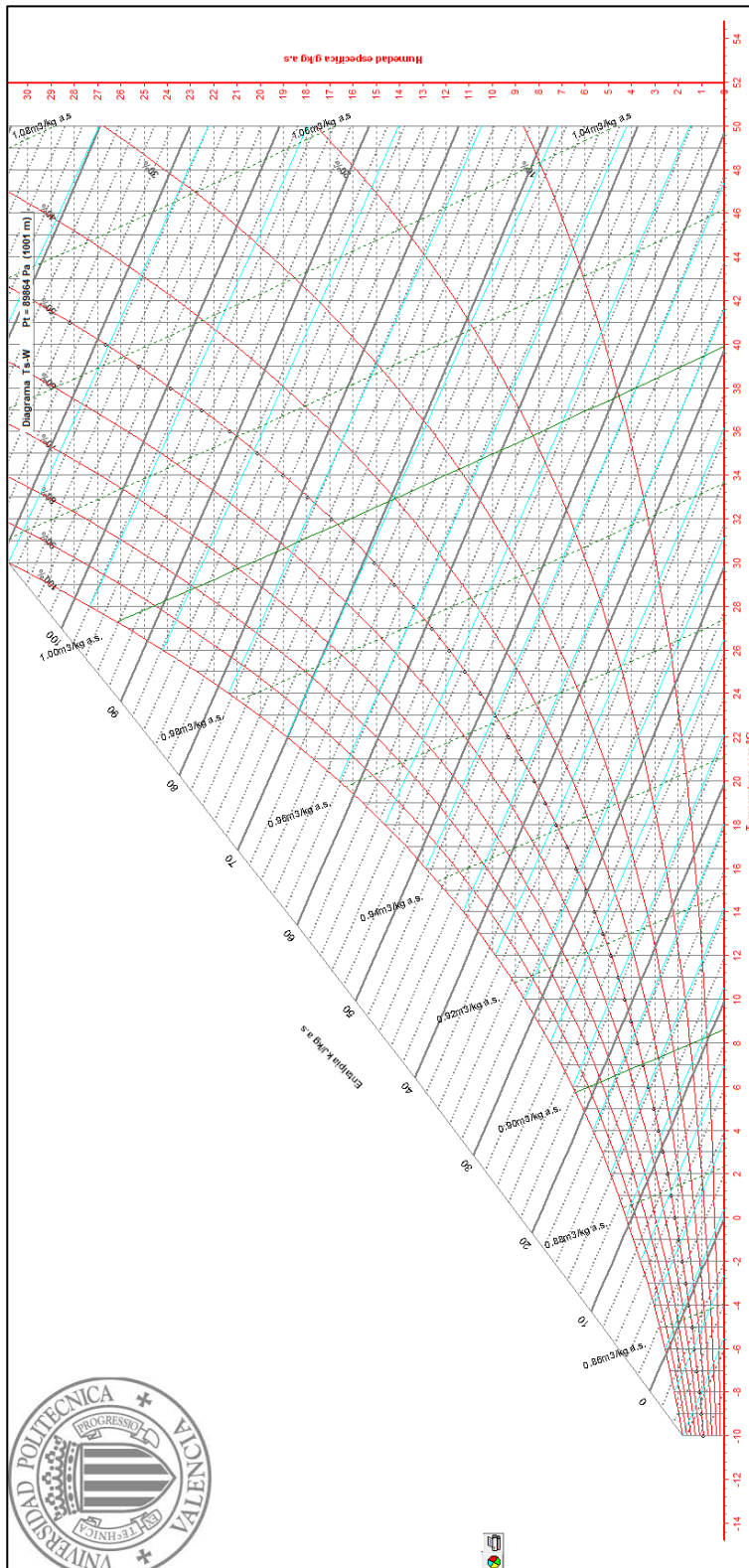
IX. Especificaciones técnicas

Características Generales	
Generación nominal de agua	1 l/h a condiciones: 30°C / 35% HR / 1000 m.s.n.m.
Dimensiones generales (Alto x Ancho x Profundidad)	1300 mm x 600 mm x 600 mm
Versión	1.0
Peso	130 kg (Sin contenido de agua)
Material de la estructura	Fabricado en plancha de acero AISI 304
Acabado	Sin acabado (Acero inoxidable satinado)
Condiciones de almacenamiento recomendado según ASHRAE	Temperatura ambiental: 10°C a 30°C. Humedad relativa: 30% a 60%
Rangos de Trabajo Óptimos para la Generación de Agua	
Humedad relativa HR	35% a 90%, 1000 m.s.n.m.
Temperatura	16°C a 35°C, 1000 m.s.n.m.
Suministro Eléctrico	
Tensión	220 VAC
Frecuencia	60 Hz
Fases	1 (monofásico)
Potencia nominal	1365 W
Enchufe	Tipo F (Schuko)
Sistema de Refrigeración	
Refrigerante de trabajo	R404A
Evaporador	Tubo de cobre con aletas de aluminio
Condensador	Tubo de cobre con aletas de aluminio
Compresor	Compresor hermético rotativo 1250W, 220V/1PH/60Hz
Dispositivo de expansión	3 capilares: 0.50" x 1.63m
Visor de liquido	Incluido
Manómetros de alta y baja presión	Incluido
Seguridad y protección	Protección frente a presiones anormales del refrigerante en la línea de alta y baja presión.
Sistema de Alimentación Aire	
Flujo de aire nominal	590 m³/h
Ventilador	Moto ventilador axial Ø300mm, 220V/1PH/60Hz, Rotor externo
Potencia	80 W
Filtro de aire	13" x 13" x 3/4", sintético, MERV 4, lavable
Sistema de Tratamiento de Agua	
Caudal de agua nominal	1 l/min
Bomba	Bomba de diafragma, 24VDC.
Intensidad de corriente de la bomba	0.9 A

Tubería	LLDPE, 1/4"
Tipo de conexión	Quick Connect (conexión rápida)
Filtros de agua	Filtro de sedimento PP-33 Filtro de carbón activado granulado GAC Filtro de membrana de ultrafiltración UF Filtro de carbón acibado modelo T33-33 Esterilización con luz ultravioleta UV Filtro mineralizador y alcalinizador
Capacidad del tanque de almacenamiento	15 l
Capacidad del tanque del dispensador	3 l
Seguridad y protección	Protección antirrebose en los depósitos de almacenamiento de agua
Sistema Eléctrico y de Control	
Sistema automatizado por contactores, con controlador de temperatura para el accionamiento del compresor y ventilador, y 7 pilotos para indicar sobre el estado operativo del equipo.	
Controlador de temperatura	Full Gauge modelo MT-512E 2HP
Parámetros del controlador de temperatura (recomendado)	Setpoint: 0°C Histéresis en refrigeración: 3°C Tiempo de operación: 240 min Tiempo de duración de paradas: 20 min Delay de arranque: 3 min
Indicadores display	Indicador digital de voltaje, corriente y frecuencia Indicador de temperatura y humedad relativa ambiental
Seguridad y protección	Protección magnetotérmica con interruptor diferencial y puesta a tierra.
Conexiones Exteriores	
Salida auxiliar a tanque de almacenamiento de agua externo	Conexión tipo Qick Connect 1/4"
Salida antirrebose al exterior	Conexión tipo Qick Connect 1/4"
Sistema Fotovoltaico Requerido	
Autonomía	2 días
Paneles	Monocristalino 600W, Cant.: 8
Inversor	5.5KW, Cant.: 1
Baterías	Gel 300Ah, Cant.: 8

ANEXOS

Anexo 01 Diagrama Psicrométrico para 1001 msnm y 89864 Pa.



Nota. Diagrama psicrométrico empleado para los cálculos de psicrometría. Fuente: Diagrama generado en SICRO_V2_1_3.

Anexo 02 Datos Climáticos Correspondiente al Mes de Agosto de los Años 2017 al 2021.

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

Estación: QUILLABAMBA			
Departamento:	CUSCO	Provincia:	LA CONVENCION
Latitud:	12°51'23.2"	Longitud:	72°41'30.2"
Tipo:	EAMA - Meteorológica	Altitud:	1001 msnm.
		Código:	4729B3E6

AÑO / MES / DÍA	HORA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)
01/08/2017	03:00	17.3	91
01/08/2017	04:00	16.6	93
01/08/2017	05:00	16.3	94
01/08/2017	06:00	16	94
02/08/2017	01:00	20.4	78
02/08/2017	02:00	20.3	80
02/08/2017	03:00	19.9	83
02/08/2017	04:00	19.6	84
02/08/2017	05:00	19.2	86
02/08/2017	07:00	19.5	84
03/08/2017	01:00	20.5	78
03/08/2017	02:00	20.5	77
03/08/2017	03:00	19.9	82
03/08/2017	05:00	19.4	84
03/08/2017	06:00	19.2	85
03/08/2017	07:00	19.3	85
04/08/2017	01:00	17.1	74
04/08/2017	02:00	16.8	75
04/08/2017	03:00	16.9	75
04/08/2017	04:00	16.4	76
04/08/2017	06:00	16.4	79
04/08/2017	07:00	16.5	79
05/08/2017	01:00	19.6	66
05/08/2017	02:00	18.9	71
05/08/2017	03:00	18.5	74
05/08/2017	04:00	18.1	76
05/08/2017	07:00	17.5	79
06/08/2017	01:00	17.5	77
06/08/2017	02:00	17.6	77
06/08/2017	04:00	17.5	71
06/08/2017	05:00	15.7	78
06/08/2017	06:00	15.1	80
07/08/2017	01:00	14.5	79
07/08/2017	02:00	13.6	81
07/08/2017	03:00	13	81
07/08/2017	04:00	12.6	82
07/08/2017	05:00	12.2	83
07/08/2017	06:00	12	87
08/08/2017	01:00	14.4	81
08/08/2017	02:00	13.8	80
08/08/2017	03:00	13.4	83
08/08/2017	04:00	13	83
08/08/2017	05:00	12.5	85
08/08/2017	07:00	12	88
09/08/2017	01:00	16.1	77
09/08/2017	02:00	16	77
09/08/2017	03:00	15.6	84
09/08/2017	05:00	14.3	88
09/08/2017	06:00	14.7	85
10/08/2017	02:00	17	83
10/08/2017	03:00	17	83
10/08/2017	04:00	15.8	87
10/08/2017	05:00	15.4	89
10/08/2017	06:00	14.9	90
11/08/2017	01:00	21.5	72
11/08/2017	02:00	21.5	72
11/08/2017	03:00	21.4	72
11/08/2017	04:00	20.6	74
11/08/2017	05:00	20.1	76
11/08/2017	06:00	19.9	74
11/08/2017	07:00	20	74
12/08/2017	01:00	18.5	96
12/08/2017	02:00	18.7	96
12/08/2017	03:00	18.7	95
12/08/2017	04:00	18.3	95
12/08/2017	05:00	17.7	96
12/08/2017	06:00	16.7	95
12/08/2017	07:00	17.5	94
13/08/2017	01:00	17.6	92
13/08/2017	02:00	17.2	94
13/08/2017	03:00	17.2	94
13/08/2017	04:00	17.6	92
13/08/2017	05:00	17.2	95
13/08/2017	06:00	16.7	95
13/08/2017	07:00	17.2	93
14/08/2017	01:00	19.7	80
14/08/2017	02:00	18.6	86

AÑO / MES / DÍA	HORA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)
14/08/2017	03:00	18.6	87
14/08/2017	04:00	18.5	88
14/08/2017	05:00	18.7	87
14/08/2017	06:00	18.9	85
14/08/2017	07:00	18.8	91
15/08/2017	01:00	20.8	81
15/08/2017	02:00	20.4	85
15/08/2017	03:00	20.3	87
15/08/2017	04:00	20	87
15/08/2017	05:00	20.1	87
15/08/2017	06:00	19.9	88
15/08/2017	07:00	19.9	89
16/08/2017	01:00	18.9	93
16/08/2017	02:00	18.9	95
16/08/2017	03:00	18.9	95
16/08/2017	04:00	18.1	95
16/08/2017	05:00	17.8	96
16/08/2017	06:00	18	93
16/08/2017	07:00	18.2	95
17/08/2017	01:00	18.8	85
17/08/2017	02:00	18.1	88
17/08/2017	03:00	17.3	91
17/08/2017	04:00	17.2	92
17/08/2017	05:00	16.6	94
17/08/2017	06:00	16.4	94
17/08/2017	07:00	16.8	93
18/08/2017	01:00	20.7	73
18/08/2017	02:00	20.2	78
18/08/2017	03:00	20	79
18/08/2017	04:00	19.9	80
18/08/2017	05:00	19.7	82
18/08/2017	06:00	19.5	83
18/08/2017	07:00	20.1	83
19/08/2017	01:00	19.7	96
19/08/2017	02:00	19.3	96
19/08/2017	03:00	19.5	96
19/08/2017	04:00	19.6	95
19/08/2017	05:00	19.4	96
19/08/2017	06:00	19.4	96
19/08/2017	07:00	19.9	96
20/08/2017	01:00	18.3	93
20/08/2017	02:00	18.3	93
20/08/2017	03:00	18.3	92
20/08/2017	04:00	18.5	91
20/08/2017	05:00	18.7	91
20/08/2017	06:00	18.5	93
20/08/2017	07:00	19	91
01/08/2018	01:00	20	84
01/08/2018	02:00	19.7	86
01/08/2018	03:00	19.4	87
01/08/2018	04:00	19.4	87
01/08/2018	05:00	19.3	88
01/08/2018	06:00	19.3	88
01/08/2018	07:00	19.4	88
02/08/2018	01:00	18.6	89
02/08/2018	02:00	18.6	88
02/08/2018	03:00	18.5	88
02/08/2018	04:00	18.5	88
02/08/2018	05:00	17.5	91
02/08/2018	06:00	17.4	93
03/08/2018	01:00	18.5	90
03/08/2018	02:00	18.3	90
03/08/2018	03:00	18.2	91
03/08/2018	05:00	18.3	88
03/08/2018	06:00	18	89
03/08/2018	07:00	18.7	86
04/08/2018	03:00	18.8	94
04/08/2018	04:00	18.8	94
04/08/2018	05:00	18.6	95
04/08/2018	06:00	18.4	94
04/08/2018	07:00	18.5	93
05/08/2018	01:00	18.8	95
05/08/2018	02:00	18.4	96
05/08/2018	03:00	18.4	96
05/08/2018	04:00	18	97
05/08/2018	05:00	17.9	97

Anexo 03 Propiedades del Agua Saturada

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., T °C	Pres. sat., P_{sat} kPa	Volumen específico, m^3/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$		
		Líqu. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Líqu. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Líqu. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Líqu. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

Nota. Tabla empleada para la obtención de h_w . Fuente: tabla extraída de (Cengel & Boles, 2011).

Anexo 04 Valoraciones de Rango y Tablas de Propiedades de los Refrigerantes.

Valoraciones rango 1

Valoración propiedades	Valor general	Valor grupo	Valor unitario	Valor unitario final
Propiedades ambientales	10			
ODP (PAO)		5		
ODP = 0			2	100
0 < ODP < 0.6			1	50
GWP (PCG)		5		
GWP < 100			4	200
101 < GWP < 1000			3	150
1001 < GWP < 2000			2	100
2001 < GWP < 3000			1	50
3001 < GWP			0	0
Propiedades de seguridad	10			
Clasificación de seguridad		5		
Nivel A: baja toxicidad			2	100
Nivel B: alta toxicidad			1	50
Clasificación de inflamabilidad		5		
Nivel 1: baja inflamabilidad			3	150
Nivel 2: media inflamabilidad			2	100
Nivel 3: alta inflamabilidad			1	50
Temperatura de autoignición		5		
Nivel 3: 601 °C < T			3	150
Nivel 2: 301 °C < T < 600 °C			2	100
Nivel 1: T < 300 °C			1	50

Nota. Fuente: Metodología de Selección de Refrigerantes. Alternativas Ecológicas y Eficientes Energéticamente (Urrego Rodriguez, 2018).

Valoraciones rango 3

Valoración propiedades	Valor general	Valor grupo	Valor unitario	Valor unitario final
Origen de refrigerantes	10			
Natural			2	20
Sintético			1	10

Nota. Fuente: Metodología de Selección de Refrigerantes. Alternativas Ecológicas y Eficientes Energéticamente (Urrego Rodriguez, 2018).

Valoraciones rango 2

Valoración propiedades	Valor general	Valor grupo	Valor unitario	Valor unitario final
Propiedades termodinámicas	10			
Temperatura de evaporación		5		
Nivel 1: T < -71 °C			4	200
Nivel 2: -70 °C < T < -51 °C			3	150
Nivel 3: -50 °C < T < -31 °C			2	100
Nivel 4: -30 °C < T			1	50
Presión de condensación a 25 °C		5		
Nivel 1: P < 100 Kpa			4	200
Nivel 2: 101 kPa < P < 500 kPa			3	150
Nivel 3: 501 kPa < P < 1000 kPa			2	100
Nivel 4: 1001 kPa < P			1	50
Temperatura crítica		5		
Nivel 1: 151 °C < T			4	200
Nivel 2: 101 °C < T < 150 °C			3	150
Nivel 3: 55 °C < T < 100 °C			2	100
Nivel 4: T < 55 °C			1	50
Clasificación de inflamabilidad		5		
Nivel 1: baja inflamabilidad			3	150
Nivel 2: media inflamabilidad			2	100
Nivel 3: alta inflamabilidad			1	50
Temperatura de autoignición		5		
Nivel 3: 601 °C < T			3	150
Nivel 2: 301 °C < T < 600 °C			2	100
Nivel 1: T < 300 °C			1	50
Propiedades físicas	10			
Calor latente de vaporización		5		
Nivel 1: 601 kJ/kg < Cv			4	200
Nivel 2: 401 kJ/kg < Cv < -600 KJ/Kg			3	150
Nivel 3: 200 kJ/kg < Cv < 400 kJ/kg			2	100
Nivel 4: Cv < 200 kJ/kg			1	50
Volumen específico en fase vapor		5		
Nivel 1: v < 0.2000 m³/kg			4	200
Nivel 2: -0.2001 m³/kg < v < 0.4000 m³/kg			3	150

Nivel 3: 0.4001 m³/kg < v < 0.6000 m³/kg		2	100
Nivel 4: 0.6001 m³/kg < v		1	50
Densidad de líquido	5		
Nivel 1: d < 520 kg/m³		4	200
Nivel 2: 521 kg/m³ < d < 800 kg/m³		3	150
Nivel 3: 801 kg/m³ < d < 1100 kg/m³		2	100
Nivel 4: 1101 kg/m³ < d		1	50
Densidad de vapor	5		
Nivel 1: d < 2 kg/m³		4	200
Nivel 2: 2.001 kg/m³ < d < 3 kg/m³		3	150
Nivel 3: 3.001 kg/m³ < d < 4 kg/m³		2	100
Nivel 4: 4.001 kg/m³ < d		1	50

Nota. Fuente: Metodología de Selección de Refrigerantes. Alternativas Ecológicas y Eficientes Energéticamente (Urrego Rodriguez, 2018).

Denominación de los refrigerantes

IDENTIFICACIÓN	NOMBRE QUÍMICO	FÓRMULA QUÍMICA
R-134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	CH ₂ FCF ₃
R-22	Clorodifluoroetano	CHClF ₂
R-404A	Mezcla HFC (R125-R143a-R134a) (44 %-52 %-4 %)	
R-410A	Mezcla HFC-HFD (R125-R32) (50 %-50 %)	

Nota. Elaborado a partir de fichas técnicas de los fabricantes (Urrego Rodriguez, 2018).

Propiedades Ambientales y de Seguridad

REFRIGERANTE	PAO (ODP)	PCG (GWP)	CLASIFICACIÓN DE SEGURIDAD	INFLAMABILIDAD % DE VOLUMEN DE AIRE	TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN
R-134a	0	1430	A1	N/A	743 °C
R-22	0.055	1700	A1	N/A	632 °C
R-404A	0	3922	A1	N/A	-
R-410A	0	2088	A1	N/A	-

Nota. Elaborado a partir de fichas técnicas de los fabricantes (Urrego Rodriguez, 2018).

Propiedades Termodinámicas

REFRIGERANTE	TEMPERATURA DE CONGELACIÓN A 1.013 BARES	TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN A 1.013 BARES	PRESIÓN DE CONDENSACIÓN A 25 °C	TEMPERATURA CRÍTICA A 1.013 BARES	PRESIÓN CRÍTICA ABSOLUTA
	°C	°C	Kpa	°C	Kpa
R-134a	-103.3	-26.5	665.7	101.2	4067
R-22	-160	-40.76	1044	96.15	4988
R-404A	-	-46.45	1254.67	72.07	3731
R-410A	-	-51.58	1650	72.13	4926

Nota. Elaborado a partir de fichas técnicas de los fabricantes (Urrego Rodriguez, 2018).

Propiedades Físicas

REFRIGERANTE	MASA MOLAR	DENSIDAD LÍQUIDO A 1.013 BARES EN EL PUNTO DE EBULLICIÓN	DENSIDAD VAPOR A 1.013 BARES EN EL PUNTO DE EBULLICIÓN	VOLUMEN ESPECÍFICO EN FASE DE VAPOR A 1.013 BARES	PRESIÓN CRÍTICA ABSOLUTA
	Kg/mol	Kg/m³	Kg/m³	m³/Kg	KJ/Kg
R-134a	102.03	1376	5.278	0.2035	216.92
R-22	86.47	1409.172	47.039	0.2262	233.75
R-404A	97.61	1048	5.41	0.1955	200
R-410A	72.59	1062	4.12	0.2569	276

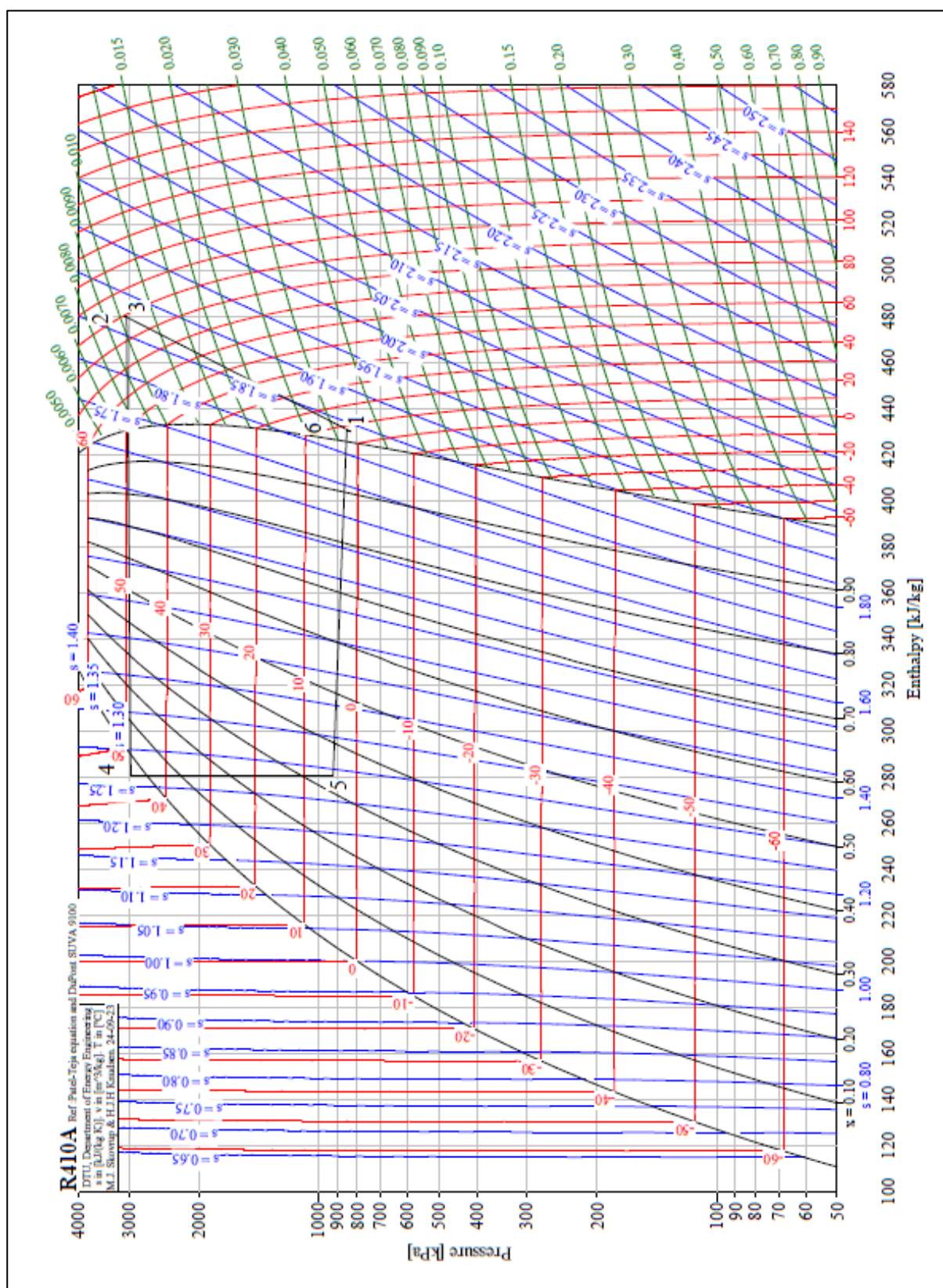
Nota. Elaborado a partir de fichas técnicas de los fabricantes (Urrego Rodriguez, 2018).

Origen De Los Refrigerantes

REFRIGERANTE	NATURAL	SINTÉTICO
R-134a		X
R-22		X
R-404A		X
R-410A		X

Nota. Elaborado a partir de fichas técnicas de los fabricantes (Urrego Rodriguez, 2018).

Anexo 05 Diagrama Presión Entalpia para el Refrigerante R404A



Nota. Fuente: elaborado con CoolPack (Version 1.50).

Anexo 06 Propiedades Termofísicas del Refrigerante R404A

Thermophysical Properties of Refrigerants

30.33

Refrigerant 404A [R-125/143a/134a (44/52/4)] Properties of Liquid on Bubble Line and Vapor on Dew Line

Pressure, MPa	Temperature,* °C		Density, Volume kg/m ³ m ³ /kg		Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/(kg·K)		Specific Heat c _p , kJ/(kg·K)		c _p /c _v	Velocity of Sound, m/s		Viscosity, μPa·s		Thermal Cond., mW/(m·K)		Surface Tension, mN/m	Pres- sure, MPa
	Bubble	Dew	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor				
0.005	-93.70	-92.50	1447.1	3.05794	81.16	311.61	0.4716	1.7532	1.220	0.640	1.163	998	132.9	764.9	7.32	122.5	6.15	17.78	0.005
0.006	-91.48	-90.32	1440.6	2.57690	83.85	312.92	0.4865	1.7450	1.218	0.646	1.162	980	133.6	727.8	7.41	121.2	6.28	17.58	0.006
0.007	-89.56	-88.42	1434.9	2.22992	86.19	314.06	0.4993	1.7382	1.216	0.651	1.161	966	134.1	697.9	7.48	120.1	6.40	17.40	0.007
0.008	-87.86	-86.74	1429.9	1.96748	88.26	315.07	0.5106	1.7324	1.215	0.655	1.161	953	134.6	673.0	7.55	119.2	6.50	17.24	0.008
0.009	-86.32	-85.22	1425.4	1.76182	90.13	315.99	0.5206	1.7273	1.214	0.660	1.160	942	135.0	651.7	7.61	118.3	6.60	17.09	0.009
0.01	-84.93	-83.84	1421.3	1.59620	91.83	316.83	0.5296	1.7229	1.214	0.663	1.160	933	135.4	633.3	7.66	117.5	6.68	16.96	0.01
0.02	-75.05	-74.08	1392.4	0.83425	103.81	322.78	0.5917	1.6953	1.215	0.691	1.159	870	137.9	523.7	8.04	112.2	7.31	16.00	0.02
0.04	-63.85	-62.97	1359.4	0.43619	117.48	329.58	0.6587	1.6707	1.225	0.725	1.159	807	140.4	431.3	8.47	106.4	8.05	14.85	0.04
0.06	-56.57	-55.75	1337.7	0.29837	126.44	334.00	0.7007	1.6578	1.234	0.749	1.161	770	141.7	383.8	8.74	102.8	8.55	14.08	0.06
0.08	-51.03	-50.25	1321.0	0.22779	133.31	337.36	0.7320	1.6494	1.243	0.767	1.163	742	142.6	352.7	8.95	100.1	8.93	13.48	0.08
0.1	-46.50	-45.74	1307.1	0.18467	138.97	340.08	0.7571	1.6434	1.251	0.784	1.166	719	143.2	329.8	9.12	98.0	9.25	12.98	0.1
0.10132*	-46.22	-45.47	1306.3	0.18240	139.31	340.25	0.7586	1.6430	1.252	0.785	1.166	718	143.2	328.5	9.13	97.8	9.27	12.95	0.10132
0.12	-42.63	-41.90	1295.1	0.15551	143.83	342.40	0.7783	1.6387	1.259	0.798	1.169	700	143.6	311.9	9.26	96.2	9.53	12.55	0.12
0.14	-39.24	-38.53	1284.5	0.13443	148.12	344.41	0.7967	1.6349	1.266	0.811	1.171	684	143.9	297.3	9.39	94.6	9.78	12.17	0.14
0.16	-36.20	-35.51	1275.0	0.11846	151.97	346.20	0.8130	1.6318	1.273	0.823	1.174	669	144.1	285.0	9.50	93.2	10.01	11.82	0.16
0.18	-33.45	-32.78	1266.2	0.10592	155.49	347.81	0.8277	1.6292	1.279	0.834	1.177	656	144.2	274.4	9.60	91.9	10.21	11.51	0.18
0.2	-30.93	-30.27	1258.0	0.09581	158.73	349.28	0.8411	1.6270	1.285	0.844	1.179	644	144.3	265.1	9.69	90.8	10.40	11.21	0.2
0.22	-28.59	-27.94	1250.4	0.08748	161.75	350.63	0.8534	1.6250	1.291	0.855	1.182	633	144.3	256.9	9.78	89.7	10.58	10.94	0.22
0.24	-26.42	-25.78	1243.3	0.08049	164.57	351.88	0.8649	1.6233	1.297	0.864	1.185	623	144.4	249.5	9.86	88.7	10.75	10.69	0.24
0.26	-24.37	-23.75	1236.5	0.07454	167.23	353.04	0.8755	1.6217	1.303	0.873	1.188	613	144.3	242.8	9.94	87.8	10.91	10.45	0.26
0.28	-22.45	-21.83	1230.1	0.06941	169.75	354.13	0.8855	1.6203	1.308	0.882	1.190	604	144.3	236.7	10.01	87.0	11.06	10.22	0.28
0.3	-20.62	-20.02	1223.9	0.06494	172.14	355.15	0.8950	1.6190	1.313	0.891	1.193	595	144.2	231.1	10.08	86.2	11.21	10.01	0.3
0.32	-18.89	-18.29	1218.0	0.06101	174.43	356.12	0.9039	1.6179	1.319	0.899	1.196	587	144.1	225.9	10.15	85.4	11.34	9.81	0.32
0.34	-17.24	-16.65	1212.4	0.05752	176.61	357.03	0.9125	1.6168	1.324	0.907	1.199	579	144.0	221.1	10.21	84.7	11.48	9.61	0.34
0.36	-15.66	-15.08	1206.9	0.05441	178.71	357.90	0.9206	1.6158	1.329	0.915	1.202	572	143.9	216.6	10.27	84.0	11.61	9.42	0.36
0.38	-14.15	-13.57	1201.6	0.05162	180.73	358.72	0.9283	1.6149	1.334	0.923	1.205	565	143.8	212.4	10.33	83.3	11.73	9.24	0.38
0.4	-12.69	-12.12	1196.5	0.04909	182.68	359.51	0.9358	1.6141	1.339	0.931	1.208	558	143.7	208.4	10.39	82.7	11.85	9.07	0.4
0.42	-11.29	-10.73	1191.6	0.04680	184.56	360.26	0.9429	1.6133	1.344	0.938	1.211	551	143.5	204.7	10.44	82.1	11.97	8.90	0.42
0.44	-9.94	-9.39	1186.7	0.04471	186.38	360.98	0.9498	1.6125	1.349	0.946	1.214	545	143.4	201.2	10.49	81.5	12.08	8.74	0.44
0.46	-8.64	-8.09	1182.0	0.04279	188.15	361.67	0.9564	1.6118	1.353	0.953	1.217	538	143.2	197.8	10.55	81.0	12.19	8.58	0.46
0.48	-7.37	-6.83	1177.5	0.04103	189.86	362.33	0.9628	1.6112	1.358	0.960	1.220	532	143.0	194.6	10.60	80.4	12.30	8.43	0.48
0.5	-6.15	-5.61	1173.0	0.03940	191.53	362.96	0.9690	1.6105	1.363	0.967	1.223	527	142.8	191.6	10.65	79.9	12.41	8.28	0.5
0.55	-3.24	-2.72	1162.3	0.03584	195.51	364.45	0.9837	1.6091	1.374	0.984	1.231	513	142.4	184.6	10.77	78.7	12.66	7.93	0.55
0.6	-0.53	-0.02	1152.0	0.03284	199.26	365.81	0.9973	1.6078	1.386	1.001	1.239	500	141.9	178.2	10.88	77.5	12.91	7.61	0.6
0.65	2.02	2.52	1142.3	0.03029	202.81	367.06	1.0101	1.6066	1.397	1.018	1.247	488	141.3	172.5	10.99	76.5	13.16	7.30	0.65
0.7	4.42	4.91	1132.9	0.02809	206.18	368.21	1.0222	1.6055	1.409	1.034	1.256	476	140.8	167.2	11.10	75.5	13.41	7.01	0.7
0.75	6.70	7.18	1123.8	0.02618	209.41	369.28	1.0336	1.6044	1.420	1.051	1.264	465	140.2	162.4	11.20	74.5	13.65	6.74	0.75
0.8	8.87	9.34	1115.1	0.02449	212.49	370.27	1.0444	1.6035	1.432	1.067	1.274	455	139.6	157.9	11.30	73.6	13.89	6.48	0.8
0.85	10.94	11.40	1106.5	0.02300	215.46	371.19	1.0547	1.6025	1.443	1.084	1.283	445	139.0	153.6	11.40	72.8	14.12	6.23	0.85
0.9	12.92	13.37	1098.2	0.02166	218.32	372.05	1.0646	1.6016	1.455	1.100	1.293	435	138.3	149.7	11.50	72.0	14.35	5.99	0.9
0.95	14.81	15.26	1090.2	0.02046	221.09	372.85	1.0741	1.6007	1.466	1.117	1.303	426	137.7	146.0	11.59	71.2	14.59	5.76	0.95
1.0	16.64	17.08	1082.2	0.01937	223.77	373.59	1.0832	1.5999	1.478	1.134	1.313	417	137.1	142.5	11.69	70.4	14.82	5.54	1.0
1.1	20.09	20.52	1066.9	0.01749	228.89	374.94	1.1005	1.5982	1.503	1.169	1.336	400	135.7	136.1	11.88	69.0	15.29	5.13	1.1
1.2	23.32	23.73	1052.0	0.01590	233.75	376.12	1.1166	1.5965	1.528	1.206	1.360	384	134.4	130.2	12.07	67.7	15.76	4.75	1.2
1.3	26.35	26.75	1037.5	0.01455	238.37	377.14	1.1318	1.5949	1.554	1.244	1.386	368	133.0	124.9	12.26	66.5	16.23	4.39	1.3
1.4	29.22	29.60	1023.4	0.01338	242.81	378.02	1.1462	1.5932	1.582	1.285	1.414	354	131.6	119.9	12.45	65.3	16.71	4.06	1.4
1.5	31.93	32.30	1009.5	0.01236	247.07	378.78	1.1599	1.5914	1.611	1.329	1.445	340	130.1	115.3	12.65	64.2	17.21	3.75	1.5
1.6	34.51	34.87	995.7	0.01146	251.19	379.42	1.1730	1.5896	1.643	1.376	1.478	327	128.7	111.0	12.84	63.1	17.72	3.45	1.6
1.7	36.97	37.32	982.1	0.01066	255.17	379.95	1.1856	1.5878	1.676	1.426	1.515	314	127.2	107.0	13.05	62.1	18.24	3.17	1.7
1.8	39.33	39.67	968.6	0.00994	259.05	380.38	1.1977	1.5858	1.712	1.481	1.556	301	125.7	103.2	13.25	61.2	18.80	2.91	1.8
1.9	41.58	41.91	955.1	0.00930	262.83	380.70	1.2095	1.5838	1.751	1.541	1.601	289	124.1	99.5	13.47	60.2	19.37	2.66	1.9
2.0	43.75	44.07	941.6	0.00871	266.52	380.92	1.2208	1.5817											

Anexo 07 Propiedades de los Metales

Composición	Punto de fusión, K	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K), k(W/m · K)/c _p (J/kg · K)					
		ρ kg/m ³	C_p J/kg · K	k W/m · K	$\alpha \times 10^5$ m ² /s						
						100	200	400	600	800	1 000
Aluminio:											
Puro	933	2 702	903	237	97.1	302	237	240	231	218	
						482	798	949	1 033	1 146	
Aleación 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)	775	2 770	875	177	73.0	65	163	186	186		
						473	787	925	1 042		
Aleación 195, fundido (4.5% Cu)		2 790	883	168	68.2			174	185		
Berilio	1 550	1 850	1 825	200	59.2	990	301	161	126	106	90.8
						203	1 114	2 191	2 604	2 823	3 018
Plomo	545	9 780	122	7.86	6.59	16.5	9.69	7.04			
						112	120	127			
Boro	2 573	2 500	1 107	27.0	9.76	190	55.5	16.8	10.6	9.60	9.85
						128	600	1 463	1 892	2 160	2 338
Cadmio	594	8 650	231	96.8	48.4	203	99.3	94.7			
						198	222	242			
Cromo	2 118	7 160	449	93.7	29.1	159	111	90.9	80.7	71.3	65.4
						192	384	484	542	581	616
Cobalto	1 769	8 862	421	99.2	26.6	167	122	85.4	67.4	58.2	52.1
						236	379	450	503	550	628
Cobre:											
Puro	1 358	8 933	385	401	117	482	413	393	379	366	352
						252	356	397	417	433	451
Bronce comercial (90% Cu, 10% Al)	1 293	8 800	420	52	14		42	52	59		
							785	160	545		
Bronce al fósforo para engranes (89% Cu, 11% Sn)	1 104	8 780	355	54	17		41	65	74		
							—	—	—		
Latón para cartuchos (70% Cu, 30% Zn)	1 188	8 530	380	110	33.9	75	95	137	149		
							360	395	425		
Constantán (55% Cu, 45% Ni)	1 493	8 920	384	23	6.71	17	19				
						237	362				
Germanio	1 211	5 360	322	59.9	34.7	232	96.8	43.2	27.3	19.8	17.4
						190	290	337	348	357	375
Oro	1 336	19 300	129	317	127	327	323	311	298	284	270
						109	124	131	135	140	145
Iridio	2 720	22 500	130	147	50.3	172	153	144	138	132	126
						90	122	133	138	144	153
Hierro:											
Puro	1 810	7 870	447	80.2	23.1	134	94.0	69.5	54.7	43.3	32.8
						216	384	490	574	680	975
Armco (99.75% puro)		7 870	447	72.7	20.7	95.6	80.6	65.7	53.1	42.2	32.3
						215	384	490	574	680	975
Aceros al carbono:											
Simple al carbono (Mn $\leq$ 1%, Si $\leq$ 0.1%)		7 854	434	60.5	17.7			56.7	48.0	39.2	30.0
								487	559	685	1 169
AISI 1010		7 832	434	63.9	18.8			58.7	48.8	39.2	31.3
								487	559	685	1 168
Al carbono-silicio (Mn $\leq$ 1%, 0.1% < Si $\leq$ 0.6%)		7 817	446	51.9	14.9			49.8	44.0	37.4	29.3
								501	582	699	971

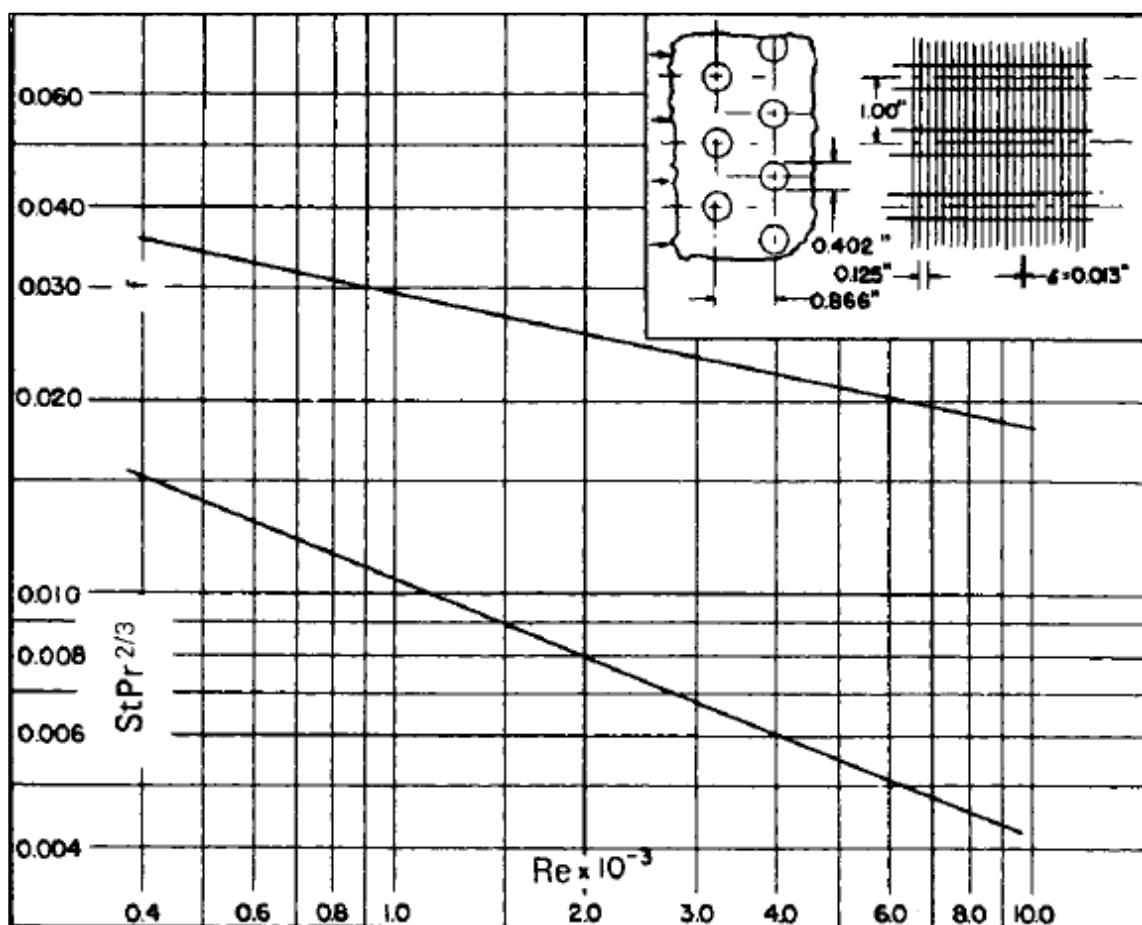
Nota. Fuente: (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 868).

Anexo 08 Propiedades Termofísicas del Aire a Presión Atmosférica

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg · K)	$\mu \cdot 10^7$ (N · s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
Air							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683
600	0.5804	1.051	305.8	52.69	46.9	76.9	0.685
650	0.5356	1.063	322.5	60.21	49.7	87.3	0.690
700	0.4975	1.075	338.8	68.10	52.4	98.0	0.695
750	0.4643	1.087	354.6	76.37	54.9	109	0.702
800	0.4354	1.099	369.8	84.93	57.3	120	0.709
850	0.4097	1.110	384.3	93.80	59.6	131	0.716
900	0.3868	1.121	398.1	102.9	62.0	143	0.720
950	0.3666	1.131	411.3	112.2	64.3	155	0.723
1000	0.3482	1.141	424.4	121.9	66.7	168	0.726
1100	0.3166	1.159	449.0	141.8	71.5	195	0.728
1200	0.2902	1.175	473.0	162.9	76.3	224	0.728
1300	0.2679	1.189	496.0	185.1	82	238	0.719
1400	0.2488	1.207	530	213	91	303	0.703
1500	0.2322	1.230	557	240	100	350	0.685
1600	0.2177	1.248	584	268	106	390	0.688
1700	0.2049	1.267	611	298	113	435	0.685
1800	0.1935	1.286	637	329	120	482	0.683
1900	0.1833	1.307	663	362	128	534	0.677
2000	0.1741	1.337	689	396	137	589	0.672
2100	0.1658	1.372	715	431	147	646	0.667
2200	0.1582	1.417	740	468	160	714	0.655
2300	0.1513	1.478	766	506	175	783	0.647
2400	0.1448	1.558	792	547	196	869	0.630
2500	0.1389	1.665	818	589	222	960	0.613
3000	0.1135	2.726	955	841	486	1570	0.536

Nota. Fuente: (Incropera, DeWitt, Bergman, & Lavine, 2007, pág. 941).

Anexo 09 Transferencia de Calor y Factor de Fricción para la Configuración 8.0-3/8T



Nota. Fuente: figura extraída de (Kays & London, 2018, pág. 270).

Datos geométricos:

(b) Circular tubes, continuous fins

Surface designation	Tube arrangement	Tube diameter		Fin type	Fins/in	Hydraulic diameter, $4r_h$		Fin thickness δ		Free-flow/ frontal area σ	Heat transfer area/ total volume α		Fin area/ total area
		in	10^{-3}m			ft	10^{-3}m	in	10^{-3}		ft^2/ft^3	m^2/m^3	
8.0- $\frac{3}{8}$ T	Staggered	0.402	10.21	Plain	8.0	0.01192	3.63	0.013	0.33	0.534	179	587	0.913
7.75- $\frac{3}{8}$ T	Staggered	0.676	17.17	Plain	7.75	0.0114	3.48	0.016	0.41	0.481	169	554	0.950

Nota. Fuente: (Kays & London, 2018, pág. 169).

