

Universidad Católica de Santa María
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y
Formales**
**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica,
Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica**



**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE AUTOCLAVE CON CAPACIDAD DE 42m³ Y
UNA PRESIÓN DE VAPOR DE 100Psi_g PARA VULCANIZACIÓN DE
COMPONENTES REVESTIDOS DE CAUCHO**

Tesis presentada por el Bachiller:

Valencia Díaz, Freddy Mario

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecánico

Asesor:

Mg.Donayre Cahua, Jesús Manuel

Arequipa –Perú

2021

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 17 de Marzo del 2021

Dictamen: 000749-C-EPIMMEM-2021

Visto el borrador del expediente 000749, presentado por:

2015201421 - VALENCIA DIAZ FREDDY MARIO

Titulado:

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE AUTOCLAVE CON CAPACIDAD DE 42M3 Y UNA PRESIÓN DE VAPOR
DE 100PSIG PARA VULCANIZACION DE COMPONENTES REVESTIDOS DE CAUCHO**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1828 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR**



**1839 - DONAYRE CAHUA JESUS MANUEL
DICTAMINADOR**



Dedicatoria

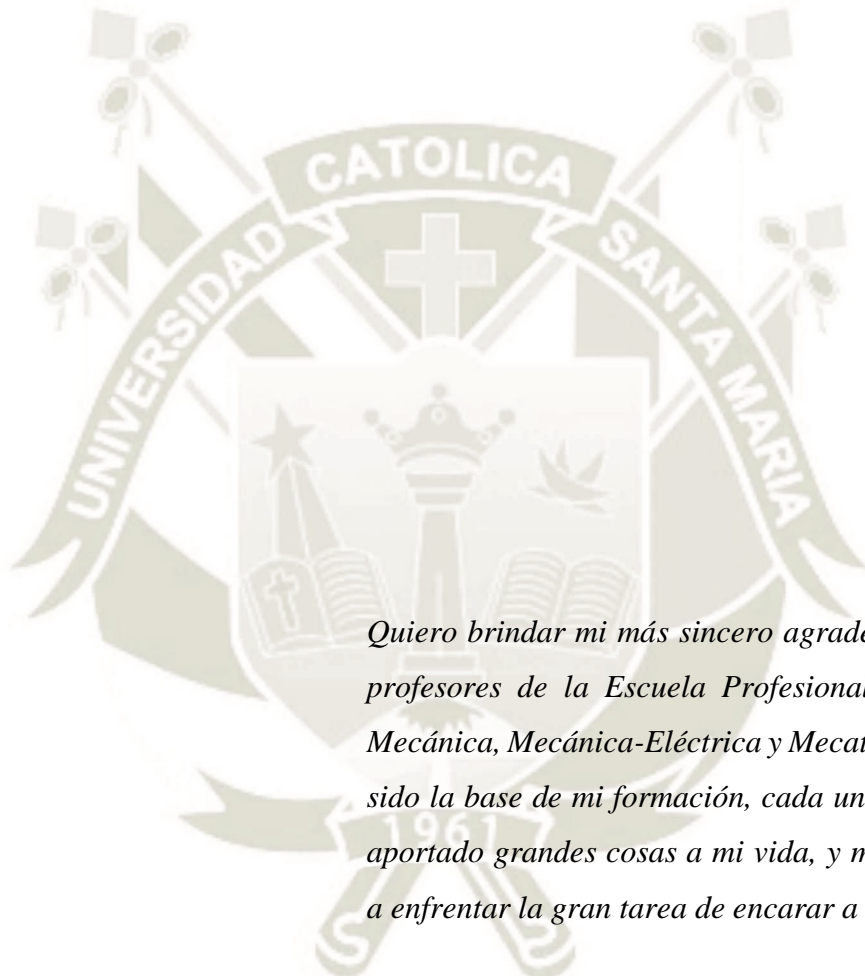
Con todo mi respeto y amor:

A MIS PADRES, HERMANA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy, mis logros se los debo a ustedes. Me formaron con reglas y con algunas libertades, me alientan constantemente para alcanzar mis metas



Agradecimiento



Quiero brindar mi más sincero agradecimiento a mis profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica, que han sido la base de mi formación, cada uno de ustedes ha aportado grandes cosas a mi vida, y me han apoyado a enfrentar la gran tarea de encarar a la sociedad.

Les agradezco por todo, en especial por ser los principales benefactores del desarrollo de mi tesis.

Finalmente, doy gracias a mis compañeros y amigos por su apoyo y cariño.

RESUMEN

El mercado del sector minero e industrial, principalmente en el mercado nacional de la minería en el Perú exige cada vez más calidad en la fabricación de productos y servicios de revestimiento de caucho y poliuretano.

La gran minería en nuestro país, por su volumen de producción, utiliza equipos de gran tamaño, que operan en condiciones extremas, donde cada cierto periodo de tiempo es imperioso el revestimiento de componentes mecánicos como son chutes, tolvas, rodillos, zarandas, tanques, tuberías, spools, canaletas, celdas de flotación y otros.

Es de necesidad fundamental el diseño y construcción del equipo denominado autoclave de vulcanización por necesidad de vulcanizar revestimientos de componentes mecánicos; dicho activo físico está compuesto por la autoclave, sistema de vapor que incluye la caldera, tanque de combustible, línea de abastecimiento vapor con accesorios, que permitirá realizar con eficiencia el llenado de vapor y venteo debido a su capacidad de volumen; el diseño y selección se desarrolla con las normas internacionales de ingeniería y análisis por elementos finitos.

Este proceso de revestimiento por caucho monitoreando y controlando los parámetros de temperatura, presión, humedad y los estándares de rugosidad en el tratamiento de la superficie metálica asegura un 100% la adherencia, lo cual cumplirá las condiciones extremas de operación, donde el caucho cambia su estructura molecular, cambiando de una estructura blanda y con baja tracción a una estructura rígida, altamente resistente a la tracción y baja flexibilidad.

El diseño, selección y construcción según las condiciones de producción establecidos para la Autoclave de Vulcanización a Vapor es con la Norma ASME “Boiler and Pressure Vessel Code” y AWS D1.1.; es de 2.85 m de diámetro, 7.00 m de largo, con volumen interior de 42 m³, con presión de diseño de 100 Psig, temperatura de operación 170°C y con un costo total U\$ 125 180.49.

Por ello la vulcanización en caliente por esta autoclave permitirá mejorar la oferta tanto en el aspecto técnico como en el económico en nuestro país.

Palabras claves:

Vulcanización, Autoclave, Caldera, ASME.

ABSTRACT

The mining and industrial sector market, mainly in the national mining market in Perú, demands more and more quality in the manufacture of rubber and polyurethane coating products and services.

Large-scale mining in our country, due to its production volume, uses large equipment, which operates in extreme conditions, where every certain period of time the coating of mechanical components such as chutes, hoppers, rollers, screens, tanks, etc. pipes, spools, gutters, flotation cells and others.

The design and construction of the equipment called vulcanization autoclave is of fundamental necessity due to the need to vulcanize coatings of mechanical components; Said physical asset is composed of the autoclave, a steam system that includes the boiler, fuel tank, steam supply line with accessories, which will allow efficient steam filling and venting due to its volume capacity; the design and selection is developed with international engineering standards and finite element analysis.

This rubber coating process, monitoring and controlling the parameters of temperature, pressure, humidity and roughness standards in the treatment of the metallic surface, ensures 100% adherence, which will meet the extreme operating conditions, where the rubber changes its molecular structure, changing from a soft structure with low traction to a rigid structure, highly resistant to traction and low flexibility.

The design, selection and construction according to the production conditions established for the Steam Vulcanization Autoclave is with the ASME Standard “Boiler and Pressure Vessel Code” and AWS D1.1.; It is 2.85 m in diameter, 7.00 m long, with an internal volume of 42 m³, with a working pressure of 100 Psig, operating temperature 185 ° C and with a total cost of U\$ 125 180.49.

For this reason, hot vulcanization by this autoclave will allow us to improve the offer both in the technical and economic aspects in our country.

Keywords: Vulcanization, Autoclave, Boiler, ASME

INTRODUCCIÓN

El mercado del sector minero, los activos físicos de producción compuestos por sistemas, subsistemas componentes y partes como agitadores, chutes, tolvas, rodillos, zarandas, tanques, tuberías, spools, canaletas, celdas de flotación, tuberías, tanques, impulsores, tolvas y en general están revestidos con caucho para hacer frente a diferentes mecanismos de desgaste como la abrasión, erosión y cavitación. En la fabricación o reparación de los revestimientos de caucho, una etapa indispensable es la vulcanización en caliente la cual permite lograr las propiedades mecánicas de resistencia al desgaste y adherencia requeridas.

Para la vulcanización es necesario un equipo denominado Autoclave, que, mediante vapor proveniente de una caldera, eleva la presión y temperatura en el interior durante un intervalo de tiempo dependiendo de las condiciones de operación del componente. Debe cumplir requerimientos estrictos en su diseño, fabricación y montaje.

El Capítulo I: Aspectos Generales; muestra los antecedentes generales; el planteamiento del problema en los diferentes tipos de empresa, objetivo principal, objetivos específicos, justificación y limitaciones del presente proyecto.

El Capítulo II: Fundamento Teórico; se compone de todo el marco teórico como, la introducción, clasificación de las autoclaves industriales, componentes de las autoclaves, normativa, procedimientos de cálculos, sistema de vapor y vulcanización.

En el Capítulo III: Diseño de la Autoclave; se fundamenta el diseño y cálculo estructural como diseño y cálculo del cilindro, cálculo de la compuerta y tapa trasera, diseño y cálculo de plataforma móviles, diseño y cálculo de estructura soportes, diseño del tanque estacionario y línea del gas licuado de petróleo y procesos de soldadura.

En el Capítulo IV: Fabricación y Montaje de la Autoclave; Se muestra el procedimiento de fabricación, montaje y los procesos de unión con los planos de fabricación y el control de calidad.

En el Capítulo V: Costo Total de la Autoclave; Se desarrolla el costo total del proyecto, tener en cuenta y valorando los costos directos y costos indirectos.

INDICE GENERAL

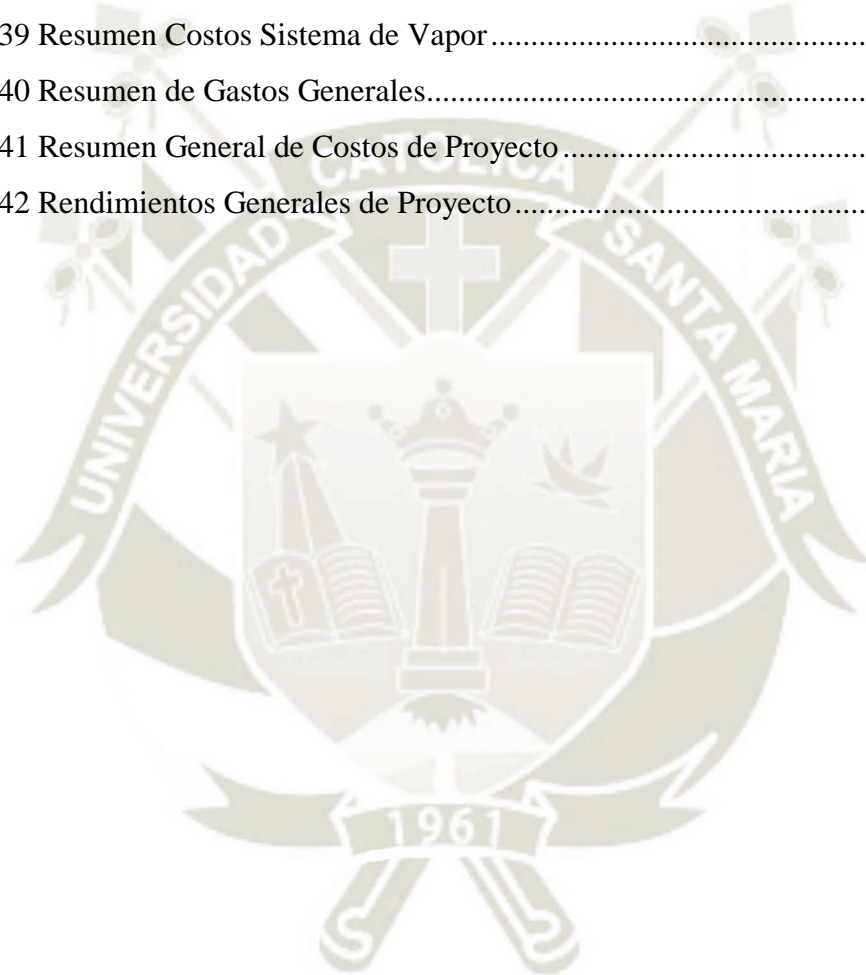
DICTAMEN APROBATORIO	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCCIÓN.....	VI
CAPITULO I.....	1
1. ASPECTOS GENERALES	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2.1. Descripción del Problema	2
1.2.2. Formulación Interrogativa del Problema.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.6. LIMITACIONES	4
CAPITULO II.....	5
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	5
2.1. INTRODUCCIÓN	5
2.3. CLASIFICACIÓN DE AUTOCLAVES INDUSTRIALES.....	6
2.4. SISTEMAS Y COMPONENTES DE LA AUTOCLAVE	7
2.5. NORMATIVA PARA DISEÑO AUTOCLAVE	11
2.6. CÁLCULO DE UNA AUTOCLAVE.....	12
2.7. SISTEMA ABASTECIMIENTO DE VAPOR PARA AUTOCLAVE	15
2.8. VULCANIZACIÓN.....	23
3. DISEÑO AUTOCLAVE PARA VULCANIZACIÓN.....	28
3.4.1. Eficiencia de la Unión.....	32
3.4.2. Esfuerzos en el Cilindro Circunferencial	33
3.4.3. Esfuerzo en el Cilindro Longitudinal.....	34

3.5. DISEÑO Y CÁLCULO DE COMPUERTA Y TAPA TRASERA.....	35
3.5.1. Cálculo de Tapas Toriesférica	35
3.5.2. Cálculo de Tapa Semiéptica	37
3.5.4. Analisis por Elementos Finitos de Soporte Bisagra.....	43
3.5.5. Análisis de Elementos Finitos de Bisagras	44
3.5.7. Análisis por Elementos Finitos de las Chumaceras.....	47
3.5.8. Selección de Rodamientos	49
3.5.9. Diseño de Mecanismo Reductor	50
3.6. DISEÑO Y CÁLCULO DE PLATAFORMAS MÓVILES	52
3.7. DISEÑO DE BASTIDORES	54
3.8. DISEÑO Y CÁLCULO SOPORTE ESTRUCTURALES AUTOCLAVE .55	
3.9. DISEÑO DEL SISTEMA DE VAPOR PARA AUTOCLAVE.....	58
3.9.1. Esquema Sistema de Vapor de Autoclave	58
3.9.2. Diseño y Cálculo de Aislamiento y Carga Térmica.....	61
3.9.3. Selección de la Caldera de Vapor.....	71
3.9.4. Diseño de Líneas de Vapor	74
3.9.5. Selección Válvula Reductora de Presión	77
3.9.6. Selección de Trampa de Vapor.....	79
3.9.7. Venteos de Aire	81
3.10. CÁLCULO TANQUE ESTACIONARIO GLP	83
3.11. CÁLCULO DE LA LÍNEA GAS LICUADO DE PETRÓLEO	85
3.12. PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA NORMA AWS D1.1	86
CAPITULO IV.....	88
4. FABRICACIÓN Y MONTAJE DEL AUTOCLAVE.....	88
CAPITULO V	103
5. COSTOS DE AUTOCLAVE DE VULCANIZACIÓN.....	103
5.2.2. COSTOS DIRECTOS FABRICACIÓN MECANIZADO	108
5.2.3. COSTOS DIRECTOS SISTEMA DE VAPOR	110
5.2.4. RESUMEN DE COSTOS DE PROYECTO	114
CONCLUSIONES:.....	115
RECOMENDACIONES:	116
REFERENCIA.....	117

INDICE TABLAS

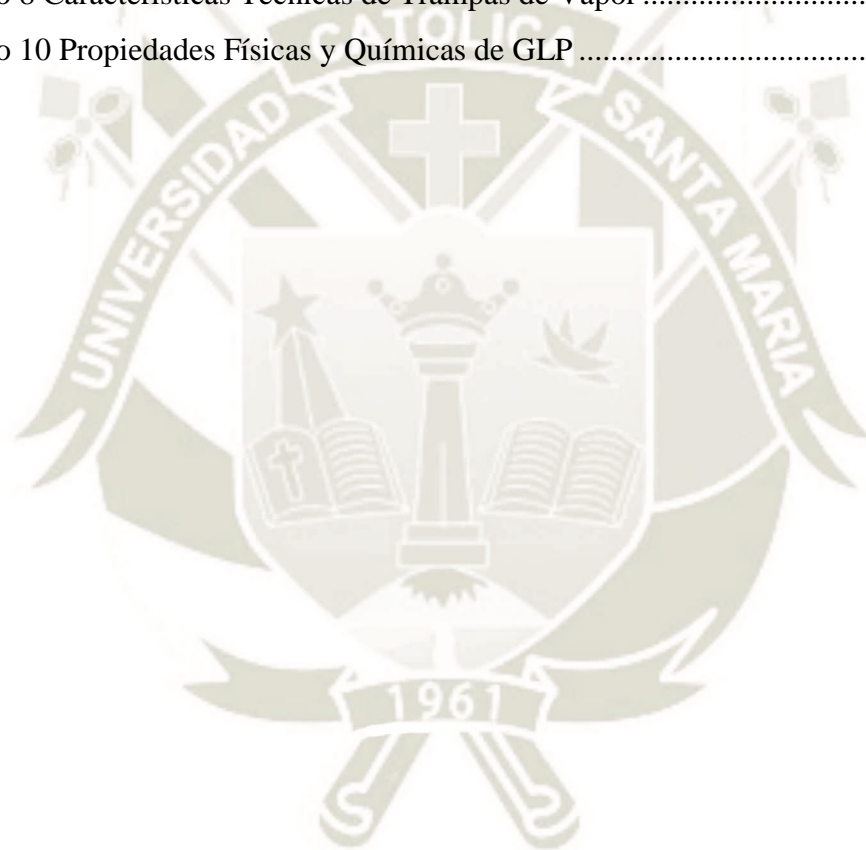
Tabla 1 Poder Calorífico de Combustibles.....	19
Tabla 2 Selección Alternativa Autoclave de Vulcanización	30
Tabla 3 Máximo Esfuerzo Permisible ksi Acero ASTM A36.....	34
Tabla 4 Valores de Factor M	36
Tabla 5 Valores de Factor K para Tapas Semi-elípticas.....	38
Tabla 6 Propiedades del Aire a la Presión de 1 Atm y 100°C.....	61
Tabla 7 Propiedades de Metales Sólidos	66
Tabla 8 Propiedades Materiales Aislantes Temperatura 24 °C.	66
Tabla 9 Propiedades del Aire a la Presión de 1 Atm, 40°C.....	67
Tabla 10 Flujo de Vapor y BHP de Caldera en Función del Tiempo.....	72
Tabla 11 Coeficiente Cv de Válvulas	78
Tabla 12 Capacidad de Lb/hr de Vapor para Válvulas Tipo E.....	79
Tabla 13 Dimensiones para Válvulas Tipo E	80
Tabla 14 Capacidad de Lb/hr de Vapor para Válvulas Tipo E.....	80
Tabla 15 Capacidad de Lb/hr de Vapor para Válvulas Tipo E.....	81
Tabla 16 Capacidad de Válvula de Alivio de Presión (Lb/Hr).....	82
Tabla 17 Costo Acero para Fabricación de Autoclave	104
Tabla 18 Costo de Materiales para Fabricación de Autoclave	104
Tabla 19 Costo de Insumos para Fabricación de Autoclave	105
Tabla 20 Costo de Equipos y Herramientas para Fabricación de Autoclave	105
Tabla 21 Mano de Obra Directa para Fabricación de Autoclave	106
Tabla 22 Costos de Equipo de Protección Personal	106
Tabla 23 Costo de Servicios de Corte, Bombeado y Plegado	107
Tabla 24 Costo de Servicio de Transporte.....	107
Tabla 25 Resumen Costos Directos Fabricación Estructural	107
Tabla 26 Costo Acero para Piezas Mecanizadas	108
Tabla 27 Costo de Materiales para Piezas Mecanizadas	108
Tabla 28 Costos de Insumos y Consumibles para Mecanizado.....	109
Tabla 29 Costo de Equipos y Herramientas para Mecanizado.....	109
Tabla 30 Costo de Mano de Obra Directa para Mecanizado.....	109
Tabla 31 Costos de Equipos de Protección Personal.....	110

Tabla 32 Resumen de Costos de Mecanizado	110
Tabla 33 Costo Tuberías para Sistema Vapor	110
Tabla 34 Costo de Accesorios y Equipos de Sistema de Vapor	111
Tabla 35 Costo de Insumos para Sistema de Vapor	112
Tabla 36 Costo de Equipos y Herramientas para Sistema de Vapor	112
Tabla 37 Mano de Obra para Sistema de Vapor.....	112
Tabla 38 Costo de Equipos de Protección Personal	113
Tabla 39 Resumen Costos Sistema de Vapor	113
Tabla 40 Resumen de Gastos Generales.....	114
Tabla 41 Resumen General de Costos de Proyecto	114
Tabla 42 Rendimientos Generales de Proyecto	114



INDICE CUADROS

Cuadro 1 Sistemas, Subsistemas y Componentes Autoclave de Vulcanización	8
Cuadro 2 Comparación Técnicas, Calderas de Vapor Pirotubulares.....	18
Cuadro 3 Tipos de Quemadores para Calderas	19
Cuadro 4 Valores de E "Eficiencia de la Unión"	32
Cuadro 5 Rango de Dimensiones para Fabricación de Tapas	36
Cuadro 6 Parámetros de Operación de la Autoclave y Caldero	72
Cuadro 7 Caldera de Vapor INTESA 80 BHP	73
Cuadro 8 Características Técnicas de Trampas de Vapor	79
Cuadro 10 Propiedades Físicas y Químicas de GLP	83



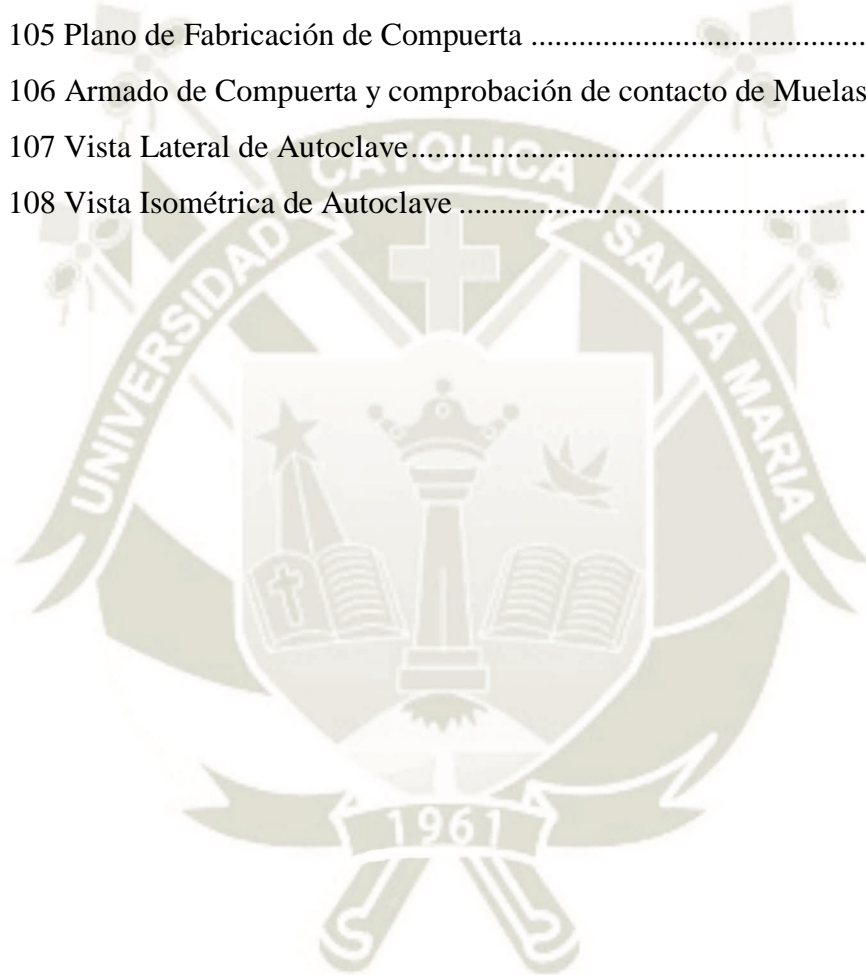
INDICE FIGURAS

Figura 1 Esquema Autoclave de 42 m ³ , 100 Psig para Vulcanización.....	1
Figura 2 Spool Vulcanizado en Autoclave	6
Figura 3 Vista Exterior de la Autoclave	7
Figura 4 Autoclave de Vapor para Vulcanización de Dispositivos Mecánicos	9
Figura 5 Componentes de una Autoclave de Vapor Directo	10
Figura 6 Partes Interiores de una Autoclave de Vapor Directo.....	11
Figura 7 Caratula Estándar Boiler and Pressure Vessel Code.....	11
Figura 8 Recipiente de Pared Delgada	12
Figura 9 Esfuerzo Longitudinal para Recipiente de Pared Delgada.....	13
Figura 10 Esfuerzo Transversal para Recipiente de Pared Delgada.....	13
Figura 11 Circulo de Mohr Esfuerzos para Recipiente de Pared Delgada	14
Figura 12 Esquema de Instalación de Vapor de Autoclave.....	15
Figura 13 Sistema de Vapor de Autoclave de Baja Presión	16
Figura 14 Esquema Autoclave de Vulcanizado.....	17
Figura 15 Componentes y Partes de Caldera Piro tubular.....	17
Figura 16 Acumulación de Incrustaciones en Calderas.....	20
Figura 17 Tratamiento Físico y Químico del Agua de Aportación	21
Figura 18 Válvula Reductora de Presión Armstrong GD-30	21
Figura 19 Válvula Reductora de Presión Armstrong GP1000	22
Figura 20 Caucho Natural Vulcanizado	24
Figura 21 Alimentación de un Molino SAG	26
Figura 22 Zaranda Haver.....	26
Figura 23 Discos de Molino Isamill	27
Figura 24 Poleas Fajas Transportadoras.....	27
Figura 25 Alternativa Seleccionada Autoclave con Vapor Puerta	31
Figura 26 Autoclave Vulcanización de Dispositivos Mecánicos.....	31
Figura 27 Categorías de Uniones en Recipientes Metálicos	32
Figura 28 Geometría de Tapa Toriesférica.....	35
Figura 29 Geometría de una Tapa Toriesferica.....	36
Figura 30 Geometría de Tapa Semielíptica	37
Figura 31 Diseño de la Compuerta de Autoclave de Vulcanización.....	39

Figura 32 Diseño Vista Frontal Compuerta Autoclave de Vulcanización	40
Figura 33 Vista Detalle Sistemas de Cerrado de Compuerta	40
Figura 34 Esfuerzo Von Mises, Tapa Toriesférica Parte Externa (Mpa),	41
Figura 35 Esfuerzo Von Misses Tapa Toriesférica Interna,	41
Figura 36 Detalle Esfuerzo, Unión de los Dientes Tapa Toriesférica,	42
Figura 37 Deformación Tapa Toriesférica a una Presión	42
Figura 38 Vista Isométrica de Diseño de Soporte Bisagra	43
Figura 39 Desplazamiento para Soporte de Bisagra en mm	43
Figura 40 Esfuerzo de Von Misses para Soporte de Bisagra (MPa)	44
Figura 41 Desplazamiento del Conjunto Bisagra (mm)	44
Figura 42 Esfuerzo de la Parte 1 de Bisagra (MPa)	45
Figura 43 Esfuerzo de la Parte 2 de Bisagra (MPa)	45
Figura 44 Diagrama de Reacciones de Compuerta	46
Figura 45 Simulación de Eje de Bisagra	47
Figura 46 Desplazamiento para Chumacera Inferior (mm)	48
Figura 47 Esfuerzo de Von Misses para Chumacera Inferior (MPa)	48
Figura 48 Resultados Cálculo Carga Estática de Rodamiento 33214	49
Figura 49 Resultados Cálculo de Carga Estática Rodamiento 30213	49
Figura 50 Mecanismo de Reductor para Cerrado de Compuerta	50
Figura 51 Mecanismo Interior de Reductor	51
Figura 52 Comprobación de Tornillo Sin Fin y de Engranajes en	51
Figura 53 Plataformas Móviles de Autoclave	52
Figura 54 Ruedas de Plataformas Móviles de Autoclave	53
Figura 55 Esfuerzo Carga Uniforme de 30 000N (MPa)	53
Figura 56 Desplazamiento Máximo Carga Uniforme 30000N	54
Figura 57 Distribución de Bastidores	54
Figura 58 Esfuerzo de Von Misses MPa de Bastidor Fijo	55
Figura 59 Centros de Gravedad y Localización de Soportes	56
Figura 60 Análisis Estructural Estático y de Pandeo	57
Figura 61 Diseño de los Soportes de la Autoclave	57
Figura 62 Esfuerzo Von Misses para Soportes de Autoclave en Mpa	57
Figura 63 Deformación por Pandeo Soportes de Autoclave en mm	58
Figura 64 Resultados Factor Seguridad por Pandeo de Soportes Autoclave.	58

Figura 65 Sistema de Vapor para Autoclave de Vulcanización	59
Figura 66 Disposición Entrada de Autoclave	60
Figura 67 Disposición Sistema Purgado.....	60
Figura 68 Correlaciones Empíricas Número Nusselt para Convección	62
Figura 69 Volumen de Control para la Autoclave.....	64
Figura 70 Resultado Transferencia Calor Cilindro y Tapas sin Aislamiento.....	64
Figura 71 Distribución Velocidad Horizontal del Aire 178°C sin Aislamiento.....	64
Figura 72 Distribución Velocidad del Aire de Perfil para 178°C sin Aislamiento.	65
Figura 73 Transferencia Calor, Cilindro y Tapas T. Sup. 50°C con Aislamiento.....	69
Figura 74 Distribución Velocidad Horizontal del Aire para 50°C con Aislamiento.....	69
Figura 75 Distribución Velocidad del Aire de Perfil para 50°C con Aislamiento.	70
Figura 76 Transferencia Calor; Cilindro y Tapas para T. Sup. 90°C con Aislamiento....	70
Figura 77 Distribución Velocidad Horizontal del Aire para 90°C con Aislamiento.....	70
Figura 78 Distribución Velocidad Horizontal del Aire para 90°C con Aislamiento.....	71
Figura 79 Cálculo Tubería de Vapor con Herramienta de Spirax Sarco.....	75
Figura 80 Cálculo Tubería de Condensado con Herramienta.....	76
Figura 81 Vista Línea de Condensado Salida de Autoclave.	76
Figura 82 Válvula Reductora de Presión Tipo ED	77
Figura 83 Válvula de Venteo de Aire	81
Figura 84 Distribución Volúmenes y Capacidades en Tanque.....	84
Figura 85 Flujograma de Fabricación en el Taller	90
Figura 86 Plano de Fabricación de las Virolas	91
Figura 87 Rolado Virolas de $\varnothing 2850$ mm y Longitud 1500 mm.....	91
Figura 88 Atiesado y Soldadura de Virolas para el Cilindro.....	92
Figura 89 Plano de Fabricación Tapa Toriesférica.....	93
Figura 90 Proceso de Bombeado de Tapa Toriesférica.....	93
Figura 91 Inspección Líquidos Penetrantes de Tapa Toriesférica.....	94
Figura 92 Plano de Fabricación Soportes de la Autoclave	94
Figura 93 Armado de Soportes de Autoclave.....	95
Figura 94 Plano de Fabricación Plataformas Deslizantes	95
Figura 95 Armado Estructura para Plataforma Deslizante Interior	96
Figura 96 Plano de Fabricación Plataformas Deslizantes	96
Figura 97 Ruedas para Plataforma Interior de Autoclave	97

Figura 98 Plano de Fabricación Bisagras de Compuerta.....	97
Figura 99 Vista de la Bisagra de la Puerta con su Eje y Chumacera.....	98
Figura 100 Armado de Cilindro Presurizado sobre Soportes.....	98
Figura 101 Armado de Virolas y Tapas Toriesféricas.....	99
Figura 102 Armado de Anillos de Cilindro.....	99
Figura 103 Plano de Fabricación de Anillos de Compuerta.....	100
Figura 104 Armado de Anillo y Bocina de Compuerta.....	100
Figura 105 Plano de Fabricación de Compuerta.....	101
Figura 106 Armado de Compuerta y comprobación de contacto de Muelas.....	101
Figura 107 Vista Lateral de Autoclave.....	102
Figura 108 Vista Isométrica de Autoclave.....	102



INDICE GRAFICOS

Gráfico 1 Efecto de la Temperatura sobre el Esfuerzo de Fluencia	14
Gráfico 2 Grado Vulcanización, α Función de Tiempo para diferentes Temperaturas.....	24
Gráfico 3 Comparación Esfuerzo Tensión S_{Ex} vs Deformación λ_x , Caucho Vulcanizado, No Vulcanizado	25



CAPITULO I

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN

Los activos físicos de minería y de aplicaciones industriales como agitadores, chutes, tuberías, tanques, impulsores, tolvas y equipos en general están revestidos con caucho para hacer frente a diferentes mecanismos de desgaste como la abrasión, erosión y cavitación. En la fabricación o reparación de los revestimientos de caucho, una etapa indispensable es la vulcanización la cual permite lograr las propiedades mecánicas de resistencia al desgaste y adherencia requeridas.

Las empresas de bienes y servicios actuales tienen que ser eficientes y productivas para competir y medirse con otras de sus mismos rubros de tal modo que satisfacen las necesidades de calidad y garantía.

Es necesario diseñar y fabricar una Autoclave para aplicación de Vulcanización de componentes mecánicos, mediante vapor con determinados parámetros de operación proveniente de una caldera, cuya función es elevar la presión y temperatura en el interior por un intervalo de tiempo en el equipo, siendo crítico en seguridad y debe ser diseñado y fabricado según el código de ASME BPVC.

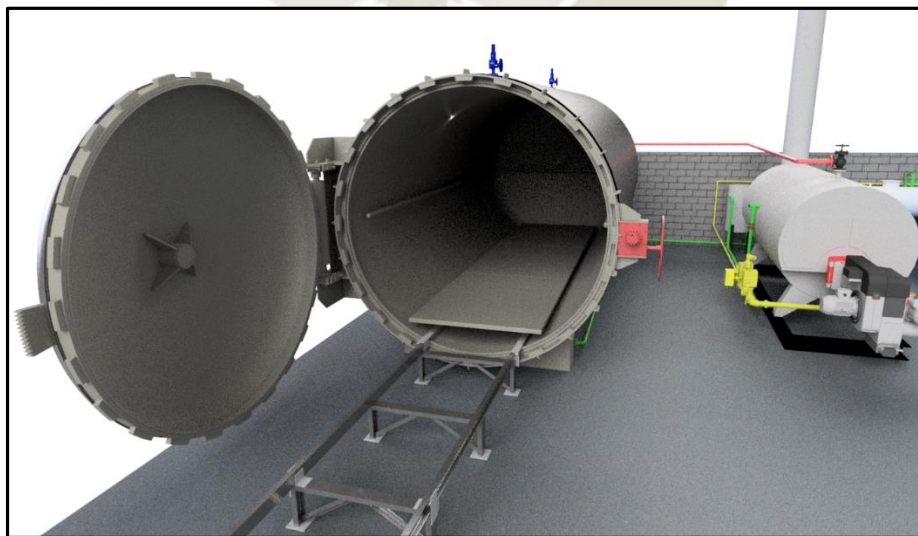


Figura 1 Esquema Autoclave de 42 m³, 100 Psig para Vulcanización de Caucho. Fuente: Elaboración Propia

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Descripción del Problema

En la fabricación de revestimientos de caucho para equipos de minería y de aplicaciones industriales como agitadores, chutes, tuberías, tanques, impulsores, tolvas. Una etapa indispensable es la Vulcanización la cual permite lograr las propiedades mecánicas de resistencia al desgaste, y adherencia requeridas del revestimiento. Para esto se requiere un equipo que pueda mantener cierta temperatura para iniciar la reacción química correspondiente y una presión necesaria para mantener la adherencia y consistencia del revestimiento. El medio para elevar la temperatura es el vapor de agua proveniente de una caldera cuya temperatura siempre corresponde a una presión de saturación.

Otra condición para el diseño es el gran tamaño que tienen dichos equipos mencionados, para esto se diseña una autoclave cuyas dimensiones satisfagan el requerimiento y así mismo soporte la presión de vapor de agua para realizar satisfactoriamente el proceso de vulcanizado.

Dicha autoclave debe ser diseñada bajo el estándar “Boiler and Pressure Vessel Code” de ASME que describe varias condiciones para el cálculo estructural y los requerimientos de soldadura para fabricar un recipiente a presión seguro. Además de la aplicación de conocimientos de resistencia de materiales y diseño mecánico.

Para la fabricación y armado se utilizará distintas herramientas como tecles, plumas, montacargas, rodillos, máquinas de soldar. La soldadura pasara por un proceso de inspección para cumplir los estándares de ASME.

Se requiere implementar el sistema completo de vapor conformado principalmente por una caldera seleccionada aplicando los conocimientos de transferencia de calor y poseer todos los sistemas de seguridad.

1.2.2. Formulación Interrogativa del Problema

Debido a que se necesita un equipo para realizar la vulcanización de revestimiento de caucho equipos con grandes dimensiones, ¿Es posible el diseño y fabricación de una autoclave de vapor con dimensiones mínimas requeridas que pueda soportar una presión de 100 Psig, manteniendo su hermeticidad?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Diseño y Fabricación de Autoclave con Capacidad de 42m³ y una Presión de Vapor de 100 Psig para Vulcanización de Componentes Revestidos de Caucho

1.3.2. Objetivos Específicos

- Plantear y seleccionar la alternativa óptima para el diseño autoclave de vulcanizado y sistemas adicionales.
- Estructurar y clasificar los sistemas y componentes de la autoclave de vulcanización.
- Diseñar y calcular los sistemas y componentes de la autoclave de vulcanización según bajo normas ASME
- Diseñar y calcular el sistema de suministro de vapor para la autoclave.
- Elaborar los costos unitarios y costo total de la autoclave.

1.4. HIPÓTESIS

Dado que el mercado de la minería en el Perú exige cada vez más calidad en la fabricación de productos y servicios de revestimiento de componentes mecánicos que operan a extremas condiciones de operación de erosión, desgaste, impacto y corrosión, donde los intervalos de mantenimiento de dichos componentes de revestimiento en frío y u otros son precarios, si empleamos tecnologías de primera calidad en cuanto a revestimientos así como el control de los parámetros de presión, temperatura y humedad, entonces es necesario diseño y fabricación de una autoclave de vulcanización bajo normas, cuyos revestimiento aseguren el 100% de adherencia para incrementar los intervalos de mantenimiento y operación óptima.

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El presente trabajo se justifica por lo siguiente:

- Tiene importancia tecnológica porque busca aplicar conocimientos de ingeniería mecánica esenciales tales como: resistencia de materiales, mecánica de fluidos, termodinámica, transferencia de calor, diseño en ingeniería mecánica y tecnología de la soldadura.

- Se acredita económicamente el diseño y fabricación de la autoclave por las condiciones de operación de la empresa, uno de sus rublos de producción o servicios es el revestimiento de caucho, que permitirá ser rentable en corto plazo, potenciar la competitividad a nivel regional y generando valor agregado en la prestación de servicios.
- Tiene relevancia contemporánea porque en la actualidad existe una demanda para la fabricación y reparación de equipos de minería revestidos con caucho, para lo cual es indispensable una autoclave con las dimensiones y presión presentadas.

1.6. LIMITACIONES

Fagoma S.A.C. es una mediana empresa, su unidad económica con la oportunidad de desarrollar su competitividad en base a la mejora de su organización y procesos, así como de mejorar sus habilidades empresariales, cuenta con un bajo número de trabajadores y de un volumen de negocio e ingresos moderados en comparación con grandes corporaciones industriales o mercantiles.

Las características y parámetros de diseño de la autoclave se han realizado al volumen de servicios anuales prestados y la estadística de los componentes mecánicos tanto en peso, configuración geométrica y dimensiones longitudinales de largo, ancho y altura.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN

Un autoclave o retorta es un recipiente hermético cilíndrico resistente a la presión, temperatura y esfuerzos cíclicos. Generalmente utilizan vapor de agua a una presión mayor a la atmosférica para lograr en su interior una temperatura más alta necesaria para la vulcanización. La vulcanización, o cura del caucho, es un proceso químico llamado entrecruzamiento en la cual los grupos de moléculas de polímero están fuertemente unidas gracias a puentes atómicos, cambiando la estructura del caucho y volviendo un material con mayor dureza y resistencia al calor. Con la vulcanización se incrementa el esfuerzo de tensión, la dureza, la resistencia a la abrasión por consiguiente disminuye la elongación, compresión permanente y la solubilidad: Todas estas características que la vulcanización brinda son gracias a los diversos compuestos químicos, acelerantés y antioxidantes, que se añaden al caucho y que son sometidos a un nivel adecuado de temperatura, presión y tiempo de curado. (Surdry, 2019)

2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La vulcanización es un proceso cuyos fines es mejorar las propiedades del material una de las primeras técnicas que se utilizó para el vulcanizado en el reencauche de llantas fue la del vapor directo.

En 1770, el caucho pasa al campo industrial gracias al químico británico Joseph Priestley, quien descubrió que se podía usar la goma de caucho para borrar marcas del lápiz sobre papeles, dando origen al nombre “goma de borrar” o “borrador” (Global Rubber, 2020).

En 1839, se descubrió el proceso de la vulcanización gracias a Charles Goodyear, quien mejoró la durabilidad y utilidad del caucho al mezclarlo con azufre. Desde ahí empieza el proceso de la vulcanización al que llamaron así en honor al dios Vulcano (Global Rubber, 2020).

El 1887, John Dunlop, creó un producto que hoy en día es muy importante para la industria automotriz, que es el neumático o llanta (Global Rubber, 2020).

En 1879 por Charles Chamberland, invento la primera autoclave era esencialmente una olla de presión sofisticada (Global Rubber, 2020).

En 1910, el científico ruso Serguéi Lébedev, creó el primer polímero de caucho sintetizado a partir del butadieno, ya que, en la primera Guerra Mundial, el caucho natural estaba en escasez por lo que se dedicaron a buscarle un sustituto (Global Rubber, 2020).

Desde las fechas indicadas hasta los tiempos presentes ha evolucionado la fabricación de autoclaves desde las laboratorio, médicas e industriales ya sea mecánicas hasta automatizadas.



Figura 2 Spool Vulcanizado en Autoclave

Fuente: Sinomac (2020)

2.3. CLASIFICACIÓN DE AUTOCLAVES INDUSTRIALES

Las autoclaves industriales se pueden clasificar según el método para lograr alcanzar la temperatura deseada:

- a. **Autoclave de Desplazamiento por Gravedad:** El vapor que ingresa debido a su densidad desplaza el aire más pesado para ser venteado.
- b. **Autoclave Industrial Calentado por Combustible:** Existe agua el fondo de la autoclave y mediante combustible o resistencias, se evapora y empuja el aire hacia arriba para evacuarse.

- c. **Autoclave Pre vacío:** Con una bomba de vacío, se retira primero todo el aire para luego introducir el vapor proveniente de una cadera evitando los inconvenientes provenientes de la presencia de aire en el vapor (Autoclave del vapor, 2020).



Figura 3 Vista Exterior de la Autoclave

Fuente: Rubber Machine (2020)

Otra clasificación para autoclaves industriales es la forma o fuente de calentamiento, la cuales son:

- Autoclave Inyección de Vapor Directo:** Inyección directa de vapor saturado al interior de la autoclave.
- Autoclave Inyección de Vapor Indirecto:** El paso de vapor a través de un intercambiador de calor en el interior de la autoclave, forzando el paso de aire por este mediante un ventilador. La autoclave se presuriza mediante un compresor externo.
- Autoclave Vacu-Lug:** La combinación de la inyección directa de vapor saturado y aire proveniente de un compresor.
- Autoclave Eléctrica:** Utilizando resistencias en el interior y forzando el paso de aire mediante un ventilador.

2.4. SISTEMAS Y COMPONENTES DE LA AUTOCLAVE

Una autoclave de vulcanización de caucho consiste principalmente de una cámara presurizada (cilindro) con o sin aislamiento con soportes, una tapa que debe cerrar herméticamente con un mecanismo que puede ser mecánico, eléctrico o hidráulico,

además debe gozar con un sistema de abastecimiento de vapor, que cuenta con tuberías, válvulas reductoras de presión, válvulas de seguridad, instrumentos de medición, trampas de vapor y otros accesorios.

Empleamos la Norma ISO 14224 que nos soluciona la estructura de la clasificación taxonómica cuyos objetivos principales de esta norma internacional son:

- Diseño y configuración de la autoclave.
- Seguridad, confiabilidad y disponibilidad de los componentes, sistemas y equipo.
- Costo del ciclo de vida del equipo.
- Planeamiento, optimización y ejecución del mantenimiento.

El siguiente Cuadro 1 muestra los sistemas, subsistemas y componentes de la Autoclave de capacidad de 42 m³, con una presión de diseño de 100 Psig, temperatura de 165°C cuyos objetivos son para vulcanizar dispositivos mecánicos de caucho y otros tipos de polímeros.

Cuadro 1 Sistemas, Subsistemas y Componentes Autoclave de Vulcanización de Dispositivos Mecánicos

EQUIPO	SISTEMAS	SUBSISTEMAS	COMPONENTES
AUTOCLAVE DE VAPOR PARA VULCANIZACIÓN DE DISPOSITIVOS MECÁNICOS	AUTOCLAVE DE VAPOR	Cámara Presurizada	Cilindro
			Tapa Posterior
			Plataforma Estructural
			Soportes Estructurales
		Compuerta	Compuerta
			Bisagra
			Soporte de Bisagra
		Accionamiento Mecánico	Mecanismo reductor
		Subsistemas Auxiliares	Bastidores
			Termostato
			Válvula de Seguridad
			Manómetro
			Válvula de Drenaje

GENERADOR DE VAPOR	Caldera	Válvula Reductora Presión
		Quemador
		Cámara de Combustión
		Cilindro y Red de Tubos
	Subsistema de Vapor	Bomba de Agua
		Línea de Vapor
		Tanque de Condesado
		Tanque de Agua
		Tanque de Purga
	Subsistema de Combustible	Ablandador de Agua
		Línea de Combustible
	Control de Operaciones	Tanque de Combustible
		Tablero de Control Eléctrico
		Tablero de Instrumentación

Fuente: Elaboración propia

La siguiente Figura 4 se muestra el diseño de la autoclave de vapor para vulcanizar dispositivos mecánicos.

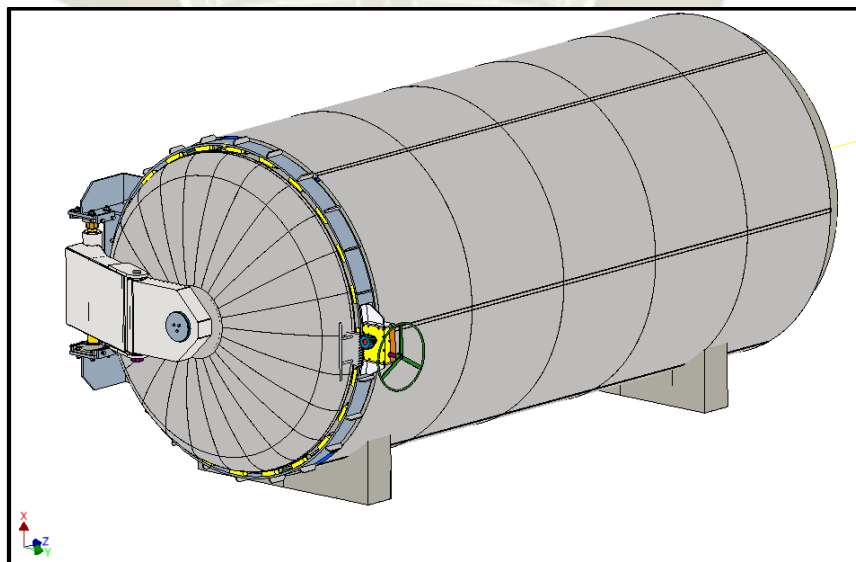


Figura 4 Autoclave de Vapor para Vulcanización de Dispositivos Mecánicos

Fuente: Elaboración propia

La siguiente Figura 5 muestra los componentes y partes de la autoclave de vapor para vulcanizar caucho.

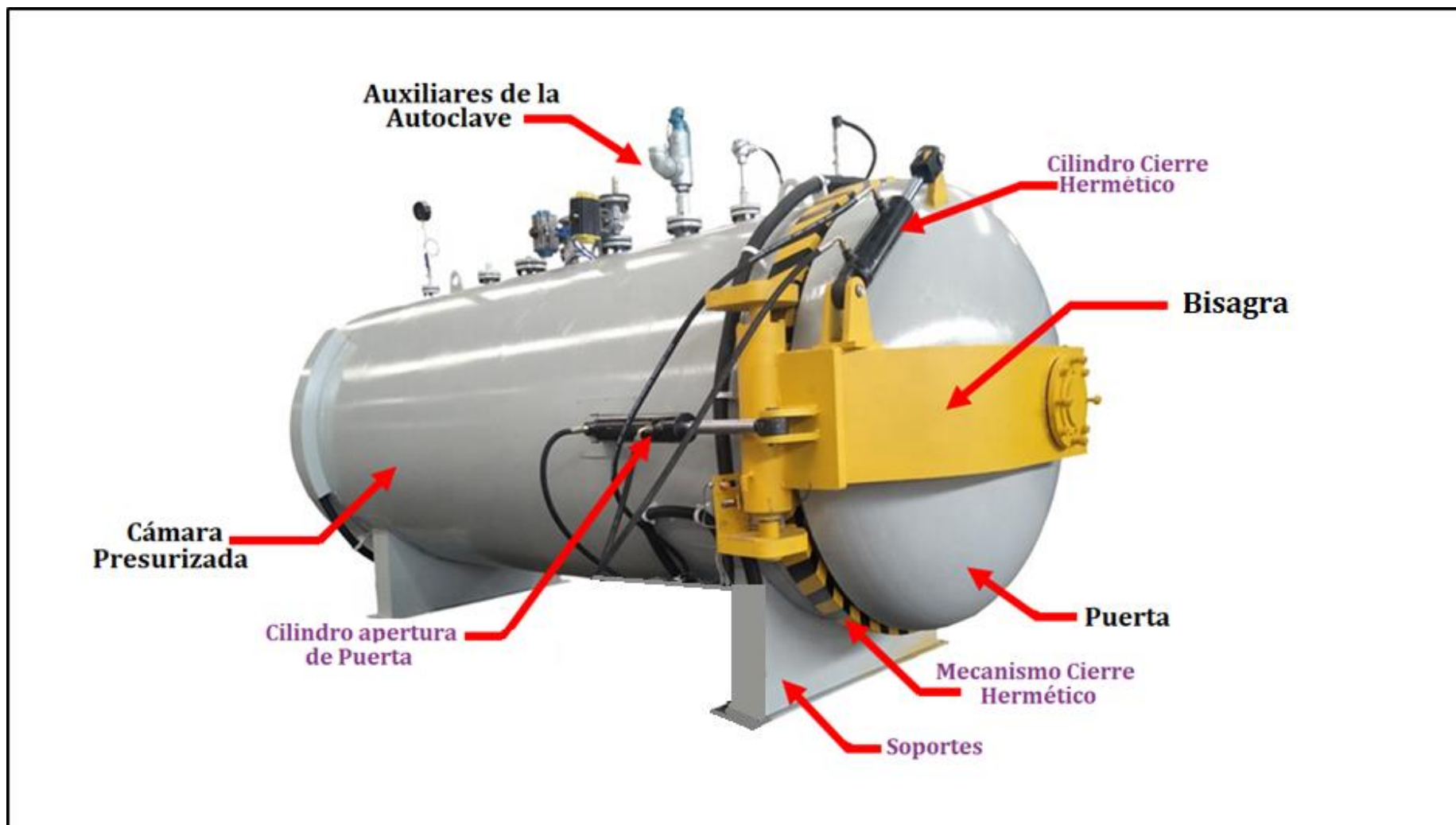


Figura 5 Componentes de una Autoclave de Vapor Directo

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6 en el interior de la autoclave, tiene un sistema de rieles que poseen vagones o carros, los cuales pueden tener un sistema motriz de cadenas para su avance o retroceso. Además, se presentan diferentes tuberías en forma de quena para inyectar el vapor.

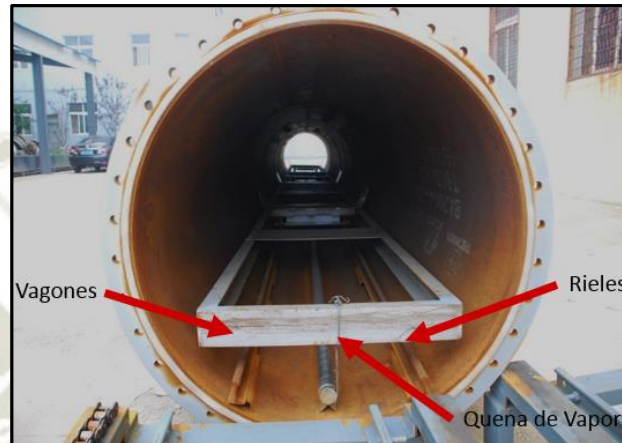


Figura 6 Partes Interiores de una Autoclave de Vapor Directo

Fuente: Elaboración propia

2.5. NORMATIVA PARA DISEÑO AUTOCLAVE

El estándar “Boiler and Pressure Vessel Code” creado por la sociedad americana de Ingenieros Mecánicos regula el diseño y construcción de calderas y recipientes a presión.

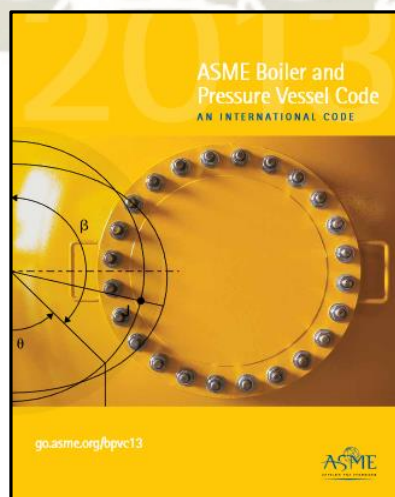


Figura 7 Caratula Estándar Boiler and Pressure Vessel Code

Fuente: ASME (2020)

Para el diseño y fabricación de la autoclave para vulcanización se utilizará directamente la Sección II, Sección V y Sección VIII del estándar. Cuyas 12 secciones se numeran a continuación.

- Sección I Reglas para construcción de calderas.
- Sección II Materiales.
- Sección III Reglas para la construcción de componentes de instalaciones nucleares.
- Sección IV - Reglas para la construcción de calderas de calefacción.
- Sección V – Ensayos no destructivos.
- Sección VI - Reglas recomendadas para el cuidado y operación de calderas de calefacción.
- Sección VIII - Reglas para construcción de Recipientes a presión.
- Sección IX - Calificaciones de soldadura, soldadura fuerte y fusión.
- Sección X - Recipientes a presión de plástico reforzado con fibra.
- Sección XI - Reglas para la inspección en servicio de componentes de centrales nucleares.
- Sección XII - Reglas para la construcción y el servicio continuo de tanques de transporte.

2.6. CÁLCULO DE UNA AUTOCLAVE

Se define un recipiente de pared delgada en el cual la relación entre el diámetro y su espesor es mayor de 20, según como expone la Figura 8.

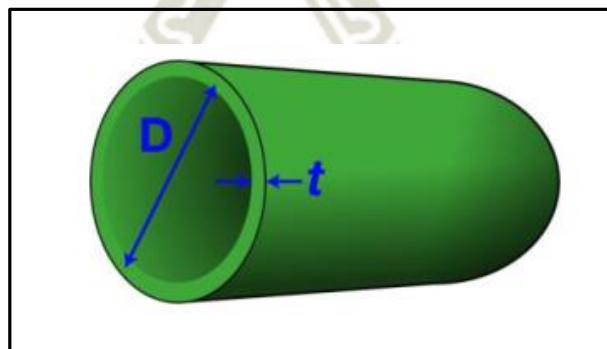


Figura 8 Recipiente de Pared Delgada

Fuente. Georgia Institute (2020)

Según como se muestra la Figura 9 se pueden determinar dos modelos de esfuerzo para un recipiente de presión de pared delgada.

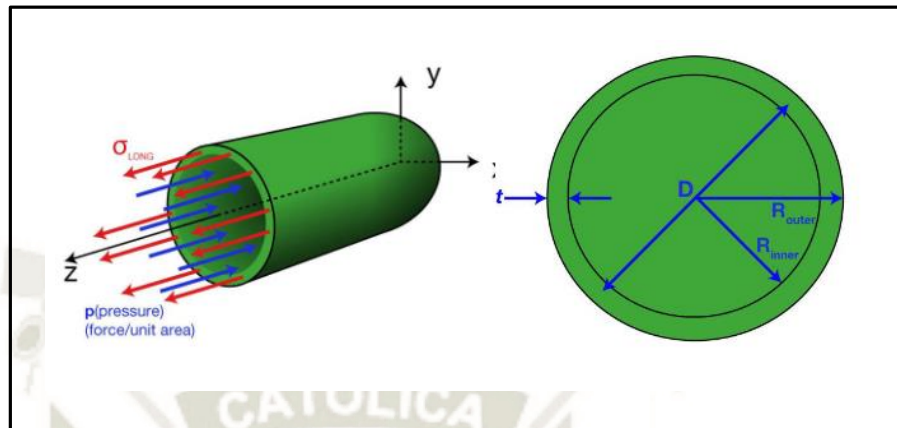


Figura 9 Esfuerzo Longitudinal para Recipiente de Pared Delgada

Fuente. Georgia Institute (2020)

El esfuerzo longitudinal está dado como se evidencia en la Figura 10 por la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{P * D}{4 * t}$$

Donde:

σ : Esfuerzo permisible del material. (psi)

P: Presión interna del recipiente. (psi)

D: Diámetro exterior del recipiente. (pulg)

t: Espesor. (pulg)

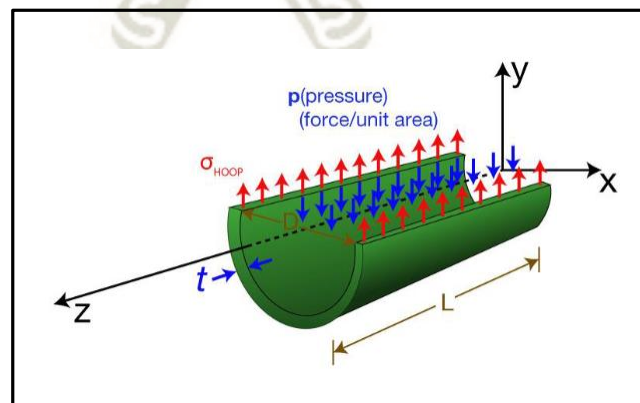


Figura 10 Esfuerzo Transversal para Recipiente de Pared Delgada

Fuente. Georgia Institute (2020)

El esfuerzo transversal está dado como se expone en la Figura 11 por la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{P * D}{2 * t}$$

Estos dos esfuerzos se pueden graficar en el círculo de Mohr para visualizar que existe una componente cortante en el cilindro.

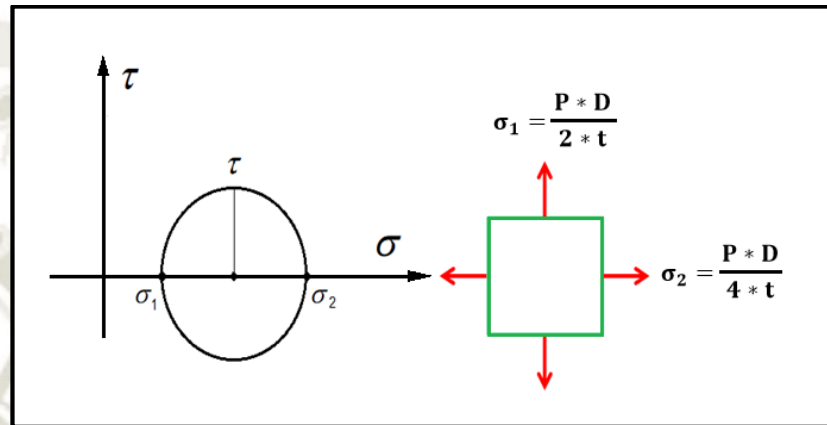


Figura 11 Círculo de Mohr Esfuerzos para Recipiente de Pared Delgada

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que la autoclave funciona con vapor a alta temperatura, la resistencia del acero se ve afectada. A continuación, se muestra la variación de las resistencias de fluencia de diferentes aceros cuando la temperatura se eleva en Grafico 1.

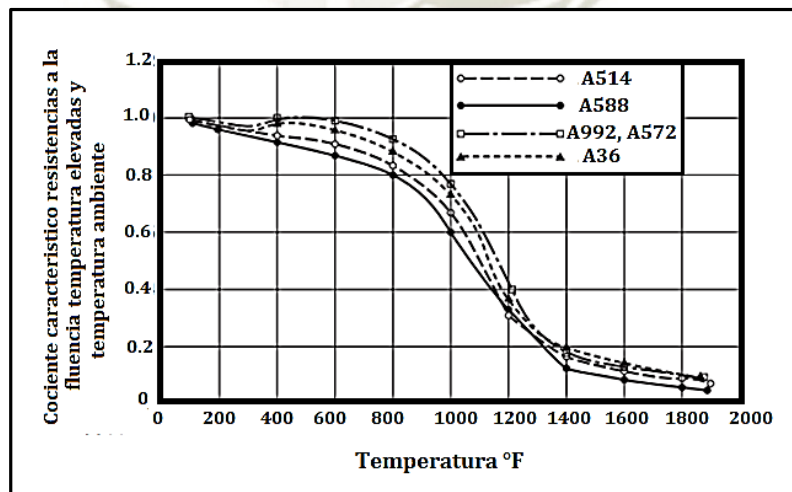


Gráfico 1 Efecto de la Temperatura sobre el Esfuerzo de Fluencia

Fuente: McCormac (2013)

2.7. SISTEMA ABASTECIMIENTO DE VAPOR PARA AUTOCLAVE

En la vulcanización de caucho se utiliza vapor que es proporcionado por una caldera el cual es introducido por el método directo. El método de control recomendado por Spirax Sarco para una autoclave es de control de presión, y de este modo controlar la temperatura (Spirax Sarco, 2020). En la Figura 12 expone la instalación de vapor a una autoclave.

- Ventaja: El sensor de presión puede estar ubicado cerca de la válvula de control en lugar de en el medio del proceso en sí.
- Desventaja: El control es "bucle abierto", ya que el sensor no mide la temperatura real del producto.
- A tener en cuenta: Es necesario un buen venteo de aire.

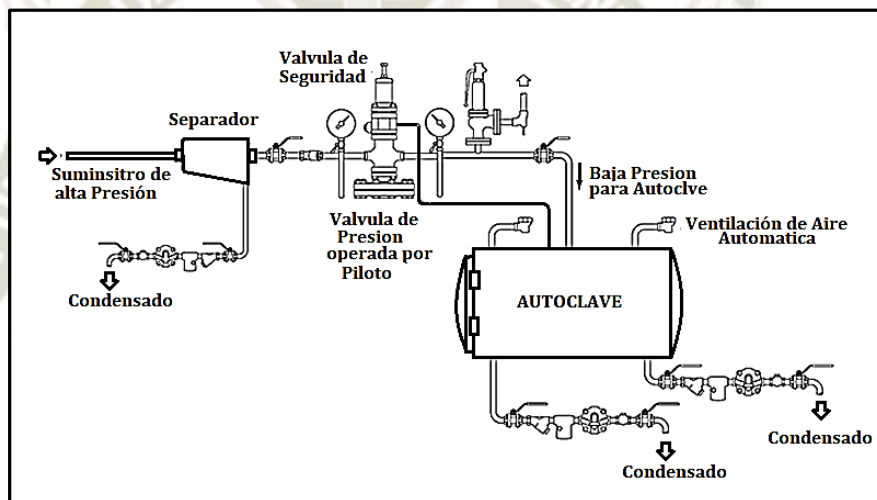


Figura 12 Esquema de Instalación de Vapor de Autoclave
Fuente. Spirax Sarco (2020)

En el sistema anterior se muestra el sistema básico de vapor para una autoclave que consta principalmente de un Separador de Gotas, una válvula reductora de presión pilotada, una válvula de seguridad, venteadores de aire y trampas de vapor.

Según Spirax Sarco, para autoclaves a baja presión se optarán por trampas de boya o eliminador de aire para drenar el gran flujo de condensado a baja presión.

En volumen grande, la eliminación de aire es problemática. Si no se elimina todo el aire caerán las temperaturas por lo tanto si la entrada de vapor es por la parte inferior

los eliminadores termostáticos de aire en la superior y si la entrada de vapor es por la parte superior los eliminadores de aire deberán situarse más abajo Figura 13.

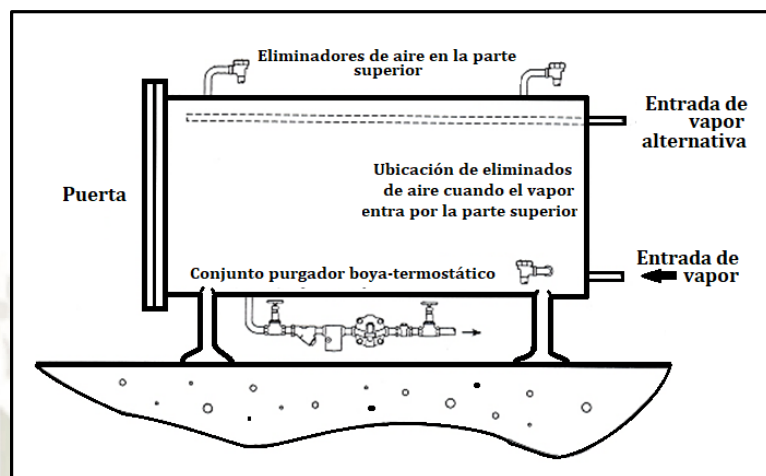


Figura 13 Sistema de Vapor de Autoclave de Baja Presión
Fuente. Spirax Sarco (2020)

Para una Autoclave vulcanizadora con doble fondo, la eliminación del condensado de la cámara puede ser dificultosa debido a su posible acidez. Si es así cualquier purgador sufrirá corrosión, pero la mejor solución será un purgador de boya-termostático o de cubeta invertida con un eliminador de aire en paralelo. En todo caso será necesario que sean de acero inoxidable para resistir el ataque corrosivo.

El condensado debe descargarse directamente a drenaje debido a su contaminación. Los conjuntos purgadores utilizados en estas cámaras, deberán limpiarse regularmente.

En el caso de la cámara al introducir el vapor por un extremo de la cámara los eliminadores de aire estarán en la parte superior los más alejados de la entrada de vapor. Para el doble fondo ventear el aire es más sencillo se debe usar un purgador de boya-termostático y eliminador de aire en la parte superior, lo más alejado posible de la entrada de vapor Figura 14.

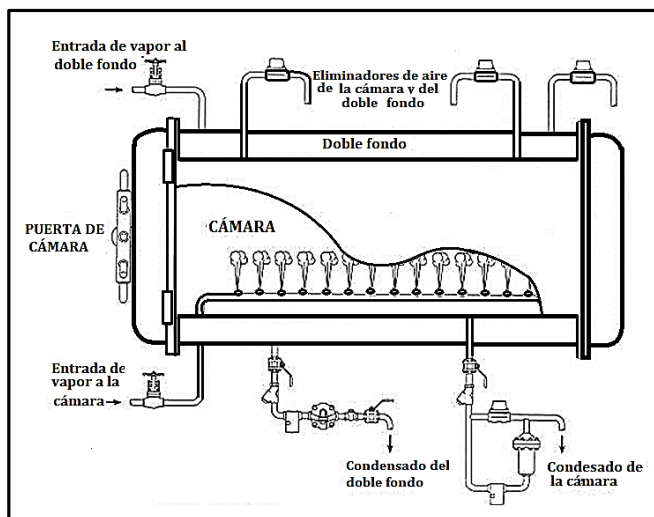


Figura 14 Esquema Autoclave de Vulcanizado
Fuente. Spirax Sarco (2020)

2.7.1. Calderas de Abastecimiento de Vapor

Se tienen dos tipos de calderas principalmente las cuales son:

- Calderas Vapor Acuotubulares: El agua circula por el interior de los tubos y los humos de combustión por el exterior de estos (VYC INDUSTRIAL, 2020).
- Calderas Vapor Piro-tubulares: Los humos de la Combustión circulan por el interior de los tubos y el agua por el exterior, como muestra la Figura 15 sus componentes y partes (VYC INDUSTRIAL, 2020).

