

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



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DIDÁCTICA PARA
REALIZAR ENSAYOS DE TRACCIÓN DE METALES EN EL LABORATORIO DE
MATERIALES EPIMMEM-UCSM**

Tesis presentada por los Bachilleres:

Ortiz Gómez, Luis Guillermo

Rosas Basurco, Cristian Percy

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecánico

Asesor:

Ing. Almiron Baca, Jonathan Joseph

Arequipa - Perú

2021

DICTAMEN APROBATORIO

UCSM-ERP

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

Arequipa, 24 de Noviembre del 2021

Dictamen: 003300-C-EPIMMEM-2021

Visto el borrador del expediente 003300, presentado por:

2010223651 - ROSAS BASURCO CRISTIAN PERCY

2010190091 - ORTIZ GOMEZ LUIS GUILLERMO

Titulado:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DIDÁCTICA PARA REALIZAR ENSAYOS DE
TRACCIÓN DE METALES EN EL LABORATORIO DE MATERIALES EPIMMEM-UCSM**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1469 - CHIRE RAMIREZ EMILIO
DICTAMINADOR



1828 - GORDILLO ANDÍA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR



1894 - HUACASI AÑAMURO LUDWIN DAVID
DICTAMINADOR



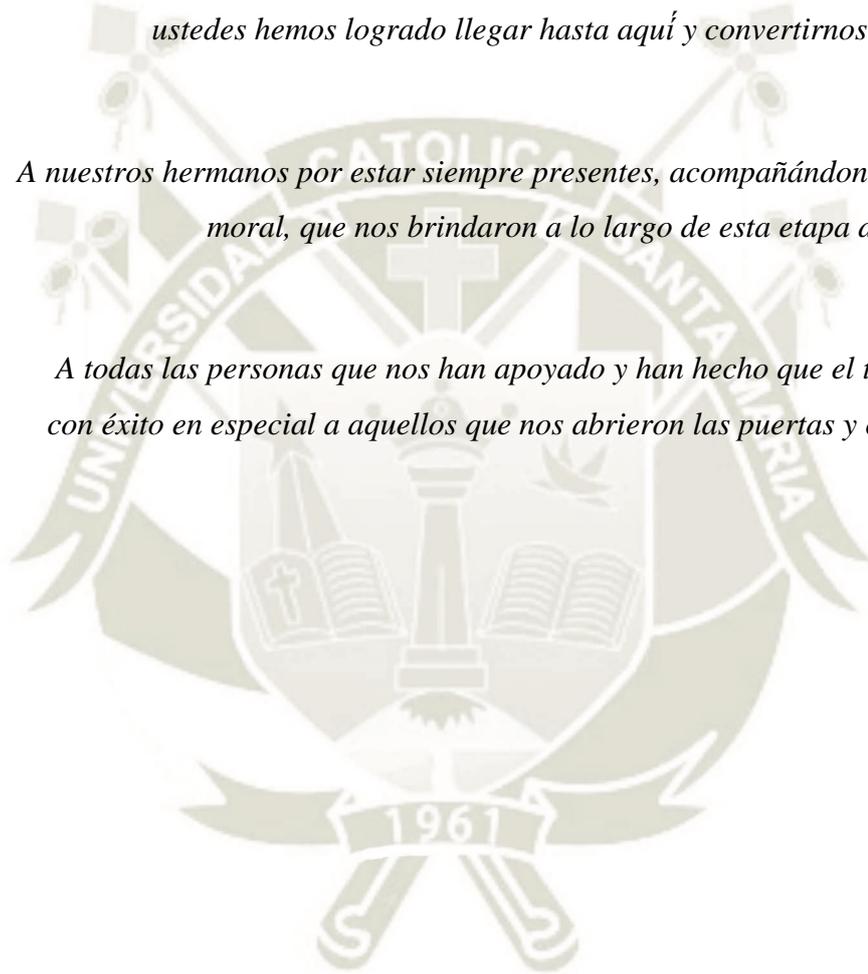
DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos serenidad y fuerza para obtener uno de los anhelos más deseados.

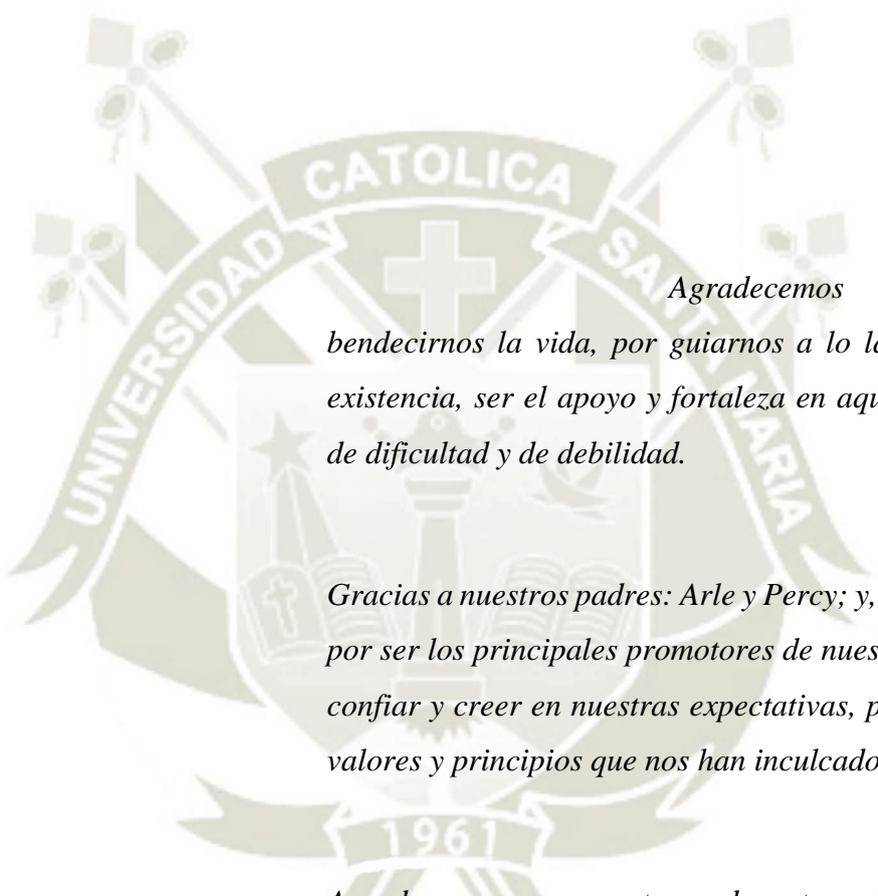
A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio durante estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A nuestros hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.



AGRADECIMIENTOS



Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres: Arle y Percy; y, Robert y Sulma, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

RESUMEN

En el presente proyecto se diseñó y fabricó una máquina didáctica para ensayos de tracción. Para la concepción del proyecto se parte de la necesidad de realizar ensayos en el Laboratorio de Materiales.

Inicialmente los posibles diseños son evaluados según los parámetros y variables de necesidad, para luego materializarse como concepto principal de un equipo de accionamiento hidráulico que consta principalmente en una bomba hidráulica de tipo engranaje capaz de generar una presión de hasta 3000 psi. La regulación de la misma es posible a través de una válvula reguladora de caudal y una válvula reguladora de presión según lo requerido para el ensayo. La estructura fue diseñada para poder resistir una fuerza máxima de 14 Toneladas, contando con un pistón hidráulico con diámetro de camiseta interno de 100 milímetros, este elemento es el encargado de realizar el movimiento para producir la ruptura de la probeta que se encuentre situada entre las pinzas de sujeción.

Las pruebas realizadas constan de tres tipos diferentes de materiales, la fabricación de estas probetas se realizó según las dimensiones recomendadas por la norma ASTM E8/E8M con \varnothing 0.5 pulgadas. Se detalla la ejecución de probetas para acero estructural A-36 obteniendo un esfuerzo máximo de 526 MPa y un alargamiento de 33 % en promedio. Para el siguiente caso, el estudio fue realizado para acero Inoxidable AISI 316 obteniendo un esfuerzo máximo de 685 MPa y un alargamiento de 34 % en promedio. El siguiente material de estudio fue el Aluminio 6061 T4 del cual se obtuvo un esfuerzo máximo de 235 MPa y un alargamiento del 17 % en promedio.

Los materiales ensayados contemplan resultados experimentales cuyas propiedades mecánicas pueden estar sujetas a variación debido a procesos iniciales de fundición o procesos finales como son los procesos de mecanizado de las probetas en estudio. Razón por la cual para el Acero A 36 , el Inoxidable 316 y el caso del Aluminio 6061 obtenidos en los ensayos, se encuentran dentro de los valores máximos y mínimos teóricos comparados con los esfuerzos máximos experimentales obtenidos.

Los resultados obtenidos van desde el funcionamiento y maniobrabilidad del propio equipo hasta la obtención de resultados de esfuerzos máximos en las probetas ya mencionadas.

Palabras clave: Ensayo, ASTM-E8/E8M , Probeta , Tracción , Esfuerzo.

ABSTRACT

In this project, a teaching machine for tensile tests was designed and manufactured. The conception of the project is based on the need to carry out tests in the Materials Laboratory.

Initially the possible designs are evaluated according to the parameters and variables of need, to later materialize as the main concept of a hydraulic drive unit that mainly consists of a gear type hydraulic pump capable of generating a pressure of up to 3000 psi. The regulation of the same is possible through a flow regulating valve and a pressure regulating valve as required for the test. The structure was designed to be able to resist a maximum force of 14 Tons, with a hydraulic piston with an internal diameter of 100 millimeters, this element is in charge of carrying out the movement to produce the rupture of the specimen that is located between the clamping pliers.

The tests carried out consist of three different types of materials, the manufacture of these specimens was carried out according to the dimensions recommended by the ASTM E8 / E8M standard with \varnothing 0.5 inches. The execution of specimens for A-36 structural steel is detailed, obtaining a maximum stress of 526 MPa and an average elongation of 33%. For the following case, the study was carried out for AISI 316 stainless steel, obtaining a maximum stress of 685 MPa and an average elongation of 34%. The following study material was Aluminum 6061 T4 from which a maximum stress of 235 MPa and an elongation of 17% on average was obtained.

The materials tested contemplate experimental results whose mechanical properties may be subject to variation due to initial casting processes or final processes such as the machining processes of the test specimens under study. Reason why for Steel A 36, Stainless 316 and the case of Aluminum 6061 obtained in the tests, are within the theoretical maximum and minimum values compared with the maximum experimental efforts obtained.

The results obtained range from the operation and maneuverability of the equipment itself to obtaining maximum stress results in the aforementioned specimens.

Keywords: Test, ASTM-E8 / E8M, Specimen, Tensile, Effort.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las propiedades de múltiples materiales son comprobados a través de ensayos de laboratorio, este proceso es imprescindible para complementar el proceso de enseñanza dentro de la investigación universitaria, esto conlleva a observar el comportamiento de estos bajo cargas simuladas que representarían el trabajo a los que puede ser sometido. Este proceso logra afianzar los conocimientos obtenidos para el ciclo enseñanza aprendizaje.

El Laboratorio de Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica, no cuenta en la actualidad con una máquina de tracción que permita visualizar de forma práctica el ensayo de tracción para materiales metálicos que se hace mención de forma teórica durante el semestre académico.

El presente proyecto asume el reto de diseño y puesta en marcha de una máquina de ensayos de tracción que permita analizar diferentes tipos de materiales que son utilizados en fabricación de piezas, fabricación de estructuras y componentes de máquinas.

Para el ensayo de tracción se inicia con una fase teórica, luego se complementa con la preparación de la muestra según la norma ASTM E8/E8M para este caso probetas cilíndricas con diámetros de hasta 0.5 pulgadas, la ejecución del propio ensayo, toma de datos y visualización de ensayo para el posterior análisis y formulación de conclusiones que estarán sujetos a la elección inicial del tipo de material de probeta a ensayar.

Todo lo antes mencionado contribuye a la mejora de la experiencia universitaria ya que el Estudiante podrá participar en el proceso práctico para llevar a cabo el ensayo de tracción.

INDICE

DICTAMEN APROBATORIO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	vii
CAPÍTULO I.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	1
1.3. Objetivos.....	1
1.3.1. Objetivo General.....	1
1.3.2. Objetivos Específicos.....	1
1.4. Justificación.....	2
1.4.1. Importancia de la investigación.....	2
1.4.2. Viabilidad de la investigación.....	2
1.4.3. Limitaciones.....	2
1.4.4. Análisis comparativo.....	3
CAPITULO II.....	5
2. MARCO DE REFERENCIA TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes del Tema de Investigación.....	5
2.2. Marco de Referencia Teórico.....	7
2.2.1. Ensayos de materiales.....	7
2.2.2. Ensayos de tracción.....	9
2.2.3. Máquina universal de ensayos.....	11
2.2.4. Máquina de Tracción.....	13
2.2.5. Tipos de máquina de Tracción.....	14
2.2.6. Probetas para ensayos de tracción.....	18
2.2.7. Acero estructural A-36.....	19

2.2.8.	Acero inoxidable 316	19
2.2.9.	Aluminio 6061	20
CAPITULO III		22
3.	ASPECTOS METODOLOGICOS	22
3.1.	Diseño de la investigación	22
3.2.	Lista de Exigencias	22
3.3.	Estructura de diseño	24
3.3.1.	La caja negra.....	24
3.3.2.	Secuencia de operaciones o estructura de funciones	25
3.3.3.	Matriz morfológica.....	26
3.3.4.	Análisis Técnico- Económico.....	28
3.3.5.	Módulos principales de diseño	30
CAPÍTULO IV		31
4.	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA MAQUINA	31
4.1.	Presentación de la Máquina	31
4.2.	Normativa de diseño	32
4.3.	Diseño de la probeta	32
4.3.1.	Cálculo de capacidad requerida.....	34
4.4.	Diseño del circuito hidráulico.....	35
4.4.1.	Cálculo y selección de componentes.....	35
4.5.	Diseño del sistema mecánico.....	52
4.5.1.	Cálculo y selección de componentes.....	57
4.6.	Construcción	108
4.7.	Equipos para el proceso de maquinado.....	109
4.7.1.	Torno AMC P18	109
4.7.2.	Fresadora MILKO 35	110
4.7.3.	Taladro radial TAGO	111
4.7.4.	Velocidades corte de maquinado.....	112
4.7.5.	Construcción de las vigas tipo C superior e inferior	113
4.7.6.	Construcción de las columnas Tipo H.....	113
4.7.7.	Construcción de las planchas superior e inferior.....	115
4.7.8.	Fabricación de Esparrago	117

4.7.9.	Fabricación de Cabezal.....	118
4.7.10.	Fabricación de Mordaza	119
4.7.11.	Fabricación de Placa Fija.....	120
4.7.12.	Montaje de perfiles y planchas	121
4.7.13.	Montaje del circuito hidráulico	122
4.7.14.	Estructura final máquina de tracción.....	123
CAPITULO V		126
5.	VALIDACION DE LA MÁQUINA.....	126
5.1.	Preparación de probeta.....	126
5.2.	Procedimiento de ensayo	126
5.3.	Ensayos con probetas cilíndricas de ½”.....	133
5.4.	Obtención y análisis de resultados.....	134
5.4.1.	Acero estructural A-36	134
5.4.2.	Acero inoxidable AISI 316.....	138
5.4.3.	Aleaciones de Aluminio 6061 T4.....	142
CAPÍTULO VI ADMINISTRACIÓN Y COSTOS		146
6.	Análisis económico	146
6.1.	Costo de hora – hombre	146
6.2.	Costos de mecanizado.....	146
6.3.	Cuadro de elementos a construir.....	147
6.4.	Cuadro de costos de materiales.....	150
6.5.	Cuadro de elementos adquiridos.....	151
6.6.	Costo final.....	152
CONCLUSIONES.....		153
RECOMENDACIONES		154
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		155
ANEXOS.....		159
Anexo 1 GUÍA DE USO Y MANTENIMIENTO DEL PROTOTIPO DE LA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS.....		160
Anexo 2 GUÍA DE ENSAYO DE TRACCION		169

Anexo 3 PLANOS DE FABRICACIÓN 173



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de los ensayos de materiales.	8
Figura 2 Deformación probeta.....	9
Figura 3 Curva de esfuerzo-deformación en el ensayo de tracción.....	10
Figura 4 Máquina Universal Mono-espacio	11
Figura 5 Máquina Universal Doble-espacio.....	12
Figura 6 Accionamiento mecánico.....	13
Figura 7 Maquina universal de ensayos de tracción.....	13
Figura 8 Máquina de ensayo de Tracción neumático	14
Figura 9 Máquina de ensayo de tracción manual	15
Figura 10 Máquina de ensayo de tracción universal por sistema mecánico.....	16
Figura 11 Máquina de ensayo de tracción controlado por ordenador / electromecánico	17
Figura 12 Máquina de ensayos de tracción hidráulica	17
Figura 13 Maquina de ensayo de tracción por caja reductora	18
Figura 14 Caja negra	24
Figura 15 Estructura de funciones	26
Figura 16 Grafico Valor técnico vs. Valor económico.....	29
Figura 17 Secuencia de Diseño	30
Figura 18 Vista isométrica de la máquina de tracción.....	31
Figura 19 Propiedades mecánicas promedio de materiales típicos en ingeniería.....	34
Figura 20 Selección de Cilindro Hidráulico	36
Figura 21 Tanque hidráulico.....	37
Figura 22 Selección de Bomba hidráulica.....	39
Figura 23 Curva característica caudal	40
Figura 24 Curva característica Torque y Potencia.....	42
Figura 25 Tipos de filtro según filtrado en micras	43
Figura 26 Tipos de válvulas desviador de caudal.....	45
Figura 27 Selección de manguera hidráulica.....	48
Figura 28 Selección de terminales de manguera hidráulica	49
Figura 29 Selección de adaptador hidráulico	49
Figura 30 Fracción del esfuerzo último.....	55
Figura 31 Límites de resistencia a la fatiga.....	55
Figura 32 Bosquejo de Estructura de Maquina de tracción.....	57

Figura 33 Diagrama de cuerpo libre de fuerzas y reacciones en las placas.....	58
Figura 34 Diagrama de fuerzas y momentos.	59
Figura 35 Factores de seguridad.....	60
Figura 36 Relación de límite de fatiga	65
Figura 37 Factor de concentración de esfuerzos para una placa rectangular con agujero transversal.....	65
Figura 38 Constantes para el factor de modificación de superficie.....	66
Figura 39 Diámetros equivalentes	67
Figura 40 Factores K_b de tamaño.....	67
Figura 41 Factores K_d temperatura	68
Figura 42 Factores K_e confiabilidad	68
Figura 43 Diagrama de fuerzas y momentos.....	71
Figura 44 Relación de límite de fatiga	77
Figura 45 Factor de concentración de esfuerzos para una placa rectangular con agujero transversal.....	77
Figura 46 Constantes para el factor de modificación de superficie.....	78
Figura 47 Diámetros equivalentes	79
Figura 48 Factores K_d temperatura	80
Figura 49 Factores K_e confiabilidad	80
Figura 50 Momentos de empotramiento para carga distribuida.....	82
Figura 51 Perfil Estructural C.....	84
Figura 52 Perfil Estructural C.....	84
Figura 53 Viga biempotrada con carga distribuida en un tramo	86
Figura 54 Cordones y cargas de soldadura.....	87
Figura 55 Perfil Estructural W dimensiones	87
Figura 56 Perfil Estructural W dimensiones	88
Figura 57 Perfil Estructural W propiedades torsión	92
Figura 58 Bosquejo de Estructura de Maquina de tracción para uniones soldadas.....	96
Figura 59 Tamaño de soldadura según espesor de material	97
Figura 60 Carga permisible para varios tamaños de soldadura.....	98
Figura 61 Tamaño de soldadura según espesor de material	100
Figura 62 Diagrama de junta soldada.....	100
Figura 63 Carga permisible para varios tamaños de soldadura.....	101
Figura 64 Propiedades de soldadura de filete.....	102

Figura 65 Diseño final de las mordazas.	104
Figura 66 Diagrama de cuerpo libre de las mordazas.	105
Figura 67 Análisis por carga por carga axial excéntrica en un plano de simetría.	106
Figura 68 Torno AMC P18.....	109
Figura 69 Fresadora MILKO 35	110
Figura 70 Taladro radial TAGO M900.....	111
Figura 71 Velocidad de corte para desbaste	112
Figura 72 Velocidad de corte para acabado.....	112
Figura 73 Velocidad de corte para acabado.....	112
Figura 74 Montaje de Vigas y Perfiles	114
Figura 75 Montaje de planchas y perfiles.....	117
Figura 76 Pintado de estructura	121
Figura 77 Camiseta y vástago de pistón hidráulico.....	122
Figura 78 Bomba hidráulica y acople motor	123
Figura 79 Maquina de Tracción	125
Figura 80 Preparación de probeta.....	126
Figura 81 Probeta A36.....	133
Figura 82 Probeta Inoxidable 316	133
Figura 83 Probeta Aluminio 6061T4.....	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades mecánicas del acero ASTM A36	19
Tabla 2 Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 316.....	20
Tabla 3 Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 6061 T4	21
Tabla 4 Evaluación Técnica del diseño del Proyecto	28
Tabla 5 Evaluación Económica del diseño del Proyecto.....	29
Tabla 6 Varios tipos de extremos para probetas de prueba de tensión redonda estándar....	33
Tabla 7 Componentes de unidad hidráulica	50
Tabla 8 Resumen de elementos de estructura.....	123
Tabla 9 Medidas de Probeta a utilizar	126
Tabla 10 Procedimiento de ensayo.....	127
Tabla 11 Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #1 A-36.....	137
Tabla 12 Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #2 A-36.....	137
Tabla 13 Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #3 A-36.....	137
Tabla 14 Comparación de datos teóricos y resultados experimentales ensayo de tracción A-36	137
Tabla 15 Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #3 inoxidable AISI 316 ...	141
Tabla 16 Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #1 inoxidable AISI 316 ...	141
Tabla 17 Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #2 inoxidable AISI 316 ..	141
Tabla 18 Comparación datos teóricos y resultados experimentales ensayo de tracción AISI 316	141
Tabla 19 Comparación de datos teóricos y resultados experimentales Aluminio 6061 T4	145
Tabla 20 Costo de Hora Hombre.....	146
Tabla 21 Costo de mecanizado.....	146
Tabla 22 Elementos de construcción.....	147
Tabla 23 Costos de mecanizado	148
Tabla 24 Costos de materiales	150
Tabla 25 Costos de elementos adquiridos	151
Tabla 26 Costo Final	152
Tabla 27 Medidas de Probeta a utilizar	170
Tabla 28 Comparación de datos teóricos y resultados experimentales ensayo de tracción	172

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Análisis comparativo	4
Cuadro 2 Lista de Exigencias	24
Cuadro 3 Matriz morfológica	27
Cuadro 4 Hoja de proceso para perfil C6 x 8.2	113
Cuadro 5 Hoja de proceso para perfil W12 x 30	114
Cuadro 6 Hoja de proceso para Plancha inferior	115
Cuadro 7 Hoja de proceso para Plancha inferior	116
Cuadro 8 Hoja de proceso de Esparrago	117
Cuadro 9 Hoja de proceso de.....	118
Cuadro 10 Hoja de proceso de.....	119
Cuadro 11 Hoja de proceso de.....	120
Cuadro 12 Resultados Ensayo tracción Probeta #1 A-36.....	134
Cuadro 13 Resultados Ensayo tracción Probeta #2 A-36.....	135
Cuadro 14 Resultados Ensayo tracción Probeta #3 A-36.....	136
Cuadro 15 Resultados Ensayo tracción Probeta #1 Inoxidable AISI 316	138
Cuadro 16 Resultados Ensayo tracción Probeta #2 Inoxidable AISI 316	139
Cuadro 17 Resultados Ensayo tracción Probeta #3 Inoxidable AISI 316	140
Cuadro 18 Resultados Ensayo tracción Probeta #1 Aluminio 6061 T4	142
Cuadro 19 Resultados Ensayo tracción Probeta #2 Aluminio 6061 T4	143

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En la actualidad la Escuela profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica de la Universidad Católica de Santa María (EPIMMEM-UCSM), no cuenta con un equipo propio para desarrollar los ensayos correspondientes al curso de Materiales de Fabricación para pruebas de tracción, por lo tanto, se vienen desarrollando en laboratorios de otras instituciones.

La actual malla curricular de la EPIMMEM-UCSM contempla el curso de Materiales de Fabricación, dentro del cual para un mayor aporte hacia el conocimiento se realiza prácticas de ensayo de materiales.

Para poder llevarse a cabo el ensayo de tracción es que se requiere de una maquina capaz de provocar la rotura de probetas normalizadas, con el fin de medir su resistencia a la tracción, dicho esto, es necesario diseñar y fabricar un equipo que pueda realizar dicha tarea con la finalidad de realizar ensayos prácticos que muestren las características de los materiales para estas pruebas.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo se diseñaría y fabricaría una maquina didáctica para realizar ensayos de tracción de metales en el Laboratorio de Materiales de la EPIMMEM-UCSM?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar y fabricar una maquina didáctica para realizar ensayos de tracción de metales en el Laboratorio de Materiales de la EPIMMEM-UCSM.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Diseñar y seleccionar los elementos mecánicos necesarios que conlleven a la construcción del prototipo de la máquina de tracción.
- Validar el prototipo mediante la comparación de los datos obtenidos con este y los obtenidos en una máquina normalizada, que permitan encontrar los posibles factores de corrección que pueden existir.
- Elaborar un manual de operación y mantenimiento del módulo fabricado.

1.4. Justificación

1.4.1. Importancia de la investigación

En el Laboratorio de Materiales la EPIMMEM-UCSM es una urgente necesidad contar con una máquina didáctica para realizar ensayos de tracción de metales, por cuanto la actual máquina de ensayos se encuentra totalmente inoperativa, siendo muy difícil su puesta en marcha debido a la falta de repuestos y sobre todo del software.

Dada la creciente necesidad de los alumnos de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecánica-Eléctrica, Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería Industrial que cursan materias relacionadas a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, para poder realizar las prácticas correspondientes a estos cursos, se propone diseñar y construir una Máquina Didáctica para realizar ensayos de tracción de metales y aleaciones ferrosas y no ferrosas.

1.4.2. Viabilidad de la investigación

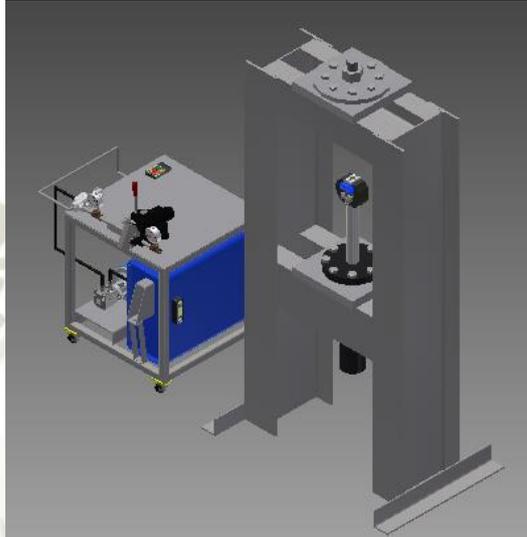
El desarrollo del presente trabajo se encuentra sustentado debido a la necesidad educativa, la implementación del mismo es concebido dentro de una actualidad con restricciones debido a las consecuencias que se viven a causa del virus SARS COVID 19, no obstante los temas ligados al desarrollo de la investigación no se encuentra severamente afectados por vivir en una sociedad interconectada, donde sin lugar a duda el acceso a información, recolección de datos y procesamiento de los mismos son garantizados gracias a los medios de comunicación (celulares), equipos tecnológicos (computadoras), aplicaciones web (zoom) y metodologías de trabajo exitosas como trabajos remoto; durante el proceso de fabricación y validación del equipo se ejecutaron respetando los protocolos establecidos para el cuidado contra el posible contagio.

1.4.3. Limitaciones

La principal limitación de acuerdo al panorama actual son las restricciones debido a la pandemia mundial, cabe señalar que esto será compensado con herramientas tecnológicas y la distribución de tareas específicas que impliquen fabricaciones de componentes o la compra vía online de componentes.

1.4.4. Análisis comparativo

A continuación, se muestra el conjunto de características de un equipo universal de tracción Modelo WDW-100 y el equipo propuesto.

WDW-100		Maquina tracción Didáctica	
			
	Nombre del equipo	WDW-100	Maquina Didáctica
1	Función de la maquina	Ensayos de tracción	Ensayos de tracción
2	Capacidad de la Maquina	10 Ton	12.5 Ton
3	Precio	180 000.00 S/.	20 000.00 S/.
4	Disponibilidad	4 – 6 Semanas para fabricación 2 a 4 Semanas para importación	2- 6 Semanas de Fabricación
5	Manipulación	Siempre debe ser acompañado por un instructor previamente capacitado	El ensayo puede realizarse siguiendo la guía de manipulación.
6	Eficiencia	Toma de datos automatizado por medio de sensores (Celda de carga y Extensómetro), derivados a un ordenador.	Los datos son registrados manualmente a través de mediciones directas.
7	Mantenimiento de la maquina	Personal capacitado sede Lima y de ser necesario internacional según procedencia del equipo.	Personal capacitado local.
8	Fabricación	Realizada en talleres internacionales.	Realizado en talleres locales.
9	Tamaño de la maquina	2050x650x970 mm	1800 x 650 x 900 mm
10	Peso	700 kg	600 kg

11	Disponibilidad de equipos	<p>Los repuestos y accesorios de ser necesarios ante cualquier avería deben ser importados (2 a 4 semanas), son de costo elevado.</p> <p>Los repuestos no pueden ser reemplazados en términos de proveedores.</p>	<p>Los repuestos y accesorios son de fácil accesibilidad, local y nacional.</p> <p>Equipo multi marca, los repuestos pueden ser reemplazados en caso se requiera una mejora o se produzca una avería.</p>
----	---------------------------	---	---

Cuadro 1 Análisis comparativo

Fuente: Elaboración Propia

Revisando el cuadro comparativo anterior un equipo que es fabricado por empresas especializadas en el área (Internacionales), es relevante señalar que estos equipos son plenamente automatizados, compuesto por equipos sofisticados, que en muchas ocasiones son de procedencia externa a nuestro País, esto incluye un alto costo de adquisición y posterior mantenimiento o cierto cuidado a lo largo de la vida útil .

El presente trabajo pretende abordar de igual manera la ejecución de ensayos de tracción pero bajo un equipo didáctico, con un costo relativamente menor (8 veces menos) que un equipo automatizado.

El equipo de ensayos de tracción didáctico propuesto tendrá como función principal la ruptura de la probeta a ensayar y la evaluación del material ensayado a través de sus propiedades de esfuerzo (ultimo) y deformación (% elongación) , el registro de datos será realizada de forma manual y directa.

CAPITULO II

2. MARCO DE REFERENCIA TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Tema de Investigación

Es normalmente rutinario dentro del trabajo día a día de campo la selección de materiales con los cuales se realizarán modificaciones, fabricaciones de parte de equipos, fabricación de estructuras o mejoras de sistemas, por lo cual es necesario saber el comportamiento de diversos metales para poder garantizar el correcto funcionamiento de lo planteado.

El ensayo de tracción nos brinda información acerca de este comportamiento.