Anexo 10 Factores de Impureza o Incrustación para el Diseño de Intercambiadores de Calor

TEMA Design Fouling Resistances for Industrial Fluids

Industrial Fluids	R_f (m ² · K/W)
<i>Oils</i>	
Fuel oil no. 2	0.000352
Fuel oil no. 6	0.000881
Transformer oil	0.000176
Engine lube oil	0.000176
Quench oil	0.000705
<i>Gases and Vapors</i>	
Manufactured gas	0.001761
Engine exhaust gas	0.001761
Steam (nonoil bearing)	0.000088
Exhaust steam (oil bearing)	0.000264–0.000352
Refrigerant vapors (oil bearing)	0.000352
Compressed air	0.000176
Ammonia vapor	0.000176
CO ₂ vapor	0.000176
Chlorine vapor	0.000352
Coal flue gas	0.001761
Natural gas flue gas	0.000881
<i>Liquids</i>	
Molten heat transfer salts	0.000088
Refrigerant liquids	0.000176
Hydraulic fluid	0.000176
Industrial organic heat transfer media	0.000352
Ammonia liquid	0.000176
Ammonia liquid (oil bearing)	0.000528
Calcium chloride solutions	0.000528
Sodium chloride solutions	0.000528
CO ₂ liquid	0.000176
Chlorine liquid	0.000352
Methanol solutions	0.000352
Ethanol solutions	0.000352
Ethylene glycol solutions	0.000352

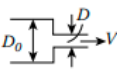
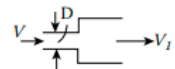
Nota. Fuente: (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012, pág. 251)

Fluido	R_f , m ² · °C/W
Agua destilada, agua de mar, agua de río, agua de alimentación para calderas:	
Por debajo de 50°C	0.0001
Arriba de 50°C	0.0002
Combustóleo	0.0009
Vapor de agua (libre de aceite)	0.0001
Refrigerantes (líquido)	0.0002
Refrigerantes (vapor)	0.0004
Vapores de alcohol	0.0001
Aire	0.0004

Nota. Resistencia térmica debido a la incrustación para una unidad de área superficial. Fuente: (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 636).

Anexo 11 Caída de Presión Debido a la Fricción en Accesorios

Pressure Drop Δp due to Friction in Fittings, Valves, Bends, Contraction, and Enlargement

Sudden Contraction				Sudden Enlargement			
	$D/D_o = 0.0$	0.5	0.75		$\Delta p_c = \rho \frac{V^2 - V_1^2}{2}$		
	$L_c/D = 25$	20	14				
	$k = 0.5$	0.4	0.3				
Standard Tee				Standard Elbow		Sharp Elbow	
							
$L_c/D = 20$	60	70	46	$L_c/D = 15$	32	60	
$k = 0.4$	1.3	1.5	1.0	$k = 0.3$	0.74	1.3	
90° Bend				180° Bend			
	$R/D = 0.5$	1.0	2.0	4.0	8.0	Small radius	Large radius
	$L_c/D = 36$	16.5	10	10	14.5		
	$R/D = 0.5$	1.0	2.0	4.0	8.0	$L_c/D = 75$	50
	$L_c/D = 50$	23	20	26	35	$k = 1.7$	1.2

Nota. Fuente: (Kakaç, Liu, & Pramuanjaroenkij, 2012, pág. 144).

Anexo 12 Propiedades del Agua Saturada

Temp. $T, ^\circ\text{C}$	Presión de saturación $P_{\text{sat}}, \text{kPa}$	Densidad $\rho, \text{kg/m}^3$		Entalpía de vaporización $h_{\text{fg}}, \text{kJ/kg}$	Calor específico $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$		Conductividad térmica $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$		Viscosidad dinámica $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$		Número de Prandtl Pr		Coeficiente de expansión volumétrica $\beta, 1/\text{K}$
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2501	4217	1854	0.561	0.0171	1.792×10^{-3}	0.922×10^{-5}	13.5	1.00	-0.068×10^{-3}
5	0.8721	999.9	0.0068	2490	4205	1857	0.571	0.0173	1.519×10^{-3}	0.934×10^{-5}	11.2	1.00	0.015×10^{-3}
10	1.2276	999.7	0.0094	2478	4194	1862	0.580	0.0176	1.307×10^{-3}	0.946×10^{-5}	9.45	1.00	0.733×10^{-3}
15	1.7051	999.1	0.0128	2466	4186	1863	0.589	0.0179	1.138×10^{-3}	0.959×10^{-5}	8.09	1.00	0.138×10^{-3}
20	2.339	998.0	0.0173	2454	4182	1867	0.598	0.0182	1.002×10^{-3}	0.973×10^{-5}	7.01	1.00	0.195×10^{-3}
25	3.169	997.0	0.0231	2442	4180	1870	0.607	0.0186	0.891×10^{-3}	0.987×10^{-5}	6.14	1.00	0.247×10^{-3}
30	4.246	996.0	0.0304	2431	4178	1875	0.615	0.0189	0.798×10^{-3}	1.001×10^{-5}	5.42	1.00	0.294×10^{-3}
35	5.628	994.0	0.0397	2419	4178	1880	0.623	0.0192	0.720×10^{-3}	1.016×10^{-5}	4.83	1.00	0.337×10^{-3}
40	7.384	992.1	0.0512	2407	4179	1885	0.631	0.0196	0.653×10^{-3}	1.031×10^{-5}	4.32	1.00	0.377×10^{-3}
45	9.593	990.1	0.0655	2395	4180	1892	0.637	0.0200	0.596×10^{-3}	1.046×10^{-5}	3.91	1.00	0.415×10^{-3}
50	12.35	988.1	0.0831	2383	4181	1900	0.644	0.0204	0.547×10^{-3}	1.062×10^{-5}	3.55	1.00	0.451×10^{-3}
55	15.76	985.2	0.1045	2371	4183	1908	0.649	0.0208	0.504×10^{-3}	1.077×10^{-5}	3.25	1.00	0.484×10^{-3}
60	19.94	983.3	0.1304	2359	4185	1916	0.654	0.0212	0.467×10^{-3}	1.093×10^{-5}	2.99	1.00	0.517×10^{-3}
65	25.03	980.4	0.1614	2346	4187	1926	0.659	0.0216	0.433×10^{-3}	1.110×10^{-5}	2.75	1.00	0.548×10^{-3}
70	31.19	977.5	0.1983	2334	4190	1936	0.663	0.0221	0.404×10^{-3}	1.126×10^{-5}	2.55	1.00	0.578×10^{-3}
75	38.58	974.7	0.2421	2321	4193	1948	0.667	0.0225	0.378×10^{-3}	1.142×10^{-5}	2.38	1.00	0.607×10^{-3}
80	47.39	971.8	0.2935	2309	4197	1962	0.670	0.0230	0.355×10^{-3}	1.159×10^{-5}	2.22	1.00	0.653×10^{-3}
85	57.83	968.1	0.3536	2296	4201	1977	0.673	0.0235	0.333×10^{-3}	1.176×10^{-5}	2.08	1.00	0.670×10^{-3}
90	70.14	965.3	0.4235	2283	4206	1993	0.675	0.0240	0.315×10^{-3}	1.193×10^{-5}	1.96	1.00	0.702×10^{-3}
95	84.55	961.5	0.5045	2270	4212	2010	0.677	0.0246	0.297×10^{-3}	1.210×10^{-5}	1.85	1.00	0.716×10^{-3}
100	101.33	957.9	0.5978	2257	4217	2029	0.679	0.0251	0.282×10^{-3}	1.227×10^{-5}	1.75	1.00	0.750×10^{-3}
110	143.27	950.6	0.8263	2230	4229	2071	0.682	0.0262	0.255×10^{-3}	1.261×10^{-5}	1.58	1.00	0.798×10^{-3}
120	198.53	943.4	1.121	2203	4244	2120	0.683	0.0275	0.232×10^{-3}	1.296×10^{-5}	1.44	1.00	0.858×10^{-3}
130	270.1	934.6	1.496	2174	4263	2177	0.684	0.0288	0.213×10^{-3}	1.330×10^{-5}	1.33	1.01	0.913×10^{-3}
140	361.3	921.7	1.965	2145	4286	2244	0.683	0.0301	0.197×10^{-3}	1.365×10^{-5}	1.24	1.02	0.970×10^{-3}
150	475.8	916.6	2.546	2114	4311	2314	0.682	0.0316	0.183×10^{-3}	1.399×10^{-5}	1.16	1.02	1.025×10^{-3}
160	617.8	907.4	3.256	2083	4340	2420	0.680	0.0331	0.170×10^{-3}	1.434×10^{-5}	1.09	1.05	1.145×10^{-3}
170	791.7	897.7	4.119	2050	4370	2490	0.677	0.0347	0.160×10^{-3}	1.468×10^{-5}	1.03	1.05	1.178×10^{-3}
180	1,002.1	887.3	5.153	2015	4410	2590	0.673	0.0364	0.150×10^{-3}	1.502×10^{-5}	0.983	1.07	1.210×10^{-3}
190	1,254.4	876.4	6.388	1979	4460	2710	0.669	0.0382	0.142×10^{-3}	1.537×10^{-5}	0.947	1.09	1.280×10^{-3}
200	1,553.8	864.3	7.852	1941	4500	2840	0.663	0.0401	0.134×10^{-3}	1.571×10^{-5}	0.910	1.11	1.350×10^{-3}
220	2,318	840.3	11.60	1859	4610	3110	0.650	0.0442	0.122×10^{-3}	1.641×10^{-5}	0.865	1.15	1.520×10^{-3}
240	3,344	813.7	16.73	1767	4760	3520	0.632	0.0487	0.111×10^{-3}	1.712×10^{-5}	0.836	1.24	1.720×10^{-3}
260	4,688	783.7	23.69	1663	4970	4070	0.609	0.0540	0.102×10^{-3}	1.788×10^{-5}	0.832	1.35	2.000×10^{-3}
280	6,412	750.8	33.15	1544	5280	4835	0.581	0.0605	0.094×10^{-3}	1.870×10^{-5}	0.854	1.49	2.380×10^{-3}
300	8,581	713.8	46.15	1405	5750	5980	0.548	0.0695	0.086×10^{-3}	1.965×10^{-5}	0.902	1.69	2.950×10^{-3}
320	11,274	667.1	64.57	1239	6540	7900	0.509	0.0836	0.078×10^{-3}	2.084×10^{-5}	1.00	1.97	
340	14,586	610.5	92.62	1028	8240	11,870	0.469	0.110	0.070×10^{-3}	2.255×10^{-5}	1.23	2.43	
360	18,651	528.3	144.0	720	14,690	25,800	0.427	0.178	0.060×10^{-3}	2.571×10^{-5}	2.06	3.73	
374.14	22,090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043×10^{-3}	4.313×10^{-5}			

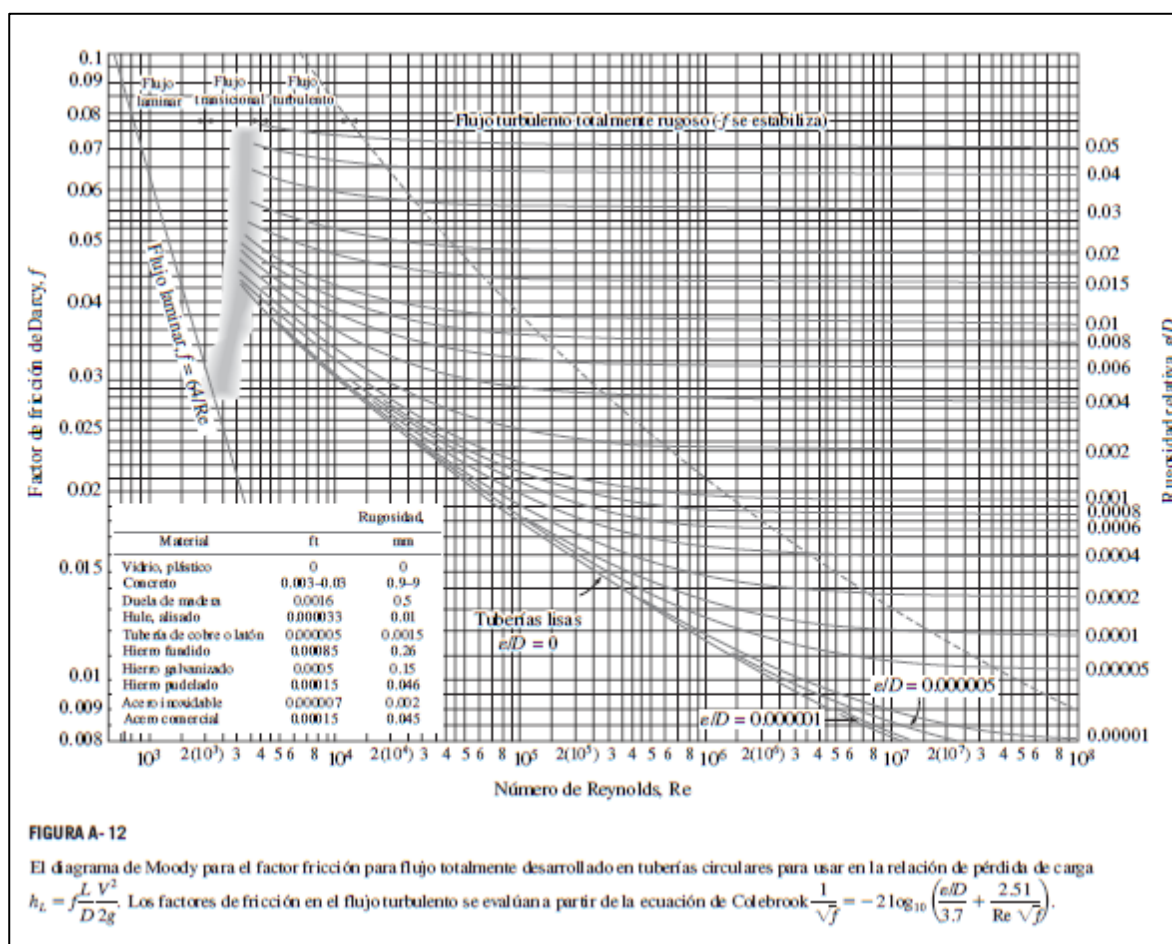
Nota 1: La viscosidad cinemática ν y la difusividad térmica α se pueden calcular a partir de sus definiciones: $\nu = \mu/\rho$ y $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$. Las temperaturas 0.01°C, 100°C y 374.14°C son las temperaturas del punto triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Las propiedades citadas anteriormente (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cerca del valor de punto crítico.

Nota 2: La unidad kJ/kg · °C para calor específico es equivalente kJ/kg · K, y la unidad W/m · °C para conductividad térmica es equivalente a W/m · K.

Fuente: Los datos de viscosidad y conductividad térmica están tomados de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), pp. 1291-1322. Otros datos se obtuvieron de diversas fuentes o se calcularon.

Nota. Fuente: (Çengel & Cimbala, 2006, pág. 888).

Anexo 13 Diagrama de Moody y Valores de Rugosidad Equivalentes para Tuberías



Nota. Fuente: (Çengel & Cimbala, 2006, pág. 898).

Valores de rugosidad equivalentes para tuberías comerciales nuevas*

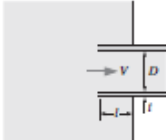
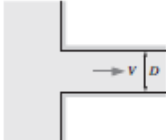
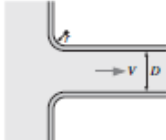
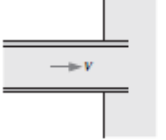
Material	Rugosidad ϵ	
	ft	mm
Vidrio, plástico	0 (liso)	
Concreto	0.003-0.03	0.9-9
Dueta de madera	0.0016	0.5
Hule, alisado	0.000033	0.01
Tubería de cobre o latón	0.000005	0.0015
Hierro fundido	0.00085	0.26
Hierro galvanizado	0.0005	0.15
Hierro forjado	0.00015	0.046
Acero inoxidable	0.000007	0.002
Acero comercial	0.00015	0.045

* La incertidumbre en estos valores puede ser hasta ± 60 por ciento.

Nota. Fuente: (Çengel & Cimbala, 2006, pág. 341).

Anexo 14 Coeficientes de Pérdida para Accesorios de Tubería

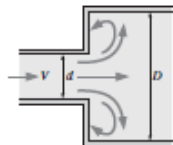
Coeficientes de pérdida K_L de varios accesorios de tubería para flujo turbulento (para usar en la relación $h_L = K_L V^2/(2g)$, donde V es la velocidad promedio en la tubería que contiene el accesorio)*

Entrada de la tubería Reentrante: $K_L = 0.80$ ($t \ll D$ e $l = 0.1D$) 	De borde agudo: $K_L = 0.50$ 	Redondeada ($r/D > 0.2$): $K_L = 0.03$ Ligeramente redondeada ($r/D = 0.1$): $K_L = 0.12$ (véase figura 8-36) 
Salida de la tubería Reentrante: $K_L = \alpha$ 	De borde agudo: $K_L = \alpha$ 	Redondeada: $K_L = \alpha$ 

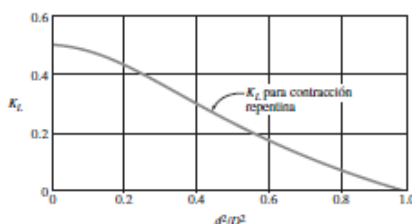
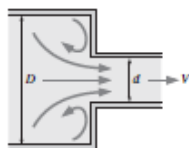
Nota: el factor de corrección de energía cinética es $\alpha = 2$ para flujo laminar totalmente desarrollado, y $\alpha = 1$ para flujo turbulento totalmente desarrollado.

Expansión y contracción repentina (con base en la velocidad en la tubería de diámetro más pequeño)

Expansión repentina: $K_L = \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2$



Contracción repentina: ver gráfica.



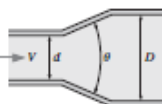
Expansión y contracción gradual (con base en la velocidad en la tubería de diámetro más pequeño)

Expansión:

$K_L = 0.02$ para $\theta = 30^\circ$

$K_L = 0.04$ para $\theta = 45^\circ$

$K_L = 0.07$ para $\theta = 60^\circ$



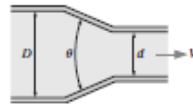
Contracción (para $\theta = 20^\circ$):

$K_L = 0.30$ para $d/D = 0.2$

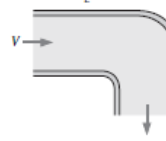
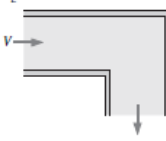
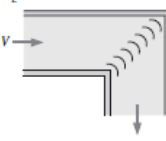
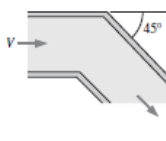
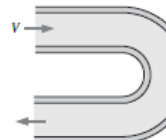
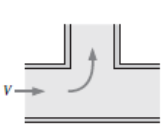
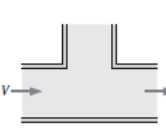
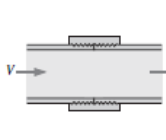
$K_L = 0.25$ para $d/D = 0.4$

$K_L = 0.15$ para $d/D = 0.6$

$K_L = 0.10$ para $d/D = 0.8$



Nota. Fuente: (Çengel & Cimbala, 2006, pág. 350).

Codos y ramificaciones Codo suave de 90°: Embridado: $K_L = 0.3$ Roscado: $K_L = 0.9$ 	Codo esquinado de 90° (sin álabes directores): $K_L = 1.1$ 	Codo esquinado de 90° (con álabes directores): $K_L = 0.2$ 	Codo roscado de 45°: $K_L = 0.4$ 
Codo de retorno de 180°: Embridado: $K_L = 0.2$ Roscado: $K_L = 1.5$ 	Conexión en T (flujo deriv.): Embridado: $K_L = 1.0$ Roscado: $K_L = 2.0$ 	Conexión en T (flujo en línea): Embridado: $K_L = 0.2$ Roscado: $K_L = 0.9$ 	Unión roscada: $K_L = 0.08$ 
Válvulas Válvula de globo, totalmente abierta: $K_L = 10$ Válvula de ángulo, totalmente abierta: $K_L = 5$ Válvula de bola, totalmente abierta: $K_L = 0.05$ Válvula de chancala: $K_L = 2$ Válvula de compuerta, totalmente abierta: $K_L = 0.2$ 1/4 cerrada: $K_L = 0.3$ 1/2 cerrada: $K_L = 2.1$ 3/4 cerrada: $K_L = 17$			

* Esos son valores representativos para coeficientes de pérdida. Los valores reales dependen principalmente del diseño y la fabricación de los accesorios y pueden diferir considerablemente de los valores dados (en especial para las válvulas). En el diseño final se deben usar los datos reales del fabricante.

Nota. Fuente: (Çengel & Cimbala, 2006, pág. 351).

Anexo 15 Límites Máximos Permisibles para la Calidad del Agua

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y oquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Nota. Fuente: (MINSA, Dirección General de Salud Ambiental - Lima, 2011).

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg/L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Nota. Fuente: (MINSA, Dirección General de Salud Ambiental - Lima, 2011).

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS RADIATIVOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Dosis de referencia total (nota 1)	mSv/año	0,1
2. Actividad global α	Bq/L	0,5
3. Actividad global β	Bq/L	1,0

Nota 1: Si la actividad global α de una muestra es mayor a 0,5 Bq/L o la actividad global β es mayor a 1 Bq/L, se deberán determinar las concentraciones de los distintos radionúclidos y calcular la dosis de referencia total; si ésta es mayor a 0,1 mSv/año se deberán examinar medidas correctivas; si es menor a 0,1 mSv/año el agua se puede seguir utilizando para el consumo.

Nota. Fuente: (MINSA, Dirección General de Salud Ambiental - Lima, 2011).

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS**

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Níquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrin y dieldrin	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrin	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04

Nota. Fuente: (MINSA. Dirección General de Salud Ambiental - Lima, 2011).

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL ⁻¹	0,01
65. Bromodiclorometano	mgL ⁻¹	0,06
66. Bromoformo	mgL ⁻¹	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL ⁻¹	0,01
68. Cloroformo	mgL ⁻¹	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL ⁻¹	0,07
70. Dibromoacetoniitrilo	mgL ⁻¹	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL ⁻¹	0,05
72. Dicloroacetato	mgL ⁻¹	0,02
73. Dicloroacetoniitrilo	mgL ⁻¹	0,9
74. Formaldehído	mgL ⁻¹	0,02
75. Monocloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
76. Tricloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

Nota. Fuente: (MINSA. Dirección General de Salud Ambiental - Lima, 2011).

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL ⁻¹	3
24. Tricloroeteno	mgL ⁻¹	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL ⁻¹	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL ⁻¹	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	0,3
29. 1,1- Dicloroeteno	mgL ⁻¹	0,03
30. 1,2- Dicloroeteno	mgL ⁻¹	0,05
31. Diclorometano	mgL ⁻¹	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL ⁻¹	0,6
33. Etilbenceno	mgL ⁻¹	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL ⁻¹	0,0006
35. Ácido Nitritotriacético	mgL ⁻¹	0,2
36. Estireno	mgL ⁻¹	0,02
37. Tolueno	mgL ⁻¹	0,7
38. Xileno	mgL ⁻¹	0,5
39. Atrazina	mgL ⁻¹	0,002
40. Carbofurano	mgL ⁻¹	0,007
41. Clorotoluron	mgL ⁻¹	0,03
42. Cianazina	mgL ⁻¹	0,0006
43. 2,4- DB	mgL ⁻¹	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL ⁻¹	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL ⁻¹	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL ⁻¹	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL ⁻¹	0,02
48. Dicloroprop	mgL ⁻¹	0,1
49. Dimetato	mgL ⁻¹	0,006
50. Fenoprop	mgL ⁻¹	0,009
51. Isoproturon	mgL ⁻¹	0,009
52. MCPA	mgL ⁻¹	0,002
53. Mecoprop	mgL ⁻¹	0,01
54. Metolacloro	mgL ⁻¹	0,01
55. Molinato	mgL ⁻¹	0,006
56. Pendimetalina	mgL ⁻¹	0,02
57. Simazina	mgL ⁻¹	0,002
58. 2,4,5- T	mgL ⁻¹	0,009
59. Terbutilazina	mgL ⁻¹	0,007
60. Trifluralina	mgL ⁻¹	0,02
61. Cloropirifos	mgL ⁻¹	0,03
62. Piriproxifeno	mgL ⁻¹	0,3
63. Microcistin-LR	mgL ⁻¹	0,001

Nota. Fuente: (MINSA. Dirección General de Salud Ambiental - Lima, 2011).

Anexo 16 Catálogos y Fichas Técnicas

Tubos de cobre para los intercambiadores



TUBERÍA DE COBRE PARA AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACIÓN TIPO ACR

TUBERÍA DE COBRE SIN COSTURA EN ROLLO

1.- PRODUCTO

2.- ALEACIÓN

3.- DOCUMENTOS APLICABLES

4.- PRESENTACIÓN

5.- COMPOSICIÓN QUÍMICA

6.- TEMPLE

7.- PROPIEDADES MECÁNICAS

PRODUCTO

TUBERÍA DE COBRE

1515T

HR15T

TAMANO DE GRANO

60 max

RESISTENCIA A LA TENSION

0.040mm Min.

LIMITE ELASTICO

30,000 psi Min.

ELONGACION

6000 psi Min.

EXPANSION

40% Min. En 2 pulg.

8.- PRUEBA EDDY CURRENT

MATERIAL INSPECCIONADO AL 100%

NOTA: EXPANSION: 3/4 Y MENORES: 40% DEL D.E. Y MAYORES A 3/4: 30% DUREZA: LA ESPECIFICACION PARA PAREDES ARriba DE 0.035" SERA HR15T SO MAX.



B743 – 12 (2020)

TABLE 2 Coil Length Tolerances (Specific Lengths)

Tube Outside Diameter, in. (mm)	Nominal Length, ft (m)	Shortest Permissible Length, % of Nominal Length	Maximum Permissible Weight of Ends, % of Lot Weight	Tolerance All Plus ft (m)
All sizes	Up to 100 (30.5), incl	100	0	1 (0.3)
All sizes	Over 100 (30.5)	40	20	...

TABLE 3 Mechanical Property Requirements of Drawn-Temper and Annealed-Temper Tube

Temper Designation	Wall Thickness, in. (mm)	Rockwell Hardness		Tensile Strength Min, ksi ^a (MPa)	Yield Strength ^a Min, ksi (MPa)	Elongation in 2 in., min %
		Scale	Value			
H58	Less than 0.020	N/A	N/A	36 (250)	30 (205)	N/A
O50	0.020 and over	30°C	30 min	36 (250)	30 (205)	N/A
	Less than 0.015	N/A	N/A	30 (205)	9 (62)	40
	0.015 to 0.035	15°C	65 max	30 (205)	9 (62)	40
	(0.381 to 0.889)	F ^C	55 max	30 (205)	9 (62)	40
O60	Over .035	(0.889)				
	Less than 0.015	N/A	N/A	30 (205)	6 (40)	40
	0.015 to 0.035	15°C	60 max	30 (205)	6 (40)	40
	(0.381 to 0.889)	F ^C	50 max	30 (205)	6 (40)	40
	Over 0.35	(0.889)				

^A ksi = 1000 psi.

^B Yield strength to be determined at 0.5 % extension under load.

^c Rockwell hardness values apply to tubes having an inside diameter of $\frac{5}{16}$ in. (7.92 mm) or over, and Rockwell hardness test shall be made on the inside surface of the tube. When suitable equipment is not available for determining the specific Rockwell hardness, other Rockwell scales and values may be specified subject to agreement between the purchaser and supplier.

Nota. Fuente: (ASTM, 2020).

Soldadura de plata

TECHNICAL INFORMATION SHEET

STAY SILV® 5 BRAZING FILLER METAL

CHEMICAL COMPOSITION%:

Phosphorus	5.9
Copper	Remainder
Silver	5.0
Other (total)	0.15

TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES:

Solidus	1190°F (643°C)
Liquidus	1500°F (815°C)
Brazing Range	1350°F- 1550°F (723C -843°C)
Electrical Conductivity	5.6 (% IACS)
Density	0.280 (lb./cu.in.)

BRAZING PROPERTIES:

Stay Silv 5 silver brazing filler metal designed for copper to copper applications. It can also be used on copper to low zinc brass but this application requires use of Stay Silv white brazing flux.

Like many phosphorus/copper brazing filler metals Stay Silv 5 will flow rapidly when heated quickly to its liquidus. This allows penetration into tight clearance connections. With slower heating the alloy melting range provides the ability to filler wider gaps.

Stay Silv 5 is often chosen as an economical alternative to higher silver content alloys for copper and brass applications.

Stay Silv 5 is not recommended for brazing steel or other ferrous base metals. In these applications the phosphorus content promotes formation of a low ductility intermetallic with the base metal.

CORROSION RESISTANCE:

Generally similar to the copper base metal, but phosphorus containing alloys, including Stay Silv 5, should not be used if the braze is exposed to sulfur or sulfur compounds in service.

AVAILABLE FORMS:

Stay Silv 5 is often used in rod form in manual brazing applications. It is available formed as brazing rings or on spools for automated feeding.

RECOMMENDED FLUX:

No flux is required for copper to copper applications. Stay-Silv® white flux is suitable for brass. When flux is required Harris ECO SMART™ boric acid free flux is an excellent choice to promote sound brazed assemblies and comply with European REACH requirements.

SPECIFICATION COMPLIANCE:

AWS A5.8 BCuP-3, ASME SFA 5.8 BCuP-3, ISO 17672 CuP 281

SAFETY INFORMATION:

WARNING: PROTECT yourself and others. Read and understand this information.

FUMES AND GASES can be hazardous to your health.
HEAT RAYS, (infrared radiation) from flame or hot metal, can injure eyes.

- Before use, read and understand the manufacturer's instructions, Safety Data Sheets (SDS), and your employer's safety practices.
- Keep your head out of fumes.
- Use enough ventilation, exhaust at the flame, or heat source, to keep fumes and gases from your breathing zone and the general area.
- Wear correct eye, ear, and body protection.
- See American National Standard Z49.1, *Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes*, published by the American Welding Society, 8669 Doral Blvd., Doral, Florida 33166; OSHA Safety and Health standards, available from the U.S. Government Office, Washington, DC 20402.

STATEMENT OF LIABILITY- DISCLAIMER:

Any suggestion of product applications or results is given without representation or warranty, either expressed or implied. Without exception or limitation, there are no warranties of merchantability or of fitness for particular purpose or application. The user must fully evaluate every process and application in all aspects, including suitability, compliance with applicable law and non-infringement of the rights of others. The Harris Products Group and its affiliates shall have no liability in respect thereof.

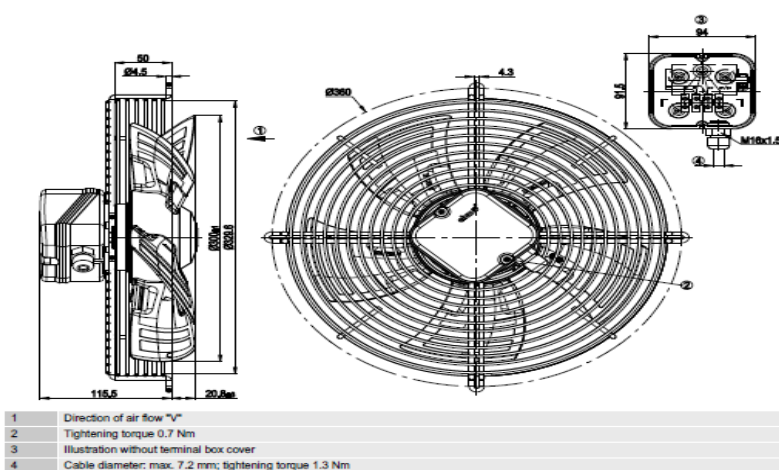
Ventilador

Nominal data

Type	S4E300-AS72-50	
Motor	M4E068-CF	
Phase	1~	1~
Nominal voltage	V	230
Frequency	Hz	50
Type of data definition	rfa	rfa
Valid for approval / standard	CE	CE
Speed	min ⁻¹	1380
Power input	W	62
Current draw	A	0.28
Motor capacitor	μF	2
Capacitor voltage	VDB	400
Capacitor standard	P0 (CE)	P0 (CE)
Max. back pressure	Pa	60
Max. ambient temperature	°C	60

ml = max. load - rfa = max. efficiency - rfa = running at free air - cs = customer specs - cu = customer unit
Subject to alterations

Product drawing



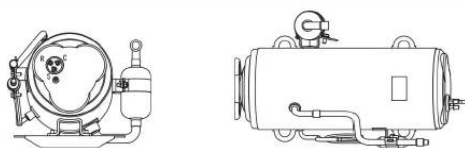
Compresor

R404A&R448A&R449A&455A 1PH 208-230V - 60Hz

Model	Displacement (cc/he)	Capacity (L/h)	Input Power (W)	Current (A)	COP (W/W)	Height (mm)	Test Conditions	Form	Number of Cylinders
KD135YS	13.5	2060	1025	4.8	2.0	310	C	V	1
KD164YS	16.4	2500	1250	5.8	2.0	310	C	V	1
KD230YS	23.6	3380	1690	7.5	1.06	330	D	V	1
TD230YS	30.7	3775	2221	10	1.7	340	C	V	1
TD307YS	35.7	4390	2592	12.3	1.7	340	C	V	1
KD135YS	13.5	2060	1025	4.8	2.0	310	C	V	1
KD164YS	16.4	2500	1250	5.8	2.0	310	C	V	1
KD230YS	23.6	3380	1690	7.5	1.06	330	D	V	1
TD230YS	30.7	3775	2221	10	1.7	340	C	V	1
TD307YS	35.7	4390	2592	12.3	1.7	340	C	V	1
KD135YS	13.5	2060	1025	4.8	2.0	310	C	V	1
KD164YS	16.4	2500	1250	5.8	2.0	310	C	V	1
KD230YS	23.6	3380	1690	7.5	1.06	330	D	V	1
TD230YS	30.7	3775	2221	10	1.7	340	C	V	1
TD307YS	35.7	4390	2592	12.3	1.7	340	C	V	1

R404A&R448A&R449A&455A 3PH 380V - 50Hz/60Hz

Model	Displacement (cc/he)	Capacity (L/h)	Input Power (W)	Current (A)	COP (W/W)	Height (mm)	Test Conditions	Form	Number of Cylinders
TD357F	35.7	2300	2185	4.6	1.06	330	D	V	1
TD306F	45.6	2700	2500	6.7	1.06	435	D	V	1



Boyd Compressor FBE 133

PAGE 19

Capilares



Especificaciones

Tubos capilares

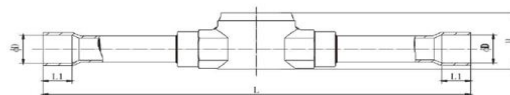
Nº de parte	Descripción	Diámetro interior	Longitud
24-001U	Tubo capilar de cobre	0.031" (0.79mm)	10' (3m)
24-013U	Tubo capilar de cobre	0.036" (0.91mm)	10' (3m)
24-002U	Tubo capilar de cobre	0.042" (1.07mm)	10' (3m)
24-003U	Tubo capilar de cobre	0.050" (1.27mm)	10' (3m)
24-018U	Tubo capilar de cobre	0.064" (1.63mm)	10' (3m)
24-005U	Tubo capilar de cobre	0.070" (1.80mm)	10' (3m)
24-010U	Tubo capilar de cobre	0.080" (2.03mm)	10' (3m)

Visor de líquido

Model SGN Sight Glass



Structure

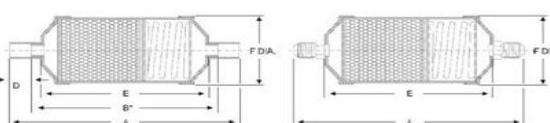


Soldering type sight glass

Model	L	L1	D	H
SGN-1/4 ODF	102	7	6.5	21.5
SGN-3/8 ODF	119	8	10.1	22.5
SGN-1/2 ODF	146	10	12.8	26.5
SGN-5/8 ODF	152	14	16.1	29.5

Model	L	L1	D	H
SGN-3/4 ODF	167	16	19.2	35
SGN-7/8 ODF	173	17	22.2	39
SGN-1-1/8 ODF	216	20	28.7	44.5

Filtro deshidratador



型号 MODEL	接口(英寸) CONNECTION(IN)		液体制冷量(冷吨) LIQUID FLOW CAPACITY(TONS)							A(IN)	B(IN)	D(IN)	E(IN)	F(IN)
	焊口 ODF	接口 SAE	R134a	R12	R22 R-410a	R407c	R404a R-507	R502						
SEK-032		1/4	1.61	2.09	2.21	2.12	1.45	1.45	4.13	-----	-----		2.36	1.69
SEK-032S	1/4		2.21	2.72	2.88	2.88	1.98	1.98	3.78	2.56	0.61			
SEK-033		3/8	2.51	3.01	3.32	3.22	2.22	2.12	4.53	-----	-----			
SEK-033S	3/8		2.51	3.01	3.32	3.22	2.22	2.12	3.86	2.60	0.63		3.13	
SEK-052		1/4	1.72	2.12	2.32	2.22	1.52	1.52	4.86	-----	-----			
SEK-052S	1/4		2.72	3.32	3.62	3.52	2.42	2.31	4.55	3.33	0.61			
SEK-053		3/8	2.91	3.53	3.85	3.69	2.54	2.54	5.30	-----	-----		3.86	2.50
SEK-053S	3/8		3.62	4.41	4.78	4.68	3.23	3.13	4.63	3.37	0.63			
SEK-082		1/4	1.89	2.31	2.28	2.45	1.69	1.58	5.63	-----	-----			
SEK-082S	1/4		2.55	3.12	3.46	3.34	2.23	2.23	5.28	4.06	0.61		3.86	
SEK-083		3/8	3.33	4.01	4.35	4.36	2.94	2.84	6.02	-----	-----			
SEK-083S	3/8		3.76	4.56	4.88	4.78	3.29	3.19	5.35	4.09	0.63			
SEK-084		1/2	5.56	6.75	7.32	7.13	4.96	4.76	6.18	-----	-----		2.50	
SEK-084S	1/2		5.88	7.12	7.74	7.55	5.12	5.07	5.42	4.17	0.62			

Válvula solenoide

SOLENOID VALVES FOR REFRIGERANT	
Type RPV	SAIGHO MLVA

GENERAL DESCRIPTION

- New solenoid valves for refrigerant "High-pressure R410A standard"
- Various product line up (Body: 21 types, Coil: DIN plug type, Lead wire type)
- Low power consumption (6W at 50Hz / 4.5W at 60Hz)

SPECIFICATIONS

- Body test pressure: 6.5MPa (66.2kgf/cm²)
- Fluid temperature: -40 to 125°C
- Ambient temperature: -30 to 50°C

TYPE NUMBER SELECTION

Catalog No.	Port Size (mm)	Cv Value	Nominal Capacity (0.5R13.3 (kW))				Connection		O.P.D.		Max. Working Pressure	Wt. (kg)
			R410A	R134a	R404A	R22	Copper Tube O.D.	Style	Min.	Max.		
RPV-302BYF	3	0.27	1.1 (4.0)	1.1 (4.0)	0.8 (2.8)	1.2 (4.3)	1/4"				0.3	
RPV-303BYF	3	0.30	1.3 (4.5)	1.3 (4.4)	0.9 (3.1)	1.4 (4.8)	3/8"				0.3	
RPV-603BYF	6	0.40	3.4 (9.0)	3.4 (9.0)	2.4 (6.0)	3.0 (6.0)	1/2"				0.4	
RPV-603BYF	6	0.90	3.8 (13.4)	3.8 (13.3)	2.6 (9.3)	4.0 (14.0)	3/8"				0.4	
RPV-803BYF	8	1.2	5.1 (17.3)	5.1 (17.3)	3.5 (12.3)	5.4 (19.0)	3/8"	Flare			0.45	
RPV-804BYF	8	1.4	5.9 (20.9)	5.9 (20.7)	4.1 (14.4)	6.3 (22.0)	1/2"				0.45	

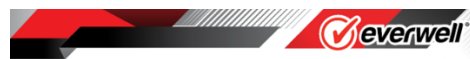


Type RPV-D



Type RPV-B

Presostatos



Presostats

High & Low Pressure Switches

Features:

- Available for R22, R410A and R407C pressure ratings
- SPST switch
- 1/4" female SAE mounting
- Automatic Reset
- Tamper proof
- 24V, 120V, 240VAC 50-60Hz, 6RLA, 36RLA
- Low pressure switch - open on pressure drop, closes on pressure rise.
- High pressure switch - open on pressure rise, closes on pressure drop.
- UL Recognized Component



Part No.	Refrig.	Color	Settings (psi)		Tolerances (psi)	
			Open	Close	Open	Close
PL-3000	R22	Blue	25	30	±5	±5
PL-3000H	R22	Black	350	250	±5	±5
PL-6000	R410A	Blue	80	130	±5	±5
PL-6000H	R410A	Black	550	450	±5	±5
PL-37500	R407C	Black	375	265	±5	±5

Manómetros



242#H

242#L

128#H

128#L

191#H

191#L

Model selection						
Model	Refrigerant	Oil	Dial	Pres.unit	Temp.unit	Connector
242# H	R404A R407C R22 R134a	glycerin	63mm	psi/Mpa	°C	1/4SAE
242# L	R404A R407C R22 R134a		63mm	psi/Mpa		
128# H	R410A	Silicone oil	63mm	psi, Kg/cm ³		
128# L	R410A		63mm	psi, Kg/cm ³		
191# H	R404A R407C R22 R134a	Silicone oil	63mm	Mpa		
191# L	R404A R407C R22 R134a		63mm	Mpa		
122# H	R404A R407C R22 R134a	glycerin	63mm	Mpa psi		
122# L	R404A R407C R22 R134a		63mm	Mpa psi		
59# H	R404A R407C R22 R134a	---	63mm	psi/Mpa		
59# L	R404A R407C R22 R134a	---	63mm	psi/Mpa		

HONGSEN A/C SERVICE TOOLS

Tubería de cobre flexible

Tipo ACR		
Tipo de Cobre:		Presentación:
- DHP		- En rollos de 15.24 metros
Norma de Fabricación:		
- ASTM B-280		
Diámetro Exterior (pulg.)	Diámetro Exterior (mm.)	Espesor de Pared (mm.)
3/16	4.76	0.60
1/4	6.35	0.55
1/4	6.35	0.60
5/6	7.94	0.55
5/6	7.94	0.60
3/8	9.52	0.60
3/8	9.52	0.64
1/2	12.7	0.60
1/2	12.7	0.65
5/8	15.87	0.60
5/8	15.87	0.70
3/4	19.05	0.75
7/8	22.23	0.75

mm: milímetros pulg: pulgada



Tuercas Flare

HONGSEN

BRASS FITTINGS

- Nut**
- Forged from high-quality copper alloy
 - Complete connectors



- Nut**
- 1/4 3/8 1/2 5/8 3/4

1/4 3/8 1/2 5/8 3/4

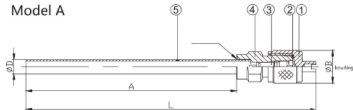
Válvula de servicio

Charging valve



Configuración

Model A



Model Selection										
Type	Connection	Size	Overall Dimension					Hexagonal S	Thread M	Weight(g)
			A	B	ΦD	H	L			
Type A	1/4SAE	1/8	60	14	3.17	--	94	11	7/16-20UNF	22
	1/4SAE	3/16	60	14	4.76	--	94	11	7/16-20UNF	23
	1/4SAE	1/4	90	14	6.35	--	124	11	7/16-20UNF	28
Type B	1/4SAE	1/4	90	14	6.35	118	---	12	7/16-20UNF	30
	1/2SAE	1/4	90	16	6.35	118	---	14	1/2-20UNF	39
	1/2SAE	1/4	90	16	6.35	118	---	14	1/2-16UNF	40

Controlador de temperatura



MT-512E 2HP Ver.1.3
CONTROLADOR E INDICADOR DIGITAL PARA CALEFACCIÓN O REFRIGERACIÓN CON DESHIELO NATURAL POR PARADA DEL COMPRESOR

Tenga este manual en la palma de su mano por la aplicación FG Finder.

Deshielo manual, Bloqueo de funciones, Apaga las funciones de control, Programación en serie, Grado de protección IP 65 FRONT



EVOLUTIC, NSF, CULUS E251415

1. DESCRIPCIÓN

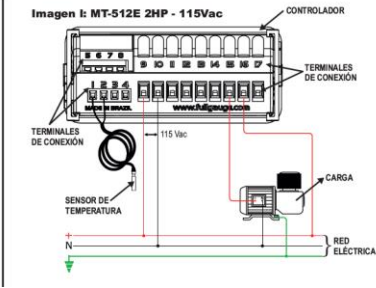
Con el **MT-512E 2HP** es posible realizar deshielos periódicos por parada del compresor (deshielo natural) y forzar deshielos manualmente. Posee un potente relé de 16 A para accionar cargas de hasta 2HP, además de una salida de comando conjugada a un temporizador (timer) para la programación del tiempo de refrigeración y deshielo. Otro recurso disponible es la desconexión de las funciones de control, haciendo con que el **MT-512E 2HP** opere solamente como indicador de temperatura. También presenta filtro digital configurable, el cual tiene la finalidad de simular un aumento de masa en el sensor de ambiente, aumentando así su tiempo de respuesta, o sea, hace la respuesta del sensor más lenta (retardo). Y, a través de un sistema inteligente de bloqueo de funciones, impide que personas no autorizadas alteren los parámetros de control.

El **MT-512E 2HP** también puede ser configurado para calefacción.

Producto en conformidad con UL Inc. (Estados Unidos y Canadá) y NSF (Estados Unidos).

2. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- Certifique la correcta fijación del controlador;
- Cerciórese que la alimentación eléctrica esté desconectada y que no sea conectada durante la instalación del controlador;
- Lea el presente manual antes de instalar y utilizar el controlador;
- Utilice Equipos de Protección Individual (EPI) adecuados;



Controlador de temperatura y humedad relativa

Características

- Termostato e Higrómetro Digital / STC-3028
- Soporta calibración de temperatura y humedad.
 - Cuenta con una ventana de visualización doble.
 - Muy sencillo de utilizar.



Especificaciones

Modelo STC-3028	
Voltaje de entrada	AC220V
Rango de temperatura	-50 ~ 110 °C
Rango de humedad	0%RH - 100%RH
Corriente	10 A
Precisión	0.1%RH

Filtro de aire



Filtro Permaire Azul Lavable 60" x 30' x 1" nominal

Los rollos **Permaire** son rígidos. Una vez cortados a las dimensiones adecuadas, son filtros completos listos para instalar, sin necesidad de marco. A medida que las partículas de polvo pasan a través del medio de filtración, se cargan naturalmente y son atraídas por la carga opuesta en las fibras del filtro. El polvo, la pelusa y el polen se acumulan en toda la profundidad del filtro, lo que le permite retener más contaminantes para menos cambios de filtro con una mejor calidad del aire. Además de contar con la materia prima en rollos también pueden cotizar el producto en cortes a medida solo o también con marco de metal para su mejor utilización.