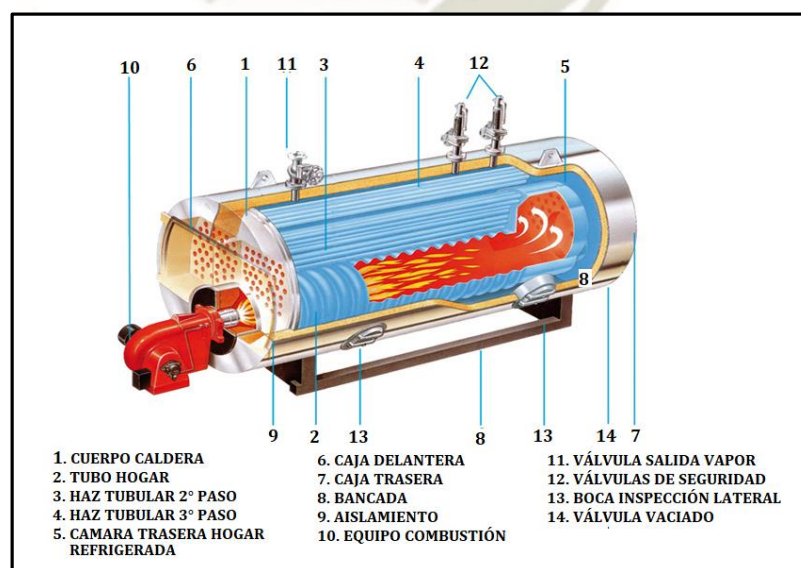


Figura 15 Componentes y Partes de Caldera Piro-tubular
Fuente. SOGECAL (2020)

Las calderas de vapor pirotubulares contienen mucha más agua que las acuotubulares, siendo esta caldera más resistente ante las sobre demandas de vapor a su vez teniendo un mantenimiento más sencillo, en el Cuadro 2 nos indica los criterios de las pirotubulares versus las acuotubulares.

Cuadro 2 Comparación Técnicas, Calderas de Vapor Pirotubulares y Acuotubulares

Criterios	Calderas Pirotubulares	Calderas Acuotubulares
Calidad del agua	Menores exigencias, posible funcionamiento a salinidad	Mayores exigencias, necesario bajo nivel de salinidad
Mantenimiento	Fácil de limpiar	Complicado, costoso
Revisiones periódicas	Inspección ordinaria, prueba hidrostática.	Medición por ultrasonido, prueba hidrostática
Costes para niveles comparables de gasto de fabricación y calidad	Menores	Mayores
Características de carga parcial	Control con quemador, cuando baja por debajo de la carga mínima el quemador puede apagarse	Debe limitarse la carga parcial, el quemador no puede apagarse manualmente
Necesidades de espacio	Reducidas	Elevadas
Capacidad de acumulación	Debido al alto volumen de agua, no es susceptible a las fluctuaciones de presión y carga	Susceptible a las fluctuaciones de presión y carga

Fuente. FENERCOM (2020)

Combustible

Es la cantidad de energía en forma de calor desprendida por una unidad de combustible en su combustión completa para unas condiciones determinadas de presión y temperatura de los productos que reaccionan y de los productos resultantes, en la Tabla 1 valora los poderes caloríficos de diferentes combustibles para producción de vapor.

Tabla 1 Poder Calorífico de Combustibles

COMBUSTIBLE	UNIDAD	PODER CALORÍFICO SUPERIOR	PODER CALORÍFICO INFERIOR
GAS NATURAL	kWh/kg	13.05	14.43
PROPANO COMERCIAL	kWh/kg	12.82	13.92
BUTANO COMERCIAL	kWh/kg	12.69	13.74
GASÓLEO	kWh/kg	11.56	12.23

Fuente. FENERCOM (2020)

A su vez existen diferentes tipos de quemadores dependiendo del combustible para las calderas de vapor pirotubulares, como señala el Cuadro 3.

Cuadro 3 Tipos de Quemadores para Calderas

COMBUSTIBLES PARA CALDERAS	EQUIPOS DE COMBUSTIÓN				
	QUEMADORES DE COPA ROTATIVA	QUEMADORES PULVERIZACIÓN MECÁNICA	PULVERIZACIÓN NEUMÁTICA	QUEMADORES DE PARRILLA	QUEMADORES DE TORNILLO
GASÓLEO	X	X			
GAS	X	X			
CARBÓN			X	X	X
MADERA			X	X	X
DESECHOS				X	
BIOLÓGICOS				X	X

Fuente. SOGECAL (2020)

Agua en las Calderas

En la Figura 16 muestra como ejemplo incrustaciones que producen por la utilización de agua en las calderas de vapor vienen motivados por las siguientes descomposiciones (FENERCOM, 2020).

- Incrustaciones
- Corrosiones
- Arrastres
- Depósitos



Figura 16 Acumulación de Incrustaciones en Calderas de Vapor. Fuente: FENERCOM (2020)

Las principales sustancias contenidas en las aguas naturales o aguas brutas son las sales de calcio y magnesio, normalmente bicarbonatos y sulfatos (Kohan, 2005).

Para caracterizar un agua se definen tres tipos de dureza:

- La dureza total del agua, que es la cantidad total de calcio y magnesio disuelto.
- La dureza permanente, que representa la cantidad de sales de calcio y magnesio que subsisten en el agua después de una ebullición prolongada (Kohan, 2005).
- La dureza temporal o transitoria del agua, que está constituida por las sales que han precipitado durante la ebullición (Kohan, 2005).

Tratamiento y acondicionamiento de agua

- Tratar el agua de aportación para eliminar aquellos elementos químicos del agua que son perjudiciales (Kohan, 2005).
- Tratamiento interno del agua de caldera.
- Tratamiento de los condensados que son conducidos de retorno a las calderas (Kohan, 2005) .
- Control de las purgas para eliminar precipitados e iones en la caldera (Kohan, 2005).

En la Figura 17 se puede apreciar los diferentes tipos de tratamiento del agua de aportación generalmente utilizados

- Clarificación.
- Des endurecimiento.
- Des carbonatación.
- Desmineralización.
- Desgasificación

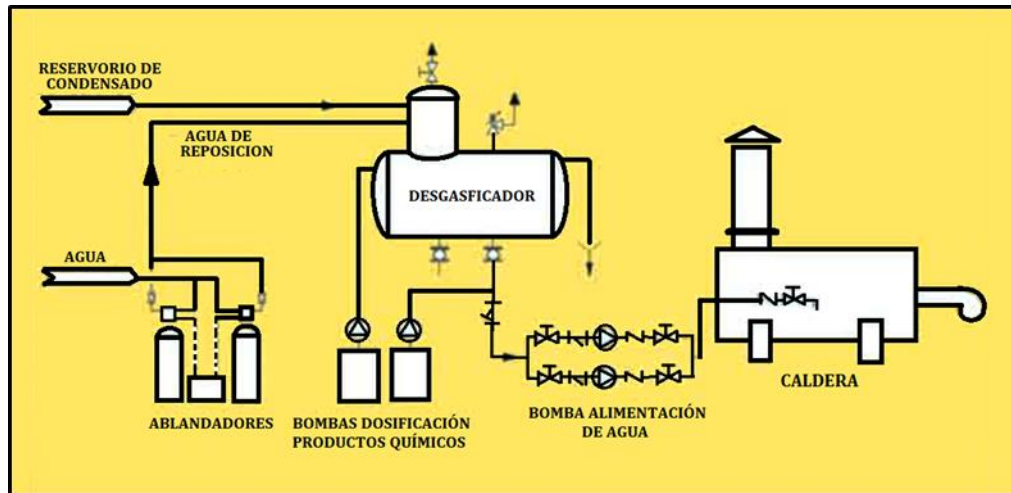


Figura 17 Tratamiento Físico y Químico del Agua de Aportación
Fuente. FENERCOM (2020)

2.7.2. Válvula Reductora de Presión

Válvula Reductora de Presión de Acción directa: Es sencilla y económica, la presión a la salida es controlada por un resorte regulado manualmente. Está diseñada para flujos bajos y moderados y su precisión es de +/- 10% del punto de ajuste aguas abajo (Armstrong, 2020). Como se presenta en la Figura 18.



Figura 18 Válvula Reductora de Presión Armstrong GD-30
Fuente. Armstrong (2020)

Válvula Reductora de Presión de Piloto: Permite oscilaciones de flujo ya que la presión de descarga actúa en la parte superior de un pistón o diafragma, que abre la válvula principal más grande. Está diseñada para flujos más elevados y su

precisión es de hasta $\pm 1\%$ del punto de ajuste aguas abajo (Armstrong, 2020).

Como se exponen en las Figura 19, 20.

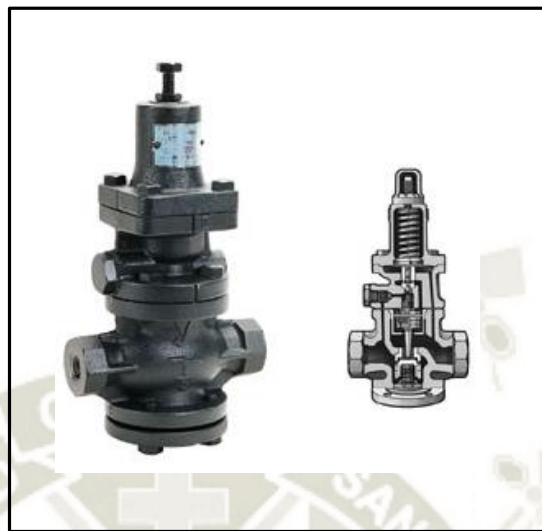


Figura 19 Válvula Reductora de Presión Armstrong GP1000
Fuente. Armstrong (2020)



Figura 20 Válvula Reductora de Presión Spence Tipo E
Fuente. GeneraVapor (2020)

2.7.3. Trampas Flotador con Venteo Termostático

Forman parte de la familia de trampas mecánicas. Un flotador es conectado con el sistema de obturación (válvula) y su asiento mediante una palanca. El condensado se descarga en forma continua cuando alcanza determinado nivel (Miyawaki, 2014).

Además, tienen un venteo termostático con la finalidad de extraer el aire y gases tanto en el momento del arranque como durante la operación.

2.8. VULCANIZACIÓN

2.8.1. Concepto de Vulcanización

La vulcanización es un proceso mediante el cual se calienta el caucho crudo en presencia de azufre, con el fin de volverlo más duro y resistente al frío (Clickmica, 2018).

2.8.2. Proceso de Vulcanización del Caucho

El caucho está compuesto por largas cadenas poliméricas. Estas cadenas se pueden mover de forma independiente entre sí, lo que le permite, al material, cambiar de forma. El entrecruzamiento introducido por la vulcanización impide que las cadenas del polímero se muevan de forma independiente (Adam, Behnke, & Kaliske, 2019).

A escala molecular, el proceso de vulcanización implica la formación de puentes entre los átomos de azufre y los enlaces carbono-hidrógeno. Antes de la vulcanización Las moléculas cíclicas S_8 y los monómeros cis-1,4-poliisopreno ya están presentes, pero las moléculas de azufre aún no forman puentes entre las cadenas de monómeros (Adam, Behnke, & Kaliske, 2019).

Con base en cálculos de cinética química, un aumento de temperatura a $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ rompe la molécula cíclica de azufre S_8 y provoca una reacción de articulación entre el caucho natural (cis-1,4-poliisopreno), como enseña la Figura 20.

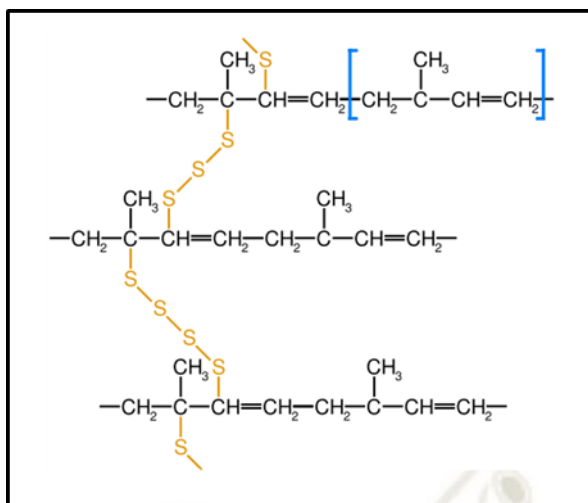


Figura 20 Caucho Natural Vulcanizado, Cadenas Conexión Azulfre y Azul Monómero Poliisopreno.

Fuente: Adam, Behnke, & Kaliske (2019)

Se realizó un análisis computacional del grado de vulcanización α que tiene valores de 0 a 1, en el que 1 significa que se formaron al 100% las cadenas de S_8 y cis-1,4-poliisopreno, siendo α una función de la temperatura y tiempo, con lo cual se obtuvo el siguiente Grafico 2.

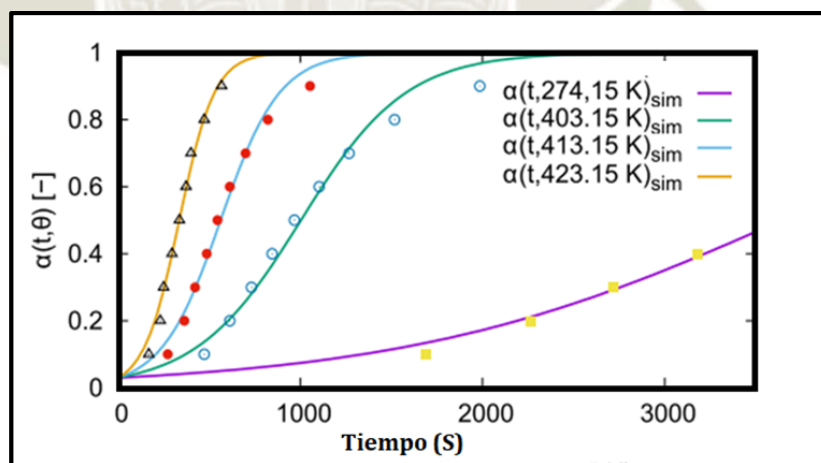


Gráfico 2 Grado Vulcanización, α Función de Tiempo para diferentes Temperaturas.

Fuente. Adam, Behnke, & Kaliske (2019)

Se muestra en la Grafico 2 que un aumento de temperatura acelera la reacción, disminuyendo el tiempo de la vulcanización. Se requiere un mínimo de 130°C para que sea efectiva, es donde se encuentra la importancia de la Autoclave.

Se mencionó que la vulcanización aumenta las propiedades mecánicas del caucho, se realizó un análisis de tensión experimental con probetas de caucho vulcanizadas y no vulcanizadas.

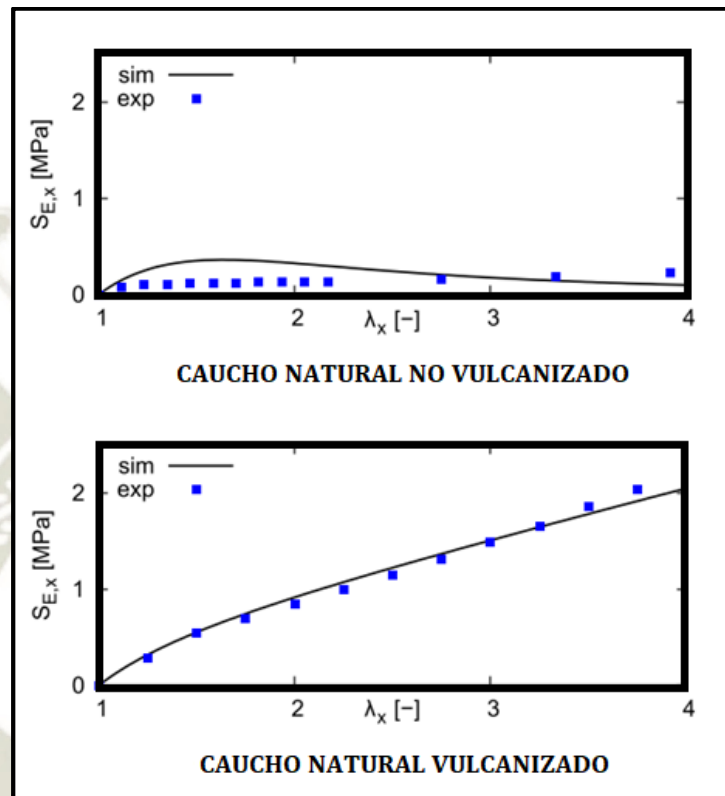


Gráfico 3 Comparación Esfuerzo Tensión S_{E_x} vs Deformación λ_x , Caucho Vulcanizado, No Vulcanizado

Fuente. Adam, Behnke, & Kaliske (2019)

2.8.3. Equipos y Componentes Vulcanizados

Los equipos y componentes a continuación están revestidos en caucho y pasan por un proceso de fabricación. En la siguiente Figura 22 corresponden al sistema de alimentación de un Molino SAG. Las tuberías se encuentran revestidos en su interior por caucho natural para resistir el desgaste producido por la pulpa. En el caso del carro de alimentación tiene chaquetas de caucho.



Figura 21 Alimentación de un Molino SAG

Fuente. F. Smith (2020)

Los travesaños de una Zaranda Haver Figura 23 se encuentran revestidos de caucho para soportar el impacto del material.



Figura 22 Zaranda Haver

Fuente. Haver (2020)

Los discos de molino ISAMILL Figura 23 son fabricados en caucho con alma de acero para soportar el desgaste a que están sujetos debido a la pulpa y el medio de molienda.



Figura 23 Discos de Molino Isamill

Fuente. Elaboración Propia

Para los revestimientos de las poleas de fajas transportadoras Figura 24 se vulcaniza en caliente (autoclave), para caucho y caucho-cerámico.



Figura 24 Poleas Fajas Transportadoras

Fuente: Grupo PHN (2020)

CAPITULO III

3. DISEÑO AUTOCLAVE PARA VULCANIZACIÓN

3.1. INTRODUCCIÓN

El diseño de un equipo para las empresas es un proceso caracterizado por la creatividad y, a la vez, marcado por el cumplimiento de unos requerimientos que impone el cliente, los usuarios, el mercado y/o la competencia (Blanco, 2018). La complejidad y la importancia de este proceso de diseño han motivado cantidad de estudios y el establecimiento de diversas metodologías que asistan al diseño a guiar los procedimientos, encauzar la creatividad y alcanzar los requerimientos acordados. Estos procesos contemplan e incorporan en las decisiones de diseño los estudios de mercado, el análisis de necesidades de los usuarios, la generación de especificaciones, propuesta y valoración de alternativas. Llama la atención, sin embargo, que todas ellas dan por hecho implícitamente que el equipo se desarrollará, se fabricará y/o se utilizará a priori en un contexto industrializado. (Blanco, 2018)

3.2. PLANTEAMIENTO ALTERNATIVAS PARA DISEÑO AUTOCLAVES

Para la solución de un proyecto se debe plantear alternativas técnicas como la identificación de uno o más medios que representan estrategias para dar solución a la problemática abordada. Partiendo de objetivos y metas a corto y mediano plazo seleccionamos aquellos que representan estrategias viables para cambiar la situación problemática, posteriormente aplicamos filtros o criterios para hacer una segunda selección que deriva en una o más estrategias óptimas para el proyecto. (Blanco, 2018)

Sintetizando son los siguientes pasos:

Paso 1: Planteamiento de Alternativas de Solución del Proyecto.

Paso 2: Definición de Factores para la Selección de la Alternativa Óptima.

Paso 3: Selección de la Alternativa; Aplicación de los Factores con sus Valores.

3.3. SELECCIÓN ALTERNATIVA DE AUTOCLAVE ÓPTIMA

PASO 1: Planteamiento de Alternativas de Solución del Proyecto.

- Alternativa N°01: Autoclave con Vapor Puerta con Muelas.
- Alternativa N°02: Autoclave con Vapor Puerta con Pernos.

- Alternativa N°03: Autoclave Eléctrica Puerta Tipo Pulpo.
- Alternativa N°04: Autoclave Gas Puerta Tipo Pulpo.

PASO 2: Definición de Factores para la Selección de la Alternativa Óptima.

FACTOR A: SEGURIDAD

1. Cumple requerimientos mínimos de seguridad.
2. Hermeticidad al 80%
3. Hermeticidad al 95%
4. Cumple con hermeticidad Total

FACTOR B: COSTO DE OPERACIÓN

1. Más de USD 100 la Hora.
2. Menos de USD 100 la hora.
3. Menos de USD 80 la hora
4. Menos de USD 50 la hora

FACTOR C: COSTOS DEL PROYECTO

1. Mas USD 100 000.
2. Menos de USD 90 000
3. Menos de USD 70 000
4. Menos de USD 60 000

FACTOR D: EFICACIA DEL VULCANIZADO

1. Menor a 5 hr, dificultades para alcanzar presión y temperatura deseada.
2. Menor a 4 hr dificultades para alcanzar presión y temperatura deseada.
3. Menor a 3 hr, se alcanza presión y temperatura, pero con mayor lentitud.
4. Menor a 2 hr, se alcanza presión y temperatura deseada de forma efectiva.

FACTOR E: MANIPULACIÓN

1. Inseguridad para la manipulación.
2. Cerrado de puerta y arranque lento.
3. Cerrado de puerta rápido y arranque lento o viceversa.
4. Cerrado de puerta y arranque rápido.

PASO 3: Selección de la Alternativa; Aplicación de los Factores con sus Valores de Ponderación.

Tabla 2 Selección Alternativa Autoclave de Vulcanización

ITEM	FACTORES	VALOR	ALTERNATIVA N°01		ALTERNATIVA N°02		ALTERNATIVA N°03		ALTERNATIVA N°04	
			VALOR	PROD.	VALOR	PROD.	VALOR	PROD.	VALOR	PROD.
1	SEGURIDAD	5	4	20	4	20	3	15	3	15
2	COSTOS DE OPERACIÓN	4	4	16	4	16	2	8	3	12
3	COSTO DEL PROYECTO	5	2	10	2	10	3	15	4	20
4	EFICACIA DEL VULCANIZADO	5	4	20	4	20	2	10	2	10
5	MANIPULACIÓN	4	3	12	2	8	3	12	3	12
SUMA			---	78	---	74	---	60	---	69

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 2: La alternativa seleccionada es: Autoclave con Vapor Puerta con Muelas, como se expone en la Figura 25 y 26.

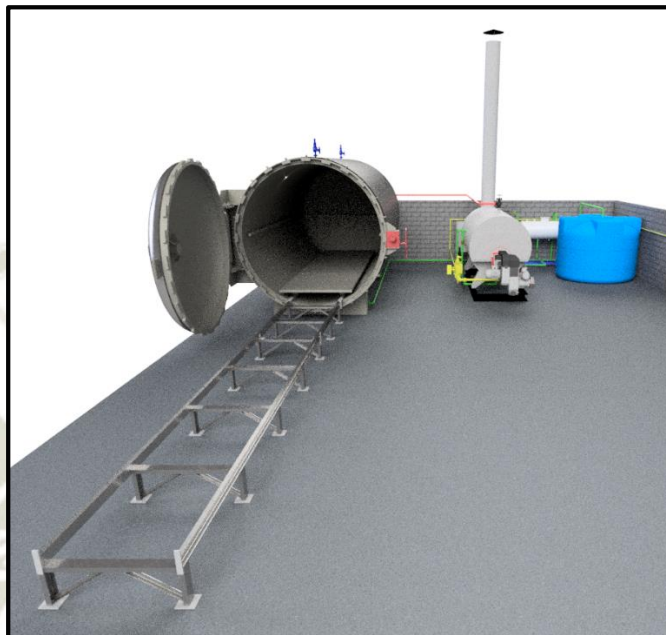


Figura 25 Alternativa Seleccionada Autoclave con Vapor Puerta con Muelas.

Fuente: Elaboración propia

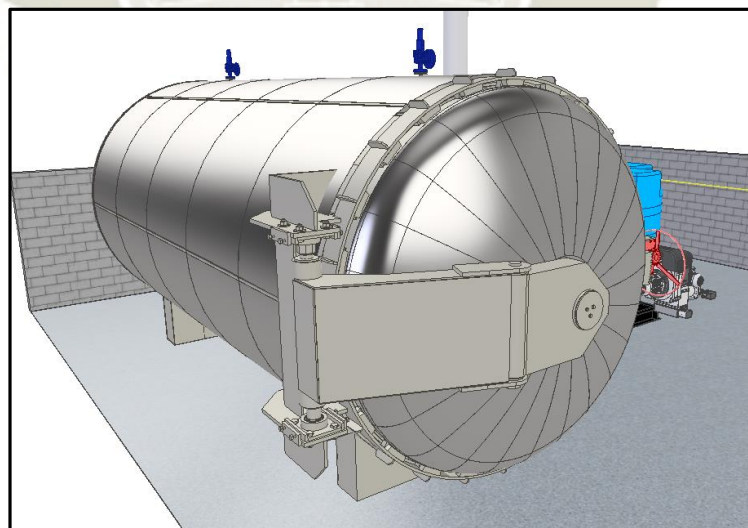


Figura 26 Autoclave Vulcanización de Dispositivos Mecánicos.

Fuente: Elaboración propia

3.4. DISEÑO Y CÁLCULO CILINDRO AUTOCLAVE SELECCIONADA

3.4.1. Eficiencia de la Unión

Las categorías definen las ubicaciones de las uniones en el recipiente a presión, existen cuatro categorías :

- Categoría A: Soldaduras longitudinales en cilindros, transiciones de diámetro, soldaduras longitudinales en tapas
- Categoría B: Soldaduras circunferenciales
- Categoría C: Soldaduras que conectan bridas
- Categoría D: Soldadura entre tuberías y el cilindro principal. Figura 27.

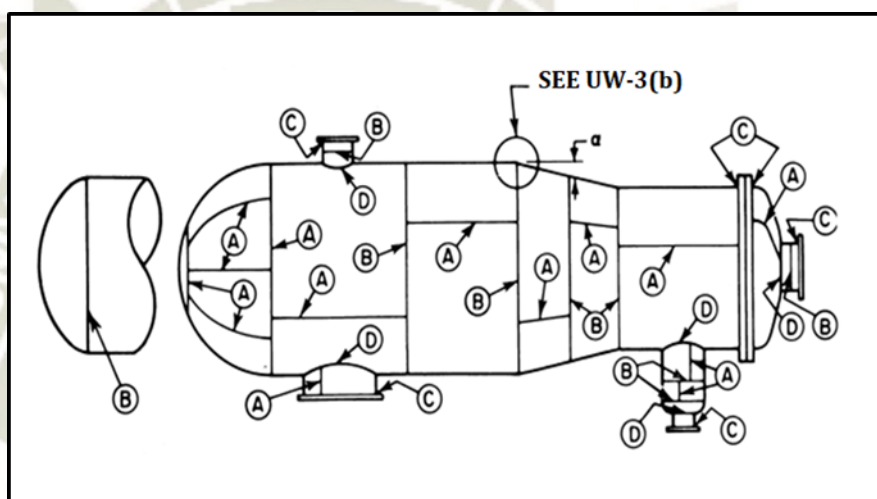


Figura 27 Categorías de Uniones en Recipientes Metálicos

Fuente: ASME (2013)

A partir de esto se obtiene un factor que afecta el cálculo de espesor de las diferentes partes de un recipiente a presión y se muestra en el Cuadro 4 a continuación.

Cuadro 4 Valores de E "Eficiencia de la Unión"

Descripción de la Unión	Categoría de la Unión	Grado de Examinación Radiográfica		
		Full	Media	Ninguna
Uniones a tope con doble soldadura depositando el mismo material por dentro que por fuera.	A,B,C,D	1	0.85	0.70
Unión a tope con soldadura única utilizando backing.	A,B,C,D	0.90	0.80	0.65

Unión a tope con soldadura única sin utilizar backing. Limitaciones: Espesores no mayores a 5/8" y diámetros externos menores de 600mm.	A,B,C	NA	NA	0.60
Unión traslape con soldadura doble. Limitaciones: Soldaduras circunferenciales no mayores de 5/8" espesor. Soldaduras longitudinales no mayores de 3/8" de espesor.	A	NA	NA	0.55
	B,C	NA	NA	0.55

Fuente. ASME (2013)

3.4.2. Esfuerzos en el Cilindro Circunferencial

El esfuerzo circunferencial se produce en las uniones longitudinales y se rige por la siguiente formula de ASME BPVC Sec. VIII.

$$t = \frac{P * R}{S * E - 0.6 * P}$$

Dónde:

P: Presión interna de diseño. (psi)

E: Eficiencia de la unión. (Adimensional)

R: Radio interno. (pulg)

S: Máximo esfuerzo de diseño. (psi)

$$D = 2.865 \text{ m} = 112.79 \text{ pulg} \quad R = 56.39 \text{ pulg}$$

$$t = \frac{100 \frac{\text{Lb}}{\text{pulg}^2} * 56.39 \text{ pulg}}{16.6 \text{ ksi} * 1000 * 0.70 - 0.6 * 100 \frac{\text{Lb}}{\text{pulg}^2}}$$

$$t = 0.49 \text{ pulg}$$

Debido a que el recipiente está en una atmósfera altamente corrosiva se agregará 2mm de espesor adicional al calculado, con lo cual quedaría en el siguiente espesor comercial, es decir plancha de 5/8 pulg.

3.4.3. Esfuerzo en el Cilindro Longitudinal

El esfuerzo longitudinal se produce en las uniones circunferenciales y se rige por la siguiente formula de ASME BPVC Sec. VIII.

$$t = \frac{P * R}{2S * E + 0.4 * P}$$

Dónde:

P: Presión interna de diseño (Psig)

E: Eficiencia de la unión. (Adimensional)

R: Radio interno. (pulg)

S: Máximo esfuerzo de diseño. (Psi). Tabla 3.

Tabla 3 Máximo Esfuerzo Permisible ksi Acero ASTM A36

Máximo Esfuerzo Permisible ksi para una Temperatura °F									
	Composición	Forma	Especificación	100	300	400	500	600	650
16	Carbon Steel	Plate	SA/EN 10028-3	16.1	16.1	16.1	...	...	...
17	Carbon Steel	Bar	SA-36	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6
18	Carbon Steel	Plate, sheet	SA-36	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6
19	Carbon Steel	Plate, sheet	SA-662	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6

Fuente. ASME (2013)

$$t = \frac{100 \frac{\text{Lb}}{\text{pulg}^2} * 56.39 \text{pulg}}{2 * 16.6 \text{ ksi} * 1000 \frac{\text{psi}}{\text{ksi}} * 0.7 + 0.4 * 100 \frac{\text{Lb}}{\text{pulg}^2}}$$

$$t = 0.24 \text{ pulg}$$

El esfuerzo longitudinal mayormente es menor al circunferencial. El espesor escogido para el cilindro será el mismo, es decir plancha de 5/8 pulg.

3.5. DISEÑO Y CÁLCULO DE COMPUERTA Y TAPA TRASERA

3.5.1. Cálculo de Tapas Toriesférica

Son las de mayor aceptación en la industria, debido a su bajo costo y a que soportan grandes presiones manométricas, su característica principal es que el radio del abombado es aproximadamente igual al diámetro, se pueden fabricar en diámetros desde 0.3 hasta 6 m (Tapas Metalicas, 2020) .

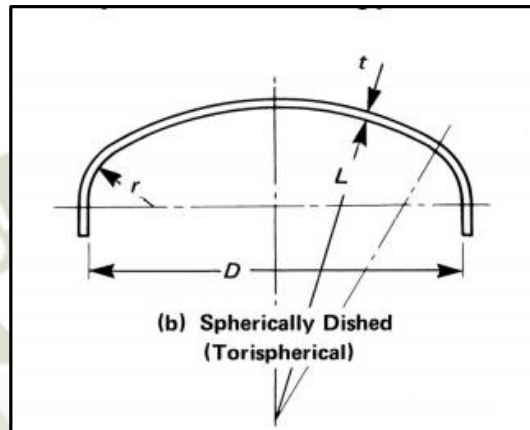


Figura 28 Geometría de Tapa Toriesférica

Fuente: ASME (2013)

$$t = \frac{P * L * M}{2 * S * E - 0.2 * P}$$

$$M = \frac{1}{4} * \left(3 + \sqrt{\frac{L}{r}} \right)$$

Dónde:

t: Espesor mínimo requerido. (pulg)

P: Presión interna de diseño. (Psig)

L: Radio interno. (pulg)

r: Radio de esquina. (pulg)

S: Esfuerzo máximo permitido de trabajo. (psi)

E: Eficiencia de la unión. (Adimensional) Tabla 4.

El factor M también se puede obtener de la siguiente tabla ingresando con $L/r=10$.

Tabla 4 Valores de Factor M

VALORES DE FACTOR M											
L/r	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50
M	1.00	1.03	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17	1.18	1.20	1.22
L/r	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
M	1.25	1.25	1.31	1.34	1.36	1.39	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50
L/r	9.5	10.0	10.50	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	16.67
M	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77

Fuente: ASME (2013)

Por ejemplo, las dimensiones de una tapa Toriesferica de un fabricante del mercado se muestran en la Figura 29 y el Cuadro 5 a continuación.

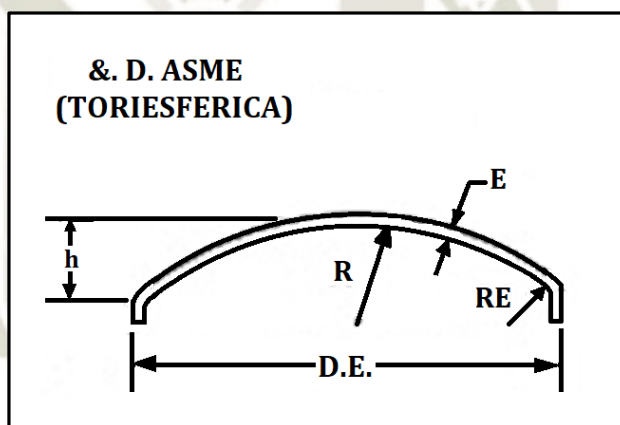


Figura 29 Geometría de una Tapa Toriesferica
Fuente. Tapas Metálicas (2020)

Cuadro 5 Rango de Dimensiones para Fabricación de Tapas Toriesférica

	DESCRIPCION	RANGO
D	Diámetro	600-7000mm
E	Espesor	4.8-25.4mm
Ra	Radio de abombado	D
H	Altura parte recta	38.1
RE	Radio de esquina	D x 0.06

Fuente: Tapas Metálicas (2020)

Se calcular el espesor de la tapa por la siguiente formula de acuerdo a la Norma ASME:

$$t = \frac{P * L * M}{2 * S * E - 0.2 * P}$$

$$t = \frac{100 \frac{\text{Lb}}{\text{pulg}^2} * 112.79 \text{pulg} * 1.54}{2 * 16.6 \text{ksi} * 1000 \frac{\text{psi}}{\text{ksi}} * 1.00 - 0.2 * 100 \frac{\text{Lb}}{\text{pulg}^2}}$$

$$t = 0.52 \text{ pulg}$$

Con lo cual resultaria un espesor de 5/8" considerando 2mm por corrosion para una tapa toriesferica con una presion de 100 Psig y material acero ASTM A36.

3.5.2. Cálculo de Tapa Semiéptica

Son empleadas cuando el espesor calculado de una tapa toriesférica es relativamente alto, ya que las tapas semiépticas soportan mayores presiones que las toriesféricas. El proceso de fabricación de estas tapas es troquelado, su silueta describe una elipse relación 2:1, su costo es alto y se fabrican hasta un diámetro máximo de 3 m (Tapas Metalicas, 2020). Figura 30.

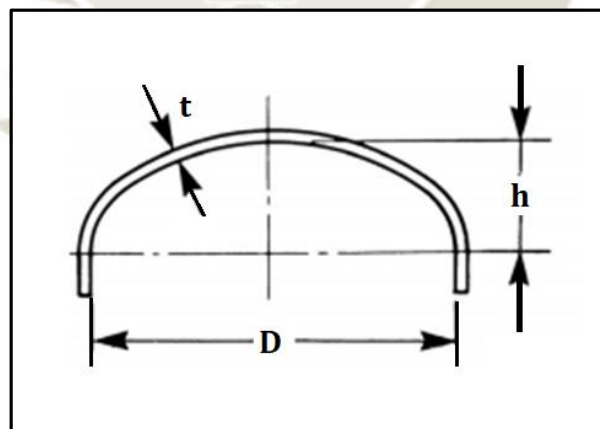


Figura 30 Geometría de Tapa Semiéptica

Fuente: ASME (2013)

$$t = \frac{P * D * K}{2 * S * E - 0.2 * P}$$

$$K = \frac{1}{6} * \left[2 + \left(\frac{D}{2 * h} \right)^2 \right]$$

Dónde:

t: Espesor minimo requerido. (pulg)

P: Presion interna de diseño. (Psig)

D: Diametro interno. (pulg)

S: Esfuerzo maximo permitido de trabajo. (Psi)

E: Eficiencia de la union./Adimensional)

h: Altura del eje menor. (pulg)

El factor K se puede obtener mediante la Tabla 5 y $D/2h=75.2$

Tabla 5 Valores de Factor K para Tapas Semiélicas

VALORES DE FACTOR K											
D/2h	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0
K	1.83	1.73	1.64	1.55	1.46	1.37	1.29	1.21	1.14	1.07	1.00
D/2h	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	--
K	0.93	0.87	0.81	0.76	0.71	0.66	0.61	0.57	0.53	0.50	--

Fuente: ASME (2013)

Se procede a realizar el calculo del espéaor de la Tapa Semiélica:

$$t = \frac{P * D * K}{2 * S * E - 0.2 * P}$$

$$t = \frac{100 \frac{\text{Lb}}{\text{pulg}^2} * 75.2 \text{pulg} * 1}{2 * 16.6 \text{ksi} * 1000 * 0.7 - 0.2 * 100 \frac{\text{Lb}}{\text{pulg}^2}}$$

$$t = 0.40 \text{ pulg}$$

Para la tapa elíptica según las condiciones de operación el espesor calculado es de 1/2” sin embargo dichas tapas no son comodamente fabricables por consiguiente se escogera una forma toriesferica con 5/8” de espesor.

3.5.3. Analisis de Elementos Finitos de Tapa Toriesferica

El punto mas critico de la autoclave es el sistema de sujeción entre la compuerta y cilindro. Debido a la investigacion en campo y bibliografica se opto por un sistema de muelas, como se expone en la Figura 31.

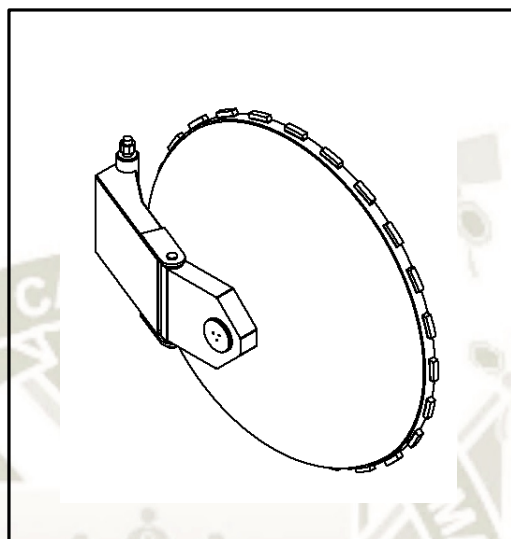


Figura 31 Diseño de la Compuerta de Autoclave de Vulcanización

Fuente: Elaboración propia.

Dicho sistema es ventajoso en el aspecto de su rapidez en su apertura y cierre porque permite y requiere un mínimo giro de la compuerta.

A sus vez la seguridad, porque las muelas distribuidas de forma correcta en número aseguran una distribución de la gran carga de la puerta que puede llegar a ser de 450 Toneladas a una presión de 100 Psig que deben soportadas por las 24 muelas distribuidas, es decir una carga de 18 Toneladas por muela como se muestra en al Figura 32.

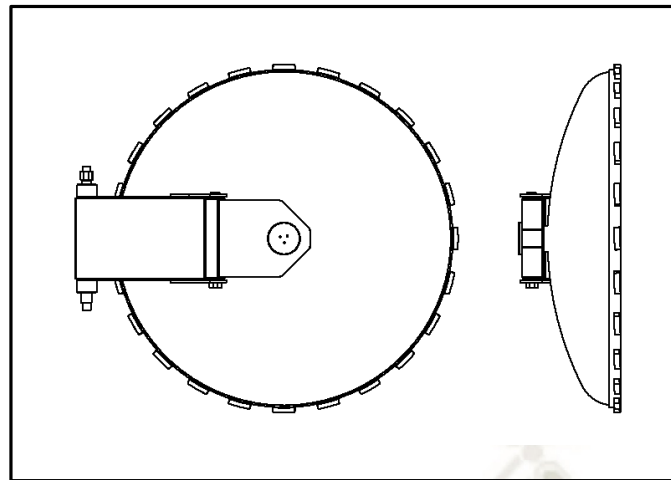


Figura 32 Diseño Vista Frontal Compuerta Autoclave de Vulcanización

Fuente: Elaboración propia

Su otra ventaja es el diseño tipo cuña que mientras se cierra, esta tiene un desplazamiento de 8 mm, lo que comprime al empaque y asegura hermeticidad.

Una vez calculado el espesor de la tapa 5/8", se evaluara la tapa con sus muelas como sistema de cerrado para lo cual tambien se añadió un refuerzo interior y exterior con platinas de 5/8" x 4" para reducir esfuerzos peligrosos que surgían entre las muelas y la tapa toriesferica, En la Figura 34 se muestra la vista de corte del sistema de cierre de la compuerta, de color verde y amarillo se muestran las muelas.

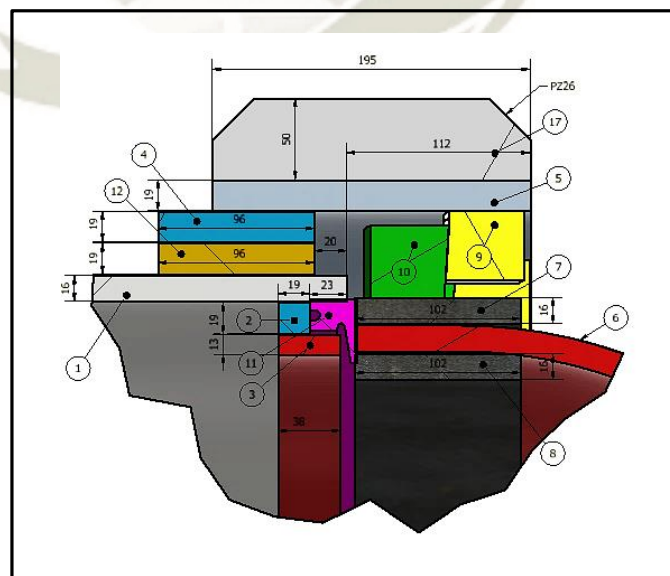


Figura 33 Vista Detalle Sistemas de Cerrado de Compuerta

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el análisis de la tapa aplicado apoyos simples en el lugar de las cuñas.
La presión aplicada es la misma que la presión de diseño de 100 Psig.

En la siguiente Figura 34 se muestran los esfuerzos en la parte exterior de la tapa toriesférica, cuyo mayor esfuerzo es de 132.10 Mpa.

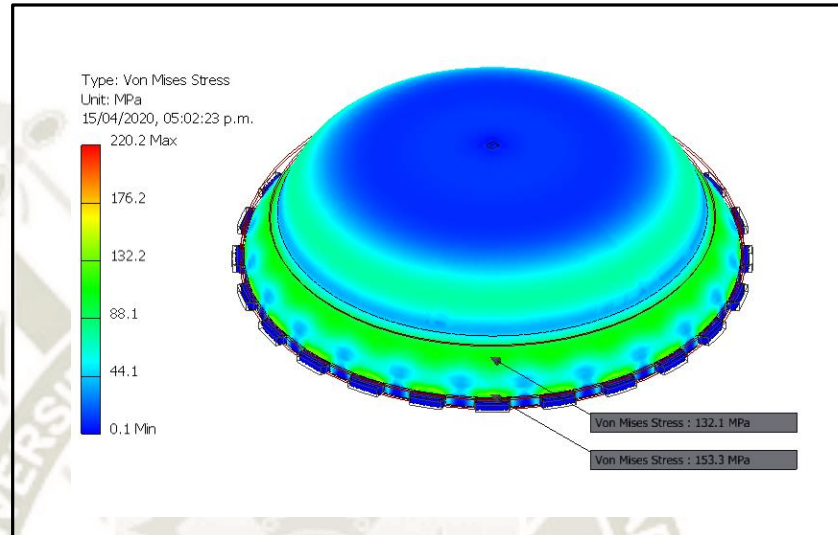


Figura 34 Esfuerzo Von Mises, Tapa Toriesférica Parte Externa (Mpa),
Presión Interna 100 Psig. Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en la Figura 35, se observa el detalle de esfuerzos en la parte interior de la tapa esférica, en el radio menor el esfuerzo es de 220.20 Mpa.

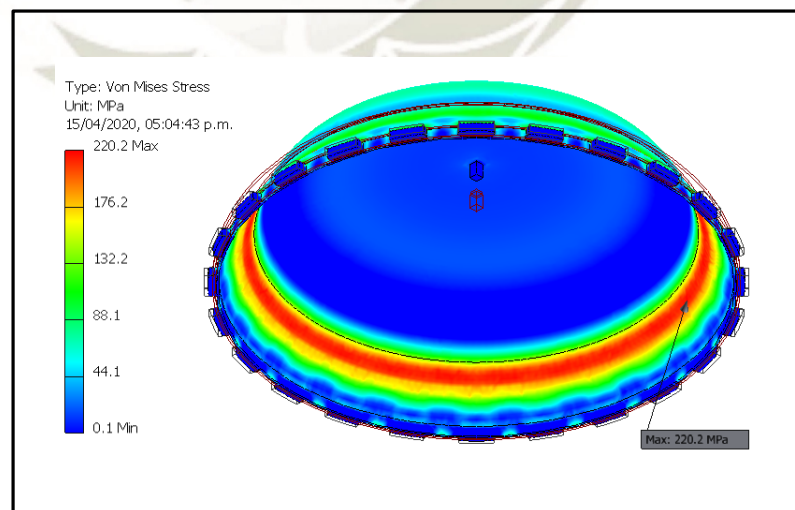


Figura 35 Esfuerzo Von Misses Tapa Toriesférica Interna,
Presión de 100 Psig. Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente Figura 36, se muestra el detalle de esfuerzo en la unión de los dientes a la tapa toriesférica, se muestra un esfuerzo máximo de 157.8 Mpa.

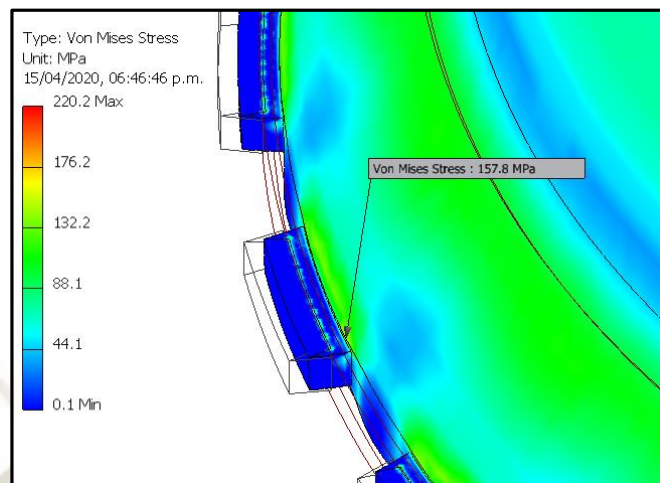


Figura 36 Detalle Esfuerzo, Unión de los Dientes Tapa Toriesférica, Presión Interna de 100 Psig. Fuente: Elaboración Propia

Es adecuado verificar Detalle del desplazamiento debido a una presión de 100 Psig. Se muestra un máximo desplazamiento de 2.2 mm

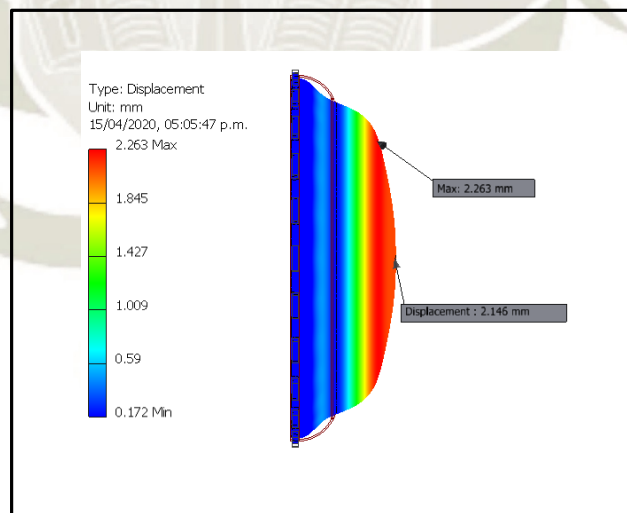


Figura 37 Deformación Tapa Toriesférica a una Presión Interna de 100 Psig. Fuente: Elaboración Propia

3.5.4. Analisis por Elementos Finitos de Soporte Bisagra

Se analizó el soporte de bisagra bajo las cargas especificadas. Está conformado por plancha de 1" y 3/4" en su totalidad alcanzado un peso de 423kg. El peso total de la compuerta (Incluida la tapa toriesférica y bisagras) es de 1682 kg. Figura 38.

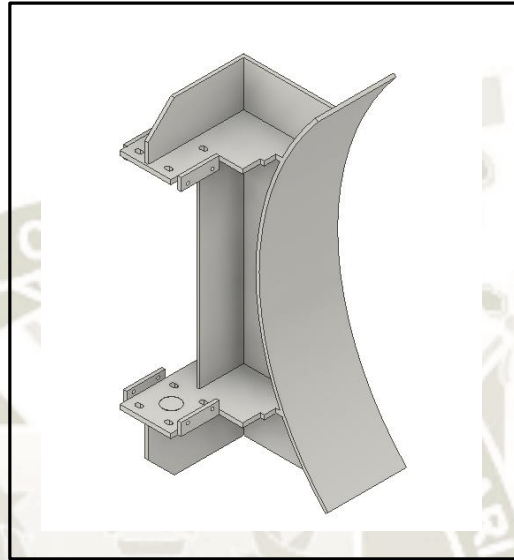


Figura 38 Vista Isométrica de Diseño de Soporte Bisagra
Fuente: Elaboración Propia

Se da un desplazamiento máximo de 0.39 mm debido a la carga de la compuerta, como se evidencia en la Figura 39.

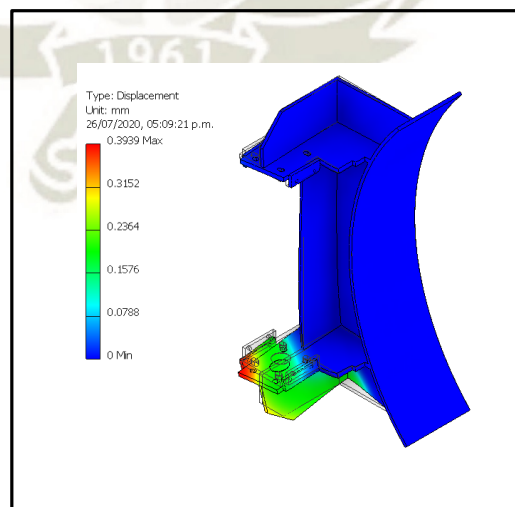


Figura 39 Desplazamiento para Soporte de Bisagra en mm
Fuente: Elaboración Propia

El máximo esfuerzo de Von Mises es de 77.9 Mpa, para un acero ASTM A36 se obtiene un Factor de Seguridad 3.2, como se presenta en la Figura 40.

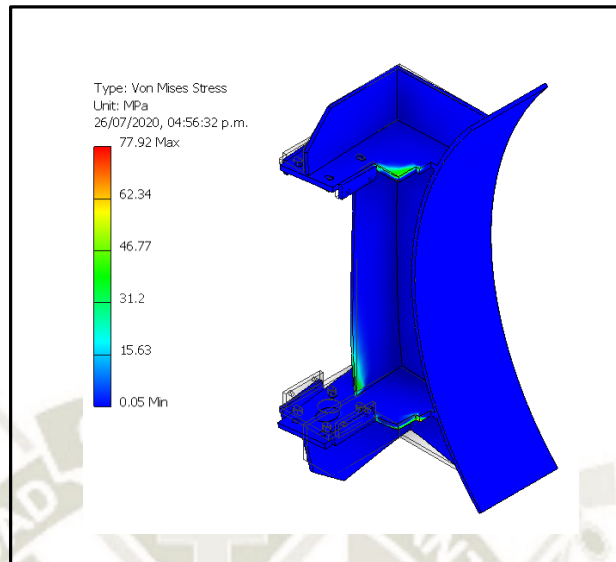


Figura 40 Esfuerzo de Von Mises para Soporte de Bisagra (MPa)

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5. Análisis de Elementos Finitos de Bisagras

Para el diseño de la bisagra se consideró fundamentalmente un diseño compacto formado de plancha de 3/8" buscando lograr el menor desplazamiento posible. Se consiguió un desplazamiento de 0.99 mm. Como se revela en la Figura 41.

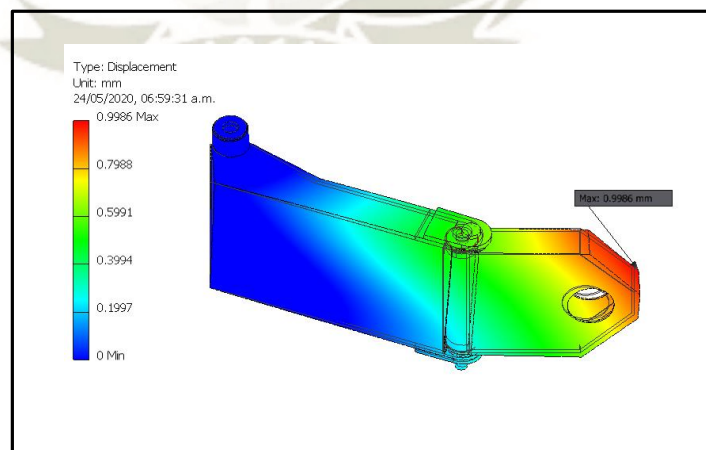


Figura 41 Desplazamiento del Conjunto Bisagra (mm)

Fuente: Elaboración Propia

El esfuerzo Von Mises para la bisagra parte 1 es de 36.94 Mpa, como se presenta en la Figura 42.

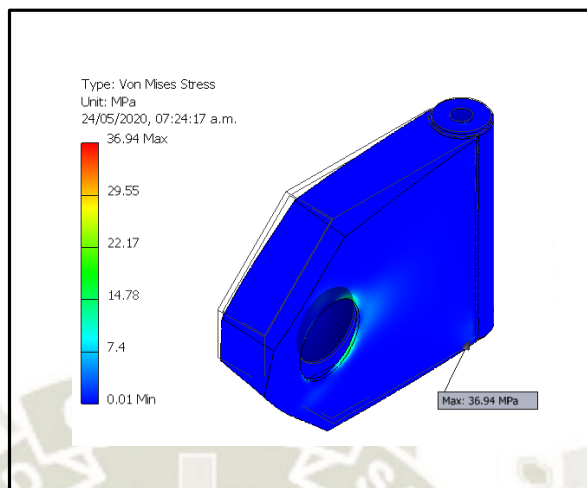


Figura 42 Esfuerzo de la Parte 1 de Bisagra (MPa)

Fuente: Elaboración Propia

El esfuerzo Von Mises de la bisagra parte 1 integral es de 108.6 Mpa, como se presenta en la Figura 43.

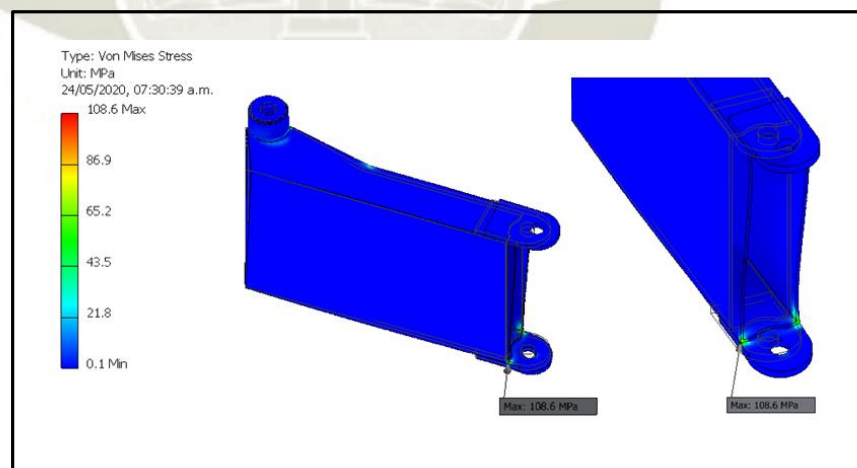


Figura 43 Esfuerzo de la Parte 2 de Bisagra (MPa)

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6. Diseño de Eje

En primer lugar, se realizará en análisis estático para la compuerta, el peso total del conjunto de compuerta más bisagra es de 1800 kg, esta carga es soportada por el eje, el cual se traspassa a los rodamientos y estos a las chumaceras.

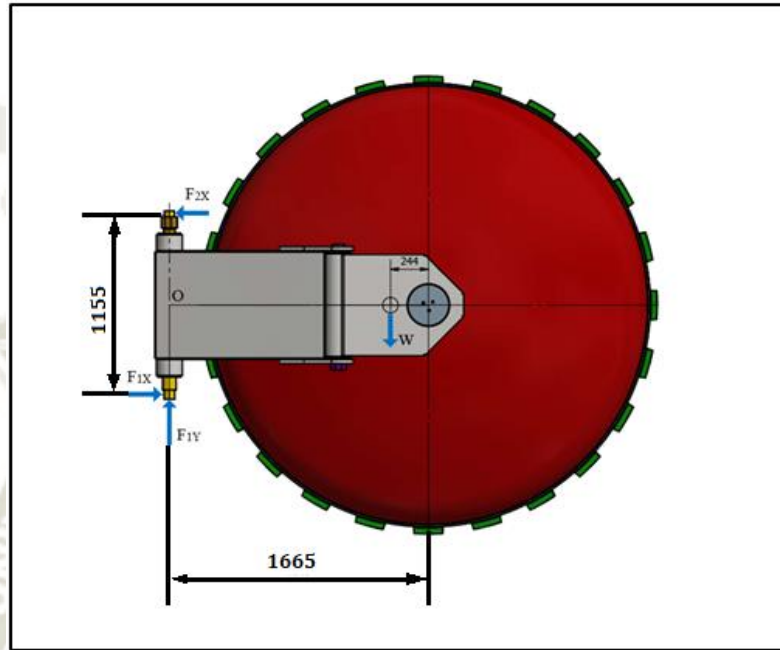


Figura 44 Diagrama de Reacciones de Compuerta
Fuente. Elaboración propia

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{1Y} = W = 1800 \text{ kg}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{1x} = F_{2x}$$

$$\sum M_o = 0$$

$$F_{1x} \left(\frac{1155\text{mm}}{2} \right) + F_{2x} * \left(\frac{1155\text{mm}}{2} \right) = 1800 \text{ kg} (1665\text{mm})$$

$$F_{1x} = F_{2x} = 2594\text{kg}$$

Con dichos valores se ingresan al software para calcular ejes, colocando apoyos en los dos rodamientos. Como se expone en la Figura 46.

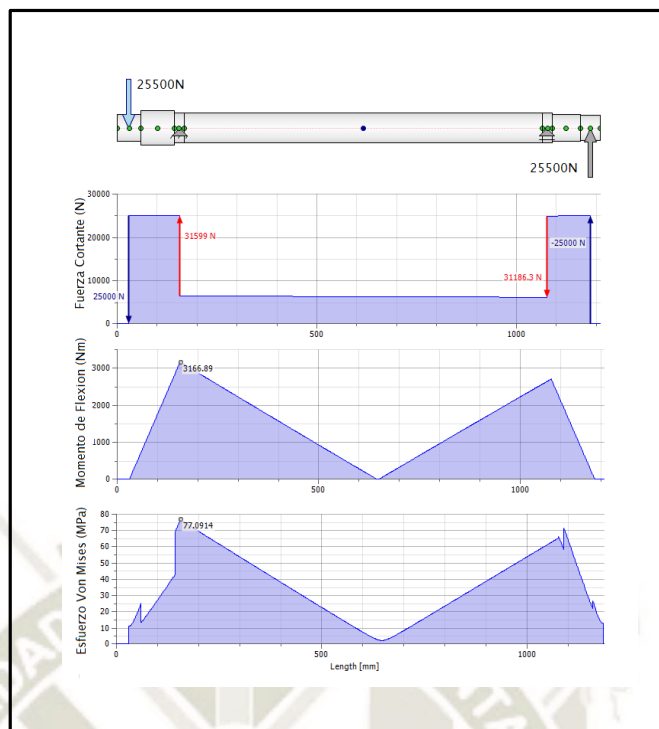


Figura 45 Simulación de Eje de Bisagra

Fuente: Elaboración Propia

El esfuerzo de Von Mises máximo es de 77.09 MPa, el material de fabricación para dicho eje será AISI 1045 con un esfuerzo de fluencia de 310 Mpa.

$$FS = \frac{F_y}{\sigma} = \frac{310 \text{ MPa}}{77.09 \text{ MPa}} = 4$$

El factor de seguridad es 4, se considera aceptable porque el eje no estará sometido a una carga variables típicas de fatiga, sino será un elemento con cargas más puramente estáticas.

3.5.7. Análisis por Elementos Finitos de las Chumaceras

De los datos del problema anterior, obtenemos los siguientes valores para el análisis de la chumacera inferior siendo más crítica por tener componentes de carga tanto axial como radial.

- Fuerza Radial: 2 594 kg (25 447 N)
- Fuerza Axial en Compresión: 1 800 kg (17 658 N)

Lo podemos presentar por elementos finitos simulado tanto en las Figuras 46,
47.

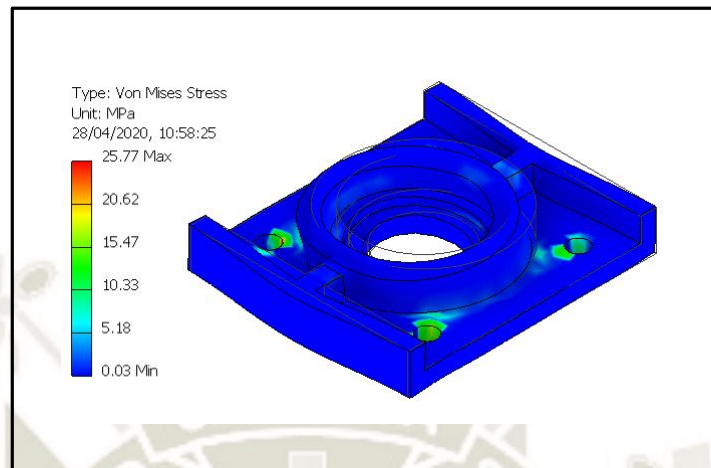


Figura 46 Desplazamiento para Chumacera Inferior (mm)

Fuente: Elaboración Propia

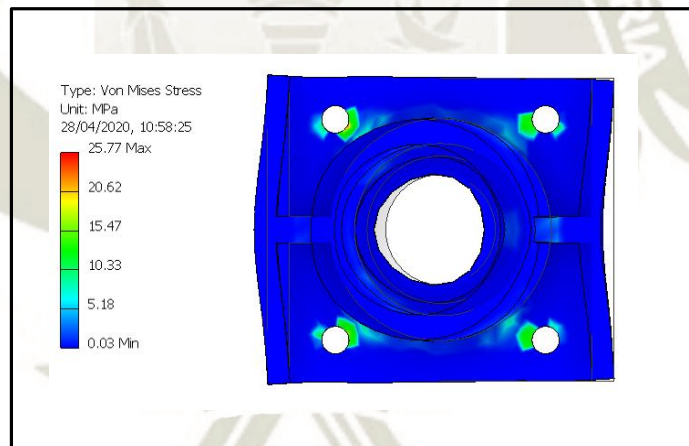


Figura 47 Esfuerzo de Von Mises para Chumacera Inferior (MPa)

Fuente: Elaboración Propia

3.5.8. Selección de Rodamientos

Para el rodamiento inferior la carga es

- Fuerza Radial: 2 594 kg. (25 447 N)
- Fuerza Axial en Compresión: 1 800 kg (17 658 N)

Los resultados se muestran en las Figura 48.

STATIC SAFETY FACTOR		
Designation	Equivalent static load	Static safety factor
	P_0 kN	S_0
▶ 33214	26.9	10.6

Figura 48 Resultados Cálculo Carga Estática de Rodamiento 33214

Fuente. Elaboración Propia

Para el rodamiento superior la carga es

- Fuerza Radial: 2 594 kg. (25 447 N)
- Fuerza Axial en Compresión: 0 kg. Los resultados muestran en la Figura 49.

STATIC SAFETY FACTOR		
Designation	Equivalent static load	Static safety factor
	P_0 kN	S_0
▶ 30213	25.5	5.25

Figura 49 Resultados Cálculo de Carga Estática Rodamiento 30213

Fuente. Elaboración Propia

3.5.9. Diseño de Mecanismo Reductor

Para el giro de la compuerta se utilizará un mecanismo manual, el cual reductor tornillo sin fin de reducción de 40:1, Figura 50.

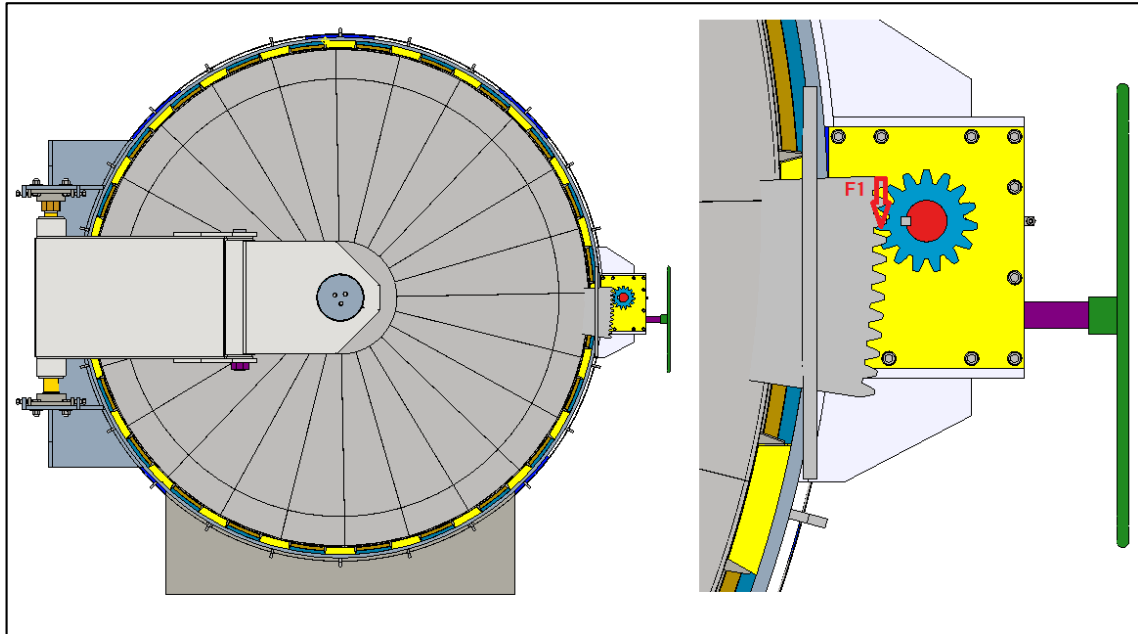


Figura 50 Mecanismo de Reductor para Cerrado de Compuerta

Fuente. Elaboración Propia

A continuación, se muestran las especificaciones para el cálculo.

- Torque de Entrada en Volante: 35 Nm
- Relación de Reducción: 40
- Eficiencia de Reductor: 70%
- Torque de Salida: 980 Nm
- Revoluciones Entrada; 5RPM=0.524rad/s

$$P = T * \omega = 35 \text{ Nm} * 0.524 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 18.30 \text{ W}$$

$$F1 = \frac{T}{r1} = \frac{980 \text{ Nm}}{\frac{0.118 \text{ m}}{2}} = 16\,610 \text{ N} = 1\,693 \text{ kg}$$

El engranaje requiere dar 0.5 RPM para cerrar/abrir la puerta, que para el volante es 20 vueltas, Figura 51.