En el presente documento se encontraron antecedentes de estudios a los que se les hace referencia a continuación:

- Rodríguez Avalos, José en su tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico electricista en la Universidad Cesar Vallejo “Diseño de una máquina de ensayos de tracción de 10 TON “como bien se indica la tesis abarca hasta el límite de diseño con una conclusión de un grado de rentabilidad. (Rodriguez, 2018)
- Otero Vélez Nicolás en su tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico “Diseño, construcción y validación del prototipo de una máquina para ensayos de resistencia de materiales en el programa de ingeniería mecánica de la Universidad de Córdoba. Concluye con la validación de un prototipo cuyos valores hacen referencia a un error del 2% por información del autor. (Otero, 2015)
- Sánchez Gavidia en su proyecto para optar su título de Ingeniero Mecánico en la Pontificia Universidad Católica del Perú, “Incertidumbre de los Resultados Medidos en el Ensayo de Tracción, Obtenidos en las Maquinas del Laboratorio de Materiales de Ing. Mecánica PUCP”. En un intento exitoso por la validación del equipo mediante normas internacionales y nacionales de una máquina de ensayos de tracción de la PUCP por medio de valores de incertidumbre de sus resultados. (Sánchez, 2010)
- García Andres en su proyecto para optar su título de Ingeniero Mecánico en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, “Determinación

de propiedades mecánicas de materiales comerciales”. Donde se concluye que es recomendable realizar pruebas propias antes del uso de cualquier material, ya que comprueba y concluye en el citado trabajo que existen materiales que se encuentra por debajo de las especificaciones descritas por distribuidores. (García, 2018)

- Moreno Guillermo en su proyecto para optar su título de Ingeniero Mecánico en la Pontificia Universidad Católica del Perú, “Estudio de la soldabilidad de la unión disimilar de un acero Estructural ASTM A36 con una aleación de aluminio AA5052-H34”. El desarrollo del presente trabajo abarco la realización de pruebas de ensayos a tracción de materiales como el A 36 y aluminio AA5052-H34. (Moreno G. , 2015)
- Mayla Carlos y Pilicita Juan en su proyecto para optar su título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, “Diseño y fabricación de una máquina para ensayos de compresión en madera con capacidad de quince toneladas”. Concluyendo con los ensayos de compresión para madera clasificadas en maderas suaves y maderas duras, donde se resalta el diseño utilizado para este equipo. (Mayla & Pilicita, 2010)
- Moreno Gloria y López Jorge en su proyecto para optar su título de Ingeniero Mecatrónico en la Universidad de San Buenaventura , “Diseño y construcción de una maquina básica de ensayos destructivos de tracción y torsión”. Dicho trabajo concluyo con la fabricación de un equipo capaz de realizar ensayos de tracción y torsión junto con el desarrollo de un software para la recolección de datos y posterior análisis de los mismos. (Moreno & López, 2006)
- Pereira Juan y otros en su artículo realizado en la Universidad de Carabobo, Valencia – Venezuela , “Propiedades mecánicas en torsión de la aleación de aluminio AA6061 con diferentes tratamientos térmicos” , donde se detallan ensayos mecánicos de tracción además de los valores resultantes para el Aluminio. (Pareira, Durán, Van Deventer, & Zambrano, 2010)
- Rivera Yazmin en su artículo, “Análisis de Prueba Mecánica de Tensión de Aluminio 6061 bajo diferentes condiciones de método, tratamiento térmico y acabado superficial”. El cual fue realizado en los Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Veracruzana,

Zona Xalappor , donde se estudia el Aluminio 6061 en dos escenarios diferentes , con tratamiento térmicos y acabado superficial , concluyendo que estos factores influyen en los resultados de valores de propiedades mecánicas de los materiales ensayados. (Ortiz, Peña, Martínez, & Diego, 2015)

2.2. Marco de Referencia Teórico

2.2.1. Ensayos de materiales

Para determinar características de los materiales, se realizan experimentos conocidos como ensayos de materiales. Estos involucran pruebas de laboratorio que sirven para determinar: rigidez, resistencia al desgaste, conductividad térmica o eléctrica, acidez, resistencia a la corrosión, densidad, transmisión del sonido, ductilidad, resistencia al impacto, entre otras. Los ensayos de materiales se pueden clasificar de diferentes formas, pero las más comunes son: por la naturaleza del ensayo y por la utilidad de la pieza después del ensayo.

En el caso del ensayo de materiales por la utilidad de la pieza se emplean ensayos destructivos y no destructivos. En los ensayos destructivos las piezas de prueba se someten a fuerzas que ocasionan la ruptura de esta. En comparación, en las pruebas no destructivas no es necesario dañar la muestra para evaluarla. Un ejemplo de un ensayo mecánico y destructivo es el ensayo de tensión. El objetivo de este ensayo es medir la resistencia de un material ante la acción de una fuerza de tensión que puede ser estática o dinámica. Esta prueba se considera destructiva porque el material debe pasar por la deformación hasta llegar a la ruptura para obtener sus propiedades mecánicas como: el esfuerzo de fluencia y el esfuerzo último. Por otro lado, un ejemplo de un ensayo mecánico no destructivo es el método de ultrasonido. Esta técnica se basa en la propagación de ondas de sonido por el interior de la probeta con el objetivo de detectar discontinuidades superficiales o internas. Con el objetivo de comparar los resultados de los ensayos es necesario que las dimensiones de las probetas estén normalizadas, así como el procedimiento de los ensayos esté estandarizado. Una de las principales organizaciones que estandarizan los ensayos mecánicos destructivos y no destructivos es la American Society for Testing and Materials (ASTM). (Uribe Martínez, 2017)



I.E.S. SIERRA MÁGINA
J. Jiménez

Figura 1 Clasificación de los ensayos de materiales.

Fuente: Jimenez & Sierra, (2014)

2.2.2. Ensayos de tracción

El ensayo de tracción es una medida de la capacidad de un material que reacciona a las fuerzas que se aplican en forma de tensión en diferentes materiales, la fuerza de tracción tiende a tirar del material aparte de los dos extremos y determinar la resistencia del material, el procedimiento comprueba como los materiales son sometidos a fuerzas hasta que este se rompa, el procedimiento de prueba, la forma y las dimensiones de una muestra de tracción deben tomarse de las normas, para este caso se tomara la Norma ASTM E8 / E8M, cabe señalar que hay una etapa de preparación de probetas que serán sometidas a estudio. (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2008)

El ensayo a tracción es la forma básica de obtener información sobre el comportamiento mecánico de los materiales, debe controlarse dentro del rango de velocidad de deformación. Durante la prueba, la carga aplicada y el desplazamiento se debe registrar una longitud de calibre de una muestra de tracción. Obteniendo a partir de los resultados de la prueba de tensión. Curvas de esfuerzo-deformación de materiales dúctiles. (Davis, 2004)



Figura 2 Deformación probeta

Fuente:(Garza Vázquez, (2015)

En la Figura 3 Curva de esfuerzo-deformación en el ensayo de tracción se tiene una región elástica lineal al principio, donde el esfuerzo es proporcional a la

deformación y la deformación es reversible. Después del inicio del flujo plástico, la curva se desvía desde la línea elástica. La tensión de flujo aumenta con una tensión creciente, lo que significa que el material se refuerza por deformación plástica; se llama endurecimiento de trabajo. Cuando se descarga, sólo se recupera una deformación permanente, deformación plástica, permanece. En esta región, uniforme se produce una deformación plástica. Para las deformaciones plásticas, la condición de volumen constante se asume a menudo. Al alcanzar la tensión máxima, que se llama la resistencia a la tracción final (S_u) o simplemente la resistencia a la tracción, una tensión más baja es suficiente para continuar deformando el material plásticamente porque se produce un estrechamiento. Después del inicio del estrechamiento, la deformación se localiza en una región que la condición de la tensión ya no es uniaxial, sino que es triaxial, las micro fallas se forman dentro de la región de cuello, crecen, se conectan entre sí y conducen al deslizamiento de la región de anillo exterior restante. Así, la vista después de la fractura se ve como una taza y un cono y por lo tanto se denomina fractura de copa y cono, este fenómeno es típico de la fractura dúctil. (Czichos, 2006)

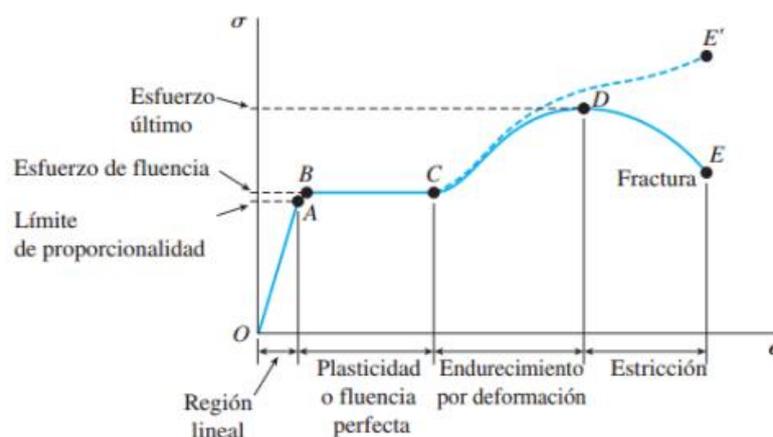


Figura 3 Curva de esfuerzo-deformación en el ensayo de tracción

Fuente: Hibbeler, (2011)

2.2.3. Máquina universal de ensayos

Actualmente, los equipos utilizados para la realización de ensayos mecánicos, son las máquinas universales de ensayos, estas pueden variar sus características de acuerdo a la necesidad del solicitante (Carga Máxima Requerida). La máquina universal de ensayos realiza tres ensayos fundamentalmente: el ensayo de tensión, el ensayo de compresión y el ensayo de flexión. Para la realización de otro tipo de ensayos se requiere disponer de unos accesorios adicionales según sea la prueba a realizar. Se clasifican según su estructura y su tipo de accionamiento.

2.2.3.1. Según su estructura:

2.2.3.1.1. Mono espacio:

Como se observa en el Figura 4 Máquina Universal Mono-espacio, esta estructura posee dos puentes (1) y dos columnas (2) que los comunican. En los dos puentes se pueden ensamblar los diámetros que se necesitan para fijar el material de ensayo (3) y así poder realizar las pruebas de compresión, flexión o tensión. (Gallego Botero & Claros Claros, 2007)

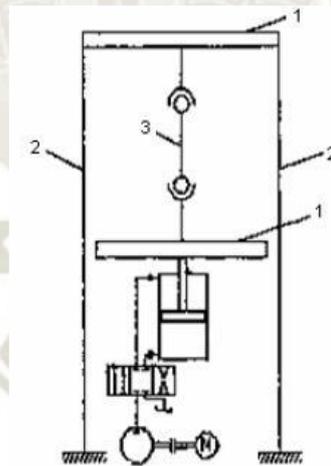


Figura 4 Máquina Universal Mono-espacio

Fuente: Gallego Botero & Claros Claros, (2007)

2.2.3.1.2. Doble espacio

Como se observa en la Figura 5 Máquina Universal Doble-espacio. esta estructura posee un sistema inversor (3) y un sistema fijo (2) que forman una estructura de tres puentes y cuatro columnas. El inversor tiene dos

puentes (1) y dos columnas (3), las columnas del inversor son totalmente independientes del otro sistema. El sistema fijo se compone de un puente y dos columnas (2) que van fijas a una carcasa (5) que soporta todo el armazón. (Gallego Botero & Claros Claros, 2007).

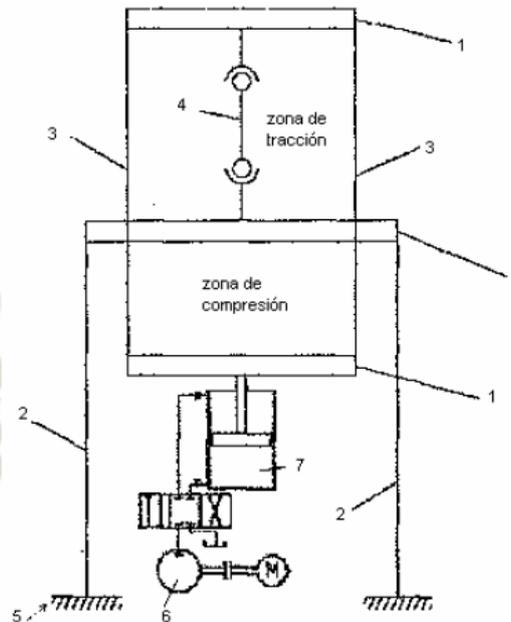


Figura 5 Máquina Universal Doble-espacio.

Fuente: Gallego Botero & Claros Claros, (2007)

2.2.3.2. Según el accionamiento:

2.2.3.2.1. Accionamiento hidráulico:

“Este accionamiento se puede observar en la Figura 5 Máquina Universal Doble-espacio., donde la fuerza se aplica por medio de un sistema de bomba (6) y cilindro (7)” (Gallego Botero & Claros Claros, 2007).

2.2.3.2.2. Accionamiento mecánico:

“Este accionamiento se puede observar en la Figura 6 Accionamiento mecánico., donde los dispositivos pueden ser motor (1), tornillo (2), cadena (3), palanca (4), probeta (5), mordaza superior (6) y mordaza inferior (7)” (Gallego Botero & Claros Claros, 2007).

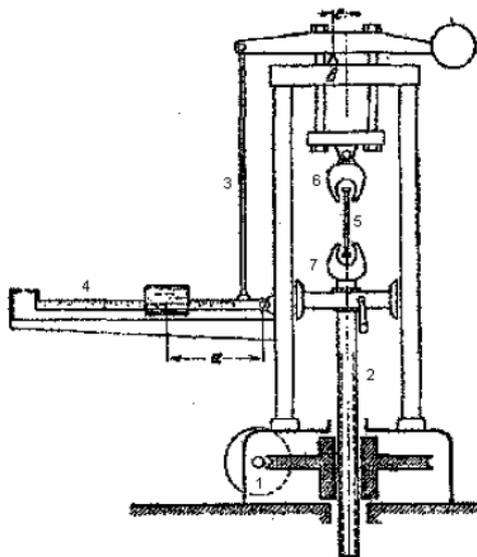


Figura 6 Accionamiento mecánico.

Fuente: Gallego Botero & Claros Claros, (2007)

2.2.4. Máquina de Tracción

Las máquinas de ensayos a tracción son máquinas que desde el ámbito de resistencia de materiales tienen un lugar importante para saber las características de los materiales de construcción, las cuales presentan sus mayores ventajas, como en lo referente a la versatilidad de operaciones que se podrían realizar en ella. Se pretende una máquina de tracción por lo general, capaz de:

- Obtener la fuerza suficiente para provocar la fractura de la probeta.
- Verificar la velocidad de aumento de fuerzas.
- Registrar las fuerzas, F , que se utilizan y los alargamientos, ΔL , que se verifica en la probeta. (Gallego Botero & Claros Claros, 2007)

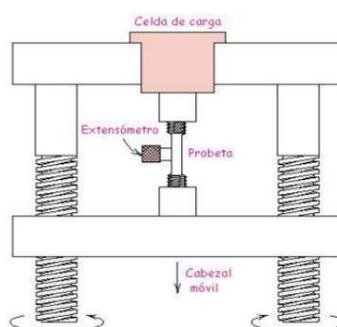


Figura 7 Máquina universal de ensayos de tracción

Fuente: Callister, (2015)

2.2.5. Tipos de máquina de Tracción

2.2.5.1. Máquina de ensayo de Tracción neumático

Es un probador de accionamiento neumático para la medición de resistencia a la rotura de conductores eléctricos, terminales, conectores, envolturas de cables, etc. Cuando se usa con un indicador mecánico, es ideal para las áreas donde se requiere la seguridad intrínseca. Este medidor neumático se puede utilizar para la tracción o pruebas de compresión. La velocidad de la prueba rápida hace que sea ideal para pruebas en la cadena de producción.

Ventajas:

- Fácil de utilizar
- Velocidad de retorno independiente
- Mordazas retráctiles automáticamente. (Test & calibration instruments (Ametek), 2021)



Figura 8 Máquina de ensayo de Tracción neumático

Fuente: Test & calibration instruments (Ametek), (2021)

2.2.5.2. Máquina de ensayo de tracción manual / mecánico

Es un instrumento para la prueba de la cantidad de deformaciones, así como la característica de la relación de carga de extensión y de compresión de los resortes. Las máquinas se pueden utilizar en el trabajo pruebas de carga de

los resortes de extensión y compresión que tiene una longitud de trabajo específico.

Ventajas:

- Mejor interfaz hombre-máquina (HMI)
- Alta precisión y resolución. (Wenzhou tripod Instrument Manufacturing, 2021)



Figura 9 Máquina de ensayo de tracción manual

Fuente: Wenzhou tripod Instrument Manufacturing, (2021)

2.2.5.3. Máquina de ensayo de Tracción Universal por sistema mecánico.

Este sistema se encarga de transformar el esfuerzo torsional aplicado manualmente, en esfuerzo longitudinal, por medio de un tornillo sin fin, como se muestra en la Figura 10 Máquina de ensayo de tracción universal por sistema mecánico.

Ventajas:

- Tiene un buen acabado superficial debido a su diseño, y su durabilidad se alarga debido a la robustez simplicidad del diseño.

Desventajas:

- No es confiable en las mediciones porque su sistema es mecánico, difícil para hacer su mantenimiento ya que su estructura es pesada, y es difícil de transportar por el peso que adquiere el diseño. (Wenzhou tripod Instrument Manufacturing, 2021)



Figura 10 Máquina de ensayo de tracción universal por sistema mecánico

Fuente: Wenzhou tripod Instrument Manufacturing, (2021)

2.2.5.4. Máquina de ensayo de tracción controlado por ordenador / electromecánico

La máquina de ensayo de tensión de rotura está diseñada principalmente para llevar a cabo la fluencia y rotura pruebas de tensión de una amplia variedad de materiales. Estas máquinas son capaces de cubrir la cantidad de deformación como una función del tiempo (ensayo de fluencia) y la medición del tiempo para la fractura a ocurrir cuando una fuerza suficiente está presente (prueba de ruptura) de los materiales cuando bajo fuerzas de tracción constantes en constante temperatura. (Hualong, 2021)



**Figura 11 Máquina de ensayo de tracción controlado por ordenador /
electromecánico**

Fuente: Hualong, (2021)

2.2.5.5. Máquina de ensayos de tracción hidráulica

El objetivo de control automático por servo, esto nos permite ejecutar el control completo de los métodos de ensayo de tracción, cumpliendo las funciones de cálculo, obtención de datos, proceso de datos e impresión de reportes y diagramas de ensayo. El procedimiento de medida se calibra de modo automática, sin necesidad de ser configurado, entregando una regulación continua de la velocidad de forma arbitraria y suave. (Selvosas Tesiting Machines, 2021)



Figura 12 Máquina de ensayos de tracción hidráulica

Fuente: Selvosas Tesiting Machines, (2021)

2.2.5.6. Máquina de ensayo de Tracción Universal por sistema de caja reductora.

Este tipo de sistema se encarga de transformar el movimiento rotacional en movimiento lineal, transformando el torque aplicado por el motor en esfuerzo longitudinal. Puede ser controlada a través de un ordenador su variabilidad le permite ser utilizada en la mayoría de los ensayos normalizados, pudiendo trabajar tanto a tracción, compresión y flexión. (Martinez & Montero, 2010)

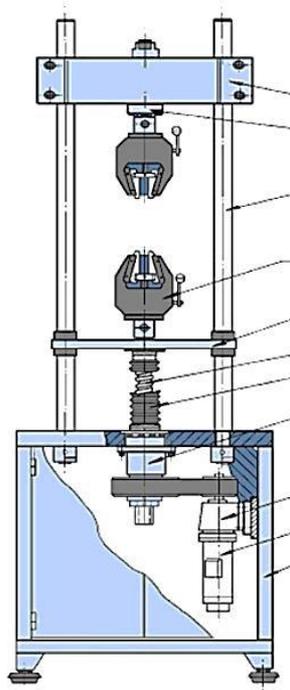


Figura 13 Máquina de ensayo de tracción por caja reductora

Fuente: Martinez & Montero, (2010)

2.2.6. Probetas para ensayos de tracción

La norma que estandariza este ensayo para piezas metálicas es la ASTM E8 / E8M. Además de métodos de prueba estándar para ensayos de tracción de materiales metálicos. Estos métodos de ensayo cubren la prueba de tensión de materiales metálicos en cualquier forma a temperatura ambiente, específicamente, los métodos de determinación de la elasticidad, elongación del límite de elasticidad, resistencia a la tracción, elongación y reducción de área. (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2008)

2.2.7. Acero estructural A-36

El acero estructural es un acero al carbono que posee menos de 0.29%C, es utilizado en diversos elementos estructurales como perfiles, barras y láminas. Esto se debe a su buena ductilidad y el bajo contenido de carbono que presenta hace que tenga una buena soldabilidad. Por lo que no se presentan problemas de que se formen estructuras frágiles ni peligros de fisuración en caliente como si se da en los aceros inoxidables austeníticos y en aleaciones de aluminio.

Las propiedades mecánicas nominales se pueden apreciar en la siguiente tabla, también extraída de la norma ASTM A36/A36M. (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2008)

Tabla 1
Propiedades mecánicas del acero ASTM A36

Planchas, perfiles y barras	
Resistencia a la tracción, ksi [MPa]	58-80 [400-550]
Resistencia a la fluencia min, ksi [MPa]	36 [250]
Planchas y barras	
Elongación en 8 pulgadas [200 mm] min,	20 %
Elongación en 2 pulgadas [50 mm] min	23 %
Perfiles	
Elongación en 8 pulgadas [200 mm] min	20 %
Elongación en 2 pulgadas [50 mm] min	21 %

Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM), (2008)

2.2.8. Acero inoxidable 316

El acero inoxidable se define en metalurgia como una aleación de acero con una cantidad mínima del 10,5% en peso de cromo, lo cual le da al acero una alta resistencia a la corrosión. Además de cromo, los aceros inoxidables contienen otros metales aleantes como el níquel o el molibdeno, los cuales mejoran algunas de sus propiedades físicas. Estos metales aleantes poseen una gran afinidad con

el oxígeno con el cual reaccionan, formando una capa pasivadora de unos 10 mm, evitando así la corrosión del hierro contenido en la aleación. (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2008)

Tabla 2
Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 316

Planchas, perfiles y barras	
Resistencia a la tracción, ksi [MPa] min	75 [515]
Resistencia a la fluencia min, ksi [MPa] min	30 [205]
Planchas y barras	
Elongación en 2 pulgadas [50 mm]	30 -40 %

Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM), (2008)

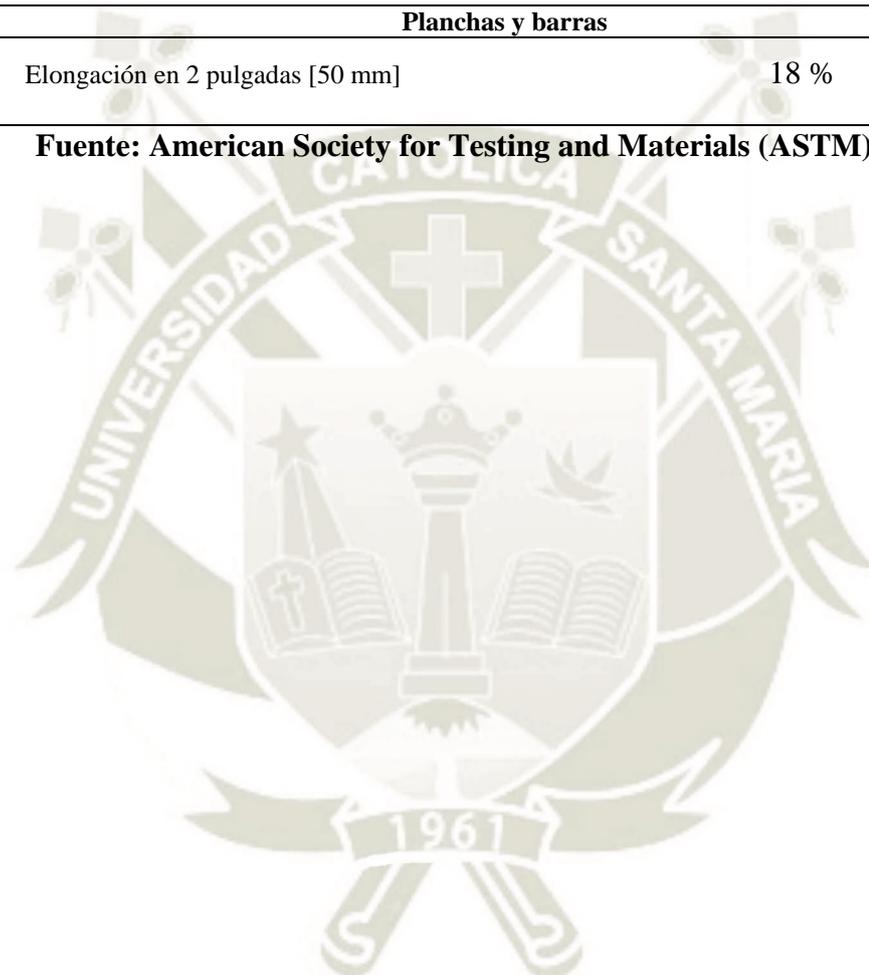
2.2.9. Aluminio 6061

La aleación de aluminio 6061 tiene un gran uso, primordialmente porque es de las aleaciones de aluminio que pueden ser endurecibles por precipitación, esta capacidad de mejorar continuamente sus características físicas y mecánicas específicas, hacen que tenga una importancia práctica considerable. Además, la constante necesidad de mejorar en los procesos actuales de manufactura, en donde son más exigentes las condiciones a las que van a ser sometidas los materiales, hace que un conocimiento profundo de las propiedades mecánicas de los mismos se haga indispensable. La aleación de aluminio 6061 se utiliza en productos extruidos, perfiles arquitectónicos, marcos de bicicletas, fabricación de equipos de transporte y estructuras soldadas, entre otras. (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2008)

Tabla 3
Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 6061 T4

Planchas, perfiles y barras	
Resistencia a la tracción, ksi [MPa] min	29 [205]
Resistencia a la fluencia min, ksi [MPa] min	16 [110]
Planchas y barras	
Elongación en 2 pulgadas [50 mm]	18 %

Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM), (2008)



CAPITULO III

3. ASPECTOS METODOLOGICOS

3.1. Diseño de la investigación

En esta etapa de desarrollo de diseño y desarrollo conceptual, se determinaron las diferentes soluciones aplicando el procedimiento VDI 2221, según este método se determinó la estructura funcional de la maquina planteada. (Otero, 2015)

3.2. Lista de Exigencias

Es importante para el inicio del diseño describir la función que realizara el equipo con una serie de exigencias.

LISTA DE EXIGENCIAS			Fecha: 10/06/2021
PROYECTO:			Realizado:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DIDÁCTICA PARA REALIZAR ENSAYOS DE TRACCIÓN DE METALES			L.ORTIZ / C. ROSAS
Fecha	Deseo o Exigencia	Descripción	Categoría
10/06/2021	E E	La máquina debe tener una capacidad mayor a 5 TON Velocidad de prueba entre 0.05 y 0.5 mm / mm / min de longitud de sección reducida.	Función
10/06/2021	E	Dimensiones generales máximas: Ancho: 1 m , Largo: 0.5 m ; Alto: 2 m . Las dimensiones de la maquina deberán serán las adecuadas para	Geometría

	E	tener facilidad de maniobra, y transporte.	
	E	La estructura debe de ser lo más robusta y compacta posible.	
10/06/2021	E	El equipo debe ser capaz de generar la fuerza necesaria para producir la rotura de la probeta a ensayar según la revisión de esfuerzos últimos teóricos correspondientes.	Fuerzas
	D	Peso máximo de la máquina de 500 kg.	
10/06/2021	E	El material a realizar pruebas son Acero A-36, Acero Inoxidable 316, Aluminio 6061	Material
	E	El diámetro de probetas a Ensayar de sección reducida es de 12.7 mm de radio	
10/06/2021	E	El diseño debe permitir que el operador realice su trabajo con comodidad.	Ergonomía
10/06/2021	E	El diseño debe de permitir un acceso fácil y un ensamble sencillo de todos sus componentes, logrando así tener un mantenimiento eficiente y económico.	Mantenimiento
10/06/2021	E	El equipo tendrá un diseño adecuado para que sea construido con tecnología apropiada al lugar y con materiales, componentes que puedan ser adquiridos fácilmente dentro de proveedores. Todas las piezas y componentes se	Fabricación

	D	fabricaran de acero. La máquina podrá ser fabricada en pequeñas metalmecánicas.	
10/06/2021	D	El equipo será empleado para uso didáctico en el sector educativo.	Uso
10/06/2021	E	Fuente de energía trifásica 380V	Energía
10/06/2021	E	La máquina tendrá un costo menor comparado con otros equipos.	Costo

Cuadro 2 Lista de Exigencias

Fuente: Elaboración propia

3.3. Estructura de diseño

3.3.1. La caja negra

“Pahl y Beitz, indica que la caja negra es una representación donde se define al objeto, el cual transforma las entradas en salidas durante su funcionamiento. Estas pueden ser: materia, energía o información” (Pahl, 2007).



Figura 14 Caja negra

Fuente: Elaboración Propia

ENTRADAS:

- Fuente de energía: Suministro de fuente de energía al equipo.
- Materia: Probeta normalizada según norma ASTM E08/E08M
- Señal: La activación y control del equipo es realizado por el operario, se da el inicio del funcionamiento de la máquina.

SALIDAS:

- Energía: Energía cinética y de vibración debido al movimiento, tracción sometida a la probeta para su ruptura. Energía calorífica ocasionada por el rozamiento de los componentes.
- Materia: Probeta deformada.
- Señal: Señal de apagado que indique que la máquina se encuentra inactiva. (Pahl, 2007)

3.3.2. Secuencia de operaciones o estructura de funciones

En esta etapa del proyecto de tesis se describe el proceso técnico para el funcionamiento de la máquina. En primer lugar, se realizará la fabricación y construcción de estructura del equipo.

La probeta se asentará en la estructura, la cual será instalada por medio de unas piezas de sujeción. Luego se verificará que las condiciones de la máquina en la parte estructural, eléctrico, mecánica, operativa y también que las pruebas del funcionamiento en vacío y con carga sean las correctas. Posteriormente se procederá con el inicio al ensayo de tracción, esta es disgregada en una serie de operaciones que es conceptualizada según sus procesos técnicos:

1. Preparación: Para poder realizar el ensayo se requiere de probetas normalizadas, el presente ensayo toma como referencia las medidas indicadas por la norma ASTM E08/E08M .
2. Generación de Fuerza: Es el dispositivo, mecanismo o equipo que suministrara la potencia, fuerza y movimiento lineal necesario para llevar a cabo el ensayo.

3. Transmisión: La potencia, fuerza y movimiento rotacional o lineal del dispositivo de generación debe de ser entregado por medio de algún mecanismo de transmisión al sistema de tracción.
4. Sistema de tracción: Está compuesta por un conjunto de mecanismo que permiten el desplazamiento, tiene la función de soporte y sujeción de la probeta, fuerza de tensión que se realizan para la ruptura del material.
5. Sistema de toma de datos: Dispositivos capaces de mostrar los valores durante el ensayo de tracción. (Pahl, 2007)

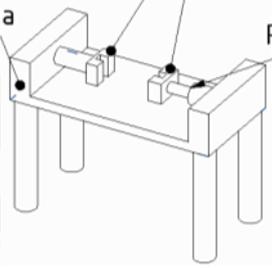
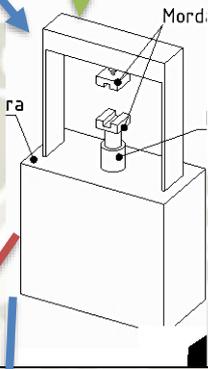


Figura 15 Estructura de funciones

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3. Matriz morfológica

Matriz Morfológica				
Funciones	Alternativas y/o principios de solución			
1 Preparación (Probeta)	Plana 	Cilíndrica 		
2 Generación de Fuerza	Motorreductor 	Motor Hidráulico 	bomba	Mecánicamente 

3 Transmisión	Engranajes 	Pistón Hidráulico 	
4 Sistema de tracción Bastidor	Bastidor Horizontal 	Bastidor Vertical 	
5 Sistema de toma de datos	Registro ordenador 	Registro manual 	
	Concepto solución 1	Concepto solución 2	Concepto solución 3

Cuadro 3 Matriz morfológica

Fuente: Elaboración propia

Solución 1: Equipo de accionamiento mecánico manual, la recolección de datos será de forma manual.

Solución 2: Equipo de accionamiento mecánico – reductor, la recolección de datos será de forma automatizada.

Solución 3: Equipo de accionamiento hidráulico, la recolección de datos será de forma manual.