- Descripción**
- Ventajas:**
- MERV 1-4
 - Rollo de material sintético duradero y autoportante
 - Eliminación de polvo, pelusa y polen
 - Para filtro de aire tipo paneles
 - Marca: Flanders – Procedencia americana
 - Lavable y reutilizable
 - ASHRAE 52.2

Bomba de agua de diafragma

② Normal type

Model	Voltage	Inlet Water Pressure	Working Pressure	Working Current	Working Flow Rate	Open Flow	Bypass Pressure	Maximum Current	Self-priming Height				
LFP1075E	24V DC	0.2MPa	0.5MPa	≤1.0A	≥750mL/min	≥1800mL/min	0.8-1.0MPa	≤1.3A	/				
LFP1075J				≤0.9A				≤1.2A					
LFP1075W-P													
LFP1075W				0.85-1.0MPa									

Mounting Dimension: mm



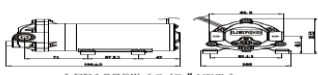
LFP1075E, LFP1075ES (3/8" NPT)



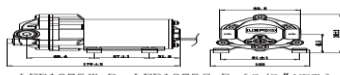
LFP1075J (3/8" NPT)



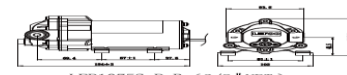
LFP1075JS (3/8" NPT)



LFP1075W (3/8" NPT)



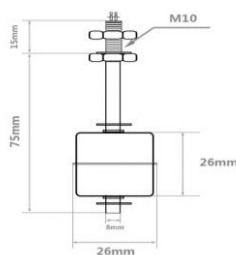
LFP1075W-P, LFP1075S-P (3/8" NPT)



LFP1075S-P-B (3/8" NPT)

www.lefoopump.com | 06

Sensor de nivel de liquido



ITEM	DESCRIPCION
Nombre del producto	Interruptor flotante
NO / NC	Es ajustable y el pin puede quitarse con un alicate
Proporción de líquido del traje	Más de 0.8
Clasificación Máxima de contacto	10W a 200DC
Voltaje máximo de conmutación DC	110VDC
Voltaje máximo de conmutación	Corriente máxima de conmutación
Corriente máxima de conmutación	0.35/0.5A
Voltaje máximo de conmutación AC	220 AC
Corriente de transporte (máx.)	1.5A
Resistencia máxima de contacto	10 Ω
Clasificación de temperatura	0 °C + 80 °C
Material de la bola flotante	Acero inoxidable 316
Material del cuerpo del flotador	Acero inoxidable 304
Diámetro de la rosca	M10
Paso de la rosca	1.5mm
Tamaño de la bola flotante	26 x 26 mm / 1" x 1" (L * D)
Longitud del cable	35cm / 14"
Longitud del cuerpo	75 mm
Color	Tono plateado
Peso neto	74 g
Contenido del paquete	1 juego de interruptor flotante

ITEM	DESCRIPCION
Nombre del producto	Interruptor flotante
NO / NC	Es ajustable y el pin puede quitarse con un alicate
Forma de instalación	En L (A 90 grados)
Clasificación Máxima de contacto	10W
Voltaje máximo de conmutación	100VDC
Voltaje máximo de conmutación	Corriente máxima de conmutación
Corriente máxima de conmutación	0.5A
Voltaje máximo de ruptura	220 VDC
Corriente de transporte (máx.)	1.5A
Resistencia máxima de contacto	100 mΩ
Clasificación de temperatura	0 °C + 80 °C
Material de la bola flotante	Acero inoxidable 316
Material del cuerpo del flotador	Acero inoxidable 304
Diámetro de la rosca	M10
Paso de la rosca	1.5mm
Tamaño de la bola flotante	26 x 26 mm / 1" x 1" (L * D)
Longitud del cable	35cm / 14"
Longitud del cuerpo	122 mm
Color	Tono plateado
Peso neto	57 g
Contenido del paquete	1 juego de interruptor flotante

Interruptor termomagnético

INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS

SERIE NXB 6KA CURVAC

Son los encargados de proteger las instalaciones eléctricas contra sobrecorrientes que pueden poner en riesgo la vida de los equipos eléctricos.

ID	CORRIENTE NOMINAL (A)	UNIPOLAR 1P	MONOFÁSICO 2P	TRIFÁSICO 3P
6KA	2	NXB-63 1P C2	NXB-63 2P C2	NXB-63 3P C2
6KA	4	NXB-63 1P C4	NXB-63 2P C4	NXB-63 3P C4
6KA	6	NXB-63 1P C6	NXB-63 2P C6	NXB-63 3P C6
6KA	10	NXB-63 1P C10	NXB-63 2P C10	NXB-63 3P C10
6KA	16	NXB-63 1P C16	NXB-63 2P C16	NXB-63 3P C16
6KA	20	NXB-63 1P C20	NXB-63 2P C20	NXB-63 3P C20
6KA	25	NXB-63 1P C25	NXB-63 2P C25	NXB-63 3P C25
6KA	32	NXB-63 1P C32	NXB-63 2P C32	NXB-63 3P C32
6KA	40	NXB-63 1P C40	NXB-63 2P C40	NXB-63 3P C40
6KA	50	NXB-63 1P C50	NXB-63 2P C50	NXB-63 3P C50
6KA	63	NXB-63 1P C63	NXB-63 2P C63	NXB-63 3P C63



SERIE NL1 6kA

INTERRUPTOR DIFERENCIAL SÚPER INMUNIZADO 30mA

A-SI. El disparo es asegurado no solo para corrientes residuales AC sino también para corrientes residuales DC cuando es aplicado de forma repentina o incrementado de forma lenta. Un tipo con filtros contra la apertura accidental causada por los armónicos y sobretensiones transitorias.

CORRIENTE NOMINAL (A)	MONOFÁSICO 2P	SENSIBILIDAD	CÓDIGO
25	2 (1+N)	30mA	NLI-63 1PN 25A 30mA A-SI 6kA
40	2 (1+N)	30mA	NLI-63 1PN 40A 30mA A-SI 6kA

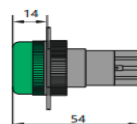


Pilotos

★ Piloto (compacto)

NP2-EV16	Bombilla-Tensión	Modelo	Color
	LED: 6Vca, 12Vca, 24Vca, 36Vca, 48Vca, 110Vca, 230Vca	NP2-EV161	○
		NP2-EV163	●
		NP2-EV164	●
		NP2-EV165	●
		NP2-EV166	●

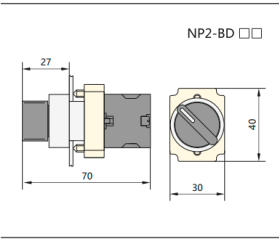
Dimensiones (mm)



Selector de 2 posiciones

NP2-BD (J, G) □□	Metal	Selectores			
	NP2-BD21		1	—	
	NP2-BD22		—	1	
	NP2-BD23		2	—	
	NP2-BD24		—	2	
	NP2-BD25		1	1	
	NP2-BD41		1	—	
	NP2-BD42		—	1	
	NP2-BD43		2	—	
	NP2-BD44		—	2	
	NP2-BD45		1	1	

Dimensiones (mm)



Contadores

CONTACTOR de POTENCIA

SERIE NC1

Se utilizan en aplicaciones industriales de servicio pesado, como componentes de control remoto de motores. Los CONTACTORES CHINT se pueden montar en riel DIN o se ajustan con arillos. Se pueden pedir con una selección de polos, voltajes de bobina y configuraciones de contacto.

BOBINA	BOBINA
Contactor 8A/AC3 3P INA NCL-0810	220 VAC
Contactor 10A/AC3 3P INA NCL-1210	220 VAC
Contactor 16A/AC3 3P INA NCL-1810	220 VAC
Contactor 25A/AC3 3P INA NCL-2510	220 VAC
Contactor 32A/AC3 3P INA NCL-3210	220 VAC
Contactor 40A/AC3 3P INA-INC NCL-4010	220 VAC
Contactor 50A/AC3 3P INA-INC NCL-5010	220 VAC
Contactor 63A/AC3 3P INA-INC NCL-6310	220 VAC
Contactor 80A/AC3 3P INA-INC NCL-8010	220 VAC
Contactor 95A/AC3 3P INA-INC NCL-9510	220 VAC



Descripción:

- LC1D1810M5
- DISCONTINUED BY MANUFACTURER
- CONTACTOR
- 18 AMP
- 3 POLE
- 220 VAC
- 50 HZ
- W1-NO AUX
- FACTORY WARRANTY MAY NOT APPLY. RADWELL 2-YEAR WARRANTY INCLUDED.

Especificaciones

Part #	LC1D1810 M5	Category	Contadores & Starters
Subcategory	Contactor	Weight	0.90 lbs

Relé

RELÉ TÉRMICO

SERIE NR2

Los RELÉS TÉRMICOS de la serie NR2 son aplicables a la protección o distancia de motores contra sobrecargas térmicas.

MODELO	RANGO DE AJUSTE(A)
NR2-25	0.63-1A
NR2-25	1-1.6A
NR2-25	1.6-2.5A
NR2-25	2.5-4A
NR2-25	4-6A
NR2-25	5.5-8A
NR2-25	7-10A
NR2-25	9-13A
NR2-25	12-18A
NR2-25	17-25A
NR2-93	23-32A
NR2-93	30-40A

RELÉ ENCAPSULADO

SERIE JQX

Permite abrir o cerrar un circuito en función de una bobina y un electroimán.

CÓDIGO	PIES	VOLTAJE
JQX-10/EZ AC24V	8	24VAC
JQX-10/EZ DC24V	8	24VDC
JQX-10/EZ 220VAC	8	220VAC
JQX-10F/3Z 220VAC	11	220VAC

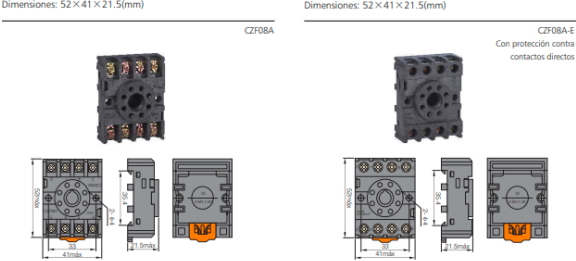
MINI RELAY ENCAPSULADO CON LED

SERIE JZX

Relés miniatura JQX-10F

7. Enchufables
Bases de conexión para JQX-10F/ZZ
Dimensiones: 52×41×21.5(mm)

Base para relés

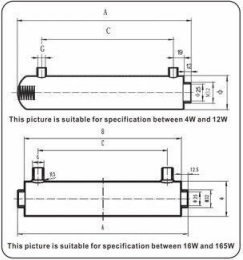


Esterilizador de agua con luz ultravioleta

HiDROTEK UV Lamps
HiDROTEK UV Lamps(Made in China)



GPM		Specification		Dimension(mm)						Quantity of UV Lamp		
		A	B	C	G	φ	Quartz Sleeve	UV LAMP				
0.25G	4W	236		164	1/4"	2"	230	215	1			
0.5G	6W									1		
1G	12W			227						1		
2G	16W		330	305					260	1		
26	66	25W	550	525	1/2"	2.5"	580	565	1			
86	106	30W	869	844			794	900	885	1		
106	126	35W					3/4"	940	925	1		
126	246	55W								1		
246	366	110W	910	885	835	1"				5"	2	
366	486	165W									3	
486	966	220W					4					
966		440W					8					



Detalles del producto

N.º de modelo: UV-12W

El esterilizador Hidrotek UV es una forma confiable, económica y libre de químicos para proteger el agua potable en cualquier aplicación residencial.

Características:

ESTERILIZADOR UV MEJORA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN EL HOGAR

El esterilizador de agua UV aprovecha el poder germicida de la luz UV de onda corta, específicamente en la longitud de onda de 254 nm, para dañar el ADN de las células y los virus. La aplicación de luz ultravioleta en esta longitud de onda específica al agua hace que los microorganismos sean estériles, desinfectando así el agua.

TRATAMIENTO DE AGUA SIN QUÍMICOS

Como técnica de tratamiento del agua, se sabe que los rayos UV son un desinfectante eficaz debido a su fuerte capacidad germicida (inactivante). El esterilizador UV de agua de 12v puede ser eficaz contra protozoos como los quistes de Giardia lamblia o los ooquistes de Cryptosporidium.

ECONÓMICO Y EFICAZ

Hacer el agua más segura con una mejor tecnología UV

El esterilizador UV 1GPM es la solución segura y confiable para desinfectar agua potable, aguas residuales, agua de reutilización y agua de lluvia, y solo mejora con los avances continuos en la tecnología.

FÁCIL INSTALACIÓN

La instalación le llevaría menos tiempo debido al diseño compacto y los componentes simples.

Accesorios de conexión rápida para RO

RO Quick Fittings

	<table><tr><th colspan="2">FASTENER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th></tr><tr><td>DCC-001A</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-001B</td><td>3/8</td></tr></table>	FASTENER		PART-NO.	TUBE O.D	DCC-001A	1/4	DCC-001B	3/8		<table><tr><th colspan="2">RO Tube-1</th></tr><tr><td colspan="2">1/4"</td></tr></table>	RO Tube-1		1/4"			<table><tr><th colspan="2">RO Tube-2</th></tr><tr><td colspan="2">3/8"</td></tr></table>	RO Tube-2		3/8"																																																	
FASTENER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D																																																																				
DCC-001A	1/4																																																																				
DCC-001B	3/8																																																																				
RO Tube-1																																																																					
1/4"																																																																					
RO Tube-2																																																																					
3/8"																																																																					
	<table><tr><th colspan="2">QUICK ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th></tr><tr><td>DCC-001-1</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-001-2</td><td>3/8</td></tr></table>	QUICK ADAPTER		PART-NO.	TUBE O.D	DCC-001-1	1/4	DCC-001-2	3/8		<table><tr><th colspan="4">"T" UNION TEE ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREAD</th><th>TUBE O.D</th></tr><tr><td>DCC-009A</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-009B</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td>3/8</td></tr><tr><td>DCC-009C</td><td>1/4</td><td>3/8</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-009D</td><td>1/4</td><td>3/8</td><td>3/8</td></tr><tr><td>DCC-009E</td><td>3/8</td><td>3/8</td><td>3/8</td></tr></table>	"T" UNION TEE ADAPTER				PART-NO.	TUBE O.D	THREAD	TUBE O.D	DCC-009A	1/4	1/4	1/4	DCC-009B	1/4	1/4	3/8	DCC-009C	1/4	3/8	1/4	DCC-009D	1/4	3/8	3/8	DCC-009E	3/8	3/8	3/8		<table><tr><th colspan="3">"L" ELBOW FEMALE ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREA</th></tr><tr><td>DCC-018</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr></table>	"L" ELBOW FEMALE ADAPTER			PART-NO.	TUBE O.D	THREA	DCC-018	1/4	1/4																			
QUICK ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D																																																																				
DCC-001-1	1/4																																																																				
DCC-001-2	3/8																																																																				
"T" UNION TEE ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREAD	TUBE O.D																																																																		
DCC-009A	1/4	1/4	1/4																																																																		
DCC-009B	1/4	1/4	3/8																																																																		
DCC-009C	1/4	3/8	1/4																																																																		
DCC-009D	1/4	3/8	3/8																																																																		
DCC-009E	3/8	3/8	3/8																																																																		
"L" ELBOW FEMALE ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREA																																																																			
DCC-018	1/4	1/4																																																																			
	<table><tr><th colspan="3">"L" MALE ELBOW ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREAD</th></tr><tr><td>DCC-002A</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-002B</td><td>1/4</td><td>1/2</td></tr><tr><td>DCC-002C</td><td>3/8</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-002D</td><td>3/8</td><td>3/8</td></tr><tr><td>DCC-002E</td><td>3/8</td><td>1/2</td></tr></table>	"L" MALE ELBOW ADAPTER			PART-NO.	TUBE O.D	THREAD	DCC-002A	1/4	1/4	DCC-002B	1/4	1/2	DCC-002C	3/8	1/4	DCC-002D	3/8	3/8	DCC-002E	3/8	1/2		<table><tr><th colspan="4">"T" STEM/PING IN TEE ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>TUBE O.D</th><th>STEM O.D</th></tr><tr><td>DCC-010A</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-010D</td><td>3/8</td><td>3/8</td><td>3/8</td></tr></table>	"T" STEM/PING IN TEE ADAPTER				PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	STEM O.D	DCC-010A	1/4	1/4	1/4	DCC-010D	3/8	3/8	3/8		<table><tr><th colspan="3">STRAIGHT FEMALE ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREA</th></tr><tr><td>DCC-019A</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-019B</td><td>3/8</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-019C</td><td>3/8</td><td>3/8</td></tr><tr><td>DCC-019D</td><td>1/4</td><td>7/16-24</td></tr><tr><td>DCC-019E</td><td>1/4</td><td>1/2</td></tr><tr><td>DCC-019F</td><td>3/8</td><td>1/2</td></tr></table>	STRAIGHT FEMALE ADAPTER			PART-NO.	TUBE O.D	THREA	DCC-019A	1/4	1/4	DCC-019B	3/8	1/4	DCC-019C	3/8	3/8	DCC-019D	1/4	7/16-24	DCC-019E	1/4	1/2	DCC-019F	3/8	1/2			
"L" MALE ELBOW ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREAD																																																																			
DCC-002A	1/4	1/4																																																																			
DCC-002B	1/4	1/2																																																																			
DCC-002C	3/8	1/4																																																																			
DCC-002D	3/8	3/8																																																																			
DCC-002E	3/8	1/2																																																																			
"T" STEM/PING IN TEE ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	STEM O.D																																																																		
DCC-010A	1/4	1/4	1/4																																																																		
DCC-010D	3/8	3/8	3/8																																																																		
STRAIGHT FEMALE ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREA																																																																			
DCC-019A	1/4	1/4																																																																			
DCC-019B	3/8	1/4																																																																			
DCC-019C	3/8	3/8																																																																			
DCC-019D	1/4	7/16-24																																																																			
DCC-019E	1/4	1/2																																																																			
DCC-019F	3/8	1/2																																																																			
	<table><tr><th colspan="4">"L" STEM/PING IN ELBOW ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>STEM O.D</th><th></th></tr><tr><td>DCC-003A</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td></td></tr><tr><td>DCC-003B</td><td>1/4</td><td>3/8</td><td></td></tr><tr><td>DCC-003C</td><td>3/8</td><td>1/4</td><td></td></tr><tr><td>DCC-003D</td><td>3/8</td><td>3/8</td><td></td></tr></table>	"L" STEM/PING IN ELBOW ADAPTER				PART-NO.	TUBE O.D	STEM O.D		DCC-003A	1/4	1/4		DCC-003B	1/4	3/8		DCC-003C	3/8	1/4		DCC-003D	3/8	3/8			<table><tr><th colspan="3">"M" MALE STRAIGHT ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREAD</th></tr><tr><td>DCC-011A</td><td>1/4</td><td>1/8</td></tr></table>	"M" MALE STRAIGHT ADAPTER			PART-NO.	TUBE O.D	THREAD	DCC-011A	1/4	1/8		<table><tr><th colspan="3">"L" CHECK VALVES ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREA</th></tr><tr><td>DCC-020A</td><td>1/4</td><td>1/8</td></tr><tr><td>DCC-020B</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr></table>	"L" CHECK VALVES ADAPTER			PART-NO.	TUBE O.D	THREA	DCC-020A	1/4	1/8	DCC-020B	1/4	1/4																			
"L" STEM/PING IN ELBOW ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	STEM O.D																																																																			
DCC-003A	1/4	1/4																																																																			
DCC-003B	1/4	3/8																																																																			
DCC-003C	3/8	1/4																																																																			
DCC-003D	3/8	3/8																																																																			
"M" MALE STRAIGHT ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREAD																																																																			
DCC-011A	1/4	1/8																																																																			
"L" CHECK VALVES ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREA																																																																			
DCC-020A	1/4	1/8																																																																			
DCC-020B	1/4	1/4																																																																			
	<table><tr><th colspan="4">"L" SHAPED TWO OPEN BENDER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>TUBE O.D</th><th></th></tr><tr><td>DCC-004A</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td></td></tr><tr><td>DCC-004B</td><td>1/4</td><td>3/8</td><td></td></tr><tr><td>DCC-004C</td><td>3/8</td><td>3/8</td><td></td></tr></table>	"L" SHAPED TWO OPEN BENDER				PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D		DCC-004A	1/4	1/4		DCC-004B	1/4	3/8		DCC-004C	3/8	3/8			<table><tr><th colspan="4">"M" MALE STRAIGHT ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREAD</th><th></th></tr><tr><td>DCC-012A</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td></td></tr><tr><td>DCC-012B</td><td>1/4</td><td>3/8</td><td></td></tr><tr><td>DCC-012C</td><td>3/8</td><td>3/8</td><td></td></tr><tr><td>DCC-012D</td><td>3/8</td><td>1/4</td><td></td></tr><tr><td>DCC-012E</td><td>1/4</td><td>1/2</td><td></td></tr><tr><td>DCC-012F</td><td>3/8</td><td>1/2</td><td></td></tr></table>	"M" MALE STRAIGHT ADAPTER				PART-NO.	TUBE O.D	THREAD		DCC-012A	1/4	1/4		DCC-012B	1/4	3/8		DCC-012C	3/8	3/8		DCC-012D	3/8	1/4		DCC-012E	1/4	1/2		DCC-012F	3/8	1/2			<table><tr><th colspan="3">NPT90° BALL VALVE</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREA</th></tr><tr><td>DCC-024A</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-024B</td><td>3/8</td><td>1/4</td></tr></table>	NPT90° BALL VALVE			PART-NO.	TUBE O.D	THREA	DCC-024A	1/4	1/4	DCC-024B	3/8	1/4
"L" SHAPED TWO OPEN BENDER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D																																																																			
DCC-004A	1/4	1/4																																																																			
DCC-004B	1/4	3/8																																																																			
DCC-004C	3/8	3/8																																																																			
"M" MALE STRAIGHT ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREAD																																																																			
DCC-012A	1/4	1/4																																																																			
DCC-012B	1/4	3/8																																																																			
DCC-012C	3/8	3/8																																																																			
DCC-012D	3/8	1/4																																																																			
DCC-012E	1/4	1/2																																																																			
DCC-012F	3/8	1/2																																																																			
NPT90° BALL VALVE																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREA																																																																			
DCC-024A	1/4	1/4																																																																			
DCC-024B	3/8	1/4																																																																			
	<table><tr><th colspan="3">"L" MALE ELBOW ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREAD</th></tr><tr><td>DCC-005A</td><td>1/4</td><td>3/8</td></tr></table>	"L" MALE ELBOW ADAPTER			PART-NO.	TUBE O.D	THREAD	DCC-005A	1/4	3/8		<table><tr><th colspan="3">"L" MALE ELBOW ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREAD</th></tr><tr><td>DCC-013A</td><td>1/4</td><td>1/8</td></tr><tr><td>DCC-013B</td><td>3/8</td><td>1/8</td></tr></table>	"L" MALE ELBOW ADAPTER			PART-NO.	TUBE O.D	THREAD	DCC-013A	1/4	1/8	DCC-013B	3/8	1/8		<table><tr><th colspan="3">HAND VALVE</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREA</th></tr><tr><td>DCC-025A</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-025B</td><td>3/8</td><td>3/8</td></tr></table>	HAND VALVE			PART-NO.	TUBE O.D	THREA	DCC-025A	1/4	1/4	DCC-025B	3/8	3/8																															
"L" MALE ELBOW ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREAD																																																																			
DCC-005A	1/4	3/8																																																																			
"L" MALE ELBOW ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREAD																																																																			
DCC-013A	1/4	1/8																																																																			
DCC-013B	3/8	1/8																																																																			
HAND VALVE																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREA																																																																			
DCC-025A	1/4	1/4																																																																			
DCC-025B	3/8	3/8																																																																			
	<table><tr><th colspan="4">"S" SHAPED TWO OPEN CONNECT</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>TUBE O.D</th><th></th></tr><tr><td>DCC-006A</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td></td></tr><tr><td>DCC-006B</td><td>1/4</td><td>3/8</td><td></td></tr><tr><td>DCC-006C</td><td>3/8</td><td>3/8</td><td></td></tr></table>	"S" SHAPED TWO OPEN CONNECT				PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D		DCC-006A	1/4	1/4		DCC-006B	1/4	3/8		DCC-006C	3/8	3/8			<table><tr><th colspan="4">BULK HEAD ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>TUBE O.D</th><th>THREAD</th></tr><tr><td>DCC-014A</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td>ø16.5mm</td></tr><tr><td>DCC-014B</td><td>1/4</td><td>3/8</td><td>ø20mm</td></tr><tr><td>DCC-014C</td><td>3/8</td><td>3/8</td><td>ø20mm</td></tr></table>	BULK HEAD ADAPTER				PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	THREAD	DCC-014A	1/4	1/4	ø16.5mm	DCC-014B	1/4	3/8	ø20mm	DCC-014C	3/8	3/8	ø20mm		<table><tr><th colspan="3">SHUT-OFF</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>PRESSURE DIFFERENCE</th></tr><tr><td>DCC-021</td><td>1/4x4</td><td>3kg±0.2</td></tr></table>	SHUT-OFF			PART-NO.	TUBE O.D	PRESSURE DIFFERENCE	DCC-021	1/4x4	3kg±0.2															
"S" SHAPED TWO OPEN CONNECT																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D																																																																			
DCC-006A	1/4	1/4																																																																			
DCC-006B	1/4	3/8																																																																			
DCC-006C	3/8	3/8																																																																			
BULK HEAD ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	THREAD																																																																		
DCC-014A	1/4	1/4	ø16.5mm																																																																		
DCC-014B	1/4	3/8	ø20mm																																																																		
DCC-014C	3/8	3/8	ø20mm																																																																		
SHUT-OFF																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	PRESSURE DIFFERENCE																																																																			
DCC-021	1/4x4	3kg±0.2																																																																			
	<table><tr><th colspan="4">"T" MALE TEE ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREAD</th><th>TUBE O.D</th></tr><tr><td>DCC-007A</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-007B</td><td>1/4</td><td>3/8</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-007D</td><td>1/4</td><td>3/8</td><td>3/8</td></tr><tr><td>DCC-007E</td><td>3/8</td><td>3/8</td><td>3/8</td></tr></table>	"T" MALE TEE ADAPTER				PART-NO.	TUBE O.D	THREAD	TUBE O.D	DCC-007A	1/4	1/4	1/4	DCC-007B	1/4	3/8	1/4	DCC-007D	1/4	3/8	3/8	DCC-007E	3/8	3/8	3/8		<table><tr><th colspan="3">LENGTHEN ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREAD</th></tr><tr><td>DCC-015BB</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr></table>	LENGTHEN ADAPTER			PART-NO.	TUBE O.D	THREAD	DCC-015BB	1/4	1/4		<table><tr><th colspan="4">HIGH PRESSURE</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>TUBE O.D</th><th>Maximum rated working pressure</th></tr><tr><td>DCC-023</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td>2.0kg±4.5</td></tr></table>	HIGH PRESSURE				PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	Maximum rated working pressure	DCC-023	1/4	1/4	2.0kg±4.5																			
"T" MALE TEE ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREAD	TUBE O.D																																																																		
DCC-007A	1/4	1/4	1/4																																																																		
DCC-007B	1/4	3/8	1/4																																																																		
DCC-007D	1/4	3/8	3/8																																																																		
DCC-007E	3/8	3/8	3/8																																																																		
LENGTHEN ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREAD																																																																			
DCC-015BB	1/4	1/4																																																																			
HIGH PRESSURE																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	Maximum rated working pressure																																																																		
DCC-023	1/4	1/4	2.0kg±4.5																																																																		
	<table><tr><th colspan="4">"T" MALE TEE ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>TUBE O.D</th><th>THREAD</th></tr><tr><td>DCC-008A</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-008C</td><td>1/4</td><td>3/8</td><td>3/8</td></tr><tr><td>DCC-008E</td><td>3/8</td><td>3/8</td><td>3/8</td></tr><tr><td>DCC-008G</td><td>3/8</td><td>3/8</td><td>1/4</td></tr></table>	"T" MALE TEE ADAPTER				PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	THREAD	DCC-008A	1/4	1/4	1/4	DCC-008C	1/4	3/8	3/8	DCC-008E	3/8	3/8	3/8	DCC-008G	3/8	3/8	1/4		<table><tr><th colspan="5">"T" STEM/PING IN TEE ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>TUBE O.D</th><th>STEM O.D</th><th></th></tr><tr><td>DCC-028A</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td></td></tr><tr><td>DCC-028D</td><td>3/8</td><td>3/8</td><td>3/8</td><td></td></tr></table>	"T" STEM/PING IN TEE ADAPTER					PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	STEM O.D		DCC-028A	1/4	1/4	1/4		DCC-028D	3/8	3/8	3/8			<table><tr><th colspan="4">LOW PRESSURE</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>TUBE O.D</th><th>Start to pressure</th></tr><tr><td>DCC-022</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td>≥0.3kg</td></tr></table>	LOW PRESSURE				PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	Start to pressure	DCC-022	1/4	1/4	≥0.3kg								
"T" MALE TEE ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	THREAD																																																																		
DCC-008A	1/4	1/4	1/4																																																																		
DCC-008C	1/4	3/8	3/8																																																																		
DCC-008E	3/8	3/8	3/8																																																																		
DCC-008G	3/8	3/8	1/4																																																																		
"T" STEM/PING IN TEE ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	STEM O.D																																																																		
DCC-028A	1/4	1/4	1/4																																																																		
DCC-028D	3/8	3/8	3/8																																																																		
LOW PRESSURE																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	Start to pressure																																																																		
DCC-022	1/4	1/4	≥0.3kg																																																																		
			<table><tr><th colspan="4">"Y" TWO WAY SPLITTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>TUBE O.D</th><th>TUBE O.D</th></tr><tr><td>DCC-017A</td><td>1/4</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-017B</td><td>3/8</td><td>3/8</td><td>3/8</td></tr></table>	"Y" TWO WAY SPLITTER				PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	TUBE O.D	DCC-017A	1/4	1/4	1/4	DCC-017B	3/8	3/8	3/8		<table><tr><th colspan="3">STRAIGHT FEMALE ADAPTER</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>TUBE O.D</th></tr><tr><td>DCC-020Y</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr></table>	STRAIGHT FEMALE ADAPTER			PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	DCC-020Y	1/4	1/4																																							
"Y" TWO WAY SPLITTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D	TUBE O.D																																																																		
DCC-017A	1/4	1/4	1/4																																																																		
DCC-017B	3/8	3/8	3/8																																																																		
STRAIGHT FEMALE ADAPTER																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	TUBE O.D																																																																			
DCC-020Y	1/4	1/4																																																																			
					<table><tr><th colspan="3">HAND VALVE</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREA</th></tr><tr><td>DCC-029A</td><td>1/4</td><td>1/4</td></tr><tr><td>DCC-029B</td><td>3/8</td><td>3/8</td></tr></table>	HAND VALVE			PART-NO.	TUBE O.D	THREA	DCC-029A	1/4	1/4	DCC-029B	3/8	3/8																																																				
HAND VALVE																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREA																																																																			
DCC-029A	1/4	1/4																																																																			
DCC-029B	3/8	3/8																																																																			
					<table><tr><th colspan="3">RESTRICTOR</th></tr><tr><th>PART-NO.</th><th>TUBE O.D</th><th>THREA</th></tr><tr><td>DCC-16Q</td><td>1/4</td><td>ø40mm</td></tr></table>	RESTRICTOR			PART-NO.	TUBE O.D	THREA	DCC-16Q	1/4	ø40mm																																																							
RESTRICTOR																																																																					
PART-NO.	TUBE O.D	THREA																																																																			
DCC-16Q	1/4	ø40mm																																																																			

Filtros de agua

Filtro de sedimentos		
Marca	Hidrotek	
Modelo	PP-33	
Filtro de sedimentos	5 micras	
Filtra hasta	2000 G	
Conexión	¼” O.D. Quick Connect	
Retiene todo tipo de sedimentos disueltos en el agua como: arenilla, pelos , oxido etc.		
Filtro de carbón activado		
Marca	Hidrotek	
Modelo	T33 33	
Filtra hasta	2500 G	
Conexión	¼” O.D. Quick Connect	
Filtro de carbón activado cascara de coco post membrana.		
Filtro de carbón activado		
Marca	Genérico	 Función: eliminar completamente el mal olor en el agua y mantener el agua fresca. Y con la estructura compuesta de PP y carbón activo, puede evitar que la impurezas filtradas fluyan al agua del producto.
Modelo	GAC	
Conexión	¼” O.D. Quick Connect	
Diámetro	62 mm	
Longitud	325 mm	
Tamaño	11”	
Velocidad de flujo	1.0 GPM	
Presión nominal	120 PSI	
Presión de explosión	500 PSI	
Volumen total de agua	6000 – 8000 L	
Material de la carcasa	Polipropileno fundido	
Elemento filtrante	Carbón activo de cascara de albaricoque	
Vida útil	6 meses (depende de la calidad del recurso hídrico)	
Precisión	5 micras	
Filtro mineralizador con balanceador de PH		
Marca	Lanlang	El filtro Lanlang ® FALK+ es un cartucho en línea para sistemas de ósmosis inversa con varios medios de carbón de cáscara de coco y Minecera® Bio Ceramics certificados por NSF. El filtro ALK+ es capaz de aumentar el valor de pH después del sistema de RO hasta 8,5~9,5 y reducir el valor de ORP alcanzado a -150mV ~ -300mV, lo que también puede mejorar el olor y el sabor. El filtro FALK+ reemplaza los minerales perdidos como el calcio ionizado, magnesio, sodio y potasio del proceso de RO y restaura estos minerales nuevamente en el agua pura. Normalmente se instala con sistemas de RO para complementar su calidad de filtración absoluta.
Modelo	FALK+	
Conexión	¼” O.D. Quick Connect	
Tasa de flujo de servicio	0.5 – 1.0 lpm	
Capacidad	8000 litros	
ORP Potencial Redox (mV)	↓-150 ~ -300	
Valor de PH	↑8.5 ~ 9.5+	
TDS Total de Solidos Disueltos (ppm)	↑40 ~ 60	
		
Filtro de ultrafiltración		
Marca	Genérico	
Modelo	UF	
Tipo de filtro	Membrana de ultrafiltración	
Micrones	0.1 micrones	

Conexión	¼" O.D. Quick Connect	 Elimina contaminantes del agua, como los microorganismos transmitidos por el agua y productos químicos orgánicos nocivos, etc.
Caudal	0.5 GPM	
Tiempo de vida	10 000 l o 12 meses según recurso hídrico	
Material de la carcasa	Polipropileno	
Elemento de filtración	Membrana de polisulfona	

Panel solar



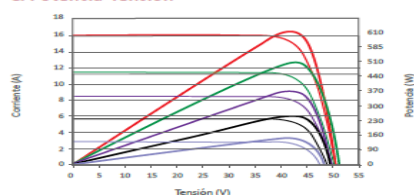
Datos Eléctricos

EM610-TH

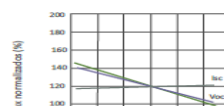
Tipo de módulo	610M TH Mono	
	STC2	NMOT3
Máxima potencia (P _{max})	610Wp	461,16Wp
Corriente de potencia máxima (I _{mp})	15,34A	12,27A
Voltaje de potencia máxima (V _{mp})	39,77V	37,58V
Corriente de cortocircuito (I _{sc})	16,05A	12,76A
Voltaje de circuito abierto (V _{oc})	48,10V	45,21V
Eficiencia del módulo (%)	22,60%	
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C~+85 °C	
Voltaje máximo del sistema	1500V CC	
Máxima capacidad del fusible en serie	25A	
Coefficiente de temperatura (P _{max})	-0,30%/ °C	
Coefficiente de temperatura (V _{oc})	-0,24%/ °C	
Coefficiente de temperatura (I _{sc})	0,043%/ °C	
Temperatura nominal de la célula (TONC)	45±2 °C	

(1) Tolerancias de medición: P_{max} (± 3%) - Tipo de módulo Q/+5W
 (2) STC (Condiciones Estándar de Prueba): Irradiación 1000W/m², Temperatura de la célula 25°C, AM1.5
 (3) NMOT (Temperatura Nominal de Operación del Módulo): Irradiación 800W/m², Temperatura ambiente 20°C, AM1.5 y viento de 1m/s.

Curvas de Corriente-Tensión & Potencia-Tensión



Temperatura dependiente de I_{sc}, V_{oc}, P_{max}



Batería

BATERÍA DE GEL 12V 300 AH

BATERÍA SERIE GEL

Las baterías de la serie GEL incorporan la nueva tecnología CCOR de placa estampada en laminación continua, que permite soportar aplicaciones cíclicas de carga y descarga profundas.

Las baterías utilizan gel de sílice coloidal que inmoviliza el electrolito y elimina la estratificación, diseñadas para una vida útil en flotación de 15 años a 20°C.

Cumple con los estándares IEC, BS, JIS y Eurobat.



APLICACIÓN

- Sistema de energía de emergencia.
- Equipos de comunicación.
- Sistemas de telecomunicaciones.
- Fuentes de alimentación ininterrumpida.
- Sillas de ruedas eléctricas.
- Juguetes, coches y motos eléctricas.
- Herramientas eléctricas.
- Camros de golf y buggies.
- Equipo marino.
- Equipo médico.
- Sistema de energía solar y eólica.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Sellado de seguridad.
- Tecnología antibaterías.
- Alta densidad de potencia.
- Excelente recuperación de descarga profunda.
- Placas gruesas y materiales altamente activos.
- Mayor vida útil y diseño de baja autodescarga.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MODELO DE BATERÍA	Voltaje nominal Capacidad nominal (100 Horas)		12 V 300 Ah	
	Celdas por batería		6	
DIMENSIONES	Longitud	Ancho	Altura	Altura total
	520 mm	268 mm	220 mm	225 mm
PESO APROXIMADO	67 kg ± 3%			
CAPACIDAD @ 25°C	10 horas	5 horas	3 horas	1 hora
	250 Ah	219 Ah	199 Ah	162 Ah
CORRIENTE DE DESCARGA MÁXIMA	2500 A (5 seg.)			
CORRIENTE DE CARGA MÁXIMA	75 A			
RESISTENCIA INTERNA	Cargado por completo a 25°C: Aproximadamente 2,0 mΩ			
CAPACIDAD VS TEMPERATURA	40°C	25°C	0°C	-15°C
	102%	100%	85%	65%
AUTODESCARGA @ 25°C	Después de 3 meses en almacenamiento		Tras 6 meses	Tras 12 meses
	91%		82%	64%
MÉTODO DE CARGA @ 25°C	Rango de Tensión de Carga uso en Ciclos (Bulk)		Rango de Tensión de Carga uso en Flotación (Float)	
	14,30 - 14,60 V		13,60 - 13,80 V	

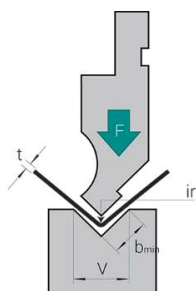
Inversor

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MINO-I
Inversor Cargador

ENTRADA	
Topología red CA	L+N+PE
Tensión nominal de entrada	220/230/240VAC
Rango de tensión	90-280VAC $\pm$ 3V (Modo APL) 170-280VAC $\pm$ 3V (Modo UPS)
Rango de frecuencia	50Hz/ 60Hz (Adaptable)
SALIDA	
Capacidad nominal	5500W
Tensión de salida	220/230/240VAC $\pm$ 5%
Frecuencia de salida	50/60Hz $\pm$ 0,1%
Forma de onda	Onda sinoidal pura
Tiempo de transferencia (ajustable)	Ordenadores (Modo UPS) 10ms, Electrodomésticos (Modo APL) 20ms
Pico de potencia	11000VA
Capacidad de sobrecarga	Modo batería: 21 @105%-150% de carga 11s @150%-200% de carga 400ms @ >200% de carga
Eficiencia máxima (modo batería)	>94%
BATERÍA	
Rango de tensión de la batería	42-61Vdc
Tensión de carga (configurable)	48-61Vdc
Tensión de carga en Flotación (configurable)	48-61Vdc
CARGADORES	
Modo de carga FV	MPPT
Max. Potencia de entrada FV	5500W
Rango óptimo entrada MPPT	300~400Vdc
Rango admitido entrada MPPT	120-500Vdc
Máx. Corriente de carga FV	100A
Máx. Corriente de carga CA	60A
Máx. Corriente de carga	100A
INTERFAZ DE COMUNICACIÓN	
RS232	5 pines/ distancia 2,54mm, baud rate 2400
Puerto de comunicación	Batería de litio Tarjeta de comunicación BMS, WiFi Card, Contacto seco
Interfaz de conexión en paralelo	Opcional
PARÁMETROS DEL ENTORNO	
Temperatura de funcionamiento	-10~50°C
Humedad	20%~95% (sin condensación)
Temperatura de almacenamiento	-15~60°C
Altitud recomendada	No superior a 1000m. Reducción de potencia entre 1000-4000m. (consulte IEC62040)
Ruido	$\leq$ 50db
DATOS GENERALES	
Pantalla LCD	Muestra el modo de funcionamiento/cargas/entradas/salidas, etc.
Dimensiones (mm)	31,5x47x12,5

Anexo 17 Cartas de Plegado para Chapas de Acero



- t – Espesor del material
- F – Tonelaje por 1 metro
- ir – radio interior
- b – longitud mínima de brida
- V – ancho de V

Air bending force chart

Stainless steel

Die opening V		4	6	7	8	10	12	14	16	18	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
Minimum flange length b_{min}		2.8	4	5	5.5	7	8.5	10	11	13.5	14	17.5	22	28	35	45	55	71	89	113	140	175
Bending radius ir		0.7	1.0	1.1	1.3	1.6	2.0	2.3	2.6	3.0	3.3	4.0	5.0	6.5	8.0	10	13	16	20	26	33	41
Thickness (t) →	0.5 mm	60	50																			
	0.6 mm	90	60	60	60																	
	0.7 mm	120	80	80	60	60																
	0.8 mm		110	110	80	70																
	0.9 mm		130	120	100	80	70															
	1.0 mm		170	150	120	110	80															
	1.2 mm			210	180	150	120	110	90													
	1.5 mm						200	170	150	130	120											
	2.0 mm						330	290	260	230	200	170										
	2.5 mm								390	350	300	250	190									
	3.0 mm									510	450	360	290	230								
	4.0 mm											650	510	410	320	260						
	5.0 mm												780	630	500	390	320					
	6.0 mm													900	720	570	450	360				
	8.0 mm															1020	810	650	510			
	10 mm																1280	1010	800	630		
	12 mm																	1440	1170	900	830	
	15 mm																		1800	1410	1140	
	20 mm																			2500	2080	1670
	25 mm																				3150	2550
	30 mm																					3600

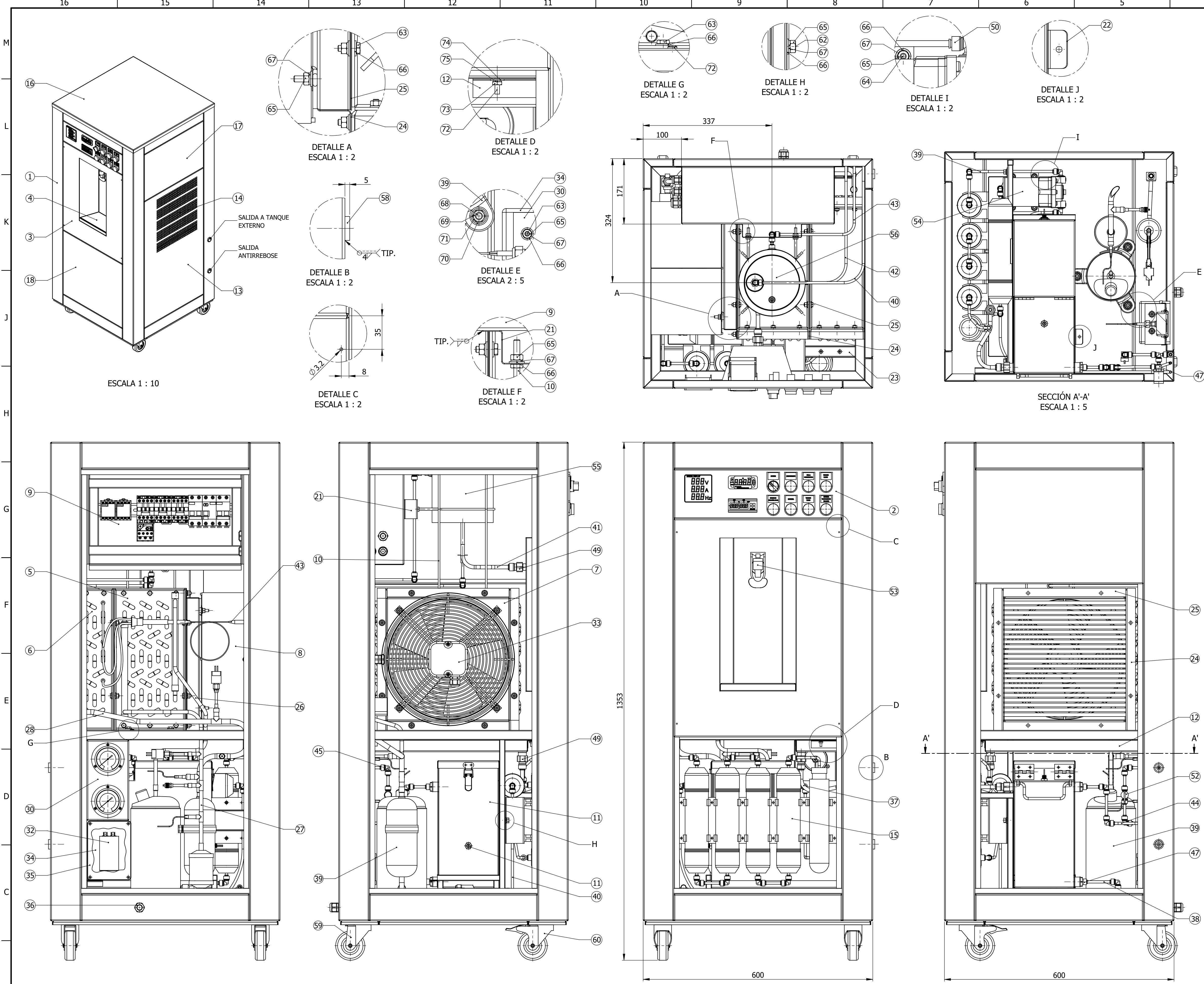
Air bending force chart for stainless steel ($R_m \approx 700 \text{ N/mm}^2$)

www.machinemfg.com

PLANOS

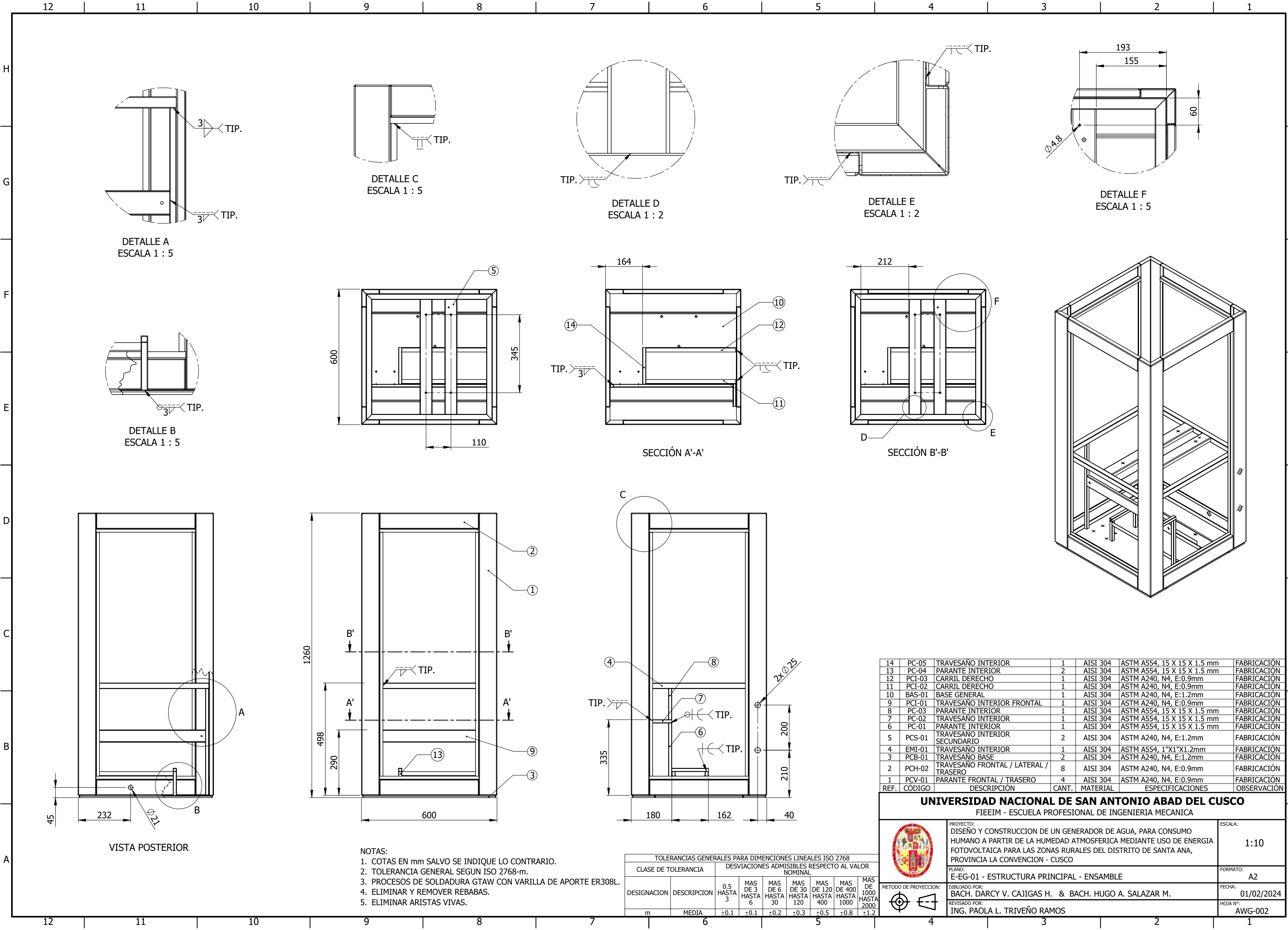
Índice de Planos

Hoja	Descripción
AWG-001	Ensamble general - Generador de agua atmosférico
AWG-002	Estructura principal - Ensamble
AWG-003	Estructura principal – Despiece
AWG-004	Evaporador - Ensamble
AWG-005	Evaporador - Despiece
AWG-006	Condensador - Ensamble
AWG-007	Condensador - Despiece
AWG-008	Soporte del ventilador - Ensamble
AWG-009	Soporte del ventilador - Despiece
AWG-010	Ducto de salida de aire - Ensamble
AWG-011	Ducto de salida de aire - Despiece
AWG-012	Bandeja de recolección de condensados - Ensamble
AWG-013	Bandeja de recolección de condensados - Despiece
AWG-014	Tanque de almacenamiento de agua – Ensamble
AWG-015	Tanque de almacenamiento de agua - Despiece
AWG-016	Soporte del tanque dispensador – Ensamble
AWG-017	Soporte del tanque dispensador - Despiece
AWG-018	Filtro de aire - Ensamble
AWG-019	Filtro de aire – Despiece
AWG-020	Panel rejilla – Ensamble
AWG-021	Panel rejilla – Despiece
AWG-022	Panel dispensador de agua - Ensamble
AWG-023	Panel dispensador de agua - Despiece
AWG-024	Sistema de refrigeración
AWG-025	Sistema de tratamiento de agua
AWG-026	Piezas del sistema de tratamiento de agua
AWG-027	Caja eléctrica equipada - Ensamble
AWG-028	Caja eléctrica - Despiece
AWG-029	Panel de control equipado – Ensamble
AWG-030	Chapa del panel de mando
AWG-031	Bandeja de goteo del dispensador – Ensamble
AWG-032	Bandeja de goteo del dispensador - Despiece
AWG-033	Piezas del ensamble general
AWG-034	Coberturas exteriores
AWG-035	Tanque de almacenamiento externo - Ensamble
AWG-036	Tanque de almacenamiento externo -Despiece
AWG-037	Emplazamiento del generador de agua y tanque externo
AWG-038	Circuito eléctrico
PF-01	Plano de instalación fotovoltaica
PF-02	Diagrama unifilar