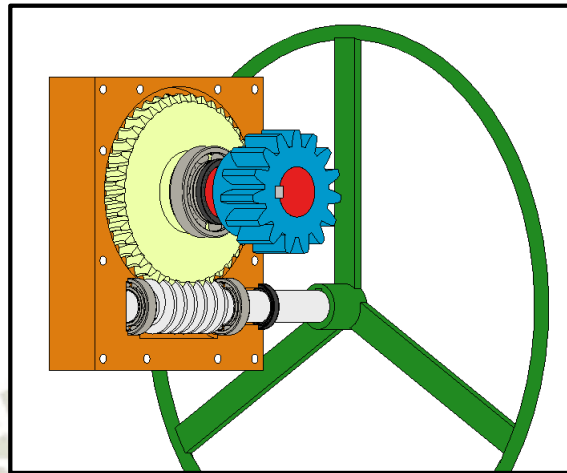


Figura 51 Mecanismo Interior de Reductor
Fuente. Elaboración Propia

El material del tornillo sin fin es AISI1045 Templado. El del engranaje es un Bronce CuSn10Ni1P1. El reductor está inmerso en aceite debido a las altas fricciones que se dan en este tipo de mecanismos, Figura 52,

Method of Strength Calculation		Results	
CSN		F_r	3576.970 N
Loads		F_n	10504.434 N
Driving Part		v_k	0.013 mps
Power		Worm	
Speed		F_t	1398.017 N
Torque		F_a	9786.119 N
Efficiency		Worm gear	
Material Values		F_t	9786.119 N
Worm		F_a	1398.017 N
Worm gear		S_H	1.588 ul
Bending Fatigue Limit		S_F	4.382 ul
Contact Fatigue Limit			
Modulus of Elasticity			
Poisson's Ratio			
Worm Material Coefficient			
Required Life			

Figura 52 Comprobación de Tornillo Sin Fin y de Engranajes en
Autodesk Inventor. Fuente. Elaboración Propia

3.6. DISEÑO Y CÁLCULO DE PLATAFORMAS MÓVILES

El interior de la Autoclave se va instalar los dispositivos mecánicos para ser vulcanizados, por consiguiente, es necesario plataformas metálicas desplazables con el objetivo de colocar estas piezas encima de las mismas, es indispensable el diseño tres plataformas con las dimensiones de 1500mm x 2000mm para facilitar la colocación de los productos dentro de la autoclave,

Se consideró la carga de 30 000 N distribuida uniformemente. Tienen un armazón de tubo cuadrado y plancha estriada y un peso de 160 Kg c/u. La Figura 53 nos muestra un esquema preliminar de su diseño.

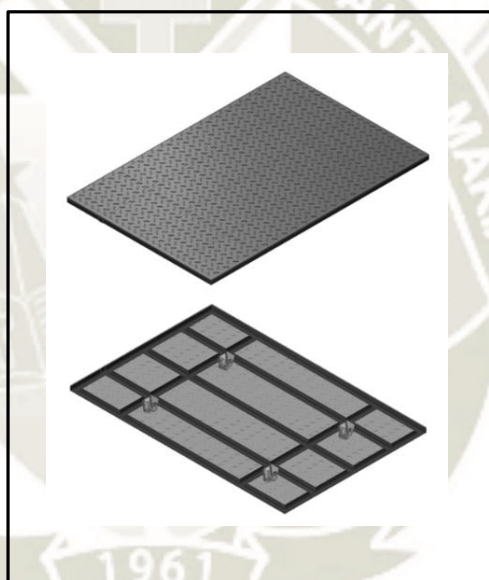


Figura 53 Plataformas Móviles de Autoclave

Fuente: Elaboración Propia

Las ruedas se diseñan con una carga de 7 500 N, están formados por un soporte plegado y una rueda maquinada en Torno-Mecánico CNC con dos rodamientos rígidos de bolas, y un perno M20 grado 8 como eje. Figura 54.

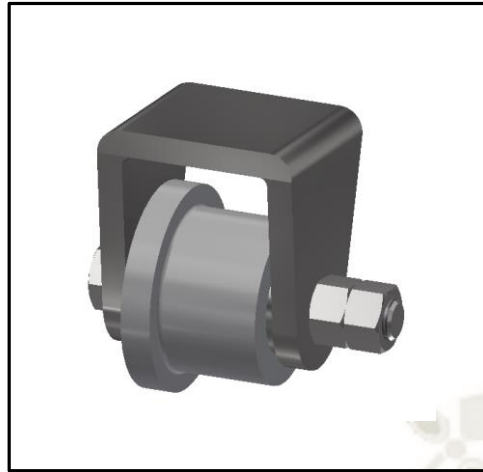


Figura 54 Ruedas de Plataformas Móviles de Autoclave

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de las plataformas de esfuerzo de Von Misses de 78.20 Mpa para una carga de 30 000 N. La Figuras 55 nos advierte sus desplazamientos por deflexión producto de las cargas a transportar y sostener.

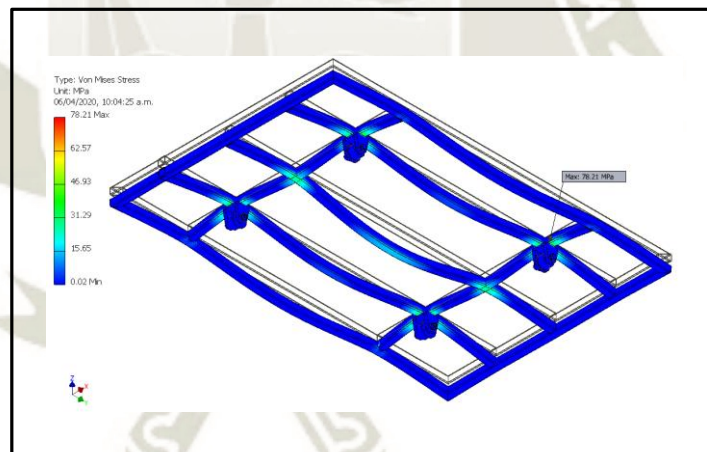


Figura 55 Esfuerzo Carga Uniforme de 30 000N (MPa)

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 56 nos muestra el análisis por elementos finitos; que da el desplazamiento de 0.63 mm del armazón y 1.29 mm en la plancha estriada.

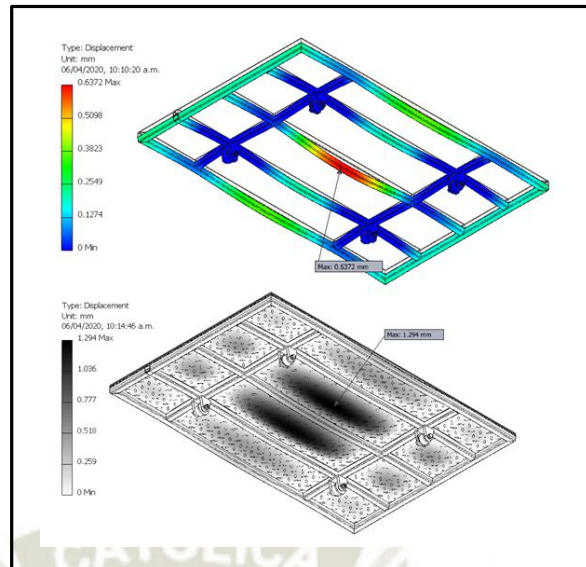


Figura 56 Desplazamiento Máximo Carga Uniforme 30000N

Fuente: Elaboración Propia

3.7. DISEÑO DE BASTIDORES

Se diseñan dos bastidores, uno fijo (de color rojo) y uno desmontable (de color azul) para poder cargar las plataformas con los equipos a vulcanizar y retirarlos una vez que el proceso finalice. Como se despliega en la Figura 57.

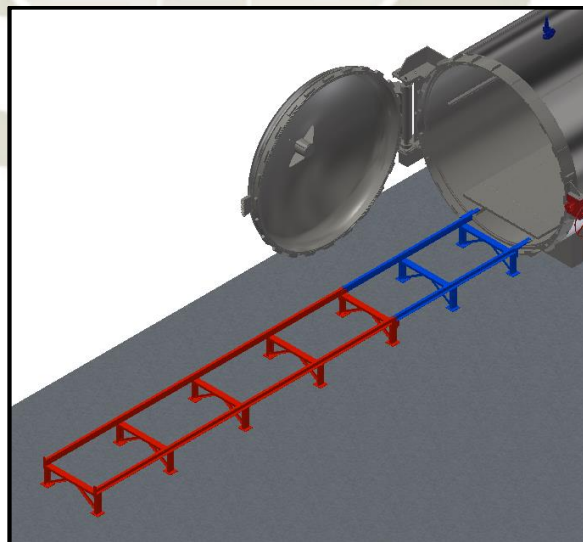


Figura 57 Distribución de Bastidores

Fuente. Elaboración Propia

Se aplicaron cargas puntuales de 8 000 N en la posición de las ruedas de las plataformas, es decir una carga de 32 000 N por plataforma. El peso del bastidor fijo es de 247 kg y del desmontable es de 105 kg. Como puede verse en la Figura 58.

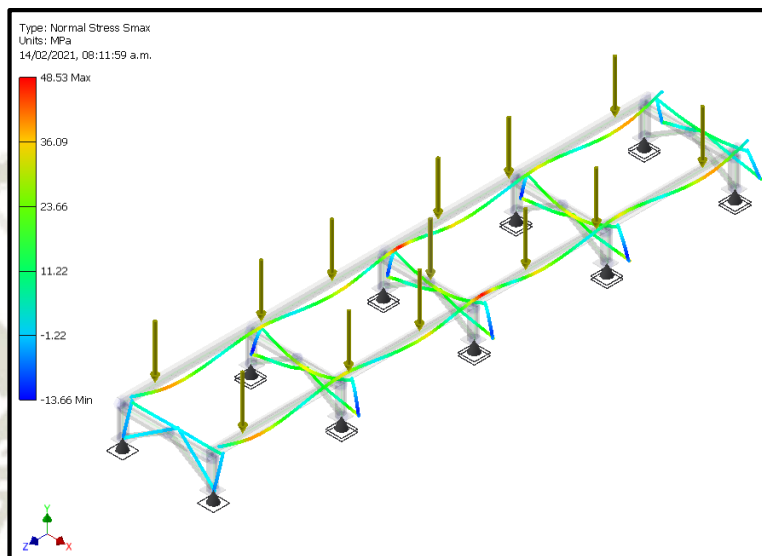


Figura 58 Esfuerzo de Von Misses MPa de Bastidor Fijo
Autodesk Inventor. Fuente. Elaboración Propia

3.8. DISEÑO Y CÁLCULO SOPORTE ESTRUCTURALES AUTOCLAVE

La Autoclave metálica vista como un cilindro de grandes dimensiones y peso tienen que descansar en los denominados soportes, son aquellos que permitirán que autoclave se asiente. El diseño primero se determinó el centro de gravedad tanto de la autoclave con la compuerta abierta como de las piezas en el interior, para el diseño y cálculo de los soportes. Como se manifiesta en la Figura 59.

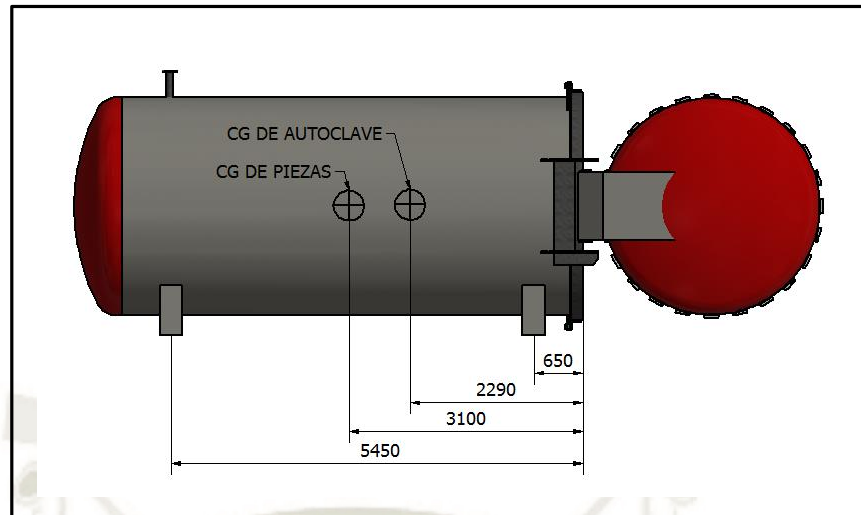


Figura 59 Centros de Gravedad y Localización de Soportes

Fuente: Elaboración Propia

El peso total de la autoclave es de 22 500 kg conformado por:

- Peso de la autoclave: 13 500 kg
- Peso de equipos vulcanizados máximo: 9 000 kg

$$R1(5450\text{mm}) + R2(650\text{mm}) = 13500\text{ kg}(2290\text{mm}) + 9000\text{ kg}(3100\text{mm})$$

$$R1 + R2 = 13\,500\text{ kg} + 9\,000\text{ kg}$$

$$R1 = 9\,200\text{ kg}$$

$$R2 = 13\,300\text{ kg}$$

El soporte más cercano a la compuerta soporta un máximo de 13 300 kg cuando la puerta se encuentra abierta.

La simulación Estática y de Pandeo se exhibe en Ansys Figura 60, bajo la carga más alta, dichos soportes están formados por plancha que puede tener tendencia a ser esbelta, por lo tanto, se verificara la carga máxima antes de pandeo como los esfuerzos.

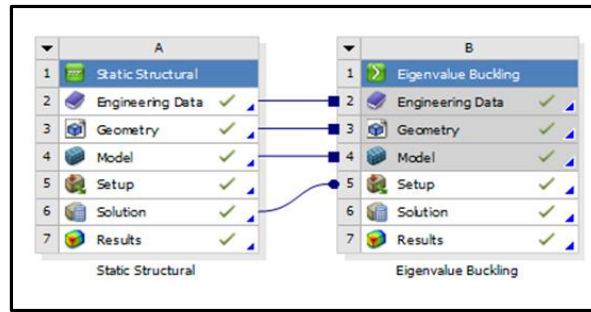


Figura 60 Análisis Estructural Estático y de Pandeo

Fuente: Elaboración Propia

El diseño que se optó fue de tipo cajón compuesto por plancha de 3/8" en su totalidad. Figura 61.

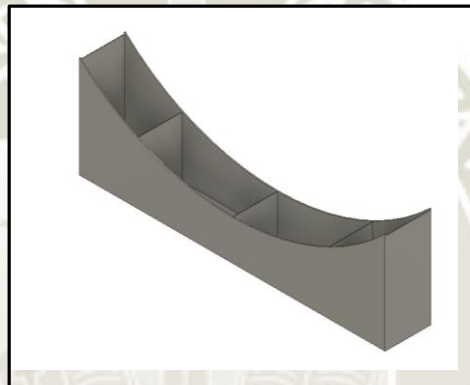


Figura 61 Diseño de los Soportes de la Autoclave

Fuente: Elaboración Propia

En la Figuras 62,63 se analiza por el software Ansys los esfuerzos y pandeo mostrados de los soportes que descansa la autoclave.

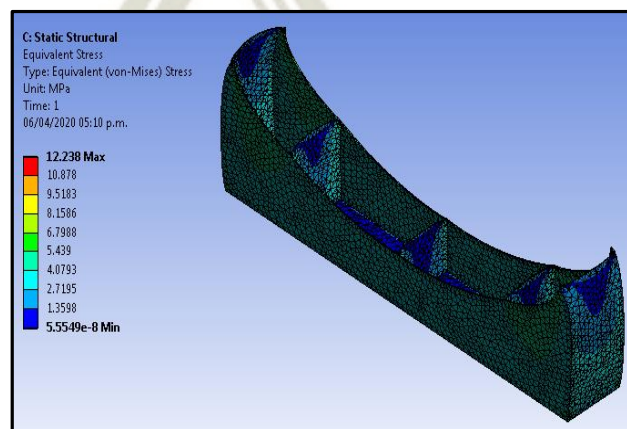


Figura 62 Esfuerzo Von Misses para Soportes de Autoclave en Mpa

Fuente: Elaboración Propia

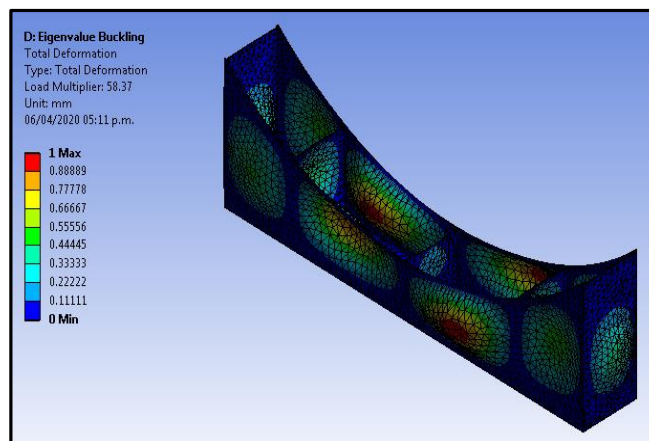


Figura 63 Deformación por Pandeo Soportes de Autoclave en mm

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 64 se presenta los resultados del Factor de Seguridad por pandeo de los soportes de la autoclave.

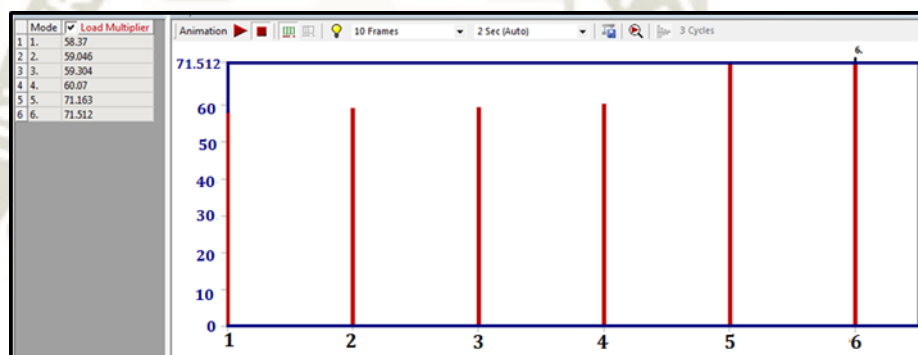


Figura 64 Resultados Factor Seguridad por Pandeo de Soportes Autoclave.

Fuente: Elaboración Propia

3.9. DISEÑO DEL SISTEMA DE VAPOR PARA AUTOCLAVE

3.9.1. Esquema Sistema de Vapor de Autoclave

El sistema de vapor para la autoclave consta principalmente de una caldera pirotubular wetback de 80 BHP, en un sistema ablandador de agua para la alimentación de la caldera, una línea de alimentación de vapor saturado de agua para entregar a la autoclave. Figura 65.

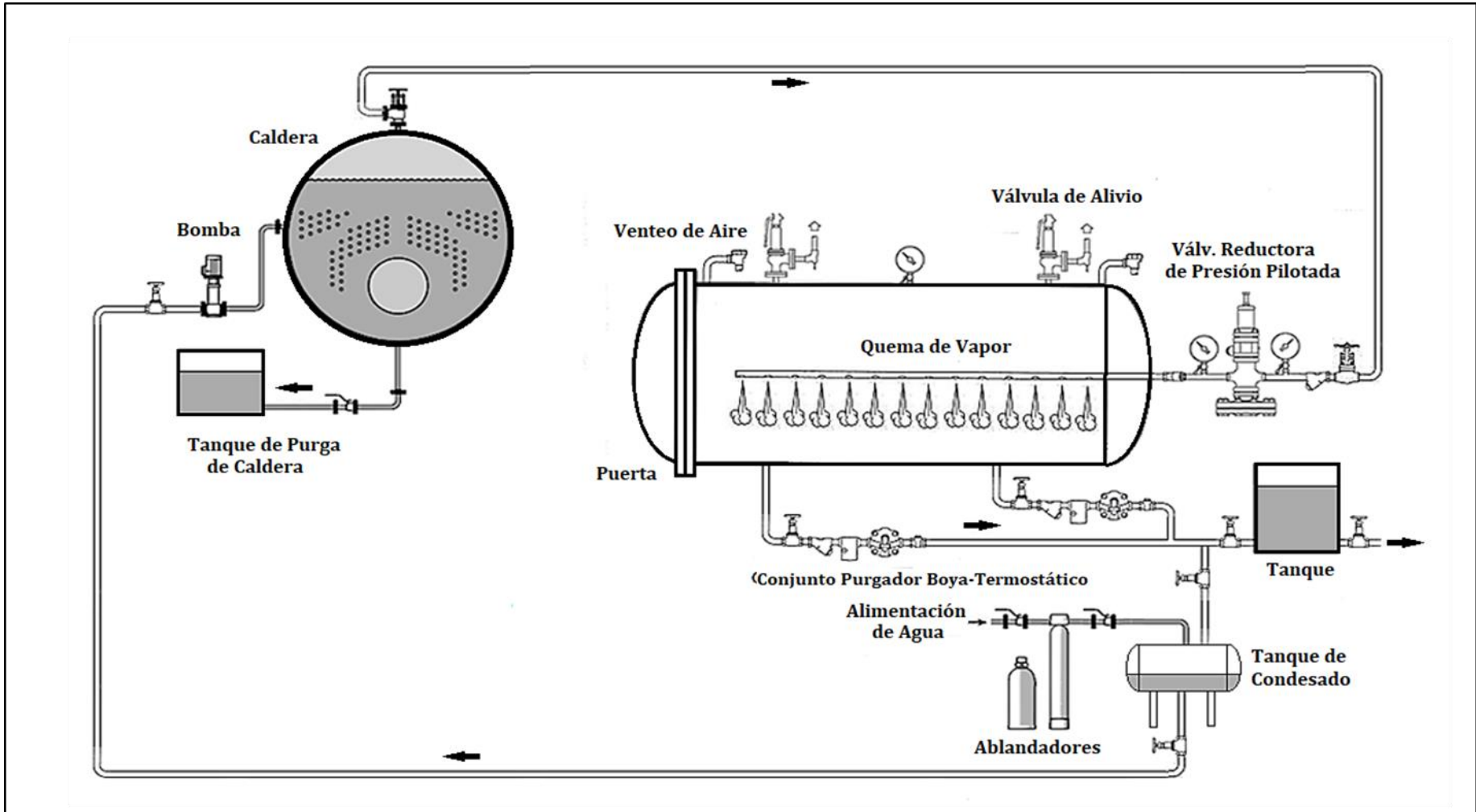


Figura 65 Sistema de Vapor para Autoclave de Vulcanización

Fuente: Elaboración Propia

El vapor entra a la Autoclave como se expone en la Figura 66, por dos quenas de vapor que apuntan hacia la parte inferior para asegurar la distribución del vapor y ventear de forma correcta el aire por la parte superior. Asimismo se tienen dos válvulas de Alivio de presión y dos conjuntos de Trampas tipo boya en la parte inferior. La autoclave a la entrada tiene una válvula reductora de presión pilotada para regular la presión de entrada en un rango de 60 Psig a 100 Psig, a su vez un filtro y una válvula de globo.

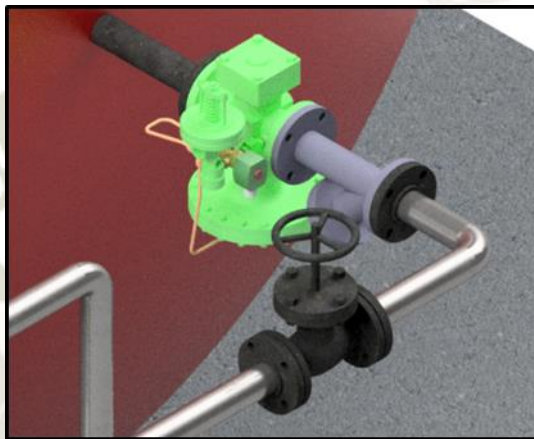


Figura 66 Disposición Válvula Globo, Filtro, Válvula Reductora de Presión, entrada de Autoclave

Fuente: Elaboración propia

El drenaje del condensado consta de dos conjuntos que constan de una trampa de Boya, un filtro y una válvula Check ubicados en la parte inferior de la Autoclave. Figura 67.

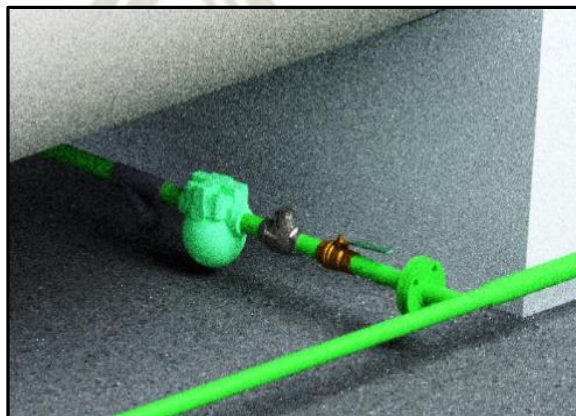


Figura 67 Disposición Sistema Purgado; Filtro, Trampa de Boya, Válvula Check y Válvula de Bola

Fuente. Elaboración Propia

El agua no es recirculada debido a la contaminación con azufre debido al proceso de vulcanización, pero es almacenada y utilizada como agua destilada para otros procesos como el corte por hilo.

3.9.2. Diseño y Cálculo de Aislamiento y Carga Térmica

3.9.2.1. Diseño y Cálculo sin Aislamiento

El primer lugar se calculará las pérdidas convectivas en el exterior de la autoclave sin aislamiento, para lo cual se determinan las propiedades del aire Tabla 7, a la temperatura promedio:

$$T_m = \frac{178^\circ\text{C} + 25^\circ\text{C}}{2} = 102^\circ\text{C} = 375^\circ\text{K}$$

Tabla 6 Propiedades del Aire a la Presión de 1 Atm y 100°C

Temp, T, °C	Densidad, ρ, kg/m ³	Calor específico, C _p , J/kg. K	Conductividad térmica, k, W/m·K	Difusividad térmica, α, m ² /s ²	Viscosidad dinámica, μ, kg/m.s	Viscosidad cinemática, ν, m ² /s	Numero de Prandtl, Pr
100	0.9458	1009	0.03095	3.243x10 ⁻⁵	2.181x10 ⁻⁵	2.306x10 ⁻⁵	0.711

Fuente. (Cengel, 2004)

Luego, se calcula el número de Raighley considerando una T_s de 178°C y una T_∞ de 25°C.

$$Ra_L = \frac{g * \beta * (T_s - T_\infty) * L_c^3}{\nu^2} * Pr$$

Dónde:

g: Aceleración gravitacional. (m/s²)

β: Coeficiente de expresión volumétrica. 1/K (β=1/T para gases ideales)

T_s: Temperatura de la superficie. (°C)

T_∞: Temperatura del fluido suficientemente lejos de la superficie. (°C)

L_c: Longitud característica de la configuración geométrica. (m)

ν: Viscosidad cinemática del fluido. (m²/s)

Reemplazando los datos obtenemos.

$$Ra_D = \frac{9.81 \frac{m}{s^2} * 0.002666 \frac{1}{K} * (178^\circ C - 25^\circ C) * (2.89m)^3}{(2.306 * 10^{-5} \frac{m^2}{s})^2} * 0.7111$$

$$Ra_D = 1.292 * 10^{11}$$

De las formulas empíricas Figura 68, para en número de Nusslet, se tiene la siguiente:

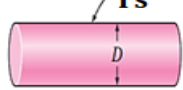
Configuración Geométrica	Longitud Característica Lc	Intervalo de Ra	Nu
<p>Cilindro Horizontal</p> 	D	$Ra_D \leq 10^{12}$	$Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 Ra_D^{1/6}}{[1 + (0.559/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$

Figura 68 Correlaciones Empíricas Número Nusselt para Convección Natural sobre Superficies. Fuente. Cengel (2004)

El número de Nusslet está dado por:

$$Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 * Ra_D^{1/6}}{[1 + (0.559/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$$

Dónde:

Nu: Número de Nusslet (Adimensional)

Ra_D : Número de Raighley (Adimensional)

Pr: Numero de Prandtl (Adimensional)

$$Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 * (1.292 * 10^{11})^{1/6}}{[1 + (0.559/0.7111)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2 = 549.7$$

El coeficiente de transferencia de calor convectivo se calcula de la siguiente forma.

$$h_c = \frac{k}{D} * Nu$$

Dónde:

h_c : Coeficiente de transferencia de calor por convección. ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$)

k : Conductividad térmica del aire. ($W/m \text{ } ^\circ K$)

D : Diámetro del cilindro. (m)

Nu : Numero de Nusslet. (Adimensional)

$$h_c = \frac{0.03095 \text{ W/m } ^\circ K}{2.89m} * 549.7 = 5.88W/m^2 \text{ } ^\circ K$$

El calor está dado por la siguiente ecuación.

$$\dot{Q} = h_c * A * \Delta T$$

Dónde:

h_c : Coeficiente de transferencia de calor por convección. ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$)

A : Área de transferencia de calor. (m^2)

ΔT : Diferencial de temperatura. ($^\circ C$)

Reemplazando los datos en la siguiente ecuación.

$$\dot{Q} = \frac{5.88W}{m^2} \text{ } ^\circ K * (\pi * 2.89m * 7.5m) * 178^\circ C - 25^\circ C = 61.20 \text{ kW}$$

Se obtiene una pérdida de calor total de 61.20 kW.

De manera alternativa, se realiza el cálculo mediante elementos finitos, definiendo un volumen de control y estableciendo una temperatura de superficie de $178^\circ C$.

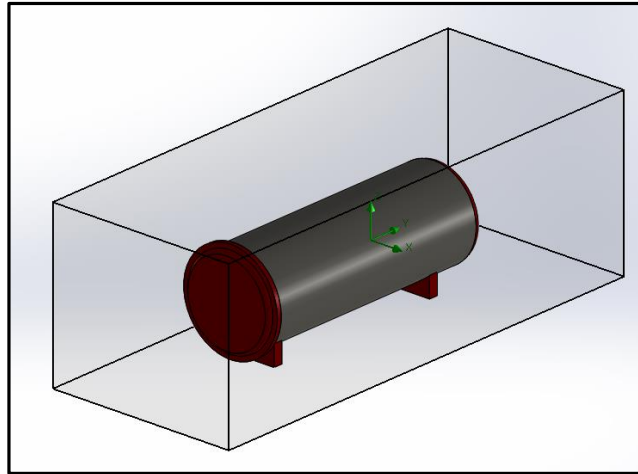


Figura 69 Volumen de Control para la Autoclave
Fuente. Elaboración Propia

Se obtuvo una pérdida de calor convectivo de 20 kW en total lo cual difiere bastante con respecto al cálculo con ecuaciones empíricas que arrojaron 61 kW.

Name	Current Value	Progress	Criterion	Averaged Value
SG Heat Transfer f	16380 W	Achieved (IT = 69)	4821.84 W	16335.8 W
SG Heat Transfer f	3731.94 W	Achieved (IT = 69)	110.699 W	3729.19 W

Figura 70 Resultado Transferencia Calor Cilindro y Tapas sin Aislamiento.
Fuente. Elaboración Propia

Así mismo se obtiene la distribución de la velocidad del aire debido a su cambio de densidad vista en forma horizontal de la autoclave según la Figura 71.

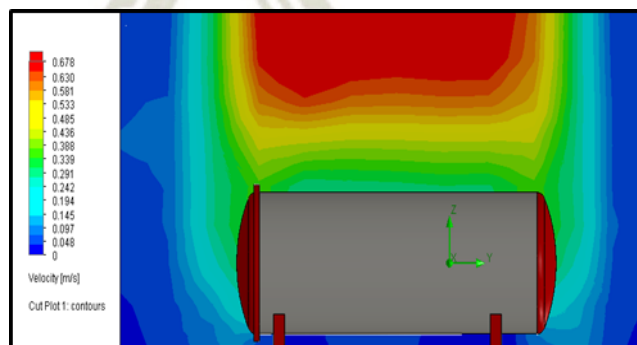


Figura 71 Distribución Velocidad Horizontal del Aire 178°C sin Aislamiento.
Fuente. Elaboración Propia

Finalmente se obtiene y se aprecia la distribución de la velocidad del aire debido a su cambio de densidad vista en forma de perfil de la autoclave según la Figura 72.

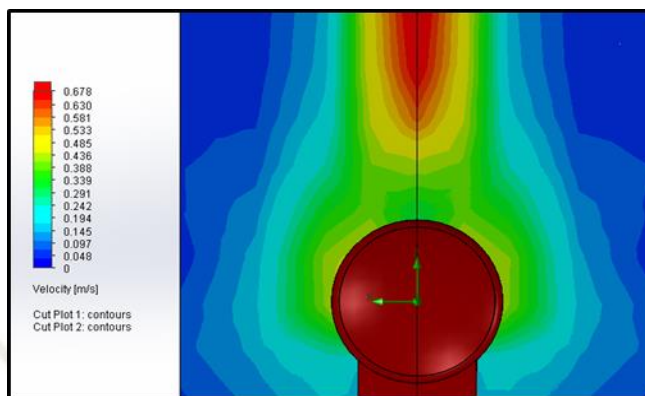


Figura 72 Distribución Velocidad del Aire de Perfil para 178°C sin Aislamiento.
Fuente. Elaboración Propia

3.9.2.2. Cálculo con Aislamiento

Se utiliza el método de resistencias, teniendo en primer lugar la resistencia del acero de espesor 5/8", de fibra de vidrio de 3", plancha galvanizada de 1.5 mm y la resistencia conectiva externa.

1. Propiedades de Resistencia del Acero. Tabla 8

$$R_{cil} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 * \pi * L * k} = \frac{\ln\left(\frac{\text{Radio exterior}}{\text{radio interior}}\right)}{2 * \pi * \text{Longitud} * \text{Conductividad Termica}}$$

Donde:

R_{cil} : Resistencia de cilindro (°C/W)

r_2 : Radio Externo (m)

r_1 : Radio Interno (m)

L: Longitud del cilindro (m)

k: Conductividad térmica del material (W/m °K). Tabla 8.

$$R_{cil} = \frac{\ln(1445.091 \text{ mm}/1432.391\text{mm})}{2 * \pi * 6.0\text{m} * 56.7 \frac{\text{W}}{\text{m K}^\circ}} = 3.303 * 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C/W}$$

Tabla 7 Propiedades de Metales Solidos

Propiedades a 300K				Propiedades a varias temperaturas (K), K(W/m.k)/C _p (J/kg.Kk)			
ρ kg/m ³	C _p J/kg.K	k W/m·K	αx10 ⁶ m ² /s	400	600	800	1000
7 854	434	60.5	17.7	3.243x10 ⁻⁵	2.181x10 ⁻⁵	2.306x10 ⁻⁵	0.711

Fuente. Cengel (2004)

2. Resistencia Fibra de Vidrio. Tabla 9.

$$R_{fv} = \frac{\ln(1521.291 \text{ mm}/1445.091\text{mm})}{2 * \pi * 7.5\text{m} * 0.038 \frac{\text{W}}{\text{m K}^\circ}} = 0.0287 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

Tabla 8 Propiedades Materiales Aislantes Temperatura 24 °C.

Material Rociado o formado en frio	Espesor L mm	Densidad Kg/m ³	Conductividad térmica W/m·K	Calor especifico KJ/kg.K	Valor R (para los espesores de la lista, L/k) K.m ³ /W
Espuma de poliuretano		24-40	0.023-0.026	....	....
Fibra de vidrio		56-72	0.038-0.039	....	....
Uretano, mezcla de dos partes (espuma rígida)		70	0.026	1.045	....
Gránulos de lana mineral con aglomerantes de asbesto /inorgánico (rociado)		190	0.046	....	....

Fuente. Cengel (2004)

3. Resistencia Plancha Galvanizada

$$R_{cil} \approx 0$$

4. Resistencia Convectivo Externa

Se determinan las propiedades del aire a la temperatura promedio. Tabla 10.

$$T_m = \frac{50^\circ\text{C} + 25^\circ\text{C}}{2} = 38^\circ\text{C} = 311^\circ\text{K}$$

Tabla 9 Propiedades del Aire a la Presión de 1 Atm, 40°C

Temp, T, °C	Densidad, ρ, kg/m ³	Calor específico, C _p , J/kg. K	Conductivida d térmica, k, W/m.K	Difusividad térmica, α, m ² /s ²	Viscosidad dinámica, μ, kg/m.s	Viscosidad cinemática, ν, m ² /s	Numero de Prandtl, Pr
40	1.127	1007	0.02662	2.346x10 ⁻⁵	1.918x10 ⁻⁵	1.702x10 ⁻⁵	0.7225

Fuente. Cengel (2004)

Se calcula el número de Raighley

$$Ra_L = \frac{g * \beta * (T_s - T_\infty) L_c^3}{\nu^2} * Pr$$

Donde:

g: Aceleración gravitacional. (m/s²)

β: Coeficiente de expansión volumétrica, 1/K. (β=1/T para los gases ideales)

T_s: Temperatura de la superficie. (°C)

T_∞: Temperatura del fluido suficientemente lejos de la superficie. (°C)

L_c: Longitud característica de la configuración geométrica. (m)

ν: Viscosidad cinemática del fluido. (m²/s)

$$Ra_L = \frac{g * \beta * (T_s - T_\infty) * L_c^3}{\nu^2} * Pr$$

$$Ra_L = \frac{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.003215 \frac{1}{^\circ\text{K}} * (50^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) * (3.042\text{m})^3}{(1.702 * 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}})^2} * 0.7255$$

$$Ra_L = 5.559 * 10^{10}$$

De las formulas empíricas para en número de Nusslet, se tiene la siguiente:

$$Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 * Ra_p^{1/6}}{[1 + (0.559/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$$

$$Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 * (5.559 * 10^{10})^{1/6}}{[1 + (0.559/0.7255)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2 = 419.50$$

El coeficiente de transferencia de calor convectivo se calcula como.

$$h = \frac{k}{D} * Nu$$

Dónde:

h: coeficiente de transferencia de calor por convección. (W/m² °K)

k: Conductividad térmica del aire. (W/m °K)

D: Diámetro del cilindro. (m)

Nu: Numero de Nusslet. (Adimensional)

$$h = \frac{0.02662}{3.042} * 419.5 = 3.67$$

La resistencia por convección está determinada por la siguiente formula

$$R_{Conv} = \frac{1}{h * A}$$

Donde:

R_{con}: Resistencia por convección (°C/W)

A: Área superficial (m²)

h: coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m² °K)

$$R = \frac{1}{h * A} = \frac{1}{\frac{3.67W}{m^2} * K * (\pi * 3.042m * 7.5m)} = 3.801 * 10^{-3} \text{ °C/W}$$

$$R_t = 3.303 * 10^{-6} \frac{°C}{W} + 0.0287 \frac{°C}{W} + 3.801 * 10^{-3} \frac{°C}{W} = 0.0325 \frac{°C}{W}$$

$$Q = \frac{178°C - 25°C}{0.0325 \frac{°C}{W}} = 4740 \text{ W}$$

Finalmente, el resultado para la pérdida de calor es de 4.70 kW.

Además, se realizó el cálculo de transferencia de calor por convección natural para una Temperatura 50°C que resulto en 1.80 KW. Figura 73.

Name	Current Value	Progress	Criterion	Averaged Value
SG Heat Transfer F	1469.07 W	Achieved (IT = 40)	1664.24 W	1476.32 W
SG Heat Transfer F	387.531 W	Achieved (IT = 40)	53.6718 W	391.078 W

Figura 73 Transferencia Calor, Cilindro y Tapas Temperatura Superficie 50°C con Aislamiento.

Fuente. Elaboración Propia

Distribución de perfil de velocidades transferencia de calor posición horizontal y de perfil del aire para temperatura de superficie 50°C de la Autoclave. Figura 74, 75.

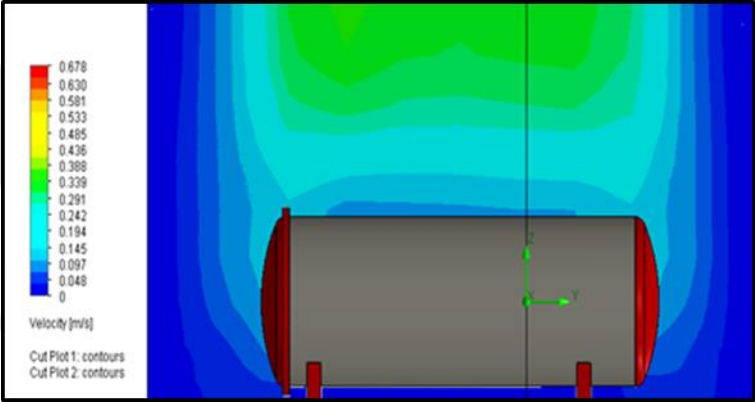


Figura 74 Distribución Velocidad Horizontal del Aire para 50°C con Aislamiento.

Fuente. Elaboración Propia

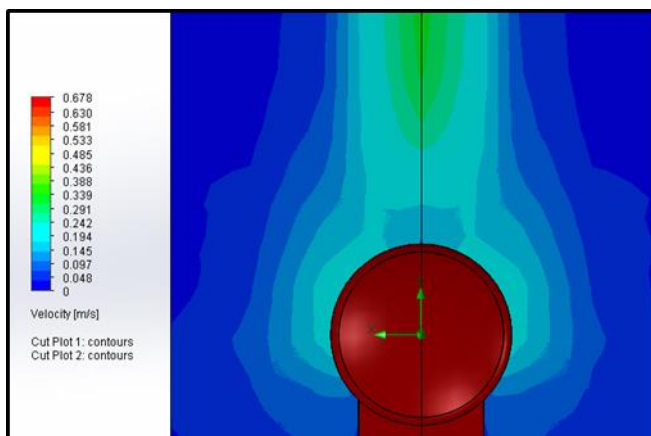


Figura 75 Distribución Velocidad del Aire de Perfil para 50°C con Aislamiento.

Fuente. Elaboración Propia

Se realizó el cálculo de transferencia de calor por convección natural para una Temperatura 90°C que resulto en 6.90 kW. Figura 76.

Name	Current Value	Progress	Criterion	Averaged Value
SG Heat Transfer F	5422.12 W	Achieved (IT = 40)	964.64 W	5440.79 W
SG Heat Transfer F	1429.35 W	Achieved (IT = 40)	202.684 W	1429.45 W

Figura 76 Transferencia Calor; Cilindro y Tapas para Temperatura Superficie 90°C con Aislamiento.

Fuente. Elaboración Propia

Distribución de perfil de velocidades transferencia de calor posición horizontal y de perfil del aire para temperatura de superficie 90°C de la autoclave. Figura 77, 78.

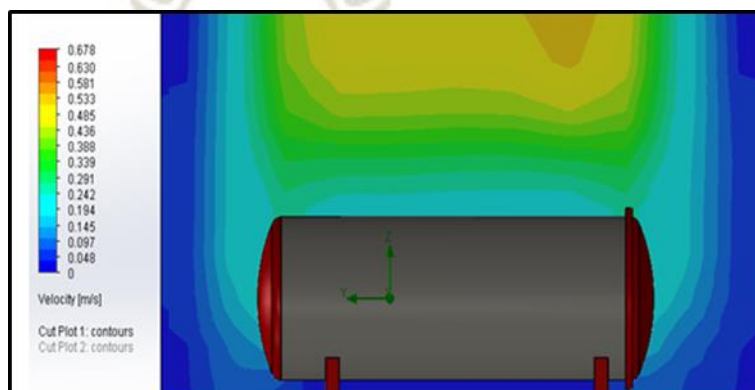


Figura 77 Distribución Velocidad Horizontal del Aire para 90°C con Aislamiento.

Fuente. Elaboración Propia

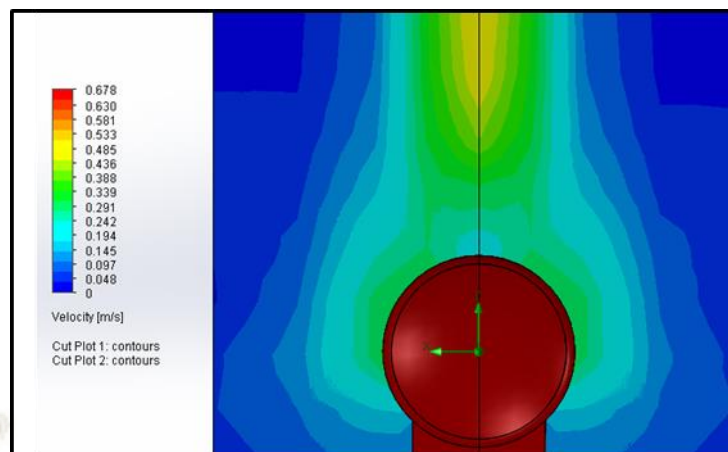


Figura 78 Distribución Velocidad Horizontal del Aire para 90°C con Aislamiento.
Fuente. Elaboración Propia

El ahorro de combustible para 5 hr de operación es de 14.60 galones de GLP

$$\Delta Q = 37 \text{ kW}$$

$$m_c = \frac{37 \text{ kW}}{12.67 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} * 0.80} = 3.7 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} * 5\text{h} = 19 \text{ kg}$$

$$V_c = 28 \text{ kg} * \frac{1}{506 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} * \frac{1000 \text{ L}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ gln}}{3.7851} = 10.0 \text{ gln}$$

3.9.3. Selección de la Caldera de Vapor

El calor requerido para elevar la presión a 80 Psig y su respectiva temperatura de saturación se da por la siguiente ecuación:

$$\dot{Q} = \frac{\sum m * C_p * \Delta T}{t} + \dot{Q}_c$$

Dónde:

m: Masa de los componentes dentro del autoclave. (kg)

C_p: Calor específico de los componentes dentro del autoclave

ΔT: Diferencia entre la temperatura inicial y la final. (°C)

Q_c: Calor por convección y radiación.

t: Tiempo máximo requerido para alcanzar la temperatura. (min)

Tabla 10 Flujo de Vapor y BHP de Caldera en Función del Tiempo

Tiempo requerido para alcanzar la Temperatura de Vulcanizado 162°C o 80 Psig (min)	Flujo de Vapor (kg/hr)	Potencia de la Caldera (BHP)
15	1848	118
30	934	60
47	603	38
60	477	30
90	324	21
20	1391	89

Fuente. Elaboración Propia

Parámetros:

- Pérdida por convección 15 kW
- Factor de evaporación: 1.118
- Factor altura: 1.125
- 11 000kg de acero, 500 Kg de caucho y 500 kg de Alúmina

Para el cálculo de tiempo de llenado, se debe calcular el flujo volumétrico que la caldera es capaz de suministrar, y dividirlo con el volumen interior de la autoclave.

Cuadro 6.

Cuadro 6 Parámetros de Operación de la Autoclave y Caldero

Parámetros	Valor
Volumen interior	45 m ³
Capacidad máxima de caldera nominal	2 760 lb/hr
Factor de altura (Fa)	1.125
Factor de evaporación @ 80Psig (Fe)	1.112
Capacidad de caldera	100%
Volumen Específico del Vapor Saturado v	0.291 m ³ /kg
Eficiencia venteo de aire η_v	50%

Fuente. Elaboración Propia

El flujo volumétrico de vapor que puede suministrar la caldera está dado por:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}_v}{F_a * F_e} * v * \eta_v$$

$$\dot{V} = \frac{2\,760 \text{ Lb/hr} \left(\frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ Lb}} \right)}{1.125 * 1.112} * \frac{0.2913 \text{ m}^3}{\text{kg}} * 50\% * 100\% = 175.30 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Entonces el tiempo de llenado para el volumen está dado por:

$$t = \frac{45 \text{ m}^3}{179 \text{ m}^3/\text{hr}} = 28.80 \text{ min}$$

La caldera seleccionada para adquirir es de marca INTESA de 80 BHP cuyos datos de placa Cuadro 7 son los siguientes.

Cuadro 7 Caldera de Vapor INTESA 80 BHP

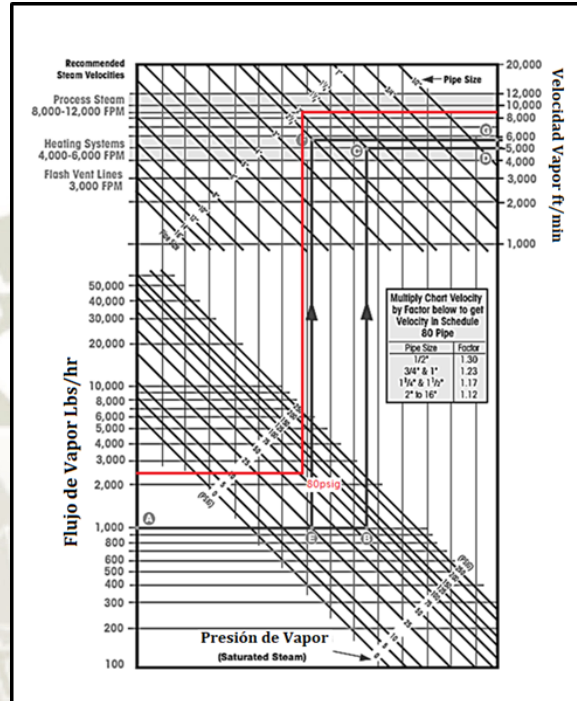
Denominación	Características Técnicas
Modelo	INTESA PTH-80-3-WB-GLP
Tipo	Pirotubular Horizontal Wetback
Pases	Tres
Potencia	80 BHP
Capacidad Calorífica	3 360 MBTU/Hr
Capacidad de Producción de Vapor	2 760 Lb/Hr. a 212°F
Consumo de Combustible Máximo	34.4 GPH Aprox.
Combustible a Utilizar	GLP
Eficiencia Térmica Garantizada	87% con agua de alimentación @212°F
Suministro Eléctrico	Fuerza: 220 V/3ø/60Hz Controles: 110 V/1ø/60 Hz

Fuente. Elaboración Propia

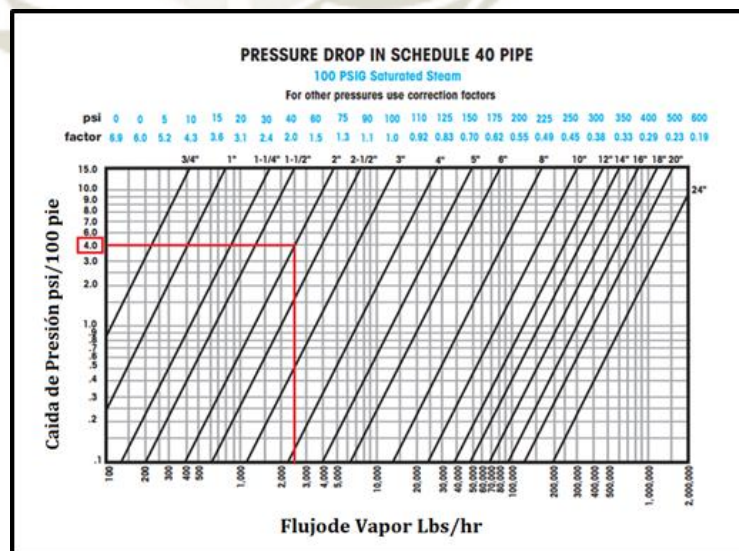
3.9.4. Diseño de Líneas de Vapor

3.9.4.1. Línea de Abastecimiento de Vapor

La tubería suministra vapor a la autoclave proveniente de la caldera, tiene una presión de vapor de 80 Psig, y para una tubería 2" SCH40, se da una velocidad de 8700 pie/min o 44 m/s, se comprobará la caída de presión. Grafico 3, 4.



Grafica 3 Calculo Tubería de Vapor por Velocidad de Watson McDaniel. Fuente. McDaniel (2010)



Grafica 4 Cálculo Tubería de Vapor, Caída de Presión Watson McDaniel. Fuente. McDaniel (2010)

$$\Delta P = \frac{4\text{psi}}{100\text{pie}} * 35\text{pie} * 1.1 = 1.5 \text{ psi}$$

Se calcula una caída de presión de 1.5 Psi, para una tubería de 2” SCH 40. Asimismo, se comprueba el cálculo con la herramienta online de Spirax Arco y los resultados son coincidentes. Figura 79.

- Longitud de tubería: 8.50 m
- Longitud por accesorios: 4.00 m
- Longitud equivalente total: 10.50 m=35.00 pies

Calculation		Sizing on Velocity
Target Upstream Velocity	30	m/s
Upstream Pressure	80	psi gauge
Mass Flow Rate	2500	lb/h
Equivalent Pipe Length	10.5	m
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore		62.4109 mm
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore		2 1/2 in
Upstream Velocity	29.7429	m/s
Downstream Pressure	5.47049	bar gauge
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore		2 in
Upstream Velocity	42.4281	m/s
Downstream Pressure	5.40541	bar gauge

Figura 79 Cálculo Tubería de Vapor con Herramienta de Spirax Sarco
Fuente. Spirax Sarco (2020)

3.9.4.2. Línea de Vapor Condensado

Se realizará el cálculo con la herramienta online de Spirax Arco con los siguientes parámetros como se muestra en la Figura 80s:

- ΔP de trampa: 50 Psig
- Presión de Vapor: 80 Psig
- Flujo por Trampa 1: 1250 lb/hr
- Flujo por Trampa 2: 1250 lb/hr
- Elevación de Tubería de Condensado: 1.8 m

Los resultados son los siguientes:

- Tubería de 1" SCH40 para ramales.
- Tubería de 1 ¼" SCH40 para troncal.

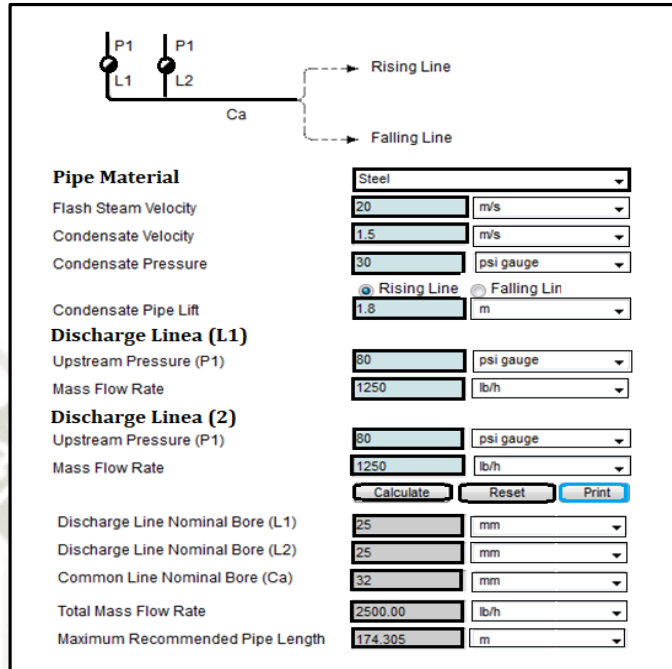


Figura 80 Cálculo Tubería de Condensado con Herramienta de Spirax Sarco. Fuente: Spirax Sarco (2020)

La línea de condensado a la salida de la Autoclave se muestra en la Figura 81.

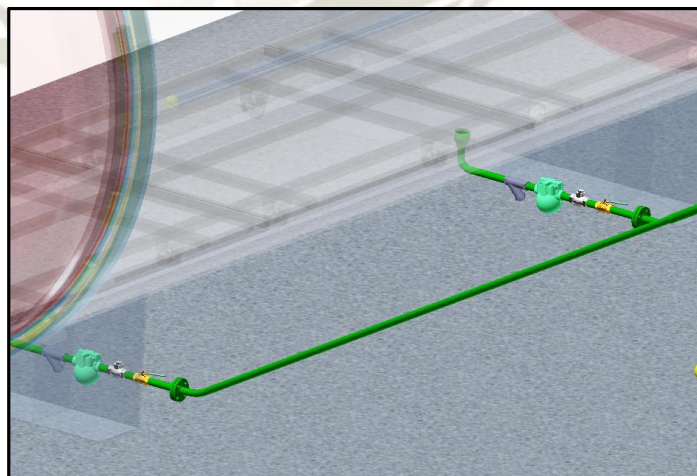


Figura 81 Vista Línea de Condensado Salida de Autoclave.
Fuente. Elaboración Propia.

3.9.5. Selección Válvula Reductora de Presión

Para la selección de la válvula reductora de presión se considerará un modelo operado por piloto de la marca Spence, que es idónea para aplicaciones de vapor.
Figura 82.

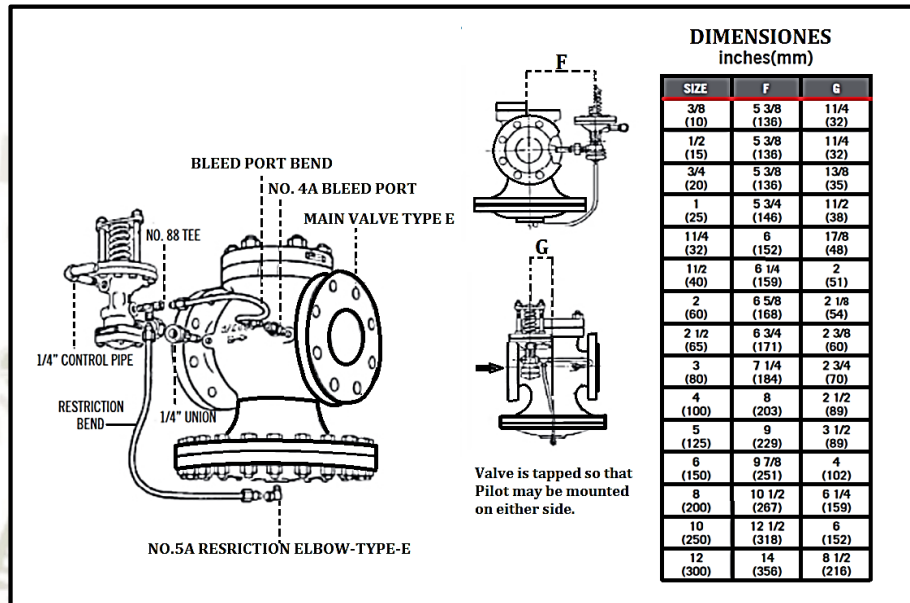


Figura 82 Válvula Reductora de Presión Tipo ED

Fuente: Spence (2020)

La presión diseño de la caldera es 150 Psig, se considerará 120 Psig como P1 y P2 como 80 Psig, y la presión atmosférica 11.10 Psia.

$$91.10 \text{ psi} > 0.58 * 131.10 \text{ psi}$$

$$91.10 \text{ psi} > 76.00 \text{ psi}$$

Cuando $P2 > 0.58 * P1$

$$w = C_v * 2.1 * \sqrt{\Delta P * (P1 + P2)}$$

Donde:

w: Flujo de vapor. (Lb/hr)

P1: Presión de entrada. (Psia)

P2: Presión de salida. (Psia)

ΔP : Variación de presión. (P1-P2) psi.

Cv: Coeficiente de flujo. Tabla 12

Tabla 11 Coeficiente Cv de Válvulas

SEAT FACTOR	REGULACIÓN DE TAMAÑO												
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8
Full	1.5	2.8	5.4	8.8	14.1	19.8	31	44	74	109	169	248	444
Full 75%	--	2.2	4.2	7.2	11.1	15.9	22.9	37	56	88	136	188	353
Full 50%	--	1.7	2.6	6.3	7.4	11.3	17.7	25	42	65	94	139	252
Normal	.66	1.55	4.8	7.5	10.4	14.6	17.6	24	43	78	115	151	249
Normal 75%	--	--	--	--	--	--	--	18	34	62	89	110	187
Normal 50%	--	--	--	--	--	--	--	14	26	46	65	83	139

Fuente. Spence (2020)

Para una válvula de 2" se tiene un Cv

$$w = 17.6 * 2.1 * \sqrt{(131.1 - 91.1) * (131.1 + 91.1)}$$

$$w = 3\ 484\ \text{Lb/hr}$$

La capacidad de la caldera máxima ajustada a 2300msnm y operación a 80 Psig

$$\dot{m} = \frac{2760\ \text{Lb/hr}}{1.125 * 1.112} = 2\ 200\ \text{Lb/hr}$$

Dicha capacidad 3 484 Lb/hr es mayor es 2200 Lb/hr con un factor de seguridad 1.6

Asimismo, de manera alternativa se puede calcular la capacidad de la válvula mediante la siguiente tabla con los siguientes parámetros:

- P1: 100 Psig
- P2: 75 Psig
- Flujo mínimo: 2 200 lb/hr

Tabla 12 Capacidad de Lb/hr de Vapor para Válvulas Tipo E

PRESIÓN -Psig		TAMAÑO DE VÁLVULA (PULGADAS)							
Entrada	Reducción	1	11/4	11/2	2	21/2	3	4	5
75	55	831	1152	1618	1950	2659	4764	8642	12741
	50	901	1249	1754	2114	2883	5165	9370	13814
	45	956	1326	1861	2244	3060	5482	9944	14661
	13-0	1092	1515	2126	2563	3495	6262	11359	16747
100	75	1041	1444	2027	2444	3333	5971	10831	15968
	60	1224	1698	2383	2873	3917	7019	12731	18771
	20-0	1381	1915	2688	3240	4418	7916	14360	21172
125	100	1163	1612	2263	2728	3721	6666	12092	17828
	75	1488	2064	2898	3493	4763	8534	15480	22823
	28-0	1666	2310	3243	3910	5332	9552	17238	25547

Fuente: Spence (2020)

3.9.6. Selección de Trampa de Vapor

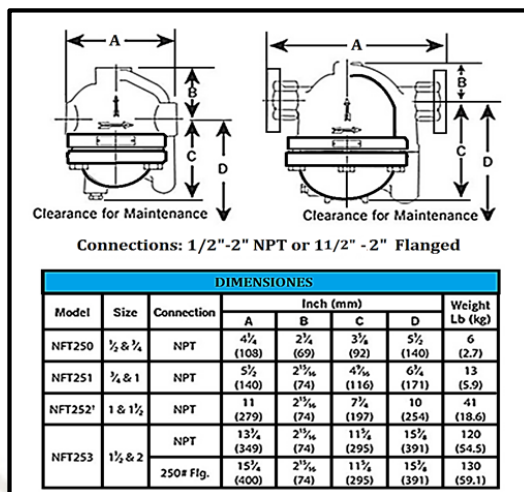
Para autoclaves, Spirax Sarco recomienda trampas de Boya. Debido al gran volumen y area superficial, se tiene un gran flujo de condensado por lo cual se necesita una trampa con alta capacidad de drenaje y con capacidad de respuesta de variación de carga, siendo la de boya la que más se ajusta. Cuadro 8.

Cuadro 8 Características Técnicas de Trampas de Vapor

Función	Termostática	Termodinámica	Flotante y Termostática	Cubeta Invertida
Respuesta a la variación de carga	Moderada	Baja	Rápida	Moderada
Venteo de aire	Bajo	Medio/alto	Bajo	Bajo
Eficiencia Térmica	Alta	Media	Medio/alto	Media
Influencia de Temperatura Ambiente	Ninguna	Si	Ninguna	Ninguna
Costo Relativo	Bajo	Bajo	Medio	Medio/bajo
Capacidad	Media	Baja	Alta	-
Tamaño vs Capacidad	Pequeña	Media	Grande	-

Fuente: Spence (2020)

Tabla 13 Dimensiones para Válvulas Tipo E



Fuente: Spence (2020)

Para selección de la trampa de boya se tomará los siguientes parámetros.

- Cantidad de Trampas: 2
- Máximo flujo a drenar: 1500 Lb/hr cada uno.
- Factor de seguridad de 2.

Tabla 14 Capacidad de Lb/hr de Vapor para Válvulas Tipo E

MÁXIMA CAPACIDAD-Lb/hr (10°F Por Debajo de la Saturación)									
Trampa	Orifici o inch mm	Diferencial Psig (barg)							
		MAX ΔP	15 (1.03)	20 (1.38)	30 (2.07)	50 (3.45)	75 (5.17)	100 (6.90)	125 (8.62)
NFT 251	0.277	20	1100	2450					
	0.209	50	750	1540	1900	2460			
	0.157	100	300	830	950	1100	1300	1400	
	0.141	150	260	705	825	990	1130	1240	1330
	0.120	250	170	500	575	700	800	900	940
NFT252	0.593	20	10500	11700					
	0.469	50	6830	7900	9700	12600			
	0.339	100	3840	4460	4990	6020	7030	7960	
	0.316	150	3150	3540	4140	4970	5685	6230	6690
	0.261	250	2400	2540	3000	3500	4100	4200	4900
NFT253	1.102	20	19900	22800					
	0.875	50	16900	18400	21000	25400			
	0.593	100	10900	12800	13700	16600	18700	21000	
	0.578	150	9970	11200	13100	15700	17980	19700	21150
	0.484	250	6470	7560	8610	10400	12100	13600	14600

Fuente: Spence (2020)

3.9.7. Venteos de Aire

Para la selección de venteos de aire se tomará los siguientes parámetros. Tabla 16.

- Nicholson 1" MOD. TAV NPT
- Volumen a ventear = 42 000l = 1 483 pie³
- Tiempo: Se debe ventear en 10 min.
- Flujo de aire: 4200 L/min = 148 pie³/min
- 4 unidades.
- Capacidad unitaria: 37 pie³/min

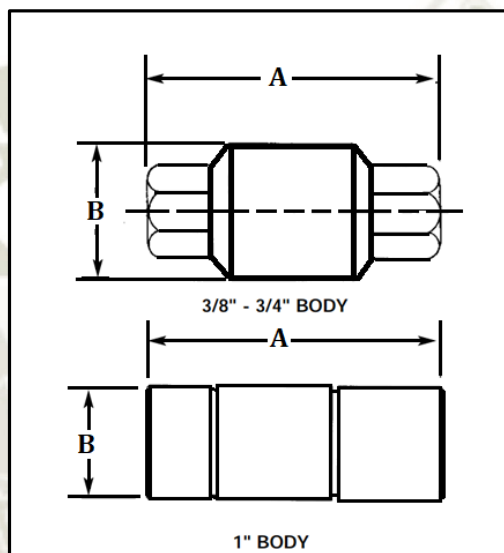


Figura 83 Válvula de Venteo de Aire

Fuente: Spence (2020)

Tabla 15 Capacidad de Lb/hr de Vapor para Válvulas Tipo E

AIR CAPACITY SCFM for 14.7 PSIA a 60°F (dm ³ /S)									
Vent	Orifice Inch (mm)	Inlet Pressure (barg)							
		10 (0.7)	50 (3.5)	100 (6.9)	125 (8.62)	150 (10.3)	200 (13.8)	250 (17.2)	300 (20.7)
TAV	5/16 (8)	33 (16)	34 (20)	156 (74)	192 (91)	230 (109)	300 (142)	370 (175)	440 (208)

Fuente: Spence (2020)

3.9.8. Válvulas de Seguridad

De forma periódica, las válvulas de seguridad deben pasar por pruebas en caliente y debe controlarse que cumplan con los valores de apertura y cierre, según los valores nominales Tabla 16.

La presión de apertura será 5% más de la presión de servicio como la siguiente formula.

$$P_{\text{Apertura}} = 1.05 * P_{\text{Servicio}}$$

- Código: 0041FEA
- Capacidad: 1458 lb/hr c/u (2 válvulas)

Válvula de seguridad y alivio en bronce SPENCE de 1pulg.

Tabla 16 Capacidad de Válvula de Alivio de Presión (Lb/Hr)

SET PRESSURE P _{sig}	ORÍFICE ÁREA in ²					
	D 0.1188	E 0.2116	F 0.3318	G 0.5424	H 0.8479	J 1.391
10	149	265	416	679	1062	1742
15	176	313	491	802	1254	2057
20	203	361	566	925	1445	2371
25	229	409	641	1047	1637	2686
30	256	456	716	1170	1829	3000
35	286	509	798	1305	2040	3346
40	315	562	881	1440	2251	3692
45	345	614	963	1575	2461	4038
50	374	667	1046	1709	2672	4384
55	404	720	1128	1844	2883	4730
60	434	772	1211	1979	3094	5076
65	463	825	1293	2114	3305	5422
70	493	877	1376	2249	3516	5768
75	522	930	1458	2384	3727	6114
80	552	983	1541	2519	3937	6460
85	581	1035	1623	2654	4148	6805

Fuente: Spence (2020)

3.10. CÁLCULO TANQUE ESTACIONARIO GAS LICUADO PETRÓLEO

La presión de diseño para tanques de GLP se suele tomar como 250 psi (Huertas, 2020), para el diseño del tanque estacionario se utilizara el código ASME Sec. VIII.

Cuadro 9 Propiedades Físicas y Químicas de GLP

Punto de ebullición	(-42°C) - (3.7 °C)
Autoinflamabilidad	>400 °C
Presión de vapor	10 - 14 Bar a 37.8 °C
Tensión superficial	16 dinas/cm a -47 °C
Densidad	0.535 g/cm ³ min. A 15°C
Densidad de vapor	1.5 (aire: 1) a 0 °C
Hidrosolubilidad	0.0047% vol/vol
Otros datos	Azufre total: 150 ppm mas
Poder calorífico Neto	10830 Kcal/Kg
Olefinas totales	58%

Fuente. Fuente. REPSOL (2006)

El espesor de las tapas toriesférica está definido por la siguiente ecuación que da como resultado un espesor comercial de 3/8” en plancha ASTM A36, con Factor E=1 porque no hay soldadura en la tapa.

$$t = \frac{P * L * M}{2 * S * E - 0.2 * P}$$

$$t = \frac{250 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * 29.70 \text{ pulg} * 1.54}{2 * 16.60 \text{ ksi} * 1000 \frac{\text{psi}}{\text{ksi}} * 1.00 - 0.20 * 250 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}}$$

$$t = 0.344 \text{ pulg}$$

El espesor resultante para el cilindro es 3/8” en plancha ASTM A36, con Factor E=0.85.

$$t = \frac{P * R}{S * E - 0.6 * P}$$

$$t = \frac{250 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * 14.80 \text{ pulg}}{16.60 \text{ ksi} * 1000 \frac{\text{psi}}{\text{ksi}} * 0.85 - 0.60 * 250 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}}$$

$$t = 0.27 \text{ pulg}$$

El espesor del tanque de GLP sera 3/8” en Calidad ASTM A36.