3.3.4. Análisis Técnico- Económico

Como se mencionó anteriormente, la metodología recomendada para determinar qué diseño es el óptimo se indica en la norma VDI, la cual consta del empleo de formatos para evaluar cuantitativamente las alternativas de diseño, es decir dar puntajes a ciertos criterios de aspecto técnico y económico que se toman como importantes en el diseño. La calificación de los criterios está establecida en un rango del 0 al 4 y mediante una ecuación establecida se obtienen valores que se presentan en una gráfica de decisión. (Pahl, 2007)

Tabla 4
Evaluación Técnica del diseño del Proyecto

Valor Técnico											
Diseño de una máquina de Tracción											
p: Puntaje de 0 a 4 según escala de valores VDI											
g: peso ponderado en función a la importancia de los criterios de evaluación (pesos de 1 a 4)											
Variantes del concepto / Proyecto		Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución ideal			
Nro.	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	
1	Función de la maquina	4	2	8	3	12	3	12	4	16	
2	Capacidad de la Maquina	4	2	8	3	12	3	12	4	16	
3	Exactitud del proceso	4	1	4	3	12	2	8	4	16	
4	Automatización	4	1	4	3	12	2	8	4	16	
5	Seguridad	4	2	8	3	12	3	12	4	16	
6	Ergonomía	4	1	4	3	12	3	12	4	16	
7	Manipulación	4	2	8	3	12	3	12	4	16	
8	Eficiencia	4	2	8	3	12	3	12	4	16	
9	Mantenimiento de la maquina	4	3	12	2	8	2	8	4	16	
10	Fabricación	4	3	12	3	12	3	12	4	16	
11	Tamaño de la maquina	4	3	12	2	8	2	8	4	16	
12	Ensamblaje	4	3	12	2	8	2	8	4	16	
13	Disponibilidad de equipos	4	3	12	2	8	3	12	4	16	
Puntaje máximo		52	28	112	35	140	34	136	52	208	
				0.54			0.67			0.65	1.00

Fuente: Elaboración Propia

Las alternativas que hayan alcanzado valores mayores o iguales a 0.6 mediante las ponderaciones son consideradas aceptables. La mejor alternativa será aquella que esté más cerca a la recta de diseño ideal (coordenadas (1,1) y una recta de 45°). (Pahl, 2007)

Tabla 5
Evaluación Económica del diseño del Proyecto

Valor Económico										
Diseño de una máquina de Tracción										
p: Puntaje de 0 a 4 según escala de valores VDI										
g: peso ponderado en función a la importancia de los criterios de evaluación (pesos de 1 a 4)										
Variantes del concepto / Proyecto		Solución 1		Solución 2		Solución 3		Solución ideal		
Nro.	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo de materiales	4	3	12	1	4	3	12	4	16
2	Costo de fabricación	4	3	12	2	8	2	8	4	16
3	Costo de montaje	4	3	12	2	8	3	12	4	16
3	Costo de operación	4	1	4	3	12	2	8	4	16
5	Costo de mantenimiento	4	3	12	2	8	2	8	4	16
Puntaje máximo		20	13	52	10	40	12	48	20	80
				0.65	0.50		0.60		1.00	

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestra un diagrama de dispersión del resultado de evaluación técnica y económica, de la cual se escoge la solución N°3 como proyecto óptimo para realizar el diseño de una máquina de tracción. Se determinó esta solución por estar más cerca de la línea de equilibrio y presentar una mayor cercanía a la solución ideal. (Pahl, 2007)

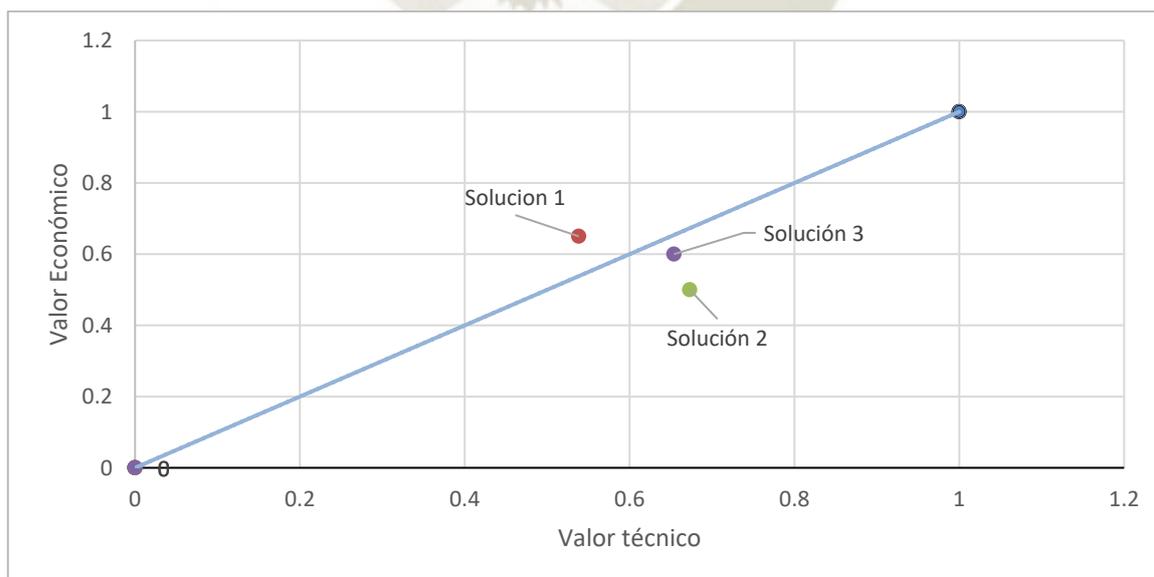


Figura 16 Grafico Valor técnico vs. Valor económico

Fuente: Elaboración Propia

3.3.5. Módulos principales de diseño

Seleccionada la solución y también ya definidas las funciones principales de la máquina se realizó una secuencia de diseño de cada módulo principal.

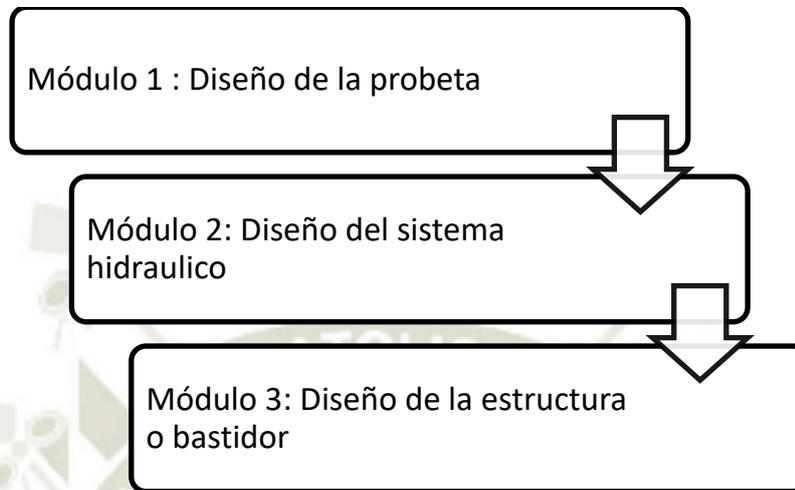


Figura 17 Secuencia de Diseño

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA MAQUINA

En el presente capítulo se presentan los diversos análisis ingenieriles básicos (dimensionamiento básico de componentes, potencia, velocidad, fuerza del pistón, etc.) necesarios para el diseño de la alternativa elegida en el capítulo anterior, así como la selección de componentes mecánicos, hidráulicos y eléctricos, basados en las especificaciones del diseño y calculo previo. Por último, se realiza el ensamblaje de todos los componentes. (Martinez & Montero, 2010)

4.1. Presentación de la Máquina

A continuación, “se muestra el modelamiento en 3D del diseño final de la máquina con los componentes ya seleccionados y diseñados con la finalidad de dar un mejor entendimiento a los cálculos en las siguientes secciones” (Pahl, 2007).

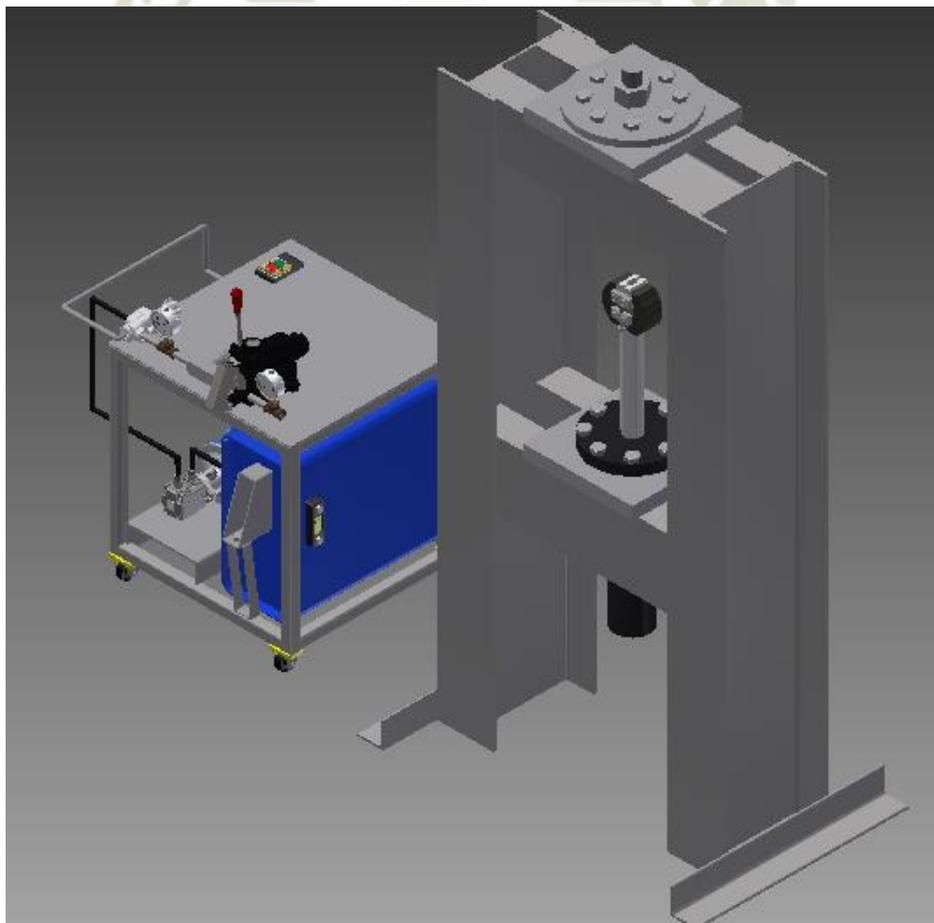


Figura 18 Vista isométrica de la máquina de tracción

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Normativa de diseño

Luego de realizada la búsqueda bibliográfica se encontraron las normas más importantes relacionadas con los ensayos mecánicos de tracción. A continuación, se describe normas y reglamentos que se siguieron para el diseño y configuraciones de la máquina.

Normas y reglamentos

- Procedimientos de soldadura: Norma AWS D1.1 Código establecido para soldadura Estructural- Acero
- Para Materiales: ASTM A36
- Para Método de Ensayo: ASTM E8 /E8M

ASTM E8 / E8M: Métodos de prueba estándar para ensayos de tracción de materiales metálicos.

Este método de ensayo cubre la prueba de tensión de materiales metálicos en cualquier forma a temperatura ambiente, específicamente, los métodos de determinación de la elasticidad, elongación del límite de elasticidad, resistencia a la tracción, elongación y reducción de área.

La temperatura ambiente se considerará de 10 a 38 ° C [50 a 100 ° F], a menos que se especifique lo contrario. (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2008)

4.3. Diseño de la probeta

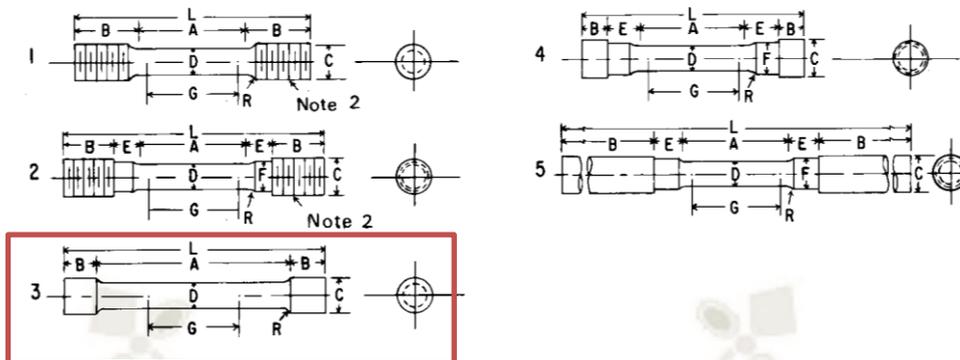
En esta sección se determina el tipo de probeta a utilizar y las dimensiones necesarias, luego de realizar la selección de la probeta se determinará la carga para la selección de los componentes mecánicos y eléctricos que permiten generar la fuerza de tracción necesaria para la rotura de la probeta.

Para la selección de la probeta tomamos como referencia la norma ASTM E8/E8M

La muestra de prueba redonda estándar de 12,5 mm [0,500 pulg.] De diámetro que se muestra se utiliza de forma bastante general para ensayar materiales metálicos, tanto fundidos como forjados. El Especímen 3 es el seleccionado, con extremos sin detalles.

Tabla 6

Varios tipos de extremos para probetas de prueba de tensión redonda estándar



Dimensiones, mm [pulg.]

Para probetas con una longitud de calibre cuatro veces mayor que el diámetro [E8]

	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3
<i>G</i> —Longitud calibrada	50 ± 0,1 [2.000 ± 0.005]	50 ± 0,1 [2.000 ± 0.005]	50 ± 0,1 [2.000 ± 0.005]
<i>D</i> —Diámetro	12,5 ± 0,2 [0.500 ± 0.010]	12,5 ± 0,2 [0.500 ± 0.010]	12,5 ± 0,2 [0.500 ± 0.010]
<i>R</i> —Radio de filete, min	10 [0.375]	10 [0.375]	2 [0.0625]
<i>A</i> —Longitud de la sección reducida	56 [2.25]	56 [2.25]	100 [4]
	min	min	aproximado
<i>L</i> —Longitud total, aproximada	145 [5]	155 [5.5]	155 [5.5]
<i>B</i> —Longitud de la sección final	35 [1.375]	25 [1]	20 [0,75]
	aproximado	aproximado	aproximado
<i>C</i> —Diámetro de la sección final	20 [0,75]	20 [0,75]	20 [0,75]
<i>mi</i> —Longitud del hombro y la sección del filete, aproximada		15 [0,625]	
<i>F</i> —Diámetro del hombro		15 [0,625]	

Dimensiones, mm [pulg.]

Para probetas con una longitud de calibre cuatro veces mayor que el diámetro [E8]

	Espécimen 4	Espécimen 5
<i>G</i> —Longitud calibrada	50 ± 0,1 [2.000 ± 0.005]	50 ± 0,1 [2.000 ± 0.005]
<i>D</i> —Diámetro	12,5 ± 0,2 [0.500 ± 0.010]	12,5 ± 0,2 [0.500 ± 0.010]
<i>R</i> —Radio de filete, min	10 [0.375]	10 [0.375]
<i>A</i> —Longitud de la sección reducida	56 [2.25]	56 [2.25]
	min	min
<i>L</i> —Longitud total, aproximada	140 [4.75]	255 [9.5]
<i>B</i> —Longitud de la sección final	15 [0,5]	75 [3]
	aproximado	min
<i>C</i> —Diámetro de la sección final	22 [0,875]	20 [0,75]
<i>mi</i> —Longitud del hombro y la sección del filete, aproximada	20 [0,75]	15 [0,625]
<i>F</i> —Diámetro del hombro	15 [0,625]	15 [0,625]

Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM), (2008)

4.3.1. Cálculo de capacidad requerida

Para la selección del material de probeta posible a utilizar tomamos como referencia el cuadro de Propiedades mecánicas promedio para materiales de ingeniería típicos, el material de mayor resistencia última a la tensión es la aleación de Titanio con una tensión última de 1000 Mpa. (Hibbeler, 2011)

Propiedades mecánicas promedio de materiales típicos en ingeniería^a
(Unidades SI)

Materiales	Densidad ρ (Mg.m ³)	Módulo de elasticidad E GPa	Módulo de rigidez G GPa	Resistencia de fluencia (MPa) σ_y			Resistencia última (MPa) σ_u			
				Tens.	Comp. ^b	Corte	Tens.	Comp. ^b	Corte	
Metálicos										
Aleaciones forjadas de aluminio	2014-T6	2.79	73.1	27	414	414	172	469	469	290
	6061-T6	271	68.9	26	255	255	131	290	290	186
Aleaciones de hierro colado	Gris ASTM 20	7.19	67.0	27	-	-	-	179	669	-
	Maleable ASTM A-197	7.28	172	68	-	-	-	276	572	-
Aleaciones de cobre	Bronce rojo C83400	8.74	101	37	70.0	70.0	-	241	241	-
	Bronce C86100	8.83	103	38	345	345	-	655	655	-
Aleación de magnesio	[Am 1004-T61]	1.83	44.7	18	152	152	-	276	276	152
Aleaciones de acero	Estructural A36	7.85	200	75	250	250	-	400	400	-
	Inoxidable 304	7.86	193	75	207	207	-	517	517	-
	Herramientas L2	8.16	200	75	703	703	-	800	800	-
Aleación de titanio	[Ti-6Al-4V]	4.43	120	44	924	924	-	1 000	1 000	-
No metálicos										

Figura 19 Propiedades mecánicas promedio de materiales típicos en ingeniería

Fuente: Hibbeler, (2011)

Verificamos la fuerza necesaria para producir la ruptura de una probeta de Aleación de titanio.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

σ : Esfuerzo (MPa)

P: Carga (N)

A: Área de la sección probeta (m²)

$$P = (1000 \times 10^6)(Pa) \times \frac{\pi \times (0.0125)^2}{4} (m^2)$$

$$P = 122 \text{ kN} = 12.5 \text{ Ton}$$

Se asume una carga de diseño de 12.5 Ton , ya que podrá verificarse que en el Capítulo 5 que los materiales ensayados se encuentran por encima de estos

valores teóricos que son señalados como valores mínimos de resistencia última de tracción .

4.4. Diseño del circuito hidráulico

Los parámetros más importantes a tener en cuenta para el diseño del circuito hidráulico aplicado a la máquina son el tipo de actuador según los requerimientos del sistema de accionamiento, la válvula de control de la entrada del aceite al actuador, el control de la velocidad del actuador, el control de la presión, la disposición de la bomba y los filtros del circuito (control del suministro de energía).

Se utiliza un actuador hidráulico lineal de doble efecto, con el fin de que realice fuerza tanto a tensión como a compresión (de salida y entrada), como es un circuito sencillo de entrada y salida del actuador, como válvulas de control se utiliza solamente una válvula direccional de cuatro vías, tres posiciones, , la cual permite cambiar la dirección del aceite a cada una de las cámaras según sea requerido, además de permanecer en su posición de reposo cuando el sistema no esté trabajando, lo que permite al aceite retornar directamente al tanque, el accionamiento de la válvula es manual, la conexión de la válvula con el actuador se hace mediante tuberías flexibles para una mayor facilidad en el montaje, el control de la presión se hace a través de una válvula limitadora de presión y una válvula reguladora de caudal, la primera una de acción directa regulada a la presión máxima del sistema (3000 [PSI]), la que brindará la seguridad de evitar que los elementos del sistema se dañen en caso de presentarse una sobrepresión debido al bloqueo del actuador, la segunda es una válvula limitadora de presión proporcional que se irá regulando proporcionalmente para permitir al circuito trabajar a una presión cada vez mayor, lo cual permitirá controlar la fuerza que ejerce el cilindro sobre la probeta. (Hibbeler, 2011)

4.4.1. Cálculo y selección de componentes.

4.4.1.1. Actuador hidráulico.

Para realizar la fuerza que se ejerce sobre la probeta, es necesario utilizar un actuador lineal, compuesto en este caso por un cilindro hidráulico de doble efecto, ya que la fuerza se realiza tanto a compresión como a tensión, los

componentes básicos de este tipo de cilindros son: un pistón, un vástago, una camisa cilíndrica, tapas y juntas. (Hibbeler, 2011)

“Para una fuerza en el cilindro de 12.5[Ton], manejando una presión máxima de 3000[psi] , dicha presión es tomada como referencia de investigaciones previas” (Moreno G. , López, Malagón, & Henao, 2006; Rodriguez, 2018).

Para la selección del cilindro hidráulico tenemos los siguientes parámetros a considerar:

Fuerza = 122 kN

Presión = 21 MPa = 207 Bar = 3000 Psi

Resaltando que el trabajo será realizado por el área de sección más pequeña del cilindro, seleccionamos de acuerdo a la siguiente Figura:

Diameters, areas, forces, flow

Piston	Piston rod	Area ratio	Areas			Force at 250 bar ¹⁾		
			Piston	Rod	Ring	Pressure	Diff.	Pulling
ØAL mm	ØMM mm	φ A ₁ /A ₃	A ₁ cm ²	A ₂ cm ²	A ₃ cm ²	F ₁ kN	F ₂ kN	F ₃ kN
40	22	1.43	12.56	3.80	8.76	31.40	9.50	21.90
	28	1.96		6.16			6.40	15.40
50	28	1.46	19.63	6.16	13.47	49.10	15.40	33.70
	36	2.08		10.18			9.45	25.45
63	36	1.48	31.17	10.18	20.99	77.90	25.45	52.45
	45	2.04		15.90			15.27	39.75
80	45	1.46	50.26	15.90	34.36	125.65	39.75	85.90
	56	1.96		24.63			25.63	61.55
100	56	1.46	78.54	24.63	53.91	196.35	61.55	134.80
	70	1.96		38.48			40.06	96.20

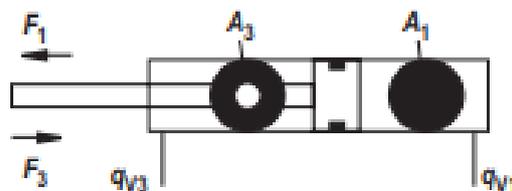


Figura 20 Selección de Cilindro Hidráulico

Fuente: Boschrexroth, (2015)

Cilindro con Diámetro de Camiseta de 100 mm , diámetro de Vástago de 56 mm, y una sección efectiva de 53.91 cm² (0.005391 m²) ,ya que los valores se encuentra por encima de los requeridos.

4.4.1.2. Unidad hidráulica.

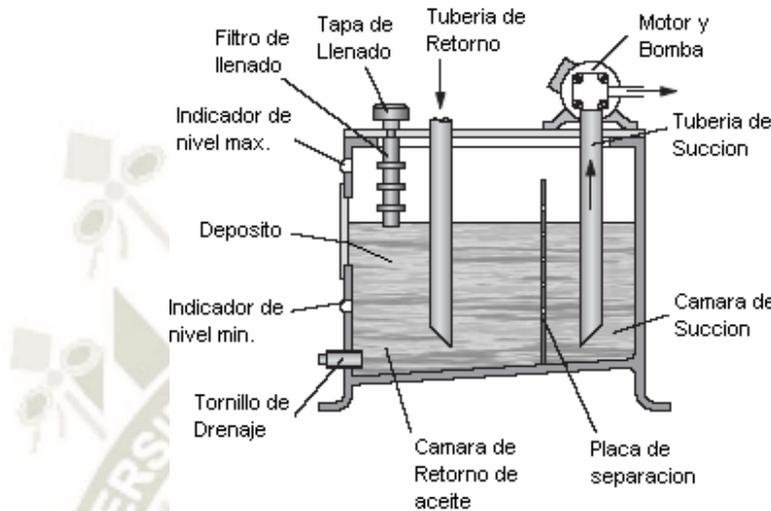


Figura 21 Tanque hidráulico

Fuente: Herrera De Oro, E. D. J., & Otero Vélez, N. E, (2018)

Para determinar el caudal que debe suministrar la bomba, es necesario determinar la velocidad a la cual se va a desplazar el vástago del cilindro hidráulico, para esto se determina la velocidad promedio a la cual se realizan las pruebas de ensayos de tracción para las diferentes clases de aceros. (Herrera De Oro, E. D. J., & Otero Vélez, N. E, 2018)

La prueba de ensayo de tracción indica utilizar como referencia la velocidad de prueba para materiales con alargamientos esperados superiores al 5 % entre 0.05 y 0.5 mm/mm/ min de longitud de sección reducida, entonces para nuestro caso la longitud de sección reducida es de 100 mm , la cual fue determinada en el punto 4.3.

Entonces tenemos una velocidad entre 5 mm/min a 50 mm/ min de velocidad de ensayo.

- Para probetas de 0,5 [in] de diámetro y 6,75 [in] de longitud el porcentaje de alargamiento promedio es del 21%:

$$V_{\text{ensayo}} = 50 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = 0.00084 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Esta velocidad también representaría la velocidad del cilindro , parámetro necesario para el calculo de velocidad de la bomba.

Hallando el caudal de la bomba requerido

$$Q = v_c A_e$$

Donde :

Q= Caudal de la bomba

V c= Velocidad del cilindro

Ae= Área efectiva

$$Q = 0.00084 \frac{m}{s} \times 0.005391 m^2$$

$$Q = 0.0000044925 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 0.27 \frac{l}{min}$$

Bomba hidráulica. Los primeros criterios para la selección de la bomba son los siguientes:

- Caudal máximo que debe suministrar $Q = 0,27 \text{ l/min}$
- Presión máxima que debe resistir $P = 3000[\text{psi}] = 206[\text{bar}]$
- Con el caudal se determina el rango de cilindrado de la bomba, accionada con un motor que da 1800 RPM.

Tomando el peor rendimiento volumétrico de las bombas de engranajes del 70% referenciado. (Moreno G. , López, Malagón, & Henao, 2006)

$$\text{Cilindrada}_{\max} = \frac{Q}{n_{rpm} \times \eta_v}$$

Donde;

Q= Caudal requerido (l/min)

N= revoluciones (RPM) para este proyecto optaremos por un motor AC de 1800 RPM

η = Eficiencia volumétrica

$$\text{Cilindrada}_{\max} = \frac{0.27 \text{ l/min}}{1800 \text{ RPM} \times 0.7}$$

$$\text{Cilindrada}_{\max} = 0.00024 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$\text{Cilindrada}_{\max} = 0.22 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$$

Según los parámetros establecidos y los productos ofrecidos por el distribuidor de los elementos hidráulicos se ha seleccionado una bomba con las siguientes características:

- Bomba engranajes Marzocchi
- Cilindrada: 0,26 cm³ / rev
- Presión Máxima : 230 bar
- Régimen mínimo y máximo: 700 RPM - 7000 RPM
- Rendimiento volumétrico: 0,91 - 0,96
- Rendimiento mecánico : 0,85 - 0,90. (Hibbeler, 2011)

Bomba de engranajes unidireccional BOSH.

TIPO TYPE	CILINDRADA DISPLACEMENT	CAUDAL a 1500 giros/min FLOW at 1500 rev/min	PRESIÓN MÁXIMA MAX PRESSURE			VELOCIDAD MÁXIMA MAX SPEED	DIMENSIONES DIMENSIONS		
			P ₁	P ₂	P ₃		M	L	D
	cm ³ /giro (cm ³ /rev)	litros /min (litres/min)	bar	bar	bar	giros /min (rpm)	mm	mm	mm
0.25 D 18	0,19	0,29	190	210	230	7000	54	24	M10x1
0.25 D 24	0,26	0,38	190	210	230	7000	55	24,5	M10x1
0.25 D 30	0,32	0,48	190	210	230	7000	56	25	M10x1
0.25 D 36	0,38	0,58	190	210	230	7000	57	25,5	M10x1
0.25 D 48	0,51	0,77	190	210	230	7000	59	26,5	M10x1
0.25 D 60	0,64	0,96	190	210	230	7000	61	27,5	M10x1

Figura 22 Selección de Bomba hidráulica

Fuente: Italmatic, (2015)

Tipo de bomba seleccionada es **0.25 D 24**

Se determina el caudal mínimo y máximo y a 1800 RPM que puede dar la bomba:

$$Q = Vx n \times \eta_v$$

Donde:

Q : Caudal (cm³/rev)

n : Velocidad de rotación (RPM)

η : Rendimiento Volumétrico (Tomar 0.91 como valor indicativo para velocidades de rotación entre 1000 y 2000 RPM)

$$Q_{max} = Vn_{max}\eta_v$$

$$Q_{max} = 0.26 \frac{cm^3}{rev} \times 7000 \text{ RPM} \times 0.91$$

$$Q_{max} = 1656 \frac{cm^3}{min}$$

$$Q_{min} = Vn_{min}\eta_v$$

$$Q_{min} = 0.26 \frac{cm^3}{rev} \times 700 \text{ RPM} \times 0.91$$

$$Q_{min} = 166 \frac{cm^3}{min}$$

$$Q_{1800} = Vn_{1800}\eta_v$$

$$Q_{1800} = 0.26 \frac{cm^3}{rev} \times 1800 \text{ RPM} \times 0.91$$

$$Q_{1800} = 425 \frac{cm^3}{min} = 0.425 \frac{\text{litros}}{min} = 0.1123 \text{ GPM}$$

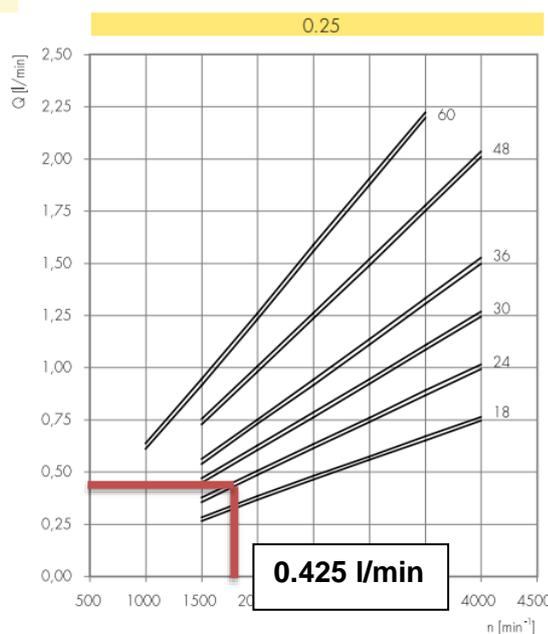


Figura 23 Curva característica caudal

Fuente: Italmatic, (2015)

Se calcula el torque de bomba

- El torque realizado por el eje de la bomba es de :

$$T = \frac{V(P)}{62.8 \times \eta_{hm}}$$

Donde:

T: Torque de eje bomba (Nm)

V: Cilindrada de la bomba (cm³/rev)

P: Presión bomba (bar)

η_{hm} : Rendimiento hidromecánico (tomar como valor indicativo 0.85 dato fabricante)

$$T = \frac{0.26 \frac{cm^3}{rev} \times 207 \text{ Bar}}{62.8 \times 0.85}$$

$$T = 1.01 \text{ Nm}$$

“**Motor eléctrico.** La potencia de accionamiento de la bomba se determina a partir de la potencia hidráulica de la misma y de su rendimiento total y es de” (Italmatic, 2015).