CODIGO	PLANO Nº	CODIGO	PLANO Nº	CODIGO	PLANO Nº	CODIGO	PLANO Nº	CODIGO	PLANO Nº	TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENCIONES LINEALES ISO 2768	NOTAS:	ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES:
E-EG-01	AWG-002	E-STD-01	AWG-016	E-SF-01	AWG-025	PEG-01	AWG-33	COV-05	AWG-34	CLASE DE TOLERANCIA	DESIGNACION DESCRIPCION	RENDIMIENTO MINIMO (CONDICIONES CRITICAS)
E-EV-01	AWG-004	E-FA-01	AWG-018	E-LR-02	AWG-024	PEG-02	AWG-33	--	--	DESIGNACION DESCRIPCION	1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.	1 l/h (30°C, HR 35%)
E-CO-01	AWG-006	E-PR-01	AWG-020	E-LR-03	AWG-024	PEG-03	AWG-33	--	--	DESIGNACION DESCRIPCION	2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.	2 l/h (20°C, HR 75%)
E-SV-01	AWG-008	E-DA-01	AWG-022	E-LR-04	AWG-024	COV-01	AWG-34	--	--	DESIGNACION DESCRIPCION	3. PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APORTE ER308L.	1365 W
E-DSA-01	AWG-010	E-CE-01	AWG-027	E-LR-05	AWG-024	COV-02	AWG-34	--	--	DESIGNACION DESCRIPCION	4. COVERTURAS FIJADAS CON TORNILLO AUTORROSCANTE 8 X 1", ANSI B18.5.1, CALIDAD AISI 304.	220 VAC / 60Hz / 1 PH
E-BGC-01	AWG-012	E-PC-01	AWG-029	--	--	COV-03	AWG-34	--	--	DESIGNACION DESCRIPCION	5. SIN ACABADO SUPERFICIAL.	REFRIGERANTE / CANTIDAD
E-TA-01	AWG-014	E-BG-01	AWG-031	--	--	COV-04	AWG-34	--	--	DESIGNACION DESCRIPCION	6. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.	R404A / 1.2 kg
										DESIGNACION DESCRIPCION	7. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.	PESO (SIN FLUIDOS)
										DESIGNACION DESCRIPCION		150 kg
										DESIGNACION DESCRIPCION		PESO (CON FLUIDOS)
										DESIGNACION DESCRIPCION		150 kg

REF.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIÓN
75	APA2-0.188	ARANDELA DE PRESION 3/16"	5	AISI 304	ASME/ANSI B18.21.1	COMERCIAL
74	APEAA2-0.188	ARANDELA PLANA 3/16"	5	AISI 304	ESTRECHA, TIPO A, ANSI B18.22.1	COMERCIAL
73	THMA2-0.188C	TUERCA HEXAGONAL 3/16"	5	AISI 304	UNC, ANSI/ASME B18.2.2	COMERCIAL
72	TSBA2-0.188CX1	TORNILLO STOVE BOLT 3/16" X 1"	3	AISI 304	UNC, ANSI/ASME B18.6.3	COMERCIAL
71	APA2-0.375	ARANDELA DE PRESION 3/8"	3	AISI 304	ASME/ANSI B18.21.1	COMERCIAL
70	APEAA2-0.375	ARANDELA PLANA 3/8"	6	AISI 304	ESTRECHA, TIPO A, ANSI B18.22.1	COMERCIAL
69	THA2-0.375C	TUERCA HEXAGONAL 3/8"	3	AISI 304	UNC, ANSI B18.2.2	COMERCIAL
68	PHA2-0.375CX2.5	TORNILLO HEXAGONAL 3/8" X 2.5"	3	AISI 304	UNC, ASME/ANSI B18.2.1	COMERCIAL
67	APA2-0.25	ARANDELA DE PRESION 1/4"	32	AISI 304	ASME/ANSI B18.21.1	COMERCIAL
66	APEAA2-0.25	ARANDELA PLANA 1/4"	62	AISI 304	ESTRECHA, TIPO A, ANSI B18.22.1	COMERCIAL
65	THA2-0.25C	TUERCA HEXAGONAL 1/4"	32	AISI 304	UNC, ANSI B18.2.2	COMERCIAL
64	PHA2-0.25CX1	TORNILLO HEXAGONAL 1/4" X 1"	4	AISI 304	UNC, ASME/ANSI B18.2.1	COMERCIAL
63	PHA2-0.25CX0.75	TORNILLO HEXAGONAL 1/4" X 3/4"	20	AISI 304	UNC, ASME/ANSI B18.2.1	COMERCIAL
62	PHA2-0.25CX0.5	TORNILLO HEXAGONAL 1/4" X 1/2"	2	AISI 304	UNC, ASME/ANSI B18.2.1	COMERCIAL
61	THDA2-M10	TUERCA HEXAGONAL DELGADA M10X1.5	1	AISI 304	DIN EN 24035	COMERCIAL
60	CO-GA-12	GARRUCHAS DE PLATAFORMA GIRATORIA	2	ACERO GALVANIZADO	RUEDA Ø3", CAPACIDAD: 50-100KG, CON FRENO	COMERCIAL
59	CO-GA-11	GARRUCHAS DE PLATAFORMA GIRATORIA	2	ACERO GALVANIZADO	RUEDA Ø3", CAPACIDAD 50-100KG, SIN FRENO	COMERCIAL
58	CO-AT-15	UNION SIMPLE ROSCADA 1/2"	2	AISI 304	1/2"x1/2" NPT ANSI/ASME B1.20.1, CLASE 150	COMERCIAL
57	CO-AU-01	SENSOR DE NIVEL DE AGUA DE ANGULO	1	AISI 304	220VAC, 1.5A, NO/NC (AJUSTABLE), 78mm, M10X1.5	COMERCIAL
56	CO-A-62	TAPA Y BOYA PARA TANQUE DE DE DISPENSADOR DE AGUA	1	POLIPROPILENO	P/TANQUE DE Ø160MM, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
55	CO-A-61	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA DISPENSADOR	1	AISI 304	1L, P/AGUA FRIA	COMERCIAL
54	CO-A-40	BOMBA DE REFUERZO DE DIAFRAGMA	1	-	24VDC, 0.5MPA, 750ML/MIN, 75GPD, CONEXION 3/8" NPT, NSF, ROHS	COMERCIAL
53	CO-A-35	CAÑO PARA DISPENSADOR TIPO PUSH-IN	1	POM ACETAL COPOLYMER	CONEXIÓN HEMBRA 3/8" NPT, P/AGUA FRIA, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
52	CO-A-15	CONECTOR DE UNION DE VALVULA DE BOLA MANUAL CON CONEXION RAPIDA	1	POLIPROPILENO	1/4" O.D. TUBO X 1/4" O.D. TUBO, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
51	CO-A-11	CODO DE CONEXION RAPIDA CON CONECTOR MACHO	1	POLIPROPILENO	1/4" O.D. TUBO X 1/2" NPTF, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
50	CO-A-10	CODO DE CONEXION RAPIDA CON CONECTOR MACHO	2	POLIPROPILENO	1/4" O.D. TUBO X 3/8" NPTF, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
49	CO-A-09	CONECTOR RAPIDO A ROSCA HEMBRA	3	PP	1/2" NPT X 3/8" O.D. TUBO, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
48	CO-A-07	CONECTOR RAPIDO A ROSCA MACHO	1	POLIPROPILENO	1/4" NPT X 1/4" O.D. TUBO, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
47	CO-A-05	CONECTOR RAPIDO A ROSCA MACHO	3	POLIPROPILENO	1/2" NPT X 1/4" O.D. TUBO, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
46	CO-A-03	TE DE CONECCION RAPIDA	1	POLIPROPILENO	1/4" O.D. TUBO X 3, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
45	CO-A-02	CODO DE CONECCION RAPIDA	13	POLIPROPILENO	1/4" O.D. TUBO X 1/4 O.D. TUBO, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
44	LA-08	LINEA DE AGUA (TANQUE DE ALMACENAMIENTO - SALIDA ANTIRREBOSE)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
43	LA-07	LINEA DE AGUA (TANQUE DE DISPENSADOR - SALIDA ANTIRREBOSE)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
42	LA-06	LINEA DE AGUA (TANQUE DEL DISPENSADOR - SALIDA A TANQUE EXTERNO)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
41	LA-05	LINEA DE AGUA (TANQUE DEL DISPENSADOR - DISPENSADOR)	1	LLDPE	O.D. 3/8", I.D. 1/4", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
40	LA-04	LINEA DE AGUA (FILTROS EN LINEA - TANQUE DEL DISPENSADOR)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
39	LA-03	LINEA DE AGUA (BOMBA - FILTROS EN LINEA)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
38	LA-02	LINEA DE AGUA (TANQUE DE ALMACENAMIENTO - BOMBA)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
37	LA-01	LINEA DE AGUA (BANDEJA - TANQUE DE ALMACENAMIENTO)	1	LLDPE	O.D. 3/8", I.D. 1/4", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
36	CO-E-78	PRENSAESTOPA CON TUERCA P-13.5	1	LATÓN	IP68, NIQUELADO	COMERCIAL
35	CO-E-69	TAPA DE CAJA DE PASE	1	PVC	150 X 110 X 80 mm, IP65, BLANCO	COMERCIAL
34	CO-E-68	CAJA DE PASE	1	PVC	150 X 110 X 80 mm, IP65, BLANCO	COMERCIAL
33	CO-R-90	MOTOVENTILADOR AXIAL	1	--	Ø300MM, 220V/1PH/60Hz, ROTOR EXTERNO	COMERCIAL
32	CO-R-15	CAPACITOR DE MARCHA	1	--	40MF, 370VAC, 60Hz	COMERCIAL
31	CO-R-03	COMPRESOR HERMETICO ROTATIVO	1	-	220VAC, 60Hz, 1PH, 1250W, R404A	COMERCIAL
30	E-LR-05	PANEL DE MONITOREO DE PRESIONES	1	-	2 MANOMETROS: ALTA PRESION, BAJA PRESION	FABRICACIÓN
29	E-LR-04	CAPILARES	1	-	3 CAPILARES EN PARALELO	FABRICACIÓN
28	E-LR-03	LINEA REFRIGERACION (EVAPORADOR - COMPRESOR)	1	-	-	FABRICACIÓN
27	E-LR-02	LINEA REFRIGERACION (CONDENSADOR - CAPILARES)	1	-	-	FABRICACIÓN
26	LR-01	LINEA REFRIGERACION (COMPRESOR - CONDENSADOR)	1	COBRE, UNS C12200	ASTM B280, O.D. 3/8" - 0.6mm	COMERCIAL
25	EMP-02	EMPAQUETADURA HORIZONTAL	5	ESPUMA ELASTOMERICA NBR	CINTA FOAM AISLANTE AUTOADHESIVO, E:1/8"	FABRICACIÓN
24	EMP-01	EMPAQUETADURA VERTICAL	6	ESPUMA ELASTOMERICA NBR	CINTA FOAM AISLANTE AUTOADHESIVO, E:1/8"	FABRICACIÓN
23	PEG-04	SOPORTE DE LA BANDEJA DE RECOLECCION DE CONDENSADOS	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
22	PEG-03	BRIDA SOPORTE DEL TANQUE DISPENSADOR	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.8mm	FABRICACIÓN
21	PEG-01	COBERTURA POSTERIOR	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
20	COV-05	COBERTURA LATERAL IZQUIERDA	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.8mm	FABRICACIÓN
19	COV-04	COBERTURA LATERAL DERECHA	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.8mm	FABRICACIÓN
18	COV-03	COBERTURA FRONTAL INFERIOR	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.8mm	FABRICACIÓN
17	COV-02	COBERTURA LATERAL SUPERIOR DERECHA	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.8mm	FABRICACIÓN
16	COV-01	CUBIERTA SUPERIOR	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
15	E-SF-01	SISTEMA DE FILTROS EN LINEA	1	-	6 FILTROS	FABRICACIÓN
14	E-FA-01	FILTRO DE AIRE	1	-	13" X 13" X 3/4"	FABRICACIÓN
13	E-PR-01	PANEL REJILLA	1	-	SINTETICO, LAVABLE	FABRICACIÓN
12	E-BGC-01	BANDEJA DE RECOLECCION DE CONDENSADOS	1	-	-	FABRICACIÓN
11	E-TA-01	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA (SIN TRATAR)	1	-	CAPACIDAD 15L	FABRICACIÓN
10	E-STD-01	SOPORTE DEL TANQUE DEL DISPENSADOR	1	-	-	FABRICACIÓN
9	E-CE-01	CAJA ELECTRICA EQUIPADA	1	-	-	FABRICACIÓN
8	E-DSA-01	DUCTO DE SALIDA DE AIRE	1	-	-	FABRICACIÓN
7	E-SV-01	SOPORTE DE VENTILADOR	1	-	-	FABRICACIÓN
6	E-EV-01	EVAPORADOR	1	-	-	FABRICACIÓN
5	E-CO-01	CONDENSADOR	1	-	-	FABRICACIÓN
4	E-BG-01	BANDEJA DE GOTE DEL DISPENSADOR	1	-	-	FABRICACIÓN
3	E-DA-01	PANEL DEL DISPENSADOR DE AGUA	1	-	-	FABRICACIÓN
2	E-PC-01	PANEL DE CONTROL EQUIPADO	1	-	-	FABRICACIÓN
1	E-EG-01	ESTRUCTURA PRINCIPAL	1	-	0.6 X 1.25 X 0.6 m / AN X AL X PR	FABRICACIÓN



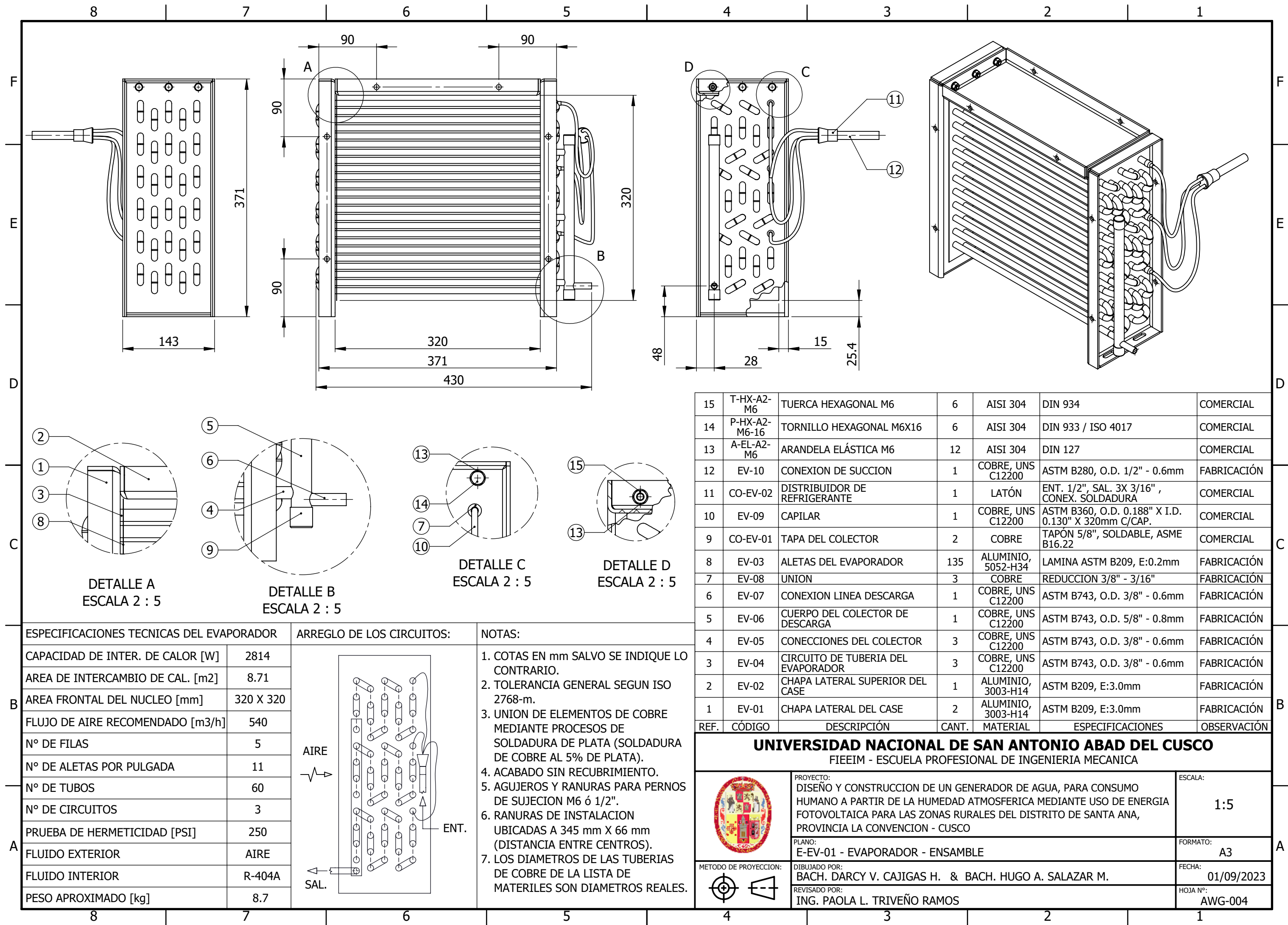
- NOTAS:
- 1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 - 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 - 3. PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APORTE ER308L.
 - 4. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 - 5. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

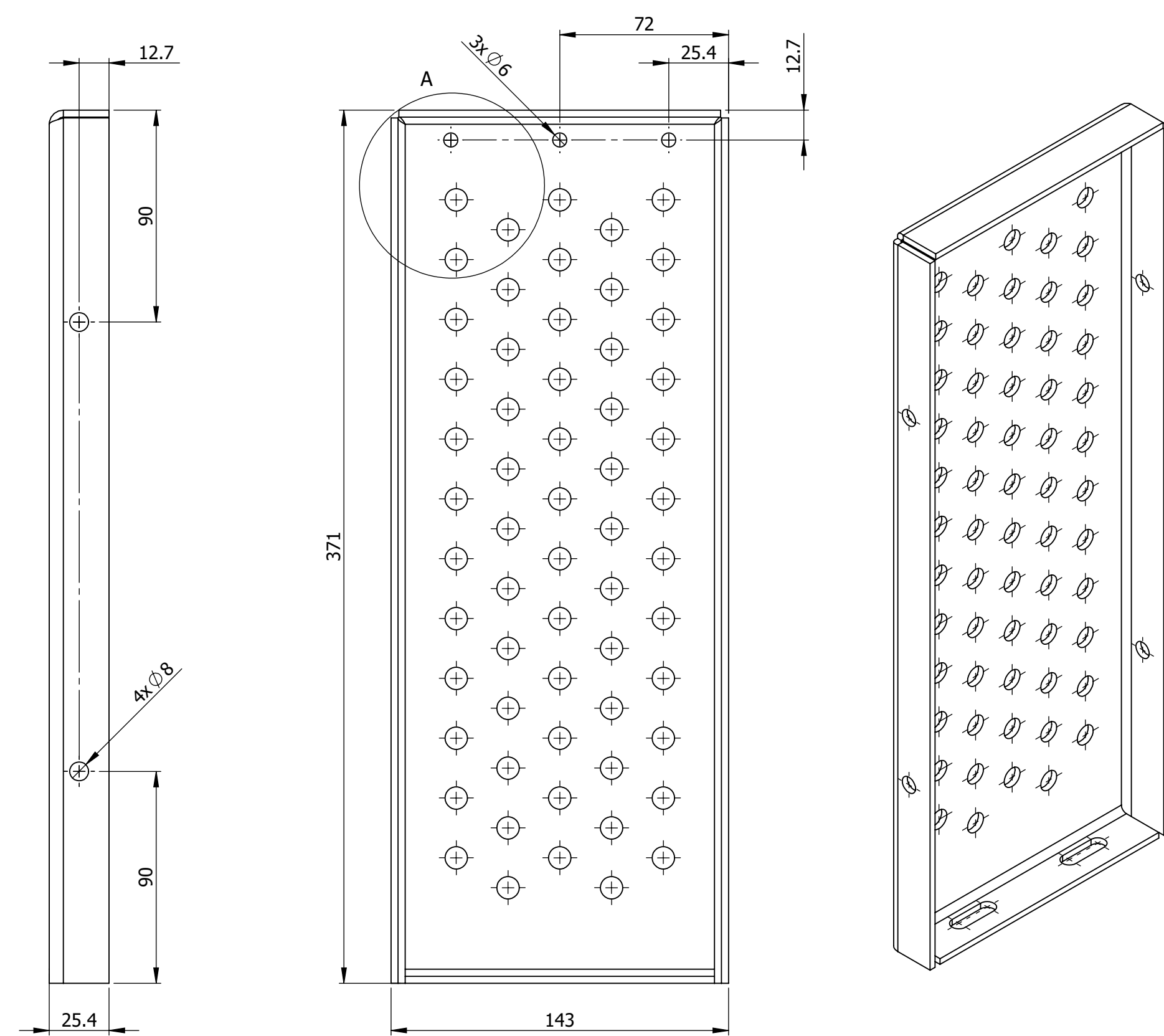
TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL						
CLASE DE TOLERANCIA								
DESIGNACION	DESCRIPCION	0,5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000	MAS DE 1000 HASTA 2000
m	MEDIA	+0.1	+0.1	+0.2	+0.3	+0.5	+0.8	+1.2

14	PC-05	TRAVESAÑO INTERIOR	1	AISI 304	ASTM A554, 15 X 15 X 1.5 mm	FABRICACIÓN
13	PC-04	PARANTE INTERIOR	2	AISI 304	ASTM A554, 15 X 15 X 1.5 mm	FABRICACIÓN
12	PCI-03	CARRIL DERECHO	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
11	PCI-02	CARRIL DERECHO	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
10	BAS-01	BASE GENERAL	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:1.2mm	FABRICACIÓN
9	PCI-01	TRAVESAÑO INTERIOR FRONTAL	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
8	PC-03	PARANTE INTERIOR	1	AISI 304	ASTM A554, 15 X 15 X 1.5 mm	FABRICACIÓN
7	PC-02	TRAVESAÑO INTERIOR	1	AISI 304	ASTM A554, 15 X 15 X 1.5 mm	FABRICACIÓN
6	PC-01	PARANTE INTERIOR	1	AISI 304	ASTM A554, 15 X 15 X 1.5 mm	FABRICACIÓN
5	PCS-01	TRAVESAÑO INTERIOR SECUNDARIO	2	AISI 304	ASTM A240, N4, E:1.2mm	FABRICACIÓN
4	EMI-01	TRAVESAÑO INTERIOR	1	AISI 304	ASTM A554, 1"X1"X1.2mm	FABRICACIÓN
3	PCB-01	TRAVESAÑO BASE	2	AISI 304	ASTM A240, N4, E:1.2mm	FABRICACIÓN
2	PCH-02	TRAVESAÑO FRONTAL / LATERAL / TRASERO	8	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
1	PCV-01	PARANTE FRONTAL / TRASERO	4	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
REF.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIÓN

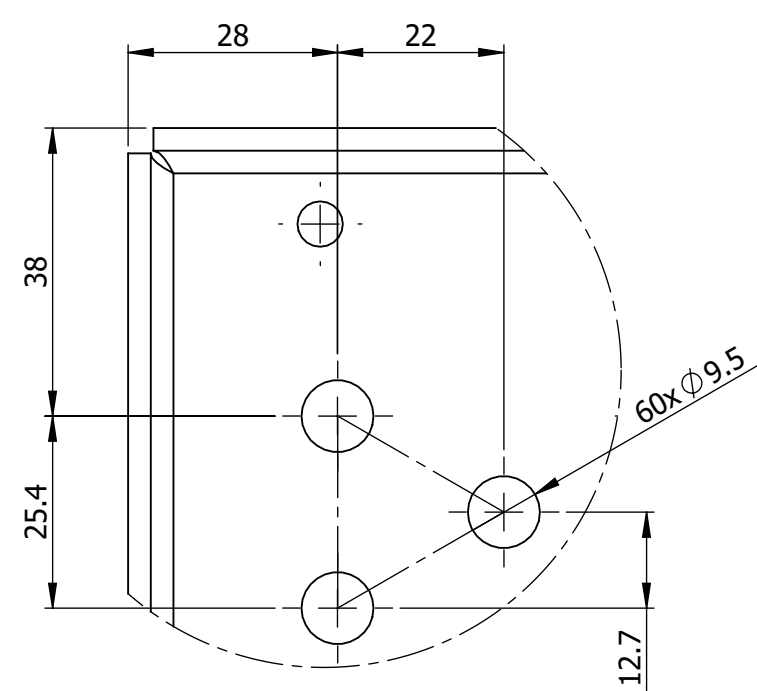
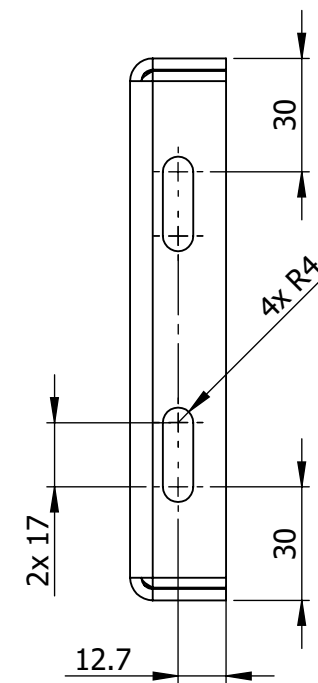
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

	PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN - CUSCO	ESCALA: 1:10
	PLANO: E-EG-01 - ESTRUCTURA PRINCIPAL - ENSAMBLE	FORMATO: A2
	DIBUJADO POR: BACH. DÁRCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	FECHA: 01/02/2024
	REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	HOJA N°: AWG-002

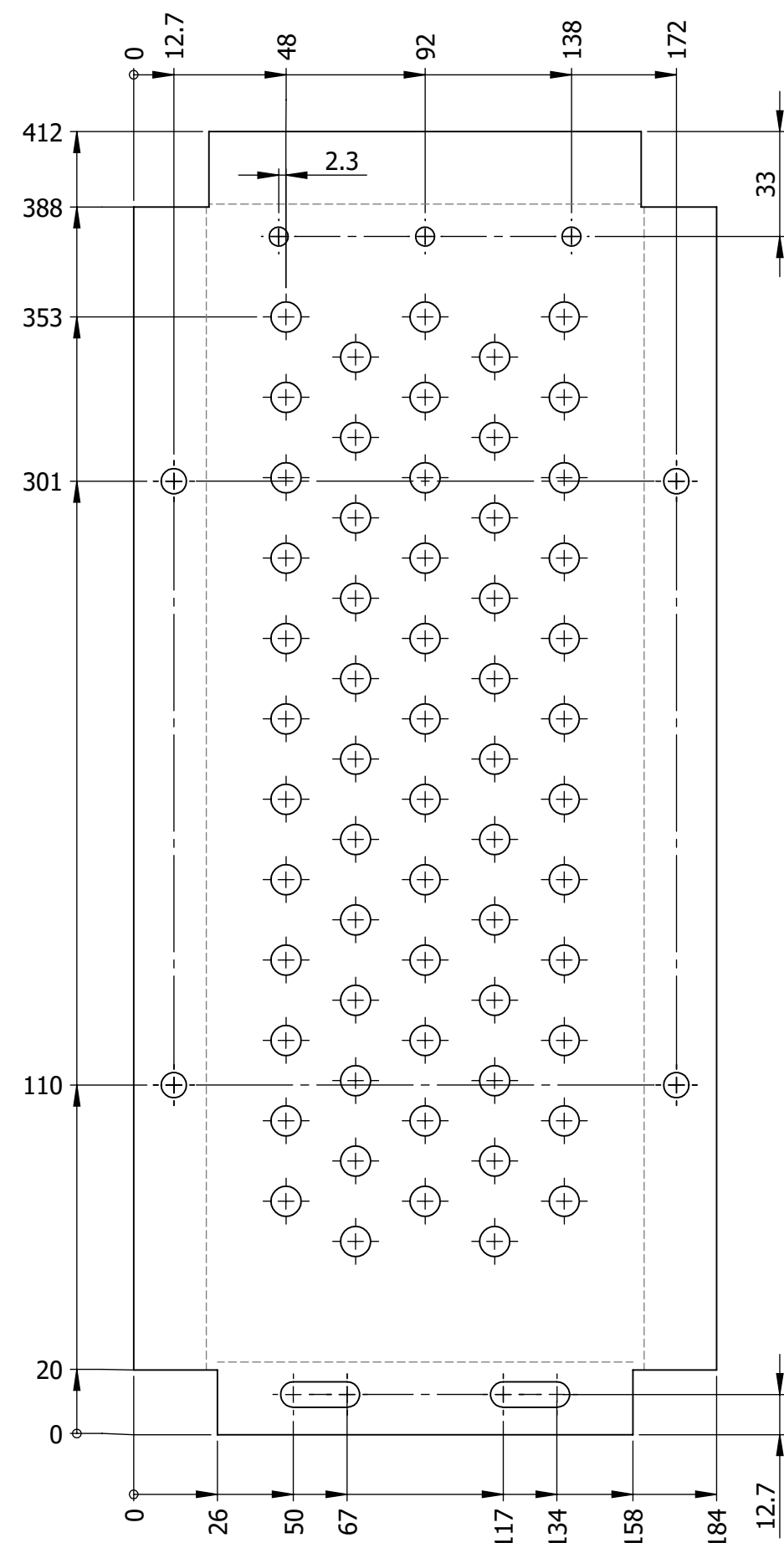




ELEMENTO: EV-01
CANT.: 2
ESCALA: 1:2

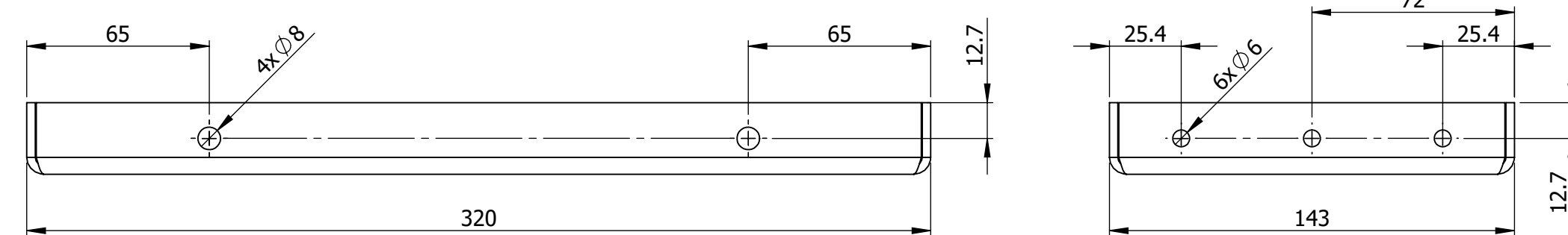


DETALLE A
ESCALA 1 : 1

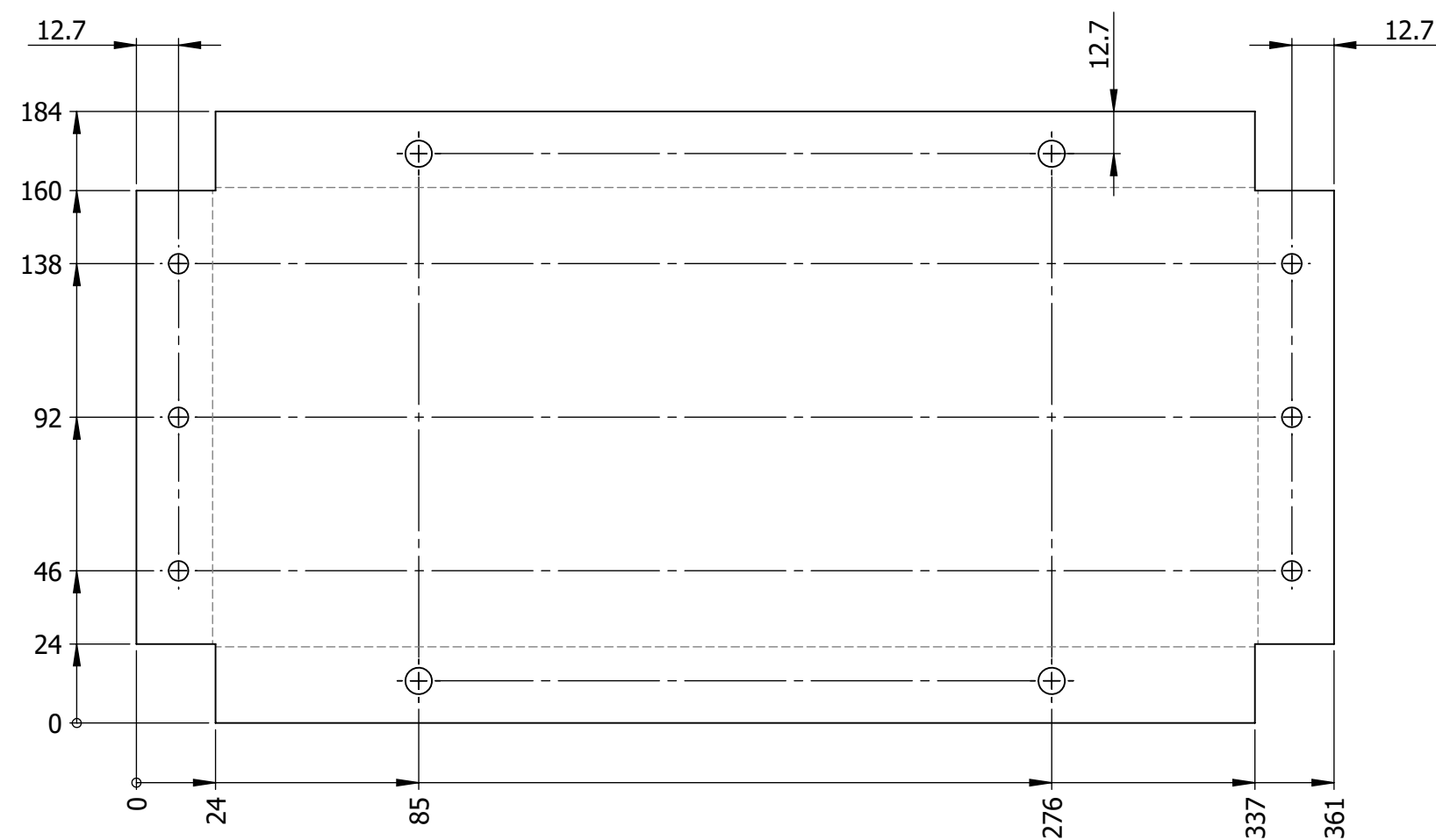


CHAPA DESARROLLADA

NOTA
ESPEJOR: 3mm
RADIO DE PLIEGUE: 3mm

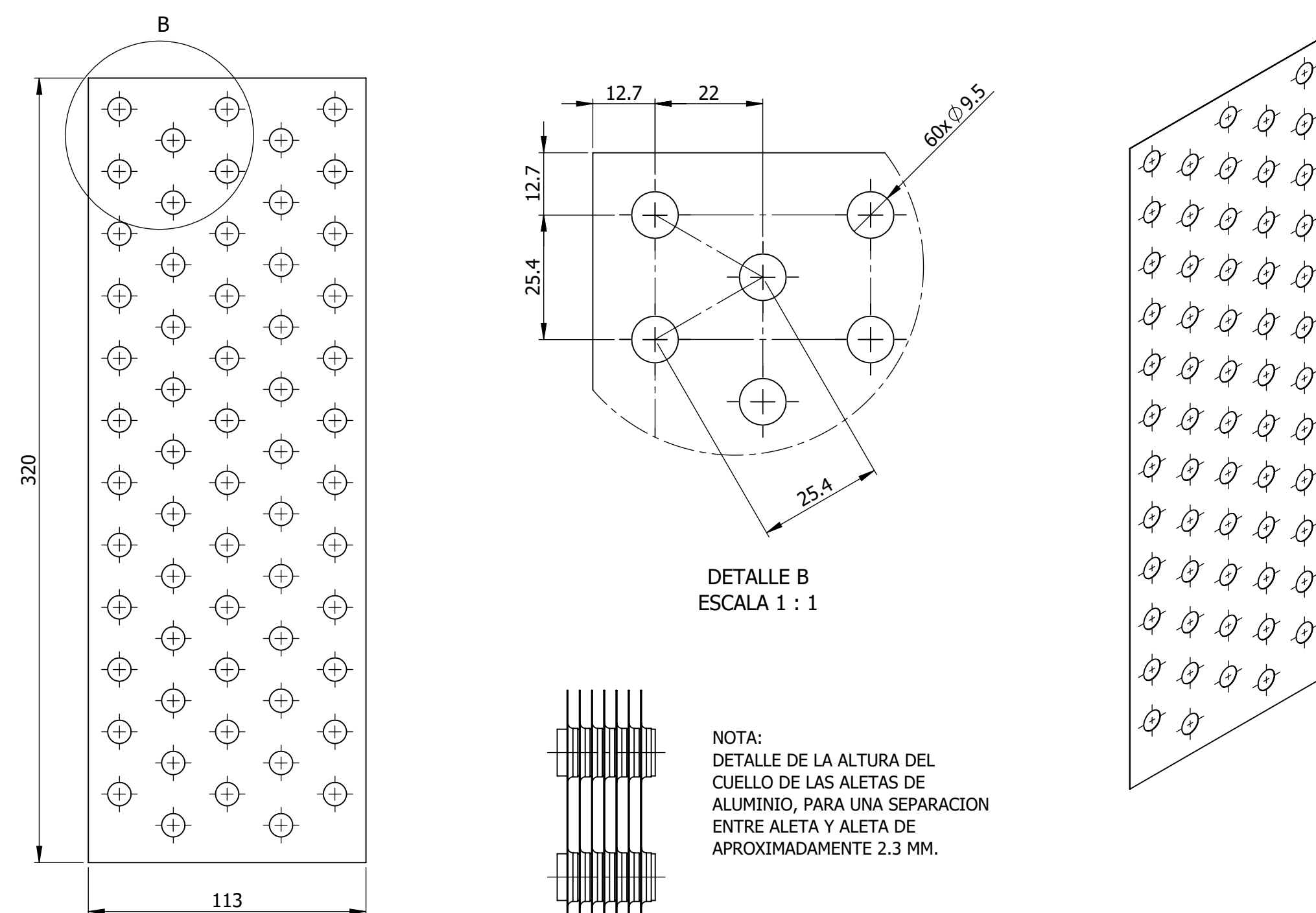
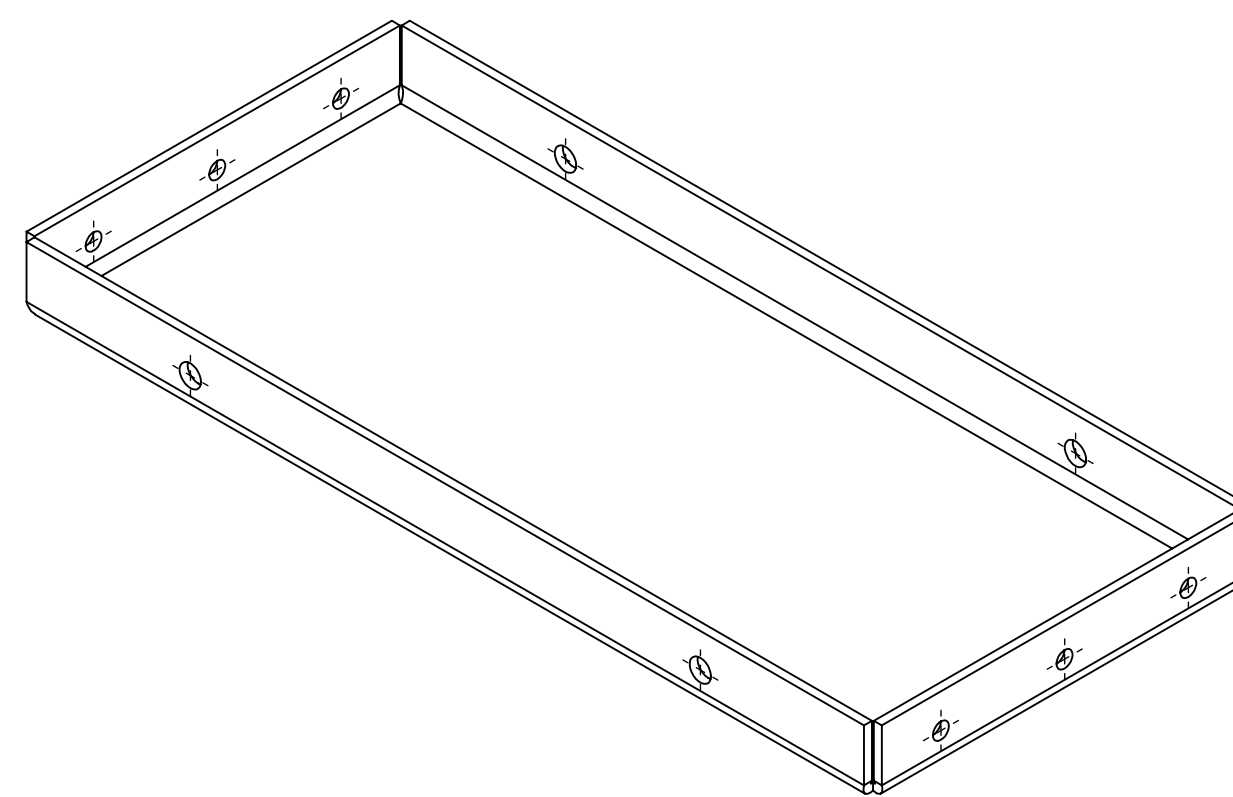


ELEMENTO: EV-02
CANT.: 1
ESCALA: 1:2



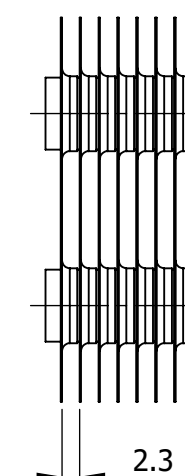
CHAPA DESARROLLADA

NOTA
ESPEJOR: 3mm
RADIO DE PLIEGUE: 3mm

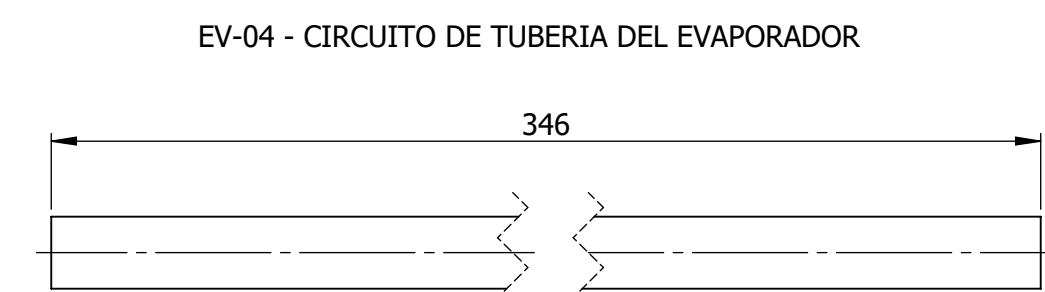


DETALLE B
ESCALA 1 : 1

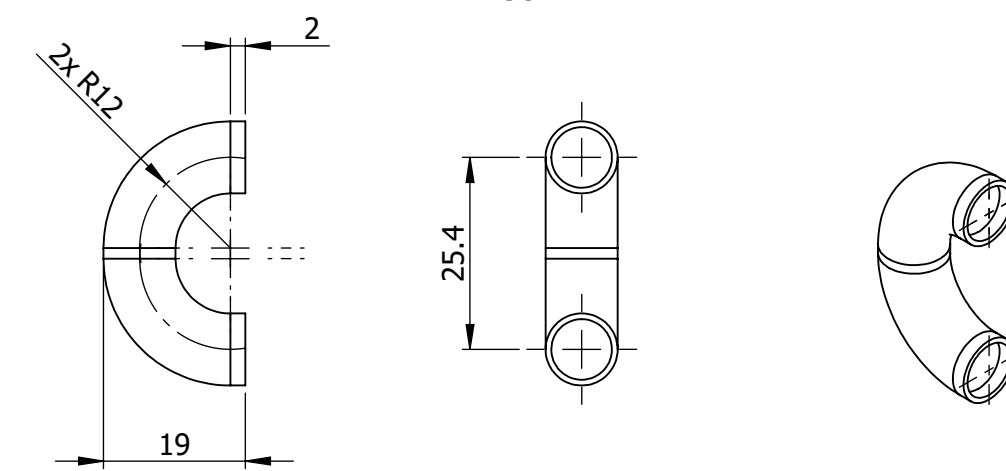
NOTA:
DETALLE DE LA ALTURA DEL
CUELLO DE LAS ALETAS DE
ALUMINIO, PARA UNA SEPARACION
ENTRE ALETA Y ALETA DE
APROXIMADAMENTE 2.3 MM.