El volumen en las tapas toriesfericas es 42litros, el largo del cilindro es 3600mm, compuesto por 3 planchas de 1200mmx2400mmx3/8”. La capacidad del tanque en gln es de:

$$\text{CAPACIDAD} = \left(\frac{\pi * (0.754\text{m})^2}{4} * 1.2 \text{ m} * 3 * \frac{1000 \text{ L}}{1\text{m}^3} + 42 \text{ L} * 2 \right) * \frac{1 \text{ gln}}{3.785 \text{ L}}$$

$$\text{CAPACIDAD} = 445 \text{ gln} = 1 \text{ 690 L}$$

El consumo de la caldera es de 34.40 gph gas licuado de petroleo, cada proceso de vulcanizado dura en promedio 2.5 hrs, lo que en total sera un consumo de 86 gph por servicio de vulcanizado. Como la capacidad maxima del tanque para almacenar GLP es un 85% del volumen del tanque, alcanzaria para 3 servicios de vulcanizado. Figura 85.

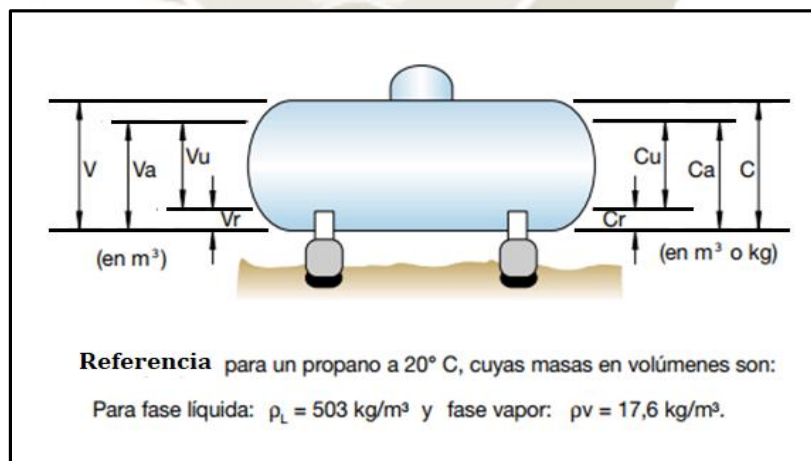


Figura 84 Distribución Volúmenes y Capacidades en Tanque Estacionario GLP. Fuente: Lopez (2001)

- Volumen de Almacenamiento: $V_a = 0.85 * V = 0.85 * 1690 \text{ L} = 1437 \text{ L} = 380 \text{ gln}$
- Capacidad de Almacenamiento: $C_a = 1.437\text{m}^3 * 503 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 726 \text{ kg}$

- Volumen de Reserva: $V_r = 0.30 * V = 0.30 * 1690 \text{ L} = 507 \text{ L} = 134 \text{ gln}$
- Capacidad de Reserva: $C_r = 0.507 \text{ m}^3 * 503 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 255 \text{ kg}$
- Volumen Util: $V_u = 0.55 * V = 0.55 * 1690 \text{ L} = 930 \text{ L} = 246 \text{ gln}$
- Capacidad Util: $C_u = 0.930 \text{ m}^3 * 503 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 467 \text{ kg}$
- El peso del tanque total vacío es de 745 kg y cargado es de 1470 kg.

3.11. CÁLCULO DE LA LÍNEA GAS LICUADO DE PETRÓLEO

Para el cálculo de la línea de GLP se toman las siguientes especificaciones:

- Longitud de Tubería: 31m
- Longitud por accesorios: 8m
- Longitud Total: 39 m
- Caída de Presión Máxima: 5% (6 Bar) = 0.3Bar
- $P_{atm} = 0.77 \text{ Bar}$
- Flujo = 34 GPH (Líquido) = 33 m³/hr. (Gas)

Se aplica la ecuación de Renoard Cuadrática para calcular la caída de presión con una tubería de 1" SCH40.

$$P_i^2 - P_f^2 = 47.76 * S * L * Q^{1.82} * D^{-4.82}$$

$$(5.77 \text{ Bar})^2 - (P_f)^2 = 47.76 * 1.62 * (39 \text{ m}) * \left(\frac{33 \text{ m}^3}{\text{hr}} \right)^{1.82} * (23.8 \text{ mm})^{-4.82}$$

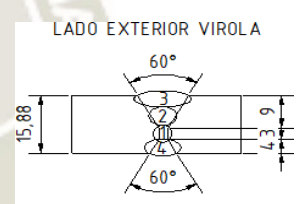
$$P_f = 5.73 \text{ Bar}$$

$$\Delta P = 0.04 \text{ Bar} < 0.30 \text{ Bar}$$

3.12. PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA NORMA AWS D1.1

Todos los procedimientos de uniones en el proceso de soldadura son realizados por la norma AWS D 1.1 cumpliendo estrictamente los controles de calidad con pintes penetrantes y análisis de ultrasonido certificados. La Sección IX del código ASME BVPC establece que se debe realizar un procedimiento de soldadura, a continuación, se muestra el procedimiento para la soldadura de las virolas.

Cuadro 9 Protocolo Especificaciones de Procedimiento de Soldadura AWS D 1.1.

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA									
Nombre de la organización		FAGOMA SAC							
Especificación del procedimiento de soldadura		AUTOC-1	Fecha	3/06/2020					
Revision No.	1	Autorizado por	F. VALENCIA	Fecha					
PROCESO DE SOLDADURA		FCAW	TIPO	MANUAL					
DISEÑO DE JUNTA		JUNTA A TOPE							
TIPO DE BISEL	BISEL EN DOBLE V								
ANGULO DE BISEL	60°								
ESPACIAMIENTO RAZ	1/8"								
SOLD. DE RESPALDO									
PRECALENTAMIENTO		No aplica							
POSTRATAMIENTO		No aplica							
									
					METAL BASE				
					Especificación, Grado Part No 1	ASTM A36			
					A Especificación, Grado Part No 2	ASTM A36			
					Análisis químico Part No 1	-			
					Análisis químico Part No 2	-			
					Espesor	5/8"			
METAL DE RELLENO									
Pasada	1	2	3	4					
AWS Especificación	AWS 5.20								
AWS Clasificación	E71T-1M								
Diámetro de Alambre	1.6mm								
Corriente	160-250								
Voltaje	26-40								
Gas de protección	100% CO2								
Tipo de corriente	CC(+)								

Fuente. Elaboración Propia

3.13. SISTEMA ELÉCTRICO

Las calderas de 80BHP tienen incorporado los siguientes equipos.

Quemador:

- Modelo: C2-GO-20B
- Ventilador: 1 1/2HP
- GPH Máximo: 22
- Presión requerida de gas: 4.8-14 pulg de Columna de agua

Bomba de Agua de Alimentación:

- Marca: BURKS PUMP
- Modelo: 320CS6M
- Caudal: 9.5 GPM
- Presión: 150 PSI
- Velocidad: 3,450 RPM
- Potencia: 2 HP
- Voltaje: 220V

Sistema de Control:

- Marca: HONEYWELL
- Modelo: Serie RM7800

Control de Nivel de Agua:

- Marca: McDONNELL & MILLER
- Modelo: 157S
- Presión: 150 PSI

Presostato:

- Marca: HONEYWELL
- Procedencia: USA
- Modelo: L404 F
- Rango: 10-150 PSI

CAPITULO IV

4. FABRICACIÓN Y MONTAJE DEL AUTOCLAVE

4.1. GENERALIDADES

La construcción y montaje de la autoclave de vulcanización para caucho se realiza en el taller de la Empresa Fagoma , todo el proceso y secuencia de fabricación, traslado y montaje debe ser establecido previamente por personal calificado por medio de flujogramas, planes de trabajo, sistemas de corroboración y puntos de chequeo; tal que las responsabilidades y operaciones deben ser efectuadas por el ingeniero supervisor y técnico que permitan optimizar el proceso y evitar los accidentes de trabajo. En el diagrama se indican las secuencias en los trabajos de taller, y en la inspección como parte del aseguramiento de la calidad de la obra.

Dada la naturaleza del diseño es necesario tomar en cuenta la preparación y construcción de partes y componentes tanto la fabricación como el montaje en el taller. Estos componentes y otros soportes provisionales para la fabricación, manipulación y montaje se indican en los planos de construcción, indicando su condición de provisional y el momento en que debe ser usado y retirado, para de este modo prevenir accidentales.

4.2 DOCUMENTACIÓN PARA LA FABRICACIÓN

1. El diseño de detalle tiene por objetivo completar la determinación de las piezas y preparar la documentación del producto para la fabricación (DFMA, 2015).
2. Los resultados de esta actividad se dan mediante los planos de piezas, los listados de componentes y los esquemas de montaje. Siendo muy importante completar la determinación de las piezas y documentar la fabricación, el diseño de detalle puede y debe ir más allá y hacer propuestas para simplificar las soluciones y realizar una revisión general del proyecto (DFMA, 2015).
3. La documentación de la fabricación puede ser un buen momento para revisar ciertos factores que pueden mejorarse, como la adecuación de las tolerancias y acabados al tipo de pieza que se desea, simplificación de piezas o fusión de algunas de ellas, reducción del número de uniones o de la variación de los tipos (DFMA, 2015).

4.3. FABRICACIÓN DE LA AUTOCLAVE DE VAPOR

Asegurar que todas las piezas a fabricar y dar alternativas cuando se presenten dificultades, se debe proceder los siguientes puntos:

- Asegurar que todas las piezas son fabricables y dar alternativas cuando se presenten dificultades.
- Evitar formas incompatibles con el proceso previsto.
- Facilitar la mecanización disminuyendo las uniones.
- Prever puntos de sujeción para las piezas.
- Estudiar y mejorar las secuencias de montaje y prever las herramientas necesarias.
- Prever chaflanes para la inserción de piezas.
- Disminuir las direcciones de montaje.
- Incorporar elementos de referenciación.
- Evitar operaciones incompatibles. (DFMA, 2015)

4.4. NORMAS UTILIZADAS DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLE AUTOCLAVE

Las Norma internacionales utilizadas para el diseño y fabricación de la autoclave y recipientes a presión de vulcanizado de caucho es:

1. Norma ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPCV). (Código de Calderas y Recipientes a Presión).

Es una norma que establece normas para el diseño, la fabricación y la inspección de las calderas y los recipientes a presión. Un componente a presión diseñado y fabricado de acuerdo con esta norma tendrá una larga vida de servicio útil que asegura la protección de la vida humana y la propiedad (ASME, 2020).

2. American Welding Society AWS D1.1(Sociedad Americana de Soldadura)

Código para Soldadura Estructural - Acero: Este código cubre los requerimientos para cualquier tipo de estructura soldada realizada con acero al carbono y de baja aleación para construcción. Está previsto para ser empleado conjuntamente con cualquier código o especificación que complemente el diseño y construcción de estructuras de acero (AWS, 2016).

4.5 PROCESO FABRICACIÓN DE COMPONENTES Y PARTES DE LA AUTOCLAVE

En el siguiente flujograma indica los procesos y actividades que muestra las interrelaciones, procedimientos entre las diferentes secciones para fabricar cada uno de los componentes y partes del equipo.

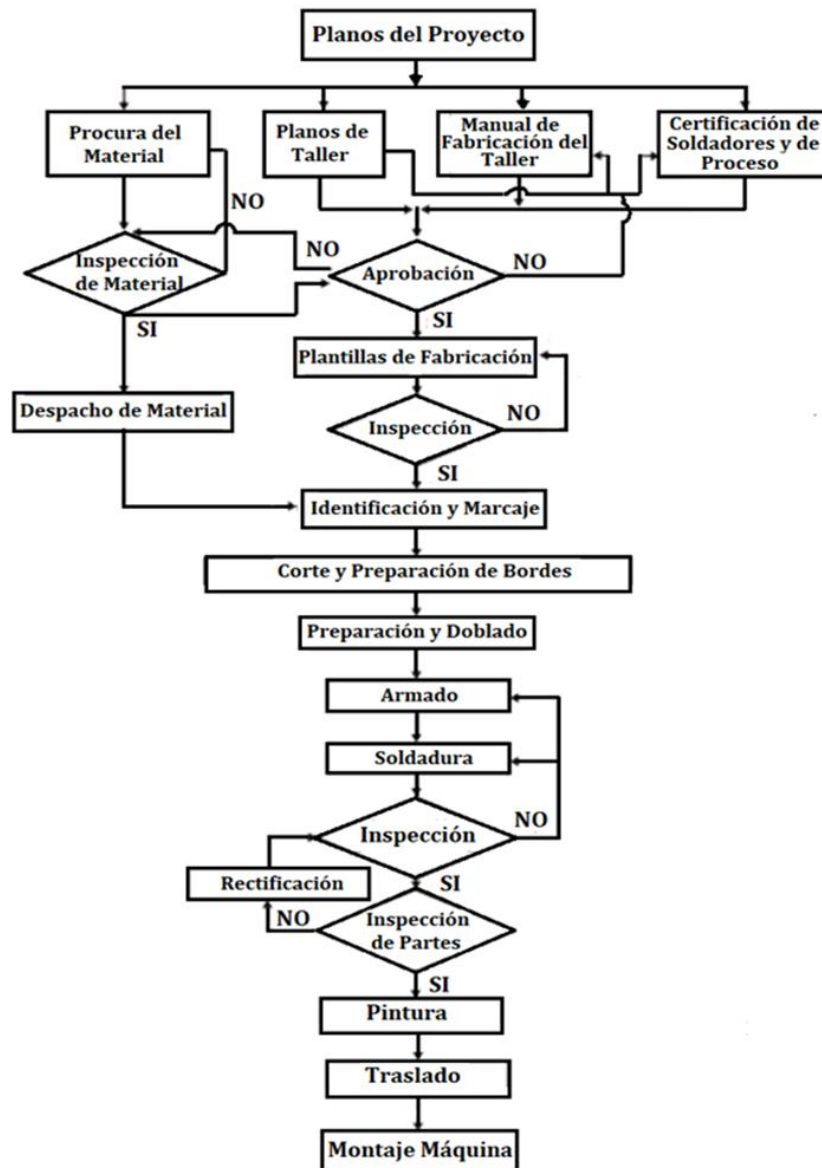


Figura 85 Flujograma de Fabricación en el Taller

Fuente: Adaptado Arnal (2005)

4.5.1 Fabricación del Cilindro Presurizado

Según el plano de fabricación mostrado en la Figura 87 se procede a cortar las planchas para proseguir con el rolado de cuatro virolas habilitando planchas de 1500 mm x 9000 mm x 5/8", que resulta en un diámetro interior 2850 mm y una altura 1500 mm., como lo demuestra el procedimiento de rolado en la Figura 87.

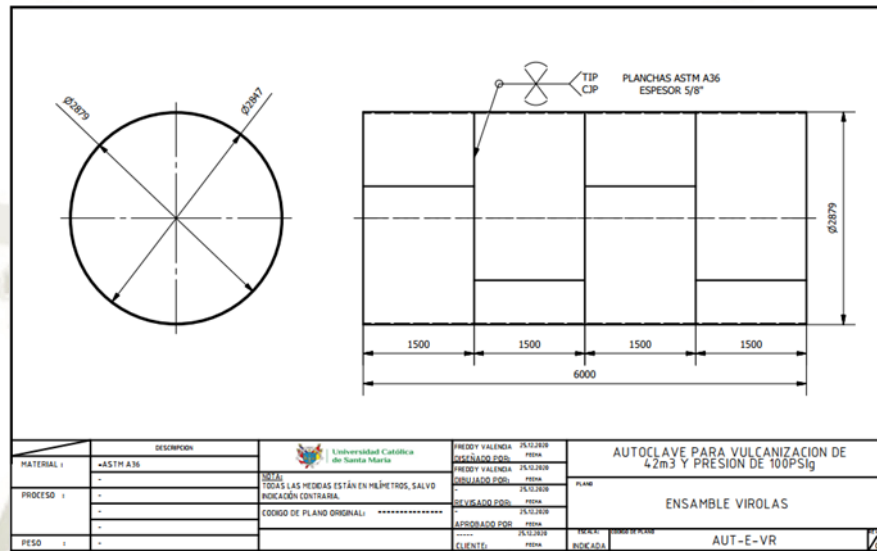


Figura 86 Plano de Fabricación de las Virolas
Fuente: Elaboración propia



Figura 87 Rolado Virolas de $\phi 2850$ mm y Longitud 1500 mm
Fuente: Elaboración Propia

Luego de ser roladas las tres virolas, según la Figura 88 fueron enderezadas y soldadas de acuerdo al procedimiento de la norma AWS D1.1 con el proceso de soldadura GMAW y seguido de un control de calidad preliminar al cordón de soldadura aplicando líquidos penetrantes a cada pase de cordón soldado, para luego proceder con la técnica de análisis técnico de ultrasonido.



Figura 88 Atiesado y Soldadura de Virolas para el Cilindro
Fuente: Elaboración Propia

4.5.2. Fabricación de las Tapas del Cilindro Presurizado

Según el plano de fabricación mostrado en la Figura 89 se procede a cortar las planchas para fabricar las dos tapas por el proceso de bombeado y pestañeadas de forma toriesférica. En este proceso de bombeado, se debe tener la plancha en forma circular, para el desarrollo de ambas tapas se utilizaron una plancha de ϕ 2818 mm x 5/8" y la otra plancha de ϕ 2882 mm x 5/8", como se demuestra el procedimiento de bombeado elaborado en la Figura 90.

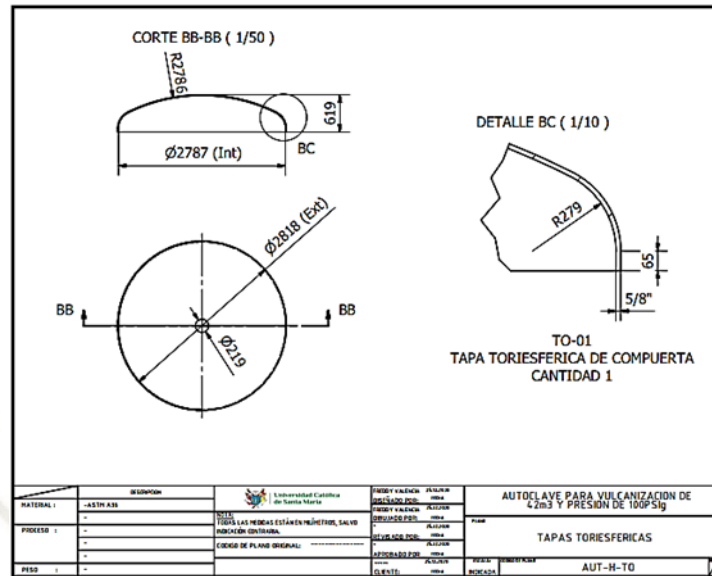


Figura 89 Plano de Fabricación Tapa Toriesférica
Fuente: Elaboración propia



Figura 90 Proceso de Bombeado de Tapa Toriesférica
Fuente: Elaboración propia

Según el flujograma en el nivel de inspección de soldadura de acuerdo al procedimiento de la norma ASME BPVC con el proceso de soldadura FCAW y se aplica control de calidad al cordón de soldadura con la técnica de líquidos penetrantes, donde se detectaron porosidades y se reconstruyeron para asegurar la seguridad debido a la alta presión de operación de la autoclave como se expone en la Figura 91.



Figura 91 Inspección Líquidos Penetrantes de Tapa Toriesférica

Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Fabricación de los Soportes para la Autoclave de Vulcanización

Según el plano de fabricación mostrado en la Figura 92 se procede a cortar las planchas para fabricar los soportes de la Autoclave. Considerando una plancha de 2400 mmx6000 mmx3/8” se realizó cortes con plasma CNC, como se observa en la Figura 92.

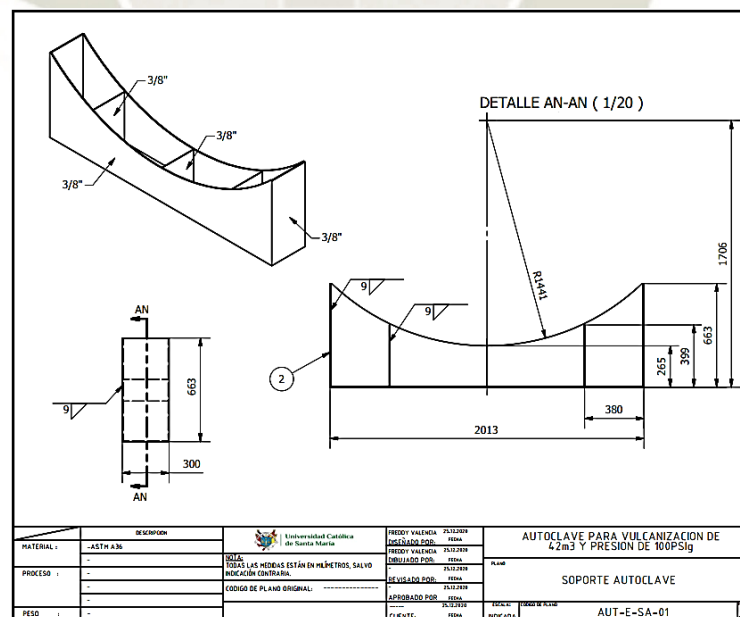


Figura 92 Plano de Fabricación Soportes de la Autoclave

Fuente: Elaboración propia

Después del corte con plasma de las panchas según plano indicado se procede a la armado y unión por proceso de soldadura FCAW como se muestra la Figura 93.



Figura 93 Armado de Soportes de Autoclave

Fuente: Elaboración Propia

4.5.4. Fabricación de las Plataformas para la Autoclave

Según el plano de fabricación mostrado en la Figura 95 se procede a cortar los perfiles cuadrados de 2"x1/8" según las medidas dadas en plano. Donde paralelamente se efectuó el armado de tres plataformas móviles con el proceso de soldadura GMAW como se expone en la siguiente Figura 94.

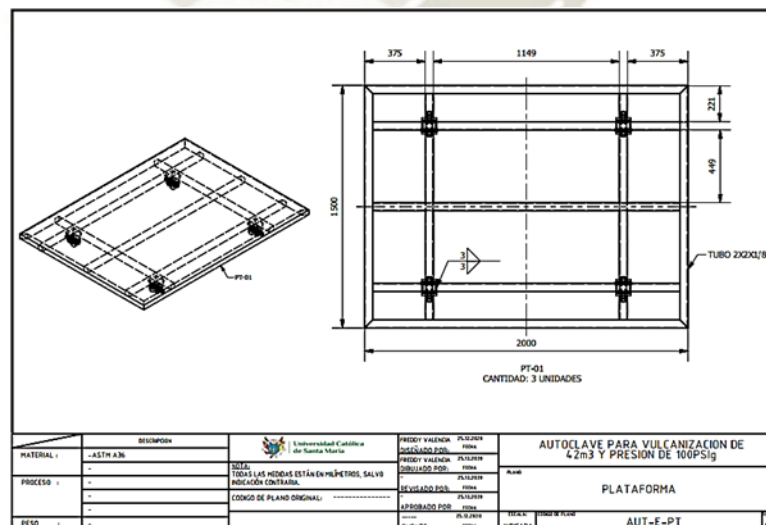


Figura 94 Plano de Fabricación Plataformas Deslizantes

Interior en la autoclave. Fuente: Elaboración propia



Figura 95 Armado Estructura para Plataforma Deslizante Interior en la Autoclave. Fuente: Elaboración Propia

En las siguientes muestras se realiza por medio del mecanizado en el Torno Mecánico CNC de 12 ruedas, cuatro corresponde para cada plataforma que permitirán su traslado en los rieles interiores instalados en la cámara de vulcanización, los cuales tienen rodamientos rígidos de bolas para un eje de 20 mm como se muestra en la Figura 96, 97.

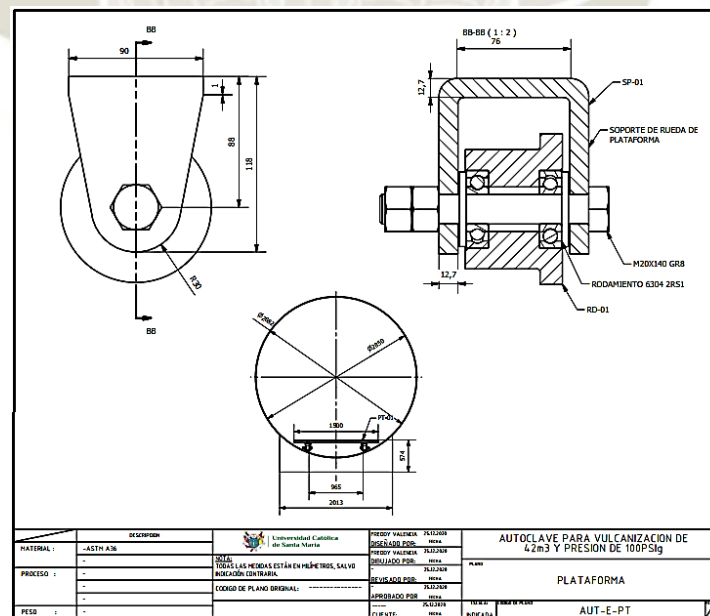


Figura 96 Plano de Fabricación Plataformas Deslizantes Interior en la autoclave. Fuente: Elaboración propia



Figura 97 Ruedas para Plataforma Interior de Autoclave

Fuente: Elaboración Propia

4.5.5. Fabricación de las Bisagras para Puerta Autoclave

Según el plano de fabricación mostrado en la Figura 98 se procede a cortar una plancha de 2400 mmx6000 mmx3/8”, se efectuó el corte con Plasma CNC, para realizar las bisagras de compuerta, los soportes de la autoclave, atiesadores y otras piezas complementarias como se expone en la siguiente Figura 99.

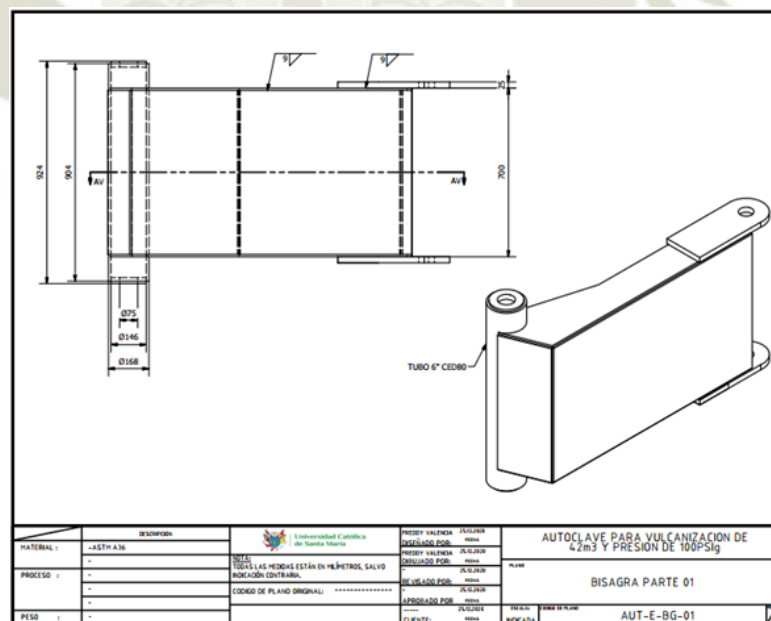


Figura 98 Plano de Fabricación Bisagras de Compuerta

Fuente: Elaboración propia



Figura 99 Vista de la Bisagra de la Puerta con su Eje y Chumacera

Fuente. Elaboración propia

4.5.6. Ensamblaje Autoclave de Vulcanización

En el proceso de ensamble, se realizó una secuencia de uniones de partes y componentes, para ir formando sistemas y estos en un conjunto integral por medio por medio de proceso de soldadura, sujetadores mecánicos y otros.

En la Figura 100 observamos el armado de las cuatro virolas que es el cuerpo principal de la autoclave que viene a ser el cilindro, luego el cilindro se colocó en sus dos soportes, se añadieron las ruedas en los cuatro puntos para poder girar el conjunto y facilitar la soldadura entre virolas según procedimiento como se muestra.



Figura 100 Armado de Cilindro Presurizado sobre Soportes

Fuente. Elaboración Propia

Posteriormente se realizó el armado de las virolas con la tapa posterior con ayuda de un tecele mecánico, que permitió elevar y girar el conjunto durante el armado. Se realizaron soldaduras intermitentes que posteriormente serían retiradas como se muestra en la Figura 101.



Figura 101 Armado de Virolas y Tapas Toriesféricas

Fuente: Elaboración Propia

Se procede a colocar los anillos del cilindro, primero se les presenta y luego se realiza la soldadura como se ve en la figura 102 y según el plano de la figura 103.



Figura 102 Armado de Anillos de Cilindro

Fuente. Elaboración Propia

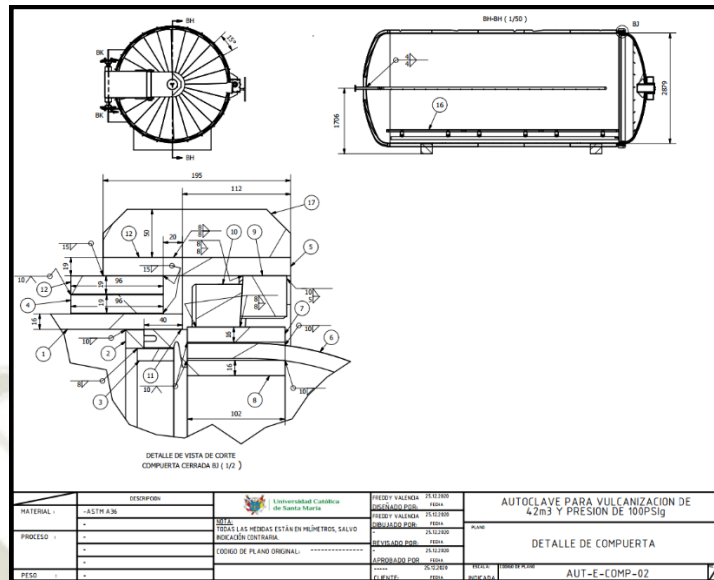


Figura 103 Plano de Fabricación de Anillos de Compuerta
Fuente. Elaboración Propia

Seguidamente se realiza el armado de la compuerta con sus anillos como se ve la Figura 104. Se suelda también el eje según el Plano que se muestra en la Figura 105.



Figura 104 Armado de Anillo y Bocina de Compuerta.
Fuente. Elaboración Propia

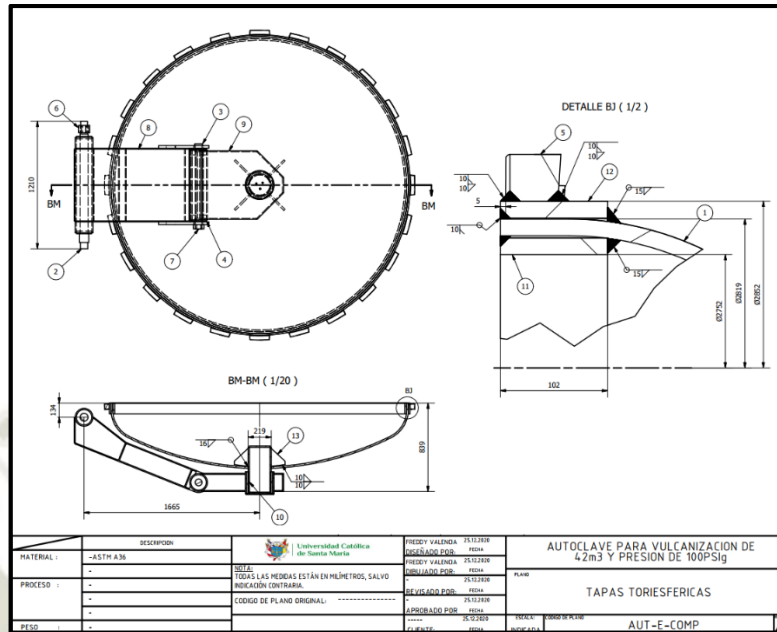


Figura 105 Plano de Fabricación de Compuerta

Fuente. Elaboración Propia

Finalmente se realiza el montaje y presentación de la compuerta. Se sueldan las muelas comprobando el contacto como se muestra en la figura 106.



Figura 106 Armado de Compuerta y comprobación de contacto de Muelas

Fuente. Elaboración Propia

Finalmente se muestra la vista lateral e isométrica en su totalidad



Figura 107 Vista Lateral de Autoclave

Fuente: Elaboración propia



Figura 108 Vista Isométrica de Autoclave

Fuente. Elaboración Propia

CAPITULO V

5. COSTOS DE AUTOCLAVE DE VULCANIZACIÓN

5.1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente análisis económico se pretende dar una descripción general de todos los costos elaborados para obtener el valor de la inversión realizada en el diseño y construcción de la máquina.

Costes Directos:

Los costes directos guardan una estrecha relación con el activo físico o servicio, son aquellos que están directamente relacionados con la realización del diseño de la máquina. Es decir, mano de obra, material utilizado, incluyendo cualquier perjuicio que se produzca en la construcción o en el propio montaje, maquinaria.

Los costes directos de la ejecución de una máquina trae consigo varios méritos; la asignar al producto un programa de gestión de la situación completa. Esto nos muestra el desempeño entre lo presupuestado y lo empleado.

Costes Indirectos:

Los costes indirectos de la confección de una máquina y los gastos generales son aquellos que no pueden imputarse directamente. Este tipo de costes son se trata de personal que no interviene directamente en la ejecución del proyecto, pero sí que realiza trabajos de diseño, programa, supervisión y control. Forman parte los ingenieros, el jefe de obra, operarios, el personal administrativo, consumo de energía eléctrica y agua potable, teléfono, internet entre otros, en la propias de la fabricación del equipo.

5.2. COSTOS

5.2.1. COSTOS DIRECTOS FABRICACIÓN ESTRUCTURAL

En el análisis de costos directos se toman en cuenta los gastos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizados y transporte para la fabricación estructural de la Autoclave, los mismos que se detallan en los literales siguientes:

a) Costos de Materiales

Tabla 17 Costo Acero para Fabricación de Autoclave

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METR.	UNIT. U\$	DESP. %	PARC. U\$
1	MATERIALES: ACERO		10816.70			10802.76
1.1	PLANCHA 5/8" ASTM A36	kg.	8850.00	0.80	8%	7646.40
1.2	PLANCHA 3/8" ASTM A36	kg.	965.70	0.80	10%	849.82
1.3	PLANCHA 3/4" ASTM A36	kg.	816.10	0.80	5%	685.48
1.4	PLANCHA 1/8" ASTM A36	kg.	184.90	0.80	8%	159.77
1.5	PLANCHA 1/2" ASTM A36	kg.	158.20	0.80	8%	136.72
1.6	PLANCHA 1" ASTM A36	kg.	227.50	0.80	4%	189.30
1.7	TUBO 6" SCH80 ASTM A53	kg.	65.30	1.50	4%	101.84
1.8	TUBO 8" SCH120 ASTM A53	kg.	40.20	1.50	4%	62.71
1.9	TUBO 10" SCH80 ASTM A53	kg.	19.30	1.50	4%	30.18
1.10	TUBO 1 1/2" SCH40 ASTM A53	kg.	67.10	1.00	8%	72.43
1.11	PLATINA 5/8"x4" ASTM A36	kg.	207.90	0.80	8%	179.64
1.12	BARRA CUAD. 3/4" ASTM A36	kg.	31.30	0.80	8%	27.03
1.13	PLATINA 1/2" x 1 1/2" A36	kg.	42.00	0.80	8%	36.25
1.14	ANGULO 3"x3"x3/8" ASTM A36	kg.	119.20	0.80	8%	103.02
1.15	TS 2"x2"x1/8" ASTM A36	kg.	195.00	0.80	8%	168.51
1.16	C4x5.4 ASTM A36	kg.	135.20	0.80	8%	116.85
1.17	C4x7.25 ASTM A36	kg.	177.30	0.80	10%	156.02
1.18	ANGULO 1 1/2"X1 1/2"X3/16	kg.	29.00	0.80	10%	25.50
1.19	C PLEGADA 3X1 1/2X1.5	kg.	64.00	0.80	8%	55.30
1.20	PL. DIAM. 1/8"X1500X6000	kg.	212.00	0.80	0%	169.60

Nota. Ver Anexos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Costo de Materiales para Fabricación de Autoclave

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METR.	UNIT. U\$	PARC. U\$
2	OTROS MATERIALES				2152.80
2.1	SOLDADURA				290.00
2.1.1	SOLDADURA EXATUB	Kg	100.00	2.90	290.00
2.2	SISTEMA DE PINTURA				1775.30
2.2.1	INTERIOR DE AUTOCLAVE				
2.2.1.1	REVCHEM NVC DHR 870 GF	m2	90.00	15.52	1396.80
2.2.1.2	DILUYENTE EPÓXICO RENNER	m2	90.00	0.15	13.50
2.2.2.	EXTERIOR DE AUTOCLAVE				
2.2.2.1	EPOMAX HS 720	m2	100.00	3.50	350.00
2.2.2.2	DILUYENTE EPÓXICO RENNER	m2	100.00	0.15	15.00
2.3.	PERNERÍA				87.50
2.3.1	PERNOS	Und	25.00	3.50	87.50

Nota. Ver Anexos

Fuente: Elaboración propia

b) Costo de Insumos y Consumibles

Tabla 19 Costo de Insumos para Fabricación de Autoclave

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METR.	UNIT. U\$	PARC. U\$
3	INSUMOS				922.50
3.1	DISCOS DE DESBASTE 7"	unds.	35.00	2.50	87.50
3.2	DISCO DE CORTE 7"	unds.	40.00	2.00	80.00
3.3	OXIGENO	bln.	6.00	50.00	300.00
3.4	CO2	bln.	6.00	50.00	300.00
3.5	TRAPO INDUSTRIAL	kg.	30.00	1.00	30.00
3.6	KIT LÍQUIDOS PENETRANTES	unds.	5.00	25.00	125.00

Fuente: Elaboración propia

c) Costo de Herramientas y Maquinaria

Tabla 20 Costo de Equipos y Herramientas para Fabricación de Autoclave

ITEM	DESCRIPCIÓN	HM	CANT.	DIAS	U\$/HM	PARC. U\$
4	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					6456.00
4.1	HERRAMIENTAS					1506.00
4.1.1	MÁQUINA DE SOLDAR FCAW	300.00	2	25.00	2.00	600.00
4.1.2	EQUIPO DE OXICORTE	90.00	1	15.00	1.50	135.00
4.1.3	TALADRO	60.00	2	5.00	1.50	90.00
4.1.4	SIERRA ELÉCTRICA	30.00	1	5.00	1.50	45.00
4.1.5	ESMERIL DE DESBASTE	600.00	4	25.00	0.30	180.00
4.1.6	ESMERIL DE CORTE	600.00	4	25.00	0.30	180.00
4.1.7	HERRAMIENTAS MANUALES	600.00	4	25.00	0.40	240.00
4.1.8	ÉQUIPO DE PINTURA	24.00	1	4.00	1.50	36.00
4.2	MÁQUINARIA					4950.00
4.2.1	MONTACARGA 10 TON	120	1	20.00	15.00	1800.00
4.2.2	CAMION GRÚA 20TM	60	1	10.00	30.00	1800.00
4.2.3	FURGON 5 TM	90	1	15.00	15.00	1350.00

Fuente: Elaboración propia

Nota. Base cálculo de 6 Hrs/día

d) Mano de Obra Directa

Tabla 21 Mano de Obra Directa para Fabricación de Autoclave

ITEM	DESCRIPCIÓN	HH	DIAS	HOMB.	U\$/HH	U\$/DÍA	PARC. U\$
5	MANO DE OBRA	1824.00					8916.11
5.1	SOLDADOR 5G	600.00	25.00	3	5.49	34.29	3291.43
5.2	ARMADOR	600.00	25.00	3	4.57	28.57	2742.86
5.3	AYUDANTE	600.00	25.00	3	3.66	22.86	2194.29
5.4	PINTOR	32.00	4.00	1	5.03	31.43	160.91
5.5	AYUDANTE DE PINTOR	32.00	4.00	1	2.74	17.14	87.77
5.6	HABILITADORES	160.00	10.00	2	2.74	17.14	438.86

Fuente: Elaboración propia

Nota. Se considera Beneficios Sociales de acuerdo a la Ley, ver Anexo

e) Equipos de Protección Personal

Tabla 22 Costos de Equipo de Protección Personal

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	UTILIZ.	UNIT. U\$	PARC. U\$
6	EPPS				1746.29
6.1	CARETA DE SOLDAR	6.00	100%	4.29	25.71
6.2	LUNAS #12	6.00	100%	0.29	1.71
6.3	LUNAS CLARAS	6.00	100%	0.86	5.14
6.4	CASCO SOLDAR	6.00	100%	12.86	77.14
6.5	CARTUCHO PARA RESPIRADOR	11.00	100%	8.00	88.00
6.6	RESPIRADOR MAS FILTRO	11.00	100%	45.71	502.86
6.7	CASACA	6.00	100%	22.86	137.14
6.8	PANTALÓN	13.00	100%	28.57	371.43
6.9	ZAPATOS (PAR)	13.00	100%	31.43	408.57
6.10	CAPUCHA	6.00	100%	5.71	34.29
6.11	MANDIL DE CUERO	6.00	100%	4.57	27.43
6.12	GUANTES (PAR)	13.00	100%	5.14	66.86

Fuente: Elaboración propia

f) Servicios de Corte, Bombeado y Plegado

Tabla 23 Costo de Servicios de Corte, Bombeado y Plegado

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	UNIT U\$	PARC. U\$
7	SERVICIOS DE CORTE Y BOMBEADO				7160.20
7.1	SERVICIO DE CORTE DE PL. 3/8"	Glb.	1.00	167.1	167.10
7.2	SERVICIO DE BOMBEADO (2 TAPAS)	Glb.	1.00	2076.51	2076.50
7.3	SERVICIO DE ROLADO (4 VIROLAS)	Glb.	1.00	4067.80	4067.80
7.4	SERVICIO DE CORTE PLANCHA 1/2"	Glb.	1.00	98.50	98.50
7.5	SERVICIO DE CORTE PLANCHA 3/4"	Glb.	1.00	240.61	240.60
7.6	SERVICIO DE CORTE PLANCHA 1"	Glb.	1.00	81.11	81.10
7.7	SERVICIO DE CORTE PLANCHA 2"	Glb.	1.00	360.77	360.80
7.8	SERVICIO DE CORTE 3/8"	Glb.	1.00	38.74	38.70
7.9	SERVICIO DOBLADO	Glb.	1.00	29.06	29.10

Nota. Ver Anexos

Fuente: Elaboración propia

g) Servicio de Transporte

Tabla 24 Costo de Servicio de Transporte

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METR.	UNIT U\$	PARC. U\$
8	TRANSPORTE DE MATERIALES				1706.10
8.1	SERVICIO DE TRANSPORTE LIMA-AQP PLANCHAS	TM	11.9	121.0	1439.90
8.2	SERVICIO DE TRANSPORTE LIMA-AQP DE TAPAS BOMBEADAS	TM	2.20	121.0	266.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25 Resumen Costos Directos Fabricación Estructural

ITEM	RESUMÉN	SUB-TOTAL U\$	U\$/Kg
1	ACERO	10802.76	1.00
2	OTROS MATERIALES	2152.80	0.20
3	INSUMOS	922.50	0.09
4	EQUIPOS	6456.00	0.60
5	MANO DE OBRA	8916.11	0.82
6	EPPS	1746.29	0.16
7	SERVICIOS DE CORTE Y BOMBEADO	7160.20	0.66
8	SERVICIOS DE TRANSPORTE	1706.10	0.16
	TOTAL U\$	39862.76	3.50

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. COSTOS DIRECTOS FABRICACIÓN MECANIZADO

Se analizará los costos directos para las piezas mecanizadas, se toman en cuenta los gastos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizados y transporte para la fabricación de las partes mecanizadas, los mismos que se detallan en los literales siguientes:

a) Costo de Materiales

Tabla 26 Costo Acero para Piezas Mecanizadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METR.	UNIT U\$	% DESP.	PARC. U\$
1	MATERIA PRIMA		641.80			1365.94
1.1	EJE Ø3.5" SAE1045	Kg	57.00	2.50	5%	149.63
1.2	EJE Ø3" SAE1045	Kg	27.55	2.50	5%	72.32
1.3	EJE Ø4.5" SAE1045	Kg	61.75	2.50	5%	162.09
1.4	EJE Ø4" ASTM A36	Kg	53.20	1.00	5%	55.86
1.5	EJE Ø6" SAE1045	Kg	12.50	2.50	12%	35.00
1.6	EJE Ø2 1/2" SAE1045	Kg	14.80	2.50	12%	41.44
1.7	PL 3" ASTM A36	Kg	65.00	1.20	35%	105.30
1.8	BRONZE B-10ZN	Kg	32.00	6.00	8%	207.36
1.9	BRONZE GRAFITADO	Kg	21.00	6.00	15%	144.90
1.10	PLANCHA 2" ASTM A36	Kg	297.0	1.20	10%	392.04

Nota. Ver Anexos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 Costo de Materiales para Piezas Mecanizadas

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METR.	UNIT. U\$	PARC. U\$
2	OTROS MATERIALES				805.61
2.1	PINTURA				54.75
2.1.1	EPOMAX HS 720	m2	15.00	3.50	52.50
2.1.2	DILUYENTE EPOXICO RENNER	m2	15.00	0.15	2.25
2.2	PERNERIA				140.00
2.2.1	PERNOS	Und	40	3.50	140.00
2.3	RODAMIENTOS				610.86
2.3.1	RODAMIENTO 6304 2RS1	Und	24	8.00	192.00
2.3.2	RODAMIENTO DE RODILLOS CÓNICOS 30213	Und	1	114.86	114.86
2.3.3	RODAMIENTO DE RODILLOS CÓNICOS 32214	Und	1	250.00	250.00
2.3.4	RODAMIENTO 6211	Und	2	15.00	30.00
2.3.5	RODAMIENTO 6007	Und	2	8.00	16.00
2.3.6	RETEN 35X50X8	Und	1	4.00	4.00
2.3.7	RETEN 55X72X8	Und	1	4.00	4.00

Fuente: Elaboración propia

b) Costo de Insumos y Consumibles

Tabla 28 Costos de Insumos y Consumibles para Mecanizado

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	UTILIZ.	UNIT U\$	PARC. U\$
3	INSUMOS				314.29
3.1	JUEGO DE BROCAS	3	100%	17.14	51.43
3.2	JUEGO DE INSERTOS	3	100%	28.57	85.71
3.3	JUEGO DE CUCHILLAS	2	100%	45.71	91.43
3.4	JUEGO DE FRESAS	5	100%	17.14	85.71

Fuente. Elaboración Propia

c) Costo de Equipos y Herramientas

Tabla 29 Costo de Equipos y Herramientas para Mecanizado

ITEM	DESCRIPCIÓN	HM	CANT.	DIAS	U\$/HM	PARC. U\$
4	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					1018.80
4.1	EQUIPO DE OXICORTE	10.0	1.000	4.00	1.50	15.00
4.2	TALADRO	30.0	1.000	5.00	1.50	45.00
4.3	TORNO CNC	36.0	1.000	6.00	7.00	252.00
4.4	FRESA CNC	42.0	1.000	7.00	7.50	315.00
4.5	ESMERIL DE CORTE	36.0	1.000	6.00	0.30	10.80
4.6	TORNO CONVENCIONAL	18.0	1.000	3.00	4.50	81.00
4.7	FRESA CONVENCIONAL	30.0	1.000	5.00	5.00	150.00
4.8	CORTE POR HILO	30.0	1.000	5.00	5.00	150.00

Fuente. Elaboración Propia

Nota. Se considera una base de 6Hrs/día.

d) Mano de Obra Directa

Tabla 30 Costo de Mano de Obra Directa para Mecanizado

ITEM	DESCRIPCIÓN	HH	DIAS	HOMB.	U\$/HH	U\$/DIA	PARC.U\$
5	MANO DE OBRA DIRECTA						916.94
5.1	OPERADOR TORNO CNC	40.0	5.00	1	4.98	39.87	199.34
5.2	OPERADOR FRESA CNC	48.0	6.00	1	4.98	39.87	239.20
5.3	OPERADOR TORNO CONVENCIONAL	16.0	2.00	1	5.44	43.49	86.98
5.4	OPERADOR FRESA CONVENCIONAL	32.0	4.00	1	5.44	43.49	173.97
5.5	AYUDANTE	80.0	10.00	1	2.72	21.75	217.46

Fuente. Elaboración Propia

Nota. Se considera Beneficios Sociales de acuerdo a la Ley, ver Anexo

e) Equipos de protección Personal

Tabla 31 Costos de Equipos de Protección Personal

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	UTILIZ.	UNIT U\$	PARC. U\$
6	EPPS				38.57
6.1	LENTES CLAROS	5.00	100%	1.71	8.57
6.2	TAPONES DE OIDO	5.00	100%	0.86	4.29
6.4	GUANTES (PAR)	5.00	100%	5.14	25.71

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 32 Resumen de Costos de Mecanizado

ITEM	RESUMÉN	TOTAL U\$	US/Kg
1	MATERIA PRIMA	1458.03	2.27
2	OTROS MATERIALES	805.61	1.26
3	INSUMOS	314.29	0.49
4	EQUIPOS	1018.80	1.59
5	MANO DE OBRA	916.94	1.43
6	EPPS	38.57	0.06
		4552.24	7.10

Fuente. Elaboración Propia

5.2.3. COSTOS DIRECTOS SISTEMA DE VAPOR

Se analizarán los costos directos para la instalación de sistema de vapor, tanto para fabricación de las líneas de vapor y GLP e instalación de los accesorios. La instalación y puesta en marcha de la caldera es por parte del fabricante.

Tabla 33 Costo Tuberías para Sistema Vapor

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METR.	UNIT U\$	% DESP.	PARC. U\$
1	MATERIA PRIMA		180.00	1.00	10%	198.00
1.1	TUB 1" SCH 80 ASTM A53	Kg	30.00	1.00	10%	33.00
1.2	TUB 1" SCH 40 ASTM A53	Kg	81.00	1.00	10%	89.10
1.3	TUB 1 1/4" SCH 40 ASTM A53	Kg	65.30	1.00	10%	71.83
1.4	TUB 2" SCH 40 ASTM A106	Kg	65.30	1.00	10%	71.83

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 34 Costo de Accesorios y Equipos de Sistema de Vapor

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METR.	UNIT. U\$	PARC. U\$
2	OTROS MATERIALES				55235.32
2.1	ACCESORIOS				5698.50
2.1.1	CODO 1" CL150 NPT ASTM A197	Und	8.00	3.00	24.00
2.1.2	CODO 1" CL300 NPT ASTM A197	Und	6.00	4.00	24.00
2.1.3	CODO 1 1/4" CL150 NPT ASTM A197	Und	6.00	3.50	21.00
2.1.4	CODO 2" CL300 NPT ASTM A197	Und	5.00	4.50	22.50
2.1.5	TEE 1 1/4" CL150 NPT ASTM A197	Und	5.00	5.00	25.00
2.1.6	UNION UNIVERSAL 1" CL300 NPT ASTM A197	Und	4.00	3.00	12.00
2.1.7	UNION UNIVERSAL 1 1/4 CL150 NPT ASTM A197	Und	4.00	3.00	12.00
2.1.8	BRIDA SLIP ON 1" CL150	Und	4.00	15.00	60.00
2.1.9	BRIDA SLIP ON 2" CL150	Und	5.00	25.00	125.00
2.1.10	REDUCCIÓN 2"X1" CL300 NPT ASTM A197	Und	1.00	5.00	5.00
2.1.11	REDUCCIÓN 1 1/4"X1" SCH40	Und	2.00	4.00	8.00
2.1.12	VÁLVULA DE BOLA 1 1/4" NPT 150PSI BRONCE	Und	3.00	40.00	120.00
2.1.13	VÁLVULA DE BOLA 1" NPT 150PSI BRONCE	Und	2.00	30.00	60.00
2.1.14	VÁLVULA DE GLOBO 2" ANGULAR 300PSI	Und	1.00	300.00	300.00
2.1.15	VÁLVULA DE GLOBO 2" BRIDADA 300PSI	Und	1.00	350.00	350.00
2.1.16	TRAMPA SPENCE NFT252 1"	Und	2.00	650.00	1300.00
2.1.17	VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN	Und	2.00	220.00	440.00
2.1.18	VENTEO NICHOLSON 1" TAV NPT	Und	2.00	120.00	240.00
2.1.19	REDUCTORA DE PRESIÓN SPENCE ED 2"	Und	1.00	2400.00	2400.00
2.1.20	REDUCTORA DE PRESIÓN GLP	Und	1.00	150.00	150.00
2.2	PINTURA				91.25
2.2.1	EPOMAX HS 720	m2	25.00	3.50	87.50
2.2.2	DILUYENTE EPOXICO RENNER	m2	25.00	0.15	3.75
2.3	PERNERIA				80.00
2.3.1.	PERNOS (Kg)	Und	40.00	2.00	80.00
2.4	EQUIPOS				49278.57
2.4.1	CALDERO PIROTUBULAR 80BHP C/QUEM. GLP	Und	1.00	37760.00	37760.00
2.4.2	DUCTO CHIMENEA 15"	Und	1.00	756.00	756.00
2.4.3	ABLANDADOR DE AGUA AUTOMÁTICO 4PIES3	Und	1.00	2400.00	2400.00
2.4.4	TANQUE DE CONDENSADO 85GLN	Und	1.00	1400.00	1400.00
2.4.5	TANQUE DE PURGA BS	Und	1.00	1670.00	1670.00
2.4.6	SISTEMA DOS. DE PRODUCTOS QUÍMICOS	Und	1.00	1164.00	1164.00
2.4.7	TANQUE DE AGUA	Und	1.00	1428.57	1428.57
2.4.8	TANQUE DE GLP	Kg	3.60	750.00	2700.00
2.5	SOLDADURA				87.00
2.5.1	SOLDADURA EXATUB	Kg	30.00	2.90	87.00

Nota. Ver Anexos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35 Costo de Insumos para Sistema de Vapor

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	METR.	UNIT U\$	PARC. U\$
3	INSUMOS				160.00
3.1	DISCOS DE DESBASTE	Und.	10.00	2.50	25.00
3.2	DISCO DE CORTE	Und.	10.00	2.50	25.00
3.3	OXIGENO	Bln.	1.00	40.00	40.00
3.4	CO2	Bln.	1.00	40.00	40.00
3.5	TRAPO INDUSTRIAL	Kg.	5.00	1.00	5.00
3.6	KIT LÍQUIDOS PENETRANTES	Und.	1.00	25.00	25.00

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 36 Costo de Equipos y Herramientas para Sistema de Vapor

ITEM	DESCRIPCIÓN	HM	CANT.	DIAS	U\$/HM	PARC. U\$
4	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					165.60
4.2	TALADRO	32.0	1.00	4.00	1.50	48.00
4.5	ESMERIL DE CORTE	32.0	1.00	4.00	0.30	9.60
4.6	TORNO CONVENCIONAL	24.0	1.00	3.00	4.50	108.00
4.6	MÁQUINA DE SOLDAR	40.0	1.00	5.00	2.00	80.00

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 37 Mano de Obra para Sistema de Vapor

ITEM	DESCRIPCIÓN	HH	DIAS	HOMB.	U\$/HH	PARC. U\$
5	MANO DE OBRA					1347.62
5.2	SOLDADOR 5G	40.00	5.00	1	4.29	171.43
5.3	OPERADOR TORNO CONVENCIONAL	24.00	3.00	1	5.44	130.47
5.5	AYUDANTE	40.00	5.00	1	2.14	85.71
5.6	TÉCNICO SISTEMA DE VAPOR	224.00	7.00	4	4.29	960.00

Fuente. Elaboración Propia

Nota. Se considera Beneficios Sociales de acuerdo a la Ley, ver Anexo

Tabla 38 Costo de Equipos de Protección Personal

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METR.	UNIT U\$	PARC. U\$
6	EPPS				27.43
6.1	LENTES CLAROS	4.00	100%	0.86	3.43
6.2	TAPONES DE OIDO	4.00	100%	0.86	3.43
6.4	GUANTES (PAR)	4.00	100%	5.14	20.57

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 39 Resumen Costos Sistema de Vapor

ITEM	RESUMÉN	TOTAL U\$
1	MATERIA PRIMA	391.93
2	OTROS MATERIALES	55235.32
3	INSUMOS	160.00
4	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	165.60
5	MANO DE OBRA	1347.62
6	EPPS	20.57
		57321.04

Fuente. Elaboración Propia

5.2.4. RESUMEN DE COSTOS DE PROYECTO

A continuación, se muestra los costos Generales del Proyecto.

Tabla 40 Resumen de Gastos Generales

ITEM	GASTOS	CANT.	UND.	DUR.	COSTO U\$	TOTAL U\$
	GASTOS GENERALES					4349.20
1	SUPERVISOR DE SEGURIDAD	1	Mes	1	1087.30	1087.30
2	CONTROL DE CALIDAD	1	Mes	1	1087.30	1087.30
3	DIBUJANTE TÉCNICO-MÉCANICO	1	Mes	1	724.90	724.90
4	SUPERVISOR MECÁNICO	1	Mes	1	1449.70	1449.70

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 41 Resumen General de Costos de Proyecto

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P.UNIT. U\$	TOTAL U\$
1	COSTO DIRECTO				101735.96
1.1	FABRICACIÓN ESTRUCTURAL DE AUTOCLAVE	Kg	10817.00	3.69	39862.76
1.2	FABRICACIÓN DE PIEZAS MECÁNICAS	Kg	641.80	7.10	4552.20
1.3	SISTEMA DE VAPOR	Glb	1.00	57321.00	57321.00
2	GASTOS GENERALES				4349.20
3	UTILIDAD				0.00
4	SUBTOTAL GENERAL				106085.16
5	IGV				19095.33
	TOTAL U\$				125180.49

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 42 Rendimientos Generales de Proyecto

CANTIDAD	VALOR	UNIDAD
PESO TOTAL FABRICACION ESTRUCTURAL (KG)	10817.00	Kg
PESO TOTAL FABRICACION MECANIZADO (KG)	642.00	Kg
RENDIMIENTO - FABRICACION ESTRUCTURAL	5.34	Kg/HH
RENDIMIENTO - FABRICACION MECANIZADO	2.97	Kg/HH
PERSONAL INVOLUCRADO FABRICACION ESTRUCTURAL	13.00	Personas
PERSONAL INVOLUCRADO FABRICACION MECANIZADO	5.00	Personas
HORAS TRABAJADAS FABRICACION x DIA	8.00	Horas
HORAS TRABAJADAS MECANIZADO x DIA	8.00	Horas
TOTAL HORAS HOMBRE FABRICACION ESTRUCTURAL	2024.00	HH - F
TOTAL HORAS HOMBRE FABRICACION MECANIZADO	216.00	HH - M

Fuente. Elaboración Propia

CONCLUSIONES:

1. Se desarrolló la presentación de las alternativas de autoclaves ejecutables de diseño, y se seleccionó la alternativa óptima de acuerdo a los factores relevantes como son: costo total, costo de operación, ergonomía, mantenimiento, confiabilidad resultando la alternativa de una Autoclave a Vapor con Compuerta de Muelas.
2. La conducción para el adecuado procedimiento del diseño, selección y construcción del proyecto del activo físico; es la fase taxonómica y con esto poder llevar un proceso adecuado de los sistemas y componentes para así entender la importancia del equipo en la producción de servicios finales que realizará en la empresa.
3. La realización del diseño, selección y construcción de la autoclave propuesta, es según parámetros de producción establecidos por las condiciones de producción de la Autoclave a vapor es con la Norma ASME “Boiler and Pressure Vessel Code” y AWS D1.1.; es de 2.85 m de diámetro, 7.00 m de largo, con volumen interior de 42 m³, con presión de diseño de 100 Psig, temperatura de operación 170°C.
4. El diseño y selección del sistema de abastecimiento de vapor de la autoclave de acuerdo sus parámetros de operación, el sistema principal es una caldera de vapor pirotubular de 80 BHP con un flujo de vapor nominal de 2760 Lb/hr a 150 psi.
5. De acuerdo al tratamiento obrado en ingeniería mecánica de diseño, selección, construcción y operación del presente tema el costo total de la autoclave de vulcanización asciende con la puesta en operación de \$ 125 180.49.

RECOMENDACIONES:

1. En el diseño de detalle se recomienda:
 - Simplificar y reducir en número de fabricaciones distintas considerando las limitaciones de la empresa.
 - Eliminar variantes en componentes análogos, unificar soluciones.
2. Se recomienda seleccionar adecuadamente el proceso de soldadura, así como el tipo de uniones, posición de ejecución de soldadura porque esto permitirá una correcta ejecución del cordón de unión.
3. El equipo diseñado y fabricado, antes de puesta en marcha se debe realizar a cabo las pruebas de verificación que deben comprender lo siguiente:
 - a. Prueba para asegurar que cada componente de un sistema esté operando como debe y que el sistema esté funcionando de acuerdo a la norma.
 - b. Prueba que el equipo bajo condiciones que simulen las esperadas en la vida real de operación.
 - c. Conducir pruebas durante un periodo prolongado, para cerciorarse que los sistemas pueden funcionar de manera consistente.
4. Para la puesta en la operación del equipo se debe tener debe considerar convenientemente para su utilización segura por personal informado, instruido y capacitado con sus protocolos de puesta en marcha, manual de instrucciones de operación y mantenimiento y teniendo en cuenta tanto el uso previsto como el mal uso razonablemente previsible.

REFERENCIA

Adam, Behnke, & Kaliske. (2019). A thermo-mechanical finite element material model for the rubber forming and vulcanization process. *ELSEVIER*.

Armstrong. (2020). Retrieved 04 18, 2020, from <https://www.armstronginternational.com/es/products-systems/steam-condensate/controles-de-presi%C3%B3n-y-temperatura/v%C3%A1lvulas-reductoras-de-presi%C3%B3n/acci%C3%B3n-directa/v%C3%A1lvulas-reductoras-de-presi%C3%B3n-de-acci%C3%B3n-directa-gd-3030s>

Armstrong. (2020). Retrieved 04 18, 2020, from <https://www.armstronginternational.com/es/products-systems/steam-condensate/controles-de-presi%C3%B3n-y-temperatura/v%C3%A1lvulas-reductoras-de-presi%C3%B3n/pist%C3%B3n-de-piloto-interno/v%C3%A1lvulas-reductoras-de-presi%C3%B3n-que-funcionan-con-piloto-in>

ASME. (2013). *Boiler and Pressure Vessel Code*.

ASME. (2020). Retrieved 03 2020, 30, from <https://www.asme.org/getmedia/c041390f-6d23-4bf9-a953-646127cfbd51/asme-bpvc-brochure-webview.pdf>

Autoclave del vapor. (2020). Retrieved from <https://autoclavedevapor.com/autoclave-industrial/>

AWS. (2016). Código de Soldadura Estructural de Acero AWS D1.1.

Blanco. (2018). Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contextos de comunidades en desarrollo.

BOSCH. (n.d.). *Comparativa de caldera pirotubular y caldera acuotubular*.

Cengel. (2004). *Transferencia de Calor y Masa*. Mc Graw Hill.

Clickmica. (2018). Retrieved from <https://clickmica.fundaciondescubre.es/conoce/descubrimientos/la-vulcanizacion-del-caucho/>

DFMA. (2015). DISEÑO PARA FABRICACIÓN Y ENSAMBLAJE.

FENERCOM. (2020). *Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes*. Madrid.

GeneraVapor. (2020). Retrieved 04 18, 2020, from <https://www.generavapor.com.pe/catalogo/valvulas-reductoras-de-presion-para-vapor-/684-valvula-reductora-de-presion-con-piloto-mod-ed-12-12-spence.html>

Georgia Institute. (2020). Thin-Walled Pressure Vessels and Torsion.