Cálculo de Potencia absorbida

$$Pa = \frac{Q \times P}{600 \times \eta_{total}}$$

Donde:

Pa : Potencia absorbida (kW)

Q : Caudal (l/min)

P : Presión (bar)

η_{total} : Rendimiento total ($\eta_{hm} \times \eta_{vol}$)

$$\eta_t = (\eta_v)(\eta_m)$$

$$\eta_t = (0.91)(0.85)$$

$$\eta_t = 0.786$$

$$Pa = \frac{425 \times 10^{-3} \times 207}{600 \times 0.786}$$

$$Pa = 0.18 \text{ kW} = 0.241 \text{ HP}$$

Se debe seleccionar un motor de **0,25 [HP]** o mayor (teniendo en cuenta el rendimiento del motor eléctrico seleccionado), y con una velocidad mayor o igual a 1740[RPM]. (Italmatic, 2015)

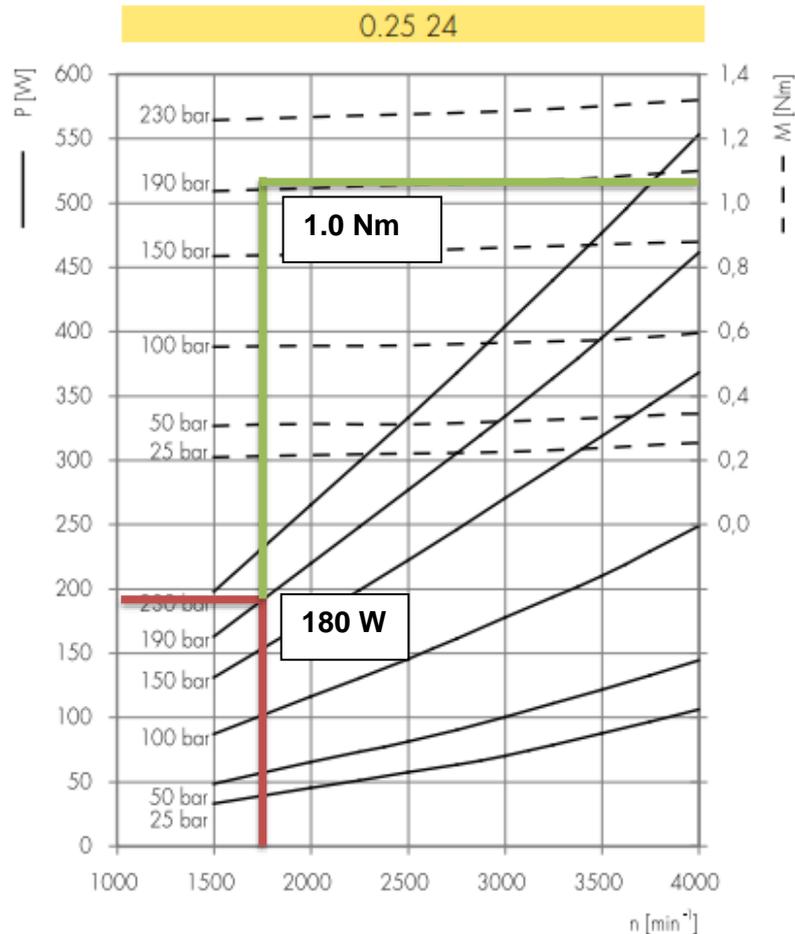


Figura 24 Curva característica Torque y Potencia

Fuente: Italmatic, (2015)

- **Filtros.** La unidad hidráulica cuenta con un filtro de retorno (10 a 25 [μ]) encargado de limpiar el aceite que reingresa al depósito después de haber circulado por el circuito, esto evita el envejecimiento prematuro del aceite. (Italmatic, 2015)

Para la selección del filtro también se debe tener en cuenta:

- Presión máxima en las líneas de trabajo 3000 [psi].
- Presión máxima en la línea de retorno 435 [psi].

- Caudal máximo del sistema 0,12 [GPM].

Tipos preferentes

Tamaño de filtrado de 3 µm, 6 µm, 10 µm y 20 µm

Filtro tipo	Caudal en l/min [gpm] con $v = 30 \text{ mm}^2/\text{s}$ [142 SUS] y $\Delta p = 0,5 \text{ bar}$ [7.25 psi] ¹⁾	Conexión	Nro. de material	Conexión	Nro. de material
10TEN0040-H3XLA00-P2,2-M-...	23 [6.1]	..R3	R928041292	..U4	R928041293
10TEN0063-H3XLA00-P2,2-M-...	35 [9.2]	..R4	R928041294	..U9	R928041295
10TEN0100-H3XLA00-P2,2-M-...	52 [13.7]	..R4	R928041296	..U9	R928041297
10TEN0160-H3XLA00-P2,2-M-...	105 [27.7]	..R5	R928041298	..S5	R928041299
10TEN0250-H3XLA00-P2,2-M-...	160 [42.3]	..R6	R928041300	..S6	R928041301
10TEN0400-H3XLA00-P2,2-M-...	290 [76.6]	..S8	R928041302	..S9	R928041303
10TEN0630-H3XLA00-P2,2-M-...	410 [108.3]	..S9	R928041304	..S8	R928041305
10TEN1000-H3XLA00-P2,2-M-...	560 [147.9]	..S10	R928041306	..S12	R928041307
10TE2000-H3XLA00-P2,2-M-...	900 [237.7]	..S12	R928041308	..S10	R928041309
10TE2500-H3XLA00-P2,2-M-...	1100 [290.6]	..S12	R928041310	..S10	R928041311
10TEN0040-H6XLA00-P2,2-M-...	40 [10.6]	..R3	R928052853	..U4	R928052854
10TEN0063-H6XLA00-P2,2-M-...	58 [15.3]	..R4	R928052855	..U9	R928052856
10TEN0100-H6XLA00-P2,2-M-...	76 [20.1]	..R4	R928052857	..U9	R928052858
10TEN0160-H6XLA00-P2,2-M-...	179 [47.3]	..R5	R928044990	..S5	R928053324
10TEN0250-H6XLA00-P2,2-M-...	248 [65.5]	..R6	R928046782	..S6	R928048118
10TEN0400-H6XLA00-P2,2-M-...	442 [116.8]	..S8	R928046816	..S9	R928052860
10TEN0630-H6XLA00-P2,2-M-...	545 [144.0]	..S9	R928044949	..S8	R928044930
10TEN1000-H6XLA00-P2,2-M-...	910 [240.4]	..S10	R928046825	..S12	R928052861
10TEN2000-H6XLA00-P2,2-M-...	1310 [346.1]	..S12	R928052862	..S10	R928052264
10TEN2500-H6XLA00-P2,2-M-...	1440 [380.4]	..S12	R928052863	..S10	R928044973
10TEN0040-H10XLA00-P2,2-M-...	43 [11.3]	..R3	R928041271	..U4	R928041272
10TEN0063-H10XLA00-P2,2-M-...	62 [16.4]	..R4	R928041273	..U9	R928041274
10TEN0100-H10XLA00-P2,2-M-...	80 [21.1]	..R4	R928041275	..U9	R928041276
10TEN0160-H10XLA00-P2,2-M-...	190 [50.2]	..R5	R928041277	..S5	R928041278
10TEN0250-H10XLA00-P2,2-M-...	260 [68.7]	..R6	R928041279	..S6	R928041280
10TEN0400-H10XLA00-P2,2-M-...	460 [121.5]	..S8	R928041281	..S9	R928041282
10TEN0630-H10XLA00-P2,2-M-...	560 [147.9]	..S9	R928041283	..S8	R928041284
10TEN1000-H10XLA00-P2,2-M-...	970 [256.2]	..S10	R928041285	..S12	R928041286

Figura 25 Tipos de filtro según filtrado en micras

Fuente: Boschrexroth, (2021)

Según los parámetros establecidos, el filtro seleccionado es el Bosh 10TEN0040-H10XLA00-P2, gracias a que cumple con los requisitos del sistema. Tiene las siguientes características:

- Retención de filtración: 10 micras.
- Caudal máximo: 11.3 [GPM] (43 l/min).
- Presión máxima: 435 [psi].

- **Depósito.** La capacidad del depósito de aceite debe ser 3 o 4 veces mayor que la capacidad de consumo del sistema, para asegurar que siempre halla aceite en el depósito y evitar que se presente cavitación en la bomba, otra función del depósito es la de refrigerar el aceite, para mantenerlo a la temperatura deseada, ya que un aumento excesivo en la temperatura del mismo generar una disminución en su viscosidad, y disminuir el rendimiento del sistema.

Dentro del consumo total de aceite del sistema, está el requerido por el cilindro hidráulico, y el consumido por las tuberías de conexión de la unidad hidráulica con el cilindro, los demás dispositivos presentan un consumo de aceite despreciable respecto a los anteriores.

El cilindro tiene un diámetro de camiseta de 100 mm y una carrera de 30 cm

$$A_e = 100 \text{ cm}^2 \quad L_r = 30 \text{ cm. (Italmatic, 2015)}$$

El volumen del cilindro es:

$$V_c = A_e \times L_r$$

$$V_c = 100 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ cm}$$

$$V_c = 3000 \text{ cm}^3$$

Con 2 mangueras de 1.5 m de longitud y diámetro de 3/8 in = 0.9525 cm

$$A = \frac{\pi}{4} \times (0.9525 \text{ cm})^2$$

$$A = 0.7125 \text{ cm}^2$$

$$V_m = 0.7125 \text{ cm}^2 \times 300 \text{ cm}$$

$$V_m = 213.767 \text{ cm}^3$$

El volumen total manejado por el sistema es de

$$V_t = 3000 \text{ cm}^3 + 213.76 \text{ cm}^3$$

$$V_t = 3213.76 \text{ cm}^3$$

Diseñando con un Factor de seguridad de 4

$$V_t = 2371.78 \text{ cm}^3 \times 4$$

$$V_t = 13167.07 \text{ cm}^3$$

Capacidad del tanque mínima es de:

$$V_t = 14 \text{ lts}$$

- **Válvula direccional.** Para los requerimientos del circuito diseñado se ha seleccionado una válvula direccional de 4 vías, tres posiciones (4/3).

Con accionamiento manual, esta válvula soporta una presión máxima de 350 [bar] y un caudal máximo de 60[Lts/min]. (Italmatic, 2015)

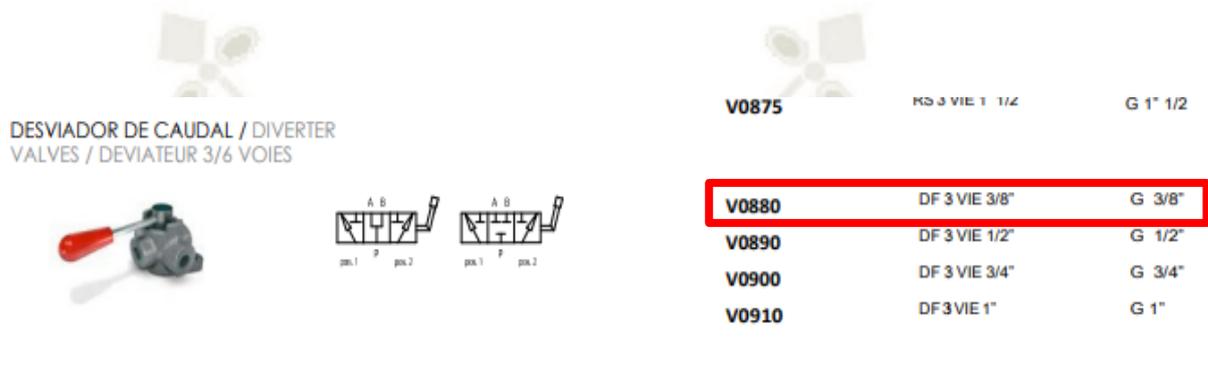


Figura 26 Tipos de válvulas desviador de caudal

Fuente: Cicrosa, (2021)

Según los parámetros establecidos, la válvula seleccionada es DF 3 VIE 3/8" .

- **Aceite hidráulico.** Por lo general en este tipo de sistemas hidráulicos, se utilizan aceites minerales, con viscosidades que deben estar entre los 35 a 75 [cst], trabajando a una temperatura nominal de 40°C, existen tres posibles opciones dentro de este rango de viscosidad y trabajando en un rango de temperatura ambiente no mayor a 30°C, entre los aceites que trabajan bajo la norma ISO, que son el ISO32, ISO46 e ISO68, ver (Anexo Aceite Shell Tellus 68); de la gama de aceites minerales más utilizados el más utilizado es el Tellus 68, el cual tiene las siguientes características:

- Viscosidad cinemática (40°C/100°C): 68 / 8,6 [Cst]
- Índice de viscosidad: 97
- Densidad 15°C: 880 [Kg/m³]
- Punto de inflamación: 223°C

- Punto de fluidez: -24°C
- El rango de viscosidad de este tipo de aceites está entre 61.2 y 74.8 [Cst]

Tuberías flexibles y accesorios. Se ha establecido que la velocidad del fluido en los sistemas hidráulicos generalmente es de:

Velocidad de las tuberías :

Líneas de trabajo : 2 a 5 m/s

Línea de aspiración de la bomba : 0,6 a 1,2 m/s

Tomando las velocidades mínimas y el caudal máximo de :

$0,12[\text{GPM}]=0,43[\text{Lts}/\text{min}]=9.09 \times 10^{-6}[\text{m}^3/\text{s}]$, se determina el diámetro de las tuberías flexibles, la tubería de retorno y la tubería de succión. (Cicrosa, 2021)

Línea de aspiración:

$$A = \frac{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)}{v \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}$$

$$A = \frac{9.09 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{\left(0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}$$

$$A = 0.000016 \text{ m}^2 = 0.16 \text{ cm}^2$$

Hallando diámetro para línea de aspiración

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(0.16 \text{ cm}^2)}{\pi}}$$

$$D = 0.4513 \text{ cm} = 0.18 \text{ in}$$

Utilizamos un diametro comercial de $\frac{3}{8}$ in

Línea de trabajo y retorno:

$$A = \frac{Q(\frac{m^3}{s})}{v(m/s)}$$

$$A = \frac{9.09 \times 10^{-6} m/s}{(2 \frac{m}{s})}$$

$$A = 0.0000046 m^2 = 0.045 cm^2$$

Hallando diámetro para línea de trabajo y retorno

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(0.045 cm^2)}{\pi}}$$

$$D = 0.24 cm = 0.094 in$$

Utilizamos un diametro comercial de $\frac{3}{8}$ in

El menor diámetro de tuberías flexibles normalizadas SAE 100 , para terminales permanentes es de ¼ in.

La presión máxima de trabajo que debe soportar la tubería flexible es de 3000 psi, calculando con un factor de seguridad de 4 , para tuberías de alta presión. (Cirosa, 2021)

$$Fs = \frac{Presion\ de\ ruptura\ (PR)}{Presion\ de\ funcionamiento\ (PF)}$$

$$PR = 4 \times 3000psi$$

$$PR = 12000 psi = 827 Bar$$

De la serie de tuberías flexibles SAE100 R2 a R12, y según el diámetro seleccionado, la presión de ruptura, la temperatura a la cual trabaja el sistema, y la compatibilidad con el fluido seleccionado, se ha seleccionado una tubería SAE100R2 de 3/8[in], ya que la tubería lleva terminales permanentes se ha seleccionado la serie R2AT. (Cirosa, 2021)

EN 853 2SN

EXCEDE SAE 100R2AT

**Manguera
dos mallas metálicas**

Descripción: Manguera hidráulica de dos mallas metálicas media presión.

Tubo interior: Negro, goma sintética resistente al aceite.

Recubrimiento: Negro, goma sintética resistente al aceite, agua, ozono.

Refuerzo: 2 mallas metálicas.

Temperatura: -40°C a +100°C intermitente hasta 125°C para fluidos basados en petróleo.

-40°C a +70°C para fluidos basados en agua.

Aplicaciones: Sistemas hidráulicos con fluidos basados en petróleo o agua/gly- col y para aceites y lubricantes.

Terminal: PF-xxxx

Casquillo: PT-30xx/PT-20xx



Diámetro interior (in) (mm)		Diámetro sobre malla (in) (mm)		Diámetro exterior (in) (mm)		Máxima presión trabajo (psi) (bar)		Mínima presión rotura (psi) (bar)		Radio curvatura (in) (mm)		Peso (kg/mtr)
3/16	4,8	0,441	11,2	0,555	14,1	6000	415	24000	1650	3,5	90	0,31
1/4	6,3	0,500	12,7	0,618	15,7	5800	400	23200	1600	4,0	100	0,37
5/16	8,0	0,563	14,3	0,681	17,3	5075	350	20300	1400	4,5	115	0,42
3/8	9,5	0,657	16,7	0,776	19,7	4785	330	19140	1320	5,0	130	0,53
1/2	12,9	0,780	19,8	0,906	23,0	3985	275	15950	1100	7,0	180	0,63
5/8	15,9	0,906	23,0	1,035	26,3	3625	250	14500	1000	8,0	200	0,76

Figura 27 Selección de manguera hidráulica

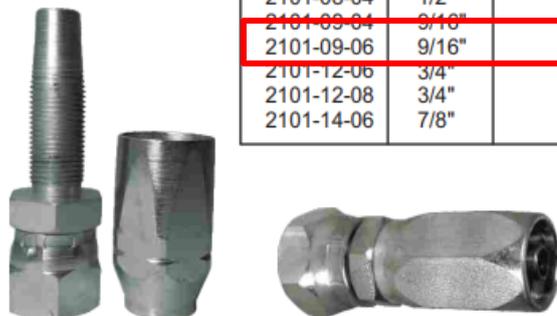
Fuente: Nosoloherramientas, (2021)

Los terminales utilizados son los más comunes en instalaciones hidráulicas, que son los SAE JIC 37° hembra. (Cirosa, 2021)

2101

HEMBRA GIRATORIA UNF

Terminal hembra giratoria recta, rosca UNF, vedación JIC 37°, hecho en acero carbono para mangueras hidráulica.



CÓDIGO MANGOPAR	ROSCA UNF	DIÁMETRO DE LA MANGUERA
2101-07-04	7/16"	1/4"
2101-08-04	1/2"	1/4"
2101-09-06	9/16"	3/8"
2101-12-06	3/4"	3/8"
2101-12-08	3/4"	1/2"
2101-14-06	7/8"	3/8"

CÓDIGO MANGOPAR	ROSCA UNF	DIÁMETRO DE LA MANGUERA
2101-14-08	7/8"	1/2"
2101-14-10	7/8"	5/8"
2101-14-12	7/8"	3/4"
2101-17-10	1.1/16"	5/8"
2101-17-12	1.1/16"	3/4"
2101-21-16	1.5/16"	1"

Figura 28 Selección de terminales de manguera hidráulica

Fuente: Mangopar, (2021)

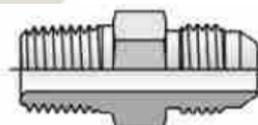
“Para el acople de las tuberías flexibles, con el cilindro hidráulico se utilizan racores rectos con la siguiente especificación” (Mangopar, 2021).

4JIC x NPT.

70.002

ADAPTADOR MACHO

Adaptador Macho NPTF x Macho UNF, vedación JIC 37°



CÓDIGO MANGOPAR	ROSCA NPTF	ROSCA UNF
70.002.02-07	1/8"	7/16"
70.002.02-08	1/8"	1/2"
70.002.02-09	1/8"	9/16"
70.002.04-07	1/4"	7/16"
70.002.04-08	1/4"	1/2"
70.002.04-09	1/4"	9/16"
70.002.04-10	1/4"	5/8"
70.002.04-12	1/4"	3/4"
70.002.04-14	1/4"	7/8"
70.002.06-07	3/8"	7/16"
70.002.06-09	3/8"	9/16"
70.002.06-10	3/8"	5/8"
70.002.06-12	3/8"	3/4"

CÓDIGO MANGOPAR	ROSCA NPTF	ROSCA UNF
70.002.06-14	3/8"	7/8"
70.002.08-07	1/2"	7/16"
70.002.08-08	1/2"	1/2"
70.002.08-09	1/2"	9/16"
70.002.08-12	1/2"	3/4"
70.002.08-14	1/2"	7/8"
70.002.08-17	1/2"	1.1/16"
70.002.12-09	3/4"	9/16"
70.002.12-12	3/4"	3/4"
70.002.12-14	3/4"	7/8"
70.002.12-17	3/4"	1.1/16"
70.002.12-21	3/4"	1.5/16"
70.002.16-17	1"	1.1/16"
70.002.16-21	1"	1.5/16"

Figura 29 Selección de adaptador hidráulico

Fuente: Mangopar, (2021)

COMPONENTES Y DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO.

La unidad hidráulica cuenta además de los componentes listados en la tabla con los siguientes elementos:

- Acople flexible de campana.
- Visor de nivel.
- Manómetro.
- Tapa de llenado. (Mangopar, 2021)

Tabla 7
Componentes de unidad hidráulica

Componente	Características	Designación
Motor eléctrico	Potencia 0.5 HP Velocidad 1800 RPM	
Bomba de engranajes	Cilindrara 0.26 cm ³ /rev Caudal 0.141 – 0.18 GPM	
Filtro de retorno	Bosh 10 micras	10TEN0040-H10XLA00-P2



Válvula reguladora de caudal $P_{max}=350$ bar
 $Q_{max}=2.5$ Lts/min

V0704/000 / Cicrosa



Válvula direccional $P_{max}=350$ bar
 $Q_{max}=60$ Lts/min

V1110/VU / Cicrosa



Actuador Lineal Cilindro Hidráulico
de doble efecto
 $F_{max}=14$ Ton

Deposito (0.0798 – 0.186)
cm/seg
Capacidad Máxima
40 lts



Tuberías Flexibles SAE 1002AT de 3/8
in



Fuente: Elaboración propia

4.5. Diseño del sistema mecánico

Los parámetros más importantes a tener en cuenta para el diseño del sistema mecánico, es el sentido de aplicación de las cargas y los esfuerzos producidos por estas. El cilindro hidráulico genera una fuerza de tensión o compresión sobre la estructura según la cámara del cilindro que se esté alimentando, esta fuerza tiene una magnitud de 140 KN. (Mangopar, 2021)

Los componentes principales del sistema mecánico son:

1. Estructura de soporte.
2. Cilindro hidráulico.
3. Elementos de maquina (ejes, bujes, acoples, elementos roscados).
4. Soporte y mordazas para los ensayos de tracción.
5. Soportes de la unidad hidráulica.
6. Cubiertas de la máquina.
7. Mecanismos de sujeción.

Valores para diseño a diferentes tipos de carga

Tensión: $0,45\sigma_y \leq \sigma_{pem} \leq 0,6 \sigma_y$

Flexión: $0,6 \sigma_y \leq \sigma_{pem} \leq 0,9 \sigma_y$

Aplastamiento: $\sigma_{pem} = 0,9 \sigma_y$

Cortante: $\tau_{pem} = 0,4 \sigma_y$

Torsión: $\tau_{pem} = 0,6 \sigma_y$

Esfuerzo principal normal y a flexión

$$\sigma_T = \pm \frac{F}{A} \pm \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec. 1}$$

F = Fuerza axial

A = Área transversal

M = Momento flector

C = Distancia del eje neutro a la superficie donde se aplica la carga

Esfuerzos principales

$$\sigma_{Pral} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad \text{Ec. 2}$$

Esfuerzo cortante máximo

$$\tau_{max} = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad \text{Ec. 3}$$

Momento de inercia para una sección rectangular:

$$I = \frac{1}{12} bh^3 \quad \text{Ec. 4}$$

h = espesor de la placa

Momento flector

M = Fd

d = distancia de la fuerza a los soportes.

Deformación por flexión con apoyo simple carga central

$$\delta = \frac{FL^3}{48EI} \leq \delta_p \quad \text{Ec. 5}$$

Deformación con carga axial

$$\delta = \frac{FL}{EA} \leq \delta_p \quad \text{Ec. 6}$$

Deformación máxima permisible antes de sobrepasar el límite elástico está dada por:

$$\varepsilon_p = \frac{\sigma_f}{E} \times 100\% \quad \delta_p = \varepsilon_p(L)$$

Relación de las bases de las placas respecto al espesor de la misma:

$$b = 2,25h \quad \text{Ec. 7}$$

b = Ancho de la placa

h = Espesor de la placa

• **Ecuaciones para el diseño por fatiga**

$$\text{Amplitud del esfuerzo: } \sigma_a = \left| \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \right| \quad \text{Ec. 8}$$

$$\text{Esfuerzo medio: } \sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad \text{Ec. 9}$$

Límite de fatiga del material en ensayo: σ_e

$$\frac{1}{FS} = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} K_t + \frac{\sigma_a}{\sigma_e} \frac{K_F}{K_a K_b K_c K_d} \quad \text{Ec. 10}$$

$$\text{Numero de ciclos a la falla: } N = \left(\frac{\sigma_a}{a} \right)^{1/b} \quad \text{Ec. 11}$$

$$a = \frac{(f\sigma_u)^2}{\sigma_e} \quad \text{Ec. 12} \quad b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{(f\sigma_u)}{\sigma_e} \right) \quad \text{Ec. 13}$$

K_t = Factor teórico de concentración de esfuerzos geométrico.

K_f = Factor teórico de concentración de esfuerzos a la fatiga.

K_a = Factor de modificación de la condición superficial.

K_b = Factor de modificación del tamaño.

K_c = Factor de modificación de la carga.

K_d = Factor de modificación de la temperatura.

K_e = Factor de modificación de efectos varios. (Mangopar, 2021)

Los valores de $f = 0.93$ se pueden determinar de las gráficas respectivamente:

S_{ur} kpsi	60	90	120	200
f	0.93	0.86	0.82	0.77

Figura 30 Fracción del esfuerzo último.

Fuente: Budynas & Keith, (2008)

Criterios de fatiga:

$$\sigma'' = \sigma_e \left[1 - \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_u} \right)^2 \right] \quad \text{Gerber} \quad \text{Ec. 17}$$

$$\sigma'' = \sigma_e - \left(\frac{\sigma_e \sigma_m}{\sigma_u} \right) \quad \text{Goodman} \quad \text{Ec. 18}$$

$$\sigma'' = \sigma_e - \left(\frac{\sigma_e \sigma_m}{\sigma_y} \right) \quad \text{Soderberg} \quad \text{Ec. 19}$$

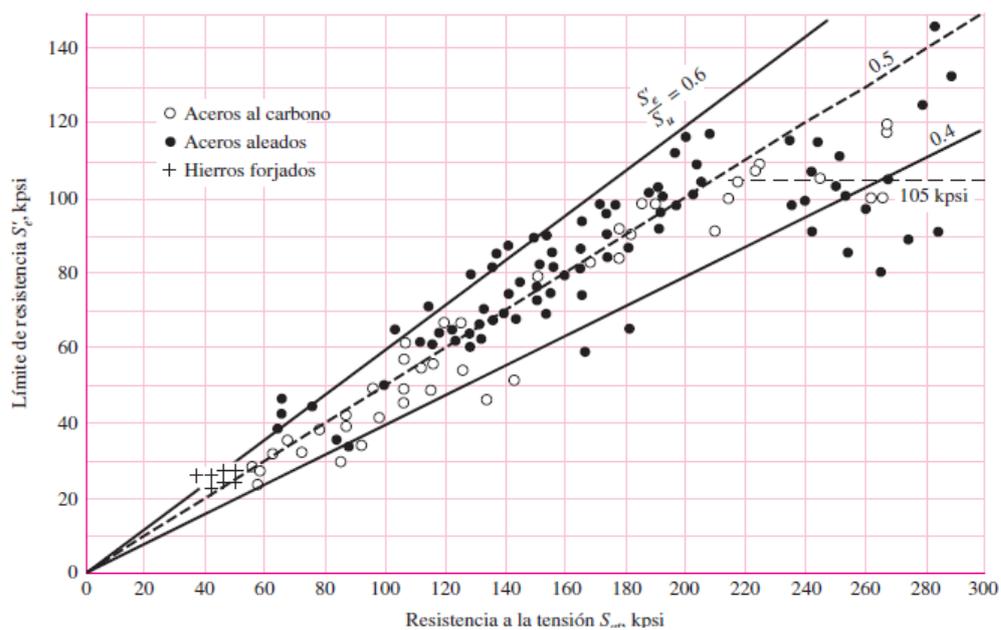


Figura 31 Límites de resistencia a la fatiga.

Fuente: Budynas & Keith, (2008)

- **Ecuación para el cálculo de roscas**

A continuación, suponemos que todos los hilos de la rosca en contacto con la tuerca o agujero roscado, comparten la carga.

$$\sigma = \frac{3Fh}{\pi d_r n b^2} \quad \text{Tensión máxima} \quad \text{Ec. 20}$$

$$\tau_r = \frac{F}{\pi d_r n b} \quad \text{Cortante máximo para el tornillo} \quad \text{Ec. 21}$$

$$\tau_o = \frac{F}{\pi d_o n b} \quad \text{Cortante máximo para la tuerca} \quad \text{Ec. 22}$$

$$\tau_T = \frac{T_c}{J} \quad \text{Torsión} \quad \text{Ec. 23}$$

$$P = \frac{1}{\left[\frac{\# \text{hilos}}{\text{in}} \right]} \quad \text{Ec. 24}$$

$$b = \frac{P}{2} \quad \text{Ec. 25}$$

$$h = \frac{17P}{24} \quad \text{Ec. 26}$$

$$d_o = d_m + \frac{h}{2} \quad \text{Ec. 27}$$

Donde:

N: Número de hilos en contacto.

h: Altura del diente.

b: Tamaño del diente.

d_r: Diámetro interior.

d_m: Diámetro medio.

d_o: Diámetro mayor.

P: Paso.