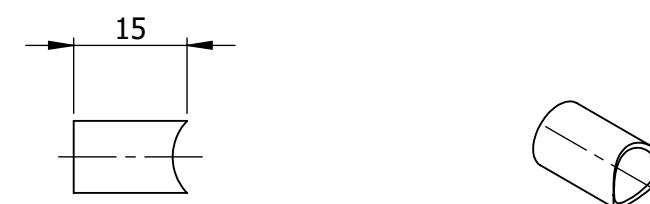
TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768							
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL					
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000
m	MEDIA	+0.1	+0.1	+0.2	+0.3	+0.5	+0.8



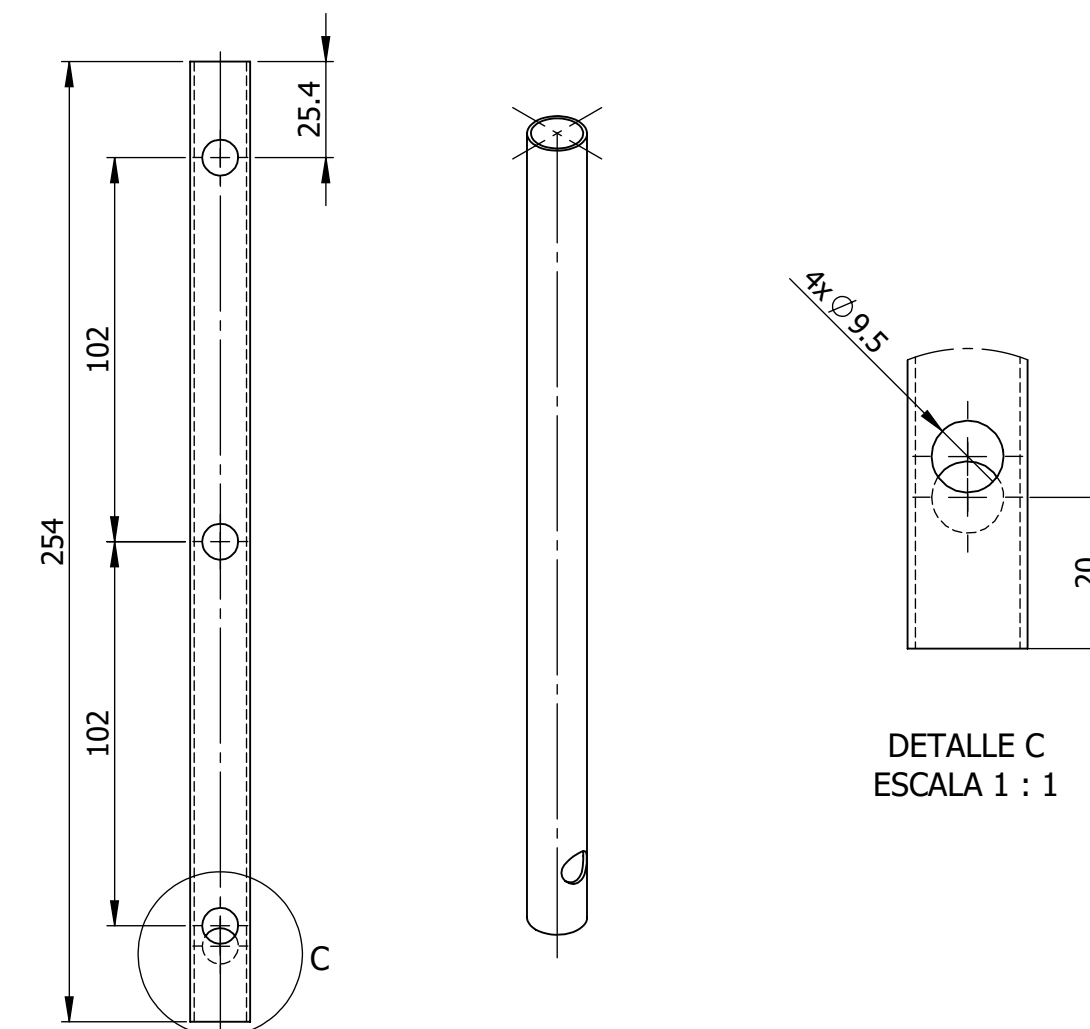
ELEMENTO: EV-04.1
CANT.: 60
ESCALA: 1:1



ELEMENTO: EV-04.2
CANT.: 27
ESCALA: 1:1



ELEMENTO: EV-05
CANT.: 3
ESCALA: 1:1

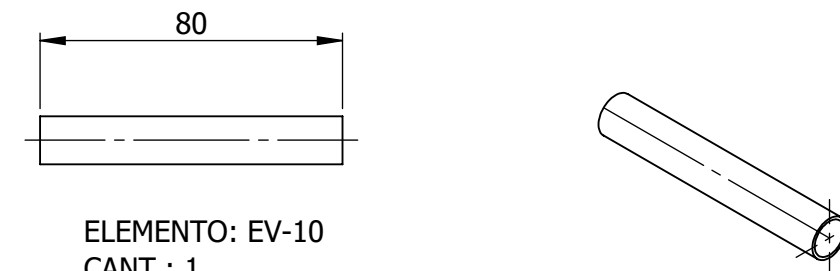


DETALLE C
ESCALA 1 : 1

ELEMENTO: E
CANT.: 01
ESCALA: 1:2



ELEMENTO: EV-0
CANT.: 1
ESCALA: 1:2

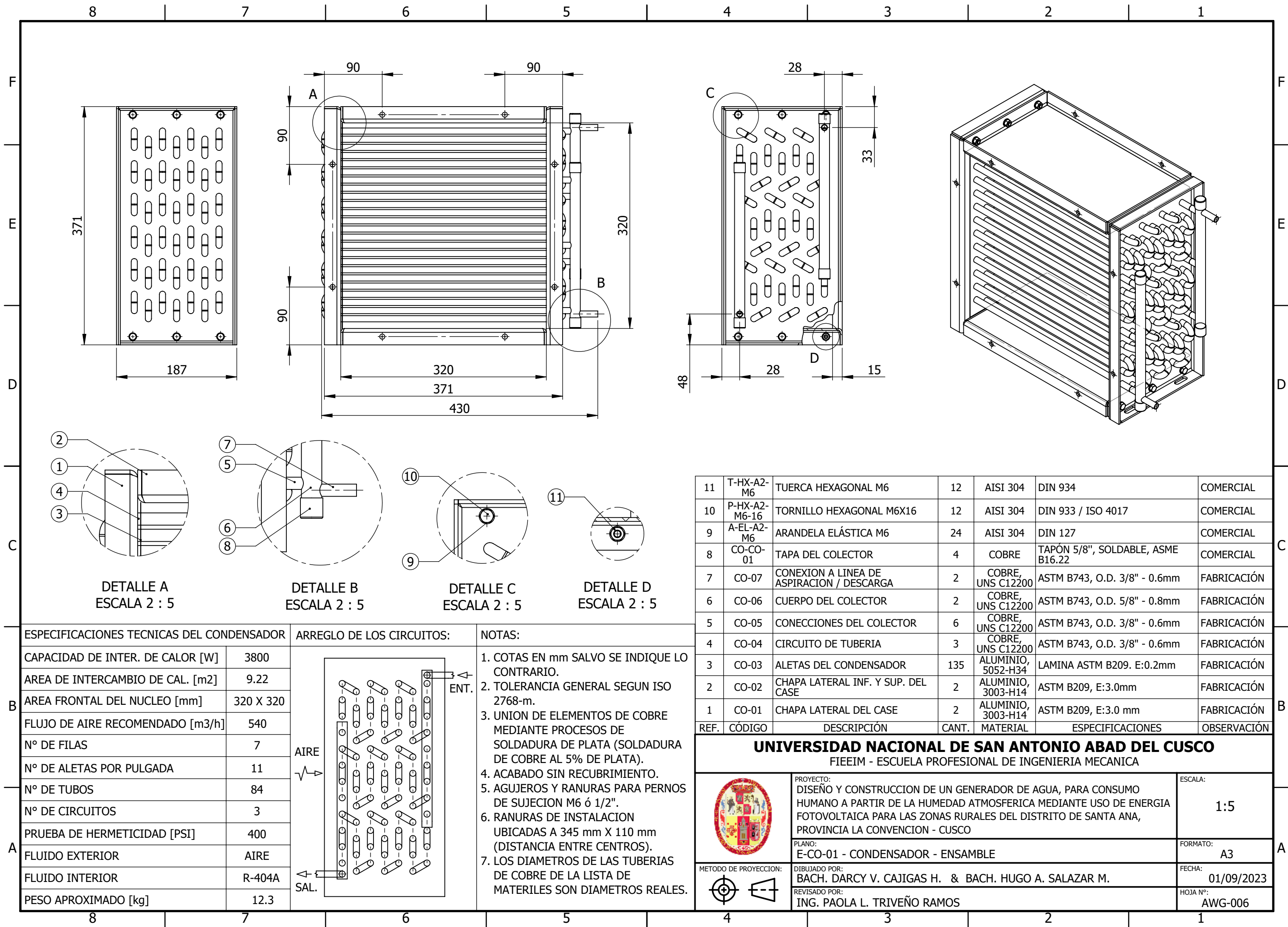


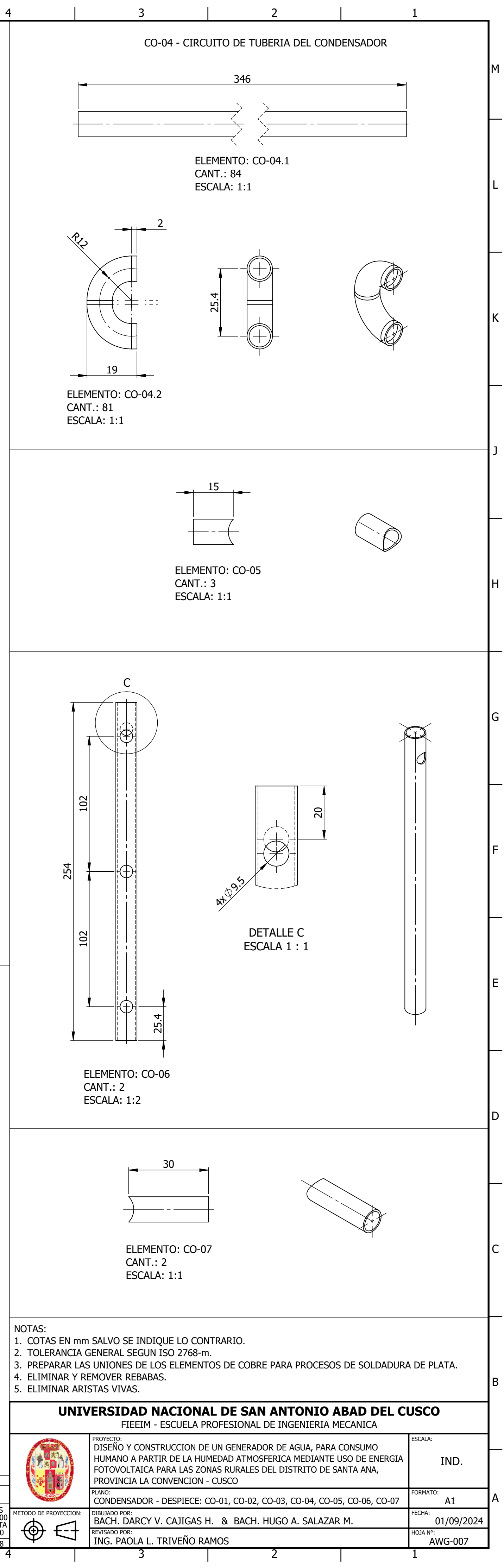
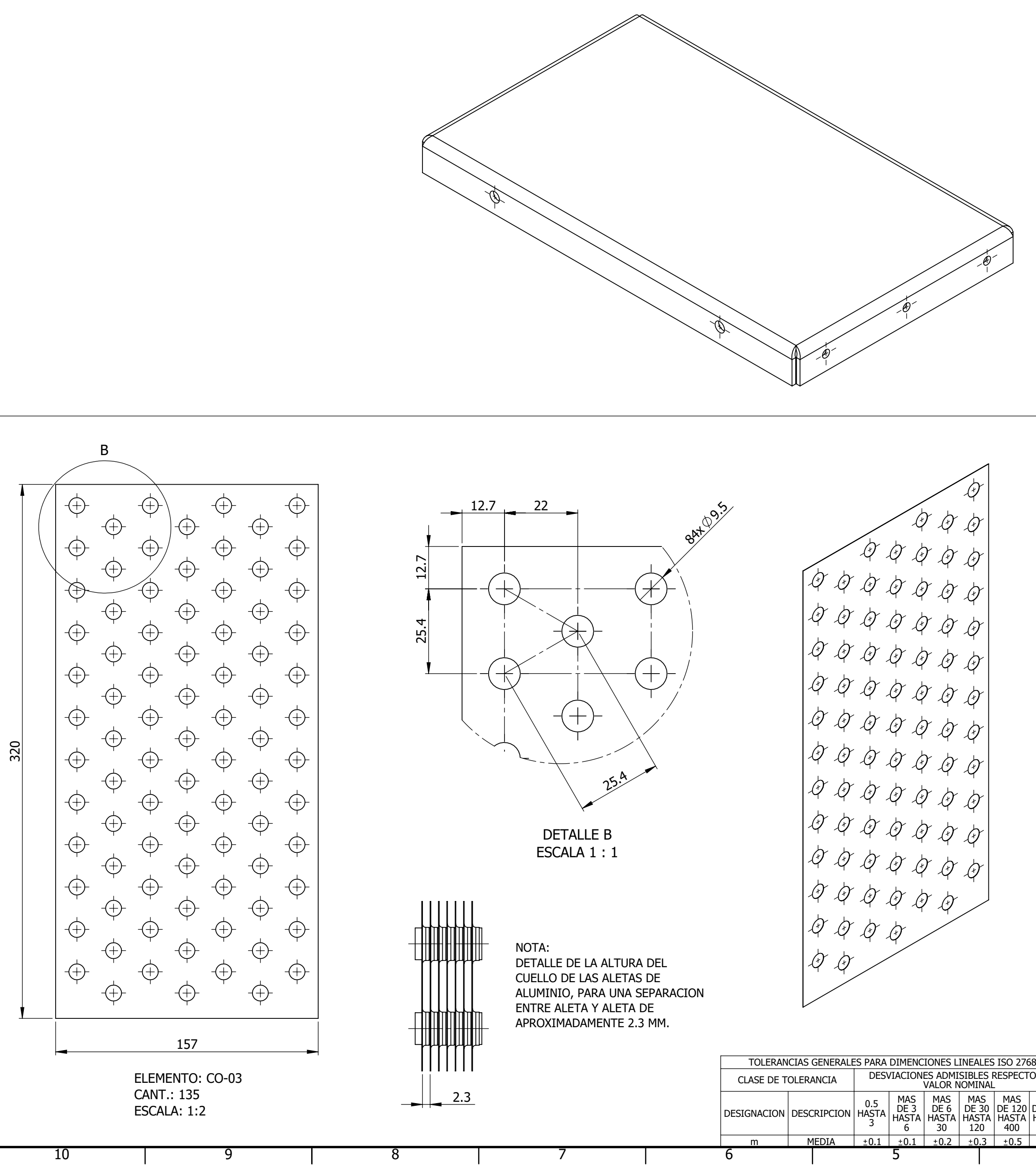
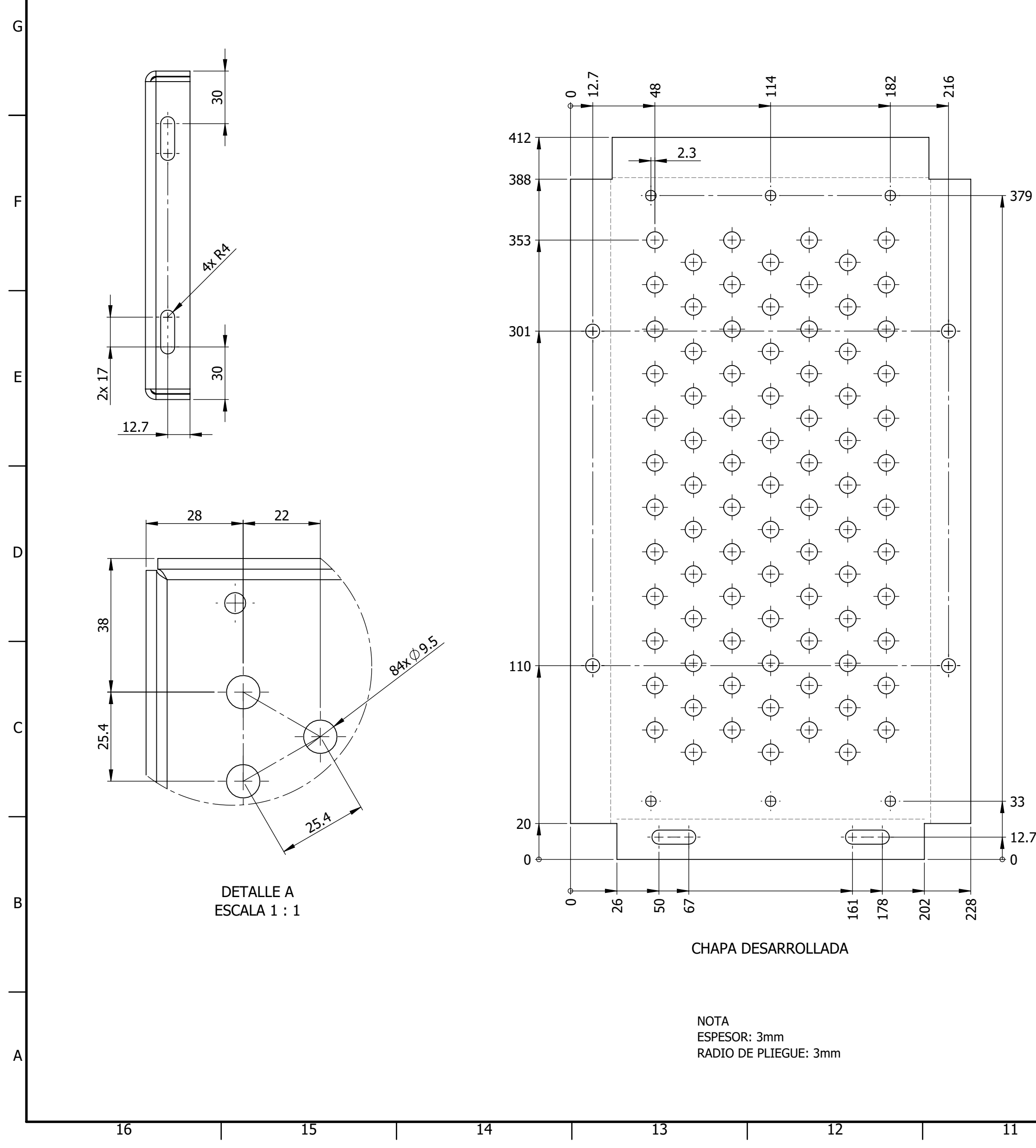
ELEMENTO:
CANT.: 1
ESCALA: 1:2

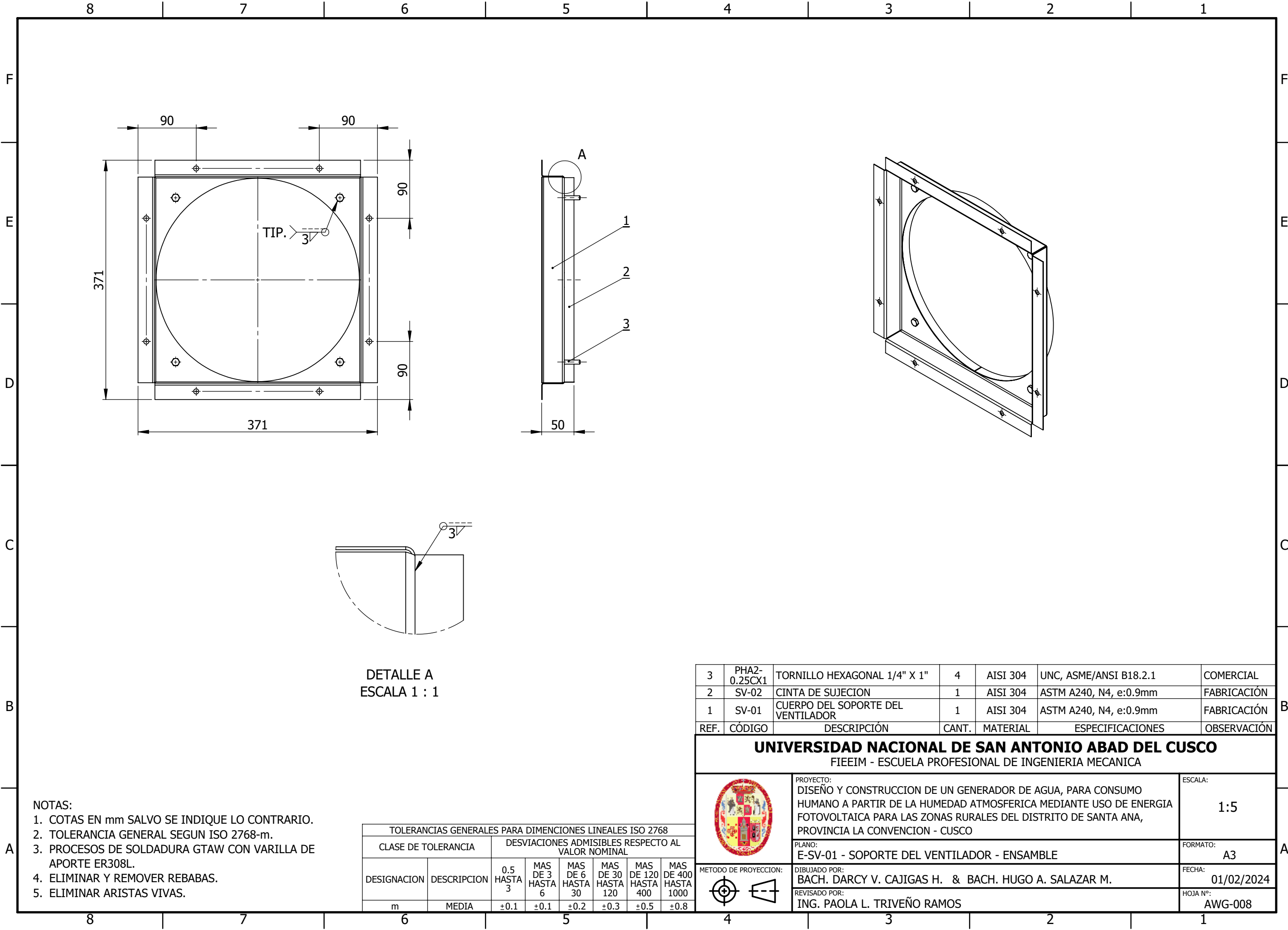
NOTAS:

1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
3. PREPARAR LAS UNIONES DE LOS ELEMENTOS DE COBRE PARA PROCESOS DE SOLDADURA DE PLATA.
4. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
5. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA			
	PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN - CUSCO		ESCALA: IND.
	PLANO: EVAPORADOR - DESPIECE: EV-01, EV-02, EV-03, EV-04, EV-05, EV-06, EV-07, EV-10		FORMATO: A1
METODO DE PROYECCION: 	ELABORADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.		FECHA: 01/09/2023
	REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVENO RAMOS		HOJA N°: AWG-005



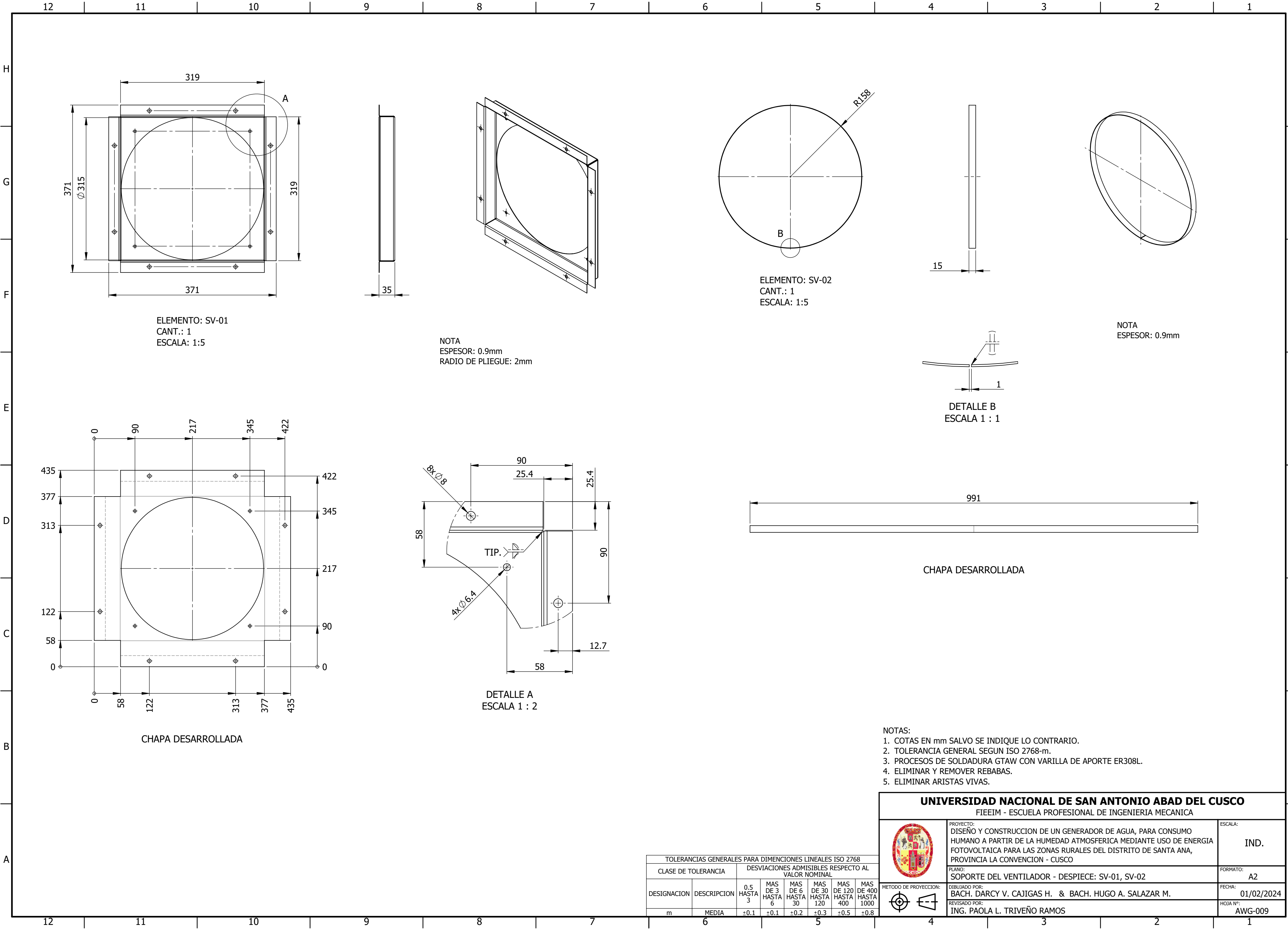




- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 3. PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APORTE ER308L.
 4. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 5. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768							
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL					
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8

3	PHA2-0.25CX1	TORNILLO HEXAGONAL 1/4" X 1"	4	AISI 304	UNC, ASME/ANSI B18.2.1	COMERCIAL
2	SV-02	CINTA DE SUJECION	1	AISI 304	ASTM A240, N4, e:0.9mm	FABRICACIÓN
1	SV-01	CUERPO DEL SOPORTE DEL VENTILADOR	1	AISI 304	ASTM A240, N4, e:0.9mm	FABRICACIÓN
REF.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA						
		PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCION - CUSCO				ESCALA: 1:5
		PLANO: E-SV-01 - SOPORTE DEL VENTILADOR - ENSAMBLE				FORMATO: A3
		DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.				FECHA: 01/02/2024
		REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS				HOJA Nº: AWG-008



ELEMENTO: SV-01
CANT.: 1
ESCALA: 1:5

NOTA
ESPESOR: 0.9mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

ELEMENTO: SV-02
CANT.: 1
ESCALA: 1:5

NOTA
ESPESOR: 0.9mm

DETALLE B
ESCALA 1 : 1

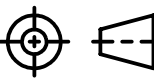
DETALLE A
ESCALA 1 : 2

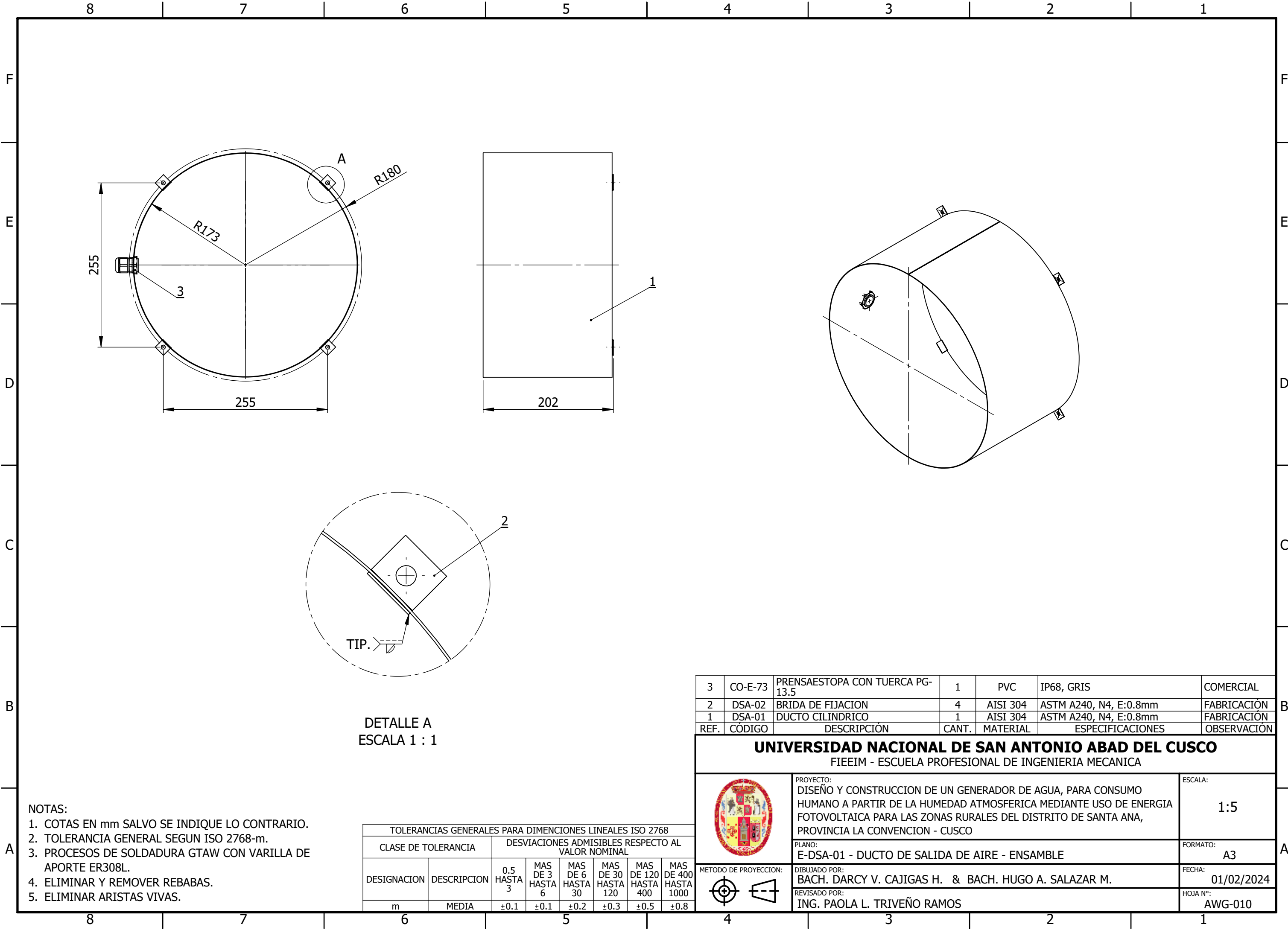
CHAPA DESARROLLADA

CHAPA DESARROLLADA

- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 3. PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APORTE ER308L.
 4. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 5. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768						
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL				
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5

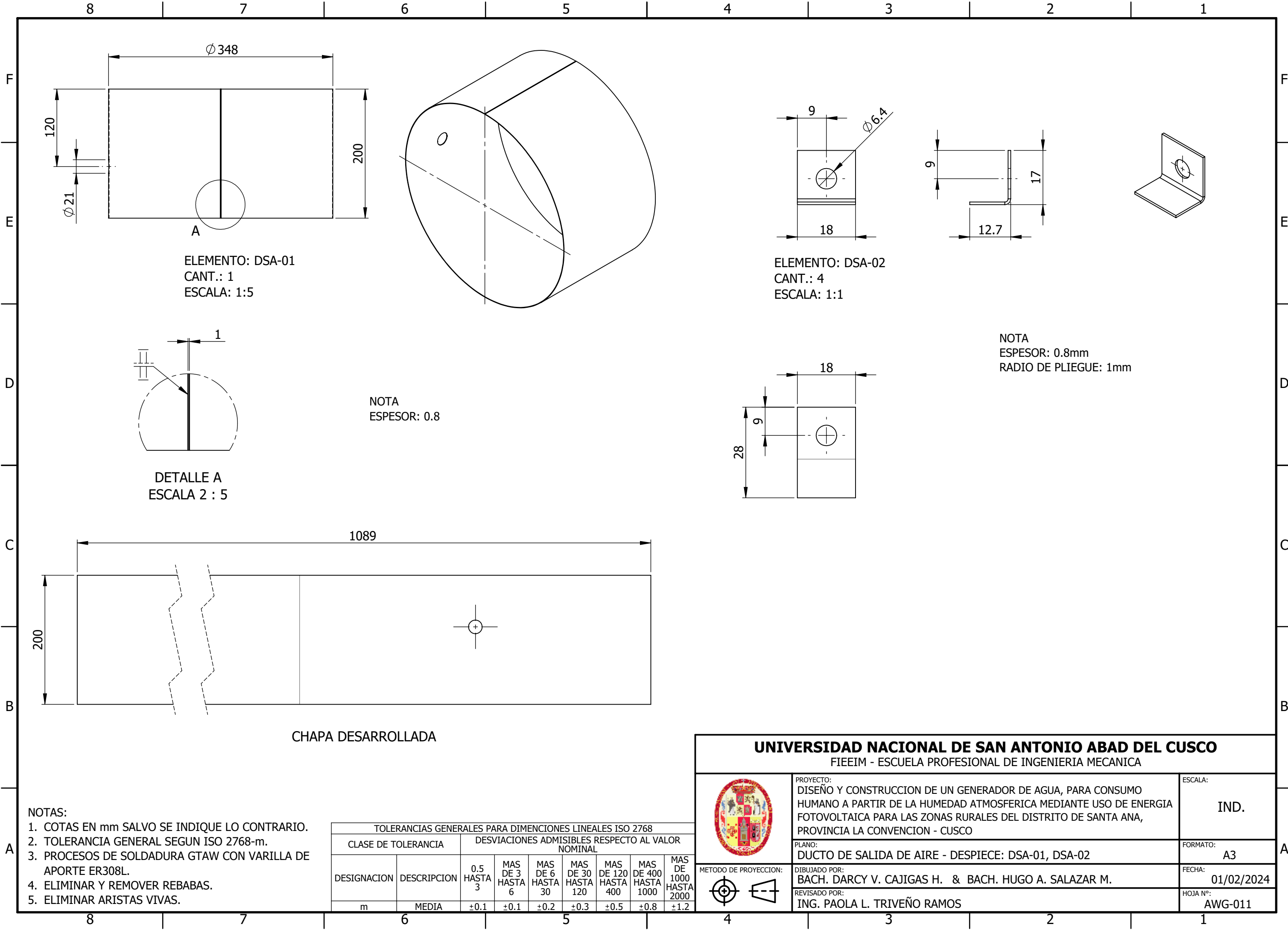
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA			
	PROYECTO:	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN - CUSCO	
	PLANO:	SOPORTE DEL VENTILADOR - DESPIECE: SV-01, SV-02	
	DIBUJADO POR:	BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	
	REVISADO POR:	ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	
METODO DE PROYECCION:		ESCALA:	
		IND.	
		FORMATO:	
		A2	
		FECHA:	
		01/02/2024	
		HOJA Nº:	
		AWG-009	



- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 3. PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APORTE ER308L.
 4. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 5. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768							
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL					
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8

3	CO-E-73	PRENSAESTOPA CON TUERCA PG-13.5	1	PVC	IP68, GRIS	COMERCIAL
2	DSA-02	BRIDA DE FIJACION	4	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.8mm	FABRICACIÓN
1	DSA-01	DUCTO CILINDRICO	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.8mm	FABRICACIÓN
REF.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA						
		PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCION - CUSCO				ESCALA: 1:5
		PLANO: E-DSA-01 - DUCTO DE SALIDA DE AIRE - ENSAMBLE				FORMATO: A3
		DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.				FECHA: 01/02/2024
		REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS				HOJA Nº: AWG-010



ELEMENTO: DSA-01
CANT.: 1
ESCALA: 1:5

ELEMENTO: DSA-02
CANT.: 4
ESCALA: 1:1

NOTA
ESPESOR: 0.8mm
RADIO DE PLIEGUE: 1mm

NOTA
ESPESOR: 0.8

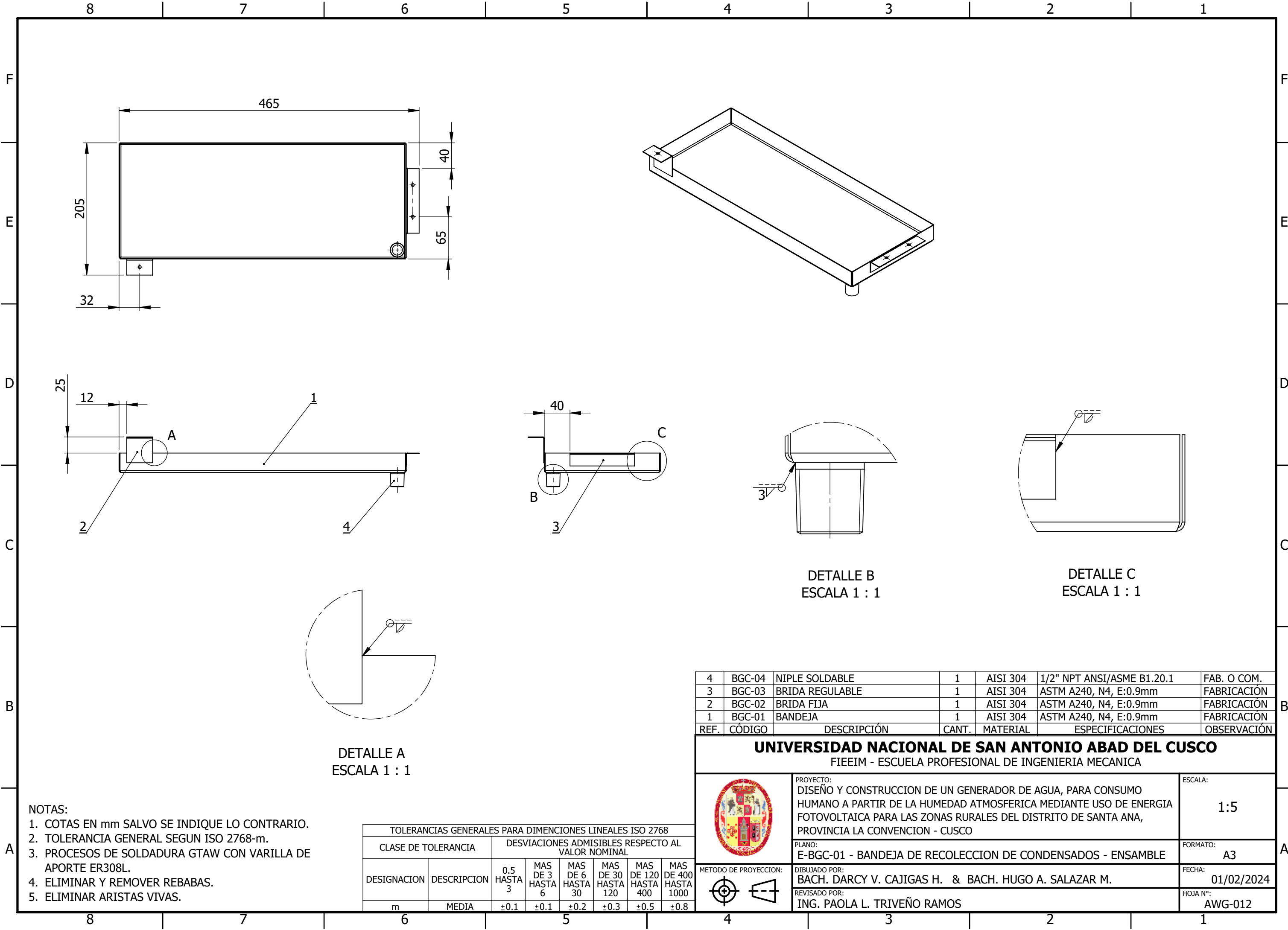
DETALLE A
ESCALA 2 : 5

CHAPA DESARROLLADA

- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 3. PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APORTE ER308L.
 4. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 5. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768								
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL						
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000	MAS DE 1000 HASTA 2000
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2

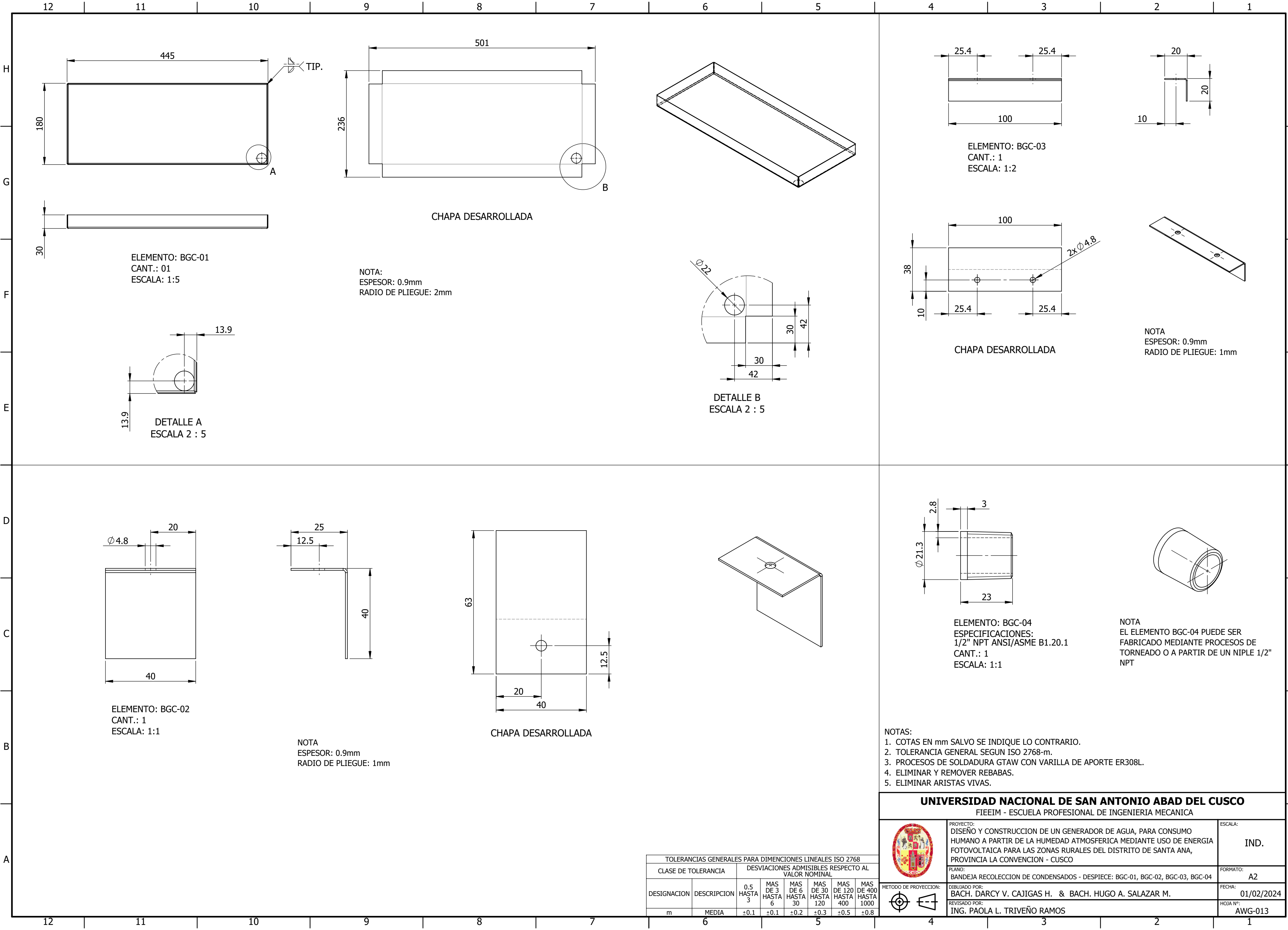
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA		
	PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCION - CUSCO	ESCALA: IND.
	PLANO: DUCTO DE SALIDA DE AIRE - DESPIECE: DSA-01, DSA-02	FORMATO: A3
	DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	FECHA: 01/02/2024
	REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	HOJA Nº: AWG-011