- Global Rubber.* (2020). Retrieved from <https://globalrubbercorporation.com/blog/119-historia-del-caucho>
- Goodyear, C. (1853). *Vulcanized Gum Elastic.*
- Grupo PHN.* (2020). Retrieved from <https://www.phnchile.com/poleas-para-correas-transportadoras/>
- Huertas, J. (2020). *Estudio de riesgos de suministro de GNV y fabricación y mantenimiento de cilindros de GLP y tanques.*
- Kohan. (2005). *Manual de Calderas.* Mc Graw Hill.
- Lopez, J. (2001). *Manual de Instalaciones GLP.*
- McCormac. (2013). *Diseño de Estructuras de Acero.* Alfaomega.
- McDaniel, W. (2010). *Engineering Data.*
- Miyawaki.* (2014, 04 18). Retrieved from <https://www.miyawaki.net/es/productos/trampas-de-vapor/trampas-de-vapor-tipo-flotador-con-venteo-termostatico>
- Monografias.* (2020). Retrieved 03 30, 2020, from <https://www.monografias.com/trabajos106/curso-vapor-purga-y-eliminacion-aire-instalaciones-industriales/curso-vapor-purga-y-eliminacion-aire-instalaciones-industriales2.shtml>
- REPSOL. (2006). FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD GLP.
- RubberMachine.* (2020). Retrieved 03 30, 2020, from <https://rubbermachine.en.made-in-china.com/productimage/XKanmBjhXuYv-2f1j00uFkEnjQqhpzb/China-Spirax-Sarco-Valves-Rubber-Vulcanizing-Curing-Industrial-Steam-Autoclave-with-ASME-Standard.html>
- SOGECAL. (2020). Retrieved from <https://sogecal.com/servicios/caldera-pirotubular-fabricantes-instaladores-calderas-industriales-vapor/>
- Spence. (2020). *GeneraVapor.* Retrieved from <https://www.generavapor.com.pe/catalogo/valvulas-de-alivio/512-valvula-de-seguridad-y-alivio-en-bronce-spence.html>
- Spirax Sarco. (2020). Retrieved from <https://www.spiraxsarco.com/learn-about-steam/control-applications/pressure-control-applications#article-top>
- Spirax Sarco.* (2020). Retrieved from <https://www.spiraxsarco.com/resources-and-design-tools>

Surdry. (2019). Retrieved from <https://surdry.com/es/que-es-un-autoclave-para-que-y-en-que-industrias-se-utiliza/>

Tapas Metalicas. (2020). Retrieved from <http://www.tapasmetalicas.com/toriesfericas.html>

Tecnologia de los plasticos. (2012, Enero 9). Retrieved from <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/01/vulcanizacion.html>

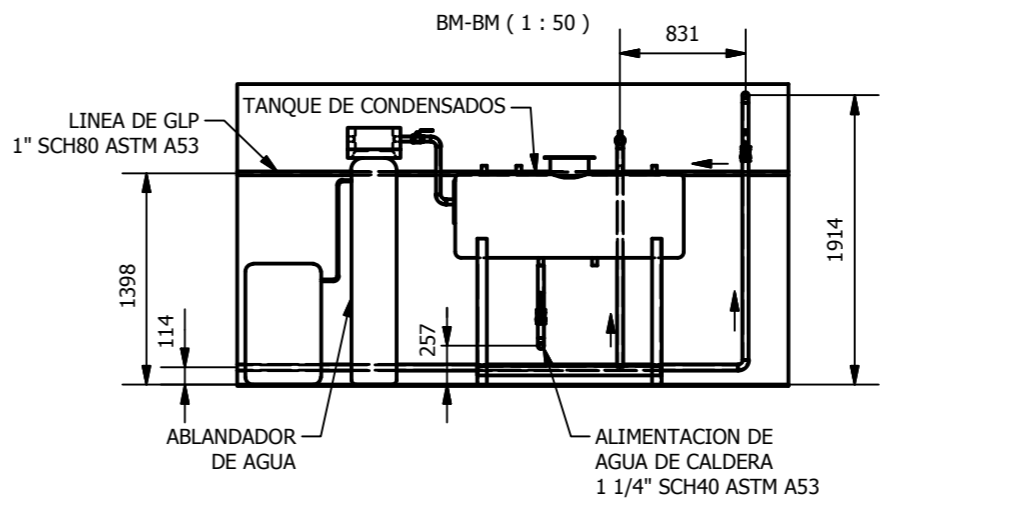
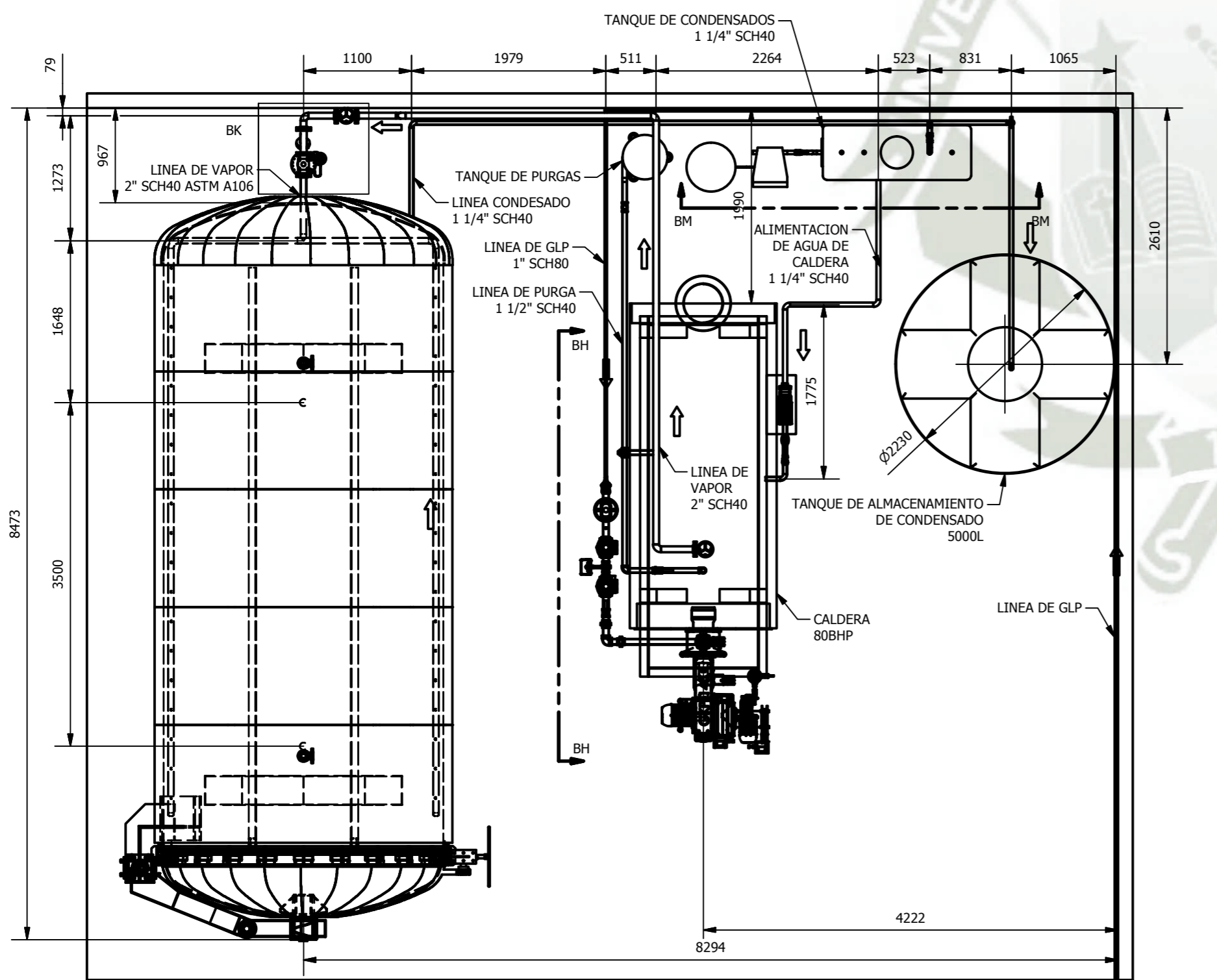
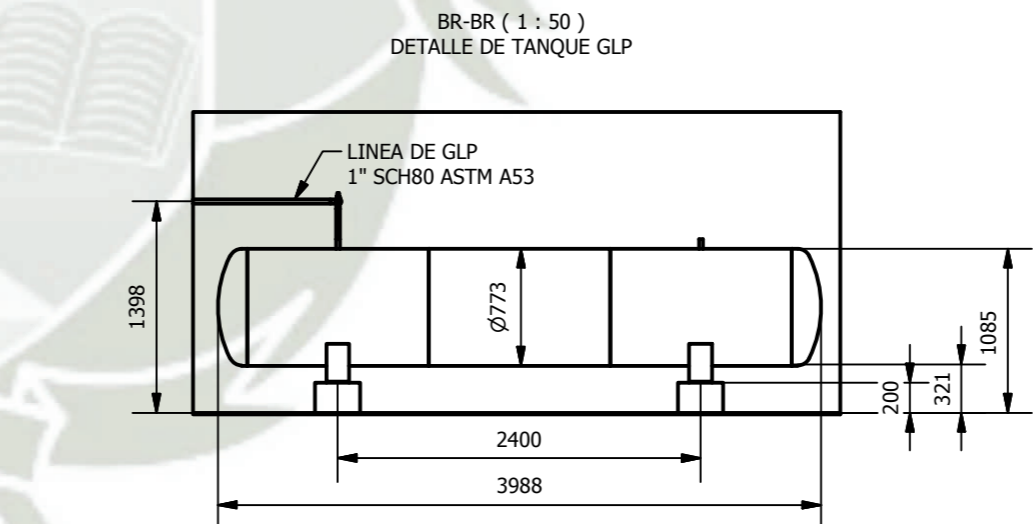
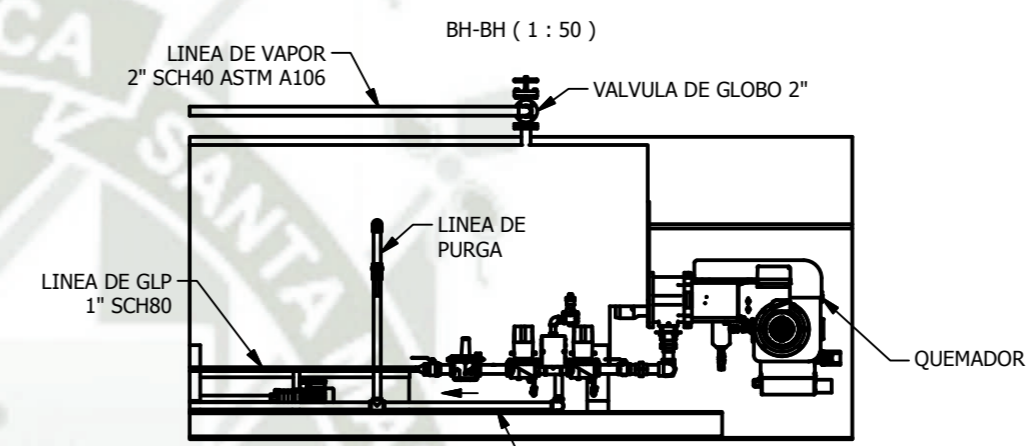
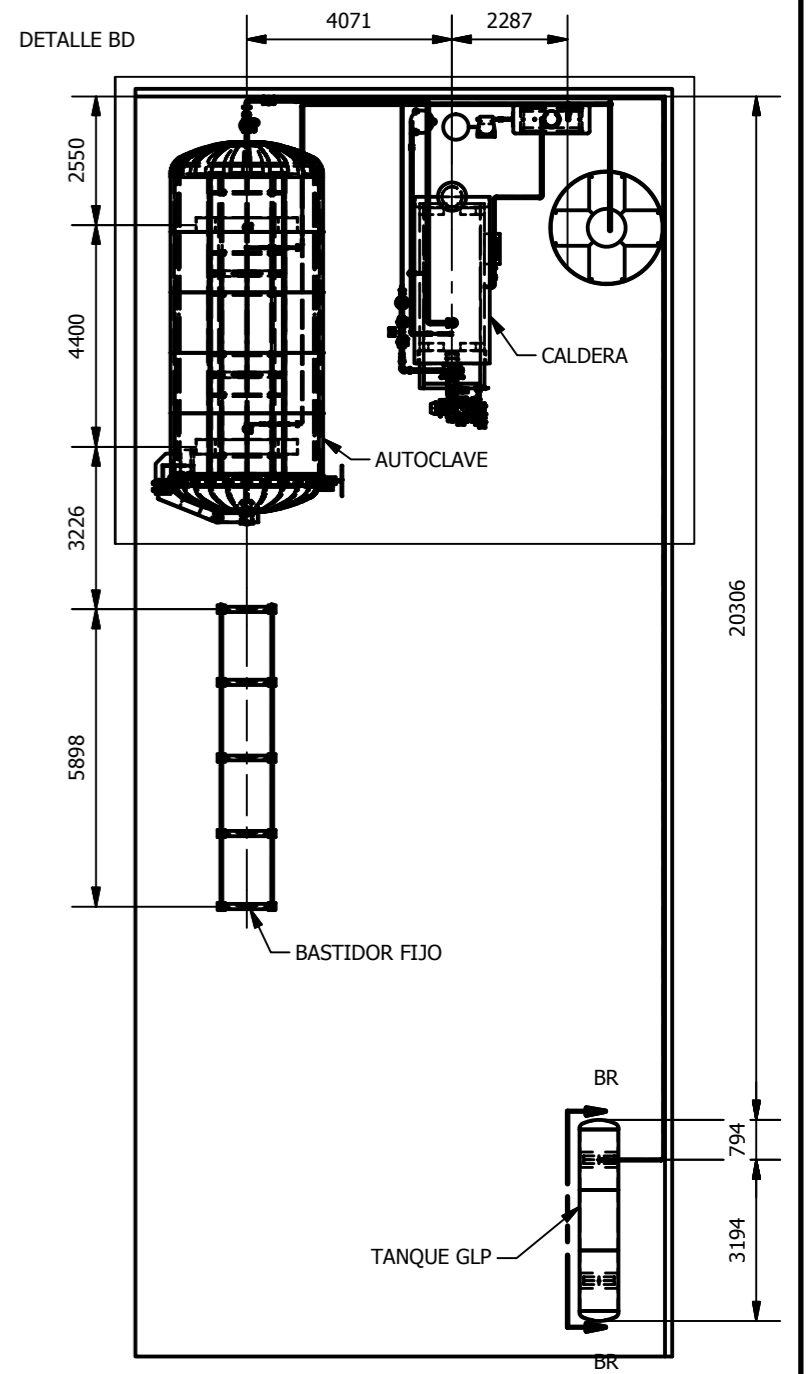
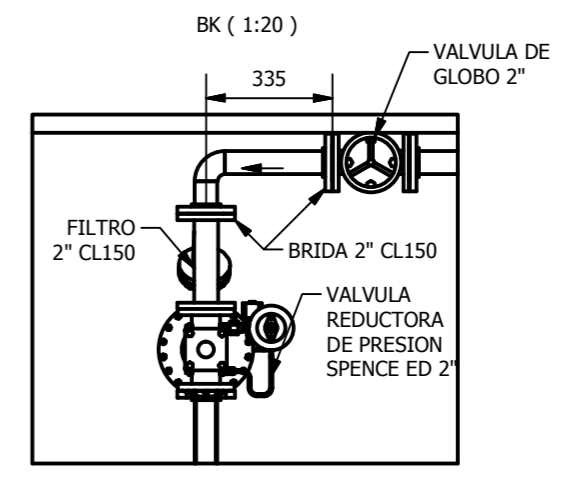
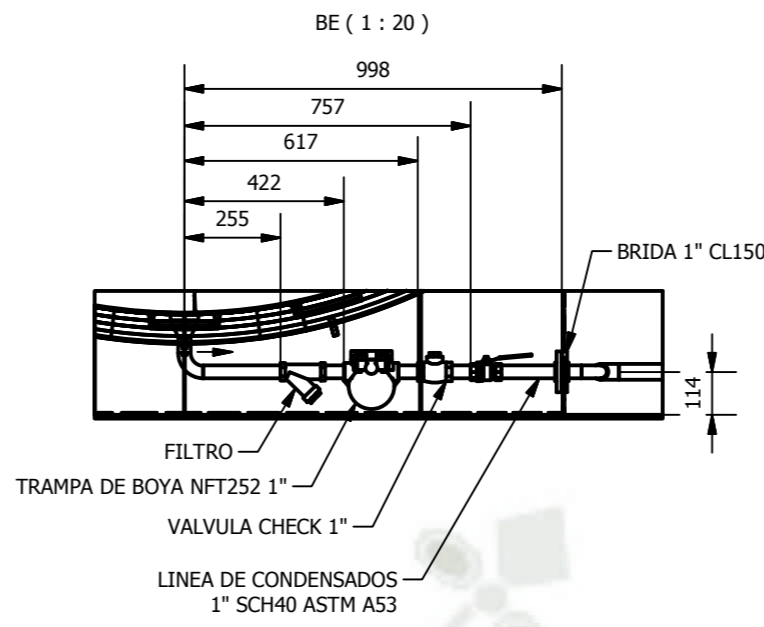
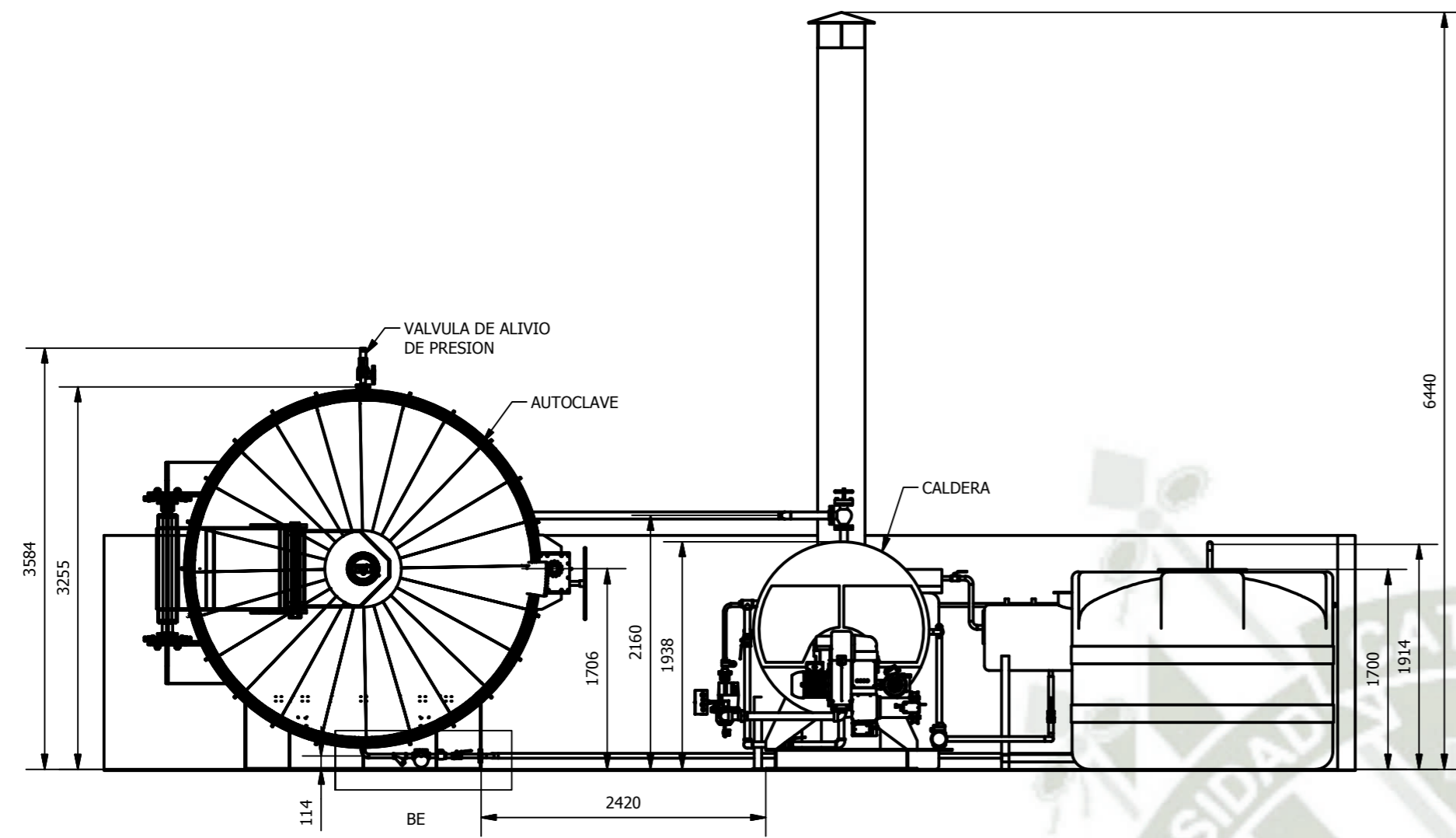
TextosCientificos. (2020, 12). Retrieved from <https://www.textoscientificos.com/petroleo/gas-licuado-petroleo/almacenamiento-transporte>

VYC INDUSTRIAL. (2020). Retrieved from <https://vycindustrial.com/calderas-de-vapor-pirotubulares-y-acuotubulares/>





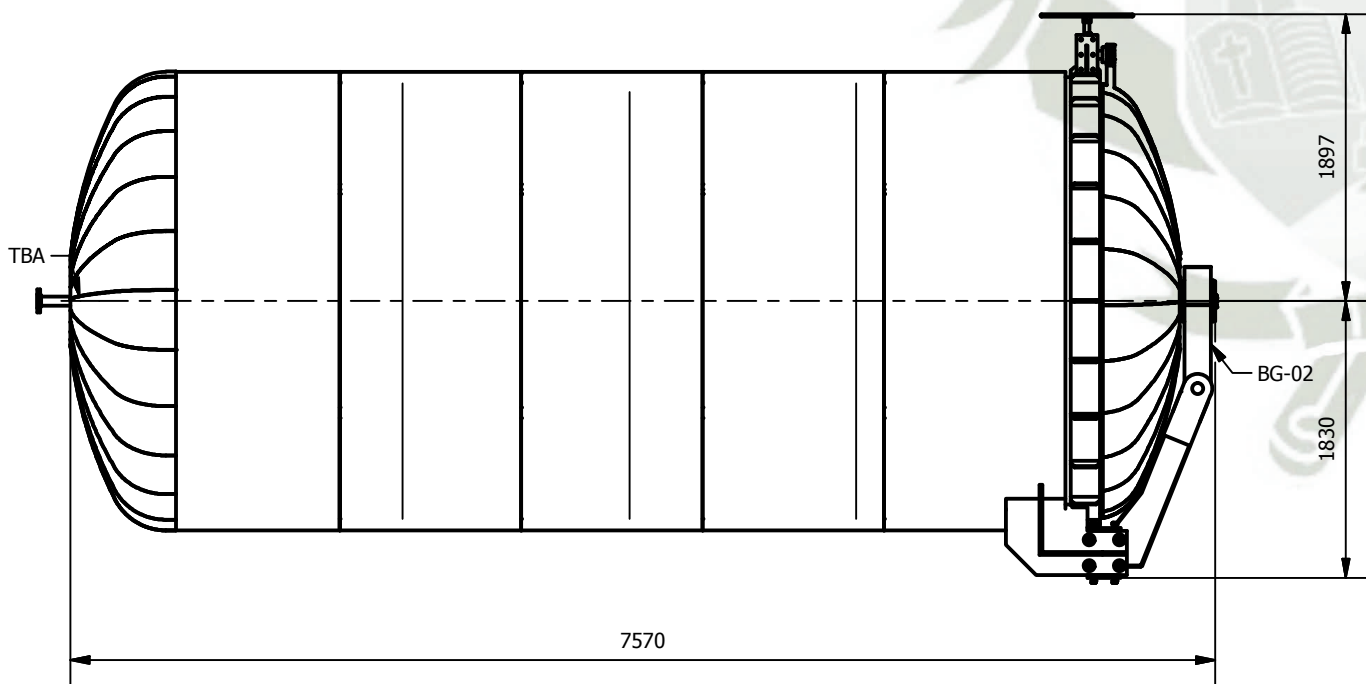
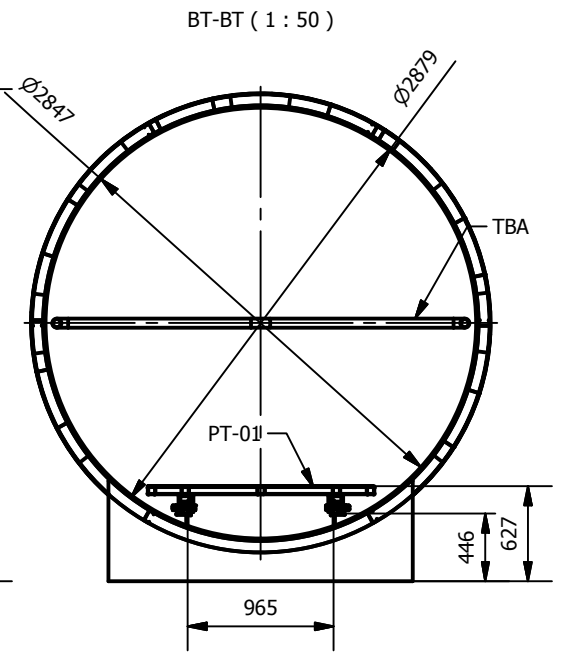
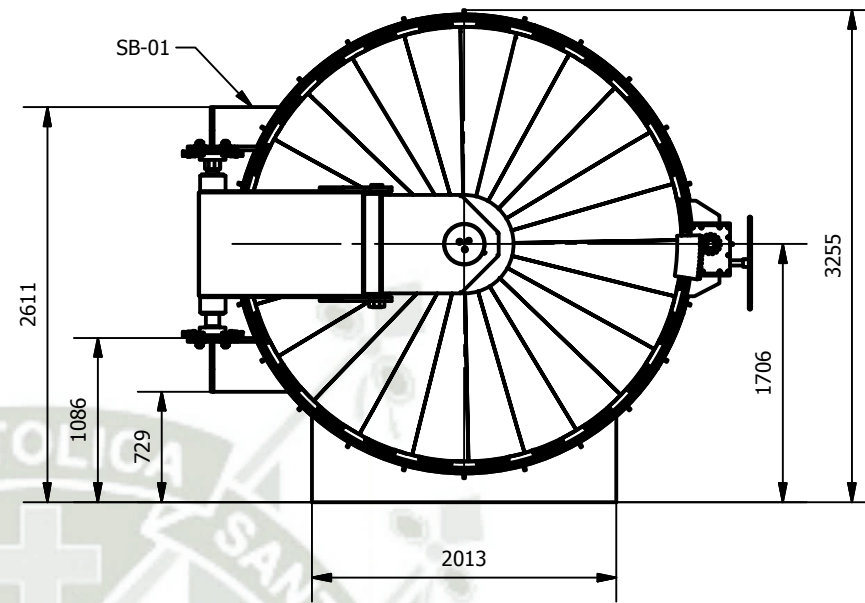
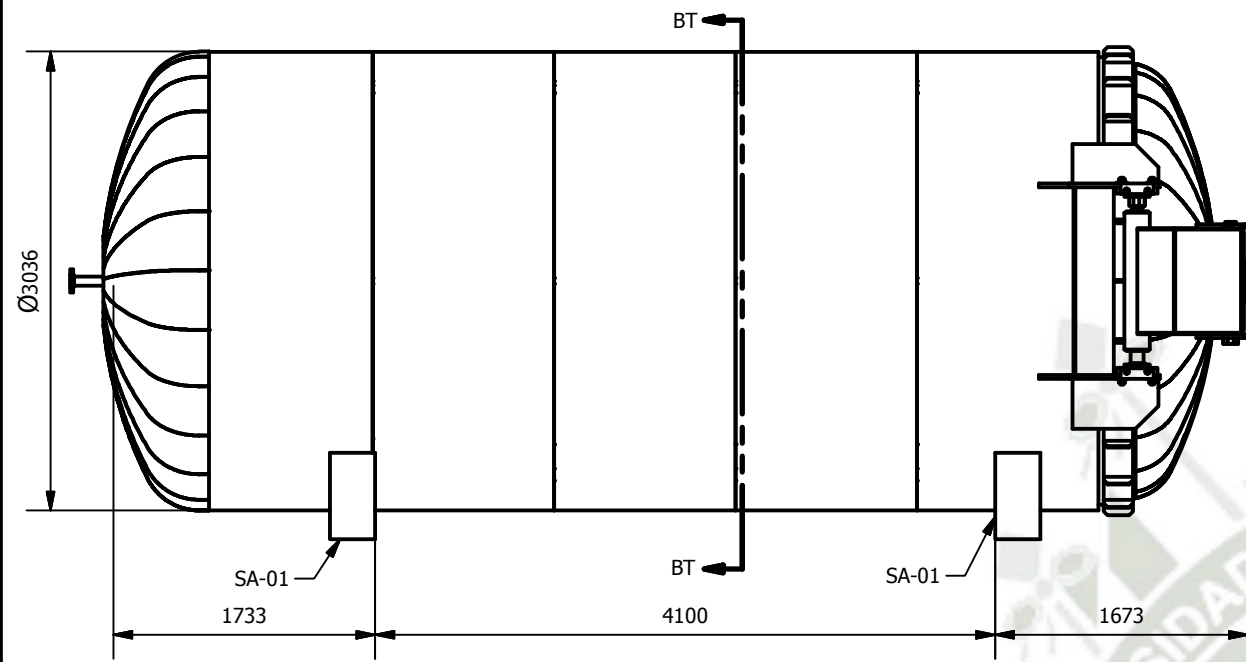
PLANOS



Lineas	
Linea de Vapor:	2" SCH 40 ASTM A106 GrB
Linea de Condensado:	Ramal: 1" SCH40 ASTM A53 GrB Troncal: 1 1/4" SCH 40 ASTM A53 GrB
Linea de GLP:	1" SCH 80 ASTM A53 GrB
Caldera:	
Potencia:	80BHP
Tipo:	Piro tubular
Capacidad de Vapor :	2760lbs/hr @ 212°F
Consumo maximo:	34.4Gln de GLP
Presion de Diseño:	150PSI segun con ASME BPVC Sec I
Autoclave	
Presion de Diseño:	150PSI segun ASME BPVC Sec VIII
Material:	ASTM A36
Espesor de Cilindro:	5/8"
Espesor de Tapas:	5/8"
Trampas:	Spence NPT252 1" x 2
Venteados de Aire:	Nicholson 1" TAV NPT x 2
Reductora de Presion:	Spence ED 2" x 1
Tanque GLP	
Presion de Diseño:	250PSI segun ASME BPVC Sec VIII
Capacidad Real:	380gln
Material:	ASTM A36
Espesor de Cilindro:	3/8"
Espesor de Tapas:	3/8"
Tanque de Condensados	
Presion de Diseño:	150PSI segun ASME BPVC Sec VIII
Capacidad Real:	85gln
Tanque de Purga	
Presion de Diseño:	150PSI segun ASME BPVC Sec VIII
Capacidad Real:	40gln

BD (1 : 50)

DESCRIPCION			FREDDY VALENCIA 25.12.2020	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 42m3 Y PRESION DE 100PSIg GENERAL DE INSTALACION
MATERIAL :	ASTM A36 ASTM A53 ASTM A106		DISEÑADO POR: FREDDY VALENCIA 25.12.2020		PLANO
PROCESO :		NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILIMETROS, SALVO INDICACION CONTRARIA. CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	DIBUJADO POR: JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: CARLOS GORDELO 28.02.2021 APROBADO POR:	ESCALA: 150
PESO :			CLIENTE:	ESCALA: 150
			ESCALA: 150	CODIGO DE PLANO: AUT-E-GR-01
			ESCALA: 150	PLANO NRO: 01



DATOS DE DISEÑO

PRESION DE DISEÑO: 100PSIg
 FLUJO DE VAPOR: 2760Lb/hr
 ANCLAJE: AUTOSOPORTADA
 CAPACIDAD MAXIMA : 9000KG
 CODIGO: ASME BPVC SEC.VIII

ESPECIFICACIONES TECNICAS

MATERIALES: -PLANCHAS: ASTM A36
 -PERNOS: A325/GR5/GR8
 -EJES: SAE1045
 -PERFILES: ASTM A36

AISLAMIENTO: -3" LANA DE VIDRIO C/ PL. GALVANIZADA DE 0.6MM

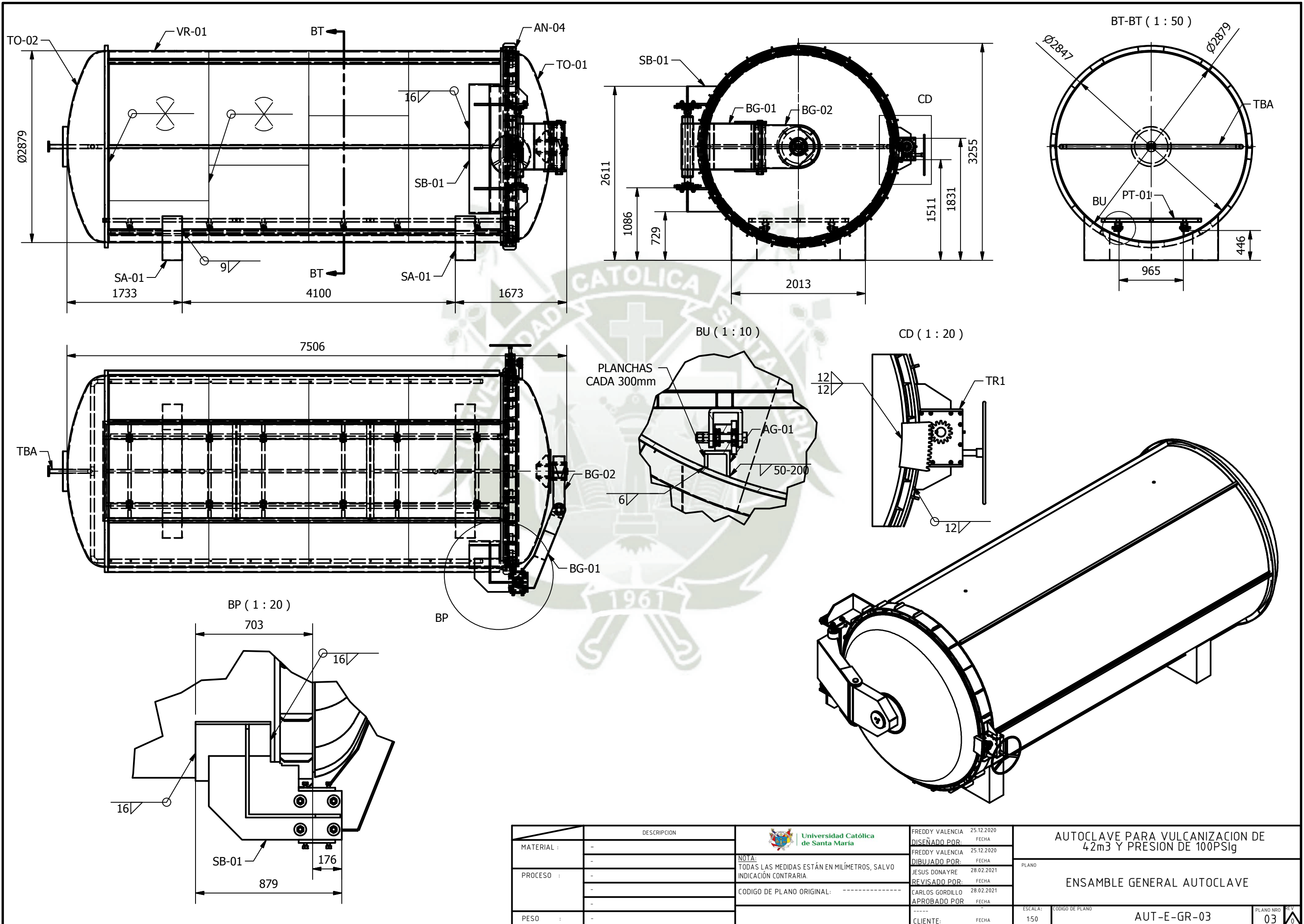
PINTURA: -PREPARACION: SSPC-SP10
 -INTERIOR: 1) EPOXICO FENOLICO NOVOLACA (16MILS)
 -EXTERIOR: 1) EPOXICO POLIAMIDA MODIFICADO (3MILS)
 2) EPOXICA POLIAMIDA MODIFICADO (3MILS)

SOLDADURA: -TANQUE: SEGUN ASME BPVC SEC.VIII
 -ESTRUCTURA EN GENERAL: SEGUN AWS D1.1
 -ELECTRODO E70XX SEGUN AWS 5.1
 -ALAMBRE TUBULAR E-71XX SEGUN AWS 5.20

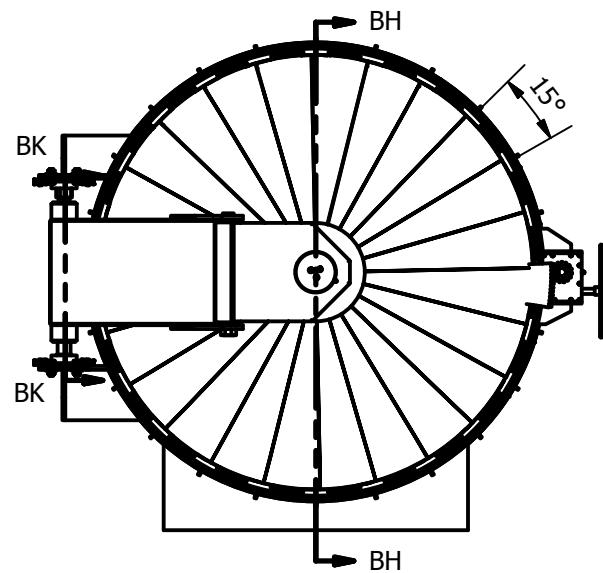
ENSAYOS: -LIQUIDOS PENETRANTES JUNTAS DE PENETRACION
 COMPLETA PRIMER PASE AL 100%
 -LIQUIDOS PENETRANTES FILETE AL 20%

TABLE					
ITEM	TITLE	QTY	NOMBRE	PESO(KG)	PESO TOTAL(KG)
1	VR-01	4	VIROLA	1681	6724
2	SA-01	2	SOPORTE AUTOCLAVE	134	268
3	AN-03	1	ANILLO CILINDRO 1	33	33
4	AN-04	1	ANILLO CILINDRO 2	25	25
5	AN-05	1	ANILLO CILINDRO 3	131	131
6	AN-06	1	ANILLO CILINDRO 4	133	133
7	AN-07	1	ANILLO CILINDRO 5	273	273
8	TO-01	1	T.TORIESFERICA COMPUERTA	1039	1039
9	TO-02	1	T.TORIESFERICA TRASERA	1070	1070
10	AN-01	1	ANILLO COMPUERTA 1	110	110
11	AN-02	1	ANILLO COMPUERTA 2	115	115
12	CN-01	24	CUÑAS DE COMPUERTA	3	72
13	CN-02	24	CUÑAS DE CILINDRO	3	72
14	BC	1	ENSAMBLE BOCINA	80	80
15	EMP-01	1	EMPAQUE	5	5
16	TBA	1	EN. TUBERIAS AUTOCLAVE	150	150
17	SB-01	1	SOPORTE BISAGRA	457	457
18	BG-01	1	BISAGRA PARTE 1	257	257
19	BG-02	1	BISAGRA PARTE 2	117	117
20	EJ-01	1	EJE 01	42	42
21	EJ-02	1	EJE 02	22	22
22	TR-01	1	TUERCA 01	2.5	2.5
23	TR-02	1	TUERCA 02	1.8	1.8
24	SEG	1	ENSAMBLE SEGURO	15	15
25	PT-01	3	PLATAFORMA	161	483
26	PL-01	24	NERVIOS	1	24
27	AG-01	2	ANGULO RIEL	62	124
				TOTAL	11845

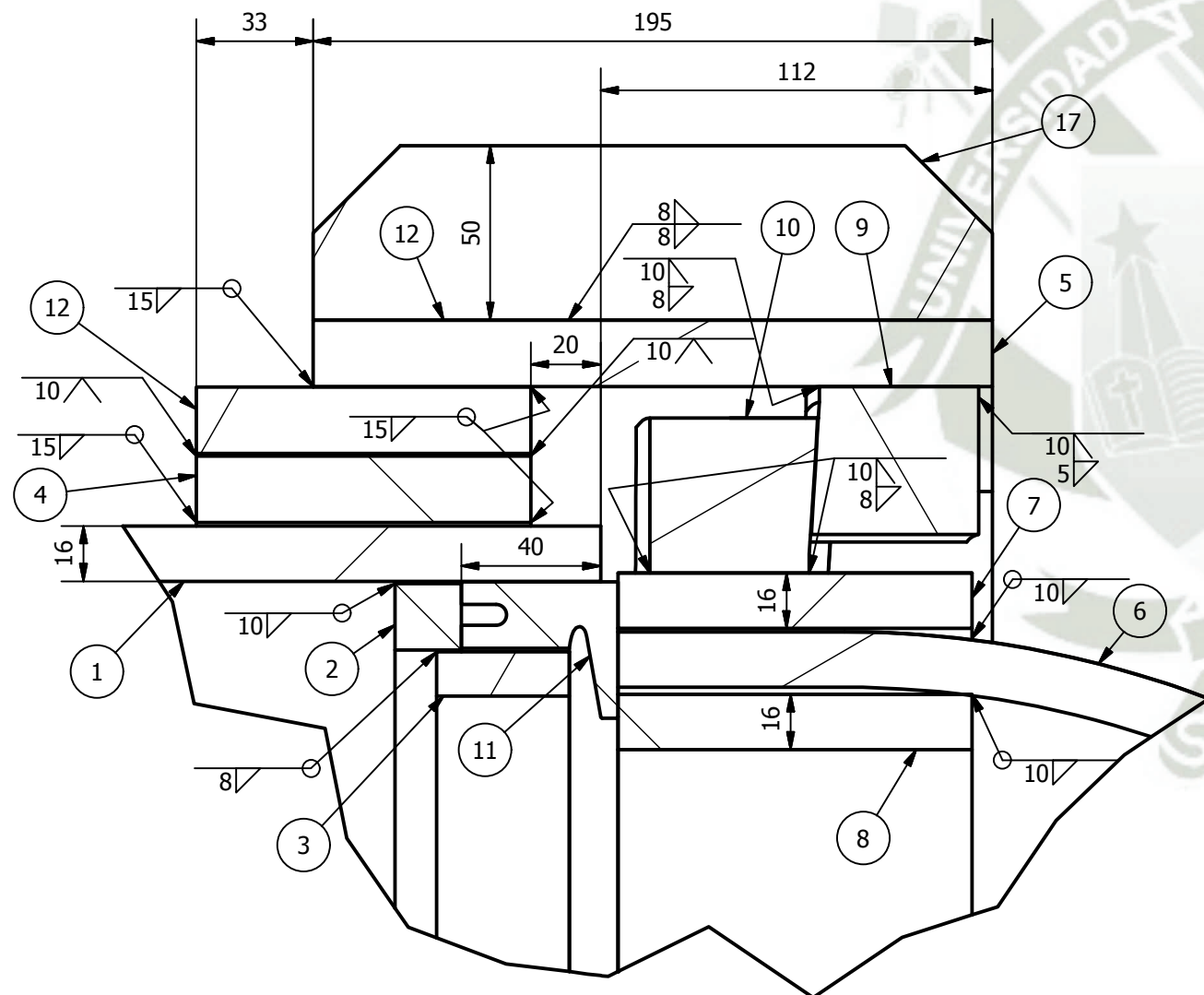
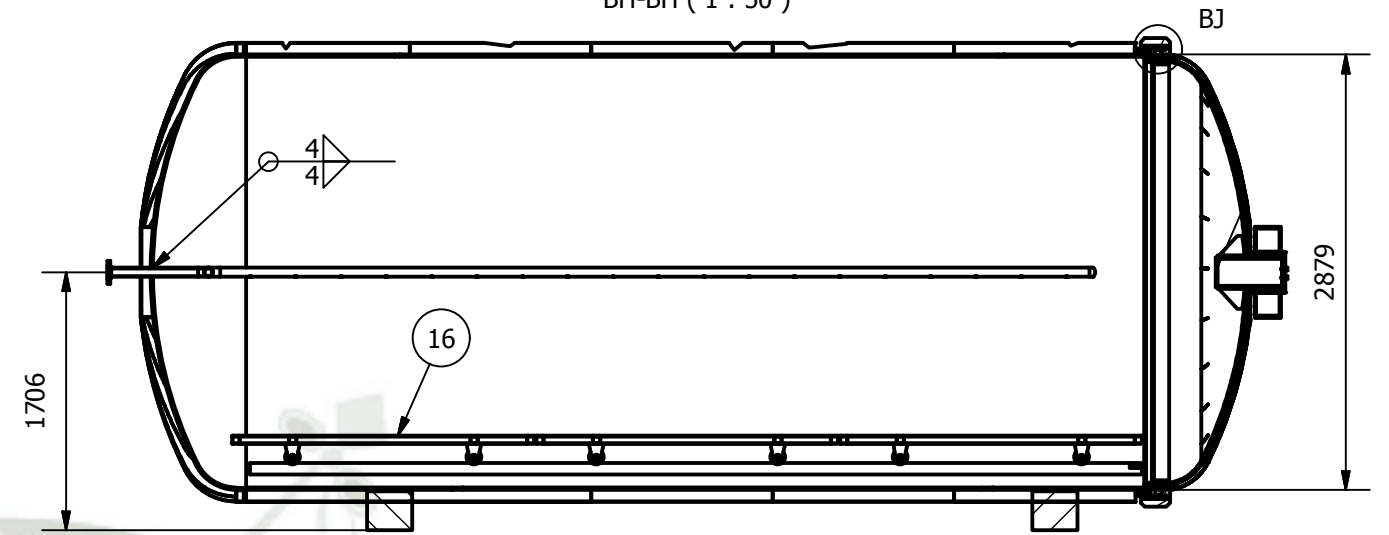
MATERIAL :	-	Universidad Católica de Santa María NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA. CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m3 Y PRESION DE 100PSIg PLANO ENSAMBLE GENERAL AUTOCLAVE ESCALA: 1:50 CODIGO DE PLANO: AUT-E-GR-02 PLANO NRO: 02
PROCESO :	-		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA	
	-		JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA	
PESO :	-		CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA	
			CLIENTE: FECHA	



DESCRIPCION	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA	AUTOClave PARA VULCANIZACION DE 4.2m3 Y PRESION DE 100PSig
MATERIAL :	-	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA	
PROCESO :	-	JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA	PLANO
PESO :	-	CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA	ENSAMBLE GENERAL AUTOCLAVE
		CLIENTE: FECHA	ESCALA: 1:50 CODIGO DE PLANO: AUT-E-GR-03 PLANO NRO: 03



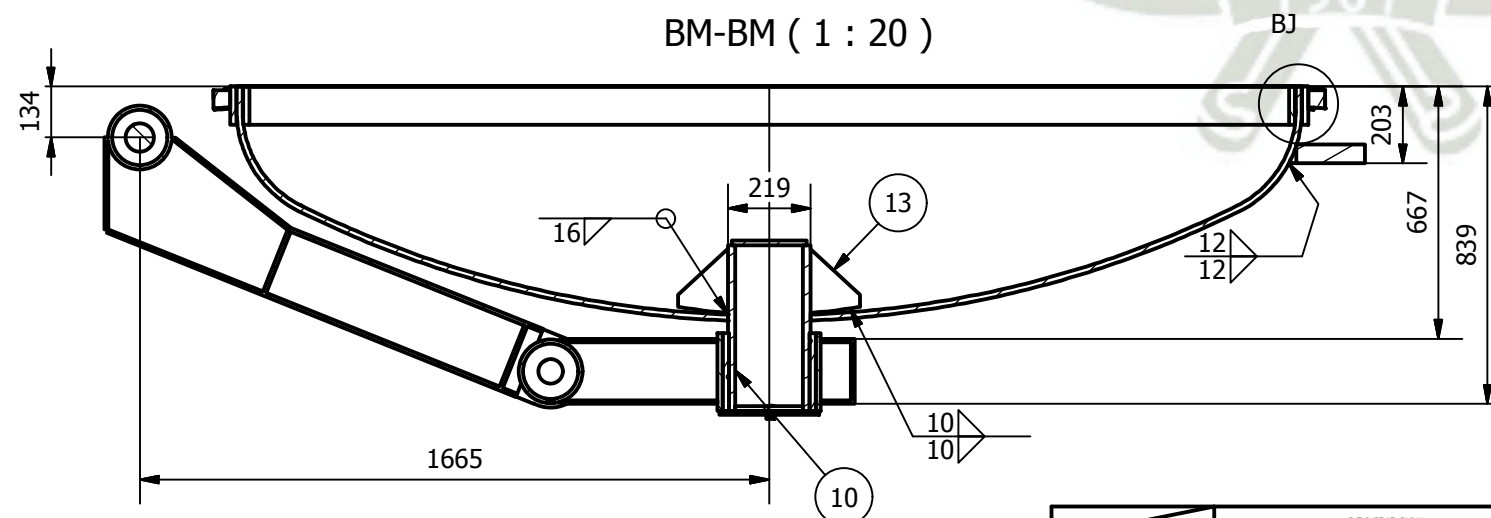
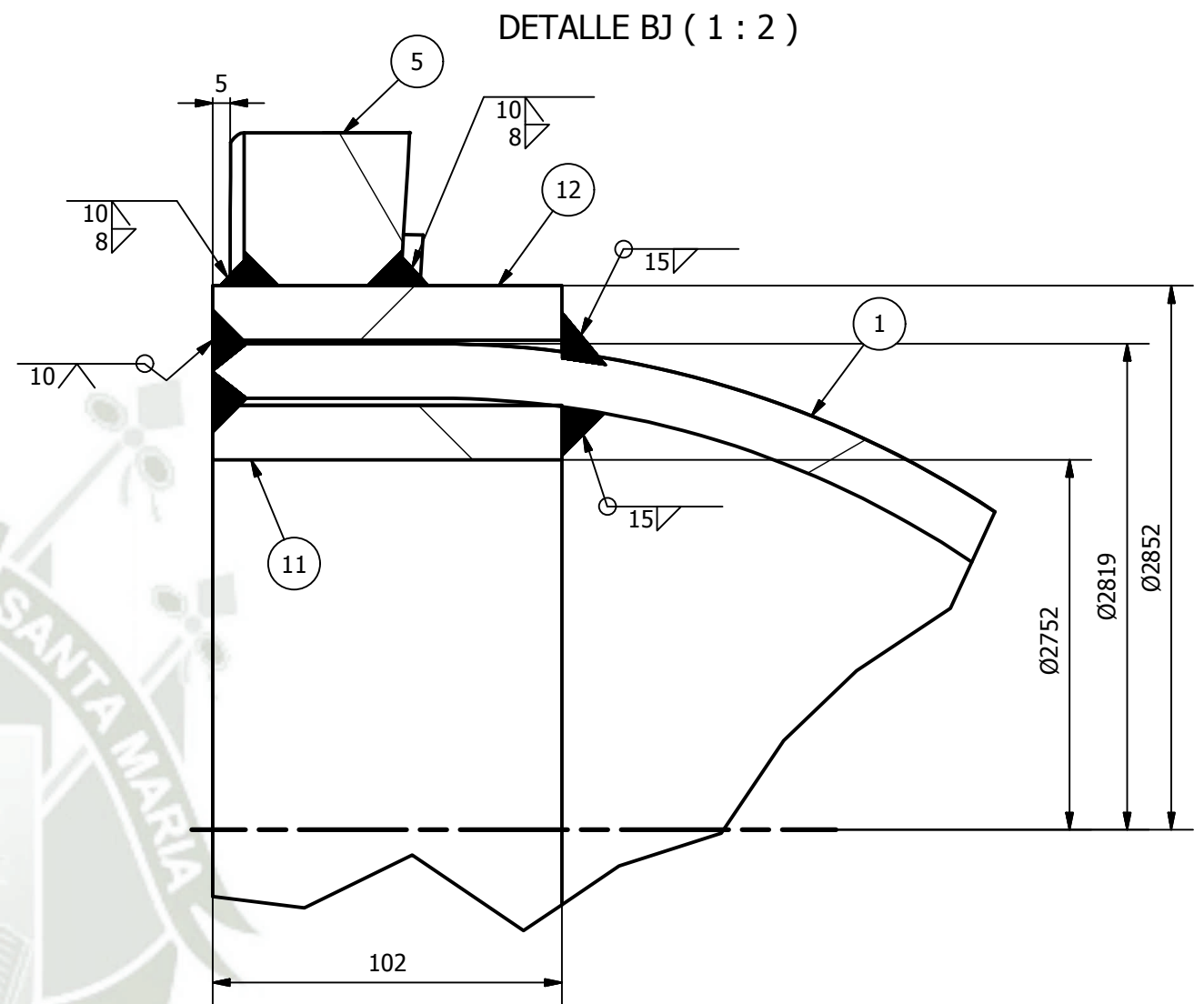
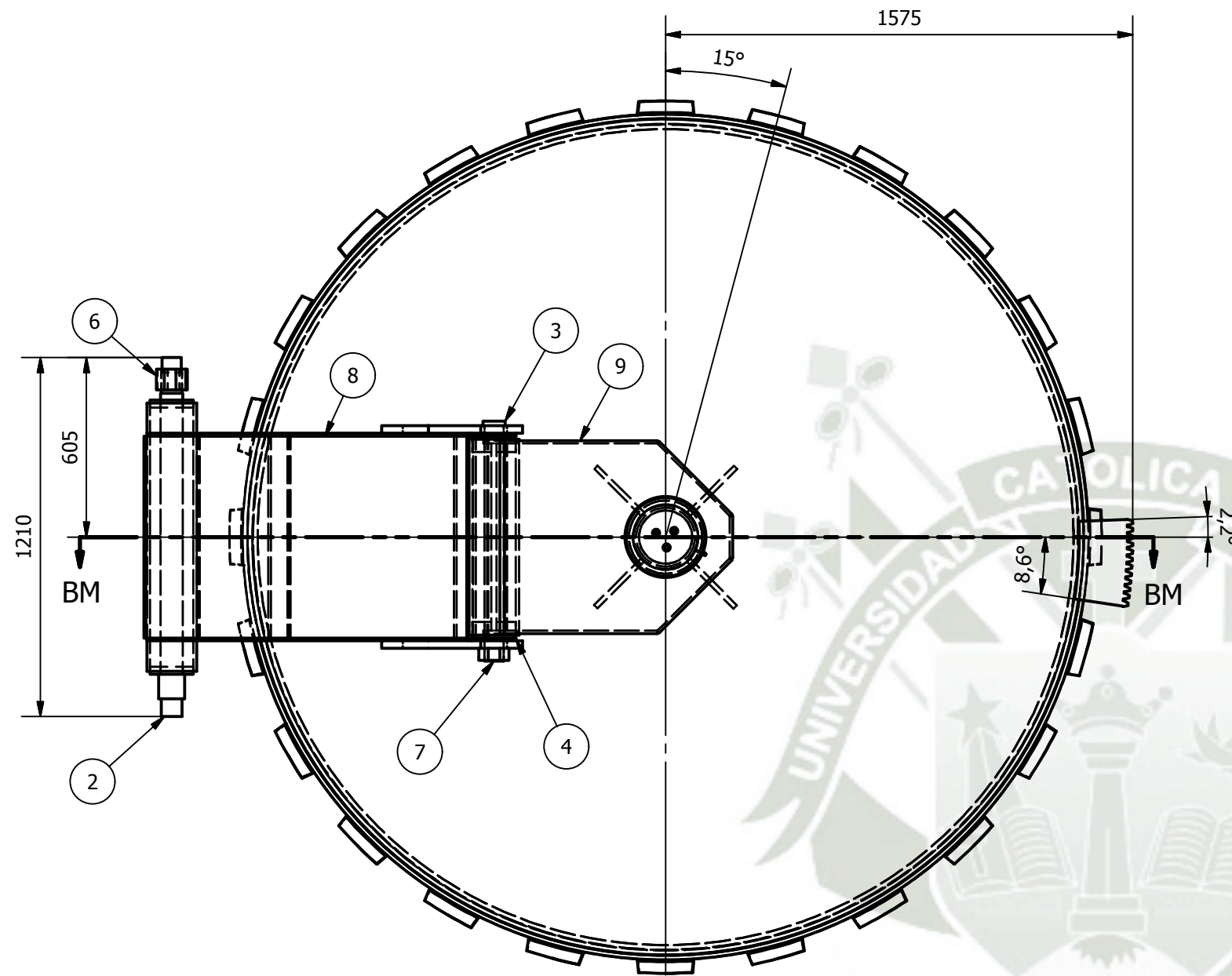
BH-BH (1 : 50)



DETALLE DE VISTA DE CORTE
COMPUERTA CERRADA
BJ (1 : 2)

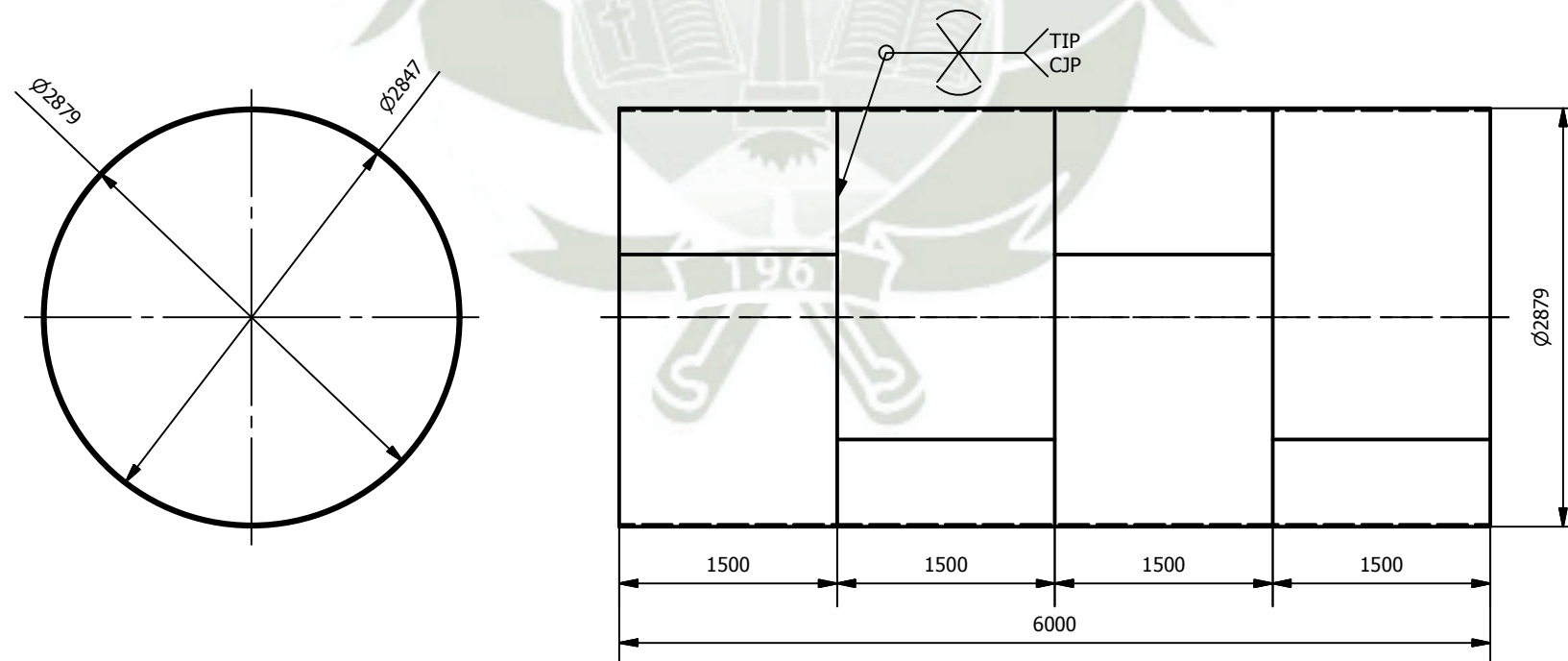
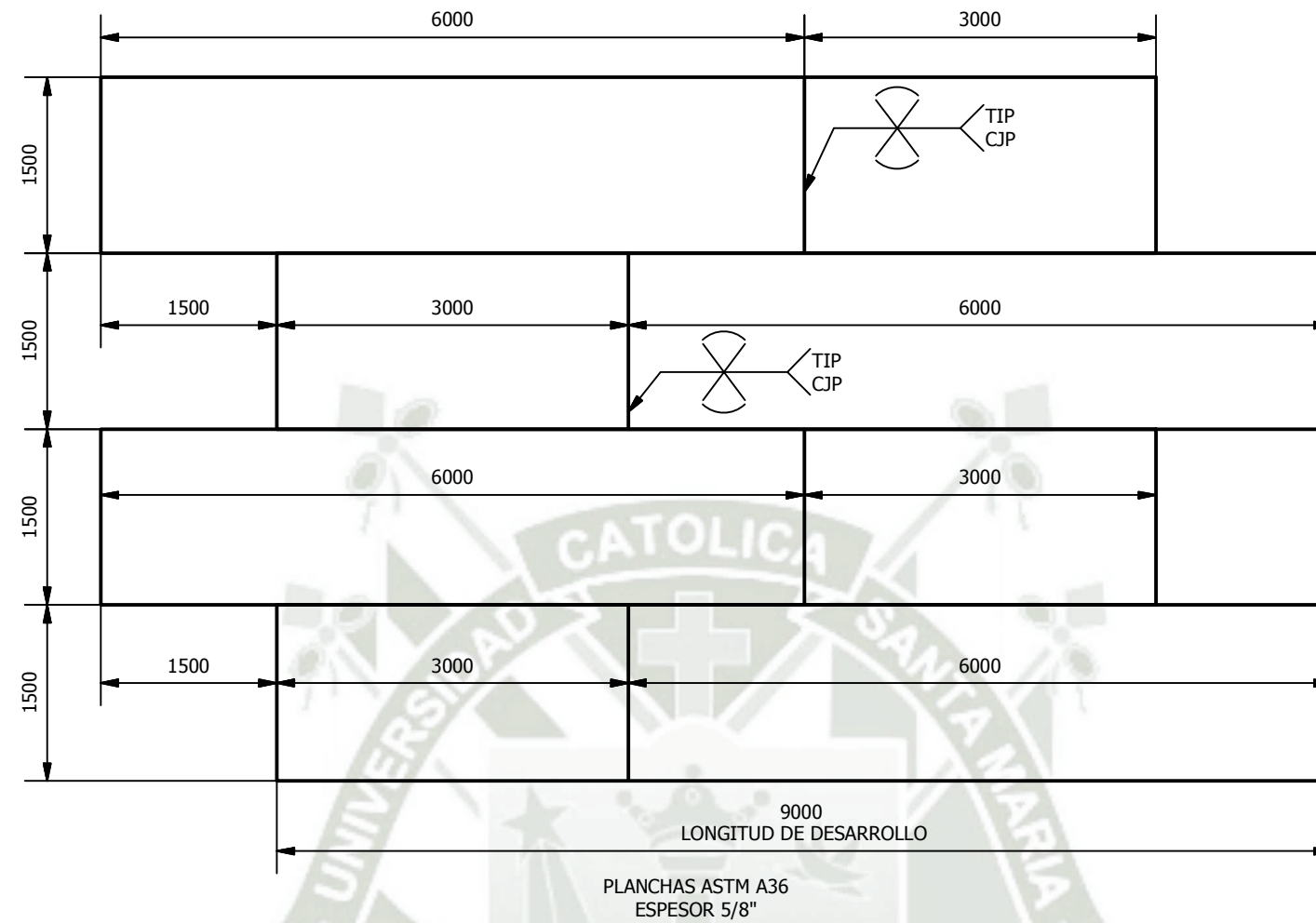
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	CILINDRO	-
2	1	ANILLO CILINDRO 1	BARRA CUAD 3/4"
3	1	ANILLO CILINDRO 2	PLT 1/2" X 1 1/2"
4	1	ANILLO CILINDRO 3	PL 96mm X 3/4"
5	1	ANILLO CILINDRO 4	PL195mm X 3/4"
6	1	TAPA TORIESFERICA FRONTAL	PL 5/8"
7	1	ANILLO COMPUERTA 1	PLT 5/8" X 4"
8	1	ANILLO COMPUERTA 2	PLT 5/8" X 4"
9	24	CUÑAS DE COMPUERTA	-
10	24	CUÑAS DE CILINDRO	-
11	1	EMPAQUE	CAUCHO NATURAL SHORE 50
12	1	ANILLO CILINDRO 5	PL 96mm X 3/4"
16	3	PLATAFORMA	
17	24	REFUERZOS ANILLO	



MATERIAL :	-ASTM A36		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m ³ Y PRESION DE 100PSig
PROCESO :	-		NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA. CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	
PESO :	-		CLIENTE: FECHA	PLANO DETALLE DE COMPUERTA ESCALA: 1:50 CODIGO DE PLANO: AUT-E-COMP-02 PLANO NRO: 04 REV: 0



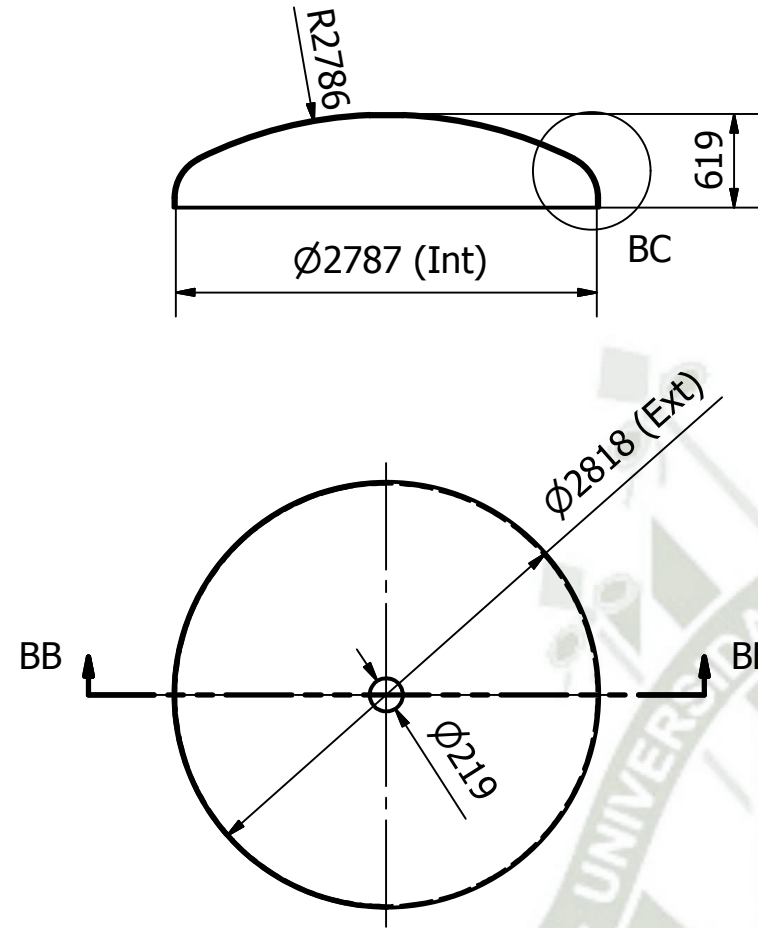
PARTS LIST			
ITEM	QTY	TITLE	PART NUMBER
1	1	TO-01	TAPA TORIESFERICA FRONTAL
2	1	EJ-01	EJE 1
3	1	EJ-02	EJE 2
4	2	AR-02	ARANDELA EJE 2
5	24	CN-01	MUELA COMPUERTA
6	1	TR-01	TUERCA 1 DE EJE DE VISAGRA
7	1	TR-02	TUERCA 2 DE EJE DE VISAGRA
8	1	BG-01	ENSAMBLE BISAGRA 01
9	1	BG-02	ENSAMBLE BISAGRA 02
10	1	BO-01	ENSAMBLE BOCINA
11	1	AN-01	ANILLO COMPUERTA 1
12	1	AN-02	ANILLO COMPUERTA 2
13	4	CR-01	CARTELAS DE CONJUNTO BOCINA

MATERIAL :	-ASTM A36	Universidad Católica de Santa María NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA. CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m3 Y PRESION DE 100PSig PLANO TAPAS TORIESFERICAS ESCALA: 1:50 CODIGO DE PLANO PLANO NRO. REV. 05
PROCESO :	-		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA	
PESO :	-		JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA	
			CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA	
			CLIENTE: FECHA	

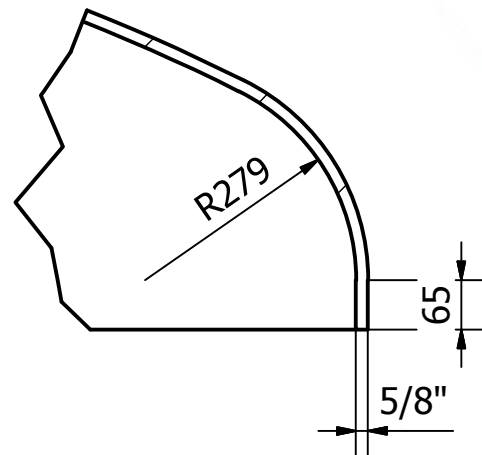


DESCRIPCION		 Universidad Católica de Santa María		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA		AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m ³ Y PRESION DE 100PSig	
MATERIAL :	-	NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA. CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	FREDDY VALENCIA 25.12.2020	PLANO		ENSAMBLE GENERAL AUTOCLAVE	
PROCESO :	-		DIBUJADO POR: FECHA	PLANO NRO			
	-		JESUS DONAYRE 28.02.2021	REV			
	-		REVISADO POR: FECHA	CODIGO DE PLANO			
PESO :	-		CARLOS GORDILLO 28.02.2021	ESCALA: 1:50			
	-	APROBADO POR: FECHA	AUT-E-VR		06		
	-	CLIENTE: FECHA					

CORTE BB-BB (1/50)

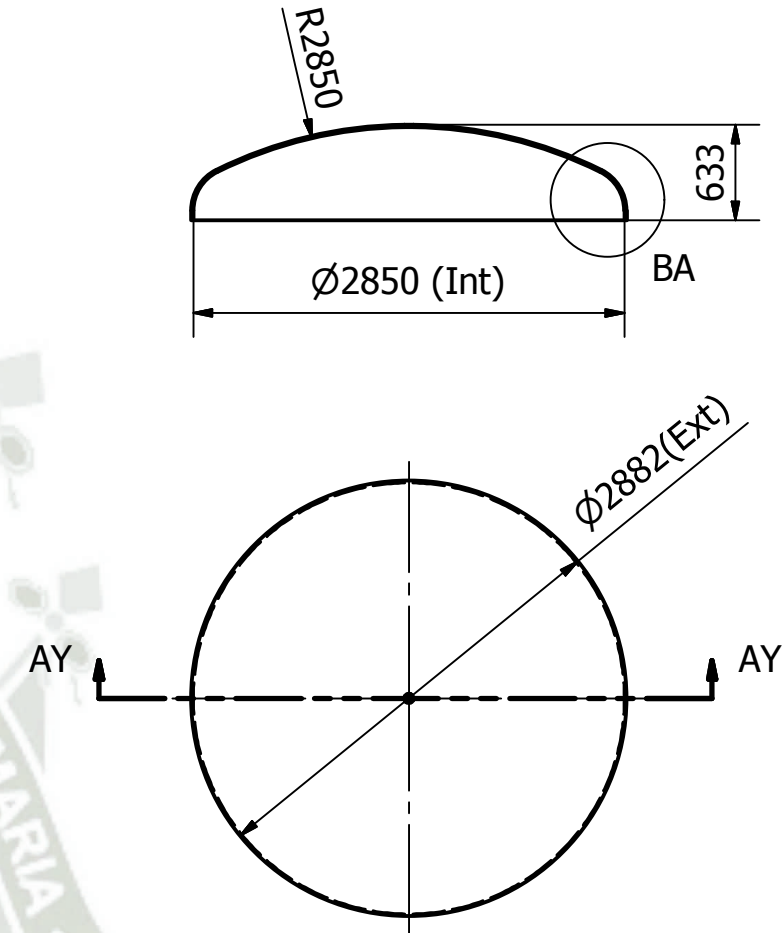


DETALLE BC (1/10)

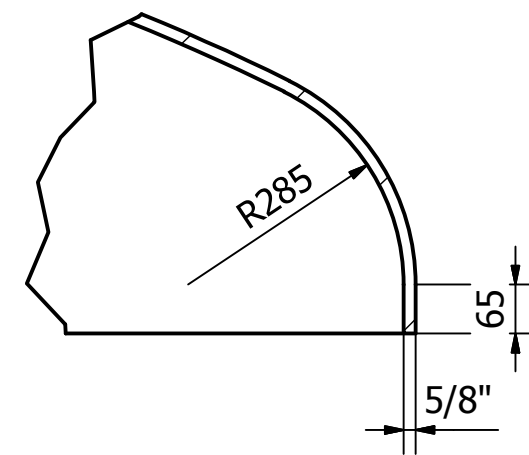


TO-01
TAPA TORIESFERICA DE COMPUERTA
CANTIDAD 1


CORTE AY-AY (1/50)