- **Propiedades del acero para estructuras ASTM A36**

$$\sigma_y = 36[\text{Kpsi}] = 25[\text{Kgf/mm}^2] = 245,25[\text{MPa}]$$

$$\sigma_u = 68[\text{Kpsi}] = 47,8[\text{Kgf/mm}^2] = 468,84[\text{MPa}]$$

$$E = 30[\text{Mpsi}] = 21100,91[\text{Kgf/mm}^2] = 207[\text{GPa}]$$

$$G = 435[\text{Kpsi}] = 8083,58[\text{Kgf/mm}^2] = 79,3[\text{GPa}]. \text{ (Mangopar, 2021)}$$

Límite elástico

$$\varepsilon_p = \frac{\sigma_y}{E} \times 100\% = \frac{245,25[\text{MPa}]}{207[\text{GPa}]} \times 100\% = 0,118\%$$

$$\rho = 0,279[\text{lb}/\text{in}^3] = 7,74 \times 10^{-6} [\text{Kg}/\text{mm}^3] = 76[\text{KN}/\text{m}^3]$$

4.5.1. Cálculo y selección de componentes.

4.5.1.1. Estructura

La estructura de la maquina está compuesta por perfiles y planchas, distribuidas de la siguiente forma:

- 1 - Una placa superior
- 2- Perfil C
- 3- Perfil W
- 4- Una placa inferior
- 5 – Perfil L

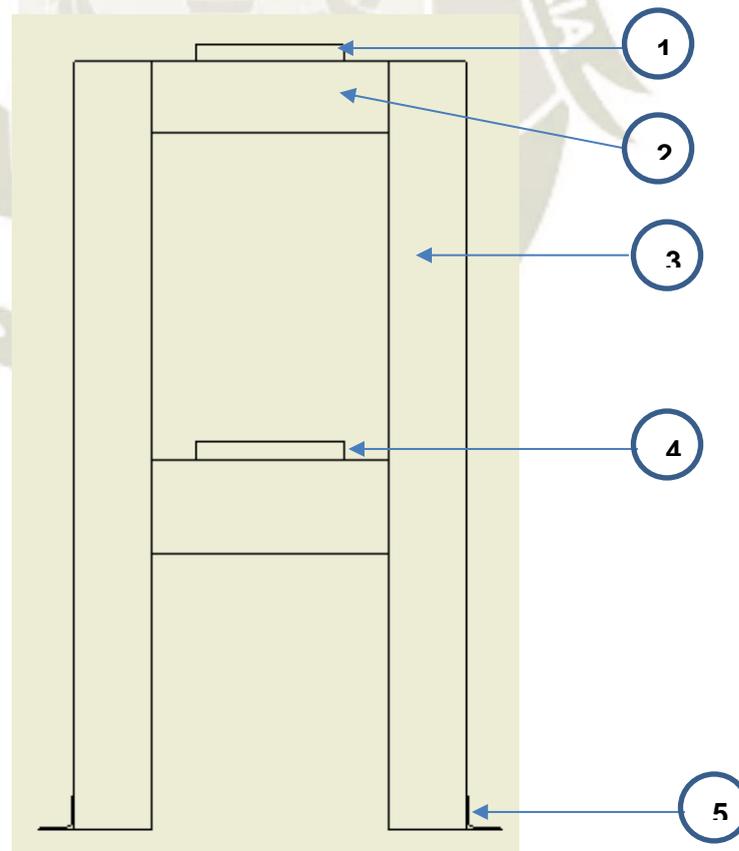
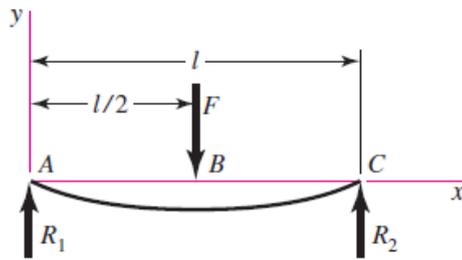


Figura 32 Bosquejo de Estructura de Maquina de tracción

Fuente: Elaboración propia

4.5.1.2. Placa Inferior

La fuerza máxima que soporta la placa es de 14 Ton (Fuerza soportada por el pistón), producida por la reacción ejercida por el cilindro hidráulico.



$$R_1 = R_2 = \frac{F}{2}$$

$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

$$M_{AB} = \frac{Fx}{2} \quad M_{BC} = \frac{F}{2}(l - x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx}{48EI}(4x^2 - 3l^2)$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{Fl^3}{48EI}$$

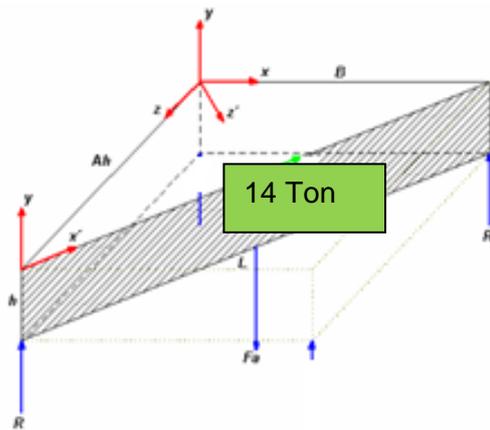


Figura 33 Diagrama de cuerpo libre de fuerzas y reacciones en las placas

Fuente: Moreno G., López, Malagón, & Henao, (2006)

Reacciones

$$R_1 = R_2 = \frac{140[\text{KN}]}{2} = 70000[\text{N}]$$

El momento máximo está dado por:

$$M = Fd = F\left(\frac{L}{2}\right) = M_1 = M_2$$

Considerando $L_{\text{min}} = 2.25 \text{ h}$

$$M = 70000 \times \frac{2.25}{2} (\text{h})[\text{Nm}]$$

$$M = 78750 (\text{h})[\text{Nm}]$$

Diagramas de fuerzas y momento flector

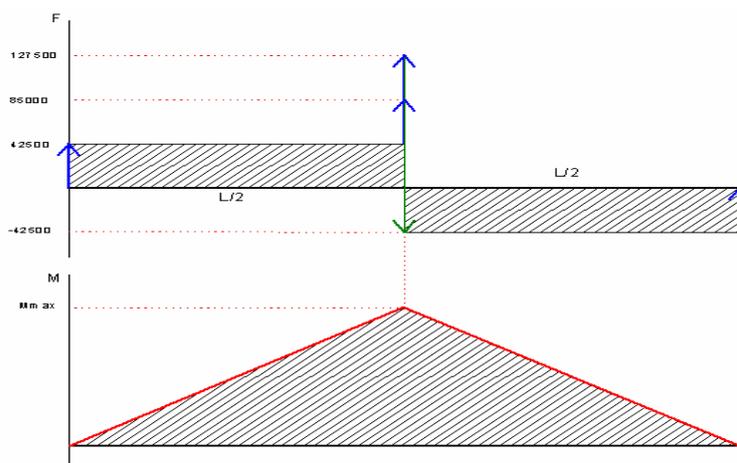


Figura 34 Diagrama de fuerzas y momentos.

Fuente: Elaboración propia

Para la placa superior se tiene que la ecuación 7 queda de la siguiente manera:

$$L_{\min} = 2,25 (h)$$

Del esfuerzo producido por el momento flector en la ecuación 1 y el momento de inercia en la ecuación 4 de la placa en sus diagonales tanto en los planos $y-z'$ y $y-x'$ y ya que la geometría de la placa es cuadrada el área transversal en $y-x$, es igual a la de $y-z$, se tiene. (Mangopar, 2021)

$$I = \frac{1}{12} (A_h) (h^3)$$

$$A_h = B$$

$$L^2 = A_h^2 + B^2 = 2A_h^2$$

$$A_h = \frac{L}{\sqrt{2}}$$

$$c = \frac{h}{2}$$

$$I_{yz} = I_{yx} = \frac{1}{12} \left(\frac{L}{\sqrt{2}} \right) (h^3) = \frac{1}{12} \left(\frac{2,25[m](h)}{\sqrt{2}} \right) (h^3) = 0,1325[m](h^4)$$

Hallando Esfuerzos ocasionado por el momento máximo:

$$\frac{M_c}{I} = \frac{78750(h)[Nm](h/2)}{0,1325[m](h^4)} = 297169/h^2 \text{ [Pa]}$$

$$\sigma_F = \pm \frac{M_c}{I} = \pm(0,29716/h^2)[MPa]$$

Cuadro 7. Factores de seguridad

Condiciones de la carga y el material	Factor
Materiales excepcionalmente seguros usados bajo condiciones controladas y sometidos a cargas y esfuerzos que pueden ser obtenidos con exactitud, cuando el poco peso es una condición importante	1.25 a 1.5
Materiales bien conocidos en condiciones ambientales razonables constantes, sometidos a cargas y esfuerzos que pueden ser determinados fácilmente.	1.5 a 2
Materiales no conocidos o no usados previamente, usados en condiciones promedio de ambiente, carga y esfuerzo.	3 a 4
Materiales mejor conocidos pero usados en condiciones inciertas de ambiente, de carga y esfuerzos.	3 a 4

Figura 35 Factores de seguridad.

Fuente: Shigley & Mitchell, (1989)

El esfuerzo máximo admisible con un FS = 1.25 es:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_y}{FS} = \frac{(250[MPa])}{1.25} = 200 \text{ [MPa]}$$

$$200 \text{ [MPa]} = \pm 0,29716/h^2 \text{ [MPa]}$$

$$h^2(200[MPa]) = 0.29716[MPa]$$

$$h = 0,038[m] = 3,84[cm] = 1.51[in]$$

Se determina la distancia mínima L de la plancha

$$L_{\min} = 2,25(h) = 2,25(1.48[in]) = 3.33[in] = 0,084[m]$$

De la ecuación 5:

Hallando la deformación con un espesor de 0.038 y longitud de 0.084

$$\delta = \frac{FL^3}{48EI} \leq \delta_p$$

$$\delta = \frac{140000[N](0,084[m])^3}{48(207[Pa])(0,1325(0,038)^4[m])} = 3,02 \times 10^{-5} \text{ [m]}$$

Hallando la deformación permitida

$$\delta_p = \varepsilon_p(L)$$

$$\delta_p = 0.118 \times 0.084$$

$$0,0099[\text{m}] = \delta_p$$

$$\delta_p > \delta_{0.038}$$

Recalculando con espesor comercial de 2 in y unas dimensiones de la placa
acordes para la instalación del pistón

$$\text{Ancho: } 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Largo: } 0,4 \text{ m}$$

$$A = (0,4 \text{ m})(0,4 \text{ m}) = 0,16 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{0,4^2 + 0,4^2} = 0,566 \text{ m}$$

$$h = 2 \text{ in} = 0,0508 \text{ m}$$

Hallando el momento de inercia considerando la instalación del pistón

$$I = \frac{1}{12}(L - \varnothing)(h^3)$$

\varnothing : Diámetro exterior del agujero por donde pasa el cilindro.

$$L = 0,566 \text{ m} \quad \varnothing = 5 \text{ in} = 0,121 \text{ m}$$

$$I_{yx} = \frac{1}{12}(0,566 - 0,121[\text{m}])(0,0508[\text{m}])^3 = 4,86 \times 10^{-6}[\text{m}^4]$$

Se corrobora que se cumpla la ecuación 5 de deformación máxima
permisible:

$$\delta = \frac{FL^3}{48EI} \leq \delta_p$$

$$\delta = \frac{140000[\text{N}](0,566[\text{m}])^3}{48(207[\text{GPa}])(4,86 \times 10^{-6}[\text{m}^4])}$$

$$\delta = 5,25 \times 10^{-4} [\text{m}] = 0,525 \text{ mm}$$

Hallando la deformación máxima permitida

$$\delta_p = \varepsilon_p(L) = 1,18 \times 10^{-3}(0,566[m]) = 0,00066788[m]$$

$$\delta_p = 0,66788[mm]$$

Se corrobora deformación

$$\delta_p > \delta_{h=2in}$$

Considerando un peso específico de 76 [KN/m³] el peso de la placa es de:

$$V = (0,4[m])(0,4[m])(0,0508[m]) = 0,00813 [m^3]$$

$$W = 76[KN/m^3](0,00813[m^3]) = 618 [N]$$

Sumando la fuerza ejercida más el peso

$$F = 140000[N] + 618 [N] = 140618 [N]$$

Hallando la reacción:

$$R_1 = R_2 = 70309[N]$$

De la ecuación 4:

$$M = R \left(\frac{t}{2} \right), \text{ donde:}$$

t= Distancia entre las reacciones.

$$M = 70309 \text{ N} \times \frac{0,4}{2} m$$

$$M_1 = M_2 = 14061,8[Nm]$$

Hallando Esfuerzos:

$$c = \frac{h}{2} = \frac{0,0508m}{2} = 0,0254m$$

Reemplazando , hallando esfuerzo por flexion

$$\frac{Mc}{I} = \frac{14061,8 \text{ Nm} \times 0,0254 \text{ m}}{4,86 \times 10^{-6}[m^4]}$$

$$\frac{Mc}{I} = 73,40 \text{ MPa}$$

De la ecuación 1 , hallando esfuerzo por tensión pura:

$$\frac{F}{A} = \frac{140618[N]}{0,16[m^2]} = 0,878[MPa]$$

$$\sigma_T = 0,878[MPa] + (73.40[MPa])$$

$$\sigma_T = 74.28 \text{ MPa}$$

Debido a que la fuerza aplicada y sus reacciones solo se encuentra sobre el plano y, solo existirán esfuerzos normales sobre este ($\sigma_x=0$), y un esfuerzo cortante máximo en los planos x-y. (Shigley & Mitchell, 1989)

De la ecuación 2 y 3 , hallamos el esfuerzo cortante máximo :

$$A_0 = h(L - \phi) = 0,0508[m](0,566[m] - 0,127[m])$$

$$A_0 = 0,01925[m^2]$$

$$\tau_{xy} = \frac{3F}{2A_0}$$

$$\tau_{xy} = \frac{3(140000[N])}{2(0,01925[m^2])} = 10,91[MPa]$$

Solo existe el esfuerzo en el plano y , hallando esfuerzo principal

$$\sigma_{Pral} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$

$$\sigma_{Pral} = \frac{74.28 [MPa]}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{74.28 [MPa]}{2}\right)^2 + (10.91[MPa])^2}$$

$$\sigma_{Pral} = 37.14 [MPa] \pm 38.7[MPa]$$

$$\sigma_{max} = 75.84[MPa] = \sigma_1$$

$$\sigma_{min} = -1.57[MPa] = \sigma_2$$

Hallando esfuerzos cortantes :

$$\tau_{max} = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$

$$\tau_{max} = \pm \sqrt{\left(\frac{75.84 [MPa]}{2}\right)^2 + (10.91 [MPa])^2} = \pm 39.46[MPa]$$

Esfuerzo de Von Misses

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2} \quad \sigma_2 \leq \sigma_1$$

$$\sigma' = \sqrt{75.84^2 - (75.84)(-1.57) + (-1.57)^2} = 76.64 \text{ [MPa]}$$

El esfuerzo máximo admisible a flexión:

$$\sigma_a = 0,75 \sigma_f = 0,75(245,25 \text{ [MPa]}) = 183,9375 \text{ [MPa]}$$

$$FS = \frac{183,93 \text{ [MPa]}}{76.64 \text{ [MPa]}} = 2.4$$

El esfuerzo máximo admisible cortante:

$$\tau_a = 0,4 \sigma_f = 0,4(245,25 \text{ [MPa]}) = 98,1 \text{ [MPa]}$$

$$FS = \frac{98,1 \text{ [MPa]}}{39.46 \text{ [MPa]}} = 2.48$$

- **Fatiga**

Se corrobora que el diseño tomado cumpla con los parámetros del diseño por fatiga para lo cual se tiene en consideración que la maquina trabaje a tracción, de lo cual se determina que los esfuerzos máximos y mínimos son de. (Shigley & Mitchell, 1989)

$$\sigma_{\max} = 76.64 \text{ [MPa]} \quad \sigma_{\min} = -76.64 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{\max} = 39.46 \text{ [MPa]} \quad \tau_{\min} = -39.46 \text{ [MPa]}$$

De la ecuación 8 y 9:

$$\sigma_a = \frac{76.64 \text{ [MPa]} - (-76.64 \text{ [MPa]})}{2} = 76.64 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_m = \frac{76.64 \text{ [MPa]} + (-76.64 \text{ [MPa]})}{2} = 0 \text{ [MPa]}$$

De la ecuación 14 y 15:

$$\tau_a = \frac{39.46 \text{ [MPa]} - (-39.46 \text{ [MPa]})}{2} = 39.46 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_m = \frac{39.46 \text{ [MPa]} + (-39.46 \text{ [MPa]})}{2} = 0 \text{ [MPa]}$$

Se determina la relación S'_e/S_u límite de fatiga del material.

$$S'_e = \begin{cases} 0.5 S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$S'_e = \sigma_e = 0,5(S_u) = 0,6(468,84[\text{MPa}]) = 234,42[\text{MPa}]$$

Se determina los factores que modifican la resistencia del material:

K_t se determina a partir de la gráfica.

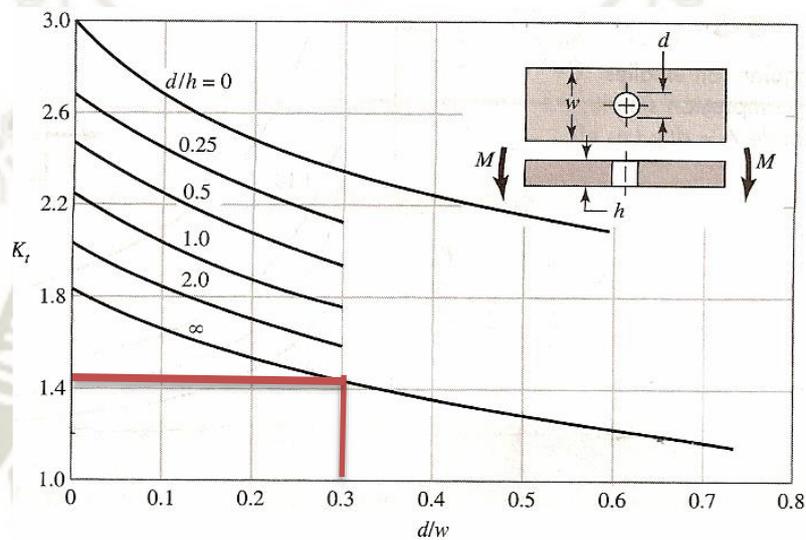


Figura 37 Factor de concentración de esfuerzos para una placa rectangular con agujero transversal.

Fuente: Budynas & Keith, (2008)

Donde la relación

$$d/h = 5 \text{ in} / 2 \text{ in} = 2.5$$

Y la relación

$$d/w = 5 \text{ in} / 15.75 \text{ in} = 0,3$$

El factor de concentración es $K_t=1,4$

$$\frac{K_t}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} \frac{K_t - 1}{K_t} \sqrt{a}} = K_f$$

Para agujeros transversales

$$\sqrt{a} = \frac{174}{\sigma_u} = \frac{174}{468,84} = 0.601 \quad \text{y} \quad r = 1$$

$$K_f = \frac{1.4}{1 + 2 \frac{1.4 - 1}{1.4} \times \frac{0.601}{1}}$$

$$K_f = 1.13$$

Entonces el factor de concentración final $K_f = 1.13$

Hallando Facto de modificación de superficie

K_a = Las constantes a y b se sacan de la Figura 38 Constantes para el factor de modificación de superficie.

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} , kpsi	S_{utr} , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Figura 38 Constantes para el factor de modificación de superficie.

Fuente: Budynas & Keith, (2008)

$$k_a = aSu^b$$

$$k_a = (4.51) \times 460^{-0.265}$$

$$k_a = 0.8883$$

Factor de forma es igual $k_a=0.89$

Hallando el factor de tamaño de sección

K_b = se determina el diámetro equivalente para el factor de tamaño de una sección rectangular.

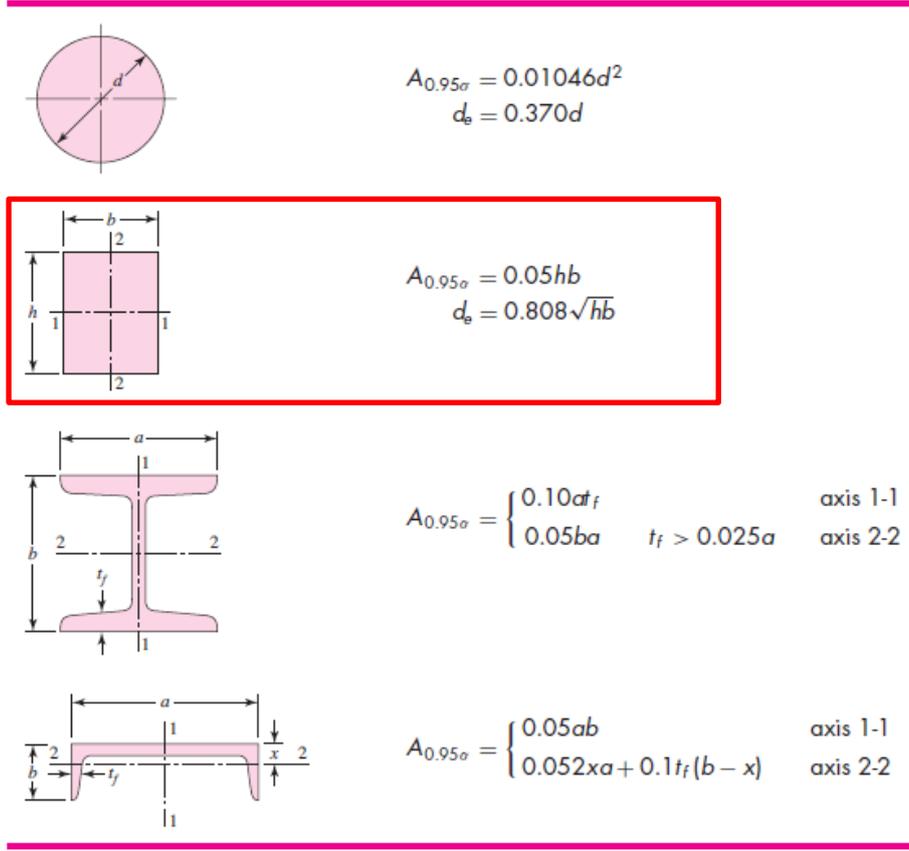


Figura 39 Diámetros equivalentes

Fuente: Budynas & Keith, (2008)

$$d_e = 0,808(hb)^{1/2}$$

$$d_e = 0,808((400[\text{mm}])(50.8[\text{mm}]))^{1/2}$$

$$d_e = 115.2[\text{mm}]$$

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ in} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ in} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 < d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Figura 40 Factores k_b de tamaño

Fuente: Budynas & Keith, (2008)

$$k_b = 1.51d^{-0.157}$$

$$k_b = 1.51(115.2)^{-0.157}$$

$$k_b = 0.71$$

Hallando el factor de carga

K_c = para una carga de flexión se considera

$$k_c = 1$$

Hallando el factor de temperatura

K_d = se trabaja a temperatura ambiente =1

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Figura 41 Factores K_d temperatura

Fuente: Budynas & Keith, (2008)

Hallando factor de confiabilidad $K_e=1$

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_u	Factor de confiabilidad k_u
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Figura 42 Factores K_e confiabilidad

Fuente: Budynas & Keith, (2008)

Reemplazando los valores hallados:

$$\frac{1}{FS} = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} K_t + \frac{\sigma_a}{\sigma_e} \frac{K_F}{K_a K_b K_c K_d}$$

Hallando Factor de seguridad a flexión

$$\frac{1}{FS} = \frac{76.64 \text{ MPa}}{234.42 \text{ MPa}} \frac{1.13}{(0.89)(0.71)(1)(1)(1)}$$

$$FS = 1.71$$

Hallando Factor de seguridad a cortante

$$\frac{1}{FS} = \frac{39.46 \text{ MPa}}{234.42 \text{ MPa}} \frac{1.13}{(0.89)(0.71)(1)(1)(1)}$$

$$FS = 3.32$$

Hallando el numero de ciclos a la falla:

$$N = \left(\frac{\sigma_a}{a}\right)^{1/b}$$

$$a = \frac{(f\sigma_u)^2}{\sigma_e}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{(f\sigma_u)}{\sigma_e}\right)$$

Recalculando σ_e y σ_a con todos los factores modificadores se tiene:

$$\sigma_e = \sigma_e K_a K_b K_c K_d$$

$$\sigma_e = 234.42 (0.89)(0.71)(1)(1)(1) = 148 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \sigma_a K_f$$

$$\sigma_a = 76.64[\text{MPa}](1,13) = 86.6 [\text{MPa}]$$

Considerando $f=1$

$$a = \frac{(1 (468.84 \text{ MPa}))^2}{148 \text{ MPa}} = 1485.2 \text{ MPa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{1 (468,84[\text{MPa}])}{148 [\text{MPa}]}\right) = -0,167$$

Calculando el número de ciclos a la falla.

$$N = \left(\frac{86.6 [MPa]}{1485.2 [MPa]} \right)^{1/-0.167} = 2.45 \times 10^7$$

La pieza no falla por fatiga.

La placa intermedia tiene agujeros roscados, que se encuentran a 60 [mm] del centro. La resistencia de la rosca se determinó a partir de las características de los agujeros roscados de la placa. (Shigley & Mitchell, 1989)

Rosca ½ - 20 UNF, profundidad máxima 1.25 in

De las ecuaciones 24, 25 y 26 se calculan las variables que necesitamos:

$$P = \frac{1}{20 \left[\frac{\text{hilos}}{\text{in}} \right]} = 0,05 [\text{in}] \quad b = \frac{P}{2} = \frac{0,05 [\text{in}]}{2} = 0,025 [\text{in}]$$

$$h = \frac{17P}{24} = \frac{17(0,05 [\text{in}])}{24} = 0,0354 [\text{in}]$$

El número de contacto es igual a:

$$\# \text{ contacto} = 20 \left[\frac{\text{hilos}}{\text{in}} \right] \times 1.25 [\text{in}] = 50 \text{ hilos}$$

La fuerza total es dividida entre en número de pernos (140000 N=31473 lb)

$$F = \frac{31473 [\text{Lbf}]}{6} = 5245 [\text{Lbf}]$$

De la ecuación 20, el esfuerzo máximo es:

$$\sigma = \frac{3Fh}{\pi d_m n b^2} = \frac{3(5245 [\text{lbf}])(0,0354 [\text{in}])}{\pi(0,5 [\text{in}])(50)(0,025 [\text{in}])^2} = 11347.50 [\text{psi}]$$

de la ecuación 22, con una fuerza máxima de 14 Ton, el esfuerzo máximo en cortante es:

$$\tau_0 = \frac{F}{\pi d_0 n b} = \frac{(5245 [\text{lbf}])}{\pi(0,5 [\text{in}])(50)(0.025 \text{ in})} = 2671.25 [\text{psi}]$$

Con un acero ASTM A36

$$\tau_{\text{pem}} = 0,4\sigma_y = 0,4(36 [\text{Kpsi}]) = 14400 [\text{psi}]$$

$$FS = \frac{14400 [\text{psi}]}{2671.25 [\text{psi}]} = 5.39$$

$$\sigma_{\text{pem}} = 0,6\sigma_y = 0,6(36 [\text{Kpsi}]) = 21600 [\text{psi}]$$

$$FS = \frac{21600[\text{psi}]}{11347.5 [\text{psi}]} = 1.91$$

4.5.1.3. Placa superior.

La distribución de fuerza es la misma que la observada en la distribución de la placa inferior, de la cual se puede determinar:

Reacciones

$$R1 = R2 = \frac{140[\text{KN}]}{2} = 70000[\text{N}]$$

El momento flector máximo está dado por:

$$M = Fd = F\left(\frac{L}{2}\right) = M1 = M2$$

Considerando $L_{\text{min}} = 2.25 h$

$$M = 70000 \times \frac{2.25}{2} (h) [\text{Nm}]$$

$$M = 78750 (h) [\text{Nm}]$$

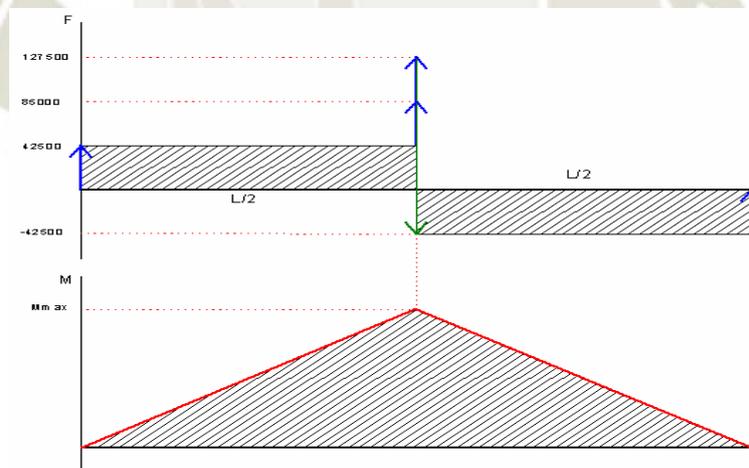


Figura 43 Diagrama de fuerzas y momentos.

Fuente: Elaboración propia

Los diagramas de fuerzas y momentos son los mismos que los de la placa intermedia.

Se utilizan los mismos parámetros de diseño usados en el numeral anterior para calcular el espesor de la placa intermedia. (Shigley & Mitchell, 1989)

$$I = \frac{1}{12}(A_h)(h^3)$$

$$A_h = B$$

$$L^2 = A_h^2 + B^2 = 2A_h^2$$

$$A_h = \frac{L}{\sqrt{2}}$$

$$c = \frac{h}{2}$$

$$I_{yz} = I_{yx} = \frac{1}{12} \left(\frac{L}{\sqrt{2}} \right) (h^3) = \frac{1}{12} \left(\frac{2,25[m](h)}{\sqrt{2}} \right) (h^3) = 0,1325[m](h^4)$$

Hallando Esfuerzos de flexión

$$\frac{Mc}{I} = \frac{78750(h)[Nm](h/2)}{0,1325[m](h^4)} = 297169/h^2 [\text{Pa}]$$

$$\sigma_F = \pm \frac{Mc}{I} = \pm(0,29716/h^2)[\text{MPa}]$$

El esfuerzo máximo admisible con un FS = 1.25 es:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_y}{\text{FS}} = \frac{(250[\text{MPa}])}{1,25} = 200 [\text{MPa}]$$

$$200 [\text{MPa}] = \pm 0,29/h^2 [\text{MPa}]$$

$$h^2(200[\text{MPa}]) = 0,201[\text{MPa}]$$

$$h = 0,038[\text{m}] = 3,854[\text{cm}] = 1,51[\text{in}]$$

Se determina la distancia mínima L de la plancha

$$L_{\min} = 2,25(h) = 2,25(1,48[\text{in}]) = 3,33[\text{in}] = 0,084[\text{m}]$$

De la ecuación 5:

Hallando la deformación con un espesor de 0.038 y longitud de 0.084

$$\delta = \frac{FL^3}{48EI} \leq \delta_p$$

$$\delta = \frac{140000[\text{N}](0,084[\text{m}])^3}{48(207[\text{GPa}])((0,1325(0,038)^4[\text{m}]))} = 3,02 \times 10^{-5} [\text{m}]$$

Hallando la deformación permitida

$$\delta_p = \varepsilon_p(L)$$

$$\delta_p = 0.118 \times 0.084$$

$$0,0099[\text{m}] = \delta_p$$

$$\delta_p > \delta_{0,038}$$

Recalculando con espesor comercial de 2 in y unas dimensiones de la placa acordes para la instalación del pistón

Ancho: 0,4 m

Largo: 0,4 m

$$A = (0,4 \text{ m})(0,4 \text{ m}) = 0,16 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{0,4^2 + 0,4^2} = 0,566 \text{ m}$$

$$h = 2 \text{ in} = 0,0508 \text{ m}$$

Hallando el momento de inercia considerando la instalación del esparrago

$$I = \frac{1}{12}(L - \varnothing)(h^3)$$

\varnothing : Diámetro exterior del agujero por donde pasa el esparrago.

$$L = 0,566 \text{ m} \quad \varnothing = 2 \text{ in} = 0,0508 \text{ m}$$

$$I_{yx} = \frac{1}{12}(0,566 - 0,0508[\text{m}])(0,0508[\text{m}])^3 = 5.62 \times 10^{-6}[\text{m}^4]$$

Se corrobora que se cumpla la ecuación 5 de deformación máxima permisible:

$$\delta = \frac{FL^3}{48EI} \leq \delta_p$$

$$\delta = \frac{140000[\text{N}](0,566[\text{m}])^3}{48(207[\text{GPa}])(5.62 \times 10^{-6}[\text{m}^4])}$$

$$\delta = 4,55 \times 10^{-4} [\text{m}] = 0.455 \text{ mm}$$

Hallando la deformación máxima permitida

$$\delta_p = \varepsilon_p(L) = 1,18 \times 10^{-3}(0,566[\text{m}]) = 0,00066788[\text{m}]$$

$$\delta_p = 0,66788[\text{mm}]$$

Se corrobora deformación

$$\delta_p > \delta_{h=2in}$$

Considerando un peso específico de 76 [KN/m³] el peso de la placa es de:

$$V = (0,4[\text{m}])(0,4[\text{m}])(0,0508[\text{m}]) = 0,00813 [\text{m}^3]$$

$$W = 76[\text{KN}/\text{m}^3](0,00813[\text{m}^3]) = 618 [\text{N}]$$

Sumando la fuerza ejercida más el peso

$$F = 140000[\text{N}] + 618 [\text{N}] = 140618 [\text{N}]$$

Hallando la reacción:

$$R_1 = R_2 = 70309[\text{N}]$$

De la ecuación 4:

$$M = R \left(\frac{t}{2} \right), \text{ donde:}$$

t= Distancia entre las reacciones.

$$M = 70309 \text{ N} \times \frac{0,4}{2} \text{ m}$$

$$M_1 = M_2 = 14061,8[\text{Nm}]$$

Hallando Esfuerzos:

$$c = \frac{h}{2} = \frac{0,0508\text{m}}{2} = 0,0254\text{m}$$

Reemplazando, hallando esfuerzo por flexión

$$\frac{Mc}{I} = \frac{14061,8 \text{ Nm} \times 0,0254 \text{ m}}{5,62 \times 10^{-6}[\text{m}^4]}$$

$$\frac{Mc}{I} = 63,55 \text{ MPa}$$

De la ecuación 1 , hallando esfuerzo por tensión pura:

$$\frac{F}{A} = \frac{140618[\text{N}]}{0,16[\text{m}^2]} = 0,878[\text{Mpa}]$$

$$\sigma_T = 0,878[\text{MPa}] + (63.55[\text{MPa}])$$

$$\sigma_T = 64.43 \text{ MPa}$$

Debido a que la fuerza aplicada y sus reacciones solo se encuentra sobre el plano y, solo existirán esfuerzos normales sobre este ($\sigma_x=0$), y un esfuerzo cortante máximo en los planos x-y. (Shigley & Mitchell, 1989)

De la ecuación 2 y 3:

$$A_0 = h(L - \phi) = 0,0508[\text{m}](0,566[\text{m}] - 0,0508[\text{m}])$$

$$A_0 = 0,0261[\text{m}^2]$$

$$\tau_{xy} = \frac{3F}{2A_0}$$

$$\tau_{xy} = \frac{3(140000[\text{N}])}{2(0,0261[\text{m}^2])} = 8.05[\text{MPa}]$$

Solo existe el esfuerzo en el plano y, hallando esfuerzo principal

$$\sigma_{\text{Pral}} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$

$$\sigma_{\text{Pral}} = \frac{63.55 [\text{MPa}]}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{63.55 [\text{MPa}]}{2}\right)^2 + (8.05 [\text{MPa}])^2}$$

$$\sigma_{\text{Pral}} = 31.775 [\text{MPa}] \pm 32.77[\text{MPa}]$$

$$\sigma_{\text{max}} = 64.55[\text{MPa}] = \sigma_1$$

$$\sigma_{\text{min}} = -1.01[\text{MPa}] = \sigma_2$$

Hallando esfuerzos cortantes :

$$\tau_{\text{max}} = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$$

$$\tau_{\text{max}} = \pm \sqrt{\left(\frac{63.55[\text{MPa}]}{2}\right)^2 + (8.05 [\text{MPa}])^2} = \pm 32.78[\text{MPa}]$$

Esfuerzo de Von Misses

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2} \quad \sigma_2 \leq \sigma_1$$

$$\sigma' = \sqrt{64.55^2 - (64.55)(-1.01) + (-1.01)^2} = 65.04 \text{ [MPa]}$$

El esfuerzo máximo admisible a flexión:

$$\sigma_a = 0,75 \sigma_f = 0,75(245,25 \text{ [MPa]}) = 183,9375 \text{ [MPa]}$$

$$FS = \frac{183,93 \text{ [MPa]}}{65.04 \text{ [MPa]}} = 2.83$$

El esfuerzo máximo admisible cortante:

$$\tau_a = 0,4 \sigma_f = 0,4(245,25 \text{ [MPa]}) = 98,1 \text{ [MPa]}$$

$$FS = \frac{98,1 \text{ [MPa]}}{32.78 \text{ [MPa]}} = 2.99$$

- **Fatiga**

Se corrobora que el diseño tomado cumpla con los parámetros del diseño por fatiga para lo cual se tiene en consideración que la máquina trabaje a tracción, de lo cual se determina que los esfuerzos máximos y mínimos. (Shigley & Mitchell, 1989)

$$\sigma_{\max} = 65.04 \text{ [MPa]} \quad \sigma_{\min} = -65.04 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{\max} = 32.78 \text{ [MPa]} \quad \tau_{\min} = -32.78 \text{ [MPa]}$$

De la ecuación 8 y 9:

$$\sigma_a = \frac{65.04 \text{ [MPa]} - (-65.04 \text{ [MPa]})}{2} = 65.04 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_m = \frac{65.04 \text{ [MPa]} + (-65.04 \text{ [MPa]})}{2} = 0 \text{ [MPa]}$$

De la ecuación 14 y 15:

$$\tau_a = \frac{32.78 \text{ [MPa]} - (-32.78 \text{ [MPa]})}{2} = 32.78 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_m = \frac{32.78 \text{ [MPa]} + (-32.78 \text{ [MPa]})}{2} = 0 \text{ [MPa]}$$

Se determina la relación S'_e/S_u límite de fatiga del material.

$$S'_e = \begin{cases} 0.5 S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$S'_e = \sigma_e = 0,5(S_u) = 0,6(468,84[\text{MPa}]) = 234,42[\text{MPa}]$$

Se determina los factores que modifican la resistencia del material:

K_t se determina a partir de la gráfica.