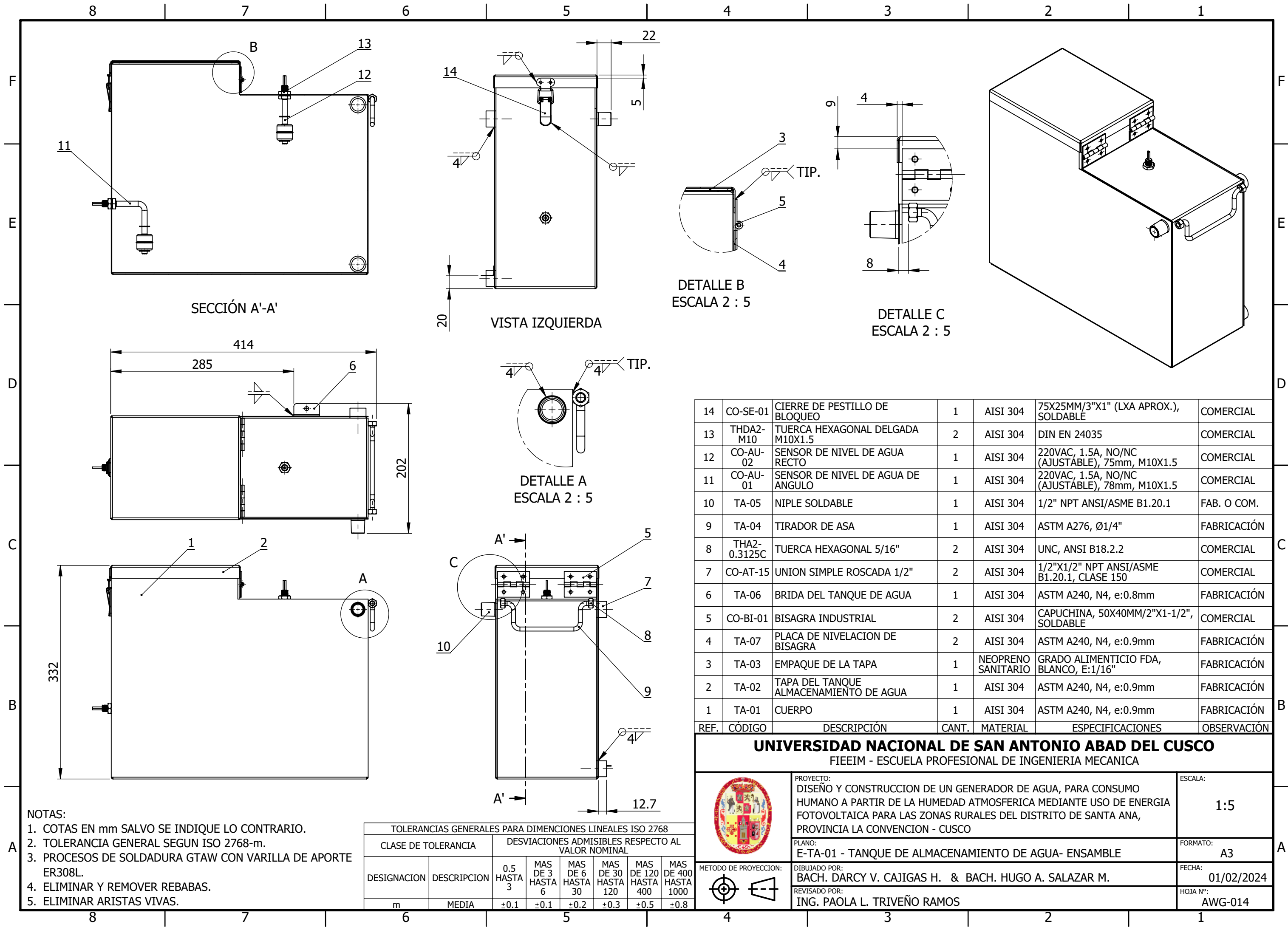


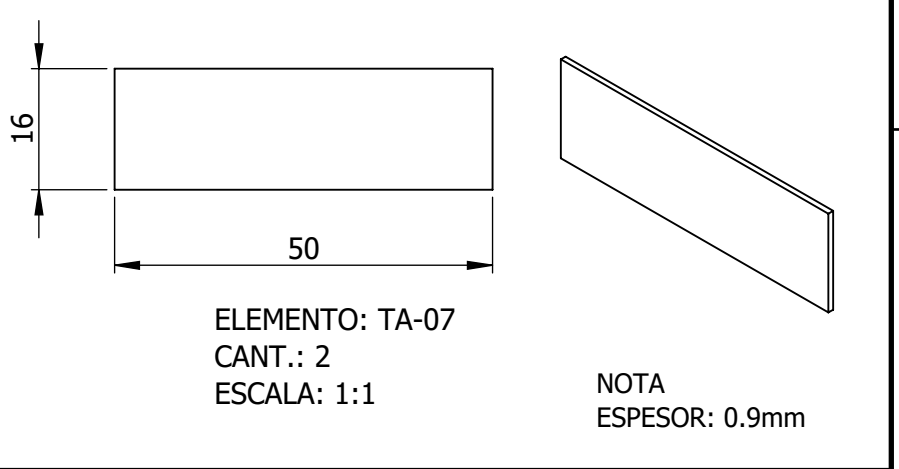
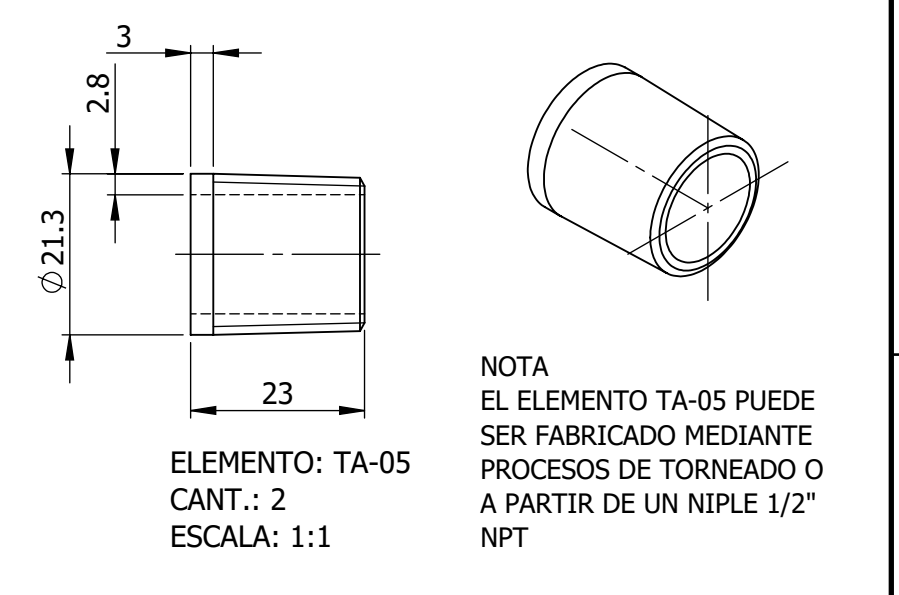
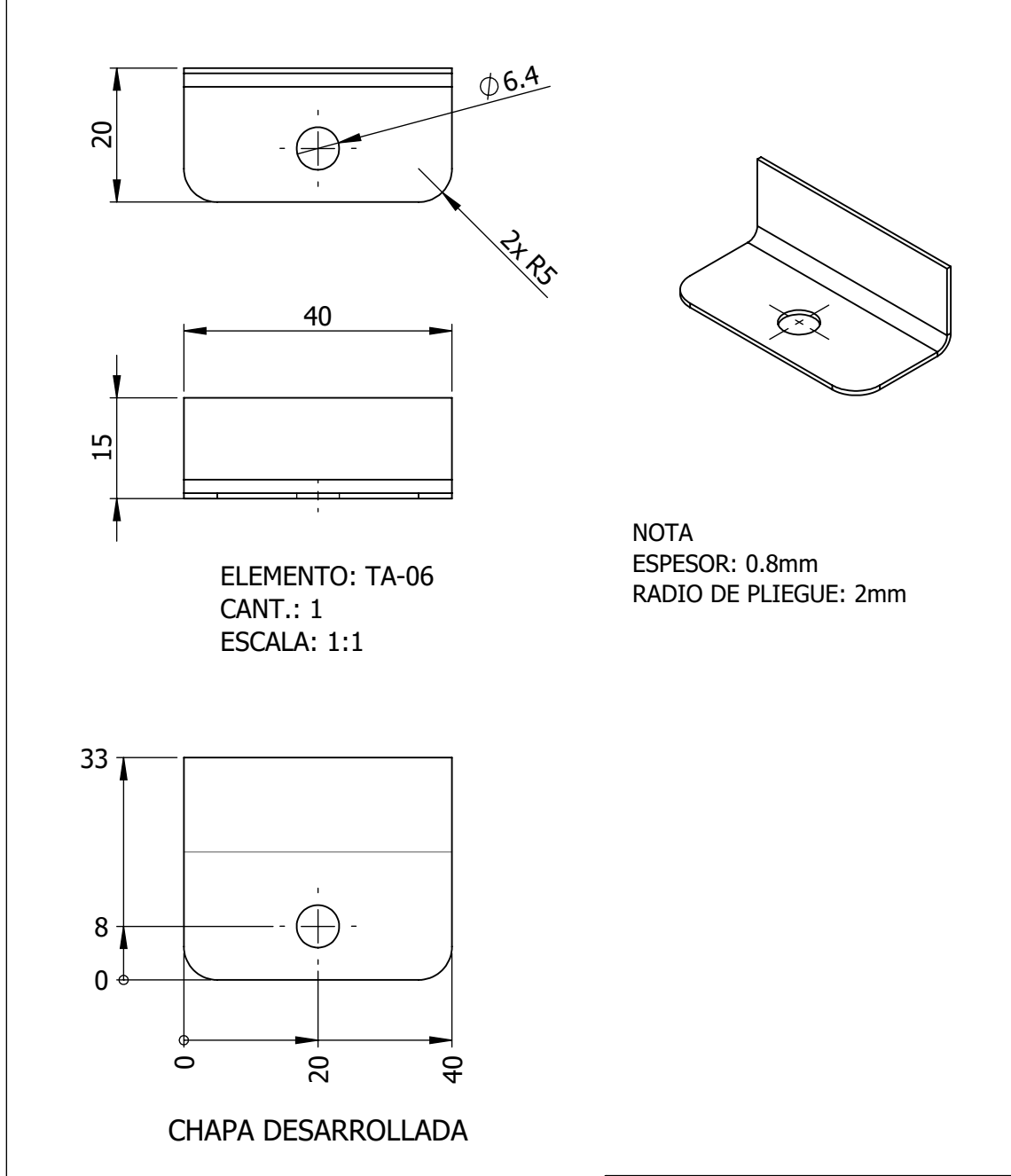
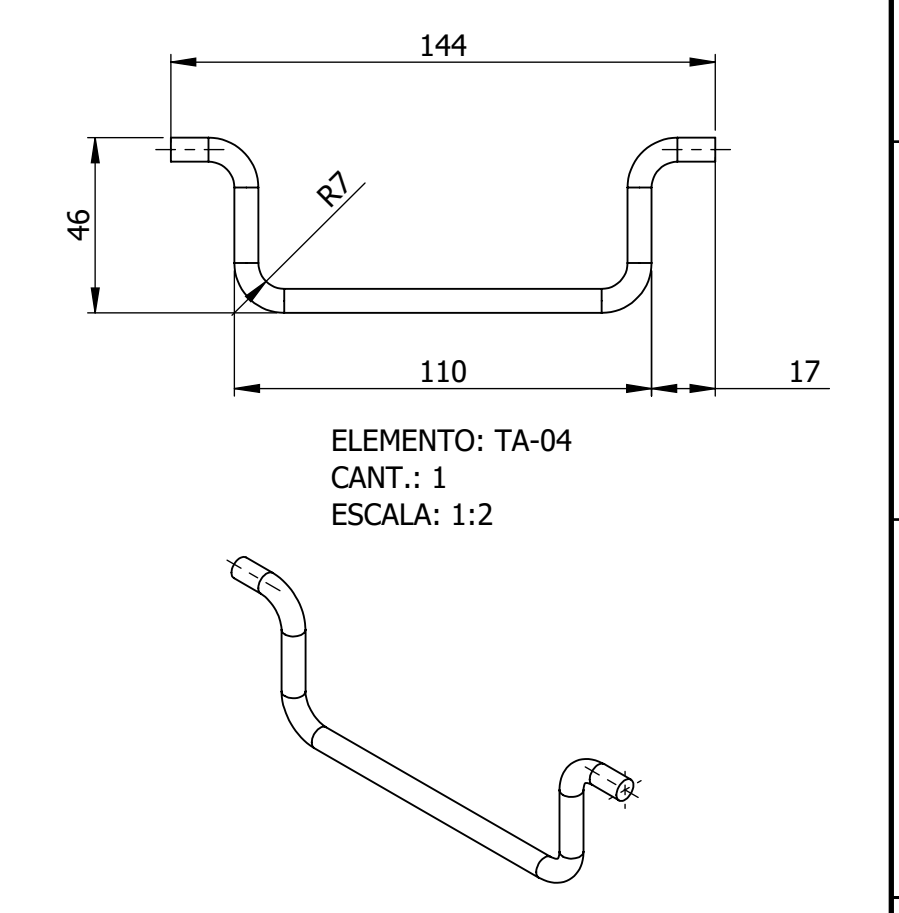
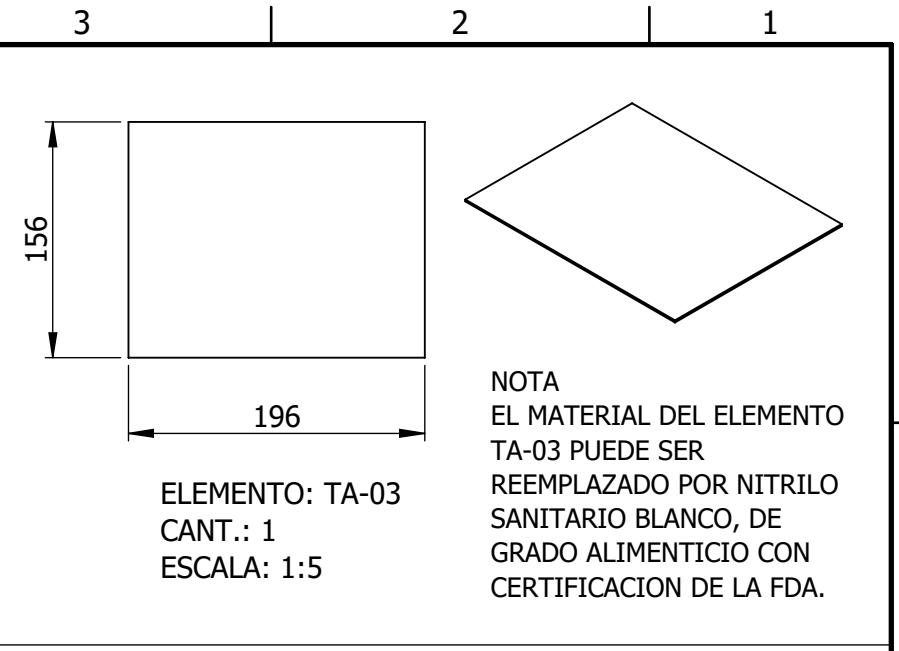
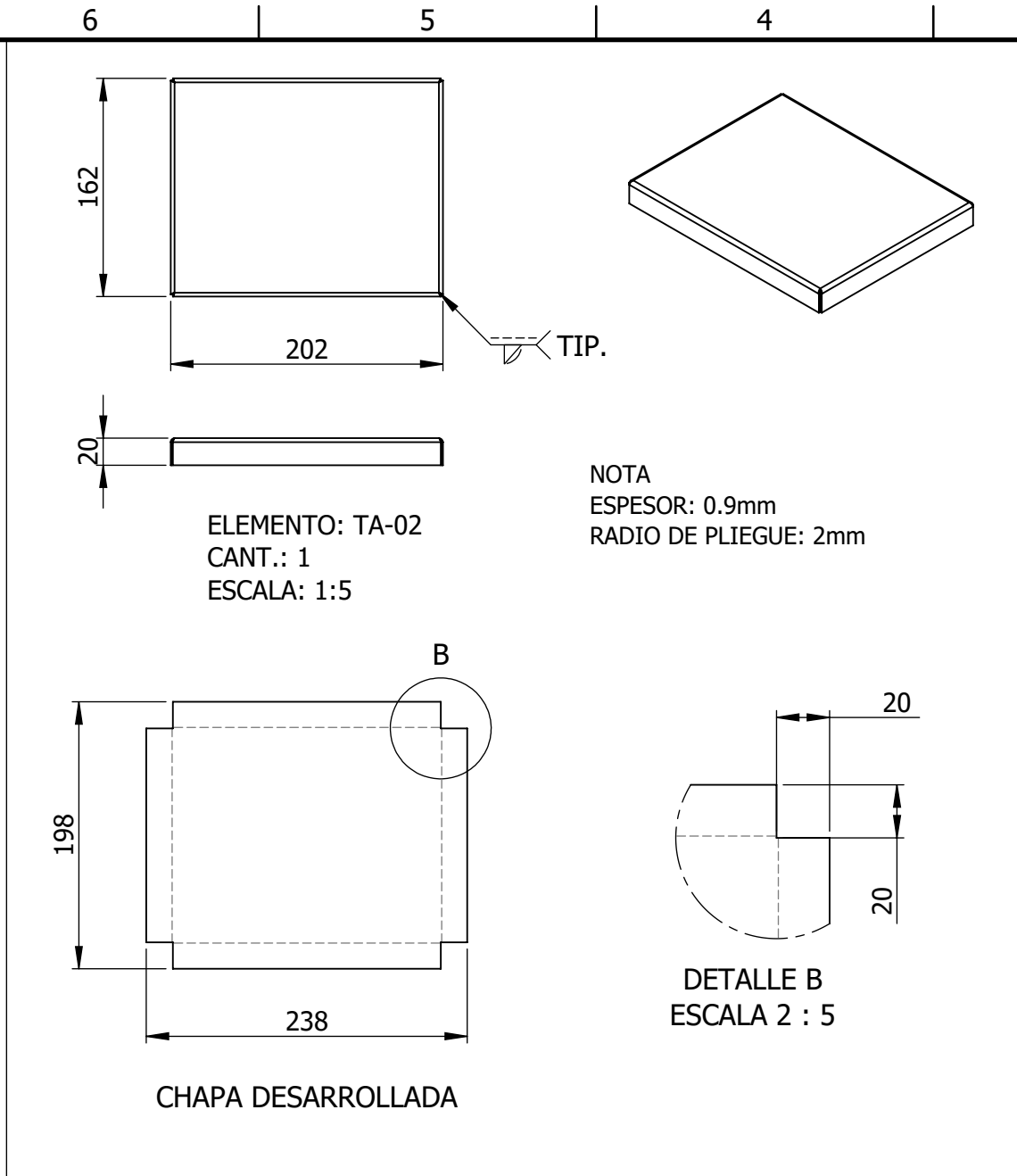
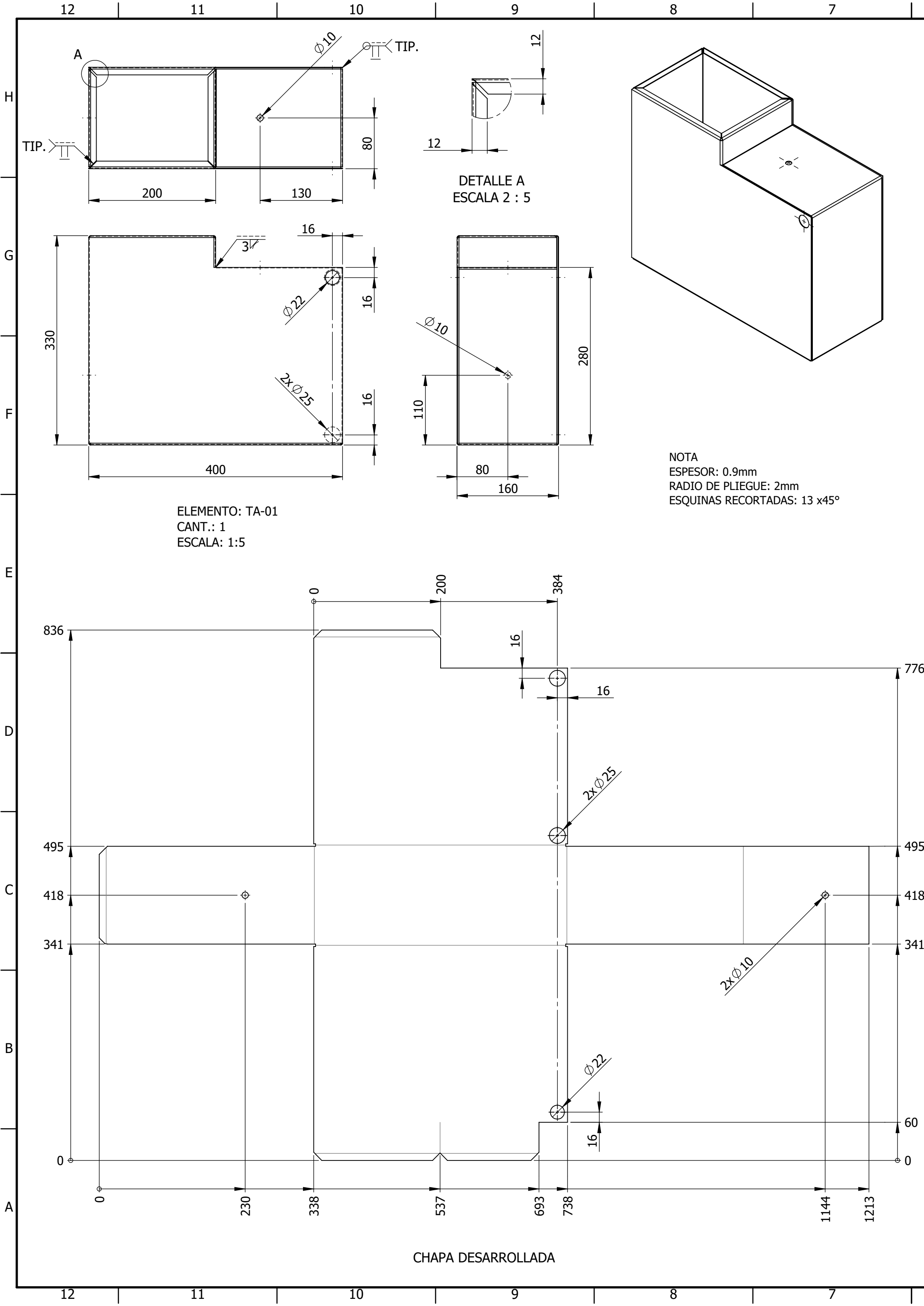
- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 3. PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APORTE ER308L.
 4. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 5. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768							
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL					
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8

4	BGC-04	NIPLE SOLDABLE	1	AISI 304	1/2" NPT ANSI/ASME B1.20.1	FAB. O COM.
3	BGC-03	BRIDA REGULABLE	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
2	BGC-02	BRIDA FIJA	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
1	BGC-01	BANDEJA	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
REF.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA						
		PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCION - CUSCO				ESCALA: 1:5
		PLANO: E-BGC-01 - BANDEJA DE RECOLECCION DE CONDENSADOS - ENSAMBLE				FORMATO: A3
		DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.				FECHA: 01/02/2024
		REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS				HOJA Nº: AWG-012
METODO DE PROYECCION:						





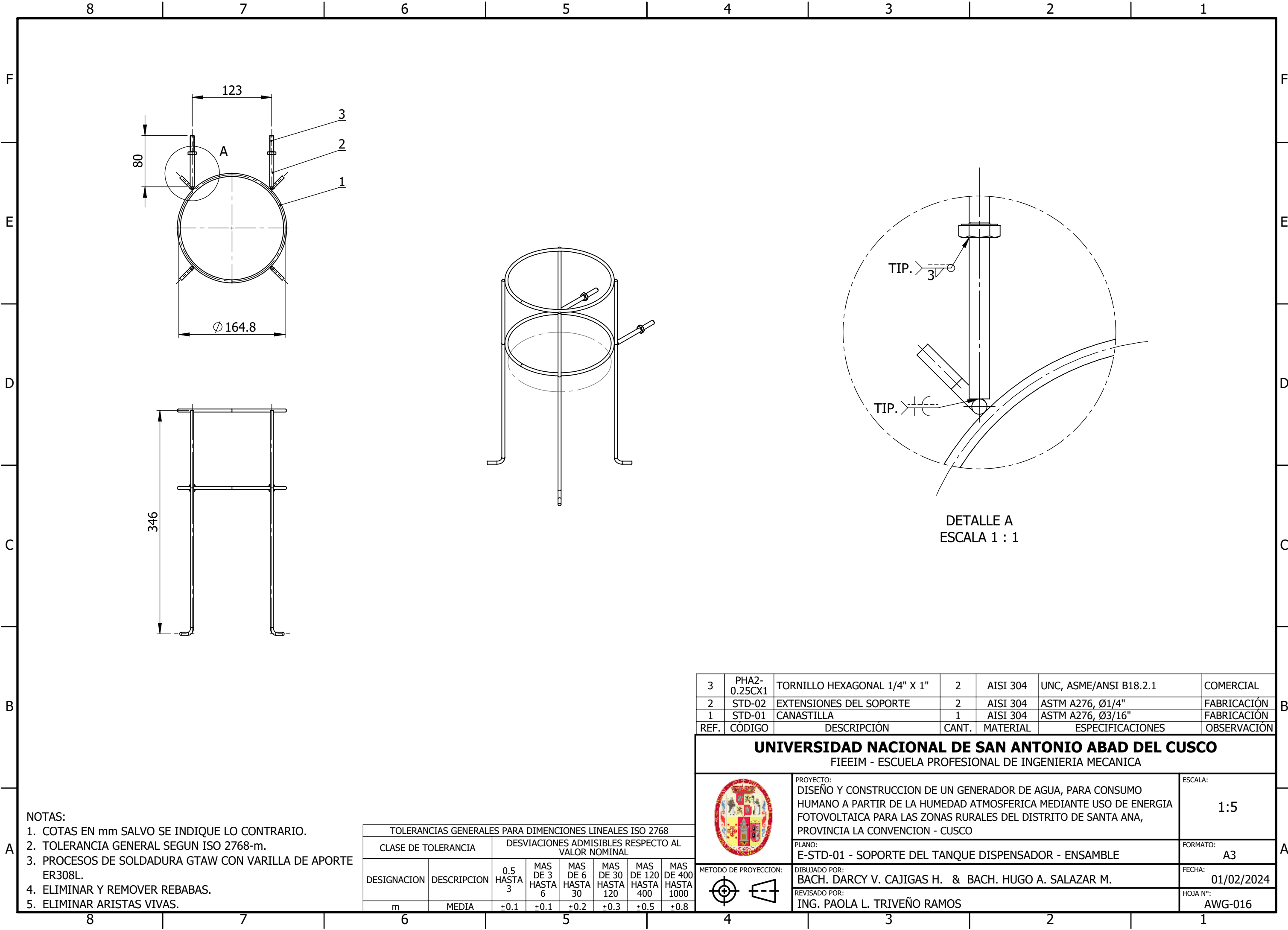


- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
3. PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APORTE ER308L.
4. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
5. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL					
CLASE DE TOLERANCIA		VALOR NOMINAL					
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000
m	MEDIA	+0.1	+0.1	+0.2	+0.3	+0.5	+0.8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FIEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

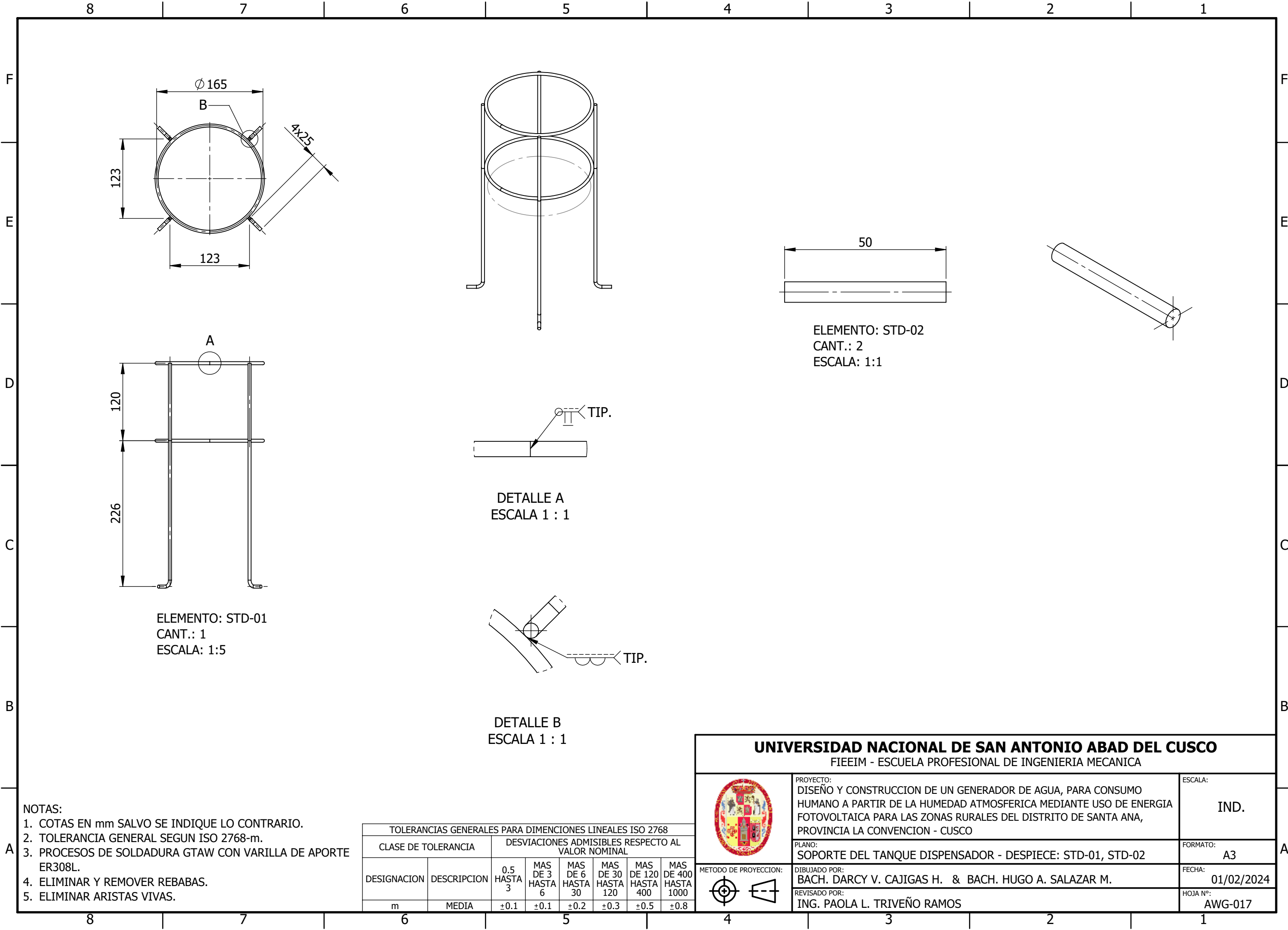
PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN - CUSCO	ESCALA: IND.
PLANO: TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA - DESPIECE: TA-01, TA-02, ..., TA-07	FORMATO: A2
DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	FECHA: 01/02/2024
REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	HOJA N°: AWG-015



- NOTAS:
- 1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 - 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 - 3. PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APOORTE ER308L.
 - 4. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 - 5. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768							
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL					
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8

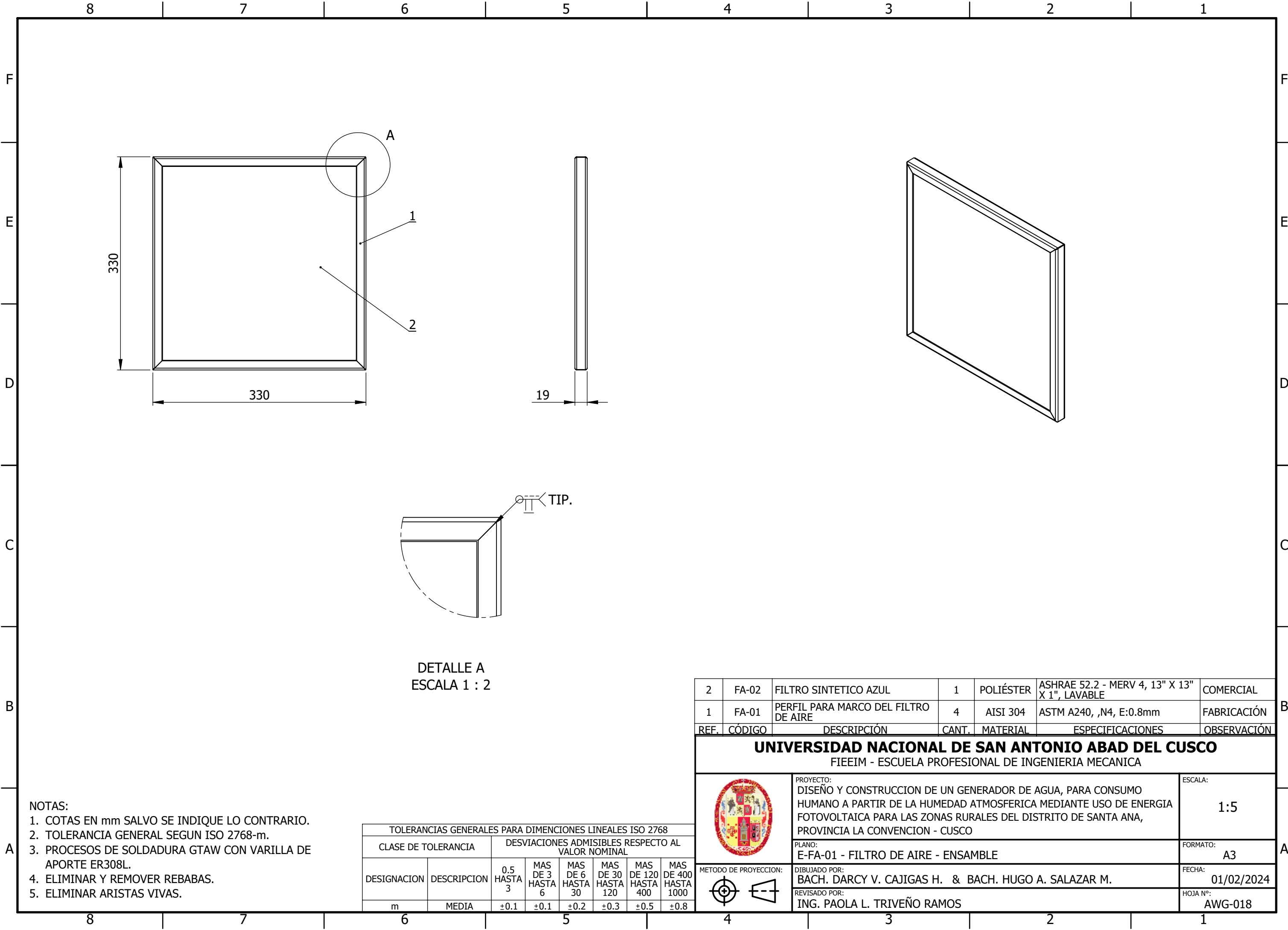
3	PHA2-0.25CX1	TORNILLO HEXAGONAL 1/4" X 1"	2	AISI 304	UNC, ASME/ANSI B18.2.1	COMERCIAL
2	STD-02	EXTENSIONES DEL SOPORTE	2	AISI 304	ASTM A276, Ø1/4"	FABRICACIÓN
1	STD-01	CANASTILLA	1	AISI 304	ASTM A276, Ø3/16"	FABRICACIÓN
REF.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA						
		PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCION - CUSCO				ESCALA: 1:5
		PLANO: E-STD-01 - SOPORTE DEL TANQUE DISPENSADOR - ENSAMBLE				FORMATO: A3
		DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.				FECHA: 01/02/2024
		REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS				HOJA Nº: AWG-016



- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 3. PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APORTE ER308L.
 4. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 5. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768							
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL					
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA		
	PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCION - CUSCO	ESCALA: IND.
	PLANO: SOPORTE DEL TANQUE DISPENSADOR - DESPIECE: STD-01, STD-02	FORMATO: A3
	DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	FECHA: 01/02/2024
	REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	HOJA Nº: AWG-017

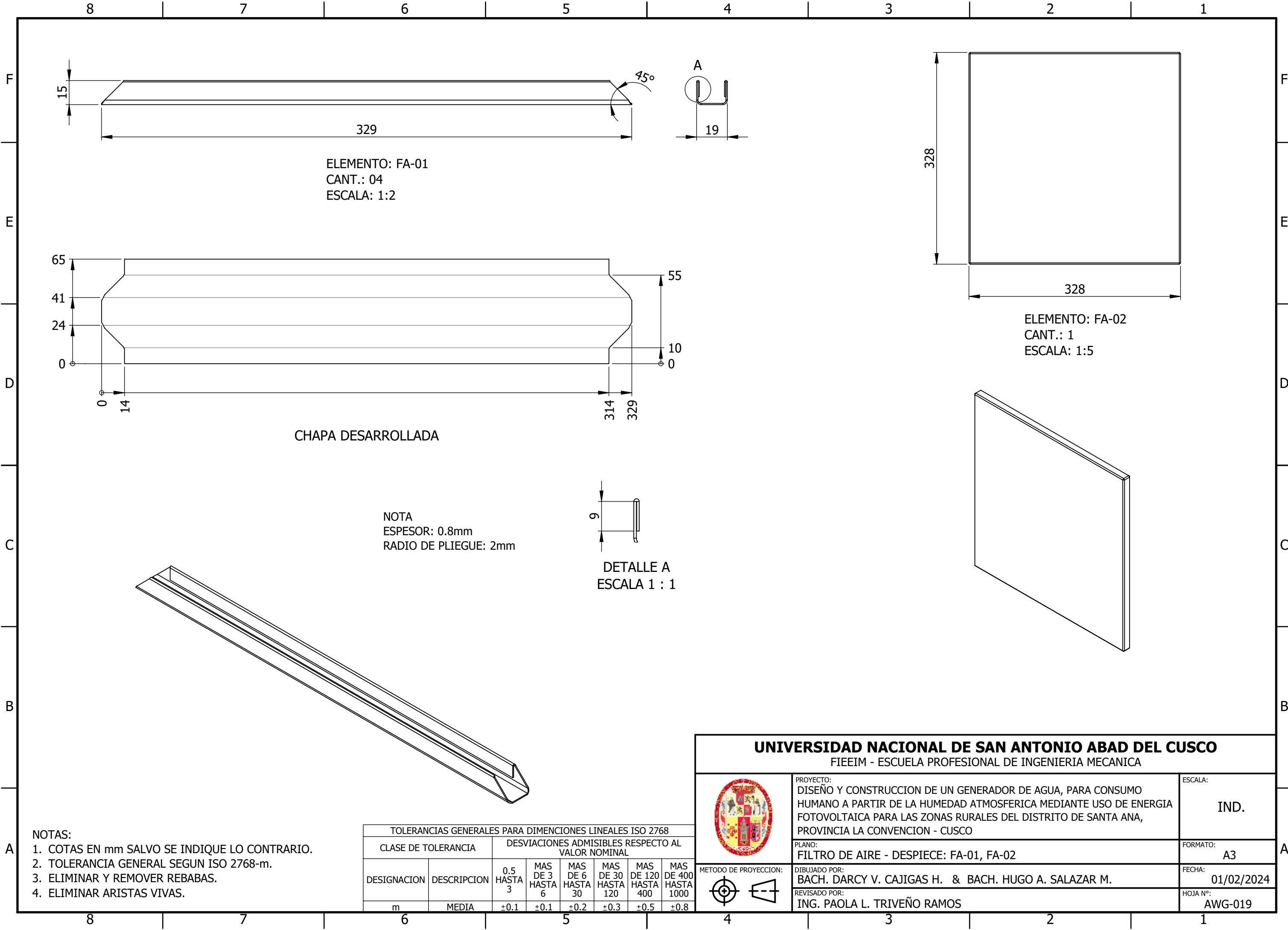


DETALLE A
ESCALA 1 : 2

- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 3. PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APORTE ER308L.
 4. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 5. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENCIONES LINEALES ISO 2768							
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL					
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8

2	FA-02	FILTRO SINTETICO AZUL	1	POLIÉSTER	ASHRAE 52.2 - MERV 4, 13" X 13" X 1", LAVABLE	COMERCIAL
1	FA-01	PERFIL PARA MARCO DEL FILTRO DE AIRE	4	AISI 304	ASTM A240, ,N4, E:0.8mm	FABRICACIÓN
REF.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA						
		PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCION - CUSCO				ESCALA: 1:5
		PLANO: E-FA-01 - FILTRO DE AIRE - ENSAMBLE				FORMATO: A3
		DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.				FECHA: 01/02/2024
		REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS				HOJA Nº: AWG-018



ELEMENTO: FA-01
CANT.: 04
ESCALA: 1:2

ELEMENTO: FA-02
CANT.: 1
ESCALA: 1:5

CHAPA DESARROLLADA

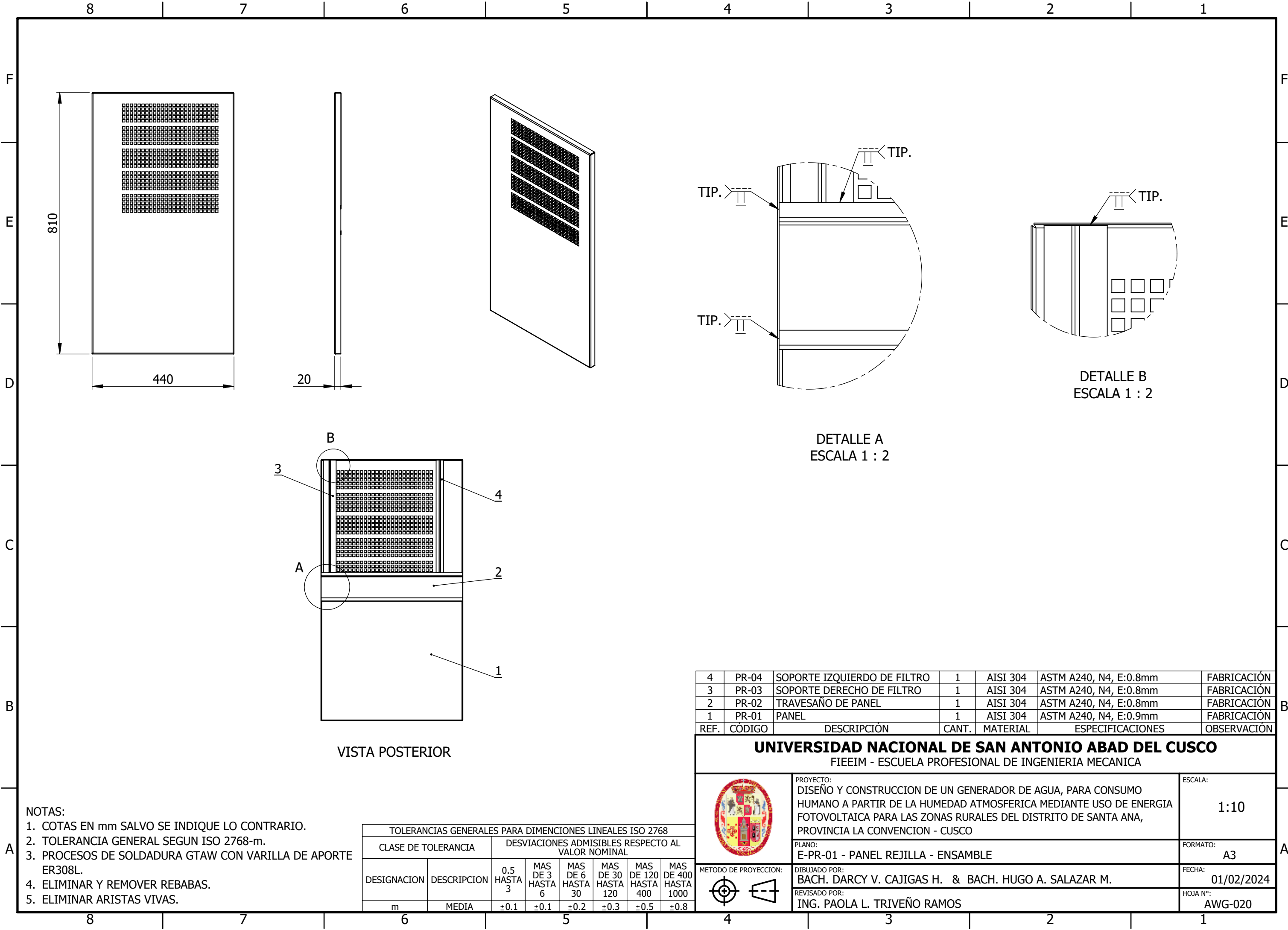
NOTA
ESPESOR: 0.8mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

DETALLE A
ESCALA 1 : 1

- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 3. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 4. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768							
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL					
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8

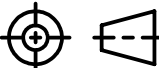
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA		
	PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCION - CUSCO	ESCALA: IND.
	PLANO: FILTRO DE AIRE - DESPIECE: FA-01, FA-02	FORMATO: A3
	DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	FECHA: 01/02/2024
	REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	HOJA Nº: AWG-019