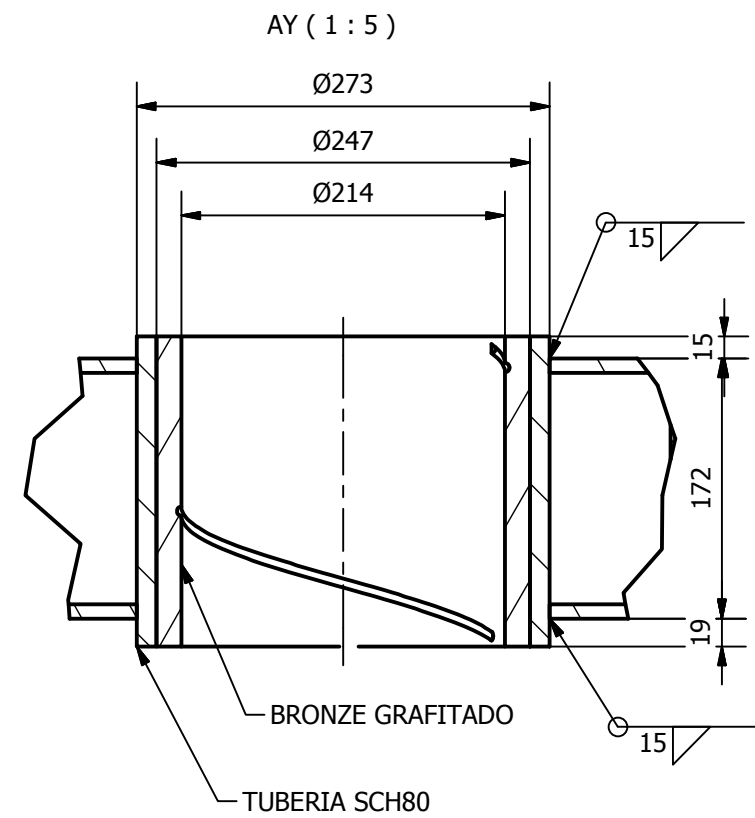
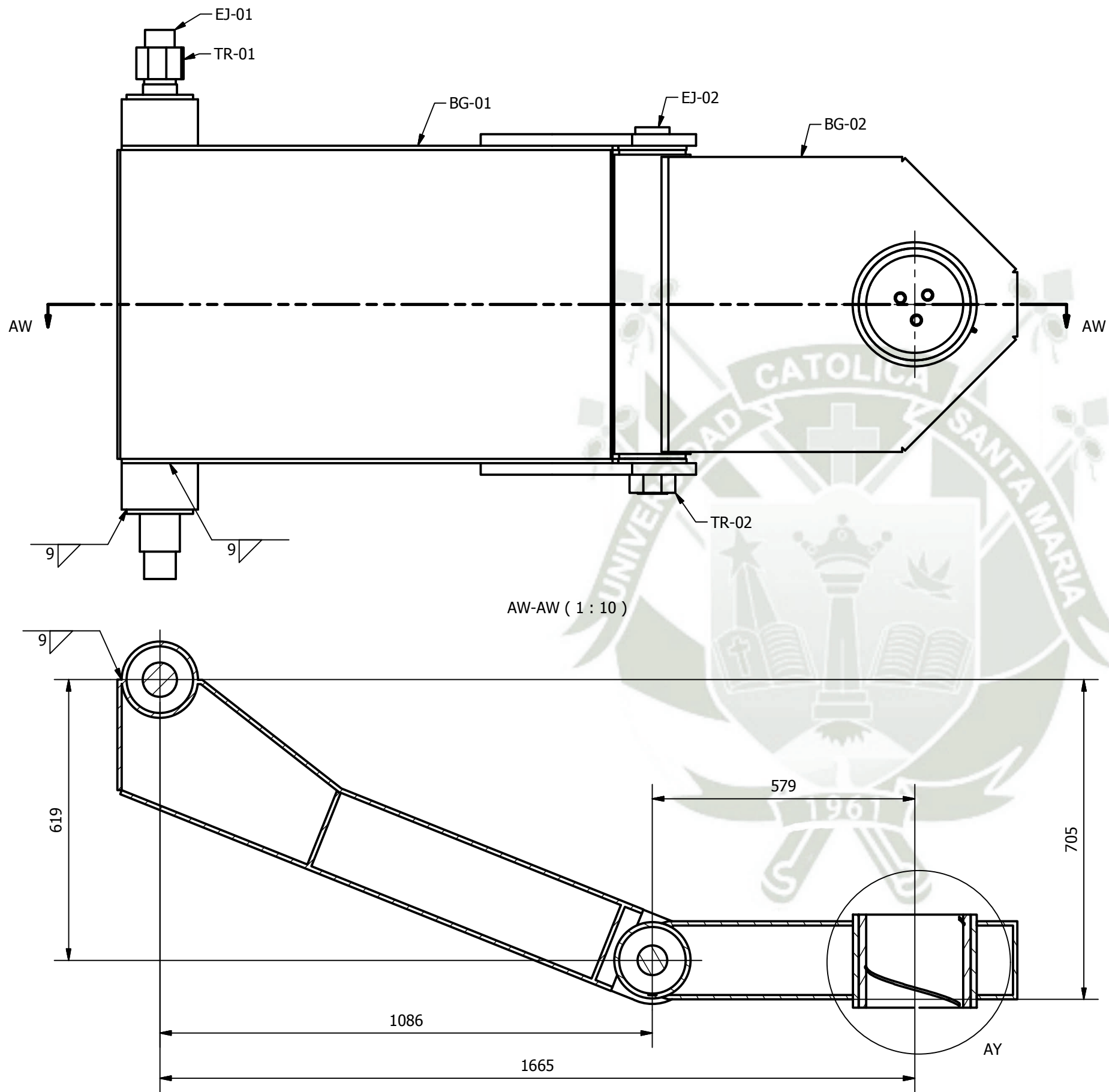



DETALLE BA (1/10)

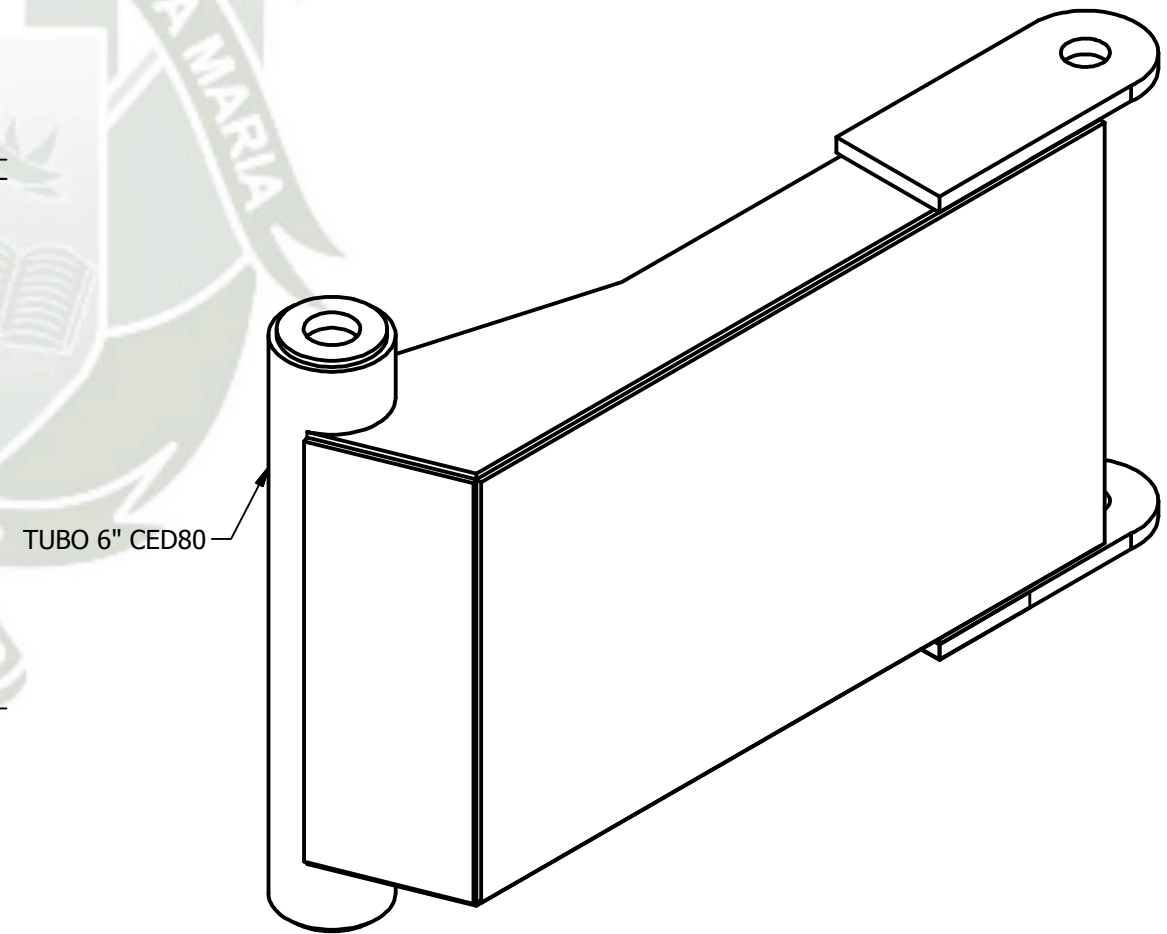
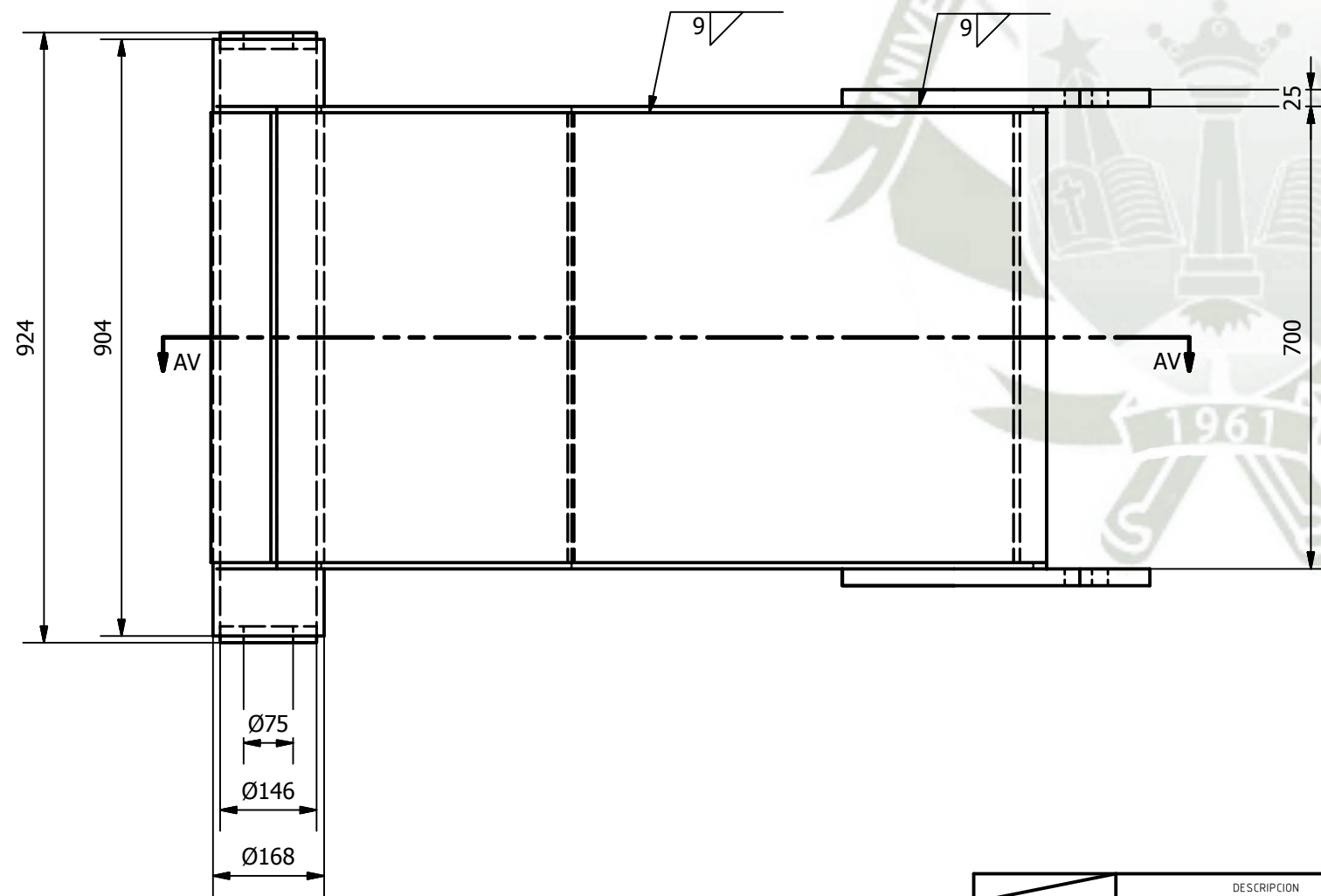
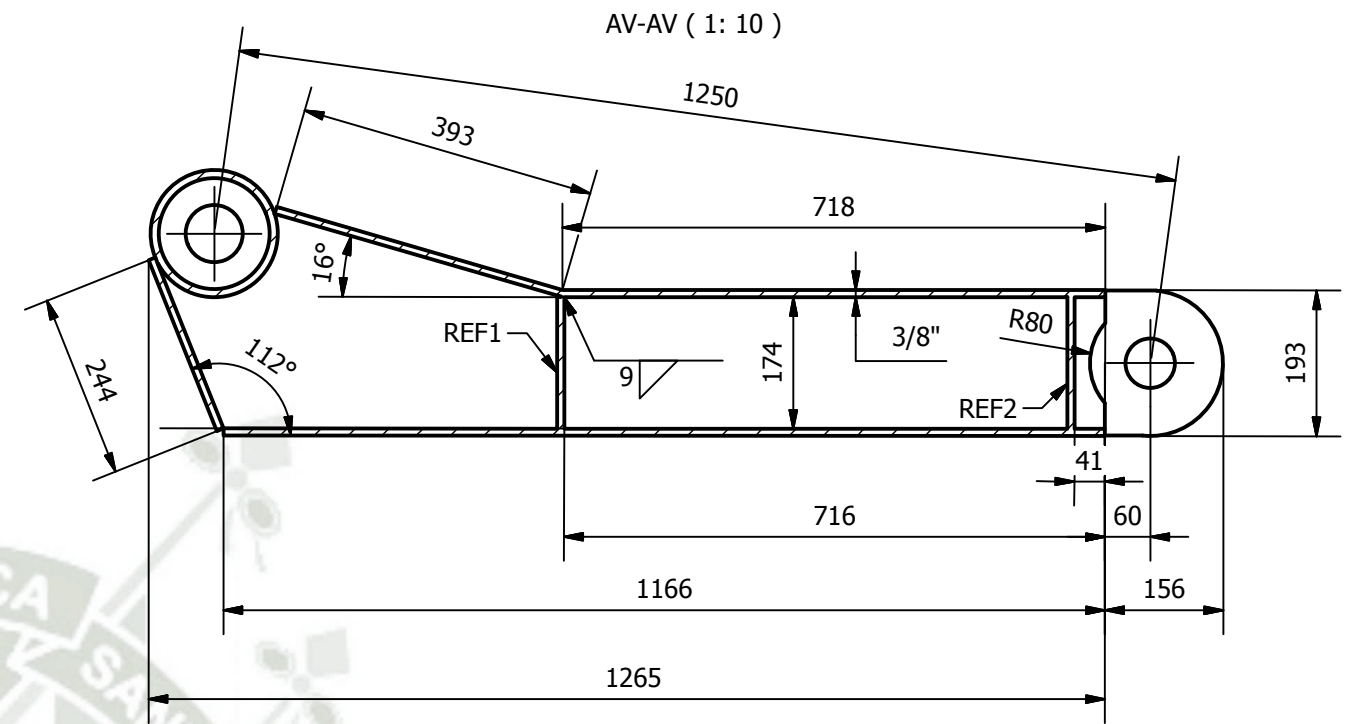
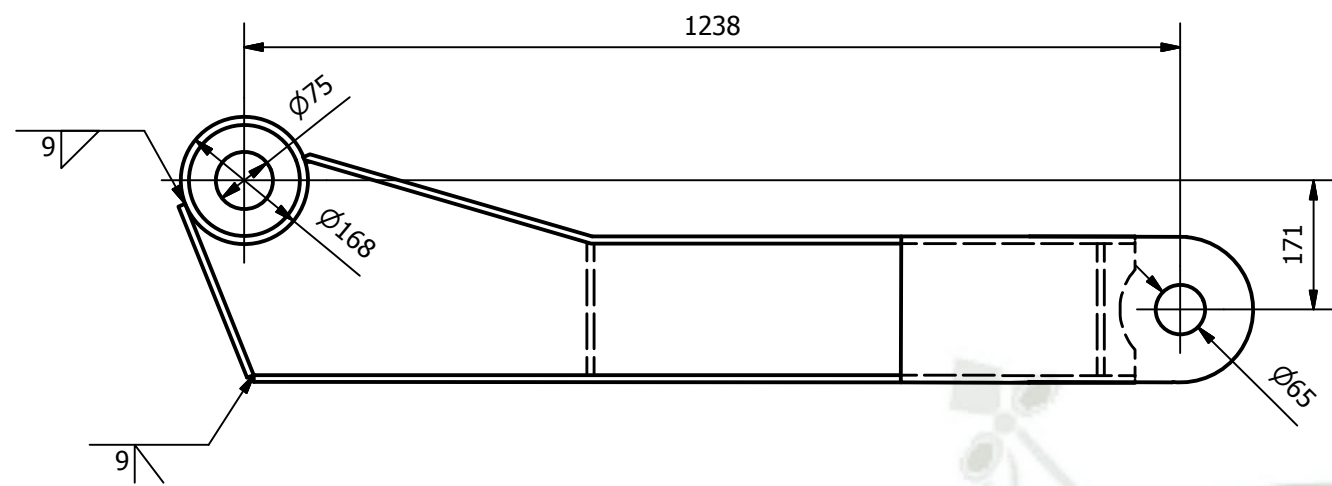



TO-02
TAPA TORIESFERICA TRASERA
CANTIDAD 1

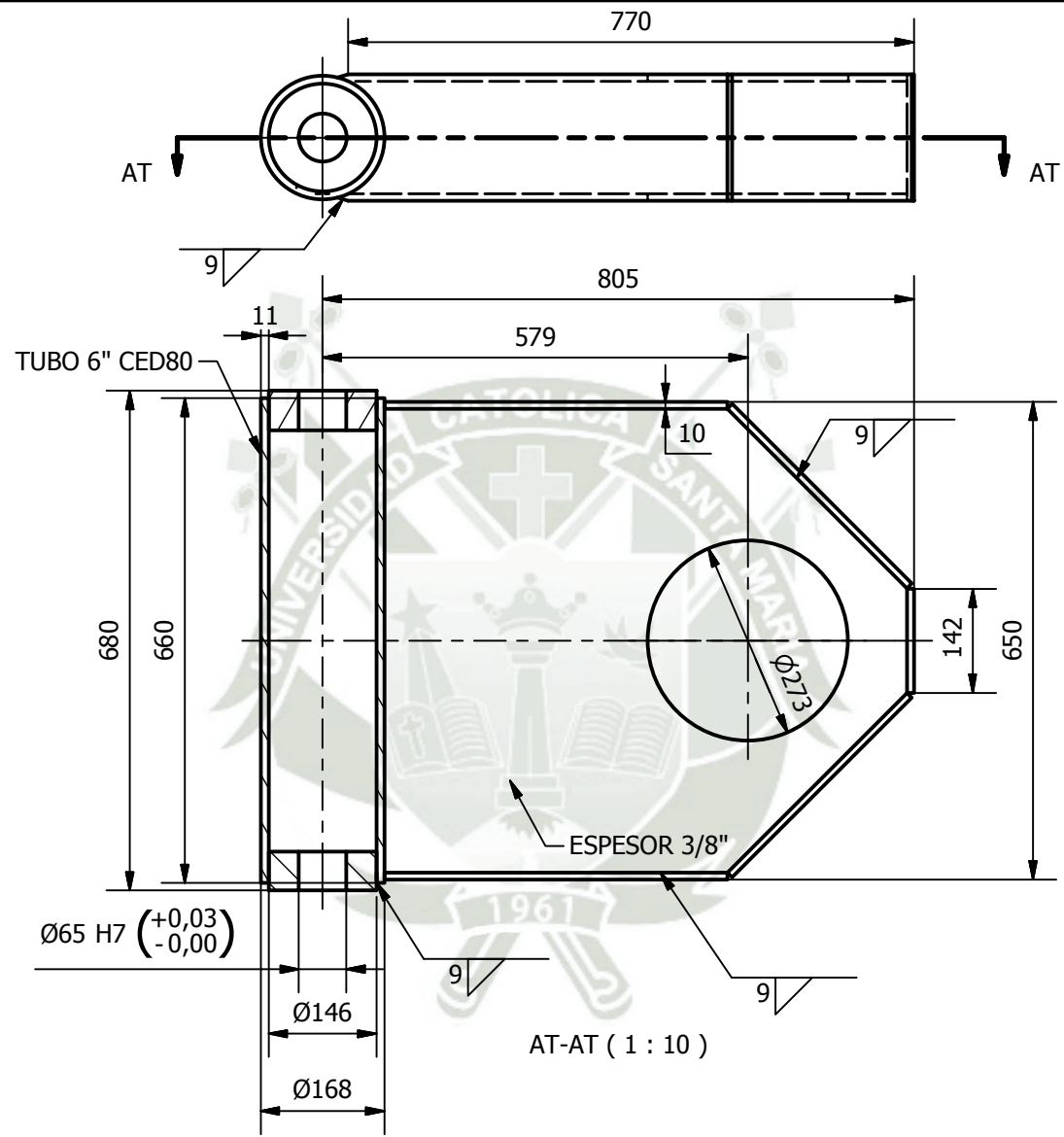
	DESCRIPCION	 Universidad Católica de Santa María	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m ³ Y PRESION DE 100PSig
MATERIAL :	-ASTM A36		NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA
PROCESO :	-	CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA	PLANO TAPAS TORIESFERICAS
PESO :	-		CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA	
			CLIENTE: FECHA	ESCALA: 1:50 CODIGO DE PLANO: AUT-H-T0 PLANO NRO: 07




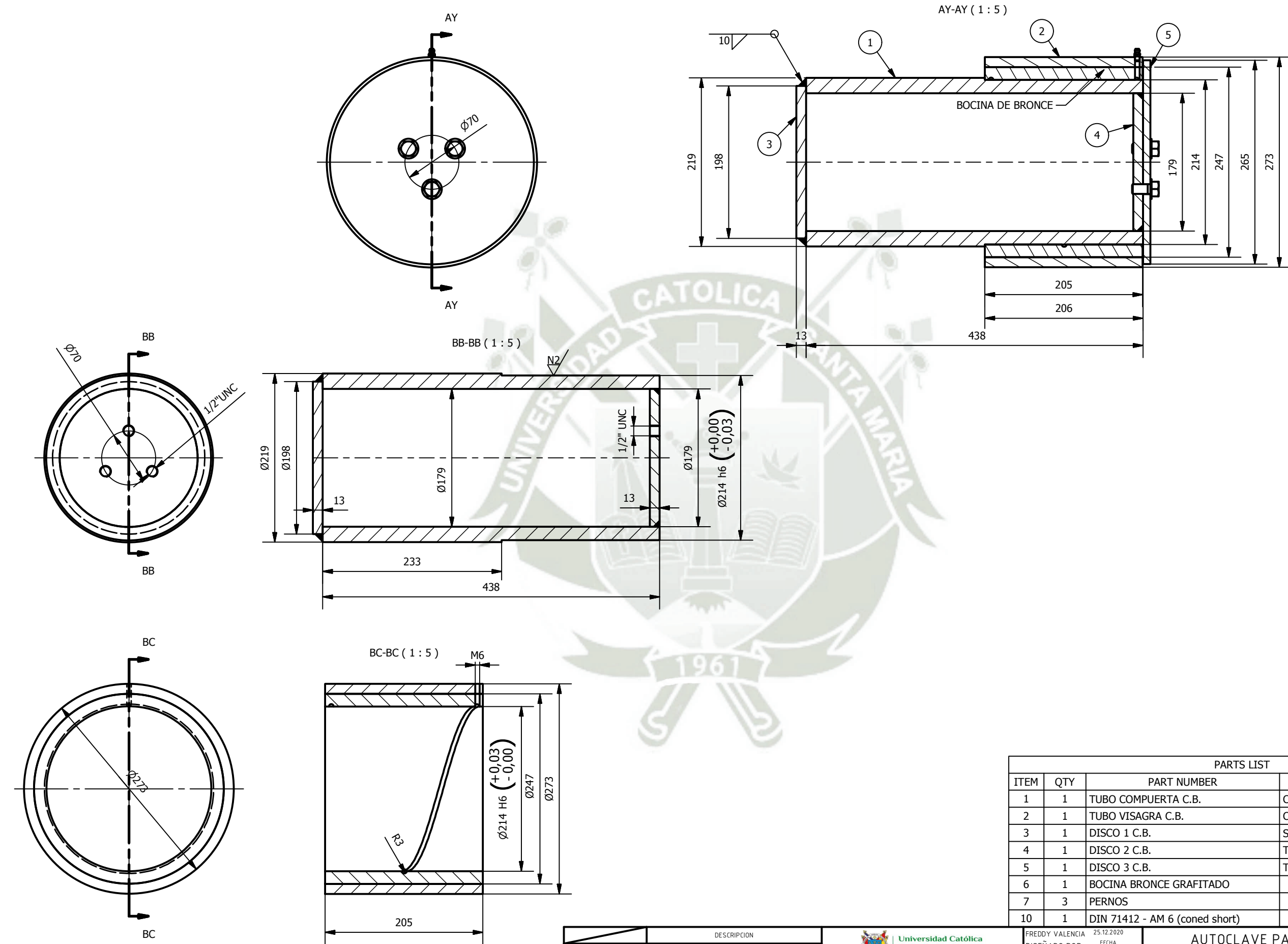
DESCRIPCION		 Universidad Católica de Santa María	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m ³ Y PRESION DE 100PSig PLANO
MATERIAL :	-		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA	
PROCESO :	-	NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA. CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA	ENSAMBLE BISAGRA ESCALA: 1:10 CODIGO DE PLANO: AUT-E-BG
PESO :	-		CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA	
			CLIENTE: FECHA	PLANO NRO: 08 REV: 0



	DESCRIPCION	 Universidad Católica de Santa María	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m3 Y PRESION DE 100PSig PLANO
MATERIAL :	-		NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA
PROCESO :	-	CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA	BISAGRA PARTE 01
PESO :	-		CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA	
			CLIENTE: FECHA	ESCALA: 1:10 CODIGO DE PLANO: AUT-E-BG-01 PLANO NRO: 09

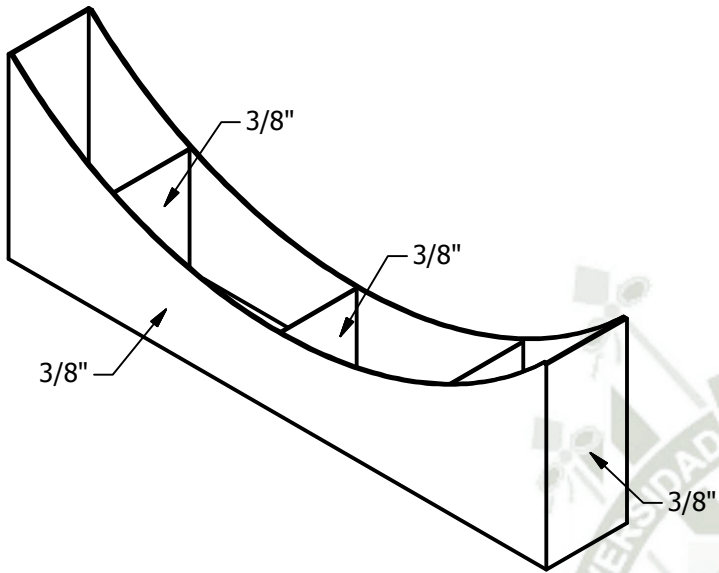


	DESCRIPCION	 Universidad Católica de Santa María NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA. CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA ----- CLIENTE: FECHA	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 42m ³ Y PRESION DE 100PSig		
MATERIAL :	-ASTM A36				PLANO	
PROCESO :	-				BISAGRA PARTE 02	
	-				ESCALA:	CODIGO DE PLANO
PESO :	-				1:10	AUT-E-BG-02
					PLANO NRO 10	
					REV 0	

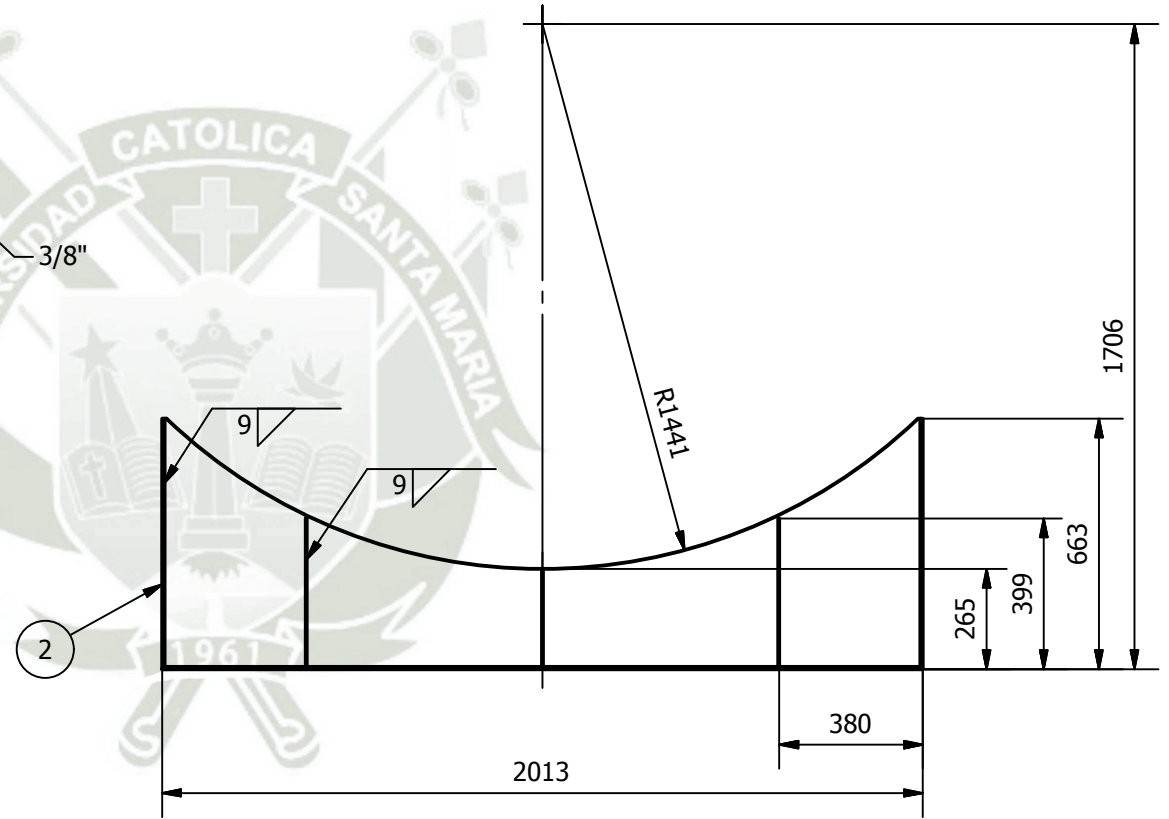
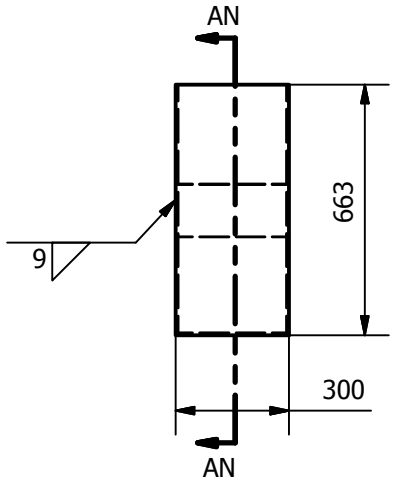



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	COMMENTS
1	1	TUBO COMPUERTA C.B.	Cilindrado Exterior
2	1	TUBO VISAGRA C.B.	Cilindrado Interior
3	1	DISCO 1 C.B.	Soldado Tal cual
4	1	DISCO 2 C.B.	Torneado y agujeros roscados 1/2UNC
5	1	DISCO 3 C.B.	Torneado y agujeros pasantes $\varnothing 13$
6	1	BOCINA BRONCE GRAFITADO	
7	3	PERNOS	
10	1	DIN 71412 - AM 6 (coned short)	

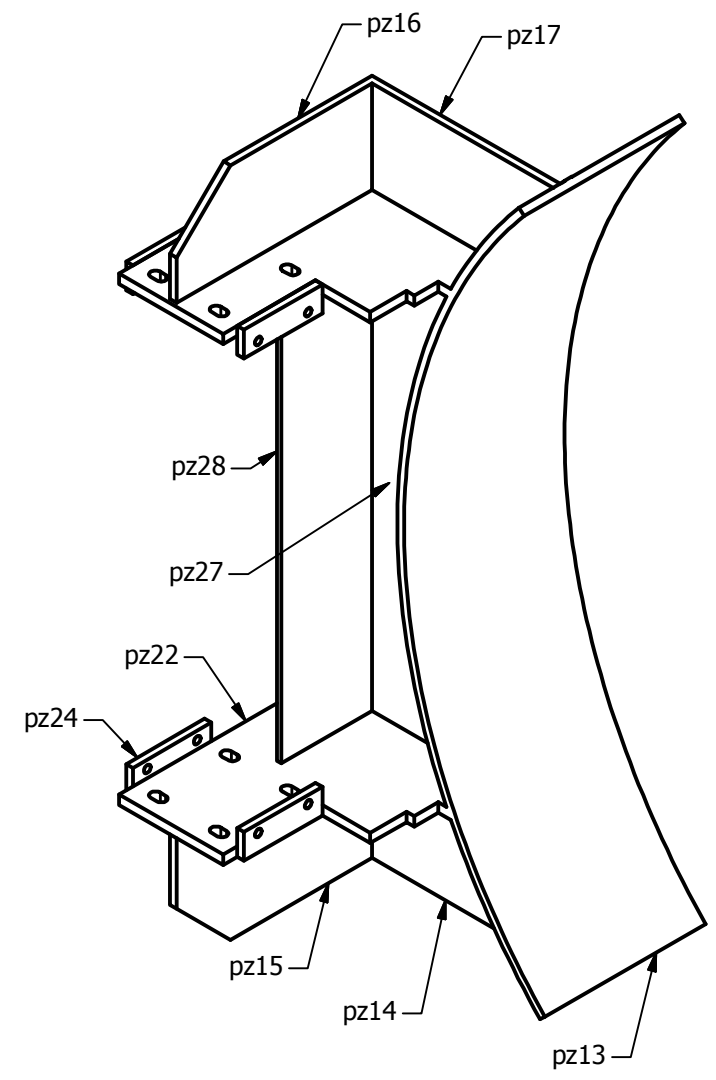
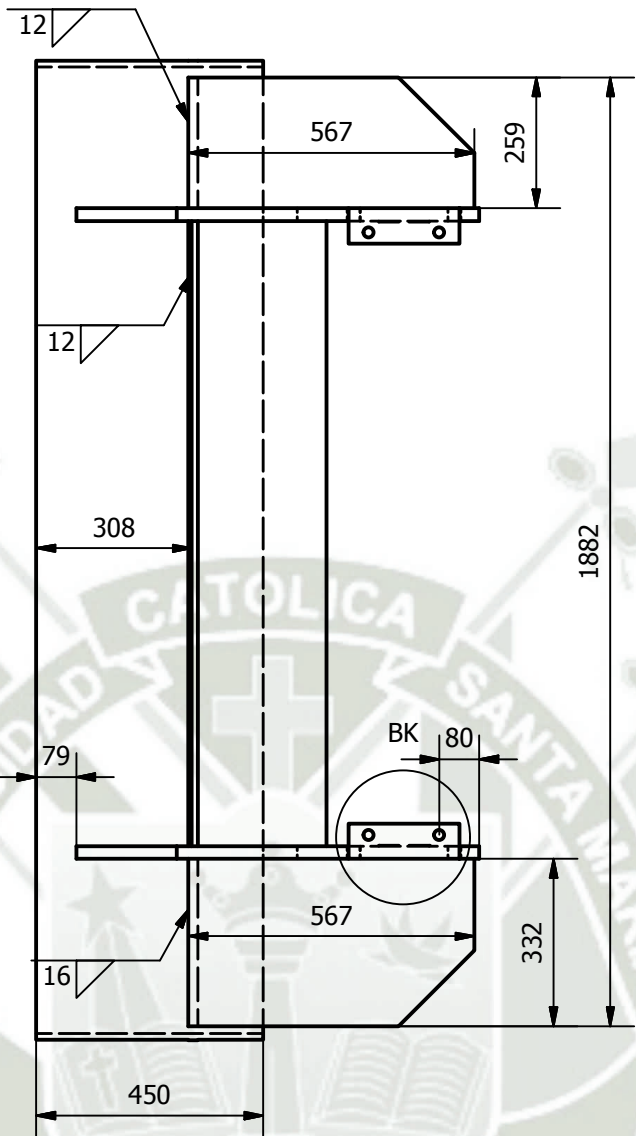
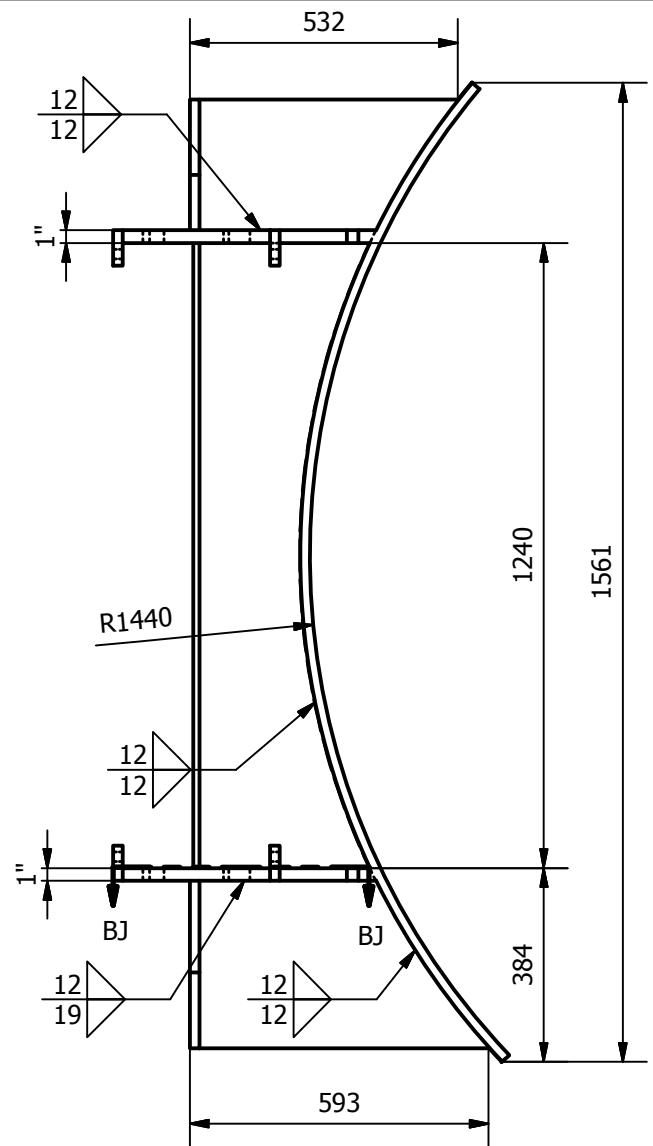
MATERIAL :	-	Universidad Católica de Santa María NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA. CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m ³ Y PRESION DE 100PSig PLANO
PROCESO :	-		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA		ENSAMBLE BOCINA
PESO :	-		JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA	ESCALA: 1:5
			CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA	CODIGO DE PLANO	PLANO NRO: AUT-E-BO
		CLIENTE: FECHA		REV 0



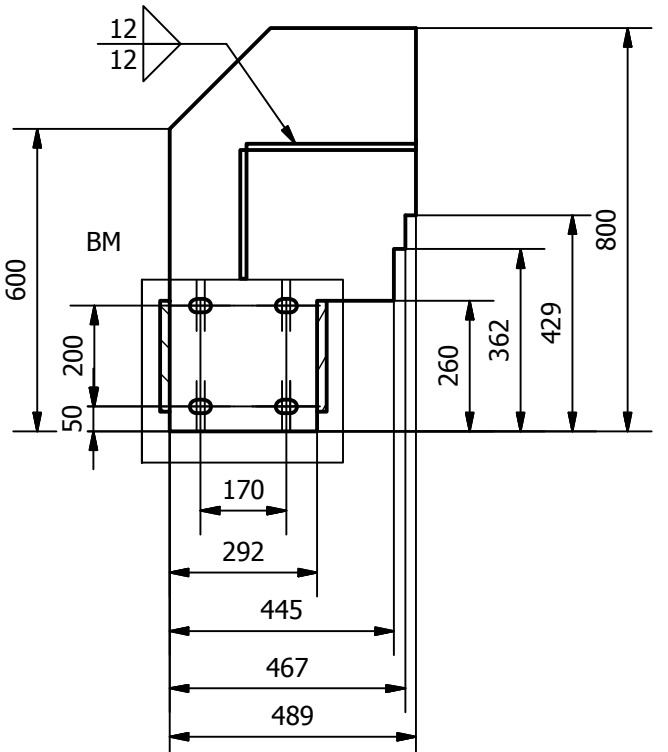
DETALLE AN-AN (1 : 20)



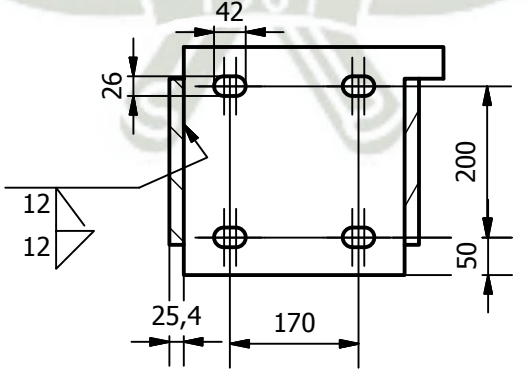
MATERIAL :	DESCRIPCION	 Universidad Católica de Santa María	FREDDY VALENCIA 25.12.2020	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 42m3 Y PRESION DE 100PSig
	-ASTM A36		DISEÑADO POR: FREDDY VALENCIA 25.12.2020		FECHA
PROCESO :	-	NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.	FREDDY VALENCIA 25.12.2020	PLANO SOPORTE AUTOCLAVE
	-	CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	DIBUJADO POR: JESUS DONAYRE 28.02.2021	
PESO :	-		REVISADO POR: CARLOS GORDILLO 28.02.2021	ESCALA: CODIGO DE PLANO 1:20 AUT-E-SA-01
			APROBADO POR: CARLOS GORDILLO 28.02.2021	
			CLIENTE: FECHA	PLANO NRO 12
				REV 0



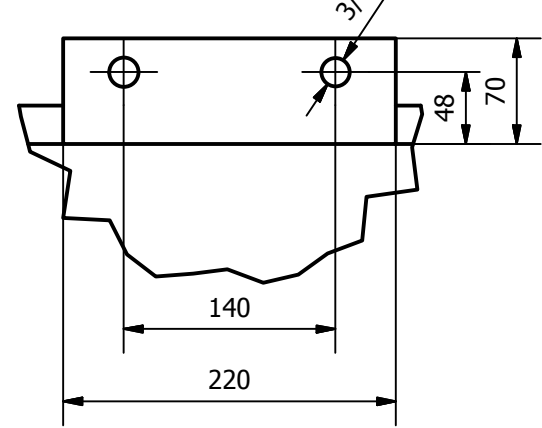
BJ-BJ (1 : 20)



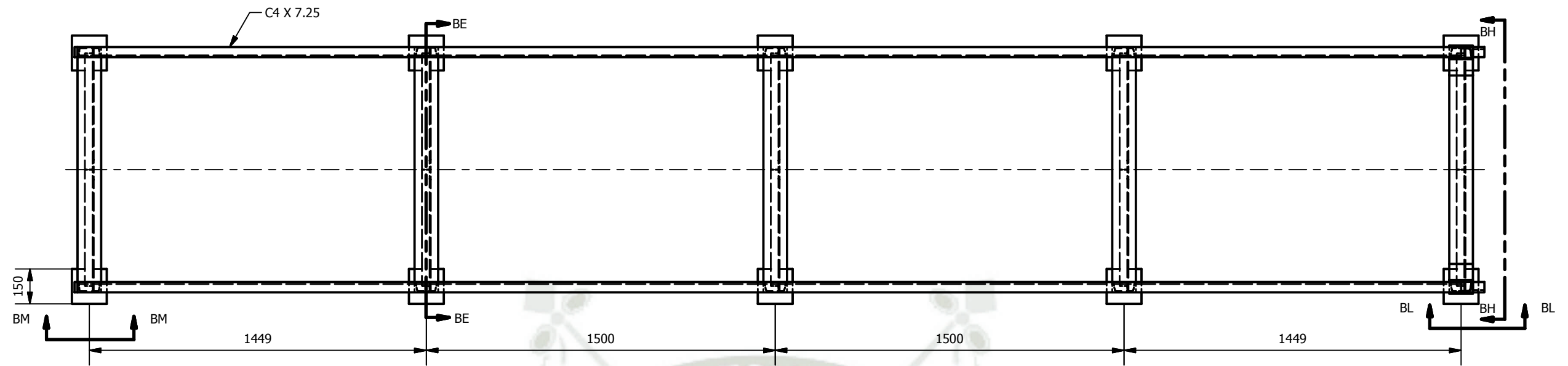
BM (1 : 10)



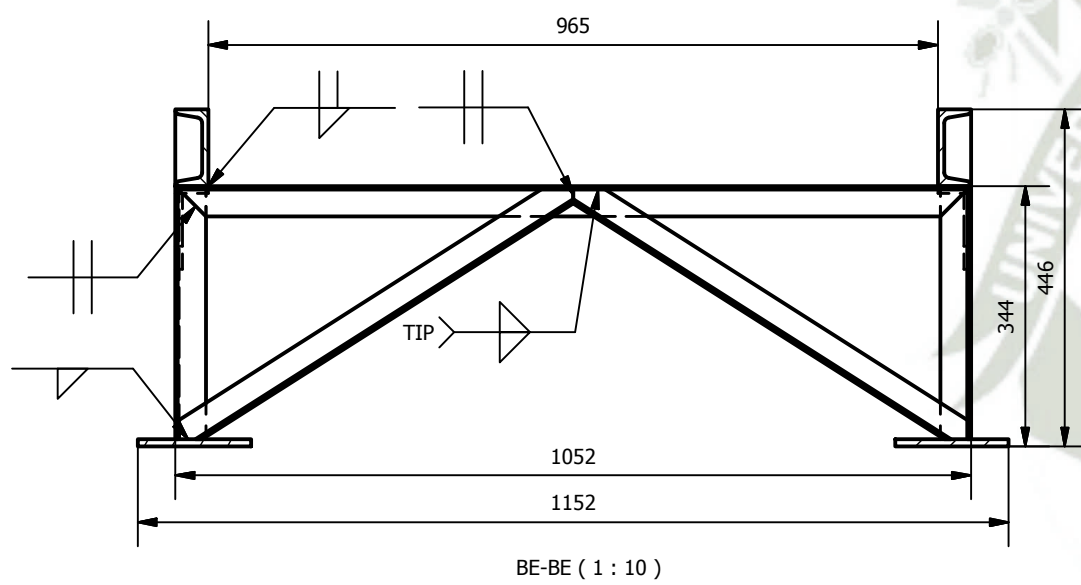
BK (1 : 5)



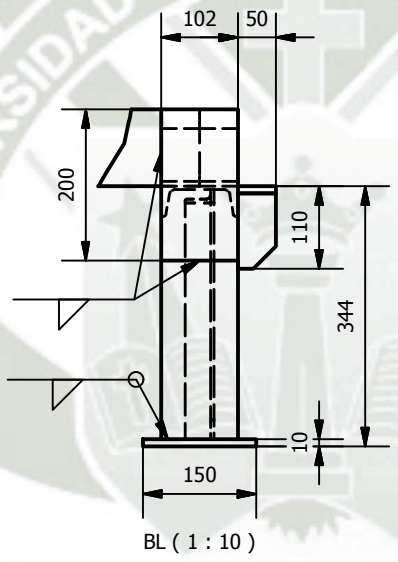
MATERIAL :	DESCRIPCION	 Universidad Católica de Santa María	FREDDY VALENCIA 25.12.2020	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m3 Y PRESION DE 100PSig
	-ASTM A36		DISEÑADO POR: FECHA	
PROCESO :	NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA. CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 JESUS DONAYRE 28.02.2021 CARLOS GORDILLO 28.02.2021	DIBUJADO POR: FECHA	PLANO SOPORTE BISAGRA
			REVISADO POR: FECHA	
			APROBADO POR: FECHA	
			CLIENTE: FECHA	
PESO :	-		ESCALA: 1:20	CODIGO DE PLANO AUT-E-SB
				PLANO NRO 13



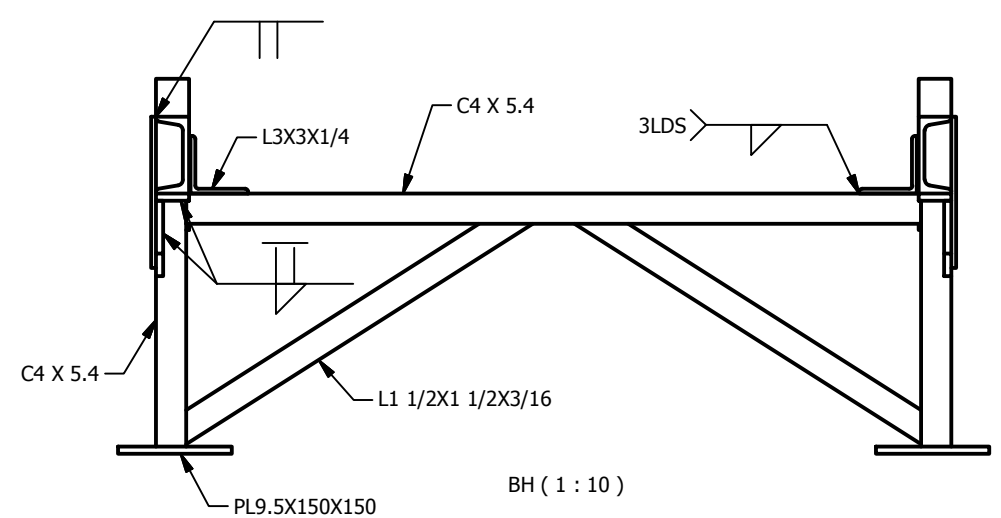
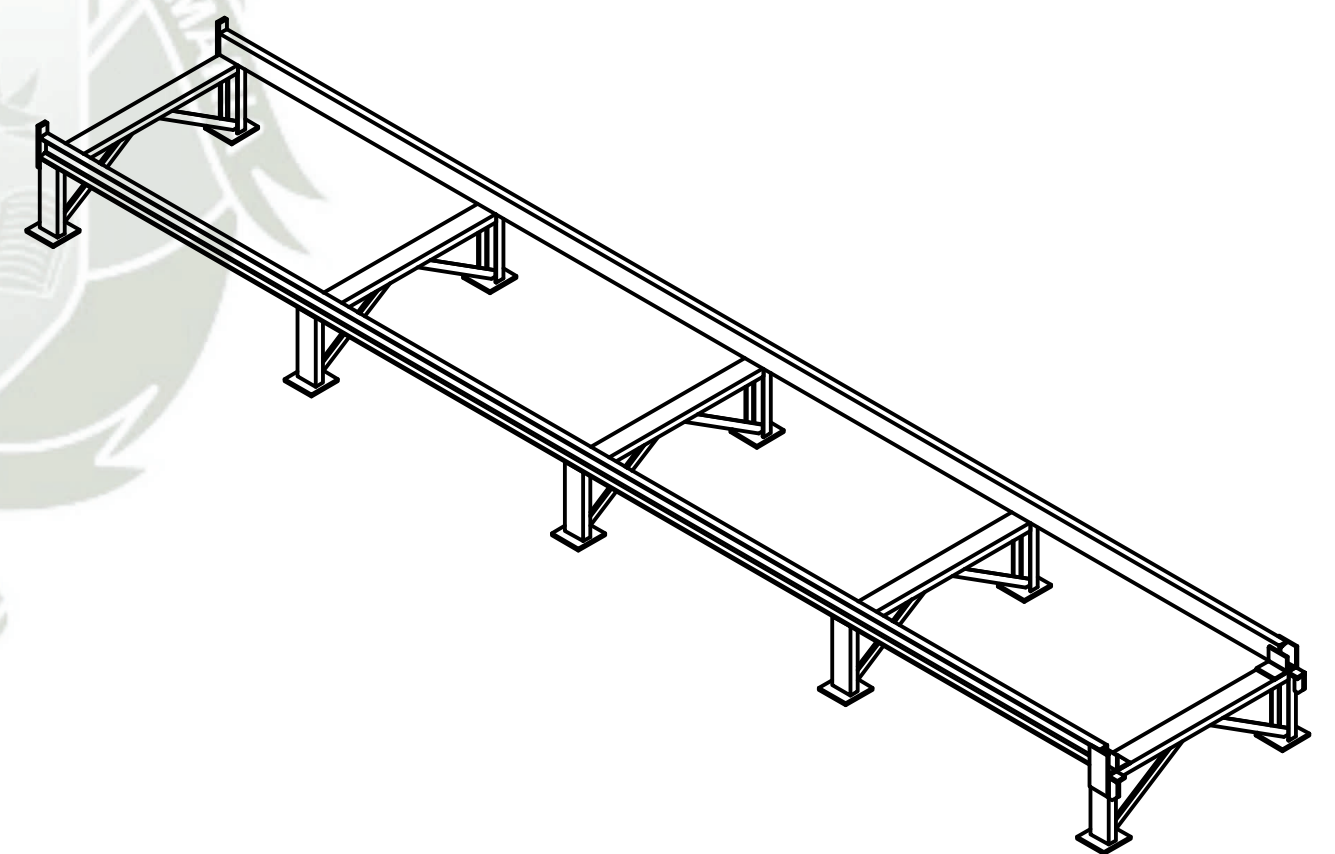
ESCALA: 1 : 20



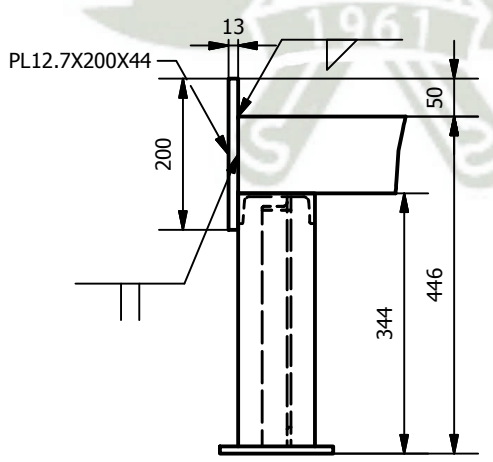
BE-BE (1 : 10)



BL (1 : 10)

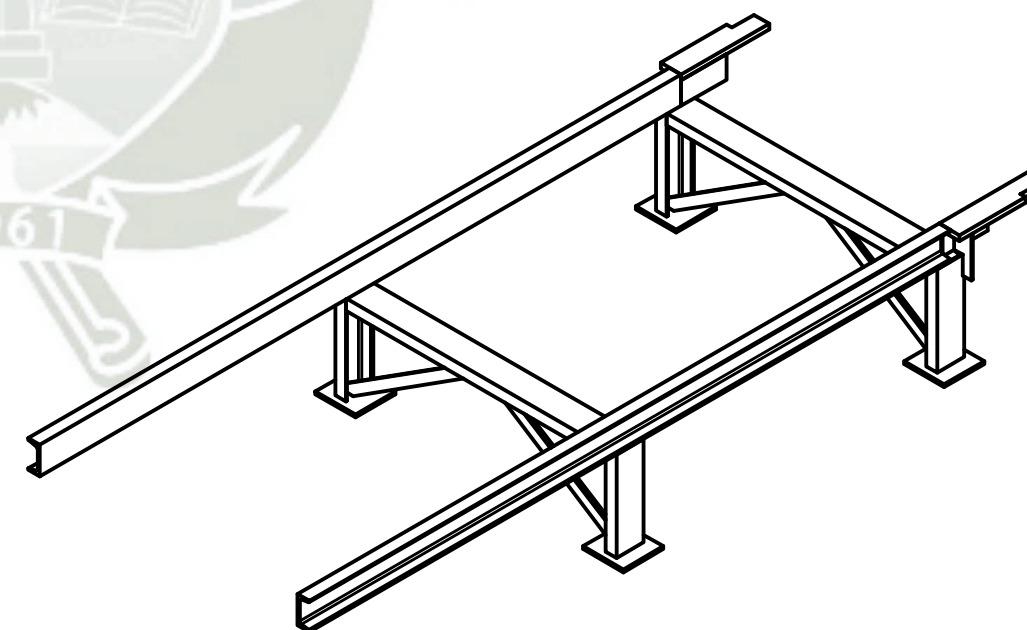
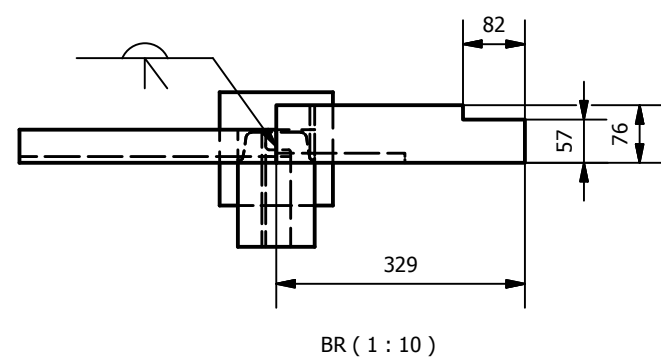
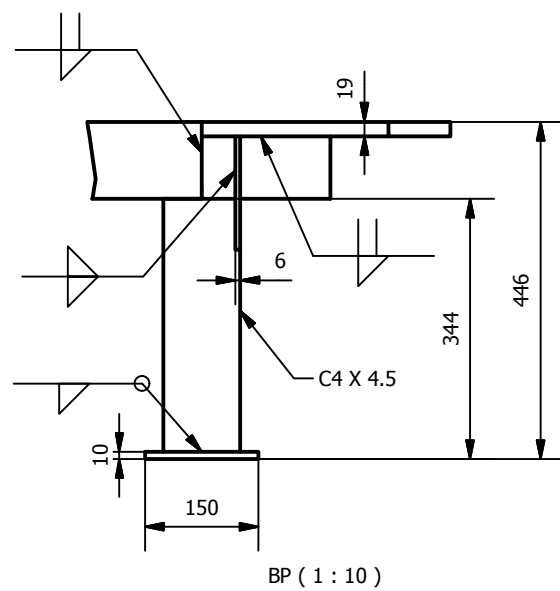
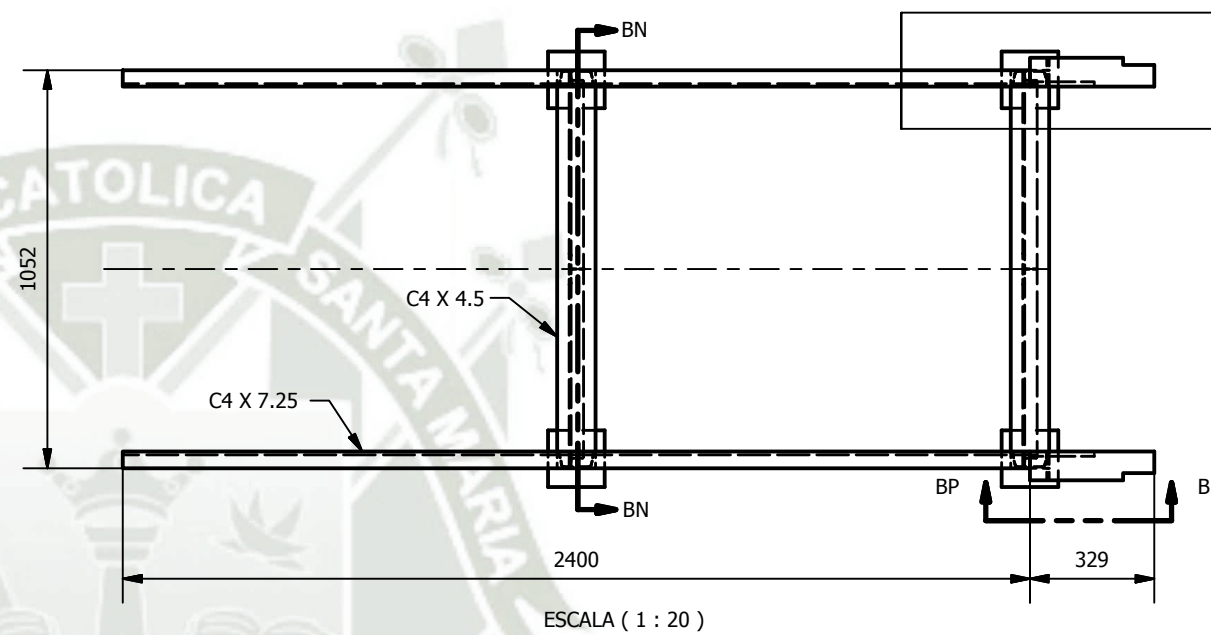
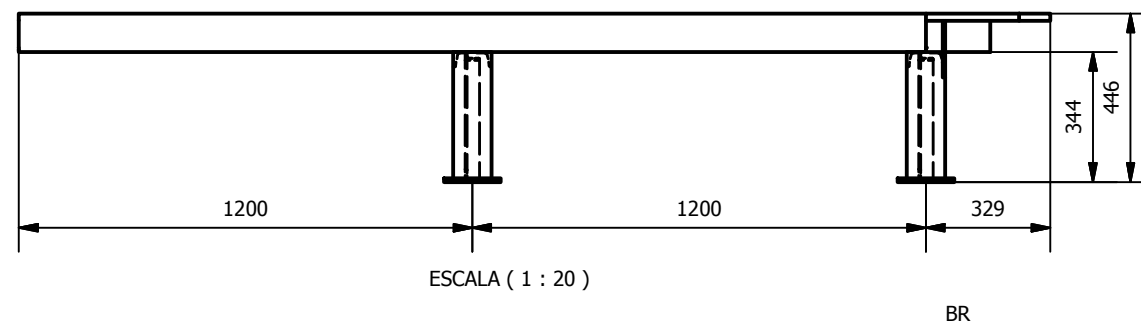
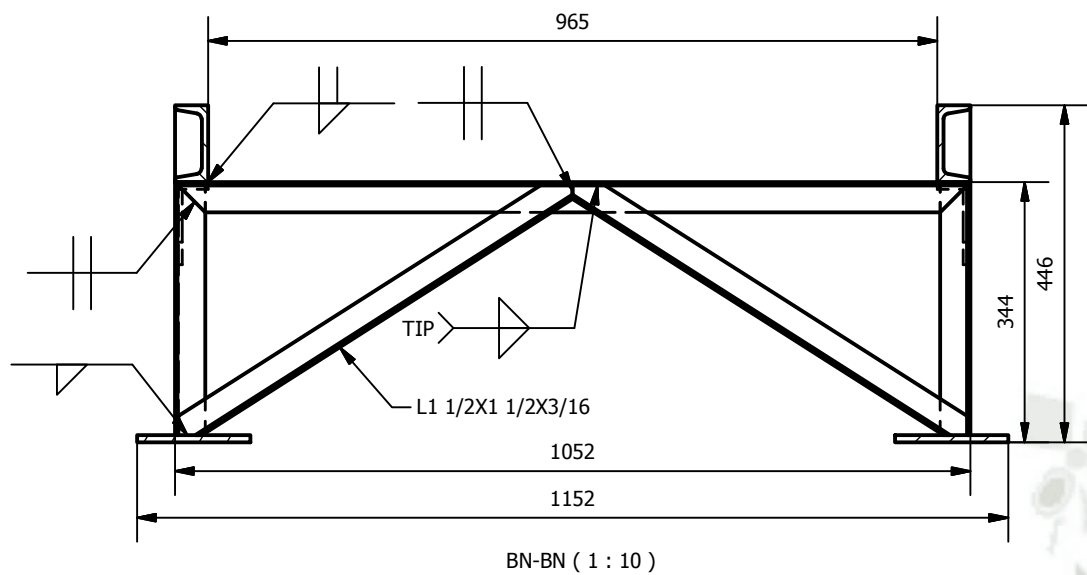


BH (1 : 10)

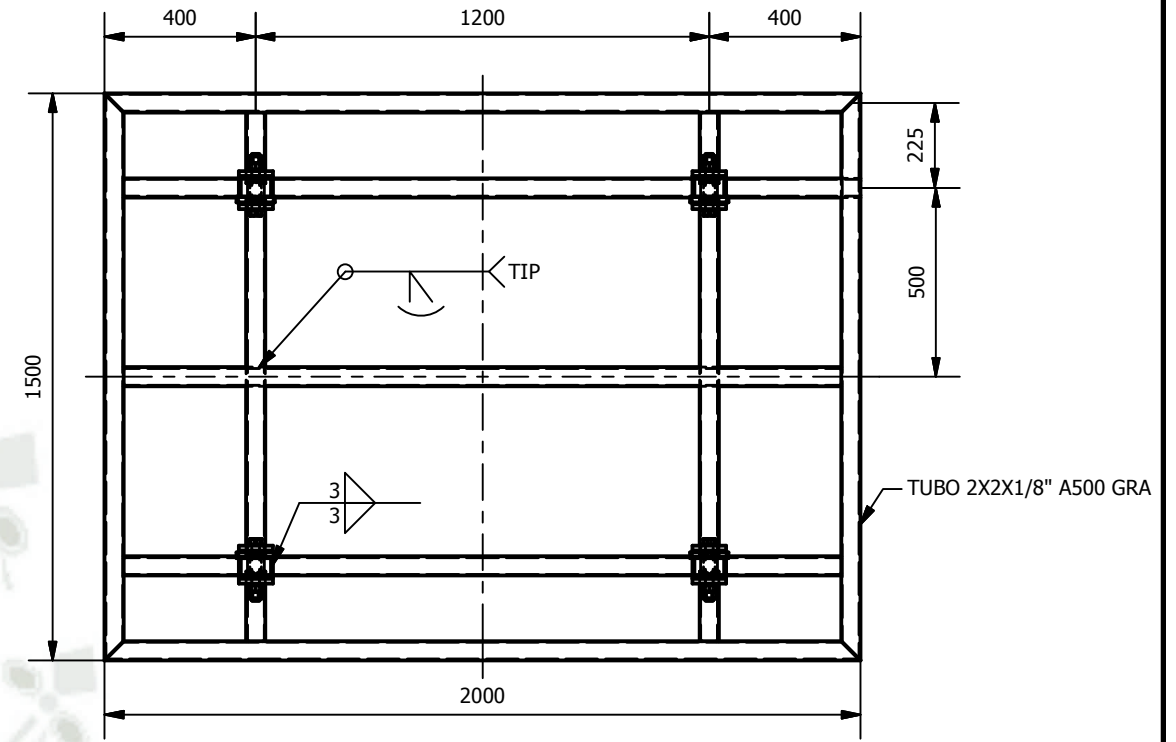
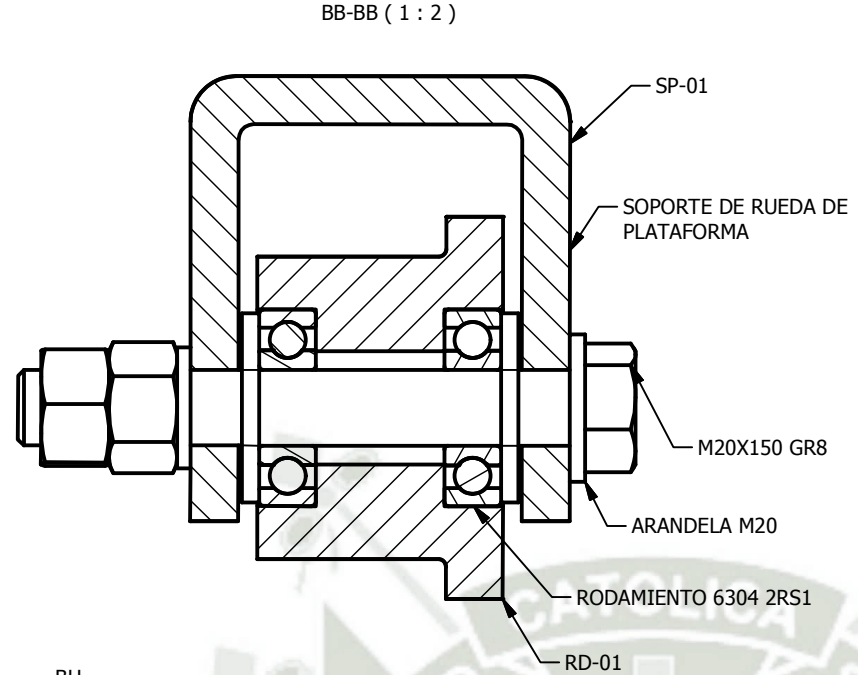
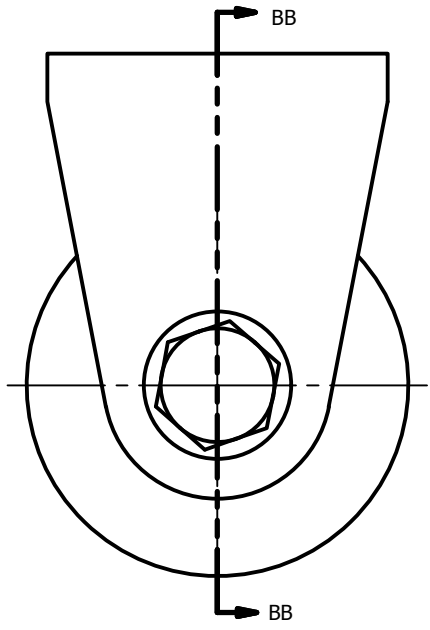