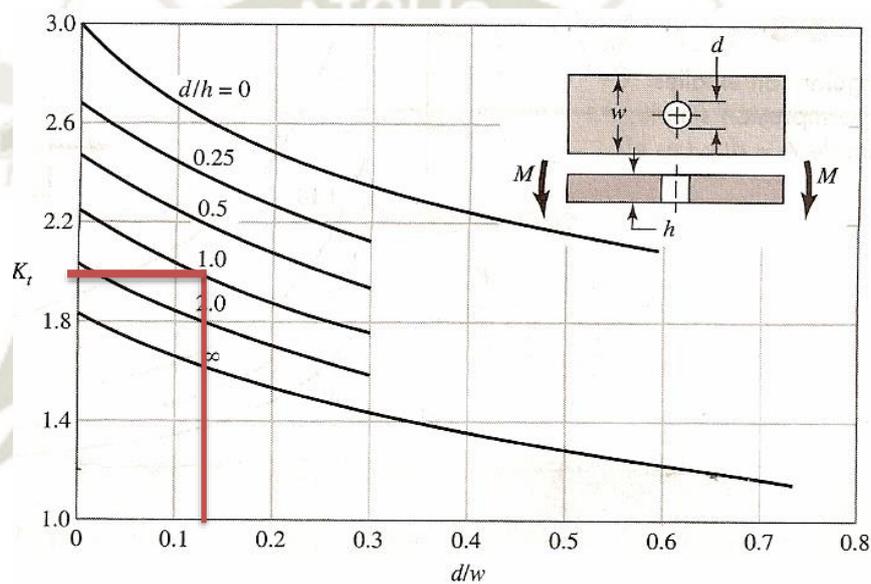


Figura 45 Factor de concentración de esfuerzos para una placa rectangular con agujero transversal.

Fuente: Budynas & Keith, (2008)

Donde la relación

$$d/h = 2 \text{ in} / 2 \text{ in} = 1$$

Y la relación

$$d/w = 2 \text{ in} / 15.75 \text{ in} = 0,13$$

El factor de concentración es $K_t=2$

$$\frac{K_t}{1 + \frac{2}{\sqrt{r}} \frac{K_t - 1}{K_t} \sqrt{a}} = K_f$$

Para agujeros transversales

$$\sqrt{a} = \frac{174}{\sigma_u} = \frac{174}{468,84} = 0.601 \quad \text{y} \quad r = 1$$

$$K_f = \frac{2}{1 + 2 \frac{2-1}{2} \times \frac{0.601}{1}}$$

$$K_f = 1.25$$

Entonces el factor de concentración final $K_f = 1.25$

Hallando Facto de modificación de superficie

K_a = Las constantes a y b se sacan de la Figura 46 Constantes para el factor de modificación de superficie..

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Figura 46 Constantes para el factor de modificación de superficie.

Fuente: Budynas & Keith, (2008)

$$k_a = aSu^b$$

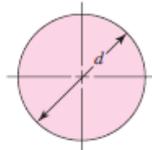
$$k_a = (4.51) \times 460^{-0.265}$$

$$k_a = 0.8883$$

Factor de forma es igual $k_a=0.89$

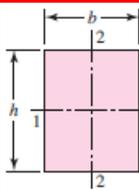
Hallando el factor de tamaño de sección

K_b = se determina el diámetro equivalente para el factor de tamaño de una sección rectangular.



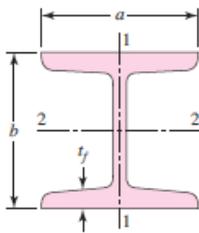
$$A_{0.95\sigma} = 0.01046d^2$$

$$d_e = 0.370d$$

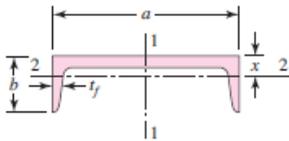


$$A_{0.95\sigma} = 0.05hb$$

$$d_e = 0.808\sqrt{hb}$$



$$A_{0.95\sigma} = \begin{cases} 0.10at_f & \text{axis 1-1} \\ 0.05ba & t_f > 0.025a \quad \text{axis 2-2} \end{cases}$$



$$A_{0.95\sigma} = \begin{cases} 0.05ab & \text{axis 1-1} \\ 0.052xa + 0.1t_f(b-x) & \text{axis 2-2} \end{cases}$$

Figura 47 Diámetros equivalentes

Fuente: Budynas & Keith, (2008)

$$d_e = 0,808(hb)^{1/2}$$

$$d_e = 0,808((400[\text{mm}])(50.8[\text{mm}]))^{1/2}$$

$$d_e = 115.2[\text{mm}]$$

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

$$k_b = 1.51d^{-0.157}$$

$$k_b = 1.51(115.2)^{-0.157}$$

$$k_b = 0.71$$

Factor de tamaño

Hallando el factor de carga

K_c = para una carga de flexión se considera

$$k_c = 1$$

Hallando el factor de temperatura

K_d = se trabaja a temperatura ambiente =1

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Figura 48 Factores K_d temperatura

Fuente: Budynas & Keith, (2008)

Hallando factor de confiabilidad $K_e=1$

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_u	Factor de confiabilidad k_u
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Figura 49 Factores K_e confiabilidad

Fuente: Budynas & Keith, (2008)

Reemplazando los valores hallados:

$$\frac{1}{FS} = \frac{\sigma_m}{\sigma_y} K_t + \frac{\sigma_a}{\sigma_e} \frac{K_F}{K_a K_b K_c K_d}$$

Hallando Factor de seguridad a flexión

$$\frac{1}{FS} = \frac{65.04 \text{ MPa}}{234.42 \text{ MPa}} \frac{1.25}{(0.89)(0.71)(1)(1)(1)} \quad FS = 1.82$$

Hallando Factor de seguridad a cortante

$$\frac{1}{FS} = \frac{37.28 \text{ MPa}}{234.42 \text{ MPa}} \frac{1.25}{(0.89)(0.71)(1)(1)(1)} \quad FS = 3.17$$

Hallando el número de ciclos a la falla:

$$N = \left(\frac{\sigma_a}{a} \right)^{1/b}$$

$$a = \frac{(f\sigma_u)^2}{\sigma_e}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{(f\sigma_u)}{\sigma_e} \right)$$

Recalculando σ_e y σ_a con todos los factores modificadores se tiene:

$$\sigma_e = \sigma_e K_a K_b K_c K_d$$

$$\sigma_e = 234.42 (0.89)(0.71)(1)(1)(1) = 148 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \sigma_a K_f$$

$$\sigma_a = 65.04 [\text{MPa}](1,25) = 81.3 [\text{MPa}]$$

Considerando $f=1$

$$a = \frac{(1 (468.84 \text{ MPa}))^2}{148 \text{ MPa}} = 1485.2 \text{ MPa}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{1 (468,84[\text{MPa}])}{148 [\text{MPa}]} \right) = -0,167$$

Calculando el número de ciclos a la falla.

$$N = \left(\frac{81.3 [\text{MPa}]}{1485.2[\text{MPa}]} \right)^{1/-0,167} = 3.58 \times 10^7$$

La pieza no falla por fatiga.

4.5.1.4. Análisis de la viga intermedia

Diseño de la viga utilizando la metodología LRFD

La carga distribuida generada por la placa sobre la viga es:

Considerando una Fuerza de 14 Ton distribuida en ambas vigas, es decir para una sola viga la fuerza es de 7 Ton .

$$q = \frac{7000 \text{ kg}}{0.40 \text{ m}} = 17500 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 172 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

La carga factorizada es:

$$q_0 = 1.2 \cdot q_D + 1.6 \cdot q_L$$

Donde:

q_0 : Carga Factorizada

q_d : Carga muerta

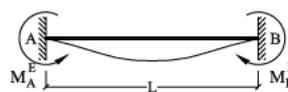
q_l : Carga viva

Despreciamos el peso de la viga .

$$q_0 = 1.6 \cdot 17500 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$q_0 = 28000 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Cálculo del momento máximo



SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
	$M_A^E = \frac{qc}{12L} (3L^2 - 4c^2)$ $M_B^E = -\frac{qc}{12L} (3L^2 - 4c^2)$	$R_A = qc$ $R_B = qc$	

Figura 50 Momentos de empotramiento para carga distribuida

Fuente: Erikson, (2021)

Teniendo una longitud total de $L=0.84 \text{ m}$.

Una distancia $c = 0.20 \text{ m}$

El momento máximo generado en la viga es:

$$M_A = -M_B = \frac{28000 \frac{kg}{m} \cdot 0.20 m}{12 \cdot 0.84m} \cdot (3 \cdot (0.84m)^2 - 4 \cdot (0.20 m)^2)$$

$$M_A = -M_B = 1087.11 kg \cdot m = 10.7 kNm$$

$$M_{max} = 94384.4 lb \cdot in$$

La fuerza cortante máxima generado en la viga es:

$$R_A = R_B = 28000 \frac{kg}{m} \cdot 0.20 m$$

$$R_{max} = 5600 kg = 54 kN$$

$$R_{max} = 12139.68 lb$$

El momento máximo que puede soportar una viga se determina con la siguiente ecuación:

$$M_u = Z_{xreq} \cdot \phi_b \cdot F_y$$

Donde:

M_u : Resistencia a la flexion requerida.

Z_{xreq} : Módulo de sección.

F_y : Esfuerzo de fluencia del material

ϕ_b : Factor de resistencia. (Considerando 0.9 de factor de resistencia)

$$Z_{xreq} = \frac{M_u}{\phi_b \cdot F_y}$$

$$Z_{xreq} = \frac{94384 lb \cdot in}{0.9 \cdot 36000 \frac{lb}{in^3}}$$

$$Z_{xreq} = 3 in^3$$

La selección del perfil se basara en un $Z_x \geq 3 in^3$

Seleccionamos un perfil de la siguiente tabla:

CANALES C DIMENSIONES

Designación	Area A in. ²	Alto d in.	Peralte		Alma		Distancia		G in.	Max Cie. in.			
			Espesor <i>t_w</i> in.	$\frac{t_w}{2}$ in.	Ancho <i>b_f</i> in.	Espesor <i>t_f</i> in.	<i>T</i> in.	<i>k</i> in.					
C6x13	3.83	6.00	0.437	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{16}$	2.157	$2\frac{1}{8}$	0.343	$\frac{5}{16}$	$4\frac{3}{8}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{8}$
x10.5	3.09	6.00	0.314	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{16}$	2.034	2	0.343	$\frac{5}{16}$	$4\frac{3}{8}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{8}$
x8.2	2.40	6.00	0.200	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	1.920	$1\frac{1}{2}$	0.343	$\frac{5}{16}$	$4\frac{3}{8}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{5}{8}$

Figura 51 Perfil Estructural C

Fuente: Thornton, (2015)

CANALES C Propiedades

Peso nom por pie lb	\bar{x} in.	Ubic. centr <i>e_o</i> in.	<i>x_p</i> in.	Eje X-X				Eje Y-Y			
				<i>I</i> in. ⁴	<i>Z</i> in. ³	<i>S</i> in. ³	<i>r</i> in.	<i>I</i> in. ⁴	<i>Z</i> in. ³	<i>S</i> in. ³	<i>r</i> in.
13	0.514	0.380	0.317	17.4	7.26	5.80	2.13	1.05	1.36	0.642	0.525
10.5	0.499	0.486	0.255	15.2	6.15	5.06	2.22	0.866	1.15	0.564	0.529
8.2	0.511	0.509	0.198	13.1	5.13	4.38	2.34	0.693	0.993	0.492	0.537

Figura 52 Perfil Estructural C

Fuente: Thornton, (2015)

Seleccionamos un perfil C6x8.2.

$$Z_x = 5.13 \text{ in}^3$$

Recalculando el factor de la viga para un perfil C6x8.2

$$\sigma_{fmax} = \frac{M_{fmax} \times y}{I_x}$$

$$I_x = 13.1 \text{ (in}^4\text{)}$$

$$y = \frac{d}{2}$$

$$y = \frac{6 \text{ in}}{2} = 3 \text{ in}$$

Calculando el esfuerzo máximo producido por el momento para una viga C6x8.2

$$\sigma_{fmax} = \frac{94384 \text{ lb} \cdot \text{in} \times (3 \text{ in})}{13.1 \text{ (in}^4\text{)}}$$

$$\sigma_{fmax} = 21.614 \text{ ksi}$$

$$\sigma_{fmax} = \frac{M_{fmax} \times y}{I_x} < \sigma_a = \frac{S_y}{FS}$$

Calculando el esfuerzo máximo producido por corte para una viga C6x8.2

De la ecuación 1 , hallando esfuerzo por tensión pura:

$$\frac{F}{A} = \frac{12139.68 \text{ lb}}{2.40 \text{ in}^2} = 5.06 \text{ ksi}$$

$$\sigma_T = 5.06 \text{ [ksi]} + (21.62 \text{ ksi})$$

$$\sigma_T = 26.68 \text{ ksi}$$

Hallando el factor de seguridad con respecto al esfuerzo de fluencia para el acero A-36

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_{fmax}}$$

$$FS = \frac{36 \text{ ksi}}{26.68 \text{ ksi}} = 1.34$$

El perfil C6 x 8.2 resiste la carga

Hallando la deformación máxima del perfil

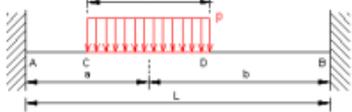
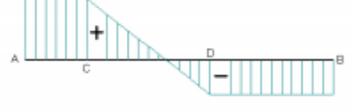
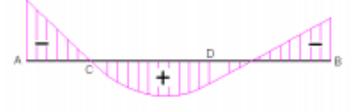
<p>Viga biempotrada con carga repartida en un tramo</p> <p>Esfuerzos aplicados</p>  <p>Diagrama de esfuerzos cortantes</p>  <p>Diagrama de momento flector</p> 	<p>Reacciones</p> $R_A = \frac{pbc}{L} - \frac{M_A - M_B}{L}$ $R_B = \frac{pac}{L} + \frac{M_A - M_B}{L}$ <p>Esfuerzos cortantes</p> $T_{AC} = R_A \quad T_{CD} = R_A - p\left(x - a + \frac{c}{2}\right)$ $T_{DB} = -R_B$ <p>Momentos Flectores</p> $M_{AC} = R_A x + M_A$ $M_{CD} = R_A x + M_A - \frac{p}{2}\left(x - a + \frac{c}{2}\right)^2$ $M_{DB} = R_B(L - x) + M_B$ $M_A = -\frac{pc^3}{12L^2}\left(L - 3b + \frac{12ab^2}{c^2}\right)$ $M_B = -\frac{pc^3}{12L^2}\left(L - 3a + \frac{12a^2b}{c^2}\right)$
<p>Ecuación de la elástica</p> $w_{AC}(x) = \frac{x^2}{6EI}(-3M_A - R_A x)$ $w_{CD}(x) = \frac{1}{24EI}\left[p\left(x - a + \frac{c}{2}\right)^4 - 4R_A x^3 - 12M_A x^2\right]$ $w_{DB}(x) = \frac{1}{6EI}\left[R_B x^3 - 3(M_B + LR_B)x^2 + 3(2M_A + LR_A)Lx - (3M_B + LR_B)L^2\right]$	

Figura 53 Viga biempotrada con carga distribuida en un tramo

Fuente: Tejerizo Fernández, (2015)

“Se corrobora que se cumpla la ecuación de deformación máxima permisible” (Tejerizo Fernández, 2015).

$$\delta = \frac{1}{24(200 \text{ GPa}) \times 5.45 \times 10^{-6} \text{ m}^4} \times \left(172 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \times \left(\frac{0.4 \text{ m}}{2}\right)^4 - 4(44 \text{ kN}) \times \left(\frac{0.84 \text{ m}}{12}\right)^3 - 12(9.7 \text{ kNm}) \times \left(\frac{0.84 \text{ m}}{12}\right)^2\right)$$

$$\delta = 8.19 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Deformación permitida

$$\delta_p = \varepsilon_p(L)$$

$$\delta_p = \varepsilon_p(L) = 1,18 \times 10^{-3}(0,84[\text{m}]) = 0,0009912[\text{m}]$$

$$\delta_p > \delta_{c6 \times 8.2}$$

4.5.1.5. Diseño de la columna

Para la selección del perfil de columna se tomó como referencia las medidas de plancha cuadrada, por lo que altura del perfil se basaría en perfiles con distancia entre peraltes mayores a 10 pulgadas (Considerando la instalación de cilindro hidráulico) y con disponibilidad para la posterior compra.

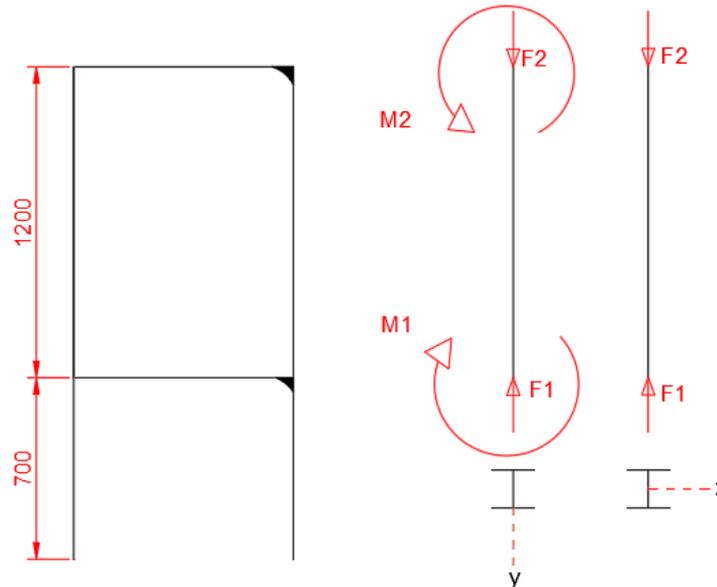


Figura 54 Cordones y cargas de soldadura

Fuente: Elaboración propia

Seleccionando un perfil W12 X30

**PERFIL W
DIMENSIONES**

Designación	Area A in. ²	Alto d in.		Peralte			Alma				Distancia		
				Espesor t_w in.	$\frac{t_w}{2}$ in.	Ancho b_f in.	Espesor t_f in.	T in.	k in.	k_1 in.			
W12x35	10.3	12.50	12 $\frac{1}{2}$	0.300	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{16}$	6.560	6 $\frac{1}{2}$	0.520	$\frac{1}{2}$	10 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{9}{16}$
x30	8.79	12.34	12 $\frac{3}{8}$	0.260	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	6.520	6 $\frac{1}{2}$	0.440	$\frac{1}{16}$	10 $\frac{1}{2}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{1}{2}$
x26	7.65	12.22	12 $\frac{1}{4}$	0.230	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	6.490	6 $\frac{1}{2}$	0.360	$\frac{3}{8}$	10 $\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{2}$

Figura 55 Perfil Estructural W dimensiones

Fuente: Thornton, (2015)

Perfil W

Propiedades

Peso nom por pie lb	Sección			X ₁ ksi	X ₂ × 10 ⁶ (1/ksi) ²	Propiedades elasticas						Modulo Plastico	
	b _f 2t _f	h t _w	F _y ^{'''} ksi			Eje X-X			Eje Y-Y			Z _x in. ³	Z _y in. ³
						I in. ⁴	S in. ³	r in.	I in. ⁴	S in. ³	r in.		
35	6.3	36.2	49	2420	4340	285	45.6	5.25	24.5	7.47	1.54	51.2	11.5
30	7.4	41.8	37	2090	7950	230	36.8	5.21	20.3	6.24	1.52	43.1	9.56
26	8.5	47.2	29	1920	13000	204	33.4	5.17	17.3	5.34	1.51	37.2	8.17

Figura 56 Perfil Estructural W dimensiones

Fuente: Thornton, (2015)

Las cargas factorizadas soportadas en cada columna son de:

La carga factorizada es:

$$q_0 = 1.2 \cdot q_D + 1.6 \cdot q_L$$

Donde:

q₀ : Carga Factorizada

q_d : Carga muerta

q_l : Carga viva

Tomando como referencia el calculo anterior

La carga factorizada

$$R_{max} = 12139.68 \text{ lb}$$

$$F_1 = P_U = R_{max} \times 2 = 12139.67 \text{ lb} \times 2 = 24279 \text{ lb}$$

El momento generado en las columnas

El momento máximo generado en la viga es:

$$M_{max} = 94384.4 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

$$M_1 = -M_2 = M_{Max} \cdot 2 = 94384.4 \text{ lb in} \times 2 = 188768.8 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

4.5.1.5.1. Análisis carga axial

Comprobando relaciones ancho espesor para carga axial.

$$\frac{h}{t_w} < 1.49 \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} = 41.8 < 1.49 \cdot \sqrt{\frac{290000 \text{ ksi}}{36 \text{ ksi}}} = 42.28$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < 0.56 \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}}$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = 7.4 < 0.56 \cdot \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{36 \text{ ksi}}} = 15.84$$

Donde:

E= Modulo de elasticidad (ksi) A-36

σ_y = Esfuerzo de fluencia (ksi) A-36

El perfil es compacto.

- Cálculo de la resistencia a compresión por pandeo flexionante.

Relación de esbeltez

$$\frac{K \cdot L}{r_y}$$

Donde:

K : Factor de longitud efectiva

L : Distancia entre soportes

R : Radio de giro

Selección de K

Buckled shape of column is shown by dashed line	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical <i>K</i> value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code		Rotation fixed and translation fixed				
		Rotation free and translation fixed				
		Rotation fixed and translation free				
		Rotation free and translation free				

Figura 56 Factor K longitud efectiva

Fuente: Thornton, (2015)

$$\frac{K \cdot L}{r_y} = \frac{0.65 \cdot 47.24}{1.52} = 20.18$$

La resistencia por compresión es:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \cdot \phi$$

Donde:

P_n : Resistencia nominal en compresión (kip)

ϕ_c : 0.85 (Pandeo por flexión y torsión)

A_g : Área de sección transversal

F_{cr} : Tension critica nominal

$$\lambda_e = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}}$$

Donde:

F_y : Limite elástico mínimo (ksi)

F_e : Esfuerzo crítico de pandeo elástico de torsión o flexión-torsión (ksi)

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K \cdot L}{r_y}\right)^2}$$

Donde:

E: Modulo de elasticidad (ksi)

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot 29000 \text{ ksi}}{20.18^2}$$

$$F_e = 702.83 \text{ kips}$$

Hallando tensión crítica nominal:

$$F_{cr} = Q \left[0.658^{Q\lambda_e^2} \right] \cdot F_y$$

Considerando Q= 1 por ser un perfil que cumple con la relación ancho-espesor

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{36 \text{ ksi}}{702.83 \text{ kips}}} \right] \cdot 36 \text{ ksi}$$

$$F_{cr} = 35.23 \text{ ksi}$$

Hallando resistencia nominal tracción:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \cdot \phi$$

$$P_n = 35.23 \text{ ksi} \cdot 8.79 \text{ in}^2 \cdot 0.85 = 276.589 \text{ kips}$$

Analizando la resistencia por flexotorsion

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(k \cdot L)^2} + G \cdot J \right] \cdot \frac{I}{I_x + I_y}$$

Donde:

Cw: Constante deformación (in⁶)

J: Constante torsional (in⁴)

G: Módulo de rigidez (ksi)

E: Módulo de elasticidad (ksi)

Ix: Momento de inercia en el eje x (in⁴)

Iy: Momento de inercia en el eje y (in⁴)

K: Factor de longitud efectiva

L : Distancia entre soportes

Designación	PROPIEDADES TORSION Perfil W						
	Constante torsional	Pandeo torsional	$\sqrt{\frac{EC_w}{GJ}}$	Constante pandeo	Momento deformación	Momento estatico	
	J	C_w		W_{no}	S_w	Q_f	Q_w
in. ⁴	in. ⁶	in.	in. ²	in. ⁴	in. ³	in. ³	
W12x58	2.10	3570	66.3	28.9	46.3	18.2	43.2
x53	1.58	3160	72.0	28.7	41.2	16.3	39.0
W12x50	1.78	1880	52.3	23.3	30.2	14.7	36.2
x45	1.31	1650	57.1	23.1	26.7	13.1	32.4
x40	0.95	1440	62.6	22.9	23.6	11.8	28.8
W12x35	0.74	879	55.5	19.6	16.8	9.86	25.6
x30	0.46	720	63.7	19.4	13.9	8.30	21.6
x26	0.30	607	72.4	19.2	11.8	7.15	18.6

Figura 57 Perfil Estructural W propiedades torsión

Fuente: Thornton, (2015)

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 \cdot 29000 \text{ksi} \cdot 720 \text{ in}^6}{(0.65 \cdot 47.24)^2} + 11000 \text{ksi} \cdot 0.46 \text{ in}^4 \right] \cdot \frac{1}{238 \text{ in}^4 + 20.3 \text{ in}^4}$$

$$F_e = 866 \text{ ksi}$$

Resistencia crítica por flexo torsión

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] \cdot F_y = \left[0.658 \frac{36 \text{ ksi}}{866 \text{ kips}} \right] \cdot 36 \text{ ksi} = 35.38 \text{ ksi}$$

La resistencia por compresión es:

$$P_d = F_{cr} \cdot A_g \cdot \phi$$

$$P_d = 35.38 \text{ ksi} \cdot 8.79 \text{ in}^2 \cdot 0.85 = 279.99 \text{ kips}$$

4.5.1.5.2. Carga a flexión y tensión

Calculando para elementos simétricos sujetos a flexión y tensión axial.

$$\frac{P_u}{\Phi_c \cdot P_n}$$

Donde:

P_u : Resistencia a la tracción requerida (kips)

Φ : Factor de resistencia a la tracción (0.90)

P_n : Resistencia nominal en tracción (kip)

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{ux}^*}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1 \text{ para } \frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} \geq 0.2$$

$$\frac{P_u}{2 \cdot \phi P_n} + \left[\frac{M_{ux}^*}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1 \text{ para } \frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} \leq 0.2$$

$$\frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} = \frac{25 \text{ kips}}{0.9 (276.5 \text{ kips})} = 0.10 \leq 0.2$$

Se escribe la siguiente ecuación.

$$\frac{P_u}{2 \cdot \phi P_n} + \left[\frac{M_{ux}^*}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1$$

Donde:

P_u : Resistencia a la tracción requerida (kips)

ϕP_n : Resistencia a la tracción de diseño, $\phi_t P_n$, (kips)

ϕ : Factor de resistencia por tensión, $\phi_t = 0.90$

P_n : Resistencia a la tracción nominal (kips)

M_u : Momento debido a la carga factorizada (kip-in)

$\phi_b M_n$: Diseño de resistencia a la flexión (kip-in)

ϕ_b : Factor de resistencia por flexión = 0.90

Como no existe momentos en el eje x

$$\frac{P_u}{2 \cdot \phi P_n} + \left[\frac{M_{uy}^*}{\phi_b M_{dy}} \right] \leq 1$$

L_b : Distancia entre los puntos reforzados para evitar que se tuerzan

la sección transversal.

L_p : Longitud máxima no arriostrada

$$L_b = 1200 \text{ mm} = 47.24 \text{ in}$$

$$L_p = 1.76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 1.76 \cdot 1.52 \cdot \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{36 \text{ ksi}}} = 87.42 \text{ in}$$

Como:

$$L_b < L_p$$

Entonces

$$\phi_b M_{dy} = \phi_b * Z_y * F_y$$

Donde:

Z: Sección de modulo plástico (in³)

F_y: Esfuerzo de fluencia máximo (ksi)

$$\phi_b M_{dy} = 0.9 \cdot 9.56 \text{ in}^3 \cdot 36 \text{ ksi}$$

$$M_{dy} = 264 \text{ kip} \cdot \text{in}$$

Reemplazando:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M^*_{uy}}{\phi_b M_{dy}} \right] \leq 1$$

$$\frac{25 \text{ kips}}{2 * (0.9) 276.5 \text{ kips}} + \left[\frac{189 \text{ kip} \cdot \text{in}}{264 \text{ kip} \cdot \text{in}} \right] \leq 1$$

$$0.76 \leq 1$$

El perfil W12 x30 es el adecuado.

4.5.1.6. Cálculo de soldadura

A continuación, se detallan los esfuerzos sufridos en las uniones permanentes.