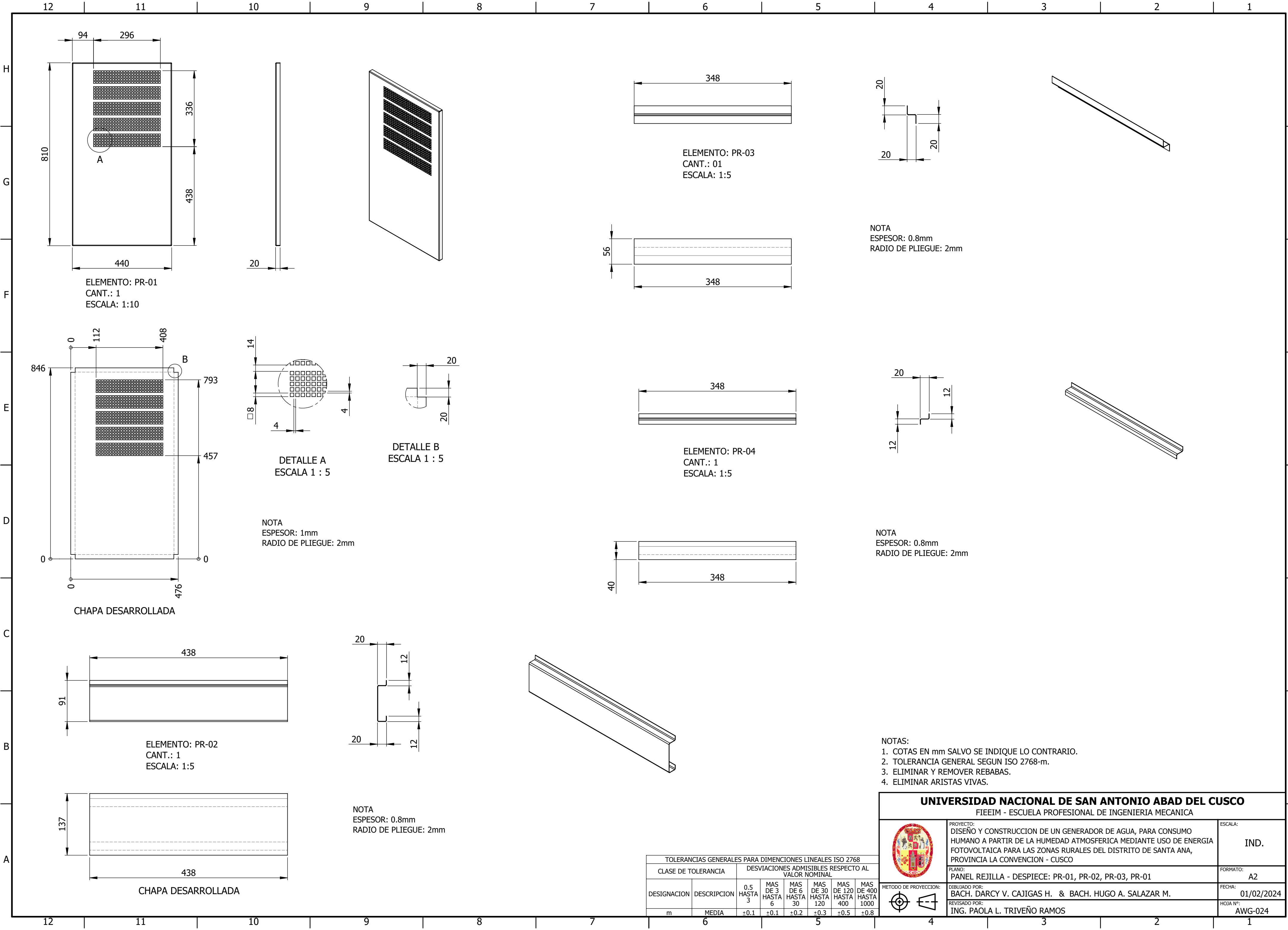


- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 3. PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APORTE ER308L.
 4. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 5. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768							
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL					
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8

4	PR-04	SOPORTE IZQUIERDO DE FILTRO	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.8mm	FABRICACIÓN
3	PR-03	SOPORTE DERECHO DE FILTRO	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.8mm	FABRICACIÓN
2	PR-02	TRAVESAÑO DE PANEL	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.8mm	FABRICACIÓN
1	PR-01	PANEL	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
REF.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA		
	PROYECTO:	ESCALA:
	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCION - CUSCO	1:10
	PLANO:	FORMATO:
	E-PR-01 - PANEL REJILLA - ENSAMBLE	A3
	DIBUJADO POR:	FECHA:
	BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	01/02/2024
	REVISADO POR:	HOJA Nº:
ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS		AWG-020



ELEMENTO: PR-01
CANT.: 1
ESCALA: 1:10

DETALLE A
ESCALA 1 : 5

DETALLE B
ESCALA 1 : 5

ELEMENTO: PR-03
CANT.: 01
ESCALA: 1:5

ELEMENTO: PR-04
CANT.: 1
ESCALA: 1:5

NOTA
ESPESOR: 0.8mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

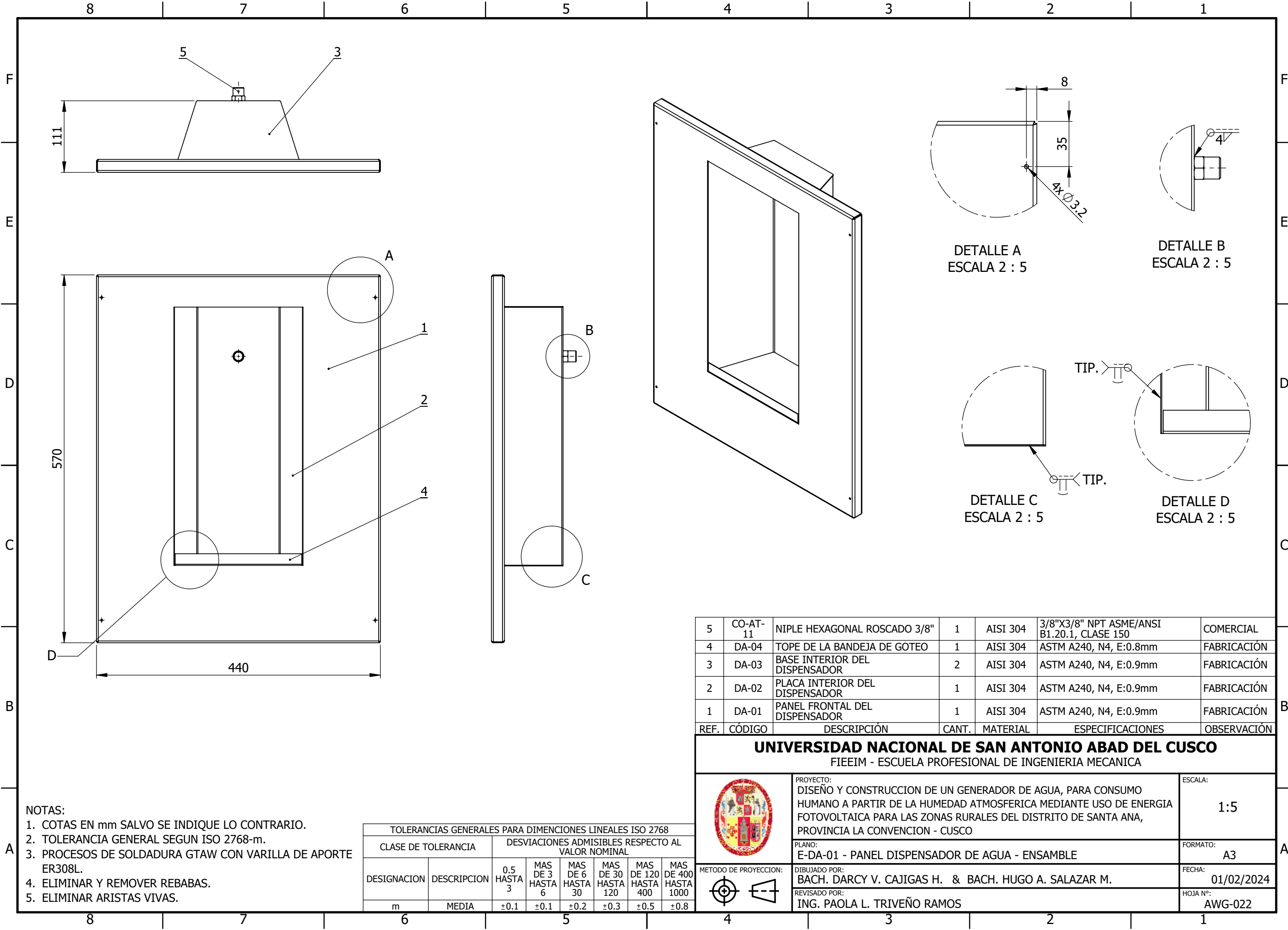
NOTA
ESPESOR: 0.8mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

NOTA
ESPESOR: 0.8mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

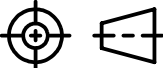
- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 3. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 4. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENCIONES LINEALES ISO 2768						
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL				
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA		
	PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN - CUSCO	ESCALA: IND.
	PLANO: PANEL REJILLA - DESPIECE: PR-01, PR-02, PR-03, PR-01	FORMATO: A2
	DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	FECHA: 01/02/2024
	REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	HOJA Nº: AWG-024

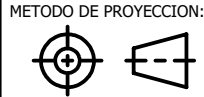


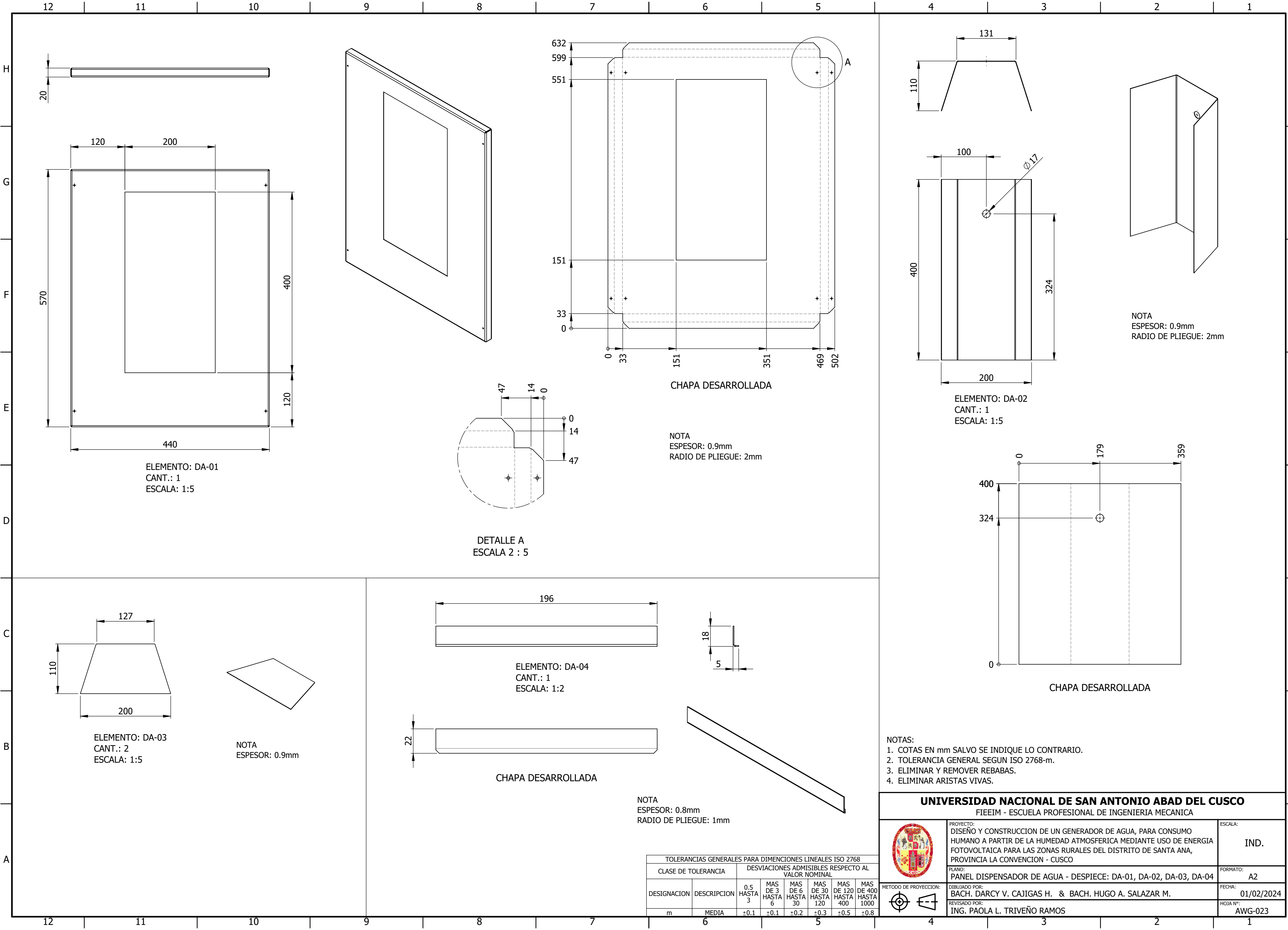
5	CO-AT-11	NIPLE HEXAGONAL ROSCADO 3/8"	1	AISI 304	3/8"X3/8" NPT ASME/ANSI B1.20.1, CLASE 150	COMERCIAL
4	DA-04	TOPE DE LA BANDEJA DE GOTEO	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.8mm	FABRICACIÓN
3	DA-03	BASE INTERIOR DEL DISPENSADOR	2	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
2	DA-02	PLACA INTERIOR DEL DISPENSADOR	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
1	DA-01	PANEL FRONTAL DEL DISPENSADOR	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
REF.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIÓN

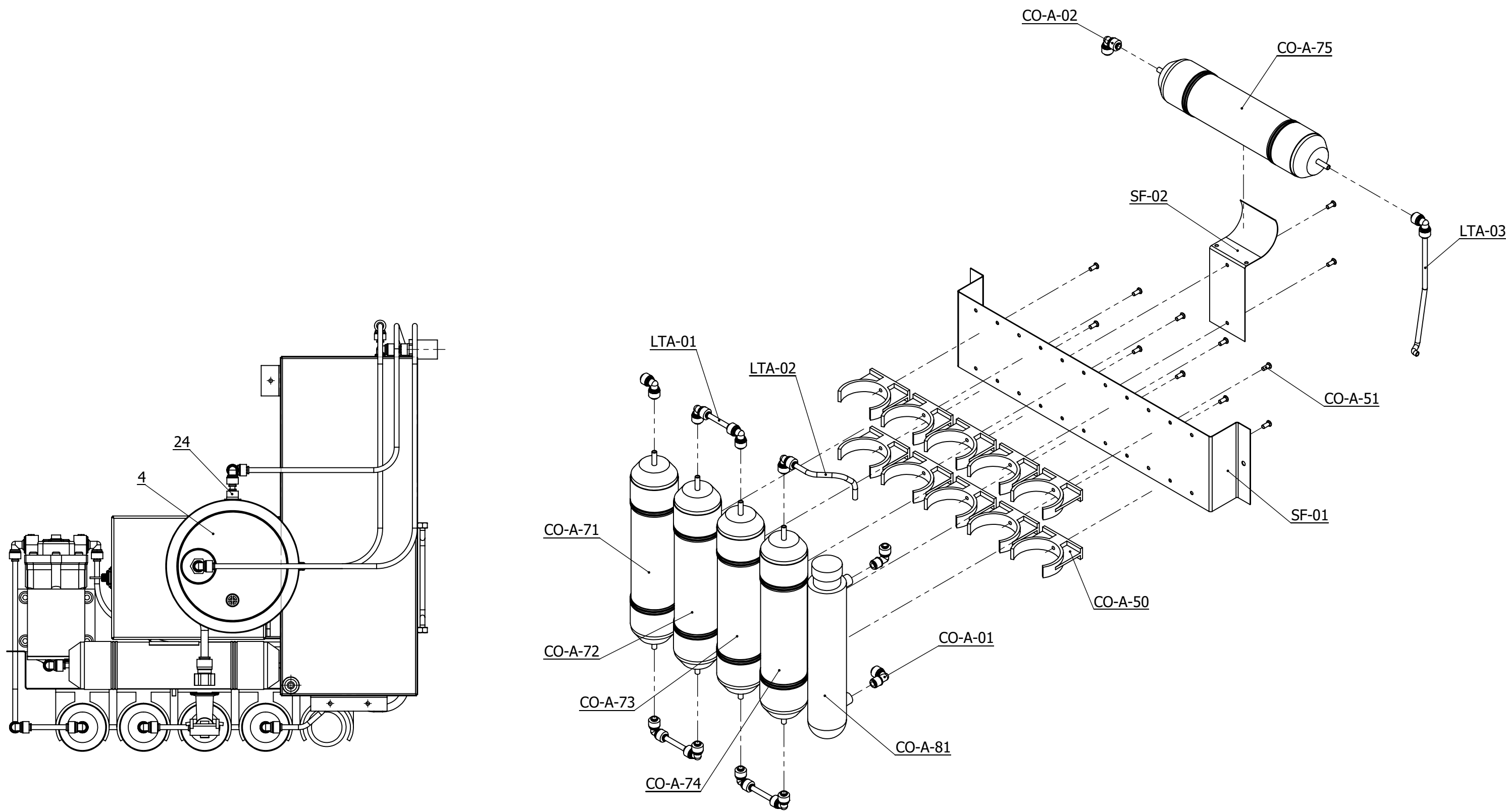
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA		
	PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCION - CUSCO	ESCALA: 1:5
	PLANO: E-DA-01 - PANEL DISPENSADOR DE AGUA - ENSAMBLE	FORMATO: A3
	DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	FECHA: 01/02/2024
	REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	HOJA N°: AWG-022

- NOTAS:
- COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 - TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 - PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APORTE ER308L.
 - ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 - ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

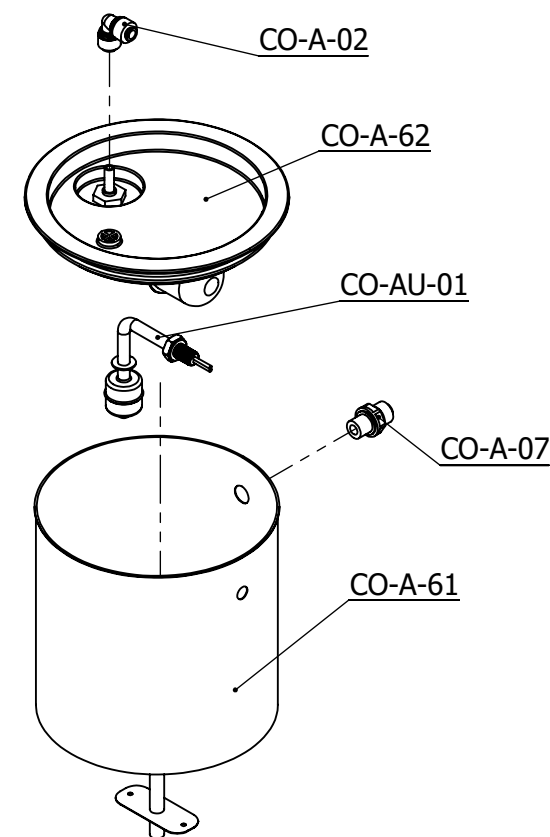
TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768							
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL					
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8



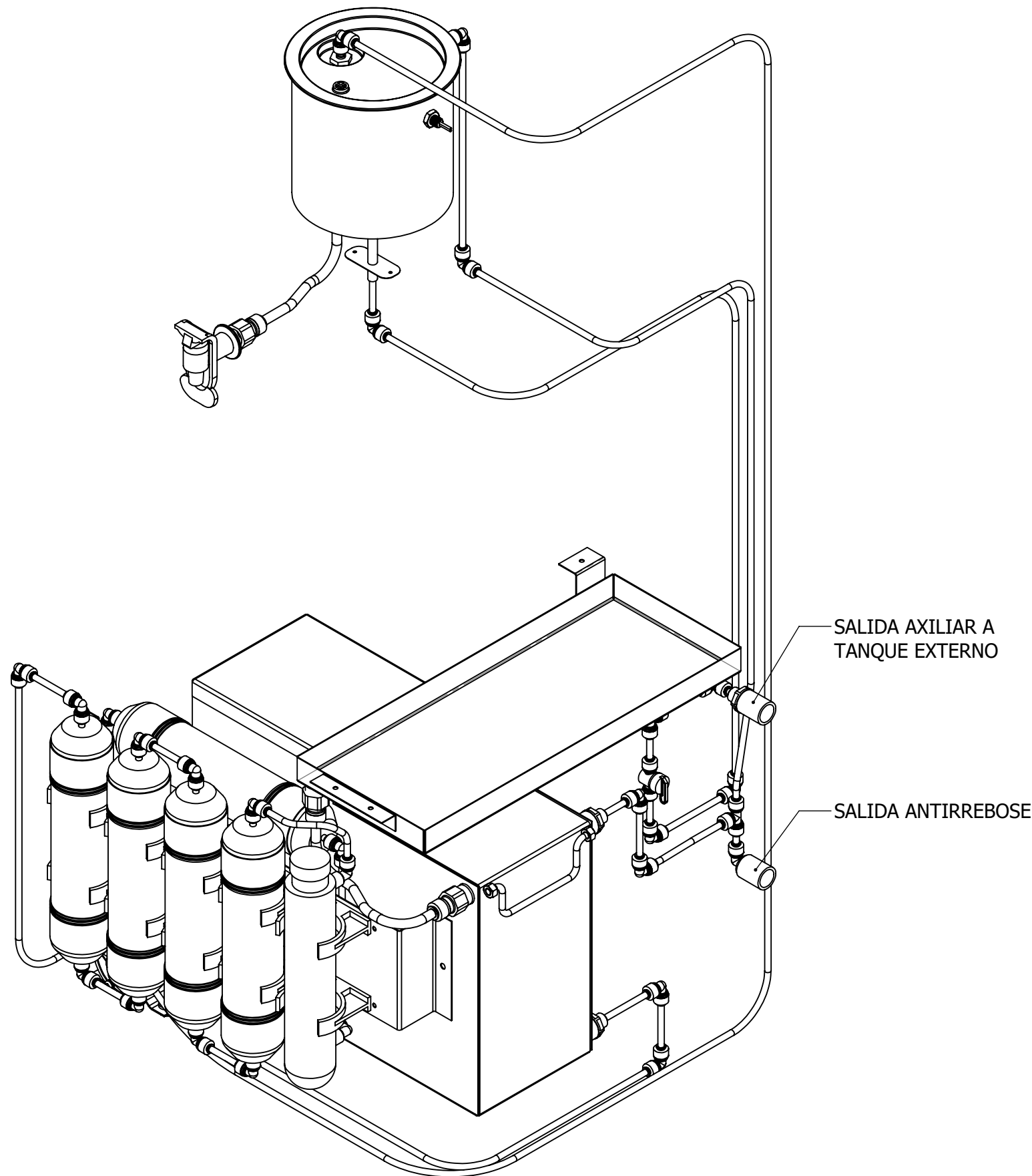
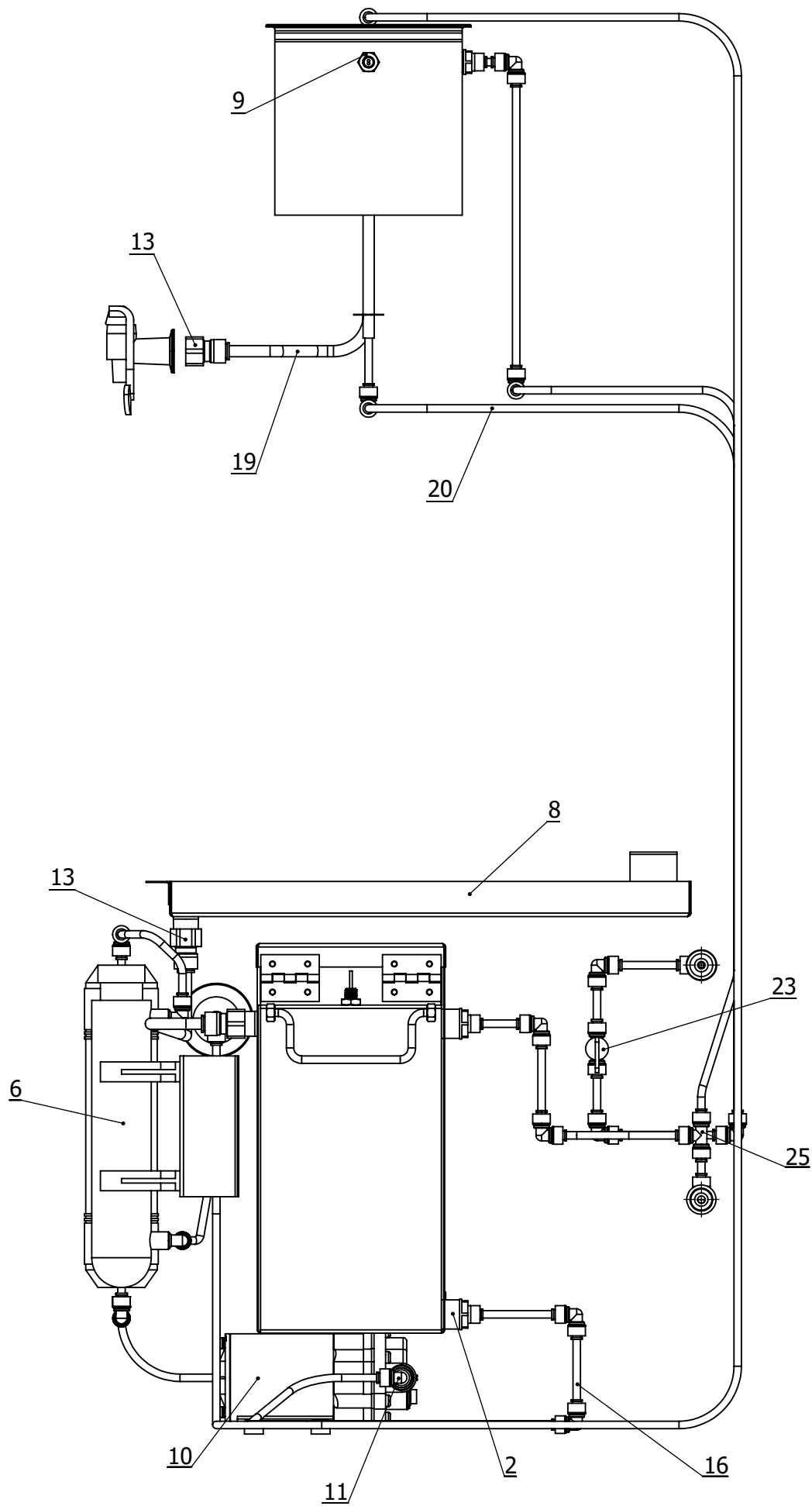
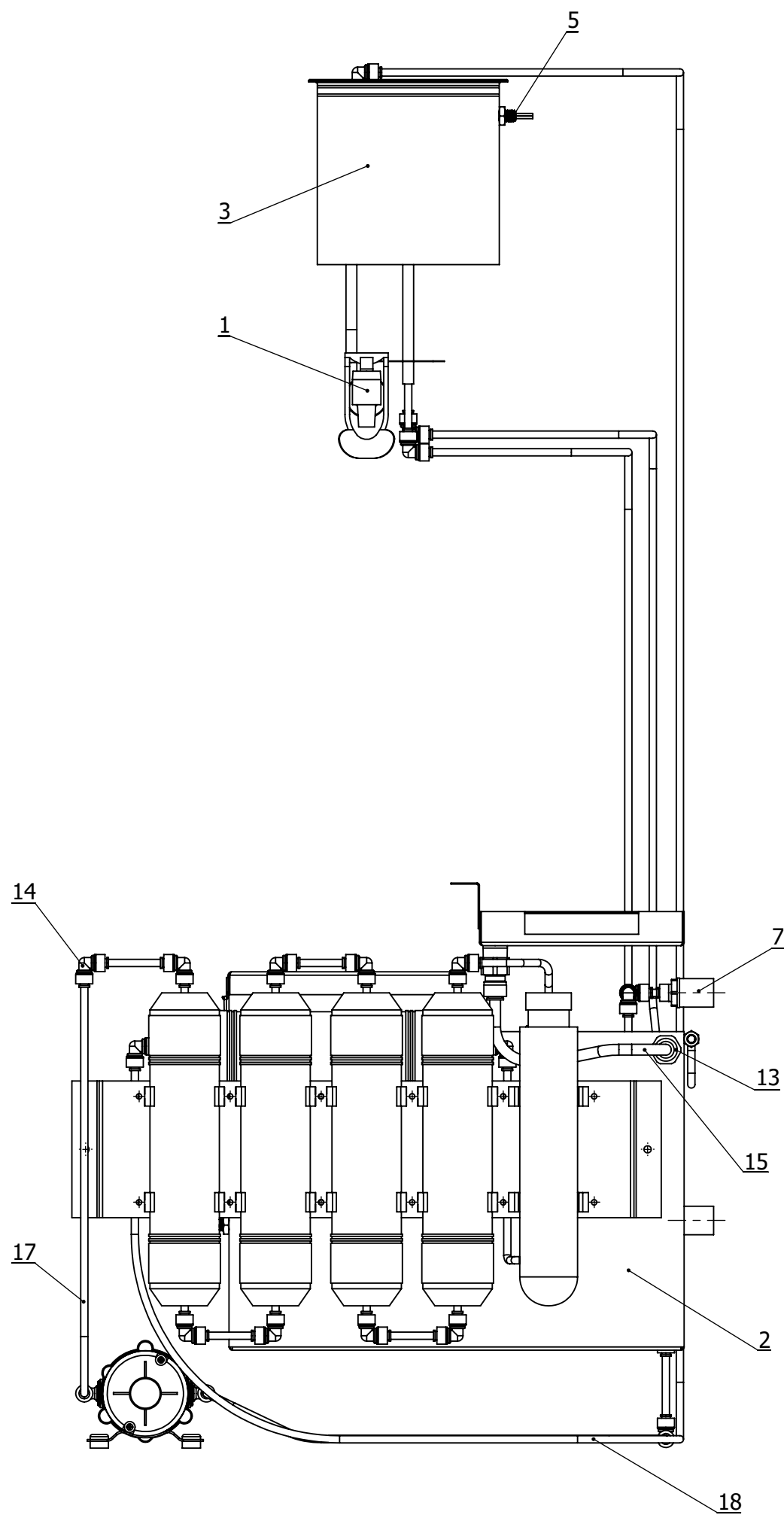




DETALLE: E-SF-01
SISTEMA DE FILTROS EN LINEA



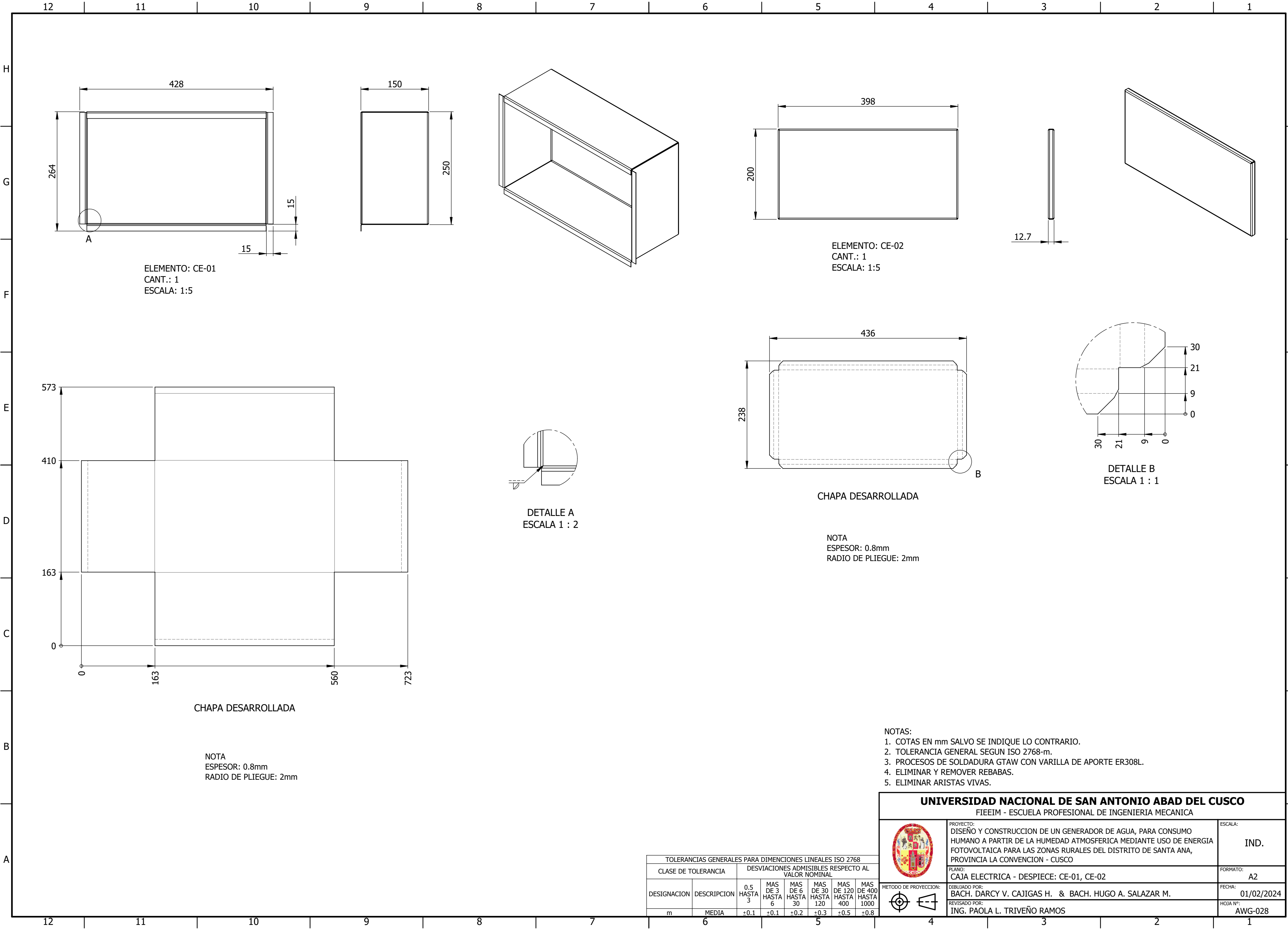
DETALLE: TANQUE DE AGUA DEL DISPENSADOR



NOTAS:

1. PARA TUBERIAS DE 1/4" O.D. EL RADIO DE DOBLADO RECOMENDADO ES 1.25" Y PARA TUBERIAS DE 3/8" O.D. EL RADIO DE DOBLADO RECOMENDADO ES 2".

26	CO-A-11	CODO DE CONEXIÓN RÁPIDA CON CONECTOR MACHO	1	POLIPROPILENO	1/4" O.D. TUBO X 1/2" NPTF, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
25	CO-A-03	TE DE CONECCION RAPIDA	1	POLIPROPILENO	1/4" O.D. TUBO X 3, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
24	CO-A-07	CONECTOR RAPIDO A ROSCA MACHO	1	POLIPROPILENO	1/4" NPT X 1/4" O.D. TUBO, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
23	CO-A-15	CONECTOR DE UNION DE VALVULA DE BOLA MANUAL CON CONEXION RAPIDA	1	POLIPROPILENO	1/4" O.D. TUBO X 1/4" O.D. TUBO, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
22	LA-08	LINEA DE AGUA (TANQUE DE ALMACENAMIENTO - SALIDA ANTIRREBOSE)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
21	LA-07	LINEA DE AGUA (TANQUE ANTIRREBOSE)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
20	LA-06	LINEA DE AGUA (TANQUE DEL DISPENSADOR - SALIDA A TANQUE EXTERNO)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
19	LA-05	LINEA DE AGUA (TANQUE DEL DISPENSADOR - DISPENSADOR)	1	LLDPE	O.D. 3/8", I.D. 1/4", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
18	LA-04	LINEA DE AGUA (FILTROS EN LINEA - TANQUE DEL DISPENSADOR)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
17	LA-03	LINEA DE AGUA (BOMBA - FILTROS EN LINEA)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
16	LA-02	LINEA DE AGUA (TANQUE DE ALMACENAMIENTO - BOMBA)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
15	LA-01	LINEA DE AGUA (BANDEJA - TANQUE DE ALMACENAMIENTO)	1	LLDPE	O.D. 3/8", I.D. 1/4", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
14	CO-A-02	CODO DE CONECCIÓN RÁPIDA	13	POLIPROPILENO	1/4" O.D. TUBO X 1/4 O.D. TUBO, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
13	CO-A-09	CONECTOR RAPIDO A ROSCA HEMBRA	3	PP	1/2" NTP X 3/8" O.D. TUBO, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
12	CO-A-05	CONECTOR RAPIDO A ROSCA MACHO	3	POLIPROPILENO	1/2" NPT X 1/4" O.D. TUBO, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
11	CO-A-10	CODO DE CONEXIÓN RÁPIDA CON CONECTOR MACHO	2	POLIPROPILENO	1/4" O.D. TUBO X 3/8" NPTF, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
10	CO-A-40	BOMBA DE REFUERZO DE DIAFRAGMA	1	-	24VDC, 0.5MPA, 750ML/MIN, 75GPD, CONEXION 3/8" NPT, NSF, ROHS	COMERCIAL
9	THDA2-M10	TUERCA HEXAGONAL DELGADA M10X1.5	1	AISI 304	DIN EN 24035	COMERCIAL
8	E-BGC-01	BANDEJA DE RECOLECCION DE CONDENSADOS	1	-	-	FABRICACIÓN
7	CO-AT-15	UNION SIMPLE ROSCADA 1/2"	2	AISI 304	1/2"X1/2" NPT ANSI/ASME B1.20.1, CLASE 150	COMERCIAL
	LTA-03	CONEXION (FILTRO UV - FILTRO AUXILIAR)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
	LTA-02	CONEXION (4TO FILTRO - FILTRO UV)	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
	LTA-01	CONEXION DE FILTROS EN LINEA	3	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17", BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
	SF-02	SOPORTE DE FILTRO AUXILIAR	1	AISI 304	ASTM 240, N4, E:0.8mm	FABRICACIÓN
	CO-A-01	CODO DE CONEXIÓN RÁPIDA CON CONECTOR MACHO	2	POLIPROPILENO	1/4" O.D. TUBO X 1/4" NPTF, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
	CO-A-02	CODO DE CONECCIÓN RÁPIDA	10	POLIPROPILENO	1/4" O.D. TUBO X 1/4 O.D. TUBO, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
	CO-A-75	FILTRO MINERALIZADOR CON BALANCEADOR DE PH	1	POLIPROPILENO	1GPM, 30-125PSI, VIDA UTIL 6 000L - 2.5" P/CONEXION RAPIDA 1/4"	COMERCIAL
	CO-A-81	ESTERILIZADOR DE AGUA POR UV	1	ACERO INOXIDABLE	1GPM, LAMPARA UV12W, TIEMPO DE VIDA 6 000-8 000h, P/CONEXION RAPIDA 1/4"	COMERCIAL
	CO-A-74	FILTRO DE CARBON ACTIVADO EN BLOQUE CTO	1	POLIPROPILENO	1GPM, 30-125PSI, 5µm, VIDA UTIL 6 000L P/CONEXION RAPIDA 1/4"	COMERCIAL
	CO-A-73	FILTRO DE CARBON ACTIVADO T33	1	POLIPROPILENO	1GPM, 30-125PSI, 5µm, VIDA UTIL 8 000L P/CONEXION RAPIDA 1/4"	COMERCIAL
	CO-A-72	FILTRO DE ULTRAFILTRACION UF	1	POLIPROPILENO	0.75GPM, 30-125PSI, 0.1µm, VIDA UTIL 10 000 GAL., P/CONEXION RAPIDA 1/4"	COMERCIAL
	CO-A-71	FILTRO DE SEDIMENTO PP	1	POLIPROPILENO	0.75GPM, 30-125PSI, 5µm, VIDA UTIL 2000 GAL. P/CONEXION RAPIDA 1/4"	COMERCIAL
	CO-A-51	TORNILLO DE CABEZA REDONA CON RANURA EN CRUZ 3/16"X3/8"	12	AISI 304	ANSI/ASME B18.6.3	COMERCIAL
	CO-A-50	ABRAZADERA TIPO CLIP PARA FILTRO DE AGUA	10	PP	Ø2.5", BLANCO, P/PARED	COMERCIAL
	SF-01	SOPORTE PARA FILTROS DE AGUA EN LINEA	1	AISI 304	ASTM 240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
6	E-SF-01	SISTEMA DE FILTROS EN LINEA	1	-	6 FILTROS	FABRICACIÓN
5	CO-AU-01	SENSOR DE NIVEL DE AGUA DE ANGULO	1	AISI 304	220VAC, 1.5A, NO/NC (AJUSTABLE), 78mm, M10X1.5	COMERCIAL
4	CO-A-62	TAPA Y BOYA PARA TANQUE DE DISPENSADOR DE AGUA	1	POLIPROPILENO	P/TANQUE DE Ø160MM, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
3	CO-A-61	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA DISPENSADOR	1	AISI 304	1L, P/AGUA FRIA	COMERCIAL
2	E-TA-01	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA (SIN TRATAR)	1	-	CAPACIDAD 15L	FABRICACIÓN
1	CO-A-35	CAÑO PARA DISPENSADOR TIPO PUSH-IN	1	POM ACETAL COPOLYMER	CONEXIÓN HEMBRA 3/8" NPT, P/AGUA FRIA, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
REF.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIÓN



ELEMENTO: CE-01
CANT.: 1
ESCALA: 1:5

ELEMENTO: CE-02
CANT.: 1
ESCALA: 1:5

DETALLE A
ESCALA 1 : 2

DETALLE B
ESCALA 1 : 1

CHAPA DESARROLLADA

CHAPA DESARROLLADA

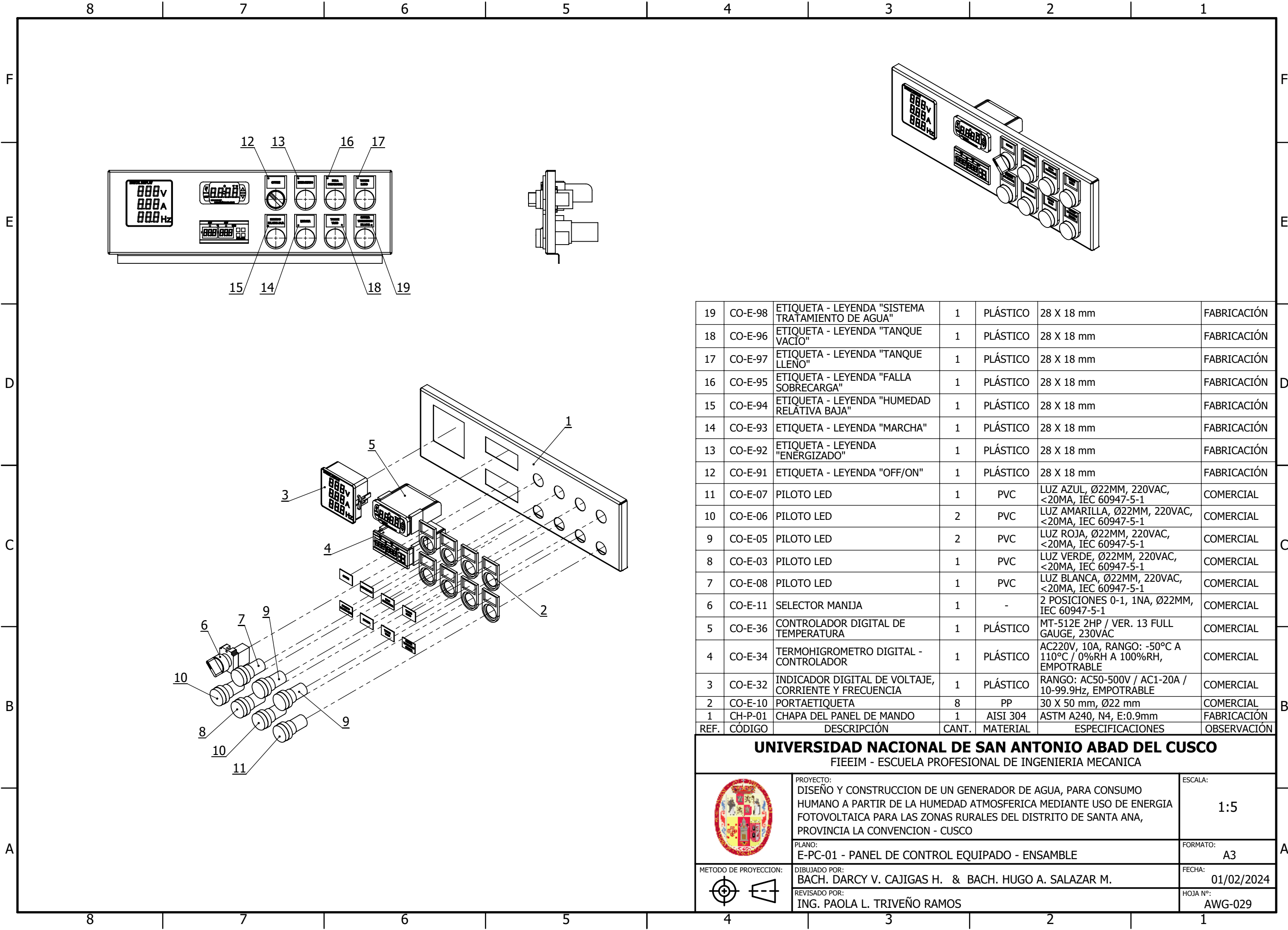
NOTA
ESPESOR: 0.8mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

NOTA
ESPESOR: 0.8mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

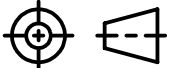
- NOTAS:
- 1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 - 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 - 3. PROCESOS DE SOLDADURA GTAW CON VARILLA DE APORTE ER308L.
 - 4. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 - 5. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

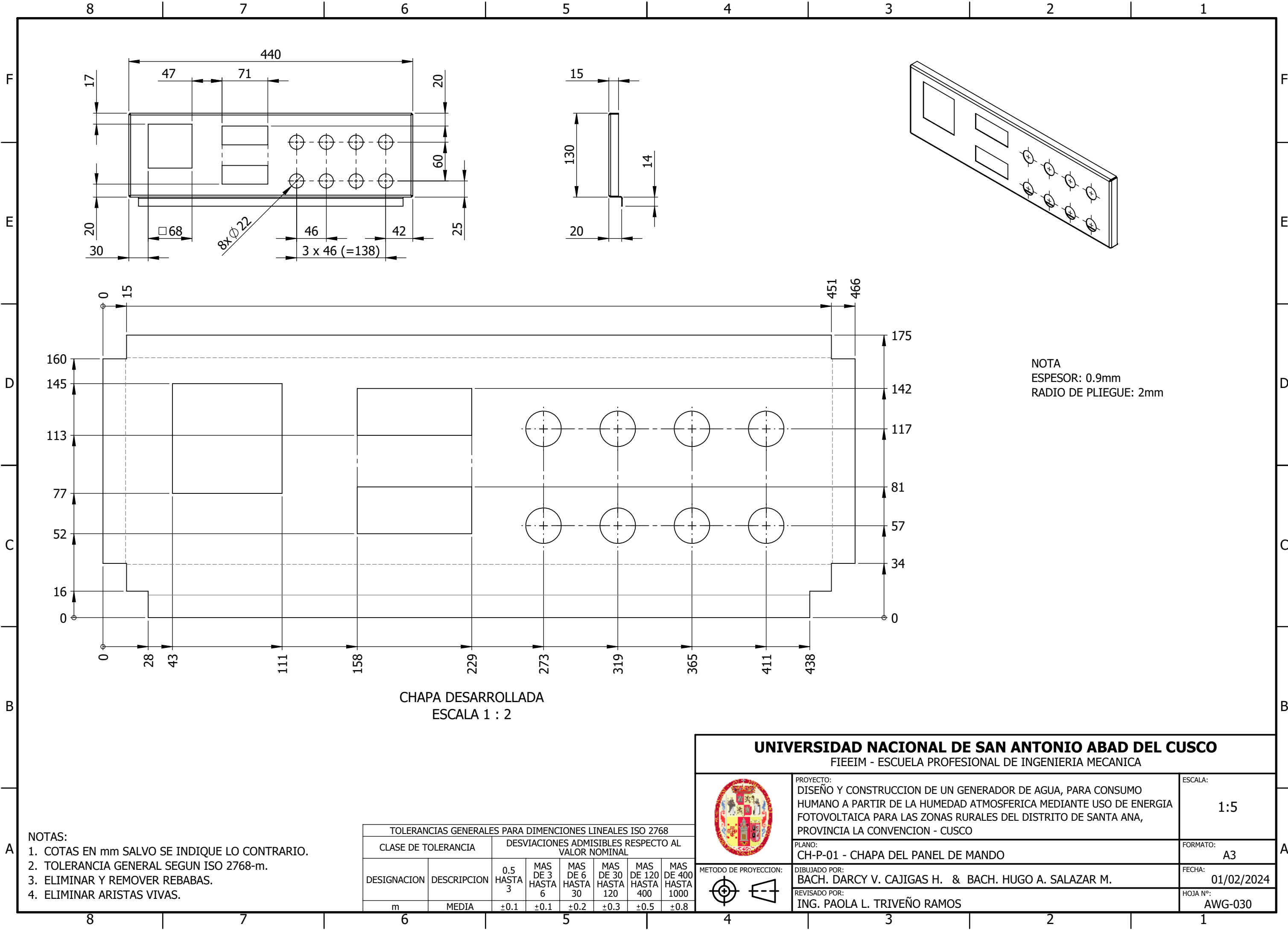
TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENCIONES LINEALES ISO 2768						
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL				
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA		
	PROYECTO:	ESCALA:
	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN - CUSCO	IND.
	PLANO:	FORMATO:
	CAJA ELECTRICA - DESPIECE: CE-01, CE-02	A2
	DIBUJADO POR:	FECHA:
	BACH. DÁRCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	01/02/2024
	REVISADO POR:	HOJA Nº:
	ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	AWG-028