BM (1 : 10)

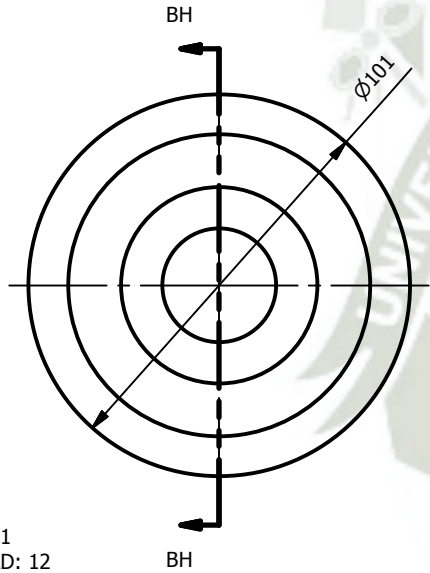
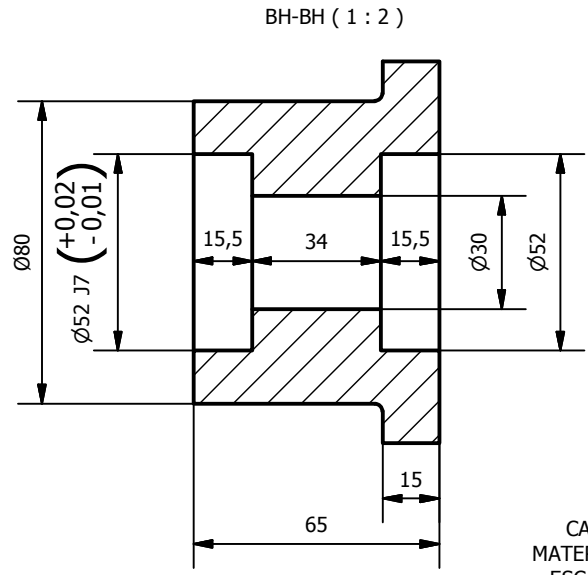
MATERIAL :	-ASTM A36		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m³ Y PRESION DE 100PSig
PROCESO :	-		NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA
PESO :	-	CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA	PLANO
			CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA	BASTIDOR 1
			CLIENTE: FECHA	ESCALA: 1 : 20
				CODIGO DE PLANO
				AUT-E-BS1
				PLANO NRO 14



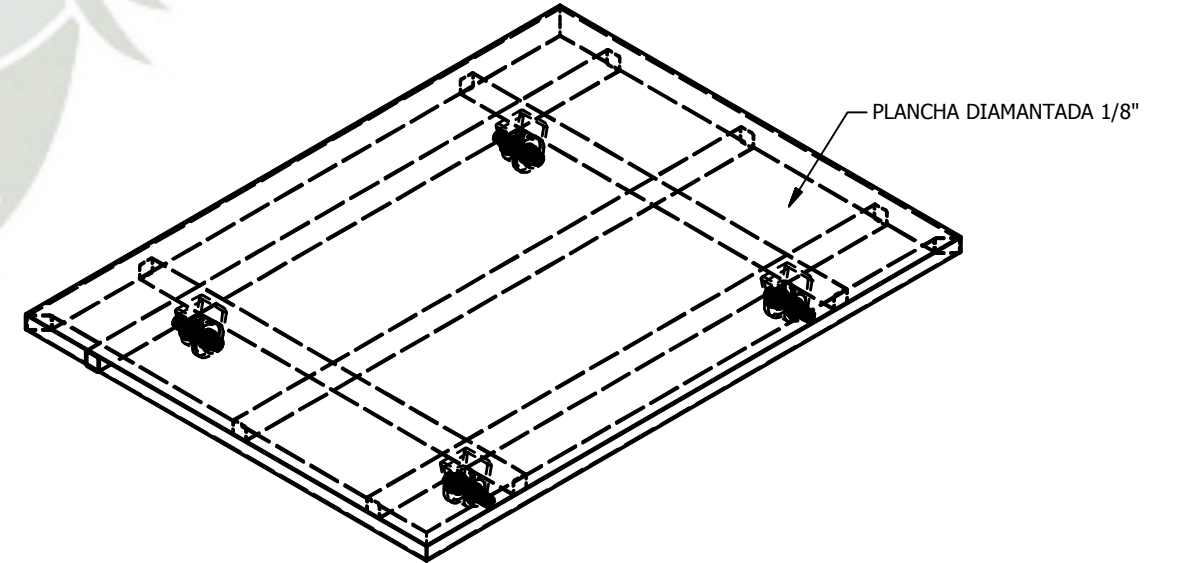
MATERIAL :	DESCRIPCION	 Universidad Católica de Santa María	FREDDY VALENCIA 25.12.2020	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m ³ Y PRESION DE 100PSig
	-ASTM A36		DISEÑADO POR: FECHA	
PROCESO :	NOTA:	TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.	FREDDY VALENCIA 25.12.2020	PLANO
	-	CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	DIBUJADO POR: FECHA	
PESO :	-	-	JESUS DONAYRE 28.02.2021	BASTIDOR 2
	-	-	REVISADO POR: FECHA	
-	-	-	CARLOS GORDILLO 28.02.2021	ESCALA: CODIGO DE PLANO 1 : 20
-	-	-	APROBADO POR: FECHA	
-	-	-	CLIENTE: FECHA	PLANO NRO REV 15 0



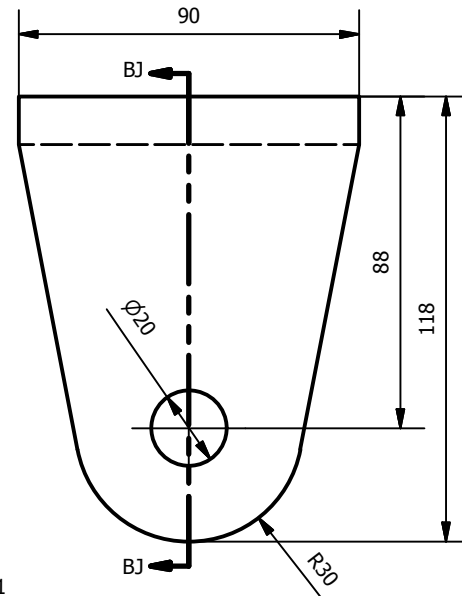
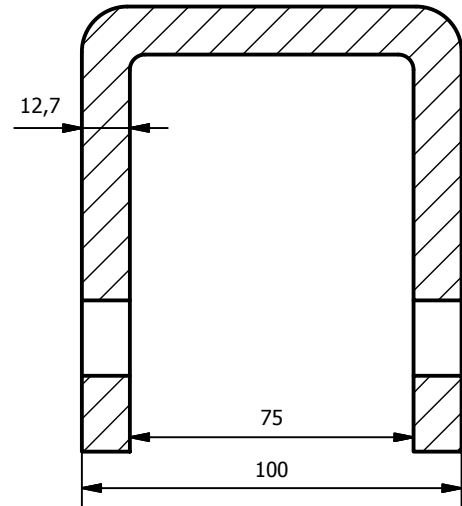
PT-01
CANTIDAD: 3 UNIDADES
ESCALA (1 : 20)



RD-01
CANTIDAD: 12
MATERIAL: ASTM A36
ESCALA: (1 : 20)

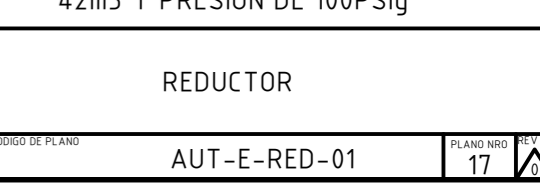
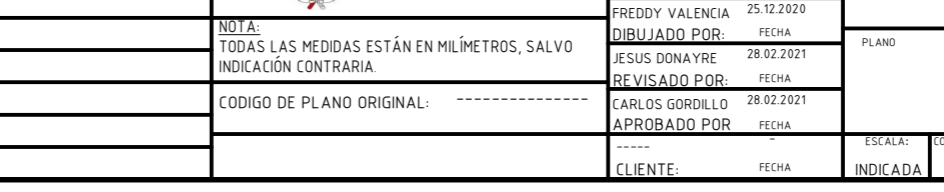
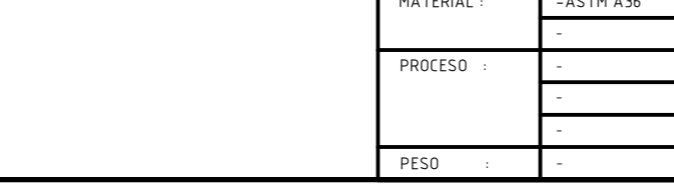
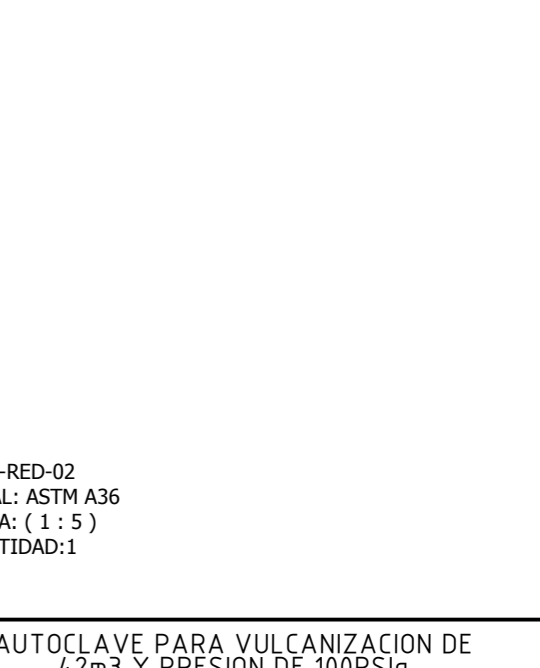
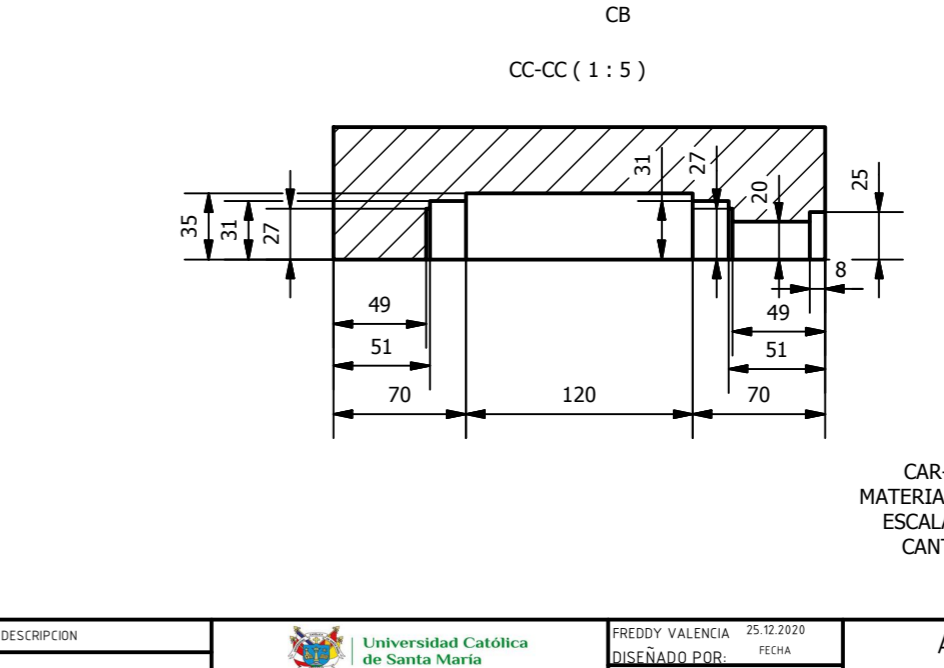
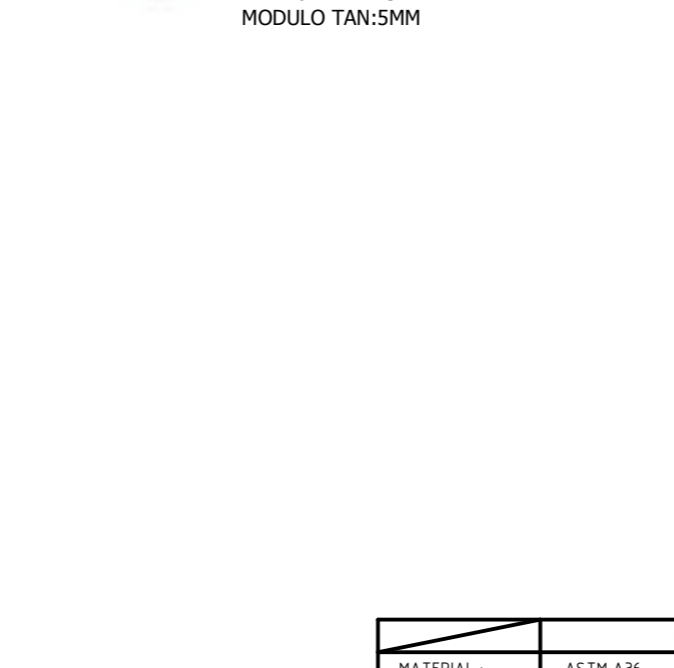
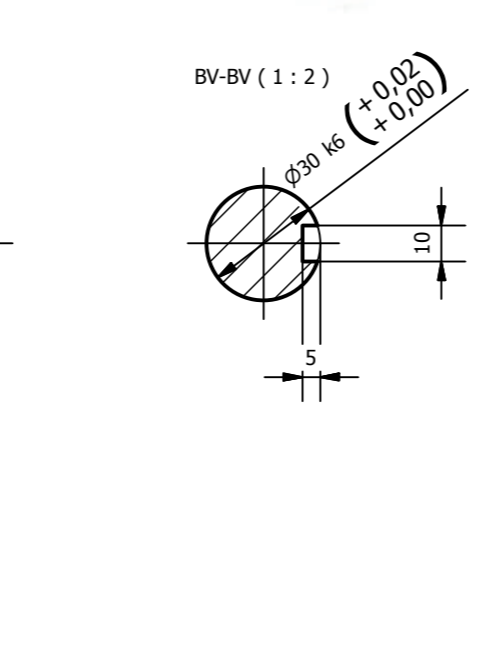
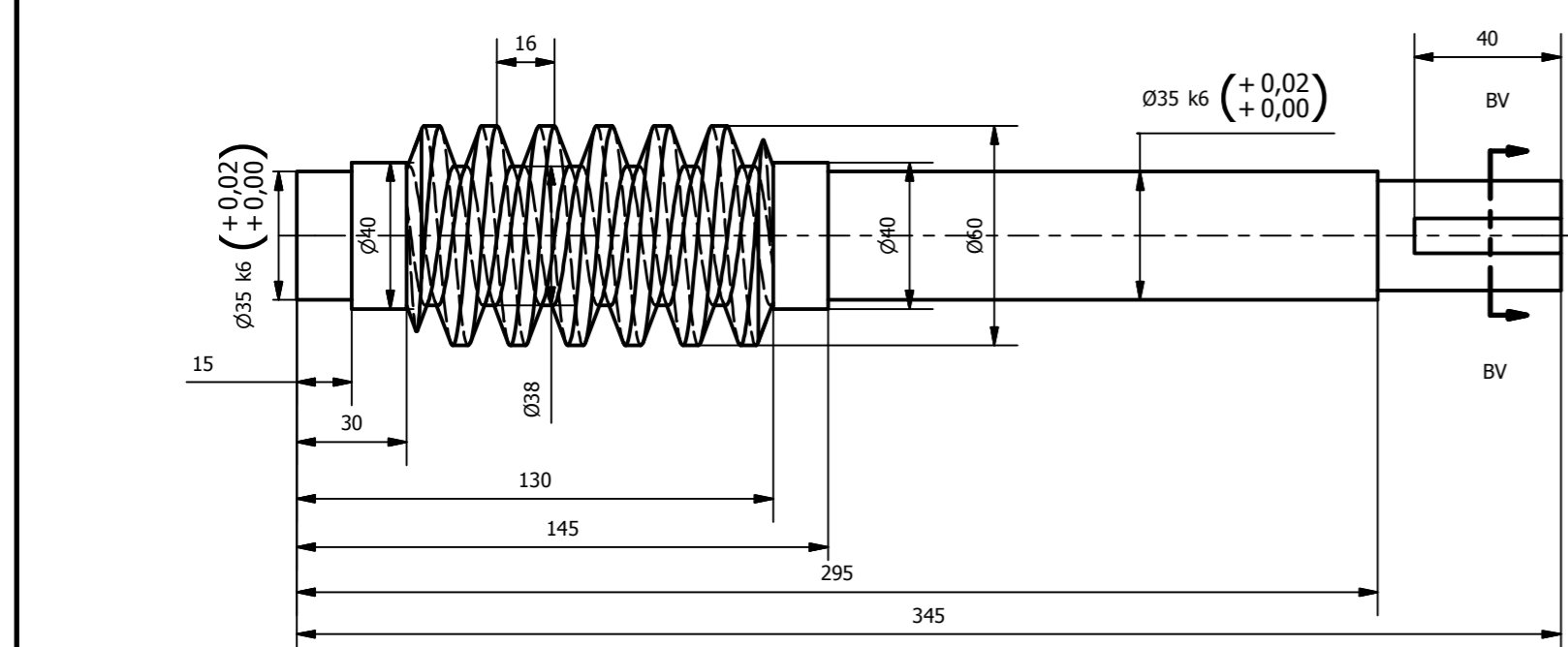
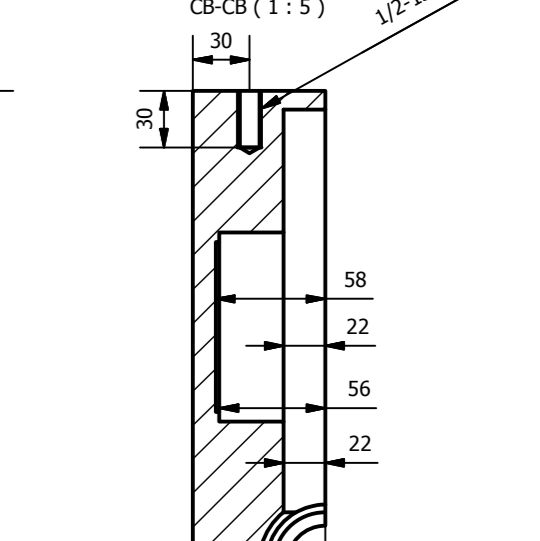
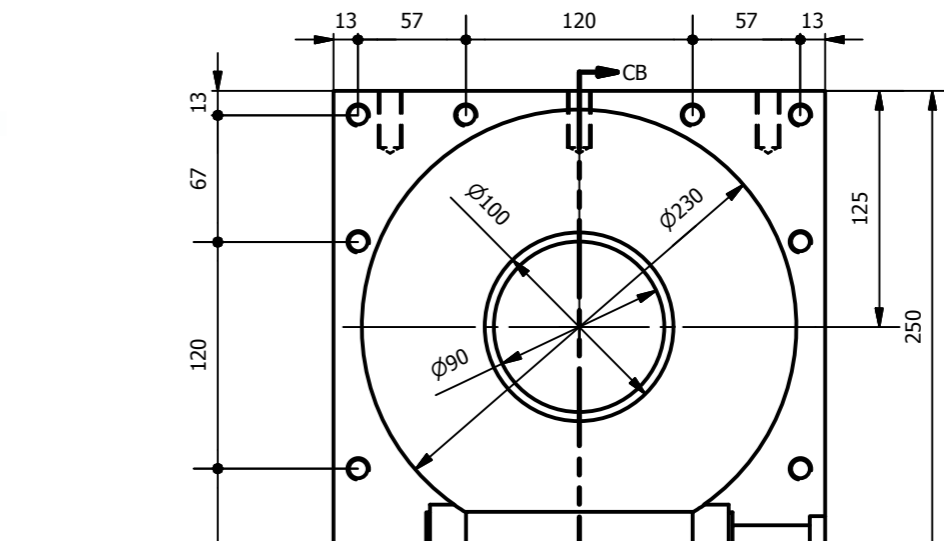
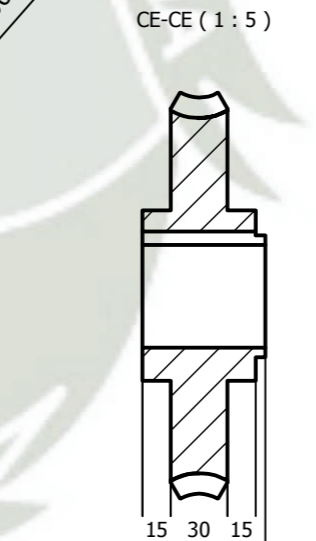
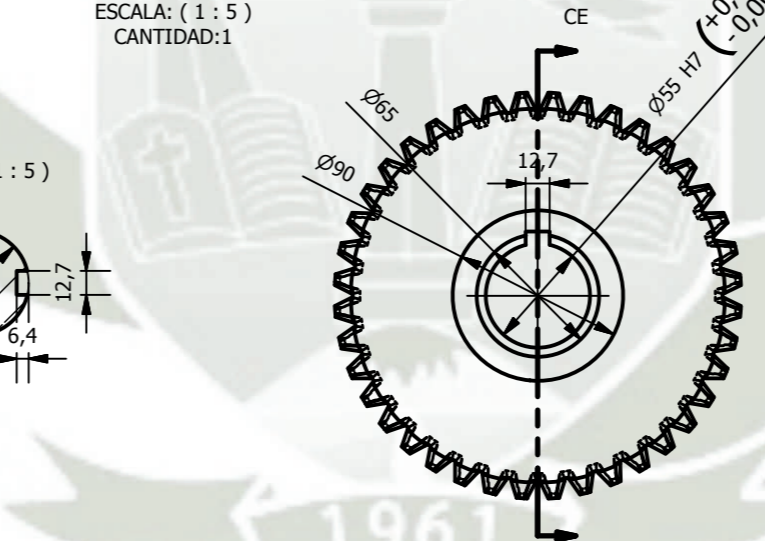
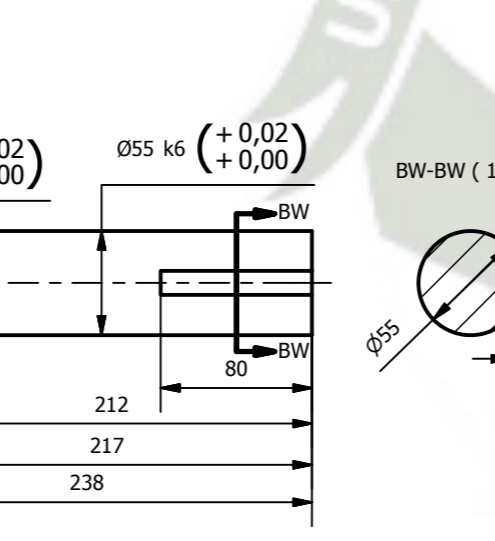
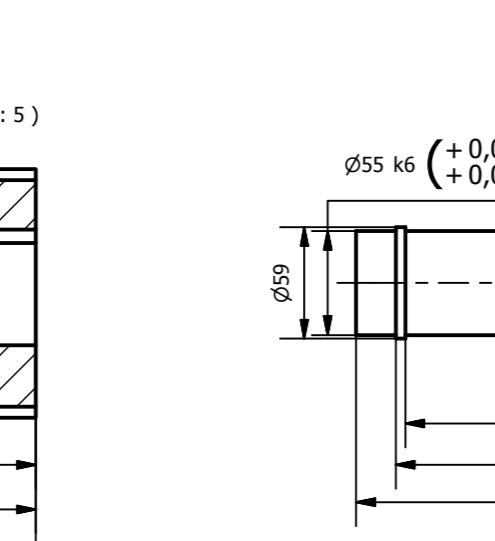
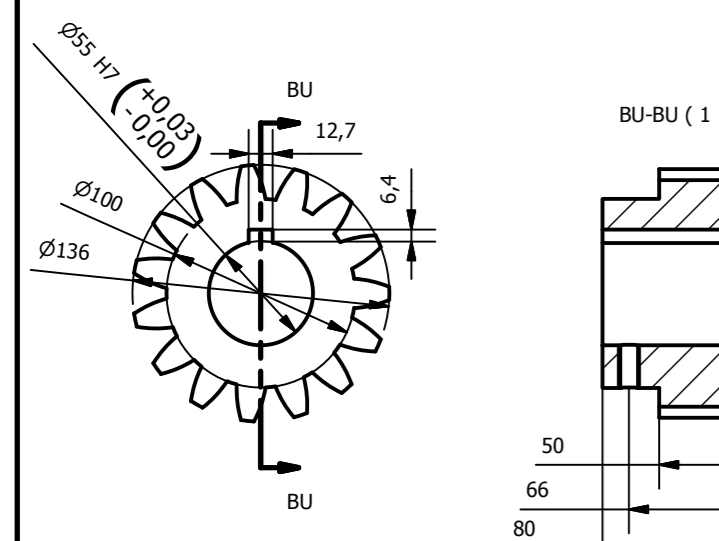
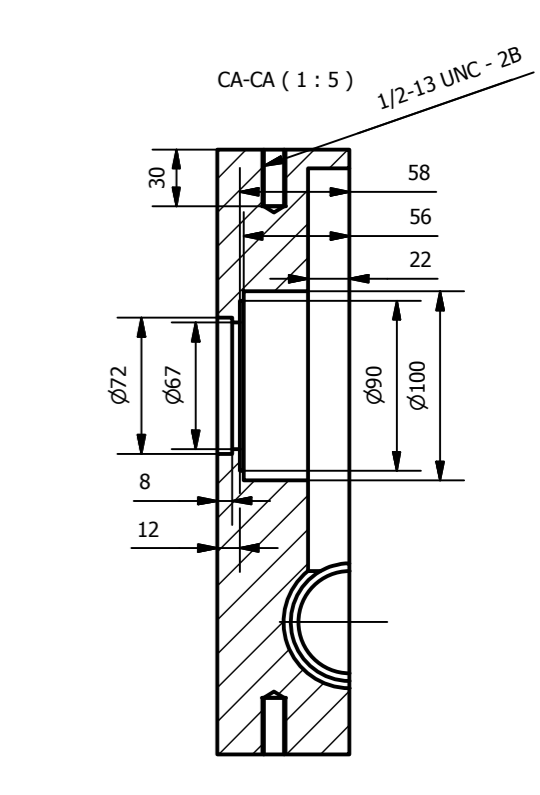
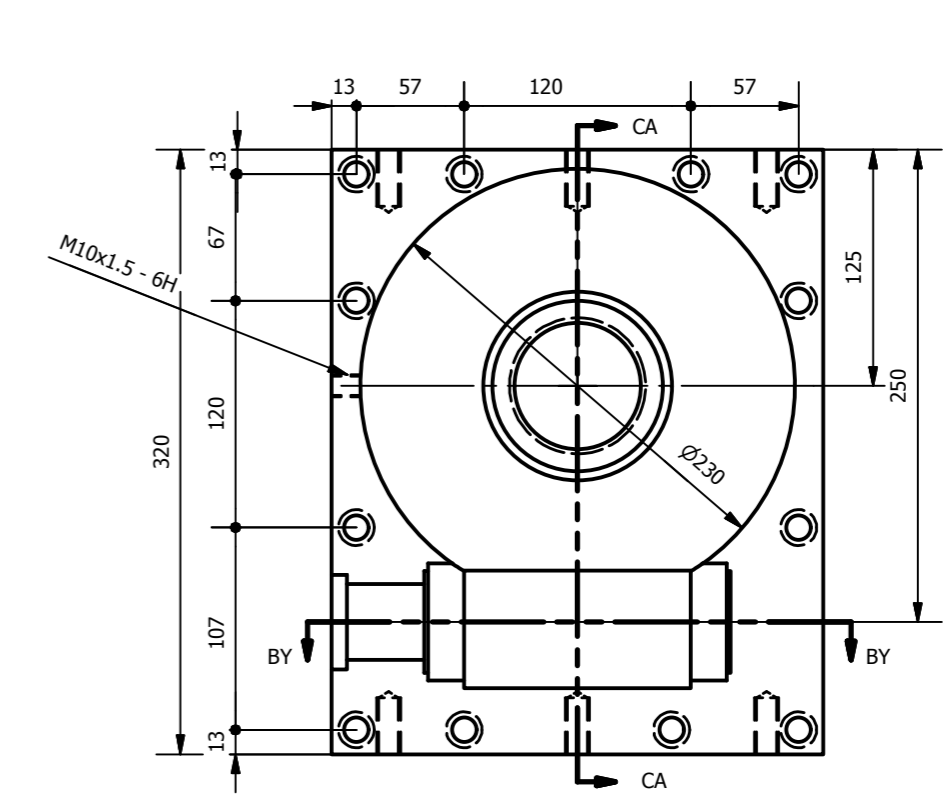
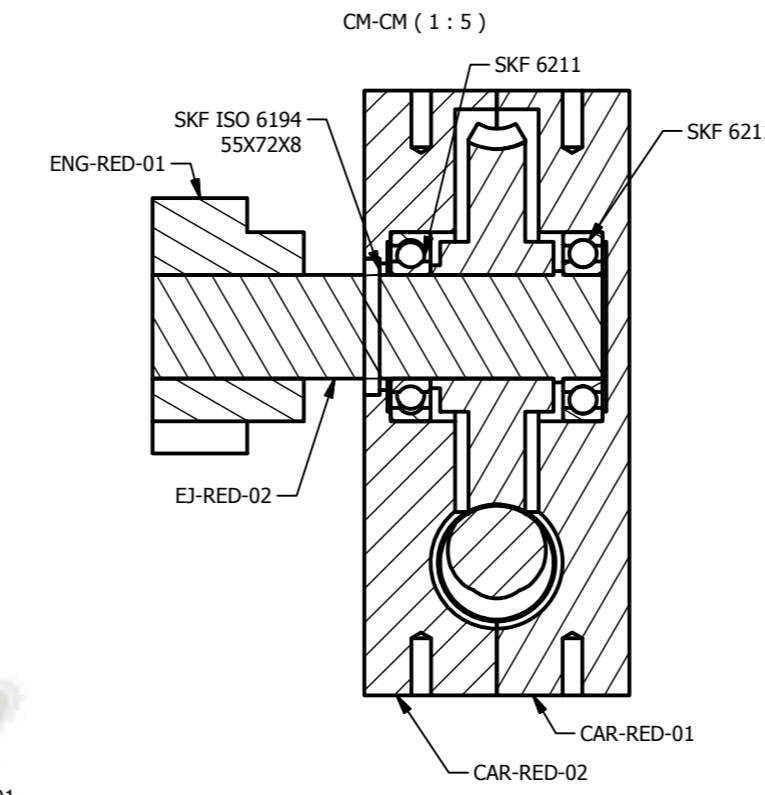
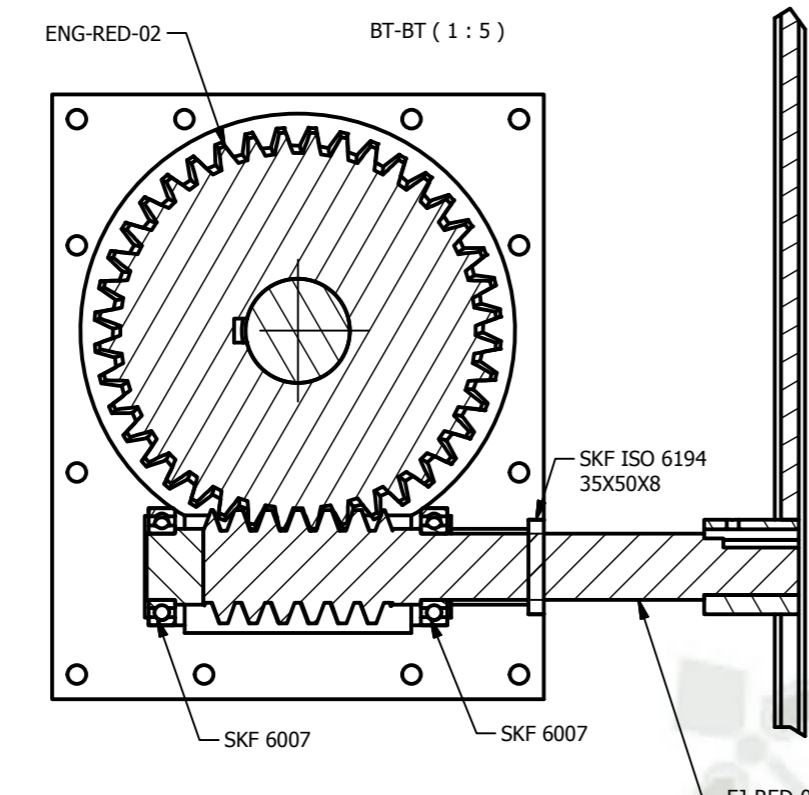
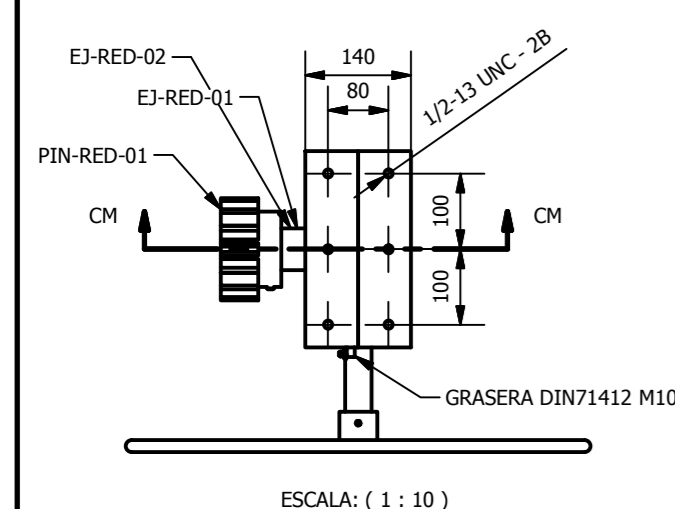
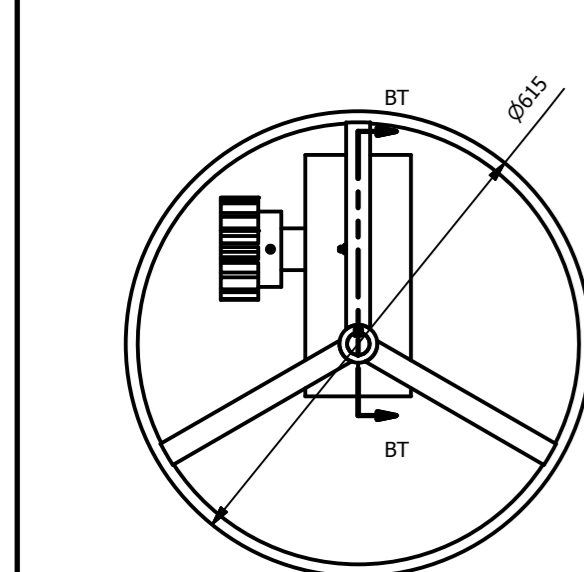
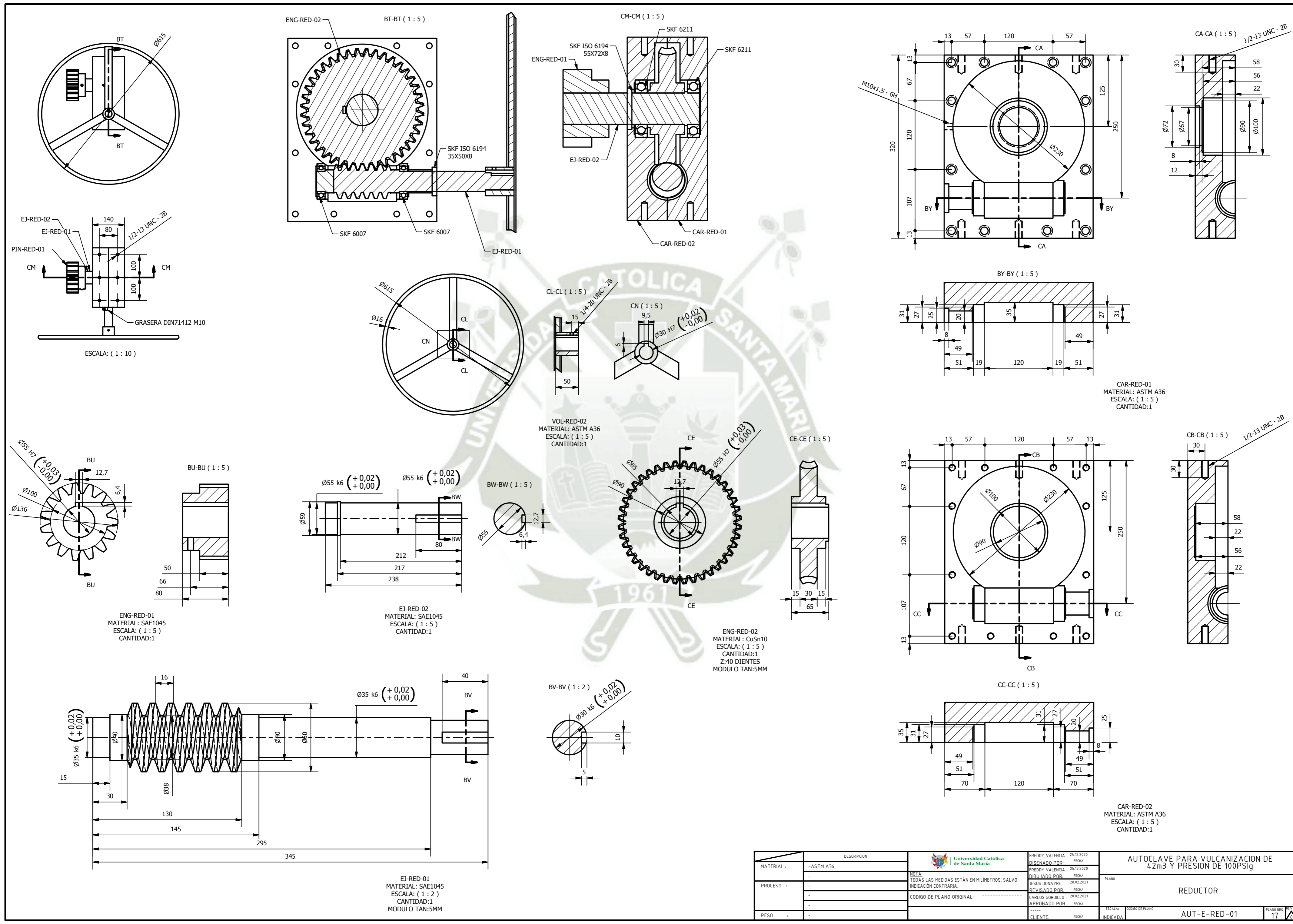


BJ-BJ (1 : 2)



SP-01
CANTIDAD: 12
MATERIAL: ASTM A36
ESCALA: (1 : 20)

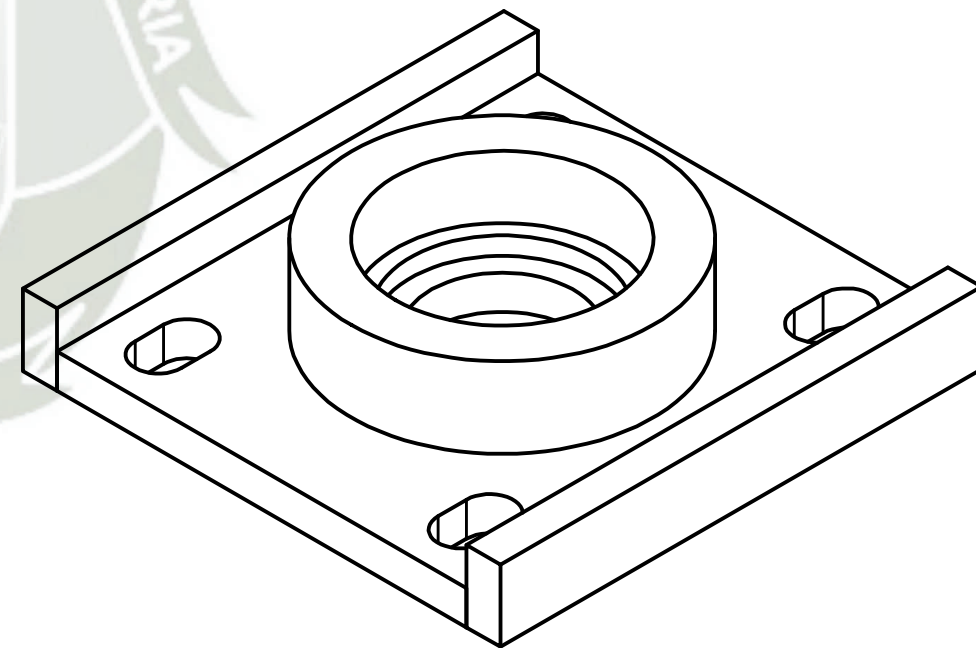
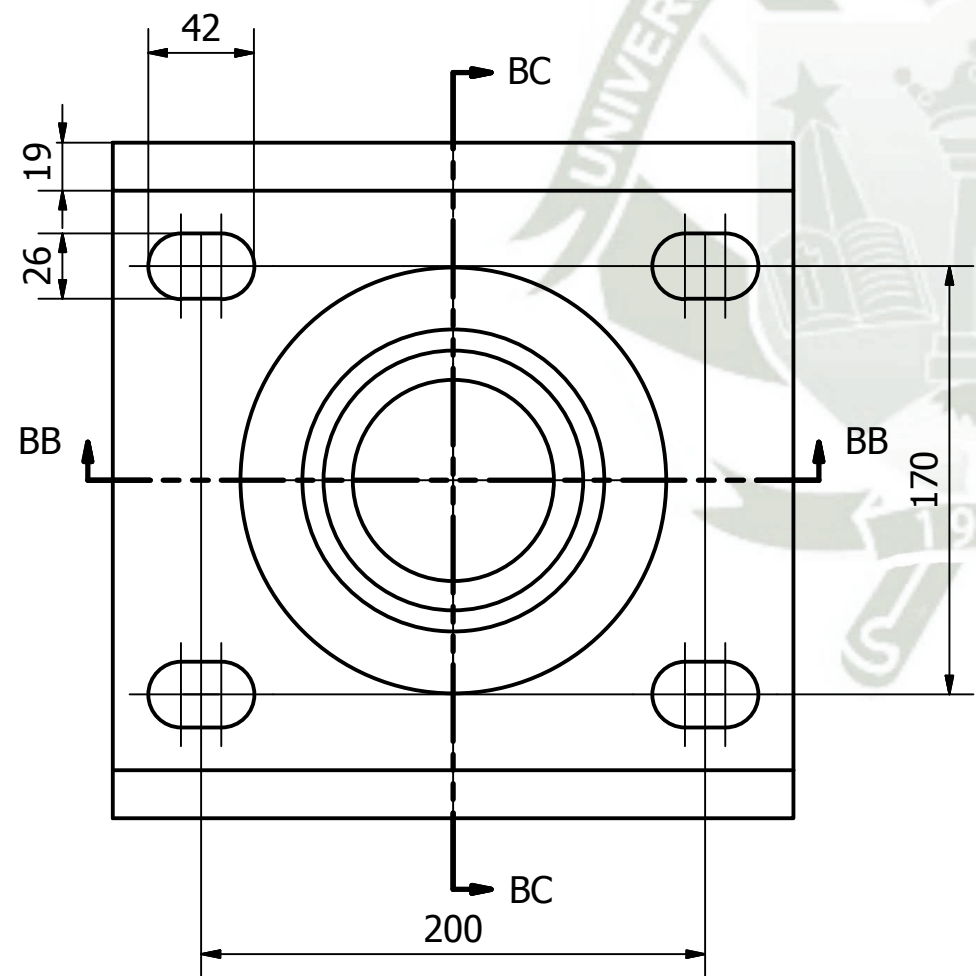
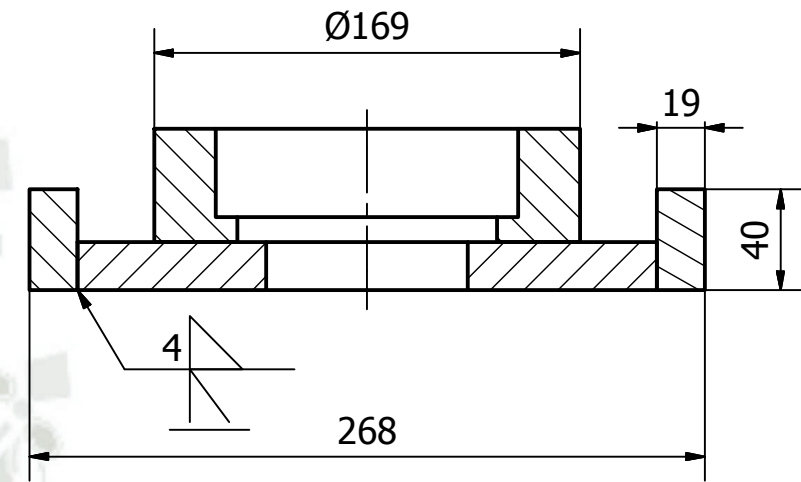
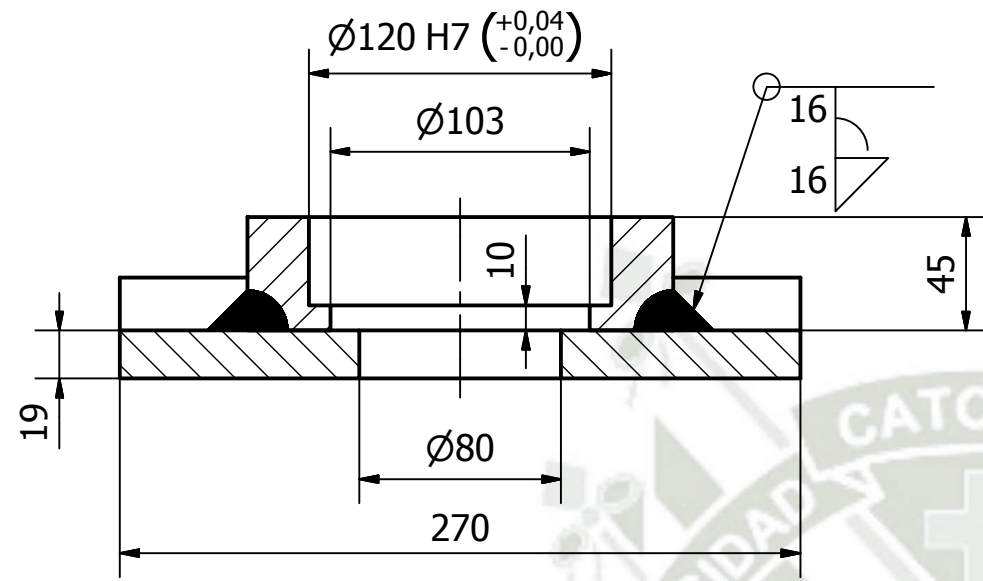
DESCRIPCION			FREDDY VALENCIA 25.12.2020	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m³ Y PRESION DE 100PSig
MATERIAL :	-ASTM A36		DISEÑADO POR:		FECHA
PROCESO :	-	NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.	FREDDY VALENCIA 25.12.2020	PLANO PLATAFORMA
PESO :	-	CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	DIBUJADO POR:	
			JESUS DONAYRE 28.02.2021	
			REVISADO POR:	
			CARLOS GORDILLO 28.02.2021	
			APROBADO POR:	
			CLIENTE:	FECHA
			ESCALA:	CODIGO DE PLANO
			INDICADA	AUT-E-PT
				PLANO NRO
				16




DESCRIPCION		Universidad Católica de Santa María		FREDDY VALENCIA 25-12-2020		AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 42m3 Y PRESION DE 100PSIg	
MATERIAL :	-ASTM A36	NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILIMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA. CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	DISEÑADO POR:	FREDDY VALENCIA	25-12-2020	PLANO	REDUCTOR
PROCESO :	-		DIBUJADO POR:	JESUS DONAYRE	28-02-2021		
PESO :	-		REVISADO POR:	CARLOS GORDILLO	28-02-2021		
	-		APROBADO POR:				
		CLIENTE:				ESCALA: CODIGO DE PLANO	AUT-E-RED-01
						INDICADA	17

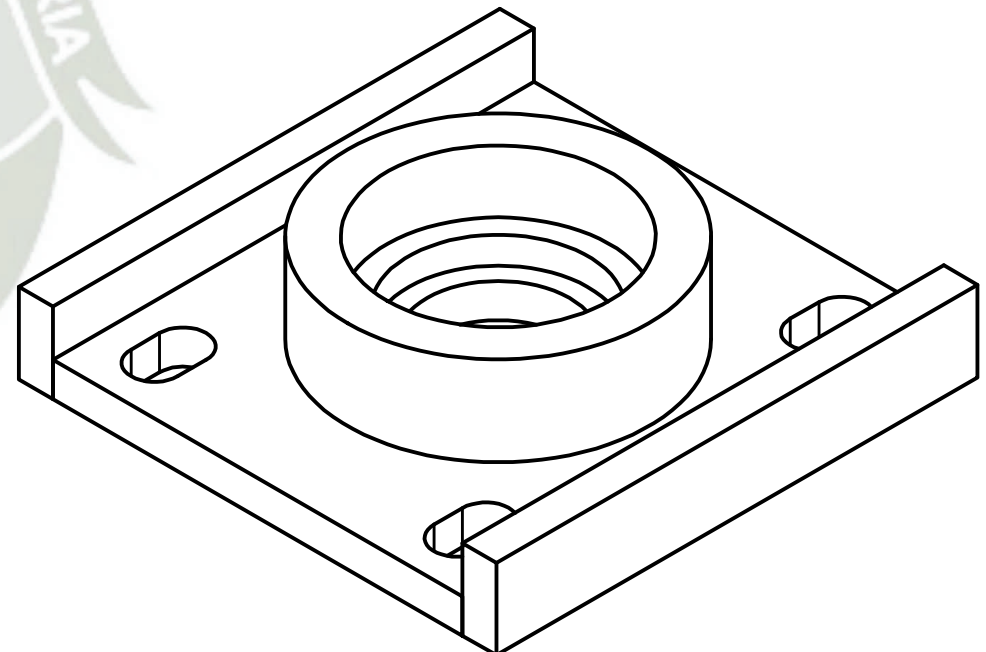
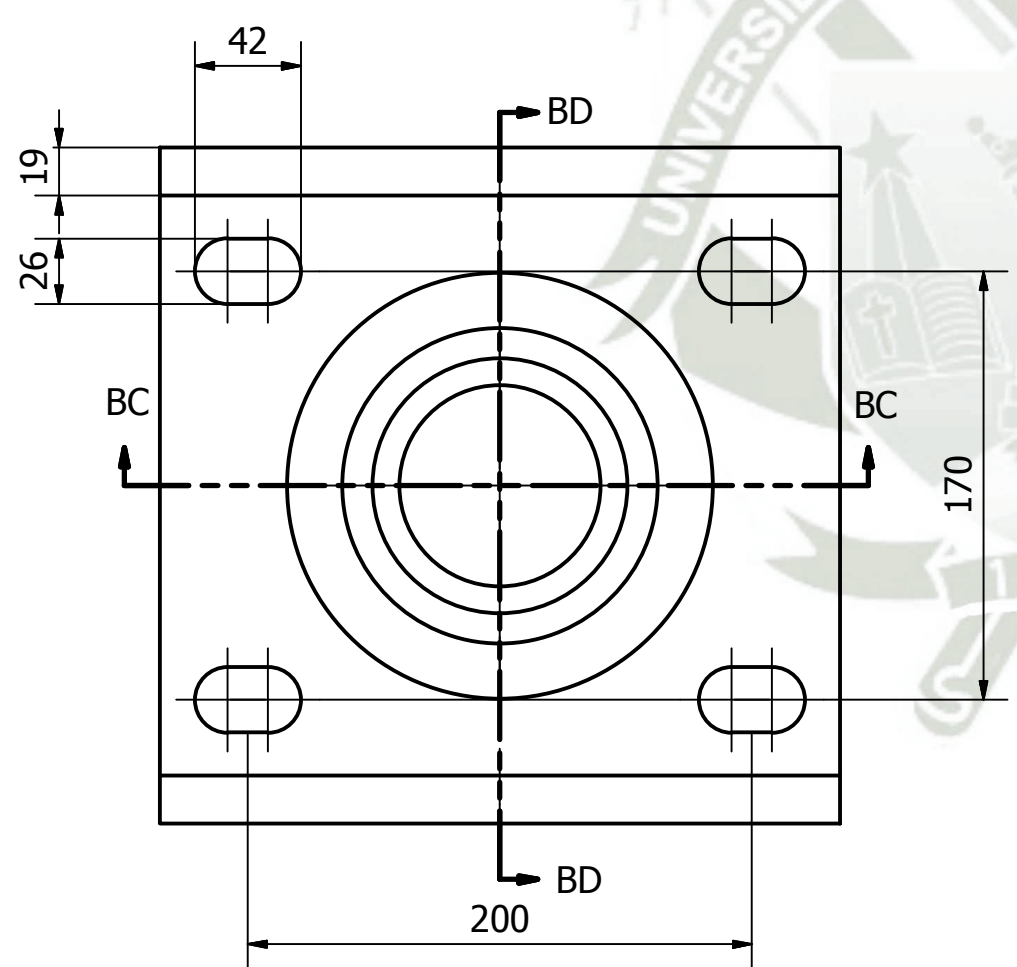
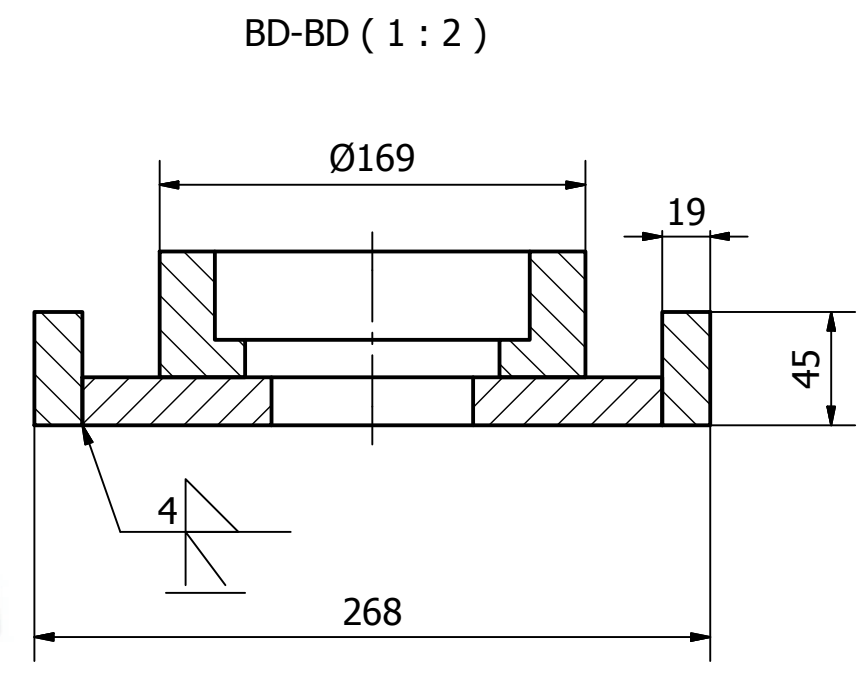
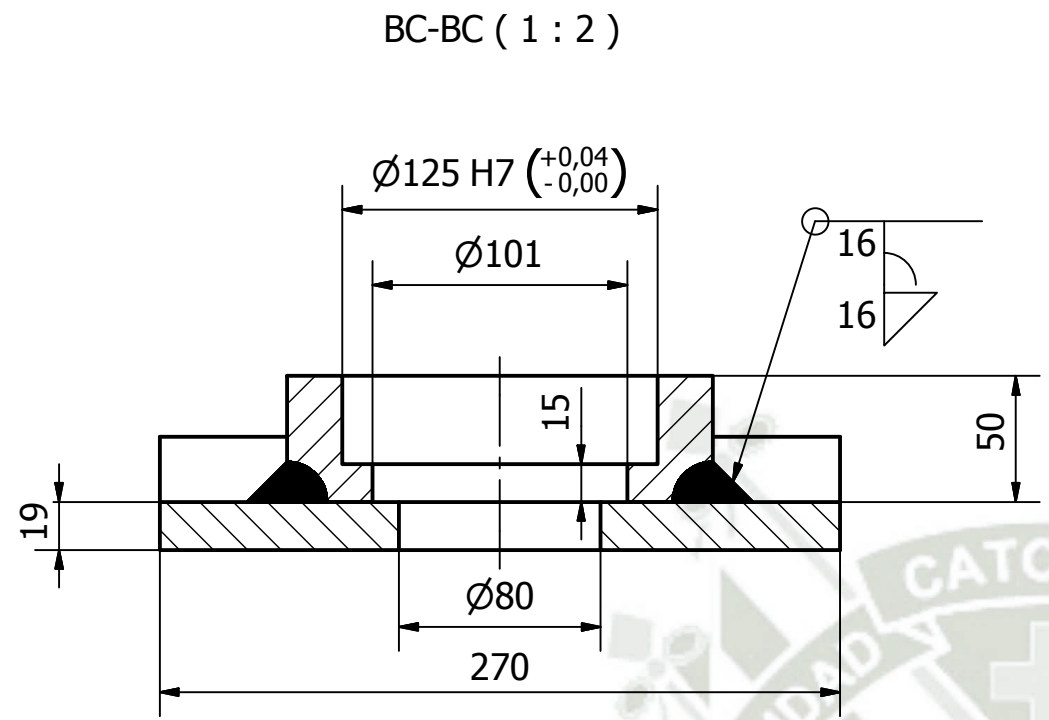
BB-BB (1 : 2)

BC-BC (1/3)



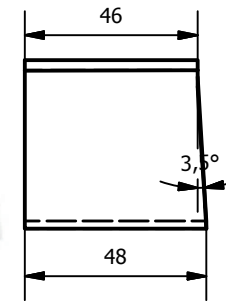
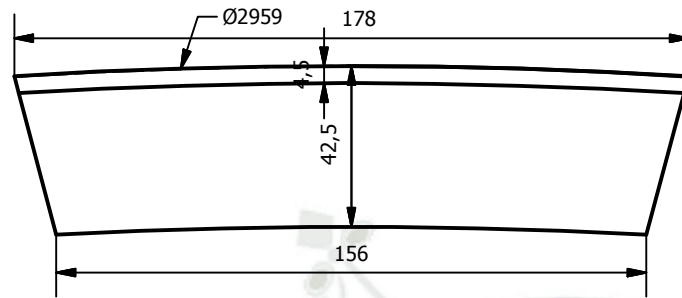
NOTA.
1. RECTIFICAR CARA INFERIOR UNA VEZ SOLDADO

DESCRIPCION		 Universidad Católica de Santa María	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m ³ Y PRESION DE 100PSig
MATERIAL :	-ASTM A36		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA		PLANO
PROCESO :	-	NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.	JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA	CHUMACERA SUPERIOR
PESO :	-	CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA	
			CLIENTE: FECHA	ESCALA: 1 : 2
				CODIGO DE PLANO AUT-E-CH-01
				PLANO NRO 18

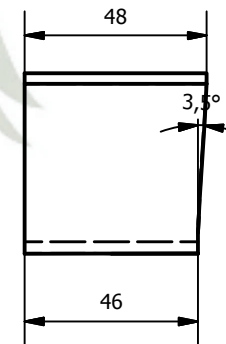
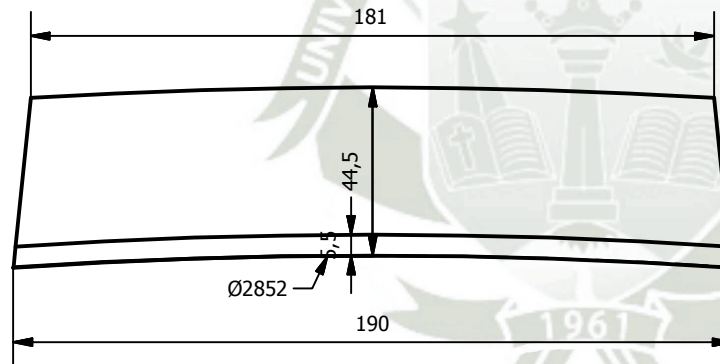


NOTA.
1. RECTIFICAR CARA INFERIOR UNA VEZ SOLDADO


DESCRIPCION		 Universidad Católica de Santa María	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m3 Y PRESION DE 100PSig PLANO
MATERIAL :	-ASTM A36		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA	
PROCESO :	-	NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.	JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA	CHUMACERA INFERIOR
PESO :	-	CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA	
			CLIENTE: FECHA	ESCALA: 1:2 CODIGO DE PLANO: AUT-E-CH-02 PLANO NRO: 19

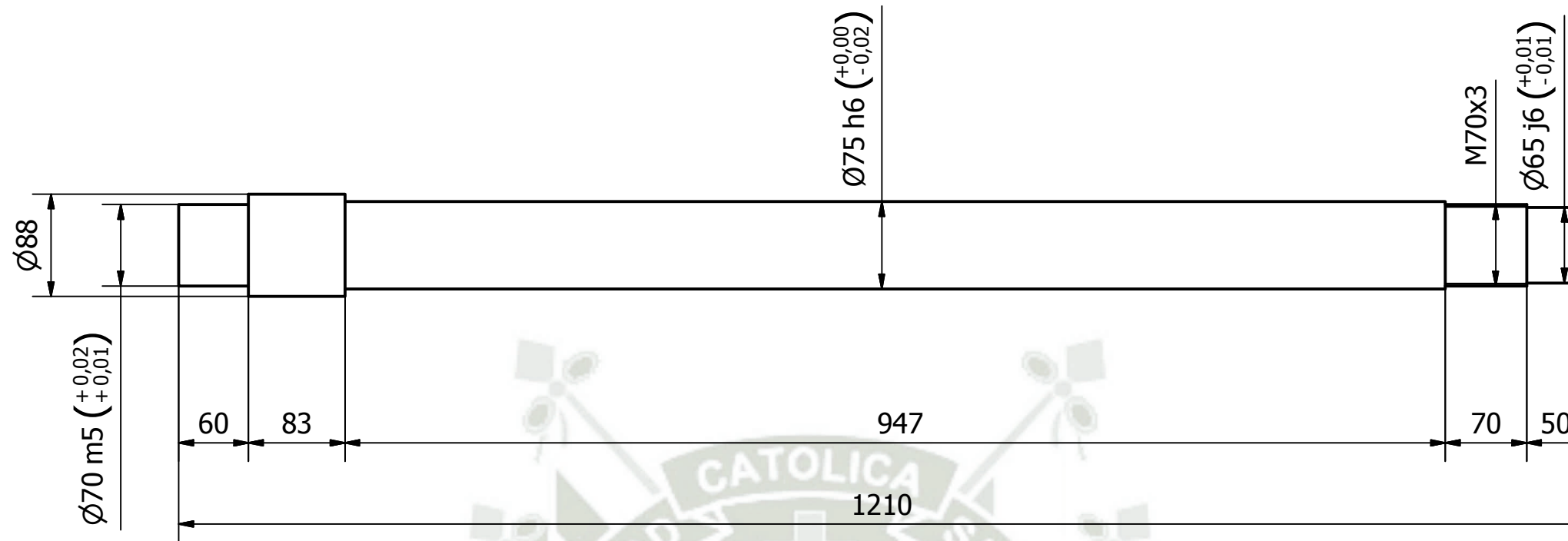


CN-01
ASTM A36
CANTIDAD: 24

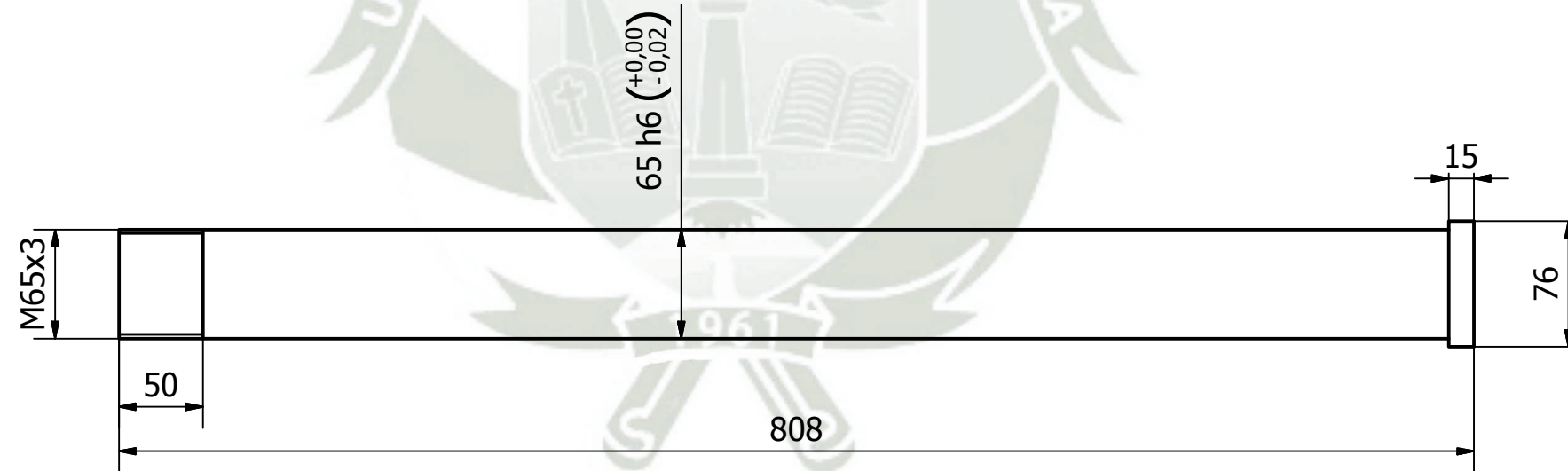


CN-02
ASTM A36
CANTIDAD: 24


	DESCRIPCION	 Universidad Católica de Santa María NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA. CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 42m3 Y PRESION DE 100PSig	
MATERIAL :	-ASTM A36		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA			PLANO MUELAS
PROCESO :	-		JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA		
	-		CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA		
PESO :	-		-----	ESCALA: 1 : 2	CODIGO DE PLANO	AUT-H-CN
			CLIENTE: FECHA	PLANO NRO 20	REV 0

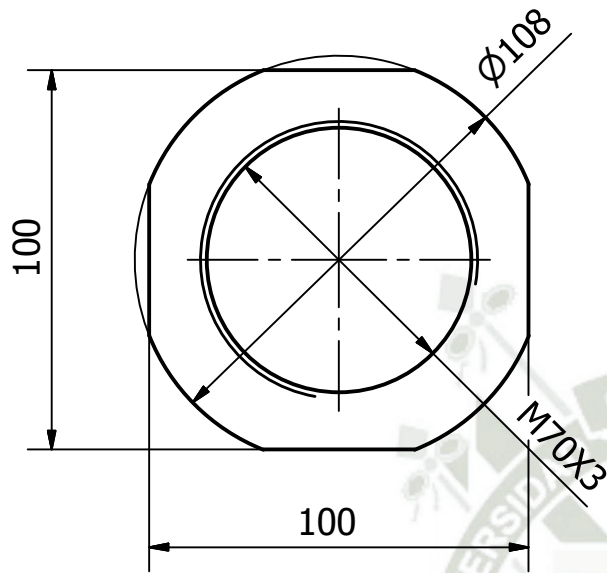


EJ-01
EJE SAE 1045 ϕ 3.5"X 1230mm

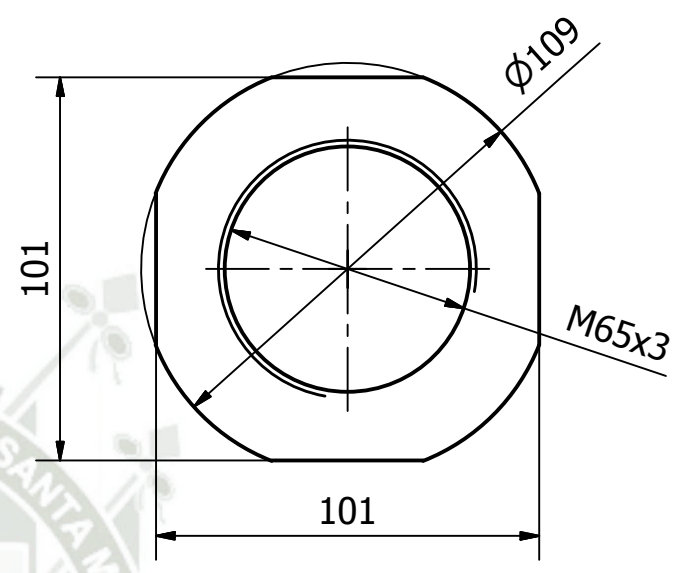
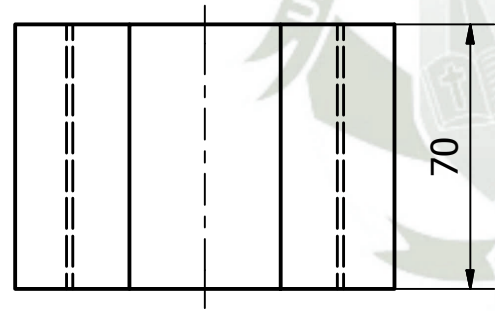