Las ecuaciones y tablas utilizadas para el diseño de las uniones pueden verse a continuación:

- Fuerza unitaria permisible de la soldadura de filete

$$F = C \times L$$

Donde :

F : Fuerza unitaria permisible kip/in lineal

C : Constante

L : Longitud de cordón de soldadura

- Esfuerzo cortante permisible

$$\tau_{perm} = 0.4 (\sigma_y)$$

- Esfuerzo normal permisible

$$\sigma_{perm} = 0.6 (\sigma_y)$$

- Esfuerzo cortante máximo en soldaduras sujetas a fuerzas de tracción y compresión

$$\tau_{max} = \frac{1.414 F}{h \times L}$$

Donde:

F: Fuerza de tracción o compresión

h : Altura del filete

l : Longitud de soldadura

- Esfuerzo normal de soldaduras sujetas a fuerzas de tracción y compresión

$$\sigma_{max} = \frac{F}{h \times L}$$

- Esfuerzo cortante primario en uniones soldadas sujetas a torsión o a flexión.

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

Donde:

V : Fuerza cortante

A : Área de la garganta

- Esfuerzo cortante secundario en uniones soldadas sujetas a torsión:

$$\tau'' = \frac{Mr}{J}$$

Donde:

M: Momento producido por fuerza cortante

r: Distancia desde el centroide del grupo de soldaduras hasta el punto donde se sufre el esfuerzo.

J: Segundo momento polar de inercia del grupo de soldaduras respecto al centroide del grupo.

- Esfuerzo cortante nominal en uniones soldadas sujetas a cargas de flexión.

$$\tau = \frac{Mc}{I}$$

C: Distancia desde el eje neutro a fibras exteriores de la misma

I : Segundo momento del área unitaria. (Tejerizo Fernández, 2015)

4.5.1.6.1. Soldadura de placas superior e inferior

El cálculo para ambas placas unidas al Canal C es igual, ya que la carga de 14 Ton se aplica al mismo tiempo para ambas placas.

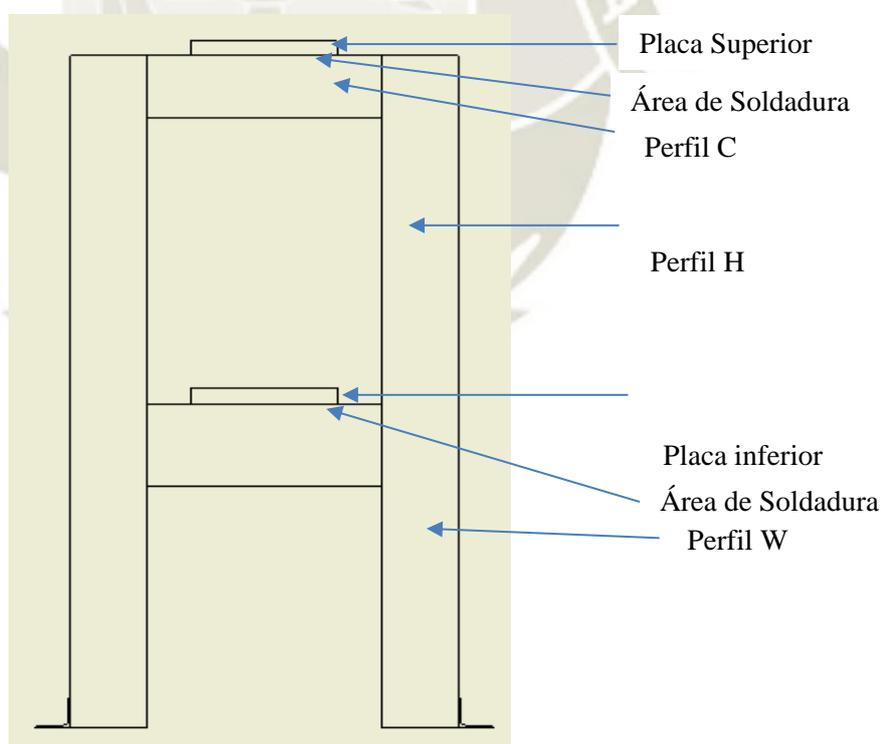


Figura 58 Bosquejo de Estructura de Máquina de tracción para uniones soldadas

Fuente: Elaboración propia

Esfuerzo de soldadura debido a la fuerza de compresión

Espesor del material de la parte unida más gruesa, pulg		Tamaño de la soldadura, pulg
*Hasta $\frac{1}{4}$ inclusive		$\frac{1}{8}$
Mayor que $\frac{1}{4}$	Hasta $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{16}$
Mayor que $\frac{1}{2}$	Hasta $\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$
†Mayor que $\frac{3}{4}$	Hasta $1\frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$
Mayor que $1\frac{1}{2}$	Hasta $2\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$
Mayor que $2\frac{1}{4}$	Hasta 6	$\frac{1}{2}$
Mayor que 6		$\frac{5}{8}$

No se debe exceder el espesor de la parte más delgada.

*El tamaño mínimo para aplicaciones en puentes no puede ser menor a $\frac{3}{16}$ pulg.

†Para tamaño mínimo del filete de soldadura, el programa no puede ser mayor que la soldadura de filete de $\frac{5}{16}$ pulg por cada $\frac{3}{4}$ pulg de material.

Figura 59 Tamaño de soldadura según espesor de material

Fuente: Shigley & Mitchell, (1989)

Se elige el tamaño de filete de soldadura según espesor del material base más grueso en pulgadas, para la placa es de 1.25 in .

El tamaño seleccionado de soldadura es de $\frac{5}{16}$ in .

La longitud de cordón de soldadura es igual a los lados de placa cuadrada de:

Longitud de placa inferior y superior $0.4 \text{ m} = 15.8 \text{ in}$. (Shigley & Mitchell, 1989)

Seleccionamos la fuerza unitaria permisible de soldadura de filete :

Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

Programa A: carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete

Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX)

	60*	70*	80	90*	100	110*	120
Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1 000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial							
$\tau =$	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0
Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal							
$t_f =$	12.73h	14.85h	16.97h	19.09h	21.21h	23.33h	25.45h
Tamaño del cateto h, pulg	Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal						
1	12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45
7/8	11.14	12.99	14.85	16.70	18.57	20.41	22.27
3/4	9.55	11.14	12.73	14.32	15.92	17.50	19.09
5/8	7.96	9.28	10.61	11.93	13.27	14.58	15.91
1/2	6.37	7.42	8.48	9.54	10.61	11.67	12.73
7/16	5.57	6.50	7.42	8.35	9.28	10.21	11.14
3/8	4.77	5.57	6.36	7.16	7.95	8.75	9.54
5/16	3.98	4.64	5.30	5.97	6.63	7.29	7.95
1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36
3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77
1/8	1.59	1.86	2.12	2.39	2.65	2.92	3.18
1/16	0.795	0.930	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59

*En realidad, las soldaduras de filete fueron ensayadas por el AISC-AWS Task Committee.
 $t_f = 0.707h\tau_{perm}$

Figura 60 Carga permisible para varios tamaños de soldadura

Fuente: Shigley & Mitchell, (1989)

La fuerza unitaria permisible se obtiene:

$$F = 4.64 (L)$$

$$F = 4.64 \times 15.8$$

$$F = 73.312 \text{ kip}$$

La fuerza aplica es de 35000 lb.

Comparando $73312 \text{ lb} \geq 35000 \text{ lb}$

La resistencia del material de aporte es satisfactoria

Calculando cargas para el esfuerzo cortante

$$\tau_{perm} = 0.4 (\sigma_y)$$

$$\tau_{perm} = 0.4 (36 \text{ Kpsi})$$

$$\tau_{perm} = 14.4 \text{ Kpsi}$$

Esfuerzo cortante

$$\tau_{max} = \frac{1.414 F}{h \times L}$$

$$\tau_{max} = \frac{1.414 (35000)}{0.3125 \times 15.8}$$

$$\tau_{max} = 10023.29 \text{ psi}$$

Es satisfactoria la resistencia de la unión ya que el esfuerzo cortante máximo es menor al permitido.

$$\sigma_{perm} = 0.6 (\sigma_y)$$

$$\sigma_{perm} = 0.6 (36 \text{ Kpsi})$$

$$\sigma_{perm} = 21.6 \text{ Kip}$$

Calculando el esfuerzo de comprensión

$$\sigma_{max} = \frac{F}{h \times L}$$

$$\sigma_{max} = \frac{35000}{0.5 \times 15.8}$$

$$\sigma_{max} = 4430.37 \text{ psi}$$

Es satisfactoria la resistencia de la unión ya que el esfuerzo de comprensión máximo es menor al permitido.

4.5.1.6.2. Soldadura de Perfil C y W

El cálculo de soldadura entre los perfiles C y W debe considerarse la fuerza dividida en 4 apoyos , de esta manera se tendría :

$$F = \frac{35000 \text{ lb}}{4} = 8750 \text{ lb}$$

Seleccionamos el tamaño de soldadura

Espesor del material de la parte unida más gruesa, pulg	Tamaño de la soldadura, pulg
*Hasta $\frac{1}{4}$ inclusive	$\frac{1}{8}$
Mayor que $\frac{1}{4}$ Hasta $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{16}$
Mayor que $\frac{1}{2}$ Hasta $\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$
†Mayor que $\frac{3}{4}$ Hasta $1\frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$
Mayor que $1\frac{1}{2}$ Hasta $2\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$
Mayor que $2\frac{1}{4}$ Hasta 6	$\frac{1}{2}$
Mayor que 6	$\frac{5}{8}$

No se debe exceder el espesor de la parte más delgada.
 *El tamaño mínimo para aplicaciones en puentes no puede ser menor a $\frac{3}{16}$ pulg.
 †Para tamaño mínimo del filete de soldadura, el programa no puede ser mayor que la soldadura de filete de $\frac{5}{16}$ pulg por cada $\frac{3}{4}$ pulg de material.

Figura 61 Tamaño de soldadura según espesor de material

Fuente: Shigley & Mitchell, (1989)

Se elige el tamaño de filete de soldadura según espesor del material base más grueso en pulgadas, para perfil C es de 6 in.

El tamaño seleccionado de soldadura es de 5/8 in.

La longitud de cordón de soldadura es igual a ambos lados del perfil .

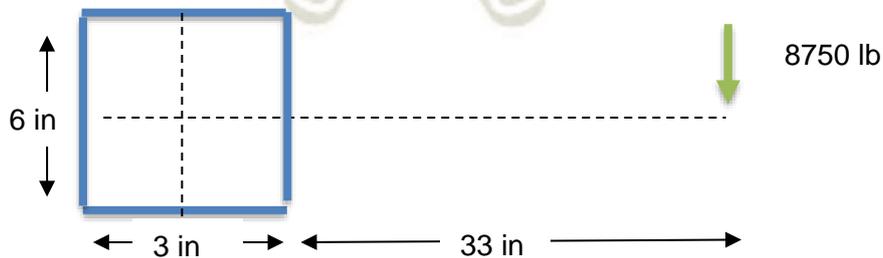


Figura 62 Diagrama de junta soldada

Fuente: Shigley & Mitchell, (1989)

Seleccionamos la fuerza unitaria permisible de soldadura de filete :

Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

Programa A: carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete

Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX)

	60*	70*	80	90*	100	110*	120
Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1 000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial							
$\tau =$	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0
Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal							
$t_f =$	12.73h	14.85h	16.97h	19.09h	21.21h	23.33h	25.45h
Tamaño del cateto h, pulg	Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal						
1	12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45
7/8	11.14	12.99	14.85	16.70	18.57	20.41	22.27
3/4	9.55	11.14	12.73	14.32	15.92	17.50	19.09
5/8	7.96	9.28	10.61	11.93	13.27	14.58	15.91
1/2	6.37	7.42	8.48	9.54	10.61	11.67	12.73
7/16	5.57	6.50	7.42	8.35	9.28	10.21	11.14
3/8	4.77	5.57	6.36	7.16	7.95	8.75	9.54
5/16	3.98	4.64	5.30	5.97	6.63	7.29	7.95
1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36
3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77
1/8	1.59	1.86	2.12	2.39	2.65	2.92	3.18
1/16	0.795	0.930	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59

*En realidad, las soldaduras de filete fueron ensayadas por el AISC-AWS Task Committee.
 $t_f = 0.707h\tau_{perm}$

Figura 63 Carga permisible para varios tamaños de soldadura

Fuente: Shigley & Mitchell, (1989)

$$F = 9.28 (L)$$

$$F = 9.28 \times 18$$

$$F = 167 \text{kip}$$

La fuerza aplica es de 35000 lb.

Comparando $167 \text{ lb} \geq 35000 \text{ lb}$

La resistencia del material de aporte es satisfactoria

Calculando Esfuerzo cortante primario sujeta a torsión o flexión

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento polar unitario del área
	$A = 0.70 hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$
	$A = 1.41 hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$	$J_u = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b+d)^3}{6}$
	$A = 1.414 \pi hr$		$J_u = 2\pi r^3$

Figura 64 Propiedades de soldadura de filete

Fuente: Shigley & Mitchell, (1989)

Hallando esfuerzo cortante

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

$$\tau y' = \frac{8750 lb}{1.41 (5/8 in)(3 in)}$$

$$\tau y' = 3.3 kpsi$$

Esfuerzo cortante secundario en uniones soldadas sujetas a torsión:

$$\tau'' = \frac{Mr}{J}$$

Por ser una soldadura de filete se considera :

$$J = 0.707 \, h x J_u$$

$$J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$$

$$J_u = \frac{(3 + 6)^3}{6}$$

$$J_u = 121.5 \, \text{in}^3$$

$$J = 0.707 \left(\frac{5}{8} \, \text{in} \right) (121.5 \, \text{in}^3)$$

$$J = 53.7 \, \text{in}^4$$

$$\tau'' = \frac{8750 \, \text{lb} \times (16.5 \, \text{in}) \times (3 \, \text{in})}{53.7 \, \text{in}^4}$$

$$\tau_{x''} = \tau_{y''} = 8.065 \, \text{kpsi}$$

Esfuerzo máximo

$$\tau_{max} = \sqrt{\tau_{x''}^2 + (\tau_{y''} + \tau_{y'})^2}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{8.065^2 + (8.065 + 3.3)^2}$$

$$\tau_{max} = 13.1 \, \text{kpsi}$$

$$\tau_{perm} = 0.4 (\sigma_y)$$

$$\tau_{perm} = 0.4 (36 \, \text{Kpsi})$$

$$\tau_{perm} = 14.4 \, \text{Kpsi}$$

Es satisfactoria la resistencia de la unión ya que el esfuerzo máximo es menor al permitido

4.5.1.7. Diseño de la mordaza de sujeción para el ensayo a tensión

Para la construcción de las mordazas se debe considerar una geometría simple, sin partes que dificulten los procesos de manufactura. Por lo tanto, para el análisis de esfuerzo se ha considerado utilizar una forma circular para utilizar las curvaturas como refuerzo en los puntos críticos, además las mordazas van a contar con un tornillo para la respectiva fijación al prototipo de la máquina dicho tornillo deberá tener una longitud un poco mayor a la altura de las vigas tipo cajón antes determinadas. En la figura, se observa el diseño de la mordaza, lo que se hará es determinar el espesor y para el tornillo de sujeción se determina el diámetro correspondiente para que no fallen al momento de realizar el ensayo de tracción. (Shigley & Mitchell, 1989)

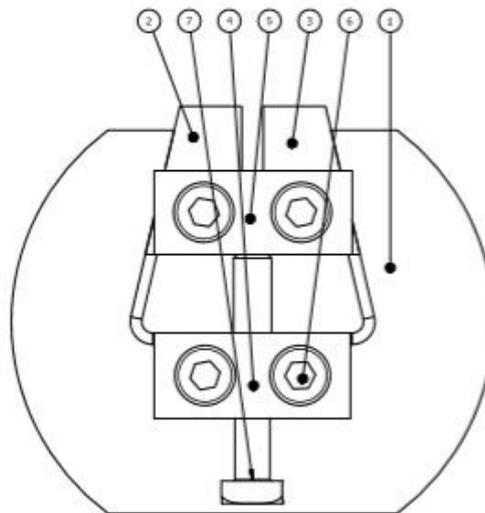


Figura 65 Diseño final de las mordazas.

Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo del espesor de la mordaza**

En la figura, se observa el diagrama de cuerpo libre de las mordazas.

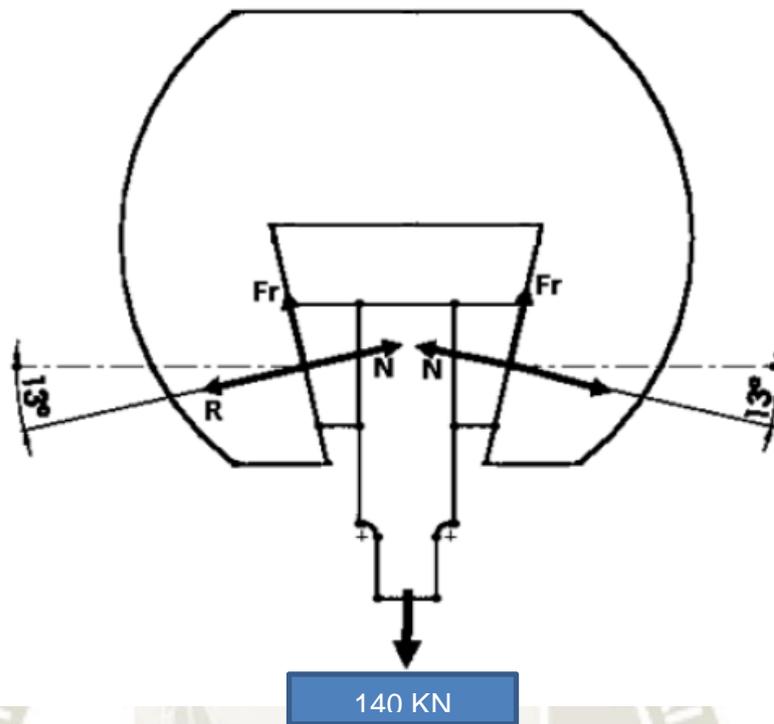


Figura 66 Diagrama de cuerpo libre de las mordazas.

Fuente: Elaboración propia

Para este caso se utiliza una carga de 140 kN. Realizando el respectivo análisis de fuerzas, se tiene que:

$$R = 71.84 \text{ kN}$$

Haciendo las descomposiciones de la fuerza:

$$F_x = 70 \text{ kN}$$

$$F_y = 16.16 \text{ kN}$$

Luego haciendo el análisis de esfuerzos en los puntos A y B de la figura :

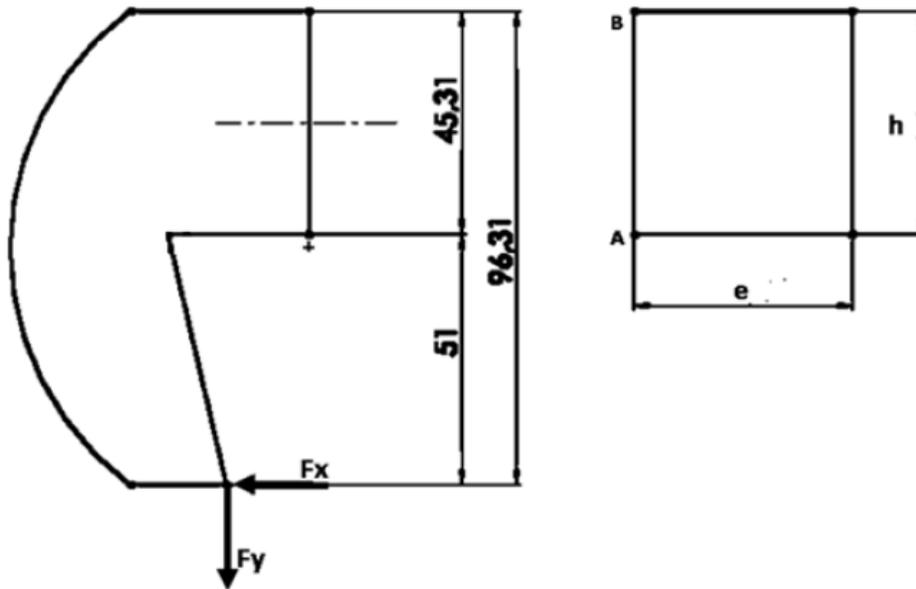


Figura 67 Análisis por carga por carga axial excéntrica en un plano de simetría.

Fuente: Herrera De Oro, E. D. J., & Otero Vélez, N. E., (2018)

$$\sigma_A = \frac{P}{A} + \frac{Mc}{I} > \sigma_B = \frac{P}{A} - \frac{Mc}{I}$$

Donde:

- Las mordazas se harán en material de Acero VCL. Por lo tanto:

$$\sigma_y \leq 700 \text{ MPa}$$

Con un Factor de seguridad 2

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{\sigma_y}{\text{F.S.}}$$

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{700 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{\text{perm}} = 350 \text{ MPa}$$

- El área de la sección transversal es:

$$A = 45,31 \times e \text{ mm}^2$$

- La carga P que produce momento flector es:

$$F_x = 70 \text{ KN}$$

- El momento máximo será:

$$M = F_x \times d$$

$$M = 70 \times 73,7$$

$$M = 5117 \text{ KN} \times \text{mm}$$

- El momento de inercia:

$$I = \frac{1}{12} e \times (45,31)^3 \text{ mm}^4$$

Entonces:

$$\sigma_A = \frac{P}{A} + \frac{Mc}{I}$$

$$700 = \frac{70 \times 10^3}{45,31 \times e} + \frac{5117 \times 10^3 \times 22,65}{\frac{1}{12} e \times (45,31)^3}$$

$$700 = \frac{1}{e} (1544.9 + 14951.42)$$

$$e = 23.56 \text{ mm}$$

Comercialmente se encuentran espesores de 25 mm.

Para el cálculo del tornillo de sujeción de las mordazas, se tiene en cuenta una longitud $L = 300 \text{ mm}$ y se diseñara en el mismo material de las mordazas Acero VCL, con una carga aplicada de $P = 140 \text{ kN}$, entonces despejando el radio de la ecuación:

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi \times \sigma_p}}$$

$$r = \sqrt{\frac{140 \times 10^3}{\pi \times 350}}$$

$$r = 11.28 \text{ mm}$$

$$D = 24 \text{ mm}$$

Comercialmente se encuentra diámetros de 25.4 mm. Ahora se determina la deformación del elemento para el radio obtenido mediante la ecuación :

$$P = \frac{\rho \times A \times E}{L}$$

$$P = \frac{0,1 \text{ mm} \times \pi \times (11,98 \text{ mm})^2 \times 200 \text{ KN/mm}^2}{203,2 \text{ mm}}$$

$$P = 38,18 \text{ KN}$$

Entonces:

$$F_s = \frac{100 \text{ kN}}{38,18 \text{ kN}} = 2,62$$

El nuevo diámetro que se obtiene es:

$$r = \sqrt{\frac{2,62 \times 140 \times 10^3 \text{ N}}{\pi \times 350 \text{ N/mm}^2}}$$

$$r = 19 \text{ mm}$$

$$D = 38 \text{ mm}$$

Comercialmente se encuentra diámetros de 38,1 mm. (Shigley & Mitchell, 1989)

4.6. Construcción

Esta etapa hace referencia a todos los procesos de manufactura que se llevaran a cabo para obtener cada uno de las piezas de la máquina de esta manera completar el acondicionamiento, el objetivo es realizarse ensayos de tensión.

Para llevar a cabo la construcción y el montaje de cada una de las partes que conformaran la estructura, se deben tener en cuenta todos los planos de construcción,

los cuales contienen todas las dimensiones de los elementos diseñados. (Shigley & Mitchell, 1989)

4.7. Equipos para el proceso de maquinado

Los procesos de maquinado fueron llevados a cabo en el taller metalmecánico FAMELM el cual cuenta con los siguientes equipos.

4.7.1. Torno AMC P18

Las características de este equipo son las siguientes:

Marca: AMC

Tipo: P18

Dimensión total: 1630 x 700 x 1320 mm

Altura de punta: 220 mm

Distancia dentro de las puntas: 420 mm

Taladro del husillo: 50 mm

Avance: 16-1500 mm/min

Voltaje: 380 V



Figura 68 Torno AMC P18

Fuente: Elaboración propia

4.7.2. Fresadora MILKO 35

Las características de este equipo son las siguientes:

Marca: MILKO

Tipo: 35

Superficie Útil : 1100 x 250 mm

Recorrido Longitudinal: 860 mm

Recorrido Transversal: 250 mm

Recorrido Vertical: 450 mm

Velocidad de avance: 6 – 1500 mm / min

Voltaje: 380 V



Figura 69 Fresadora MILKO 35

Fuente: Elaboración propia

4.7.3. Taladro radial TAGO

Las características de este equipo son las siguientes:

Marca: TAGO

Modelo: M-900

Distancia del portabrocas a la columna: 900 mm

Revoluciones: 55 – 650 rev.

Mesa de trabajo: 350 x 350 mm

Voltaje : 380 V



Figura 70 Taladro radial TAGO M900

Fuente: Elaboración propia

4.7.4. Velocidades corte de maquinado

Para la selección de velocidades de corte tenemos la siguiente imagen de velocidades recomendadas según el fabricante AMC:

		VITESSES DE COUPE EN METRES/MINUTE					
EBAUCHE	ACIER RAPIDE	BAKELITE	ALUMINIUM	BRONZE	FONTE	ACIER 40/60 kg	
	CARBURE	40 à 60	40 à 90	30 à 50	20 à 30	25 à 50	
FINITION	ACIER RAPIDE	80 à 130	80 à 120	60 à 110	40 à 60	60 à 90	
	CARBURE	60 à 90	100 à 150	50 à 80	30 à 50	60 à 80	
		140 à 220	250 à 400	110 à 200	60 à 80	120 à 150	

Figura 71 Velocidad de corte para desbaste

Fuente: Elaboración propia

Velocidad de corte en desbaste con cuchilla HSS: 25 a 50 m/min para Acero A-36

		VITESSES DE COUPE EN METRES/MINUTE					
EBAUCHE	ACIER RAPIDE	BAKELITE	ALUMINIUM	BRONZE	FONTE	ACIER 40/60 kg	
	CARBURE	40 à 60	40 à 90	30 à 50	20 à 30	25 à 50	
FINITION	ACIER RAPIDE	80 à 130	80 à 120	60 à 110	40 à 60	60 à 90	
	CARBURE	60 à 90	100 à 150	50 à 80	30 à 50	60 à 80	
		140 à 220	250 à 400	110 à 200	60 à 80	120 à 150	

Figura 72 Velocidad de corte para acabado

Fuente: Elaboración propia

Velocidad de corte para acabado con chuchilla HSS: 60 a 80 m/min para Acero A-36

		VITESSES DE COUPE EN METRES/MINUTE					
EBAUCHE	ACIER RAPIDE	BAKELITE	ALUMINIUM	BRONZE	FONTE	ACIER 40/60 kg	
	CARBURE	40 à 60	40 à 90	30 à 50	20 à 30	25 à 50	
FINITION	ACIER RAPIDE	80 à 130	80 à 120	60 à 110	40 à 60	60 à 90	
	CARBURE	60 à 90	100 à 150	50 à 80	30 à 50	60 à 80	
		140 à 220	250 à 400	110 à 200	60 à 80	120 à 150	

Figura 73 Velocidad de corte para acabado

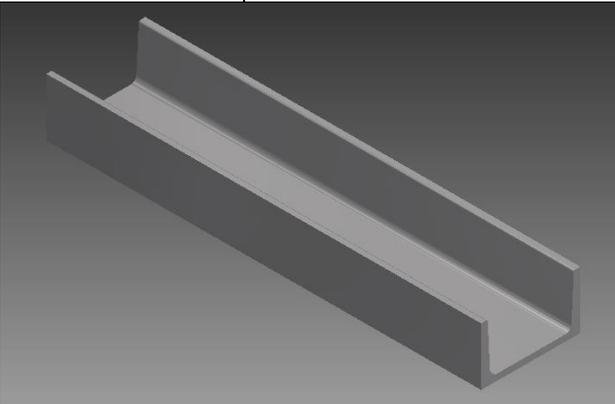
Fuente: Elaboración propia

Para el caso del Acero VCL utilizamos una cuchilla carburada por ser un material con una dureza 250 a 350 HB.

En consecuencia, la velocidad de corte para desbaste sería de :60 a 90 m/min y la velocidad de corte para acabado de 120 a 150 m/min.

4.7.5. Construcción de las vigas tipo C superior e inferior

Inicialmente se llevó a cabo la adquisición del material según las dimensiones establecidas en plano. (Shigley & Mitchell, 1989)

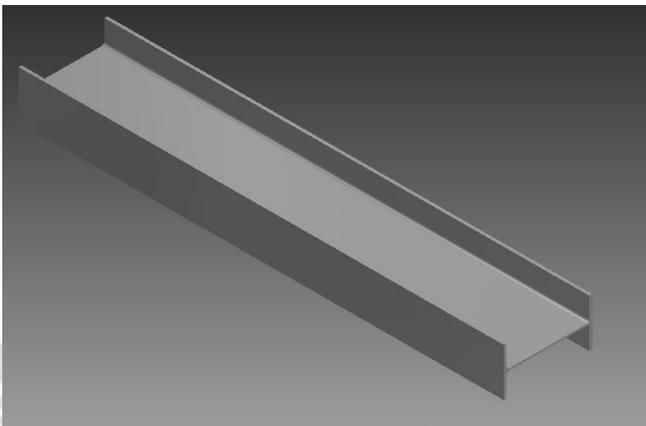
HOJA DE PROCESO			
Denominación:	Material:	Dimensiones iniciales:	Tiempo Estimado:
Perfil C 6x8.2	A-36	1400 mm	1 hora
Plano de fabricación o referencia		1.01.01	
			
Fase 10 : Preparación material			
Operación	Descripción	Útiles y herramientas	Condiciones de trabajo
11	Corte de perfil.	Equipo Oxicorte	Desbaste Avance Manual
12	Refrentado de cara superior e inferior	Fresadora Flexómetro	Acabado 60 m/min Pasada acabado 0,2 mm

Cuadro 4 Hoja de proceso para perfil C6 x 8.2

Fuente: Elaboración Propia

4.7.6. Construcción de las columnas Tipo H

Se llevó a cabo la adquisición del material según las dimensiones establecidas en plano. (Shigley & Mitchell, 1989)

HOJA DE PROCESO			
Denominación:	Material:	Dimensiones iniciales:	Tiempo Estimado:
Perfil W 12x30	A-36	3310 mm	1.5 horas
Plano de fabricación o referencia		1.01.01	
			
Fase 10 : Preparación material			
Operación	Descripción	Útiles y herramientas	Condiciones de trabajo
11	Corte de perfil.	Equipo Oxicorte	Desbaste Avance Manual
12	Refrentado de cara superior e inferior	Fresadora Flexómetro	Acabado Velocidad de corte: 60 m/min Pasada acabado 0,2 mm

Cuadro 5 Hoja de proceso para perfil W12 x 30

Fuente: Elaboración Propia

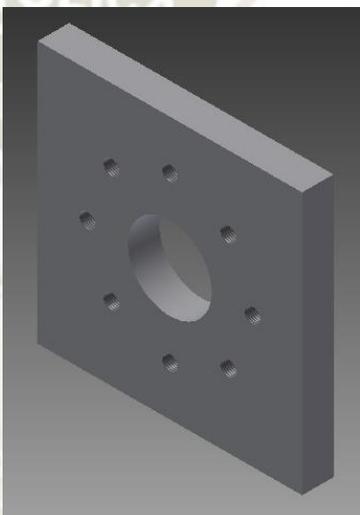


Figura 74 Montaje de Vigas y Perfiles

Fuente: Elaboración Propia

4.7.7. Construcción de las planchas superior e inferior

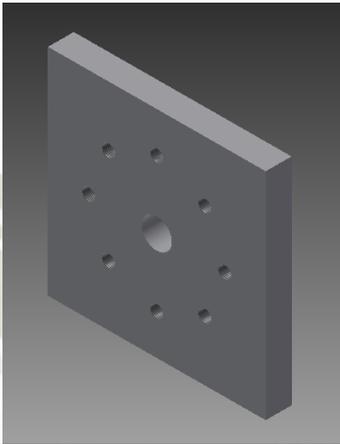
Se compró primero las planchas de espesor de 1 9/16 pulgadas, se realizó un proceso de refrentado a ambas caras de cada plancha con dimensiones de 40 cm x 40 cm , paso seguido se realizó el trazado para las perforaciones correspondientes según sea el caso para cada pieza.