19	CO-E-98	ETIQUETA - LEYENDA "SISTEMA TRATAMIENTO DE AGUA"	1	PLÁSTICO	28 X 18 mm	FABRICACIÓN
18	CO-E-96	ETIQUETA - LEYENDA "TANQUE VACÍO"	1	PLÁSTICO	28 X 18 mm	FABRICACIÓN
17	CO-E-97	ETIQUETA - LEYENDA "TANQUE LLENO"	1	PLÁSTICO	28 X 18 mm	FABRICACIÓN
16	CO-E-95	ETIQUETA - LEYENDA "FALLA SOBRECARGA"	1	PLÁSTICO	28 X 18 mm	FABRICACIÓN
15	CO-E-94	ETIQUETA - LEYENDA "HUMEDAD RELATIVA BAJA"	1	PLÁSTICO	28 X 18 mm	FABRICACIÓN
14	CO-E-93	ETIQUETA - LEYENDA "MARCHA"	1	PLÁSTICO	28 X 18 mm	FABRICACIÓN
13	CO-E-92	ETIQUETA - LEYENDA "ENÉRGIZADO"	1	PLÁSTICO	28 X 18 mm	FABRICACIÓN
12	CO-E-91	ETIQUETA - LEYENDA "OFF/ON"	1	PLÁSTICO	28 X 18 mm	FABRICACIÓN
11	CO-E-07	PILOTO LED	1	PVC	LUZ AZUL, Ø22MM, 220VAC, <20MA, IEC 60947-5-1	COMERCIAL
10	CO-E-06	PILOTO LED	2	PVC	LUZ AMARILLA, Ø22MM, 220VAC, <20MA, IEC 60947-5-1	COMERCIAL
9	CO-E-05	PILOTO LED	2	PVC	LUZ ROJA, Ø22MM, 220VAC, <20MA, IEC 60947-5-1	COMERCIAL
8	CO-E-03	PILOTO LED	1	PVC	LUZ VERDE, Ø22MM, 220VAC, <20MA, IEC 60947-5-1	COMERCIAL
7	CO-E-08	PILOTO LED	1	PVC	LUZ BLANCA, Ø22MM, 220VAC, <20MA, IEC 60947-5-1	COMERCIAL
6	CO-E-11	SELECTOR MANIJA	1	-	2 POSICIONES 0-1, 1NA, Ø22MM, IEC 60947-5-1	COMERCIAL
5	CO-E-36	CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA	1	PLÁSTICO	MT-512E 2HP / VER. 13 FULL GAUGE, 230VAC	COMERCIAL
4	CO-E-34	TERMOHIGROMETRO DIGITAL - CONTROLADOR	1	PLÁSTICO	AC220V, 10A, RANGO: -50°C A 110°C / 0%RH A 100%RH, EMPOTRABLE	COMERCIAL
3	CO-E-32	INDICADOR DIGITAL DE VOLTAJE, CORRIENTE Y FRECUENCIA	1	PLÁSTICO	RANGO: AC50-500V / AC1-20A / 10-99.9Hz, EMPOTRABLE	COMERCIAL
2	CO-E-10	PORTAETIQUETA	8	PP	30 X 50 mm, Ø22 mm	COMERCIAL
1	CH-P-01	CHAPA DEL PANEL DE MANDO	1	AISI 304	ASTM A240, N4, E:0.9mm	FABRICACIÓN
REF.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA		
	PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCION - CUSCO	ESCALA: 1:5
	PLANO: E-PC-01 - PANEL DE CONTROL EQUIPADO - ENSAMBLE	FORMATO: A3
	DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	FECHA: 01/02/2024
	REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	HOJA N°: AWG-029



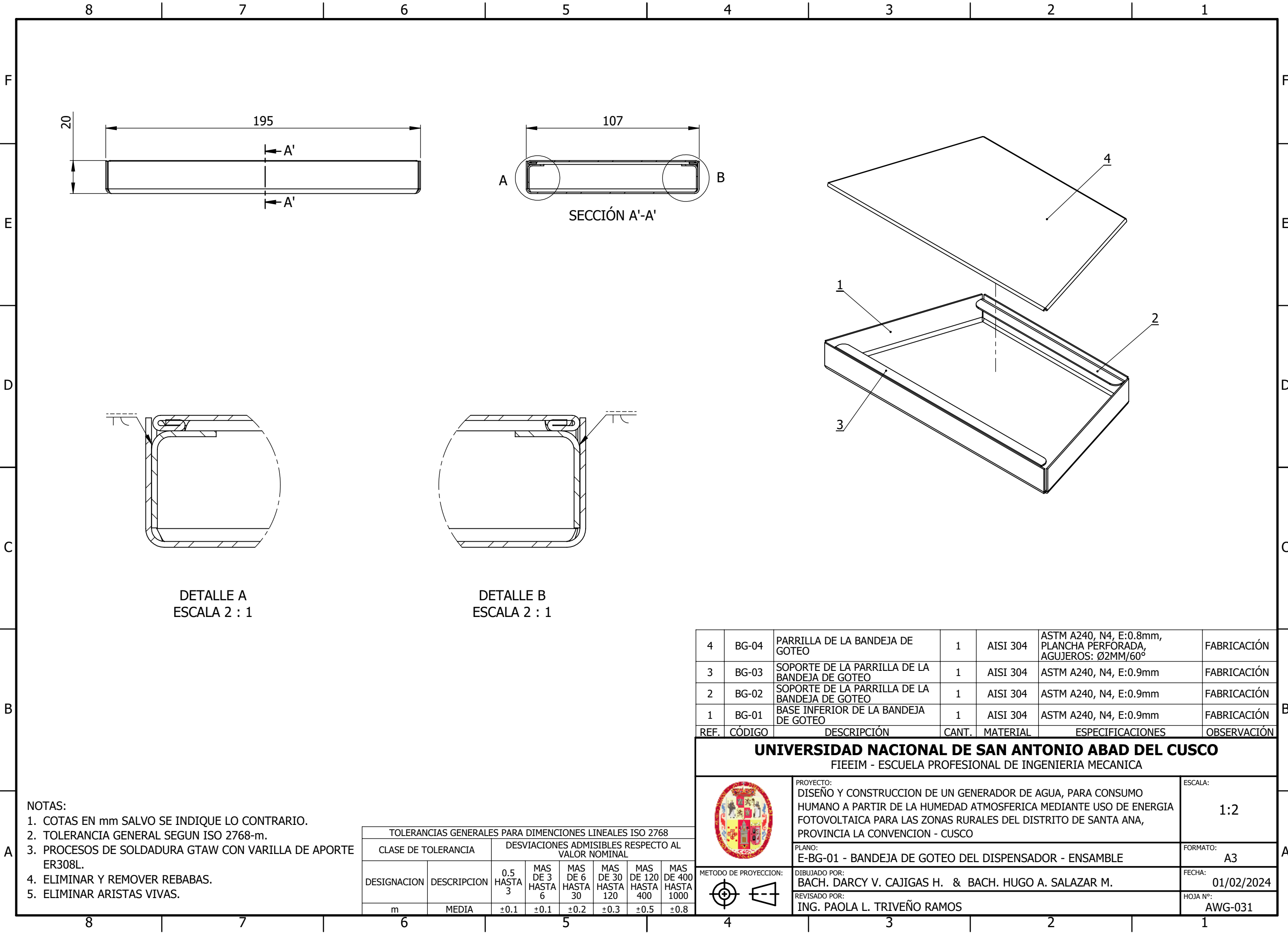
NOTA
ESPESOR: 0.9mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

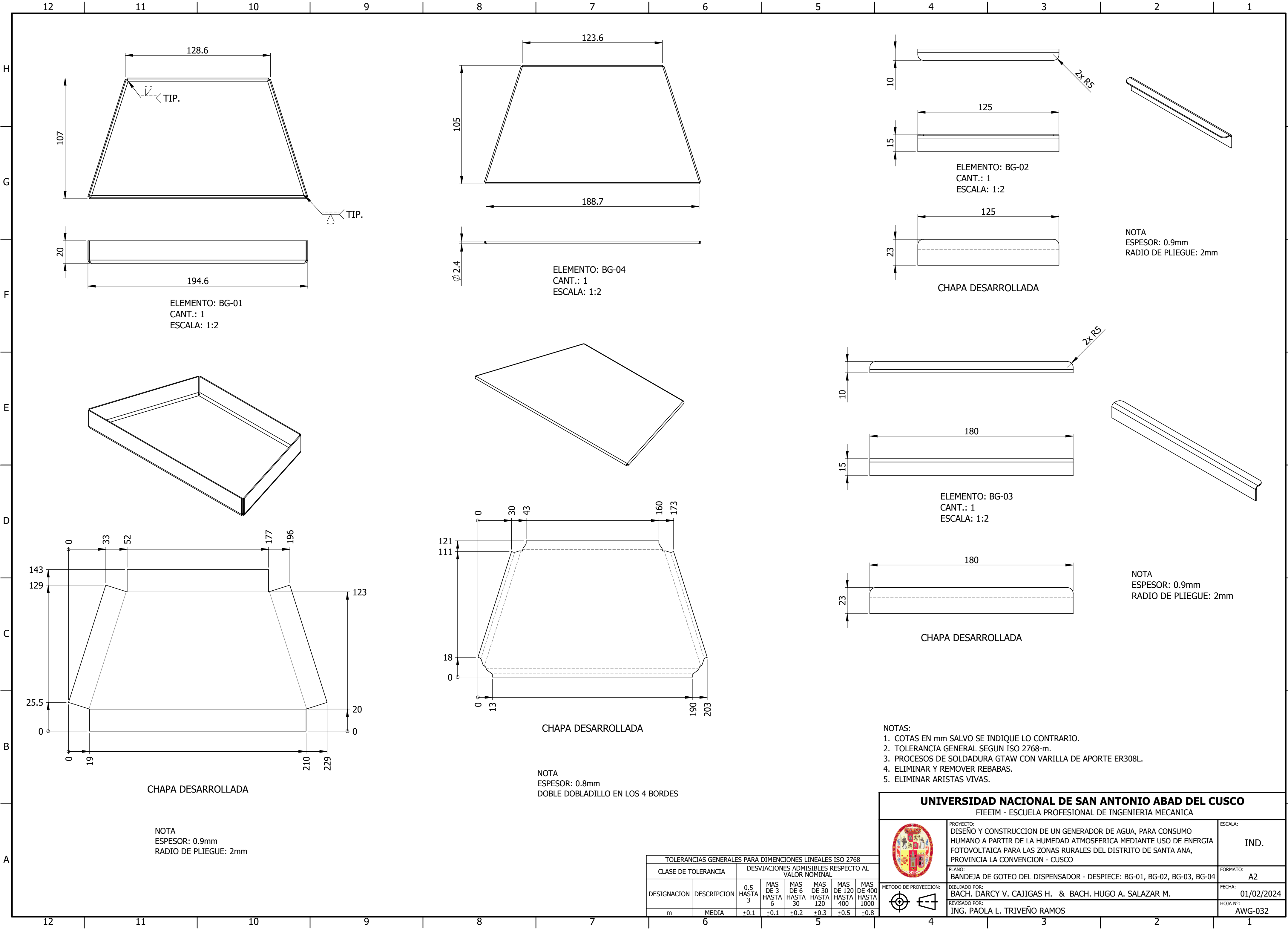
CHAPA DESARROLLADA
ESCALA 1 : 2

- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 3. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 4. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768							
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL					
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8

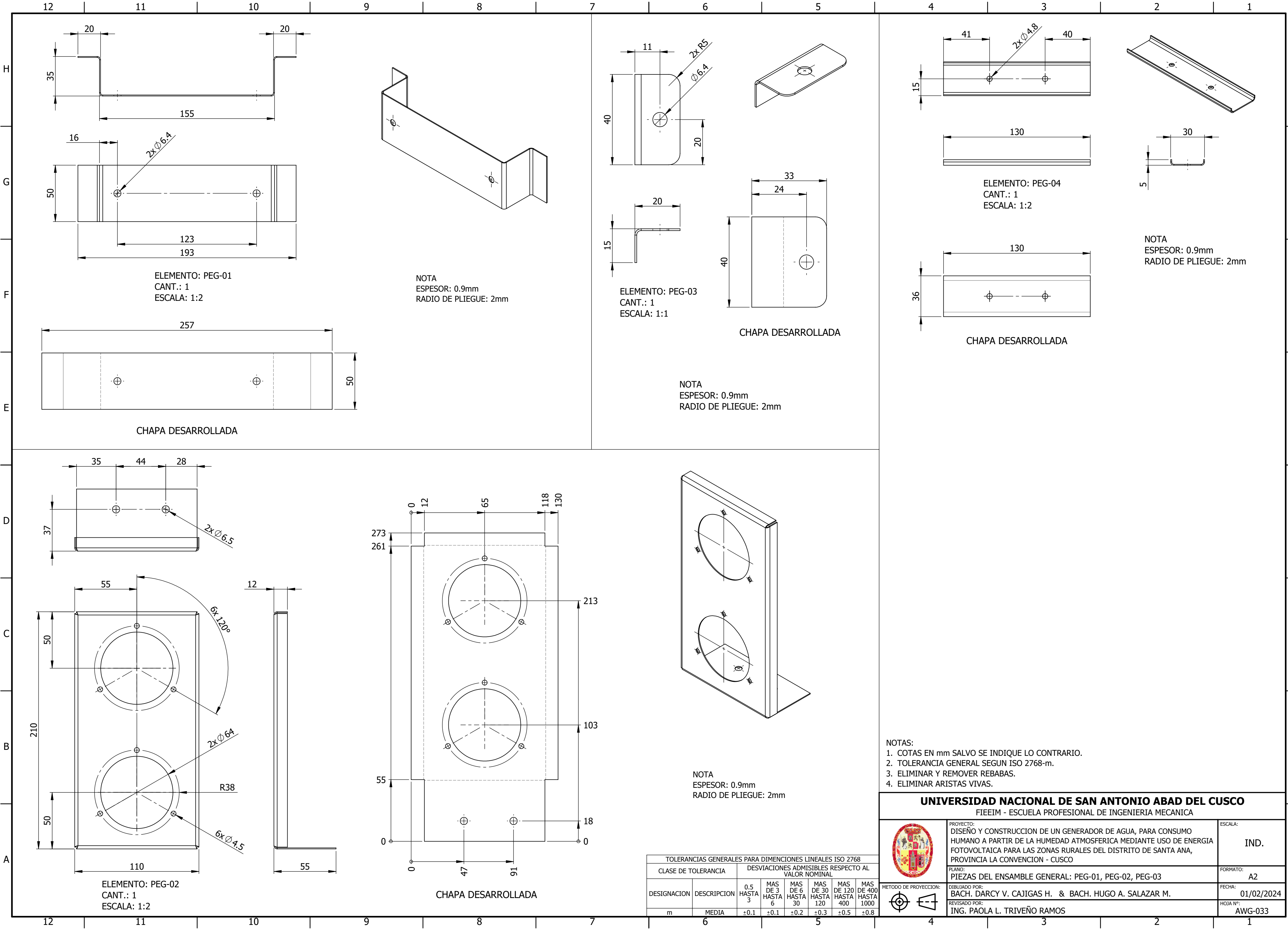
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA		
	PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCION - CUSCO	ESCALA: 1:5
	PLANO: CH-P-01 - CHAPA DEL PANEL DE MANDO	FORMATO: A3
	DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	FECHA: 01/02/2024
	REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	HOJA Nº: AWG-030





TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENCIONES LINEALES ISO 2768						
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL				
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400
m	MEDIA	+0.1	+0.1	+0.2	+0.3	+0.5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FIEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA		
	PROYECTO:	ESCALA:
	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN - CUSCO	IND.
	PLANO:	FORMATO:
	BANDEJA DE GOTEIO DEL DISPENSADOR - DESPIECE: BG-01, BG-02, BG-03, BG-04	A2
	DIBUJADO POR:	FECHA:
	BACH. DÁRCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	01/02/2024
	REVISADO POR:	HOJA N°:
	ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	AWG-032



ELEMENTO: PEG-01
CANT.: 1
ESCALA: 1:2

NOTA
ESPESOR: 0.9mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

ELEMENTO: PEG-03
CANT.: 1
ESCALA: 1:1

CHAPA DESARROLLADA

NOTA
ESPESOR: 0.9mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

ELEMENTO: PEG-04
CANT.: 1
ESCALA: 1:2

NOTA
ESPESOR: 0.9mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

CHAPA DESARROLLADA

ELEMENTO: PEG-02
CANT.: 1
ESCALA: 1:2

CHAPA DESARROLLADA

NOTA
ESPESOR: 0.9mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 3. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 4. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA



PROYECTO:
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCON - CUSCO

ESCALA:
IND.

PIEZAS DEL ENSAMBLE GENERAL: PEG-01, PEG-02, PEG-03

FORMATO:
A2

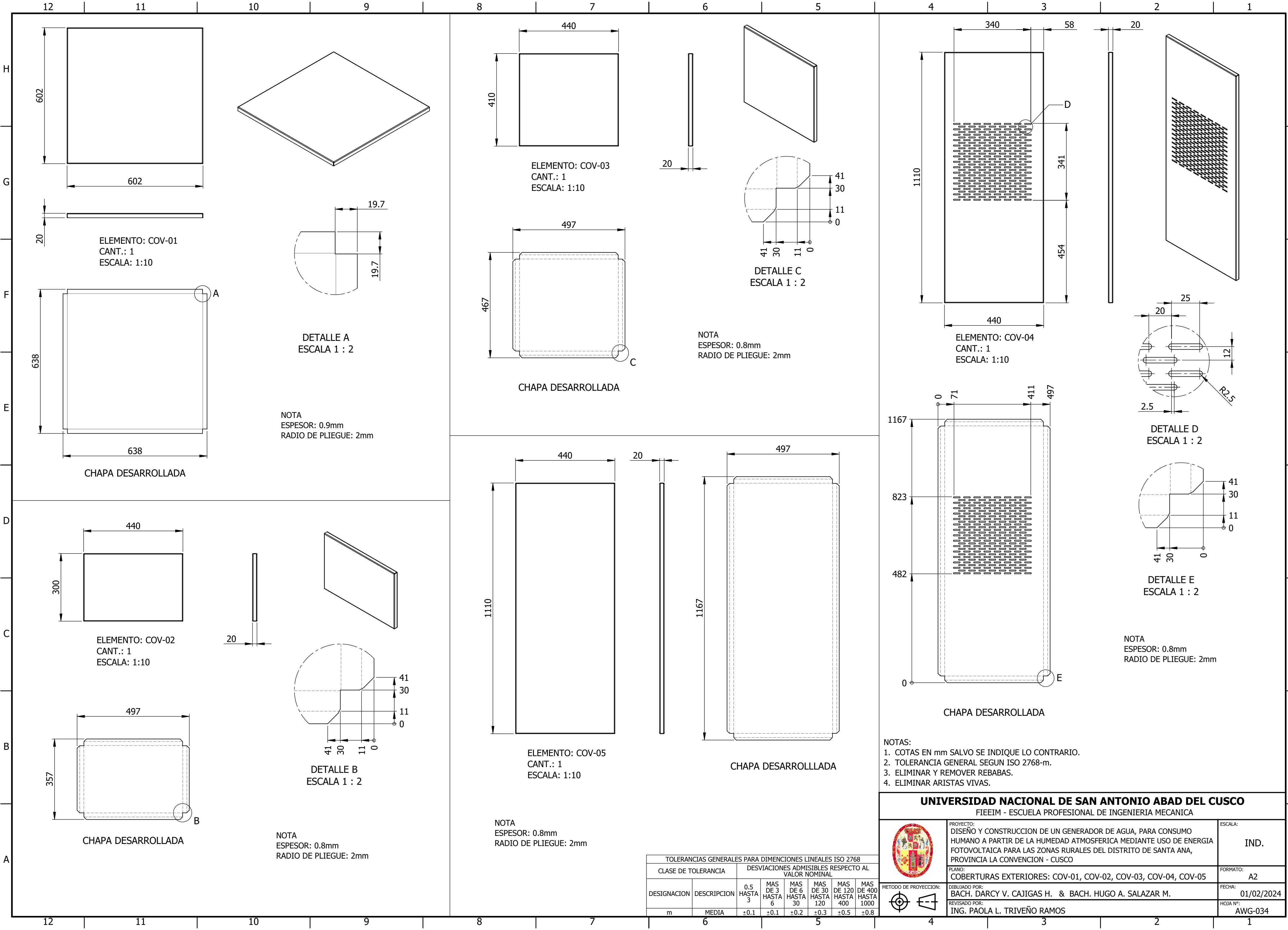
DIBUJADO POR:
BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.

FECHA:
01/02/2024

REVISADO POR:
ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS

HOJA Nº:
AWG-033

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768						
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL				
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5



ELEMENTO: COV-01
CANT.: 1
ESCALA: 1:10

DETALLE A
ESCALA 1 : 2

NOTA
ESPESOR: 0.9mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

CHAPA DESARROLLADA

ELEMENTO: COV-02
CANT.: 1
ESCALA: 1:10

DETALLE B
ESCALA 1 : 2

NOTA
ESPESOR: 0.8mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

CHAPA DESARROLLADA

ELEMENTO: COV-03
CANT.: 1
ESCALA: 1:10

DETALLE C
ESCALA 1 : 2

NOTA
ESPESOR: 0.8mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

CHAPA DESARROLLADA

ELEMENTO: COV-05
CANT.: 1
ESCALA: 1:10

CHAPA DESARROLLADA

NOTA
ESPESOR: 0.8mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

ELEMENTO: COV-04
CANT.: 1
ESCALA: 1:10

DETALLE D
ESCALA 1 : 2

NOTA
ESPESOR: 0.8mm
RADIO DE PLIEGUE: 2mm

DETALLE E
ESCALA 1 : 2

CHAPA DESARROLLADA

- NOTAS:
1. COTAS EN mm SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. TOLERANCIA GENERAL SEGUN ISO 2768-m.
 3. ELIMINAR Y REMOVER REBABAS.
 4. ELIMINAR ARISTAS VIVAS.

TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768						
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL				
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400
m	MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5

PROYECTO:
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN - CUSCO

PLANO:
COBERTURAS EXTERIORES: COV-01, COV-02, COV-03, COV-04, COV-05

DIBUJADO POR:
BACH. DARCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.

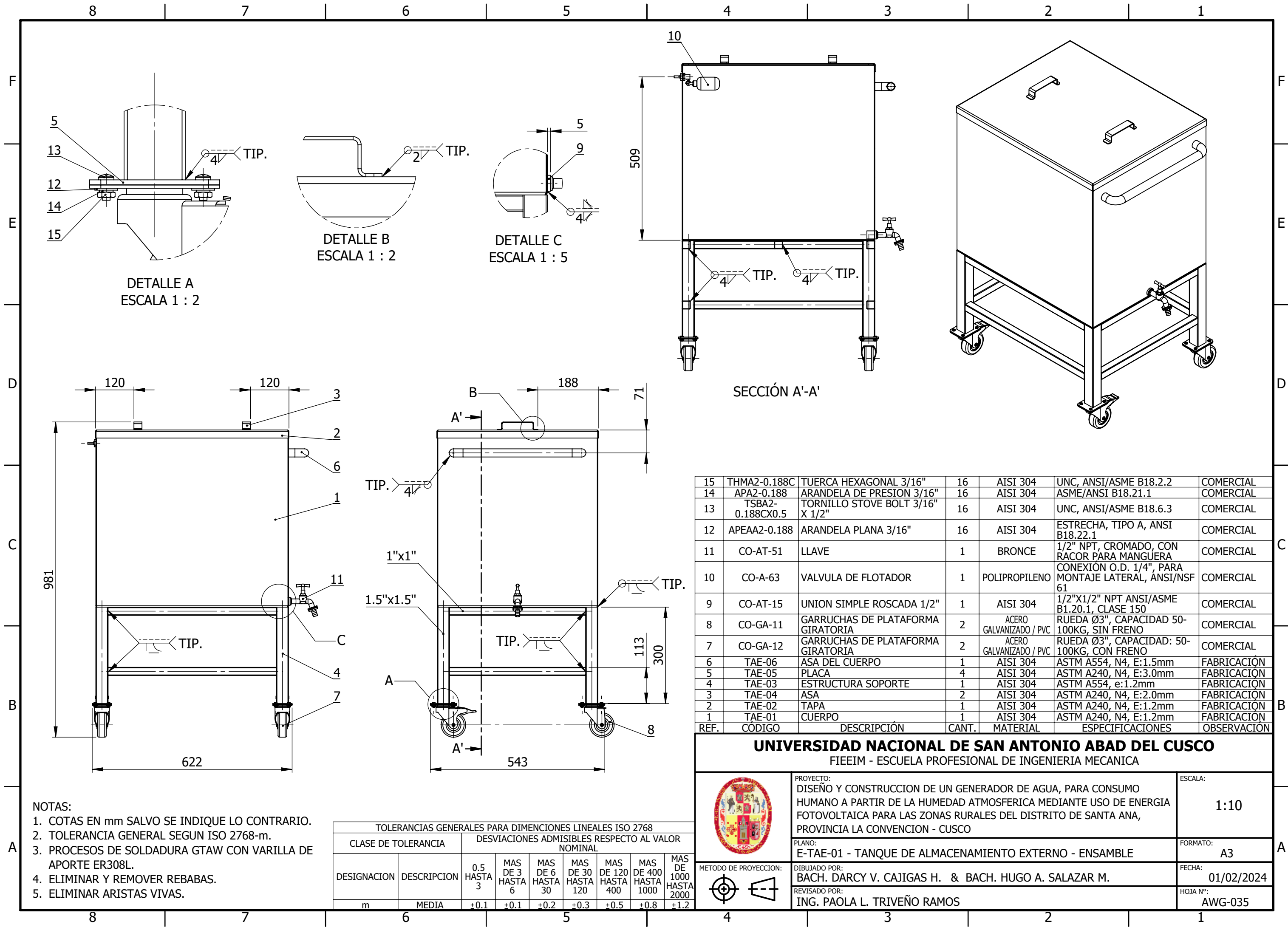
REVISADO POR:
ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS

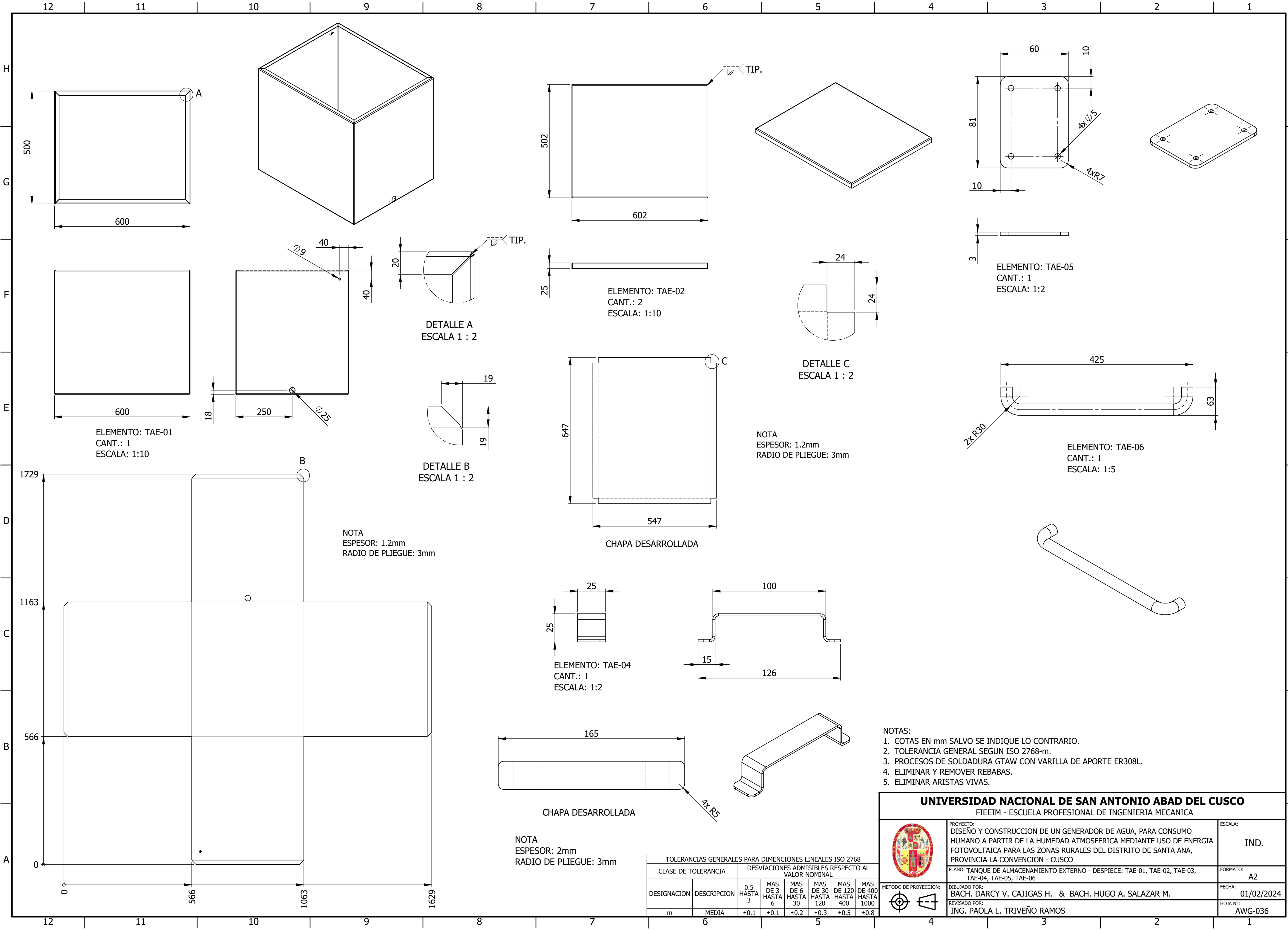
ESCALA:
IND.

FORMATO:
A2

FECHA:
01/02/2024

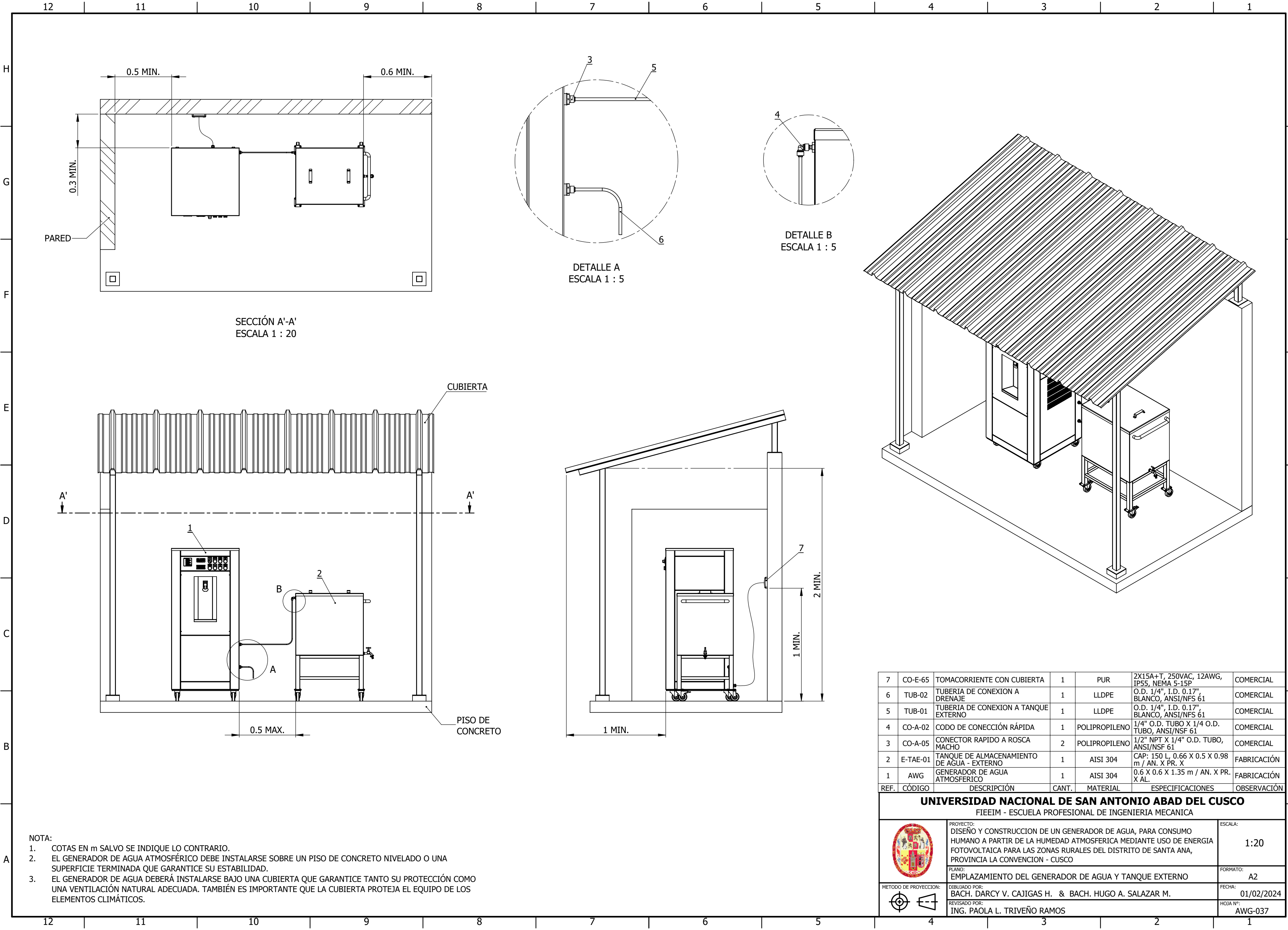
HOJA Nº:
AWG-034





TOLERANCIAS GENERALES PARA DIMENSIONES LINEALES ISO 2768						
CLASE DE TOLERANCIA		DESVIACIONES ADMISIBLES RESPECTO AL VALOR NOMINAL				
DESIGNACION	DESCRIPCION	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400
m	MEDIA	+0.1	+0.1	+0.2	+0.3	+0.5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA			
	PROYECTO:	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN - CUSCO	ESCALA:
	PLANO:	TANQUE DE ALMACENAMIENTO EXTERNO - DESPIECE: TAE-01, TAE-02, TAE-03, TAE-04, TAE-05, TAE-06	IND.
	FORMATO:	A2	
METODO DE PROYECCION:		DIBUJADO POR:	FECHA:
		BACH. DÁRCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.	01/02/2024
		REVISADO POR:	HOJA Nº:
		ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	AWG-036

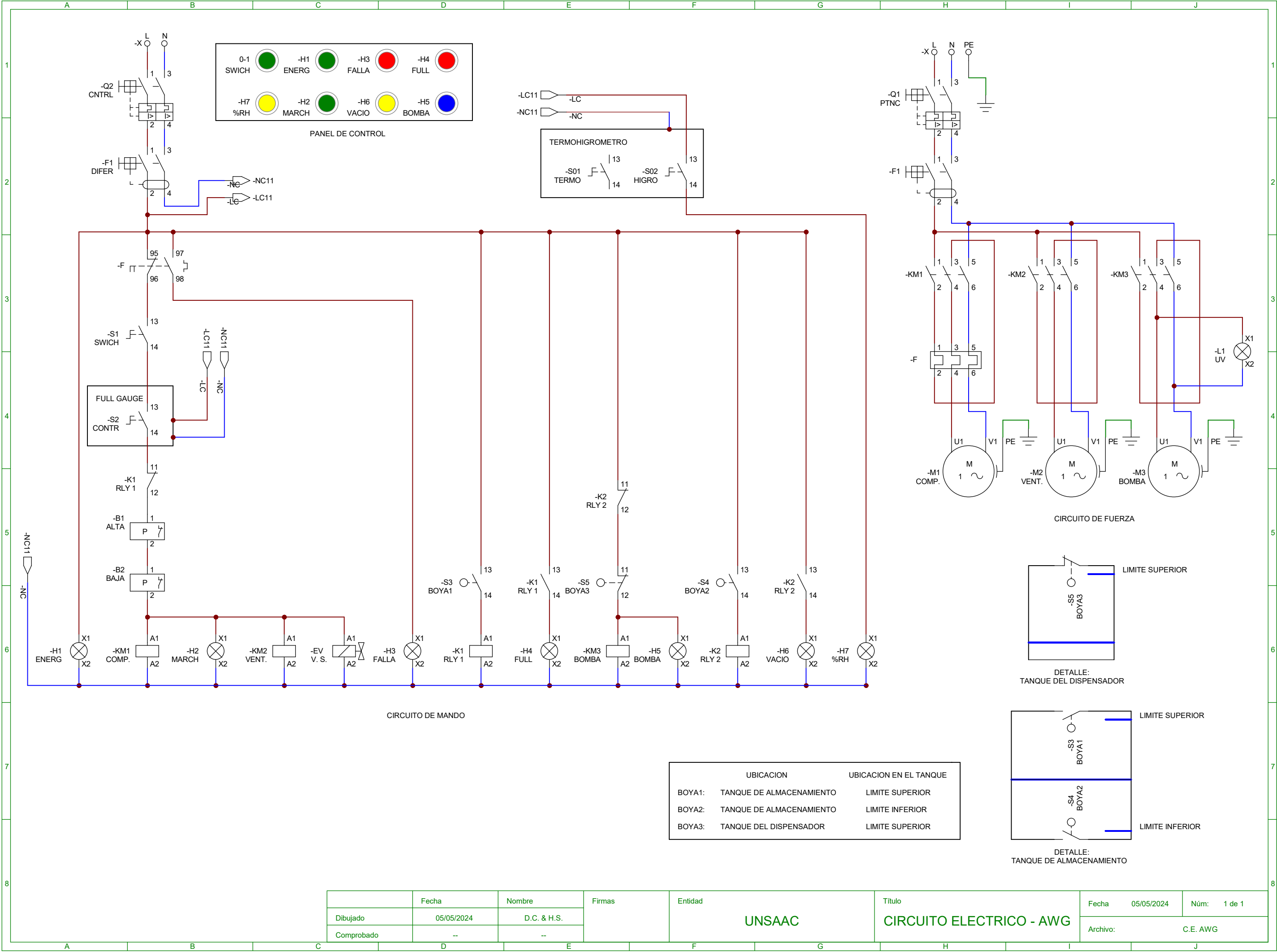


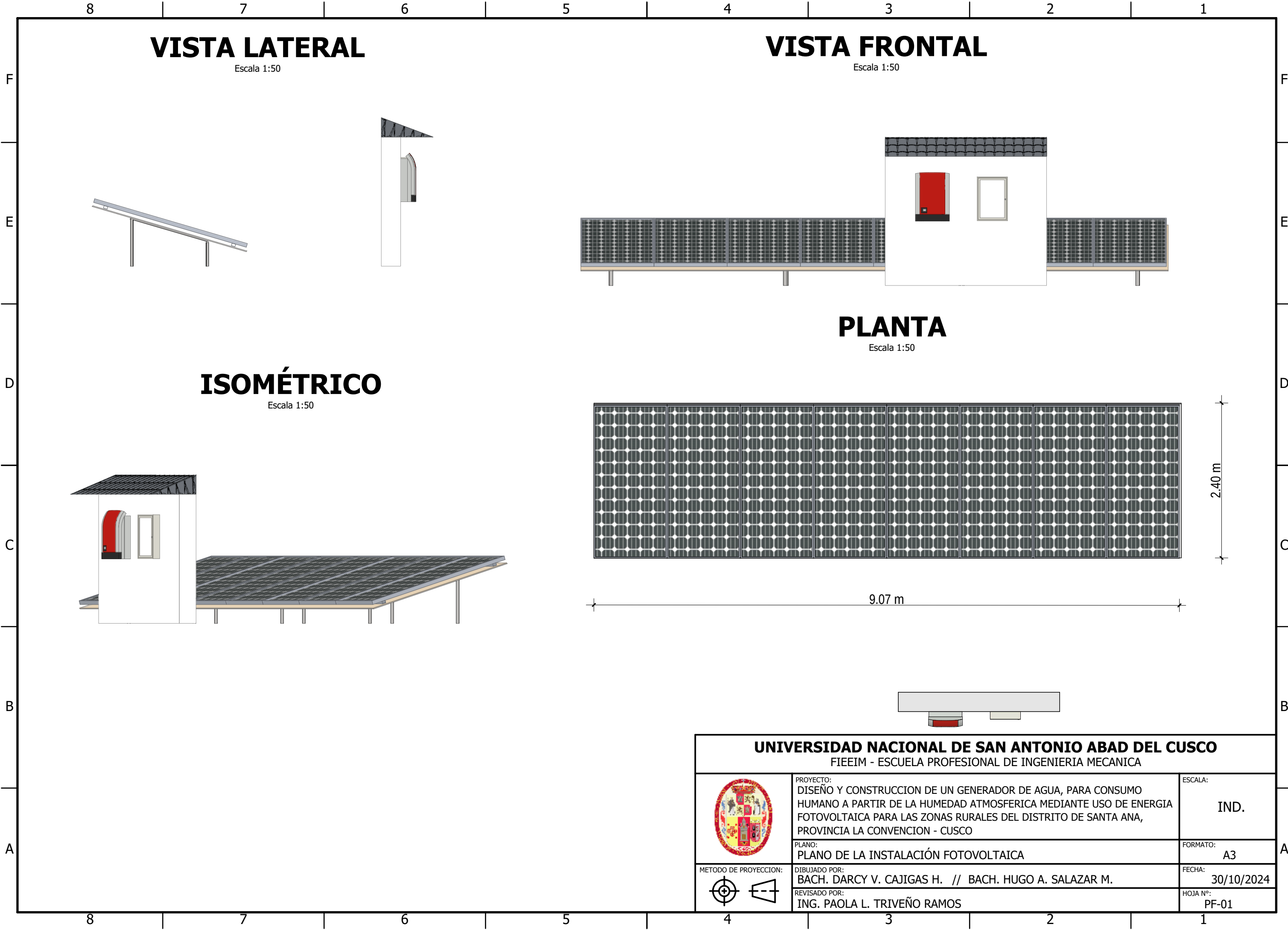
NOTA:

1. COTAS EN m SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
2. EL GENERADOR DE AGUA ATMOSFÉRICO DEBE INSTALARSE SOBRE UN PISO DE CONCRETO NIVELADO O UNA SUPERFICIE TERMINADA QUE GARANTICE SU ESTABILIDAD.
3. EL GENERADOR DE AGUA DEBERÁ INSTALARSE BAJO UNA CUBIERTA QUE GARANTICE TANTO SU PROTECCIÓN COMO UNA VENTILACIÓN NATURAL ADECUADA. TAMBIÉN ES IMPORTANTE QUE LA CUBIERTA PROTEJA EL EQUIPO DE LOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS.

7	CO-E-65	TOMACORRIENTE CON CUBIERTA	1	PUR	2X15A+T, 250VAC, 12AWG, IP55, NEMA 5-15P	COMERCIAL
6	TUB-02	TUBERIA DE CONEXION A DRENAJE	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17" BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
5	TUB-01	TUBERIA DE CONEXION A TANQUE EXTERNO	1	LLDPE	O.D. 1/4", I.D. 0.17" BLANCO, ANSI/NFS 61	COMERCIAL
4	CO-A-02	CODO DE CONECCIÓN RÁPIDA	1	POLIPROPILENO	1/4" O.D. TUBO X 1/4 O.D. TUBO, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
3	CO-A-05	CONECTOR RAPIDO A ROSCA MACHO	2	POLIPROPILENO	1/2" NPT X 1/4" O.D. TUBO, ANSI/NSF 61	COMERCIAL
2	E-TAE-01	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA - EXTERNO	1	AISI 304	CAP: 150 L, 0.66 X 0.5 X 0.98 m / AN. X PR. X	FABRICACIÓN
1	AWG	GENERADOR DE AGUA ATMOSFERICO	1	AISI 304	0.6 X 0.6 X 1.35 m / AN. X PR. X AL.	FABRICACIÓN
REF.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA					
	PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN - CUSCO				ESCALA: 1:20
	PLANO: EMPLAZAMIENTO DEL GENERADOR DE AGUA Y TANQUE EXTERNO				FORMATO: A2
	DIBUJADO POR: BACH. DÁRCY V. CAJIGAS H. & BACH. HUGO A. SALAZAR M.				FECHA: 01/02/2024
	REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS				HOJA Nº: AWG-037





VISTA LATERAL

Escala 1:50

VISTA FRONTAL

Escala 1:50

PLANTA

Escala 1:50

ISOMÉTRICO

Escala 1:50

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FIEEIM - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA		
	PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN GENERADOR DE AGUA, PARA CONSUMO HUMANO A PARTIR DE LA HUMEDAD ATMOSFERICA MEDIANTE USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LAS ZONAS RURALES DEL DISTRITO DE SANTA ANA, PROVINCIA LA CONVENCION - CUSCO	ESCALA: IND.
	PLANO: PLANO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	FORMATO: A3
	DIBUJADO POR: BACH. DARCY V. CAJIGAS H. // BACH. HUGO A. SALAZAR M.	FECHA: 30/10/2024
	REVISADO POR: ING. PAOLA L. TRIVEÑO RAMOS	HOJA Nº: PF-01