EJ-02
EJE SAE 1045 ϕ 3"X 810mm

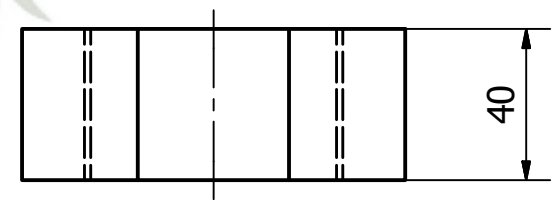
DESCRIPCION		 Universidad Católica de Santa María	FREDDY VALENCIA 25.12.2020	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 4.2m ³ Y PRESION DE 100PSig
MATERIAL :	-ASTM A36		DISEÑADO POR: FREDDY VALENCIA 25.12.2020		PLANO
PROCESO :	-	NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.	DIBUJADO POR: JESUS DONAYRE 28.02.2021	TAPAS TORIESFERICAS
PESO :	-	CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	REVISADO POR: CARLOS GORDILLO 28.02.2021	
			APROBADO POR: -----	ESCALA: 1:5
			CLIENTE: -----	CODIGO DE PLANO: AUT-H-EJ
				PLANO NRO: 21




TR-01
SAE 1045

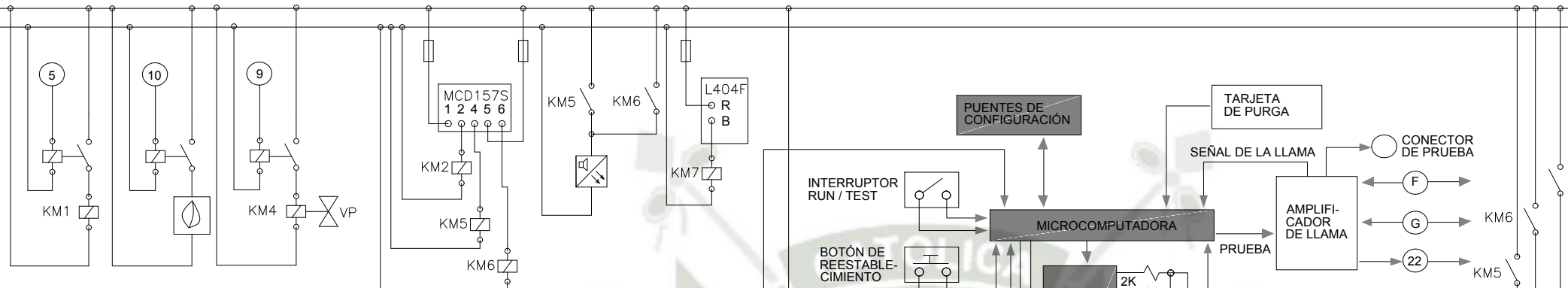


TR-02
SAE 1045

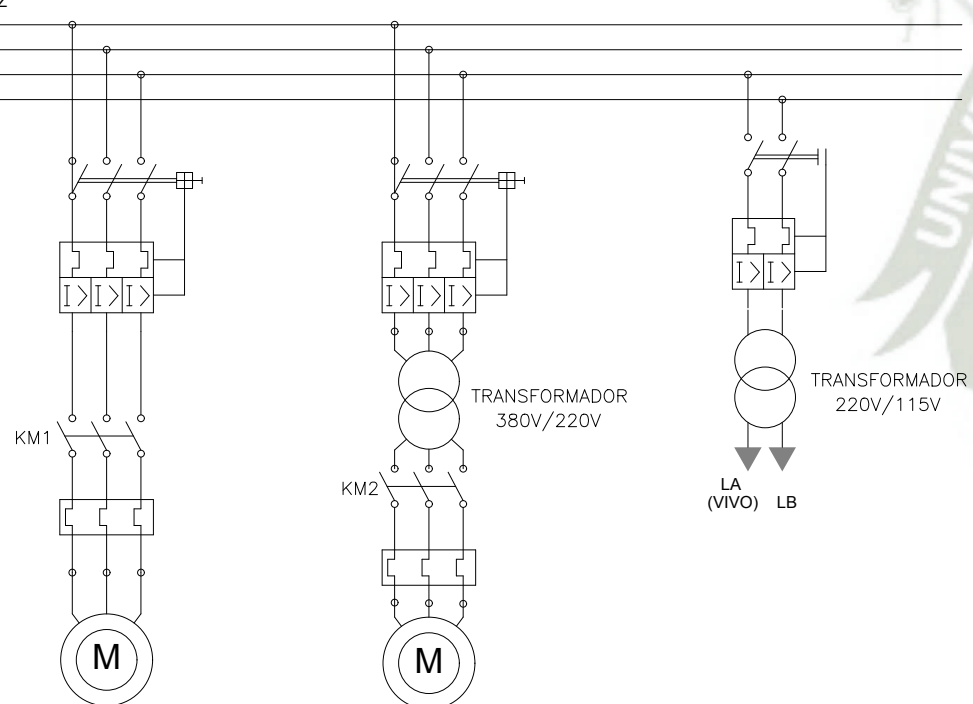


DESCRIPCION		 Universidad Católica de Santa María NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACIÓN CONTRARIA. CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----	FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA	AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 42m ³ Y PRESION DE 100PSig	
MATERIAL :	-ASTM A36		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA		
PROCESO :	-		JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA		
	-		CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA		
PESO :	-		-----	ESCALA: 1:2	CODIGO DE PLANO	AUT-H-TR
			CLIENTE: FECHA	PLANO NRO 22	REV 0

120 VCA,
60 HZ
LA
LB

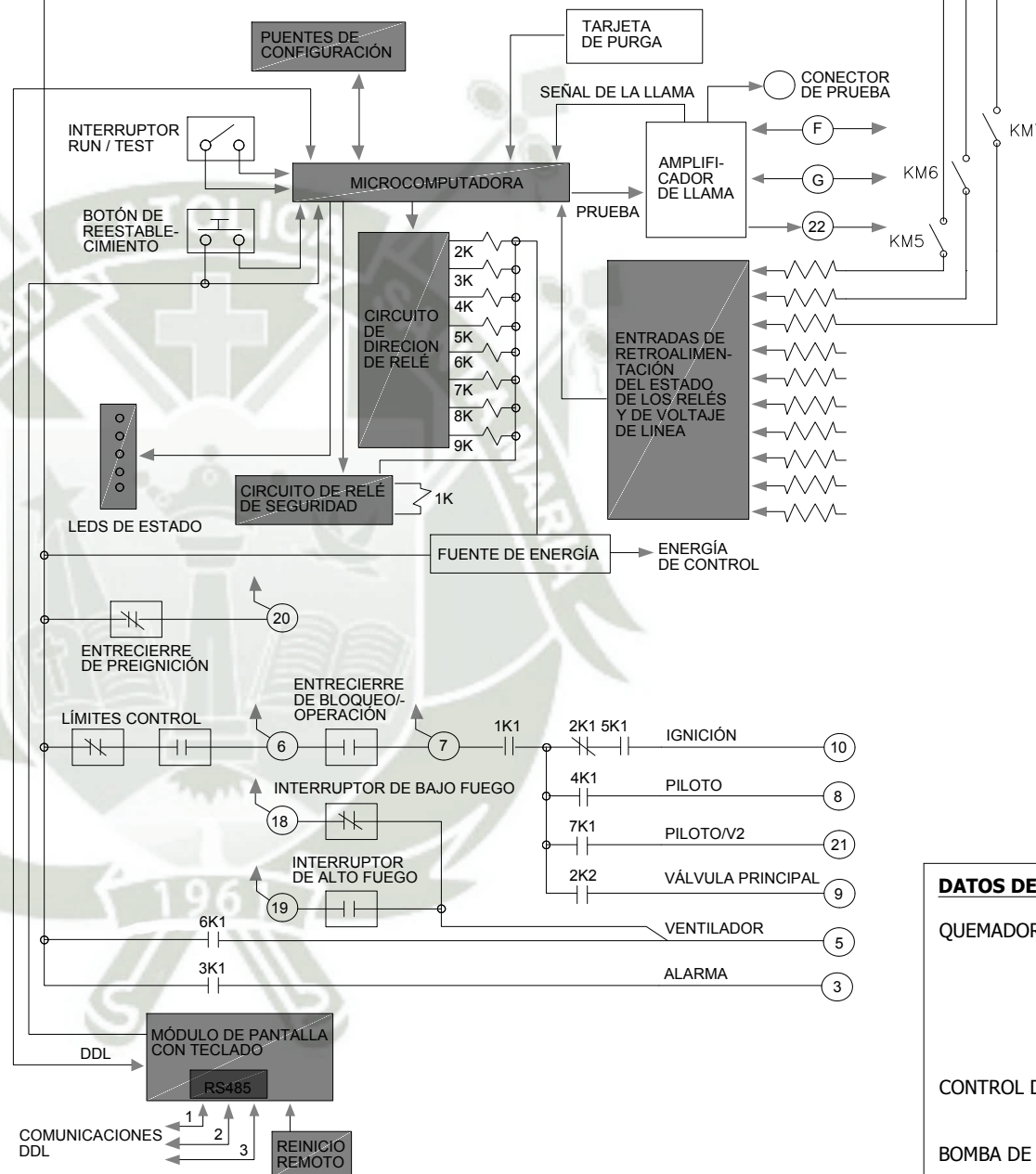


380 VCA,
60 HZ
L1
L2
L3
N




MOTOR 1 1/2HP
SOPLADOR QUEMADOR

BOMBA ALIMENTACION 2HP



DATOS DE DISEÑO	
QUEMADOR:	C2-GO-20B
COMBUSTIBLE:	GLP
VENTILADOR:	2 1/2 HP
ALIMENTACION:	380/3Φ/60HZ
SISTEMA DE CONTROL:	HONEYWELL RM7800
ALIMENTACION CONTROL:	115V/1Φ/60HZ
CONTROL DE NIVEL:	MCDONNELL Y MILLER 157S
PRESION:	150PSI
BOMBA DE ALIMENTACION:	BURKS PUMP 320CS6M
VAC:	220/3Φ/60HZ
POTENCIA:	2HP
PRESOSTATO:	HONEYWELL L404F
RANGO PRSION:	10-150PSI
ALARMA AUDITIVA:	DE BAJO NIVEL Y SOBREPRESION AUDITIVA

DESCRIPCION		 Universidad Católica de Santa María		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DISEÑADO POR: FECHA		AUTOCLAVE PARA VULCANIZACION DE 42m3 Y PRESION DE 100PSig	
MATERIAL :	-	NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO INDICACION CONTRARIA.		FREDDY VALENCIA 25.12.2020 DIBUJADO POR: FECHA		PLANO	
PROCESO :	-	CODIGO DE PLANO ORIGINAL: -----		JESUS DONAYRE 28.02.2021 REVISADO POR: FECHA		SISTEMA DE CONTROL GENERAL	
PESO :	-			CARLOS GORDILLO 28.02.2021 APROBADO POR: FECHA		ESCALA: CODIGO DE PLANO	
				CLIENTE: FECHA		AUT-E-CON-01	



ANEXOS

TABLA A-15

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., $T, ^\circ\text{C}$	Densidad, $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico, $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$	Conductividad térmica, $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Difusividad térmica, $\alpha, \text{m}^2/\text{s}^2$	Viscosidad dinámica, $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Viscosidad cinemática, $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1 056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1 069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1 081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1 093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1 115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1 135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1 153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1 169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1 000	0.2772	1 184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2 000	0.1553	1 264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Nota: Para los gases ideales, las propiedades c_p , k , μ y Pr son independientes de la presión. Las propiedades ρ , ν y α a una presión P (en atm) diferente de 1 atm se determinan al multiplicar los valores de ρ , a la temperatura dada, por P y al dividir ν y α entre P .

Fuente: Datos generados basándose en el software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198, y Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena y P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, ISBN 0-306067020-8.

TABLA A-3

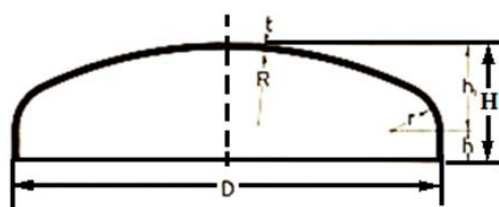
Propiedades de metales sólidos

Composición	Punto de fusión, K	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K), $k(\text{W/m} \cdot \text{K})/c_p(\text{J/kg} \cdot \text{K})$					
		ρ kg/m ³	c_p J/kg · K	k W/m · K	$\alpha \times 10^6$ m ² /s	100	200	400	600	800	1 000
Aluminio:											
Puro	933	2 702	903	237	97.1	302	237	240	231	218	
Aleación 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)	775	2 770	875	177	73.0	65	163	186	186		
Aleación 195, fundido (4.5% Cu)		2 790	883	168	68.2	473	787	925	1 042		
Berilio	1 550	1 850	1 825	200	59.2	990	301	161	126	106	90.8
Bismuto	545	9 780	122	7.86	6.59	16.5	9.69	7.04			
Boro	2 573	2 500	1 107	27.0	9.76	112	120	127			
						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

TABLA A-6

 Propiedades de materiales aislantes
 (a una temperatura media de 24°C)

Material	Espesor, <i>L</i> mm	Densidad, ρ kg/m ³	Conductividad térmica, <i>k</i> W/m · K	Calor específico, c_p kJ/kg · K	Valor <i>R</i> (para los espesores de la lista, <i>L/k</i>), K · m ² /W
Colcha y lámina					
Fibra mineral (forma fibrosa procesada a partir de roca, escoria o vidrio)	50 a 70 mm 75 a 90 mm 135 a 165 mm	4.8-32 4.8-32 4.8-32	— — —	0.71-0.96 0.71-0.96 0.71-0.96	1.23 1.94 3.32
Tablero y losa					
Vidrio celular		136	0.055	1.0	—
Fibra de vidrio (ligamento orgánico)		64-144	0.036	0.96	—
Poliestireno expandido (bolitas moldeadas)		16	0.040	1.2	—
Poliuretano expandido (<i>R</i> -11 expandido)		24	0.023	1.6	—
Perlita expandida (ligamento orgánico)		16	0.052	1.26	—
Caucho expandido (rígido)		72	0.032	1.68	—
Fibra mineral con aglomerante de resina		240	0.042	0.71	—
Corcho		120	0.039	1.80	—
Rociado o formado en el sitio					
Espuma de poliuretano		24-40	0.023-0.026	—	—
Fibra de vidrio		56-72	0.038-0.039	—	—
Uretano, mezcla de dos partes (espuma rígida)		70	0.026	1.045	—
Gránulos de lana mineral con aglomerantes de asbesto/inorgánico (rociado)		190	0.046	—	—
Relleno flojo					
Fibra mineral (de roca, escoria o vidrio)	~ 75 a 125 mm ~165 a 222 mm ~191 a 254 mm ~185 mm	9.6-32 9.6-32 — —	— — — —	0.71 0.71 0.71 0.71	1.94 3.35 3.87 5.28
Aerogel de sílice		122	0.025	—	—
Vermiculita (expandida)		122	0.068	—	—
Perlita (expandida)		32-66	0.039-0.045	1.09	—
Aserrín o virutas		128-240	0.065	1.38	—
Aislamiento celulósico (papel molido o pulpa de madera)		37-51	0.039-0.046	—	—
Aislamiento para techo					
Vidrio celular	—	144	0.058	1.0	—
Preformado, para usarse arriba del tablero	13 mm 25 mm 50 mm	— — —	— — —	1.0 2.1 3.9	0.24 0.49 0.93
Aislamiento reflector					
Polvo sílice (al vacío)		160	0.0017	—	—
Hoja de aluminio separando colchones de vidrio esponjoso; 10 a 12 capas (al vacío); para aplicaciones criogénicas (150 K)		40	0.00016	—	—
Hoja de aluminio y laminado de vidrio y papel; 75 a 150 capas; para aplicaciones criogénicas (150 K)		120	0.000017	—	—



KLÖPPERFORM

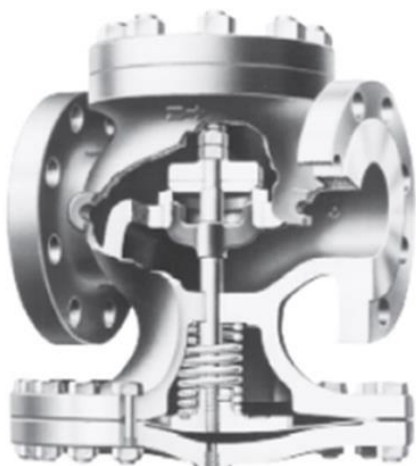
Form factor	$\gamma = 2.1$
Spherical radius	$R = D$
Corner radius	$r = 0.10 D$
Total height without flange	$h_1 = 0.194 D$

Flange length h					35 mm		50 mm					65 mm		
Plate thickness t mm					12	13	14	15	16	17	18	19	20	
D	R	r	h_1	Volume litres	Theoretical weight in kg									
200	200	20	40	0,8	5,4	6,8	7,2	7,7	8,1	8,6	10,3	10,9	11,4	
225	225	23	45	1,1	6,7	8,3	8,9	9,4	10,0	10,7	12,6	13,2	13,8	
250	250	25	50	1,6	8,0	9,8	10,5	11,2	11,9	12,6	14,8	15,5	16,3	
275	275	28	55	2,1	9,4	11,5	12,3	13,1	13,9	14,7	17,3	18,1	19,0	
300	300	30	60	2,7	11,1	13,4	14,3	15,3	16,3	17,3	20,1	21,1	22,1	
350	350	35	70	4,3	14,6	17,5	18,7	20,0	21,2	22,5	26,0	27,4	28,6	
400	400	40	80	6,4	18,4	21,8	23,4	25,0	26,6	28,1	32,3	34,0	35,6	
450	450	45	90	9,1	23,9	26,9	28,9	30,8	32,8	34,8	39,6	41,7	43,8	
500	500	50	100	13,0	27,8	32,5	34,9	37,2	39,7	42,0	47,7	50,2	52,6	
550	550	55	110	17,0	33,3	38,7	41,5	44,3	47,2	50,0	56,5	59,5	62,5	
600	600	60	120	22	39,2	45,3	48,6	51,9	55,4	58,6	65,9	69,5	73,0	
650	650	65	130	27	45,2	51,9	55,9	59,7	63,6	67,5	75,6	79,6	83,7	
700	700	70	140	34	52,0	59,7	64,1	68,6	73,0	77,4	86,5	91,1	95,8	
750	750	75	150	42	59,3	67,8	73,0	78,0	83,1	88,0	98,0	104,0	109,0	
800	800	80	160	51	67,3	76,6	82,4	88,0	93,8	99,5	110,0	117,0	123,0	
850	850	85	170	61	75,6	85,8	92,4	98,7	106	112	124	130	137	
900	900	90	180	73	83,7	95,0	103,0	110,0	117	124	137	144	151	
950	950	95	190	86	93,0	106,0	114,0	121,0	129	137	151	160	168	
1000	1000	100	195	100	103,0	116,0	125,0	134,0	142	151	167	176	185	
1100	1100	110	220	135	124,0	139,0	149,0	160,0	171	181	199	210	220	
1200	1200	120	240	175	145	163	176	188	201	213	234	246	259	
1300	1300	130	260	220	171	191	205	219	234	249	271	286	301	
1400	1400	140	280	275	196	219	236	253	269	285	312	328	345	
1500	1500	150	300	340	224	251	269	288	308	327	355	374	394	
1600	1600	160	320	410	255	284	305	327	348	369	402	425	446	
1700	1700	170	330	490	286	318	342	366	391	414	450	475	499	
1800	1800	180	350	585	321	355	383	410	436	463	502	530	558	
1900	1900	190	370	685	355	394	425	453	483	513	556	586	617	
2000	2000	200	390	800	393	435	469	501	534	567	614	648	682	
2100	2100	210	410	925	433	479	516	552	588	625	675	712	749	
2200	2200	220	430	1065	474	523	563	603	643	683	737	777	818	
2300	2300	230	450	1215	516	572	615	658	701	745	803	849	893	
2400	2400	240	470	1380	561	619	667	713	760	808	871	920	967	
2500	2500	250	490	1565	608	671	722	773	825	875	944	995	1049	
2600	2600	260	500	1760	657	724	789	835	890	945	1029	1074	1130	
2700	2700	270	520	1970	706	777	837	898	956	1015	1093	1156	1213	
2800	2800	280	540	2195	759	835	899	963	1027	1091	1173	1237	1302	
2900	2900	290	560	2440	813	894	962	1030	1099	1167	1255	1325	1393	
3000	3000	300	580	2700	870	956	1030	1103	1176	1249	1343	1416	1491	
3100	3100	310	600	2980	928	1020	1099	1177	1257	1335	1429	1507	1587	
3200	3200	320	620	3280	986	1085	1168	1253	1336	1418	1519	1604	1688	
3300	3300	330	640	3595	1049	1154	1242	1332	1419	1508	1618	1710	1800	
3400	3400	340	660	3930	1114	1221	1316	1410	1504	1598	1715	1811	1906	

The sizes for which the weights are in italics are only supplied after special agreement.
The volume is estimated to the centre of the corner radius.

TYPE E MAIN VALVE

SIZE 3/8" - 12" -
PRESSURES TO 600 PSIG AT 750°F



TYPE E MAIN VALVE

SIZING INFO PAGE 114

- Normally Closed
- Single Seat
- Balanced Metal Diaphragms
- Protected Main Spring
- Fluid, Gas & Vapor Applications
- Multiple Trims for Precise Sizing
- ANSI/FCI 70-2 Class IV Shutoff
- FCI 70-3 Class VI Shutoff
- Virtually Frictionless for Long Service Life
- Packless Construction
- Easy In-line Maintenance
- Wide Variety of Pilots for Many Applications
- Minimum Operating P 10psi (.7 bar)
- Lifetime Warranty against Wire Drawing of Seat & Disc*

APPLICATION DATA

- Pressure Regulating for Steam Distribution
- Regulating for Process Control (Temperature or Pressure)
- Maintain Back Pressure or Differential Pressure
- For use with Self-contained, Pneumatic or Electronic Pilots
- Single Point or Multiple Use Applications
- Slow Start-up or Shutdown

VALVE RATING

Valve Ends ASME/ANSI	Pressure PSIG (bar)	Temperature °F (°C)
CAST IRON		
B16.4 Class 250 NPT	250(17.2)	450(232)
B16.1 Class 125 Flanged	125(8.6)	450(232)
B16.1 Class 250 Flanged	250(17.2)	450(232)
CAST STEEL		
B16.34 Class 300 NPT	300(21.0)	600(315)
B16.34 Class 150 Flanged	150(10.3)	500(260)
B16.34 Class 300 Flanged	300(21.0)	600(315)
B16.34 Class 600 Flanged	600(41.4)	600(315)

750°F (400°C) construction available on request.
Other pressure/temperature ratings available; consult factory.
Maximum downstream pressure is 300 psi.
Canadian Registration # 0C 0591.9C

OPTIONS (SEE PAGE 42)

- Composition Disc
- Balanced Construction
- Insulcap Insulating Jacket
- High Temperature Construction
- Low ΔP (LP) Main Spring
- Parabolic Disc
- Integral Mount Pilot
- Secoweld
- Dashpot
- EZ Connections

TYPICAL CONFIGURATIONS

PRESSURE REDUCING.....	TYPE ED SERIES
AIR ADJUSTED.....	TYPE EA SERIES
BACK PRESSURE.....	TYPE EQ SERIES
PUMP GOVERNOR.....	TYPE EP SERIES
LOAD ALLOCATING.....	TYPE EFD
AIR CONTROLLED.....	TYPE EAP60
ELECTRONIC SLOW START.....	TYPE ED208D
SOLENOID CONTROLLED.....	TYPE EMD
SOLENOID ACTUATED.....	TYPE EM
DIFFERENTIAL.....	TYPE EN
TEMPERATURE CONTROL.....	TYPE ET SERIES

RATE FLOW COEFFICIENT (Cv)

SEAT FACTOR	REGULATION SIZE														
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12
Full	1.5	2.8	5.4	8.8	14.1	19.8	31	44	74	109	169	248	444	706	1113
Full 75%	--	2.2	4.2	7.2	11.1	15.9	22.9	37	56	88	136	188	353	558	880
Full 50%	--	1.7	2.6	6.3	7.4	11.3	17.7	25	42	65	94	139	252	400	631
Normal	.66	1.55	4.8	7.5	10.4	14.6	17.6	24	43	78	115	151	249	377	631
Normal 75%	--	--	--	--	--	--	--	18	34	62	89	110	187	294	463
Normal 50%	--	--	--	--	--	--	--	14	26	46	65	83	139	230	363

*When installed according to factory specifications.



FIGURE 31 BRONZE SERIES

APPLICATION DATA

- Steam Boilers
- Pressure Reducing Stations
- Unfired Steam Pressure Vessels & Lines
- Accumulators, Sterilizers, Steam Cleaners
- Air compressors, Cookers, Receivers
- Pneumatic Systems
- OEM Equipment

VALVE RATINGS *See Capacity Charts beginning on page 14*

Model	Pressure PSIG (bar)	Temperature °F (°C)
0031/0041/041A/41AT/41AA	10 to 250 (.7 to 17.2)	-20 to 406 (-29 to 208)
0032/0042/042A/42AT/42AA	10 to 300 (.7 to 20.7)	-20 to 422 (-29 to 216)
0033/0043/043A/43AT	10 to 250 (.7 to 17.2)	-20 to 406 (-29 to 208)

APPLICABLE CODES

- ASME Section I "V" for Steam
- ASME Section VIII "UV" for Steam/Air/Gas
- API 527
- Canadian Registration # 0G0591.9C
- PED (Consult Factory)

FIGURE 31 / 41
BRONZE SERIES

SIZES 1/2" - 2 1/2"
PRESSURES to 300 PSIG at 422°F

- Meets ASME Section I & VIII Code for Steam, Air & Non-hazardous Gas Service
- "V" or "UV" National Board Certified
- Dual Ring Control [See page 12](#)
- Rugged Cast Unitized Bonnet
- SS Spring Supplied as Standard
- Full Nozzle
- Soft Seat Design Available [See page 12](#)
- Open Lever Assembly

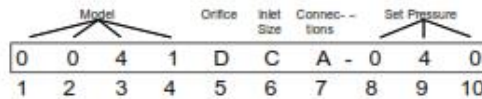
OPTIONS

- Top Outlet Discharge
- BSP Connections
- Soft Seated Valves
- Plain Cap (on selected models)
- Test Reports Available

MODELS

- 0031 - ASME Section I Steam, Bronze Trim
- 0041 - ASME Section VIII Steam, Bronze Trim
- 041A - ASME Section VIII Air, Bronze Trim
- 41AT - Top Outlet on 041A
- 41AA - Plain Cap on 041A (D orifice only)
- 0032 - SS Base & Disc on 0031
- 0042 - SS Base & Disc on 0041
- 042A - SS Base & Disc on 041A
- 42AT - SS Base & Disc on 41AT
- 42AA - SS Base & Disc on 41AA (D orifice only)
- 0033 - EPDM Soft Seat on 0031
- 0043 - EPDM Soft Seat on 0041
- 043A - Viton Soft Seat on 041A
- 43AT - Viton Soft Seat on 41AT

CODE SELECTION CHART



Model - Position 1, 2, 3 & 4
 0031 = ASME Section I Steam, Bronze Trim
 0041 = ASME Section VIII Steam, Bronze Trim
 041A = ASME Section VIII Air, Bronze Trim
 41AT = Top Outlet on 041A
 41AA = Plain Cap on 041A (D orifice only)
 0032 = SS Base & Disc on 0031
 0042 = SS Base & Disc on 0041
 042A = SS Base & Disc on 041A
 42AT = SS Base & Disc on 41AT
 42AA = SS Base & Disc on 41AA
 0033 = EPDM Soft Seat on 0031
 0043 = EPDM Soft Seat on 0041
 043A = Viton Soft Seat on 041A
 43AT = Viton Soft Seat on 41AT

Orifice - Position 5
 D
 E
 F
 G
 H
 J

Inlet Size - Position 6
 C = 1/2"
 D = 3/4"
 E = 1"
 F = 1 1/4"
 G = 1 1/2"
 H = 2"
 J = 2 1/2"

Connections - Position 7
 A = MPT x FPT
 E = MPT x Top
 F = MBSP x FBSP
 Z = Other

Set Pressure - Position 8, 9 & 10
 ___ = Actual Setting
 LAS - Loosely Assembled*

*Spence Certified Assemblers Only
 (use 0031, 0032, 0033, 41AT, 42AT,
 43AT, 41AA or 42AA only)

VALVE SIZING BY COMPUTATION

FORMULA KEY

A = Area of Pipe in (inches) ²	ΔP_s = P ₁ - P _v when P ₂ > P _v
C _v = Valve Coefficient	ΔP_s = P ₁ - (.96 - .28 $\sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$)P _v when P ₂ < P _v
EDR = Equivalent Direct Radiation (Sq. Ft.)	q = Liquid Flow Rate, U.S. gpm
F = Pipe Area Factor (see Pipe Factors Table)	Q = Flow Rate, SCFH
ft = Feet	T = Absolute T (T + 460)*R
G = Specific Gravity	T _{sh} = Steam Superheat (*F) =
ΔP = Pressure Drop, P ₁ - P ₂ psi	Total Steam Temp. - Saturated Steam Temp.
P ₁ = Inlet Pressure, psia (psi + 14.7)	\bar{v} = Specific Volume Ft ³ /#
P ₂ = Reduced Pressure, psia (psi + 14.7)	V = Velocity, FPM
PC = Pressure at Thermodynamic Critical Point, psia (water = 3206 psia)	W = Steam Flow, #/Hr.
P _v = Vapor Pressure, psia	W _s = Flow, #/Hr. Superheated Steam

To avoid interpolation or solve problems beyond the scope of the table, valve sizes may be determined by calculation as follows:

	C _v		
	SUBCRITICAL	CRITICAL	
SATURATED STEAM:	$C_v = \frac{P_2 > .58P_1}{2.1 \sqrt{\Delta P (P_1 + P_2)}} \frac{w}{w}$	$C_v = \frac{P_2 \leq .58P_1}{1.71P_1} \frac{w}{w}$	LOADS WATER $W = \frac{GPM}{2} \times \text{Temp. Rise (*F)}$ FUEL OIL $W = \frac{GPM}{4} \times \text{Temp. Rise (*F)}$ AIR $W = \frac{CFM}{900} \times \text{Temp. Rise (*F)}$ RADIATION $W = \frac{EEDR}{4}$ ABSORPTION $W = 16-20 \text{ #/Hr./Ton-Hr.}$ STEAM/ATOM $W = 0.1 \text{ #/Hr./#Oil}$
SUPERHEATED STEAM:	$C_v = \frac{P_2 > .55P_1}{2.1 \sqrt{\Delta P (P_1 + P_2)}} \frac{W (1 + .0007T_{sh})}{w}$	$C_v = \frac{P_2 \leq .55P_1}{1.75P_1} \frac{W (1 + .0007T_{sh})}{w}$	
GAS:	$C_v = \frac{Q}{963} \frac{P_2 > .5P_1}{\sqrt{\Delta P (P_1 + P_2)}} \frac{GT}{GT}$	$C_v = \frac{P_2 \leq .5P_1}{834 P_1} \frac{Q GT}{GT}$	
LIQUID:	$C_v = \frac{P_2 > P_1 - .85 \Delta P_s}{q \sqrt{\Delta P}} \frac{G}{G}$	$C_v = \frac{P_2 \leq P_1 - .85 \Delta P_s}{.93q \sqrt{\Delta P_s}} \frac{G}{G}$	

FLOW	
STEAM	$W = \frac{.0433 \times V \times F}{\bar{v}}$
AIR & GASES	$Q = \frac{.0259 \times V \times F \times P_1}{\sqrt{\Delta P}}$
LIQUIDS	$q = .0054 \times V \times F$

VELOCITY	
STEAM	V = 2.4 — A

PIPE FACTORS FOR STANDARD (SCHEDULE 40) PIPE			
SIZE	FACTOR	SIZE	FACTOR
1/8	.55	3 1/2	95
1/4	1.0	4	122
3/8	1.8	5	192
1/2	2.9	6	278
3/4	5.1	8	481
1	8.3	10	758
1 1/4	14	12	1076
1 1/2	20	14	1301
2	32	16	1699
2 1/2	46	18	2151
3	71	20	2673

TYPE D SERIES PILOTS PRESSURE REDUCING PILOTS



TYPE D PRESSURE PILOT

SIZING INFO PAGE 120

SPRING PRESSURE RANGE (PSIG)

TYPE D	TYPE D2	TYPE D5	TYPE D120
3-20*	100-300	1-10	5-25
5-50*		5-25	10-75
10-100			40-150
20-150			100-300

*With Vacuum Spring Assembly, minimum range is 30 inches Hg; maximum is reduced by 15 PSIG.

Canadian Registration # 0C 0591.9C

TYPICAL CONFIGURATIONS

PRESSURE REDUCING	TYPE ED
PRESSURE REDUCING	TYPE E2D
PRESSURE REDUCING	TYPE E5D
PRESSURE REDUCING	TYPE E6D
WATER PRESSURE REDUCING	TYPE C34D
TEMPERATURE & PRESSURE	TYPE ET14D

CONTROLS 3 to 300 PSIG

- Self Contained
- Spring Operated
- Normally Closed
- Packless Construction
- Fluid, Gas & Vapor Applications
- Accurate Regulation Unaffected by Service Conditions
- Easy In-line Maintenance

MODELS

- **TYPE D** for ± 1 psi control of delivery pressures between 3 and 150 psi.
- **TYPE D2** for control of delivery pressures between 100 and 300 psi.
- **TYPE D5** for $\pm 1/2$ psi control of delivery pressures between 1 and 25 psi.
- **TYPE D120** for exceptionally fast response controlling delivery pressures between 5 and 300 psi. To be used on large E main valves.

APPLICATION DATA

- Pressure Regulating for Steam Distribution
- Regulating for Process Control
- Can be used with Temperature Pilot to Regulate Pressure on Temperature Control Application

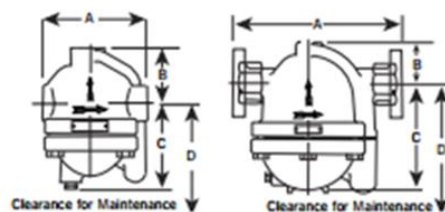
OPTIONS

- Spring Chamber
- Adjusting Handwheel
- Composition Disc
- Integral Mount Body
- Vacuum Spring Assembly

RATING (Maximum Inlet Conditions)

Construction	Pressure PSIG (bar)	Temperature °F (°C)
CAST IRON		
Class Iron	250(17.2) @	450 (232)
Class Steel	600(41.4) @	750 (400)

NOVA NFT250 SERIES VARIABLE ORIFICE STEAM TRAPS



Connections: 1/2"-2" NPT or 1 1/2" - 2" Flanged

SPECIFICATION

Steam trap shall be of float and thermostatic design. Float shall be free of levers, linkages, or other mechanical connections. Float shall be weighted to maintain orientation and shall act as the valve being free to modulate condensate through the seat ring. Air vent shall be of balanced pressure design with stainless steel welded encapsulated bellows capable of discharging air and noncondensable gases continuously within 15°F of saturated temperature. Trap shall contain integral strainer and stainless steel exhaust port sleeve. Trap shall be cast iron bodied suitable for pressures to 250 psi and available in 1/2" through 2" NPT or flanged.

Model	Size	Connection	Dimensions				Weight Lb (kg)
			A	B	C	D	
NFT250	1/2 & 3/4	NPT	4 3/4 (108)	2 1/2 (69)	3 1/2 (92)	5 1/2 (140)	6 (2.7)
NFT251	3/4 & 1	NPT	5 1/2 (140)	2 3/4 (74)	4 1/2 (116)	6 1/2 (171)	13 (5.9)
NFT252	1 & 1 1/2	NPT	11 (279)	2 3/4 (74)	7 1/2 (197)	10 (254)	41 (18.6)
NFT253	1 1/2 & 2	NPT	13 1/2 (349)	2 3/4 (74)	11 1/2 (295)	15 1/2 (391)	120 (54.5)
		250# Flg.	15 1/2 (400)	2 3/4 (74)	11 1/2 (295)	15 1/2 (391)	130 (59.1)

Materials of construction

Body and CoverCast Iron ASTM A126B
All Internal PartsStainless Steel
Air VentBalanced Pressure, Stainless Steel
Cover GasketGraphite Fiber

Maximum operations conditions

PMO: Max. Operating Pressure

ORIFICE	PMO	
20	20 psig	(1.4 barg)
50	50 psig	(3.5 barg)
100	100 psig	(6.9 barg)
150	150 psig	(10.3 barg)
250	250 psig	(17.2 barg)

PMA: Max. Allowable Pressure:

250 psig (17.2 barg)

TMA: Max. Allowable Temperature:

450°F (232°C)

Maximum Capacity-Lbs/hr (10°F Below Saturation)

Trap	Orifice Inch (mm)	Max. ΔP	Differential PSIG (barg)															
			1 (.07)	5 (.34)	10 (.69)	15 (1.03)	20 (1.38)	30 (2.07)	50 (3.45)	75 (5.17)	100 (6.90)	125 (8.62)	150 (10.3)	175 (12.1)	200 (13.8)	225 (15.5)	250 (17.2)	
NFT250	0.193	20	264	810	1050	1100	1200											
	0.141	50	190	430	610	750	870	1070	1400									
	0.102	100	88	160	250	300	350	425	530	670	710							
	0.091	150	70	140	219	260	295	345	410	470	520	555	590					
	0.067	250	37	90	140	170	200	240	300	340	390	405	415	440	460	480	500	
NFT251	0.277	20	590	1600	2100	2400	2450											
	0.209	50	340	760	1080	1330	1540	1900	2460									
	0.157	100	200	500	650	740	830	950	1100	1300	1400							
	0.141	150	170	385	527	627	705	825	990	1130	1240	1330	1415					
	0.120	250	110	255	360	425	500	575	700	800	900	940	1000	1050	1100	1150	1200	
NFT252	0.593	20	2720	6280	8600	10500	11700											
	0.469	50	1750	3920	5560	6830	7900	9700	12600									
	0.339	100	930	2170	3130	3840	4460	4990	6020	7030	7960							
	0.316	150	850	1935	2650	3150	3540	4140	4970	5685	6230	6690	7100					
	0.261	250	670	1400	1900	2400	2540	3000	3500	4100	4200	4900	5100	5300	5500	5750	6000	
NFT253	1.102	20	8000	15000	18000	19900	22800											
	0.875	50	5460	12600	15600	16900	18400	21000	25400									
	0.593	100	2800	6350	8700	10900	12800	13700	16600	18700	21000							
	0.578	150	2690	6120	8385	9970	11200	13100	15700	17980	19700	21150	22450					
	0.484	250	1600	3770	5300	6470	7560	8610	10400	12100	13600	14600	15500	16300	17100	17800	18400	

For Kg/Hr Multiply by .454

BT E-287

REVISÃO: 04/2017

Atende Norma: N-2912 –Tipo III

Revchem NVC DHR 870 GF

Componente A: 870.2017

Componente B: 870.2018



Revchem NVC DHR 870 GF utiliza em sua composição matérias primas especialmente selecionadas, que conferem alto desempenho anticorrosivo, excelente resistência química e à alta temperatura, não sendo necessário a cura térmica para otimizar seu desempenho. O produto resiste à imersão contínua em água com temperatura até 90°C, imersão contínua em óleos minerais com temperatura até 140°C e pode ser usado em temperaturas de até 220°C para casos de não imersão. Apresenta excelente resistência a ácido sulfúrico 98%. Pode ser aplicado sobre superfícies tratadas com hidrojateamento. Ainda, para encurtar o processo, pode ser aplicado com a técnica molhado sobre molhado (wet on wet), com intervalo entre demãos após a secagem ao toque (em torno de 3 h a 25 °C). É indicado para armazenamento de petróleo, com água de formação, com liberação do tanque para operação em até 48 horas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**TIPO**

Revestimento dupla função de base epóxi novolac, bicomponente.

USO RECOMENDADO

Recomendado como revestimento interno de tanques e dutos navais, ferroviários, rodoviários e de armazenamento em indústrias químicas e petroquímicas. Protege aço e concreto expostos a produtos químicos agressivos e pode ser limpo a quente, em temperatura de até 80°C.

INFORMAÇÕES TÉCNICAS

COR	Branco	Demais cores consultar nosso departamento técnico.	
TEXTURA	Acetinado		
SÓLIDOS POR VOLUME	100% ^(*)	Conforme ISO 3233	
PESO ESPECÍFICO	1,350 ± 0,05 g/ml	Conforme ASTM D 1475	
PONTO DE FULGOR	>100°C		
RELAÇÃO DE MISTURA		Peso	Volume
	Comp. A	100,0	5,0
	Comp. B	15,0	1,0
VIDA ÚTIL DA MISTURA (25°C)	45 min		
TEMPO DE INDUÇÃO	NA		
RENDIMENTO TEÓRICO	1,25 m ² /l para 800 µm		
ESPESSURA ÚMIDA	800 µm		
ESPESSURA SECA	800 µm		
TEMPO DE SECAGEM, para 800 µm		25°C	
		Mínimo	Máximo
	Toque		3 h
	Manuseio		10 h
	Repintura		24 h
CONDIÇÕES AMBIENTAIS	Temperatura	Deverá estar entre 5 e 52°C.	
	Umidade Relativa	Entre 30 e 85%	
	Ponto de orvalho	Substrato no mínimo 3°C acima do ponto de orvalho	
	Redutor	NA	
DADOS DE APLICAÇÃO	Trincha	Método recomendado somente para retoques e reforços em cordões de solda e cantos vivos.	
	Espátula	Cuidado com a homogeneidade da película.	
	AirLess	Utilizar bicos de tamanho entre 27 a 31 e pressão na bomba entre 140 e 210 kgf/cm ² (2500 a 3000 psi). Retirar o filtro interno da bomba do airless.	



Producto base solvente de dos componentes formulado con resinas epóxicas especiales. Diseñado como autoimprimante. Contiene en su formulación fosfato de zinc que optimiza sus características anticorrosivas. Producto de alto contenido de sólidos. Permite ser aplicado a altos espesores por capa, sin presentar problemas de descuelgue. Por sus sobresalientes propiedades y velocidad de curado es especialmente apropiado para ser usado en mantenimiento y maestranza, permitiendo menores tiempos de proceso. Disponible en versión MIOX.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

TIPO

Recubrimiento Epoxico Poliamida Modificado de altos sólidos de dos componentes.

USO RECOMENDADO

Pintado de estructuras metálicas expuestas en ambientes agresivos. Pintado de plantas de: oil & gas, minería, cementeras, pesqueras, productos lácteos, procesadora de carnes, plantas concentradoras de jugos de fruta y papeleras.

INFORMACIONES TÉCNICAS

COLOR	Cartilla RAL			
BRILLO	Semi brillante			
SOLIDOS POR VOLUMEN	72% ± 2	Conforme ISO 3233		
PESO ESPECÍFICO	1,65 ± 0,05 g/ml	Conforme ASTM D1475		
PUNTO DE INFLAMACION	35°C			
RESISTENCIA A LA TEMPERATURA	90°C continuo (calor seco) 120°C intermitente			
ADHERENCIA	Minimo 1250 psi	Conforme ASTM D4541		
DUREZA LAPIZ	4H	Conforme ASTM D3363		
RELACIÓN DE MEZCLA	Volumen			
	Comp. A	1.0		
	Comp. B	1.0		
RENDIMIENTO TEÓRICO	21,5 m ² /galon a 5 mils espesor seco			
ESPOSOR HUMEDO	4 - 11 mils			
ESPOSOR SECO*	3 - 8 mils			
TIEMPO DE SECADO, para 5 mils	10°C		25°C	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Tacto	3 h		1 h	
Manipulación	10 h		4 - 5h	
Completo	10 días		6 días	
Repintado	10 h	6 días	3h	2 días
Al usar el catalizador PCEFO027M el tiempo de repintado es de 3 meses máximo.				
CONDICIONES AMBIENTALES	Temperatura	Deberá estar entre 5 a 40°C		
	Humedad Relativa	No aplica		
	Punto de Rocío	Minimo 3°C bajo la temperatura del sustrato		
	Diluyente	Epoxico Renner		
	Brocha	Diluir hasta un 10% con el diluyente recomendado. Método recomendado solamente para retoques y refuerzos. Utilizar brochas y/o pincelotes resistente a solventes.		
	Rodillo	Diluir hasta un 10% en volumen con el diluyente recomendado. Utilizar rodillo resistente a solventes, de pelo corto para evitar problemas durante la aplicación.		
DATOS DE APLICACIÓN	Pistola convencional	Diluir hasta un 20% en volumen con el diluyente recomendado. Pistola DeVilbiss JGA 503 FX 704 o similar. Presión de pulverización de 3,0 a 4,0 kgf/cm ² (40 a 60 psi). Para uso de tanque regular a presión interna entre 0,75 a 1,0 kgf/cm ² (10 a 15 psi).		
	AirLess	Diluir hasta un 15% en volumen con el diluyente recomendado. Utilizar boquillas de tamaño entre 19 a 25 y presión en la bomba entre 140 a 175 kgf/cm ² (2000 a 2500 psi).		

Lima, 13 de Mayo del 2020

COTIZACIÓN N° 107 – OZCOMPANY-2020

Señores
FAGOMA SAC.

COTIZACIÓN POR SERVICIO SOLDADURA, CORTE, BOMBEADO Y PESTAÑEADO DE:

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNITA.	IMPORTE
01	Servicio de Bombeado y pestañeado de tapa en PL. A36 - Esp.5/8" – Ø2787mm Int. Alt. Total 621mm.	S/2,928.00	S/2,928.00
01	Servicio de Bombeado y pestañeado de tapa en PL. A36 - Esp.5/8" – Ø2850mm Int. Alt. Total 633mm.	S/2,940.00	S/2,940.00
02	Soldadura y corte de discos	S/500.00	S/1,000.00
01	Movilidad para comprar las planchas y traslados.	S/400.00	S/400.00
SON: OCHO MIL QUINIENTOS SETENTA Y SEIS SOLES CON 24/100 SOLES.		Sub-Total	S/7,268.00
		I.G.V. 18%	S/1,308.24
		TOTAL	S/8,576.24

02 COTIZACIÓN PLANCHAS INCLUIDO IGV, ESTAS PLANCHA SE FACTURA CON EL RUC DEL CLIENTE.

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNITA.	IMPORTE
01	PL. A36 - Esp.5/8" – 1500mm X 3000mm.	S/487.00	S/487.00
01	PL. A36 - Esp.5/8" – 2400mm X 6000mm.	S/1558.00	S/1,558.00
SON: DOS MIL CUARENTA Y CINCO CON 00/100 SOLES.		TOTAL	S/2,045.00

NOTA: Se trabajara con el diámetro indicado y la altura total indicada.
Para el radio de pestaña y pestaña recta tendrá un acabado lo mas similar posible a lo indicado en su plano no será exacta la medida.

CONDICIONES:

1. El cliente recogerá su trabajo terminado previa coordinación y cancelación del servicio.
2. Forma de pago: El cliente abonara un adelanto para compra de planchas y otros previa coordinación.
3. **Se solicitara adelanto si nuestra empresa considere necesario.**
4. La presente cotización es válida por 10 días.

Nuestras cuentas a Nombre de: Carlos Alberlo Zevallos Tufoque.
1. **BBVA Continental:** Cta. en Soles N° 0011-0209-0200010595.
2. **BBVA Continental:** Cta. en Dolares N° 0011-0209-0200120541
3. **Scotiabank:** Cta. en Soles N° 041-7346422.
4. **Scotiabank:** Cta. en Dolares N° 041-7346431.
5. **Defracciones:** Cta. N° 00-015-013311. X servicio **12%**.

Gracias por su atención y para cualquier detalle adicional ó coordinación comunicarse directamente con el Sr. **Oscar Zevallos**, al Cel. (511) **999763252**.

Atte.,

Buenas tardes señor Fredy Valencia, le detallo la cotización:

fabricación:

02 plancha Rolada A-36 Espesor 5/8" de espesor para formar un diámetro 2850 mm Ø exterior por altura de 3000 mm
(El cilindro se entrega en pzas de 02 pl 1500 x 6000, 02 pl 1500 x 3000)

Precio \$ 4,800.00 dólares, incluido el i.g.v

Tiempo de entrega de 03 a 04 días



Noelia Lujan Ramirez

Departamento de Ventas

☎ entel: +51 998 281 250

📞 rpm: #955845973

✉ ventas@logistica-comercial.com

📘 Facebook.com/logistica-comercial-del-acero

VERY FAST!





YOHERSA YOSHIMOTO HERMANOS SAC
RUC: 20100080932
Central Telefónica: (01) 500 - 5555
ventas@yohersa.com



Corte de Bobina
Espesor: máx 1.5mm
Ancho: máx 1800mm



Plegado
Espesor: máx 1.2mm
Longitud: máx 6000mm



Rolado
Espesor: máx 1.2mm
Diámetro máx 680mm



Armado de Vigas
Altura: máx 1800mm
Ancho: máx 800mm

Lima 02 de Mayo del 2020

PROFORMA No:338-372821

Srs.

FABRICACIONES GENERALES MANTENIMIENTO Y SERVICIOS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA -

R.U.C.: 20311992393

AV. PUNO NRO. 1224 P.J. ALTO LIBERTAD (ALTURA ESTADIO MUNICIPAL ARTURO DIAZ H.) AREQUIPA - AREQUIPA

Att.: Sr. KATIUSCA MAMANI

Tel.: Fax: E-mail: katimaco15@gmail.com

Requerimiento:

Obs.:

It	Código	Descripción	Und	Cantid.	Precio Venta	P.VENTA TOTAL	Peso Kg.
1	001976	Plancha A-36 16.0mm x 1500 x 6000mm (5/8")	PZA	2.00	1,087.4900	2,174.98	2,304.00
2	012366	Plancha A-36 16.0mm x 1220 x 2400mm (5/8")	PZA	2.00	347.1700	694.34	749.57
PRECIO VENTA: US\$						2,869.32	
TOTAL : US\$						2,869.32	

SON : DOS MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y NUEVE CON 32/100 DOLARES AMERICANOS

LOS PRECIOS INCLUYEN I.G.V.

Condiciones de Pago: CONTADO

Validez de la oferta: PRECIO SUJETO A VARIACION SIN PREVIO AVISO

Plazo de entrega: DE ACUERDO A STOCK

Lugar de entrega: CAJAMARQUILLA 1351 ZARATE SJL - LIMA 36

Peso Total Aprox.: 3,053.57Kg.

NO INCLUYE FLETE





COTIZACION 4100955789

Señores: FAGOMA S.A.C
 Atencion: Freddy Valencia
 Fecha: 02/05/2020

Estimados señores,

Nos es grato saludarles y a su vez presentarles nuestra cotización de materiales:

POS	CODIGO	Descripción	Dimens.	Cant	P.U. US\$
1		PL LC ASTM A-36 16.0 X 2400 X 6000	Pza	1	1,430.12
2		PL LC ASTM A-36 16.0 X 2400 X 12000	Pza	1	2,859.56
3		PL LC ASTM A-36 16.0 X 3000 X 12000	Pza	1	3,574.96
SUB TOTAL					7,864.64
IGV					1,415.64
TOTAL					9,280.28

CONDICIONES DE VENTAS

Los Precios Unitarios son en Dólares y No incluyen I.G.V.
 Condicion de pago: Contado
 Validez de oferta: 3 días calendarios.





CALDERAS INTESA

INGENIEROS Y TÉCNICOS EJECUTORES S.A.

Ingeniería, Fabricación, Mantenimiento y Repuestos de Calderas, Equipamiento e Instalaciones Electroeléctricas

Oficina: Av. Oscar R. Benavides (Ex Colonial) N° 5393 Parque Industrial - Callao 1
Planta: Calle Picardo Treneman N° 869 - Lima 1
Central: (511) 4642940 / 4648580
Email: ventas@calderasintesa.com / Web: www.calderasintesa.com



3 PASOS
BIEN HECHOS
MÁS EFICIENTE
MÁS SEGURO



RESUMEN EJECUTIVO

ITEM	CANT	DESCRIPCION	US\$ P.T.
01	01	Caldero Piro-tubular Horizontal de 808HP de Tres Pases de Fuego Wetback (Espalda Húmeda) Hogar Liso para Combustible GLP modelo PTH-80-3-WB-GLP marca INTESA, equipado con sistema de combustión marca Industrial Combustion by Cleaver Brooks o Power Flame. Nuestros equipos se encuentran certificados por ASME, ISO 9001, OHSAS 18001 y AWS.	37,760.00
02	01	Ducto de salida de gases o chimenea de 15"ø marca INTESA, conformado por 02 tramos de 2.40 mts cada uno marca INTESA	756.00
03	01	Ablandador de Agua Automático de 4 Pies3 modelo WS-4.0 pie3 marca PENTAIR	2,400.00
04	01	Tanque de Condensado de 85 Gls. modelo TKC-85 marca INTESA	1,400.00
05	01	Tanque de Purga modelo BS marca INTESA	1,670.00
06	01	Sistema Dosificador de Productos Químicos modelo T15N324 marca BLUE WHITE	1,164.00
		SUB TOTAL	US\$ 45,150.00
		DESCUENTO ESPECIAL POR ESTADO DE EMERGENCIA	3,160.00
		TOTAL DE LA PROPUESTA	US\$ 41,990.00
			+ I.G.V.

Forma de Pago

Contado Comercial

: 40% CON LA ORDEN DE COMPRA
55% CON LA CULMINACION DEL EQUIPO EN PLANTA DE INTESA PARA SER TRASLADADO A OBRA
5% CON LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

CLIENTE :

ATT. :

PROYECTO:

Freddy Valencia

Proteccion de Autoclave

Fecha :

2/08/2020

Zona	Area m ²	Capas	Descripción de Productos	Espesor Película Seca (mils)	% Sólidos en Volumen	Rendimiento Teórico (m ² /gal)	Merma %	Rendimiento Práctico (m ² /gal)	Dilucion %	Total Galones	Precio Unit. US\$/Galon	Precio Total US\$	Costo Unitario (US\$/m ²)
Preparación de superficie: SSPC SP 5 / SP10													
AUTOCLAVE INTERIOR	90.00	1	REVCHEM NVC DHR 870 GF Diluyente Epoxico Renner	16.0	98%	9.50	45%	5.22	10%	182	80.00 10.00	1,440.00 20.00	16.00 0.22
				16.0								1,460.00	16.22
												262.80	
												1,722.80	

Zona	Area m ²	Capas	Descripción de Productos	Espesor Película Seca (mils)	% Sólidos en Volumen	Rendimiento Teórico (m ² /gal)	Merma %	Rendimiento Práctico (m ² /gal)	Dilucion %	Total Galones	Precio Unit. US\$/Galon	Precio Total US\$	Costo Unitario (US\$/m ²)
Preparación de superficie: SSPC SP10													
AUTOCLAVE EXTERIOR	100.00	1	EPOMAX HS 720 BLANCO Diluyente Epoxico Renner	3.0	72%	35.76	45%	19.70	15%	51	30.00 10.00	150.00 10.00	1.70 0.11
		2	EPOMAX HS 720 GRIS PERLA Diluyente Epóxico Renner	3.0	72%	35.76	45%	19.70	15%	51	30.00 10.00	150.00 10.00	1.70 0.11
				6.0								320.00	3.65
												57.60	
												377.60	

NOTAS :

(1) La merma estimada es referencial, proporcionada por el cliente y podría variar de acuerdo a la condición de superficies, geometría de la estructura, métodos - técnicas de aplicación y demás variables que puedan generar cambios en el mismo.

(2) Diluyente considerado exclusivamente para facilitar aplicación de la pintura del sistema.

(3) El cálculo del sistema está en mils y las cantidades expresadas en galón americano de 3.785 litros por galón



MATERIALES PARA AUTOCLAVE	CANT	NOTA				
PLANCHA DE 700mm x 1200mm x 2"	1	CUÑAS COMPUEIRTA Y CUÑAS CILINDRO		S/. 1.312,20	S/. 1.312,20	CORDOVA
PLANCHA DE 1440mm x 1200mm x 1/2"	1	SOPORTE VISAGRA, PLATAFORMAS		S/. 655,70	S/. 655,70	CORDOVA
PLANCHA DE 1010mm x 1200mm x 1"	1	SOPORTE VISAGRA, VISAGRA PARTE 1 Y 2		S/. 939,20	S/. 939,20	CORDOVA
TUBO 6" CED 80 X 1600mm	1	SOPORTE VISAGRA, VISAGRA PARTE 1 Y 2		S/. 360,00	S/. 360,00	MUNDO DEL ACERO
EJE SAE 1045 ø3.5" X 1230mm	1	EJE 1		S/. 449,20	S/. 449,20	CORDOVA
EJE SAE 1045 ø3" X 810mm	1	EJE 2		S/. 216,60	S/. 216,60	CORDOVA
EJE SAE 1045 ø4.5" X 160mm	1	EJE 3		S/. 135,70	S/. 135,70	CORDOVA
PLATINA 5/8" X 3" X 6000mm (4")	3	COMPUERTA	\$82,40	S/. 284,28	S/. 852,84	ACEROS COMERCIALES
BARRA CUADRADA 3/4" X 6000mm	1	ANILLO CILINDRO 1	\$25,45	S/. 87,80	S/. 87,80	ACEROS COMERCIALES
BARRA CUADRADA 3/4" X 3000mm (6mt)	1	ANILLO CILINDRO 1	\$25,45	S/. 87,80	S/. 87,80	ACEROS COMERCIALES
PLATINA DE 1/2" X 1 1/2" X 6000mm	1	ANILLO CILINDRO 2	\$19,52	S/. 67,33	S/. 67,33	FIORELLA
PLATINA DE 1/2" X 1 1/2" X 3000mm	1	ANILLO CILINDRO 2		S/. 80,00	S/. 80,00	MUNDO DEL ACERO
PLANCHA 1200 x 2400 x 3/4"	2	ANILLO CILINDRO 3, 4 Y 5	\$393,64	S/. 1.358,06	S/. 2.716,12	ACEROS COMERCIALES
TUBO 8" SCH 120 X 445mm	1	CONJUNTO BOCINA			S/. 0,00	
TUBO 10" SCH 80 X 210mm	1	CONJUNTO BOCINA		S/. 161,30	S/. 161,30	CORDOVA
PERNO 1/2" X 1 1/2" C/ ARANDELA	3	CONJUNTO BOCINA		S/. 1,00	S/. 3,00	HICOSER
PERNO 3/4" X 3 1/2" GRADO 5 COMPLETO	8	SOPORTE VISAGRA		S/. 4,20	S/. 33,60	HICOSER
RODAMIENTO DE RODILLOS CONICOS 30214	1	SOPORTE VISAGRA		S/. 115,00	S/. 115,00	ZOILA
RODAMIENTO DE RODILLOS CONICOS 30213	1	SOPORTE VISAGRA		S/. 100,00	S/. 100,00	ZOILA
EJE DIAMETRO 2" LARGO 1600mm A36	1	SEGURO		S/. 17,00	S/. 17,00	MUNDO DEL ACERO
COMPRA PARA PLATAFORMAS	CANT	NOTA				
ANGULO 3" X 3" X 3/8" X 6000	2	RIELÉS	\$58,71	S/. 202,55	S/. 405,10	ACEROS COMERCIALES
TUBO CUADRADO 2" X 2" X 1/8" X 6000	8	PLATAFORMA	\$27,26	S/. 94,05	S/. 752,38	ACEROS COMERCIALES
PLANCHA DE 1500mm x 6000mm x 2.5mm (O COMERCIAL)	1	PLATAFORMA	\$186,30	S/. 642,74	S/. 642,74	ACEROS COMERCIALES
PERNO M20 X 140 GRADO 5 ROSCA COMPLETA	12	PLATAFORMA		S/. 7,00	S/. 84,00	HICOSER
TUERCA DELGADA PLANA M20	24	PLATAFORMA		S/. 1,00	S/. 24,00	HICOSER
ARANDELA M20	24	PLATAFORMA		S/. 0,40	S/. 9,60	HICOSER
ARANDELA M20 GRANDE	24	PLATAFORMA		S/. 0,40	S/. 9,60	HICOSER
RODAMIENTO RIGIDO DE BOLAS 6304 (aint 20, ø ext 52, esp 15)	24	PLATAFORMA		S/. 13,00	S/. 312,00	ZOILA
EJE 4" X 900mm ASTM A36 O ACERO COMERCIAL	1	PLATAFORMA		S/. 439,00	S/. 439,00	CORDOVA
COMPRA PARA TUBERIAS	CANT	NOTA				
TUBERIA 1 1/2" SCH 40 X 6000mm	2	SISTEMA DE VAPOR	\$29,90	S/. 103,16	S/. 206,31	ACEROS COMERCIALES
TUBERIA 1 1/2" SCH 40 X 3500mm	1	SISTEMA DE VAPOR		S/. 82,40	S/. 82,40	CORDOVA
CODO 90° 1 1/2" SCH 40	2	SISTEMA DE VAPOR	\$0,66	S/. 2,28	S/. 4,56	FIORELLA
TEE 1 1/2" SCH 40	1	SISTEMA DE VAPOR	\$1,65	S/. 5,69	S/. 5,69	FIORELLA
TAPON DE 1 1/2" SCH 40	2	SISTEMA DE VAPOR	\$0,33	S/. 1,14	S/. 2,28	FIORELLA
COMPRA PARA AISLAMIENTO	CANT	NOTA				
PLANCHA GALVANIZADA 1200mm x 2400mm x 1mm (1,5mm)	20	AISLAMIENTO CILINDRO	\$27,21	S/. 93,87	S/. 1.877,49	ACEROS COMERCIALES
3" x 2" x 2mm x 6000mm (3" X 1.41" X 4.10 LBS/PIE)	4	AISLAMIENTO CILINDRO	\$30,77	S/. 106,17	S/. 424,69	FIORELLA
COMPRA SOLDADURA	CANT	NOTA				
UT DE LIQUIDOS PENETRANTES	2			S/. 90,00	S/. 180,00	MULTIFERRERIA
				TOTAL	S/. 13.852,23	

Costos laborales comparativos

Conceptos de costos laborales en Perú comparativo por regimen

Conceptos	Regimen General	Micro Empresa	Pequeña Empresa
Gratificación	1 sueldo por semestre	No corresponde	1/2 sueldo por semestre
CTS	1 sueldo por año	No corresponde	1/2 sueldo por año
Vacaciones	30 días por año	15 días por año	15 días por año
Essalud / SIS	9% remuneración	2% remuneración	9% remuneración
Bonificación Gratificación	9% de la gratificación		9% de la gratificación

Cálculo mensual de costos laborales en Perú comparativo por regimen

Conceptos	Regimen General	Micro Empresa	Pequeña Empresa
Gratificación	1/6 por mes		1/12 por mes
CTS	1/12 por mes		1/24 por mes
Vacaciones	1/12 por mes	1/24 por mes	1/24 por mes
Essalud	9.00%	2.00%	9.00%
Bonificación Gratificación	1.50%		0.75%

Indica tu remuneración

2,500

Indica la categoría

Pequeña Empresa

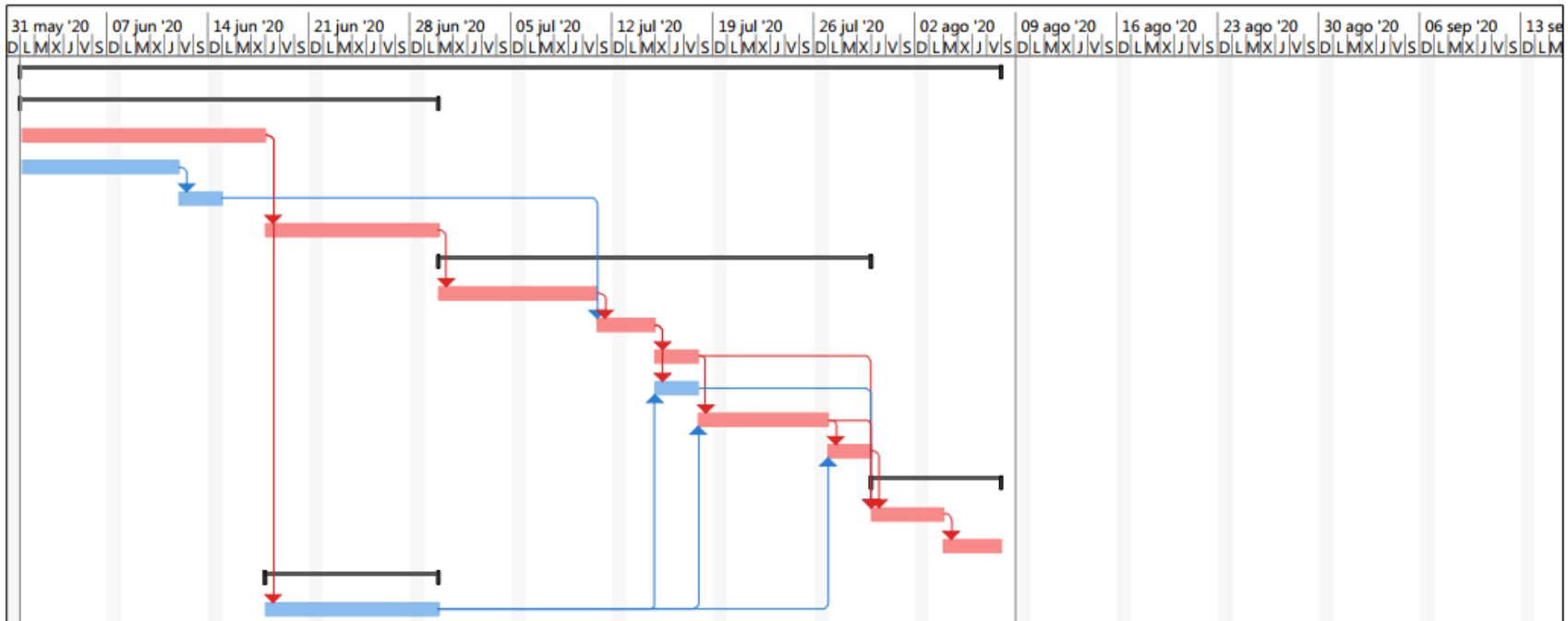
Remuneración	2,500.00	100.00%
Gratificación	208.33	8.33%
CTS	105.61	4.22%
Vacaciones	104.17	4.17%
Essalud - SIS	234.38	9.38%
Bonificación Gratificación	18.75	0.75%
SCTR	32.50	1.30%
Total	3,203.74	128.15%

Eso es lo que cuestas mensualmente a la empresa

Id	Modo de tarea	Texto	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
1			PROYECTO AUTOCLAVE	59 días	lun 01/06/20	sáb 08/08/20		
2			INICIO	25 días	lun 01/06/20	mar 30/06/20		
3			COMPRA DE MATERIALES	15 días	lun 01/06/20	jue 18/06/20		
4			BOMBEADO DE TAPAS	10 días	lun 01/06/20	vie 12/06/20		
5			TRANSPORTE DE TAPAS LIM-AQP	2 días	vie 12/06/20	lun 15/06/20	4	
6			ROLADO DE VIROLAS	10 días	jue 18/06/20	mar 30/06/20	3	
7			FABRICACION ESTRUCTURAL	26 días	mar 30/06/20	jue 30/07/20		
8			SOLDADURA Y ARMADO DE VIROLAS	10 días	mar 30/06/20	sáb 11/07/20	6	
9			SOLDADURA TAPA POSTERIOR	3 días	sáb 11/07/20	mié 15/07/20	8,5	
10			ARMADO DE SOPORTES DE AUTOCLAVE	3 días	mié 15/07/20	sáb 18/07/20	9	
11			SOLDADURA Y ARMADO DE BISAGRAS	3 días	mié 15/07/20	sáb 18/07/20	9,18	
12			SOLDADURA Y ARMADO DE ANILLO DE COMPUERTA	7 días	sáb 18/07/20	lun 27/07/20	10,18	
13			ARMADO Y MONTAJE DE COMPUERTA	3 días	lun 27/07/20	jue 30/07/20	12,18	
14			ACABADO FINAL	8 días	jue 30/07/20	sáb 08/08/20		
15			PREPARACION Y PINTURA	4 días	jue 30/07/20	mar 04/08/20	13,10,11,12	
16			AISLAMIENTO	4 días	mar 04/08/20	sáb 08/08/20	15	
17			MECANIZADO	10 días	jue 18/06/20	mar 30/06/20		
18			MECANIZADO DE PARTES	10 días	jue 18/06/20	mar 30/06/20	3	

Proyecto: PROGRAMACION
 Fecha: sáb 03/04/21

Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
División		Tarea manual		Hito externo	
Hito		solo duración		Fecha límite	
Resumen		Informe de resumen manual		Tareas críticas	
Resumen del proyecto		Resumen manual		División crítica	
Tarea inactiva		solo el comienzo		Progreso	
Hito inactivo		solo fin		Progreso manual	



Proyecto: PROGRAMACION Fecha: sáb 03/04/21	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha limite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Tareas críticas	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		División crítica	
	Tarea inactiva		solo el comienzo		Progreso	
	Hito inactivo		solo fin		Progreso manual	