HOJA DE PROCESO			
Denominación:	Material:	Dimensiones iniciales:	Tiempo Estimado:
Plancha Inferior 400 x 400 x 50 mm	A-36	410 x 410 x 50 mm	1.5 horas
Plano de fabricación o referencia		1.01.01.01	
			
Fase 10 : Preparación material			
Operación	Descripción	Útiles y herramientas	Condiciones de trabajo
11	Corte de perfil.	Equipo Oxicorte	Desbaste Avance Manual
12	Refrentado de cara superior e inferior Trazado	Fresadora Escuadra Regla Graduada	Desbaste Velocidad de corte: 30 m/min Desbaste 400 RPM
13	Taladrado agujeros central y alrededor	Taladro radial	Avance manual Desbaste Velocidad de corte: 30 m/min
14	Escariado Agujero	Torno	Pasada acabado 0,2 mm
15	Planeado	Fresadora	Acabado 60 m/min Pasada acabado 0,1 mm

Cuadro 6 Hoja de proceso para Plancha inferior

Fuente: Elaboración Propia

Plancha superior

HOJA DE PROCESO			
Denominación:	Material:	Dimensiones iniciales:	Tiempo Estimado:
Plancha Superior 400 x 400 x 50 mm	A-36	410 x 410 x 50 mm	1.5 horas
Plano de fabricación o referencia		1.01.01.02	
			
Fase 10 : Preparación material			
Operación	Descripción	Útiles y herramientas	Condiciones de trabajo
11	Corte de perfil.	Equipo Oxicorte	Desbaste Avance Manual
12	Refrentado de cara superior e inferior Trazado	Fresadora Escuadra Regla Graduada Taladro radial	Desbaste 30 m/min Avance manual Pasada acabado 0,2 mm
13	Taladrado agujeros central y alrededor	Torno	Desbaste 400 RPM
14	Escariado		Desbaste Velocidad de corte 30 m/min
15	Agujero Planeado	Fresadora	Acabado 50 m/min Pasada acabado 0,1 mm

Cuadro 7 Hoja de proceso para Plancha inferior

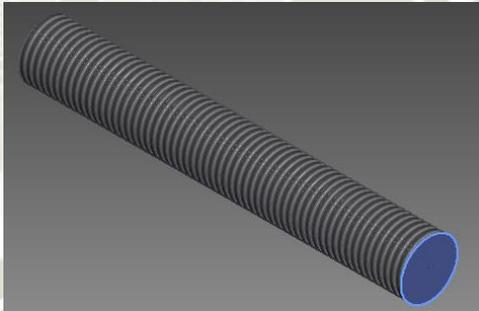
Fuente: Elaboración Propia



Figura 75 Montaje de planchas y perfiles

Fuente: Elaboración Propia

4.7.8. Fabricación de Esparrago

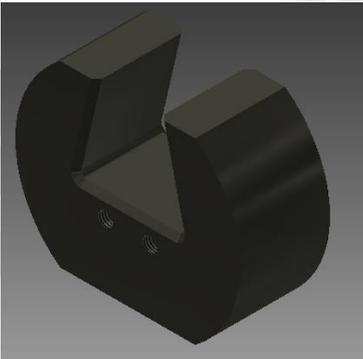
HOJA DE PROCESO			
Denominación:	Material:	Dimensiones iniciales:	Tiempo Estimado:
Esparrago	VCL	Ø 50 mm x 310 mm	3 horas
Plano de fabricación o referencia		1.01.03	
			
Fase 10 : Preparación material			
Operación	Descripción	Útiles y herramientas	Condiciones de trabajo
11	Refrentado de cara superior e inferior Trazado	Torno Pie de Rey	Desbaste 30 m/min Avance manual Pasada acabado 0,2 mm
12	Cilindrado Escariado	Torno Pie de Rey	Desbaste 30 m/min Pasada acabado 0.2 mm
13	Roscado	Torno Pie de Rey	

Cuadro 8 Hoja de proceso de Esparrago

Fuente: Elaboración Propia

4.7.9. Fabricación de Cabezal

Para la fabricación de cabezal se realizó la compra de Acero especial VCL AISI 4140

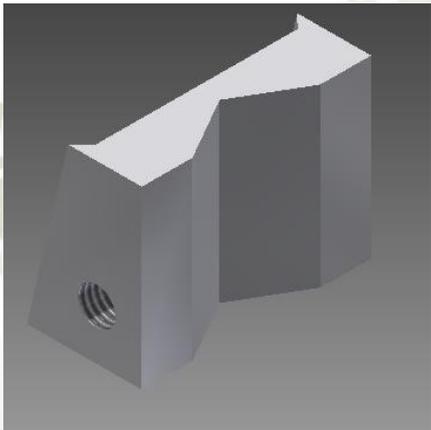
HOJA DE PROCESO			
Denominación:	Material:	Dimensiones iniciales:	Tiempo Estimado:
Cabezal	VCL	Ø 130 mm x 55 mm	4 horas
Plano de fabricación o referencia		1.01.02.01	
			
Fase 10 : Preparación material			
Operación	Descripción	Útiles y herramientas	Condiciones de trabajo
11	Refrentado de cara superior e inferior	Torno Pie de Rey	Desbaste 30 m/min Pasada acabado 0,2 mm
12	Trazado Cilindrado	Escuadra / Regla Graduada Torno Pie de Rey	Desbaste 60 m/min Avance manual Pasada acabado 0,2 mm
13	Ranurado	Fresadora	Desbaste 60 m/min Pasada acabado 0.2 mm Acabado 120 m/min Pasada acabado 0,1 mm
14	Taladrado	Taladro radial Pie de Rey	Desbaste 400 RPM Avance manual
15	Roscado	Macho para roscar	Avance Manual

Cuadro 9 Hoja de proceso de

Fuente: Elaboración Propia

4.7.10. Fabricación de Mordaza

Para la fabricación de mordaza se realizó la compra de Acero especial VCL AISI 4140

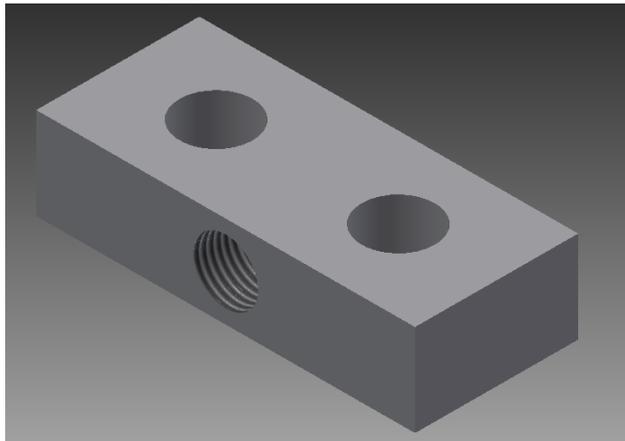
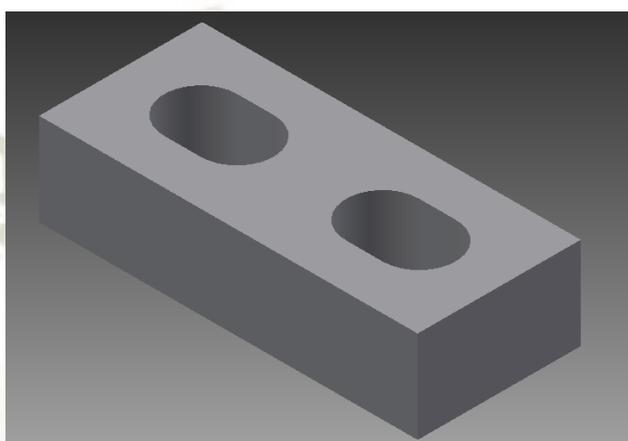
HOJA DE PROCESO			
Denominación:	Material:	Dimensiones iniciales:	Tiempo Estimado:
Mordaza	VCL	Ø 50 mm x 30 mm	2 horas
Plano de fabricación o referencia		1.01.02.02/1.01.02.03	
			
Fase 10 : Preparación material			
Operación	Descripción	Útiles y herramientas	Condiciones de trabajo
11	Refrentado de cara superior, inferior y lateral	Fresadora Pie de Rey	Desbaste 30 m/min Pasada acabado 0,2 mm
12	Trazado	Escuadra / Regla Graduada Pie de Rey	
13	Ranurado	Fresadora	Desbaste 60 m/min Pasada acabado 0,2 mm Acabado 120 m/min Pasada acabado 0,1 mm
14	Moleteado X	Fresadora	Desbaste 60 m/min Avance manual
15	Taladrado	Taladro radial Pie de Rey	Desbaste 400 RPM
16	Roscado	Macho para roscar	Avance Manual

Cuadro 10 Hoja de proceso de

Fuente: Elaboración Propia

4.7.11. Fabricación de Placa Fija

Para la fabricación de mordaza se realizó la compra de Acero estructural A-36

HOJA DE PROCESO			
Denominación:	Material:	Dimensiones iniciales:	Tiempo Estimado:
Placa Fija /Móvil	A-36	50 mm x 30 mm x 14 mm	1.5 Horas
Plano de fabricación o referencia		1.01.02.04/1.01.02.05	
Placa Fija		Placa Móvil	
			
Fase 10 : Preparación material			
Operación	Descripción	Útiles y herramientas	Condiciones de trabajo
11	Refrentado de cara superior, inferior y lateral	Fresadora Pie de Rey	Desbaste 30 m/min Avance manual Pasada acabado 0,2 mm
12	Trazado	Escuadra / Regla Graduada Pie de Rey	
13	Taladrado	Taladro radial Pie de Rey	Desbaste 30 m/min Pasada acabado 0.2 mm
14	Ranurado Cilíndrico (Placa móvil)	Fresado	Acabado 60 m/min Pasada acabado 0,1 mm
15	Roscado (Placa fija)	Macho para roscar	Avance manual

Cuadro 11 Hoja de proceso de

Fuente: Elaboración Propia

4.7.12. Montaje de perfiles y planchas

Finalizado el proceso de fabricación de piezas se procedió con el montaje de los componentes, dicho proceso de armado fue llevado a cabo por un Soldador homologado 5G , y un mecánico de montaje los cuales pertenecen a planilla de la empresa metalmecánica FAMELM.

Se resalta que durante este proceso de montaje es importante comprobar la excentricidad para asegurar la tensión de tracción axial dentro de la longitud del calibre, el eje de la muestra de prueba debe coincidir con la línea central de los cabezales de la máquina de prueba. Cualquier desviación de este requisito puede introducir tensiones de flexión que no se incluyen en el cálculo de tensiones habitual (fuerza dividida por el área de la sección transversal).

Para una muestra estándar de 12,5 mm [0,500 pulgadas] de diámetro, el aumento de tensión es de 1,5 puntos porcentuales por cada 0,025 mm [0,001 pulgadas] de excentricidad. (ASTM E8). (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2008)

Para nuestro equipo se corroboró la excentricidad mediante un reloj comparador, con valores de 0.07 mm de desviación, por lo que se espera un aumento de tensión de 5 % del valor normal.



Figura 76 Pintado de estructura

Fuente: Elaboración Propia

4.7.13. Montaje del circuito hidráulico

Inicialmente se obtuvo todos los accesorios necesarios para el montaje como lo son: el cilindro hidráulico, bomba, motor eléctrico, reservorio, filtro, mangueras, válvula reguladora de caudal, válvula reguladora de presión, válvula 4/3 vías con accionamiento manual, manómetros y demás elementos.

Luego de tener todos los elementos se realizó la fijación del cilindro hidráulico con flanche superior a la mesa por medio de tornillos, posteriormente se llevó a cabo el ensamble de la unidad de potencia hidráulica (motor eléctrico, bomba hidráulica, reservorio y filtro).

Se conectaron las mangueras e instrumentos de medición y control necesarios para el sistema hidráulico, en una mesa construida previamente.

Se vierte el aceite hidráulico al reservorio, y se colocó en marcha el sistema; se verifico la existencia de fugas, las cuales se corrigieron haciendo uso de un sellante hidráulico (teflón líquido) y por último se hicieron pruebas de avance y retroceso del cilindro a diferentes velocidades. (Tejerizo Fernández, 2015)



Figura 77 Camiseta y vástago de pistón hidráulico

Fuente: Elaboración Propia



Figura 78 Bomba hidráulica y acople motor

Fuente: Elaboración Propia

4.7.14. Estructura final máquina de tracción

Luego de los procesos descritos anteriormente, se procede al ensamblaje de componentes, el equipo se presenta a continuación:

Tabla 8

Resumen de elementos de estructura

Descripción	Medidas	Referencia
Plancha superior	400 mm x 400 mm x 39 mm	
Plancha inferior	400 mm x 400 mm x 39 mm	
Columnas	Perfil C 6 x 8.2	

Vigas

Perfil W 12 x 30



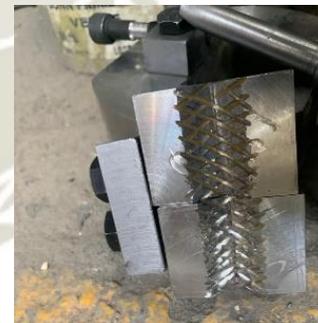
Cabezal

127 mm x 102 mm x 51
mm



Mordaza

26 mm x 50.8 mm x 23
mm



Esparrago

Ø 45 mm x 300 mm



Fuente: Elaboración Propia



Figura 79 Máquina de Tracción
Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V

5. VALIDACION DE LA MÁQUINA

5.1. Preparación de probeta

Para la preparación de las probetas a ensayar se toma como referencia la norma ASTM E8/E8M , las medidas son detalladas a continuación:



Figura 80 Preparación de probeta

Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM), (2008)

**Tabla 9
Medidas de Probeta a utilizar**

Especificación	Dimensiones
G – Medida de calibre	50 mm (2 in)
D – Diámetro	12.5 mm (0.5 in)
R – Radio de filete	2 mm (0.0625 in)
A – Distancia de sección de reducción	100 mm (3 in)
L – Longitud total	155 mm (5.5 in)
C – Diámetro de sección final	20 mm (0.75 in)

Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM), (2008)

5.2. Procedimiento de ensayo

El procedimiento de ensayo se describe a continuación, tener en cuenta antes de realizar el ensayo, se debe contar con todos los instrumentos adecuados para dicha prueba. (Vernier, cronometro)

Tabla 10
Procedimiento de ensayo

1. Se corrobora funcionalidad de sistema hidráulico, asegurarse, antes de poner en marcha el equipo, que la válvula de paso este completamente abierta



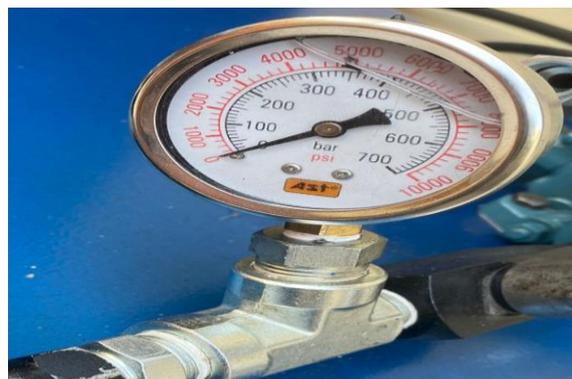
2. Verificar que la válvula reguladora de caudal este completamente abierta.



3. Poner en marcha el equipo activado en botón ON.

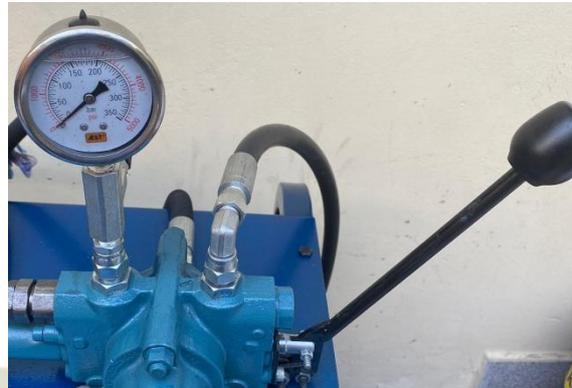


4. Verificar que el manómetro de presión #1 del sistema se encuentre marcando la presión que suministra la bomba hidráulica.

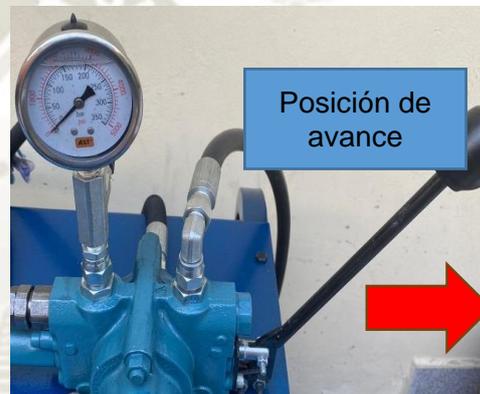


5. Regular presión si fuese necesario con la válvula reguladora de presión.

6. Por medio de la válvula direccional se realiza el avance y retroceso del cilindro hidráulico.



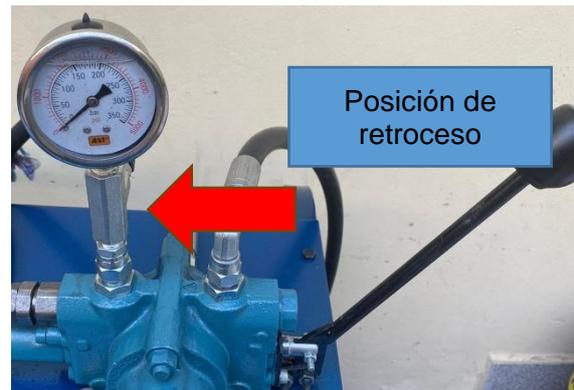
7. Posición de avance



8. Posición de bloqueo



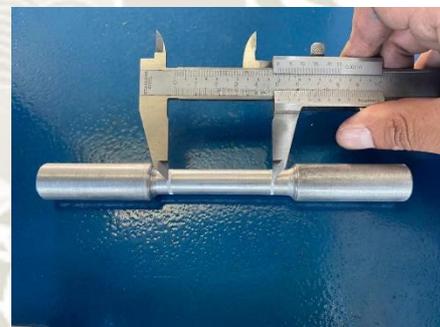
9. Posición de retroceso



10. Se apaga el sistema hidráulico oprimiendo el botón OFF para seguido de esto poder preparar la probeta.



11. Se procede con el llenado de ficha de ensayo de tracción, esta ficha cumplirá la función de registrar datos iniciales y finales, marcar la probeta dentro de la longitud de sección reducida L (50 mm) para que al finalizar el ensayo pueda medirse la longitud final.



12. Posicionar la probeta en las mordazas superior e inferior, si es necesario, maniobrar la carrera de pistón para el posicionamiento deseado.



13. Ajustar mordazas a través de los pernos de ajustes de cada cabezal superior e inferior con los pernos allen cabeza cilíndrica, el ajuste se realiza a través de una llave allen 8 mm, para evitar el deslizamiento de la probeta una vez iniciado el ensayo.



14. Generar una precarga con la válvula direccional en la posición de avance, para un mejor ajuste y agarre de la probeta.





15. Para el inicio del ensayo se procedió con la grabación en dos puntos:

- Probeta
- Manómetro #2



16. Luego de iniciar el ensayo a través de la válvula direccional, registrar la presión máxima que se visualiza en el manómetro.



17. Una vez producido la ruptura de la probeta apagar el equipo hidráulico y luego proceder con el desmontaje de la probeta para la toma de medidas finales de elongación.



Fuente: Elaboración propia

Para determinar los valores de esfuerzos y elongación utilizar los siguientes factores

$$\text{Esfuerzo (MPa)} = \text{Presion Manometrica (Bar)} \times 5.235$$

$$\text{Esfuerzo (MPa)} = \text{Presion Manometrica (psi)} \times 0.3625$$

$$Carga (kN) = \frac{Esfuerzo (MPa) \times A_i \text{ Probeta} (mm^2)}{1000}$$

$$Elongacion \% = \frac{l_{final} - l_{inicial}}{l_{inicial}} \times 100$$

Estos factores se derivan según la sección de la probeta y dimensiones del cilindro hidráulico.

5.3. Ensayos con probetas cilíndricas de ½”

Los materiales utilizados para la fabricación de probetas y posteriores ensayos fueron los siguientes:

- Acero estructural A-36



Figura 81 Probeta A36

Fuente: Elaboración Propia

- Acero inoxidable 316



Figura 82 Probeta Inoxidable 316

Fuente: Elaboración Propia

- Aluminio 6061 T4



Figura 83 Probeta Aluminio 6061T4

Fuente: Elaboración Propia

5.4. Obtención y análisis de resultados

5.4.1. Acero estructural A-36

En los siguientes cuadros se muestran los resultados de las tres probetas del acero ASTM A36 ensayadas a tracción.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica					
Registro de datos informativos					
Probeta:	Normalizada	Realizado por:	L.Ortiz / C.Rosas		
Acero fabricado por:	Aceros comerciales		Tipo de ensayo:	Tensión	
Tipo de Probeta:	Cilíndrica	Detalle referencial :			
Especificación del material:	Acero Estructural				
Tipo o grado	ASTM A-36				
Longitud Total:	8 in				
Diámetro de Calibre (D):	1/2 in				
Longitud de calibre (G):	2 in				
DATOS INFORMATIVOS					
# Probeta:	N° 1	Fecha ensayo	30/08/2021	Tipo de mecanizado:	Torneado
Lugar de Ejecución	Taller Particular			Obtención de la muestra:	Arranque de viruta
Temperatura:	20 °c				
PARAMETROS DE ENSAYO					
Norma utilizada	ASTM E-8	Tiempo de ensayo:	10 s		
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
Calibrador	X	Otros:			
Cronometro	X				
RESULTADO					
Lectura	Presión Manométrica (Bar(psi))	Longitud (mm)		Diámetro (mm)	
Inicial	0 (0)	50.76		12.7	
Final	101 (1464.5)	66.11		7.5	
IMAGEN FINAL					

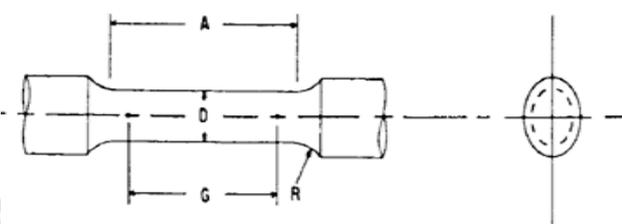
Cuadro 12 Resultados Ensayo tracción Probeta #1 A-36

Fuente: Elaboración Propia

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA					
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales					
Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica					
Registro de datos informativos					
Probeta:	Normalizada	Realizado por:	L.Ortiz / C.Rosas		
Acero fabricado por:	Aceros comerciales	Tipo de ensayo:	Tensión		
Tipo de Probeta:	Cilíndrica	Detalle referencial :			
Especificación del material:	Acero Estructural				
Tipo o grado	ASTM A-36				
Longitud Total:	8 in				
Diámetro de Calibre (D):	1/2 in				
Longitud de calibre (G):	2 in				
DATOS INFORMATIVOS					
# Probeta:	N° 2	Fecha ensayo	30/08/2021	Tipo de mecanizado:	Torneado
Lugar de Ejecución	Taller Particular		Obtención de la muestra:	Arranque de viruta	
Temperatura:	20 °c				
PARAMETROS DE ENSAYO					
Norma utilizada	ASTM E-8	Tiempo de ensayo:	10 segundos		
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
Calibrador	X	Otros:			
Cronometro	X				
RESULTADO					
Lectura	Presión Manométrica (Bar(psi))	Longitud (mm)		Diámetro (mm)	
Inicial	0 (0)	50.76		12.7	
Final	100 (1460)	67.91		7.5	
IMAGEN FINAL					

Cuadro 13 Resultados Ensayo tracción Probeta #2 A-36

Fuente: Elaboración Propia

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA					
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales					
Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica					
Registro de datos informativos					
Probeta:	Normalizada	Realizado por:	L.Ortiz / C.Rosas		
Acero fabricado por:	Aceros comerciales	Tipo de ensayo:	Tensión		
Tipo de Probeta:	Cilíndrica	Detalle referencial :			
Especificación del material:	Acero Estructural				
Tipo o grado	ASTM A-36				
Longitud Total:	8 in				
Diámetro de Calibre (D):	1/2 in				
Longitud de calibre (G):	2 in				
DATOS INFORMATIVOS					
# Probeta:	N° 3	Fecha ensayo	30/08/2021	Tipo de mecanizado:	Torneado
Lugar de Ejecución	Taller Particular		Obtención de la muestra:	Arranque de viruta	
Temperatura:	20 °c				
PARAMETROS DE ENSAYO					
Norma utilizada	ASTM E-8	Tiempo de ensayo:			
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
Calibrador	X	Otros:			
Cronometro	X				
RESULTADO					
Lectura	Presión Manométrica (Bar(psi))	Longitud (mm)		Diámetro (mm)	
Inicial	0 (0)	50.76		12.70	
Final	101 (1460)	68.01		8.00	
IMAGEN FINAL					
					

Cuadro 14 Resultados Ensayo tracción Probeta #3 A-36

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11

Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #1 A-36

Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	% Elongación	Diámetro Inicial (mm)	Diámetro Final (mm)	Presión Manométrica Máxima (Bar)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo Máximo (MPa)
50.76	66.11	30%	12.70	7.50	101.00	66.98	528.74

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12

Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #2 A-36

Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	% Elongación	Diámetro Inicial (mm)	Diámetro Final (mm)	Presión Manométrica Máxima (Bar)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo Máximo (MPa)
50.76	67.91	34%	12.70	7.50	100.00	66.32	523.50

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13

Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #3 A-36

Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	% Elongación	Diámetro Inicial (mm)	Diámetro Final (mm)	Presión Manométrica Máxima (Bar)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo Máximo (MPa)
50.76	68.91	36%	12.70	8.00	101.00	66.98	528.74

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14

Comparación de datos teóricos y resultados experimentales ensayo de tracción A-36

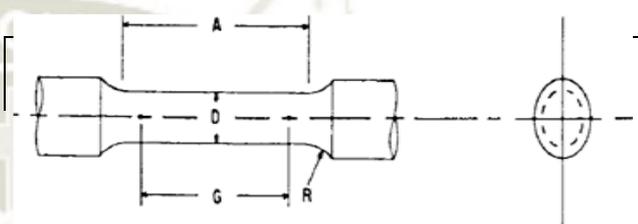
Probeta	Teóricos (ASTM A36/A36M)		Experimental	
	Esfuerzo Máximo (MPa)	Alargamiento (%)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Alargamiento (%)
1	400 – 550	30%	528.74	30%
2	400 – 550	30%	523.50	34%
3	400 – 550	30%	528.74	36%
Promedio	400 – 550	30%	526.99	33%

Fuente: (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2008, pág. 11)

De los ensayos realizados en el acero ASTM A36 se obtuvo una resistencia máxima de 526.99 MPa y una elongación de 33%. Estos valores se encuentran por encima de los valores teóricos del acero A 36. Todas las probetas ensayadas rompieron dentro de las marcas que se hicieron para evaluar la elongación.

5.4.2. Acero inoxidable AISI 316

En los siguientes Cuadros se muestran los resultados de las cuatro probetas del acero AISI 316 ensayadas a tracción.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA				
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica				
Registro de datos informativos				
Probeta:	Normalizada	Realizado por:	L.Ortiz / C.Rosas	
Acero fabricado por:	Aceros comerciales	Tipo de ensayo:	Tensión	
Tipo de Probeta:	Cilíndrica	Detalle referencial :		
Especificación del material:	Inoxidable			
Tipo o grado	AISI 316			
Longitud Total:	8 in			
Diámetro de Calibre (D):	1/2 in			
Longitud de calibre (G):	2 in			
DATOS INFORMATIVOS				
# Probeta:	N° 1	Fecha ensayo	Tipo de mecanizado:	Torneado
Lugar de Ejecución	Taller Particular		Obtención de la muestra:	Arranque de viruta
Temperatura:	20 °c			
PARAMETROS DE ENSAYO				
Norma utilizada	ASTM E-8	Tiempo de ensayo:		
INSTRUMENTOS A UTILIZAR				
Calibrador	X	Otros:		
Cronometro	X			
RESULTADO				
Lectura	Presión Manométrica (Bar(psi))	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	
Inicial	0 (0)	50.76	12.70	
Final	131 (1900)	68.21	9.10	
IMAGEN FINAL				
				

Cuadro 15 Resultados Ensayo tracción Probeta #1 Inoxidable AISI 316

Fuente: Elaboración Propia

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA					
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica					
Registro de datos informativos					
Probeta:	Normalizada	Realizado por:	L.Ortiz / C.Rosas		
Acero fabricado por:	Aceros comerciales	Tipo de ensayo:	Tensión		
Tipo de Probeta:	Cilíndrica	Detalle referencial :			
Especificación del material:	Inoxidable				
Tipo o grado	AISI 316				
Longitud Total:	8 in				
Diámetro de Calibre (D):	1/2 in				
Longitud de calibre (G):	2 in				
DATOS INFORMATIVOS					
# Probeta:	N° 2	Fecha ensayo	27/09/2021	Tipo de mecanizado:	Torneado
Lugar de Ejecución	Taller Particular		Obtención de la muestra:	Arranque de viruta	
Temperatura:	20 °c				
PARAMETROS DE ENSAYO					
Norma utilizada	ASTM E-8	Tiempo de ensayo:			
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
Calibrador	X	Otros:			
Cronometro	X				
RESULTADO					
Lectura	Presión Manométrica (Bar(psi))	Longitud (mm)		Diámetro (mm)	
Inicial	0 (0)	50.76		12.70	
Final	131 (1900)	68.41		9.15	
IMAGEN FINAL					

Cuadro 16 Resultados Ensayo tracción Probeta #2 Inoxidable AISI 316

Fuente: Elaboración Propia

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA					
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales					
Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica					
Registro de datos informativos					
Probeta:	Normalizada	Realizado por:	L.Ortiz / C.Rosas		
Acero fabricado por:	Aceros comerciales	Tipo de ensayo:	Tensión		
Tipo de Probeta:	Cilíndrica	Detalle referencial :			
Especificación del material:	Inoxidable				
Tipo o grado	AISI 316				
Longitud Total:	8 in				
Diámetro de Calibre (D):	1/2 in				
Longitud de calibre (G):	2 in				
DATOS INFORMATIVOS					
# Probeta:	N° 3	Fecha ensayo	27/09/2021	Tipo de mecanizado:	Torneado
Lugar de Ejecución	Taller Particular		Obtención de la muestra:	Arranque de viruta	
Temperatura:	20 °c				
PARAMETROS DE ENSAYO					
Norma utilizada	ASTM E-8	Tiempo de ensayo:			
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
Calibrador	X	Otros:			
Cronometro	X				
RESULTADO					
Lectura	Presión Manométrica (Bar(psi))	Longitud (mm)		Diámetro (mm)	
Inicial	0 (0)	50.76		12.70	
Final	131 (1900)	67.41		9.00	
IMAGEN FINAL					

Cuadro 17 Resultados Ensayo tracción Probeta #3 Inoxidable AISI 316

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15

Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #3 inoxidable AISI 316

Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	% Elongación	Diámetro Inicial (mm)	Diámetro Final (mm)	Presión Manométrica Máxima (Bar)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Carga Máxima (kN)
50.76	67.41	33%	12.70	9.00	131.00	685.79	86.87

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16

Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #1 inoxidable AISI 316

Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	% Elongación	Diámetro Inicial (mm)	Diámetro Final (mm)	Presión Manométrica Máxima (Bar)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Carga Máxima (kN)
50.76	68.21	34%	12.70	9.10	131.00	685.79	86.87

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17

Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #2 inoxidable AISI 316

Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	% Elongación	Diámetro Inicial (mm)	Diámetro Final (mm)	Presión Manométrica Máxima (Bar)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Carga Máxima (kN)
50.76	68.41	35%	12.70	9.15	131.00	685.79	86.87

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18

Comparación datos teóricos y resultados experimentales ensayo de tracción AISI 316

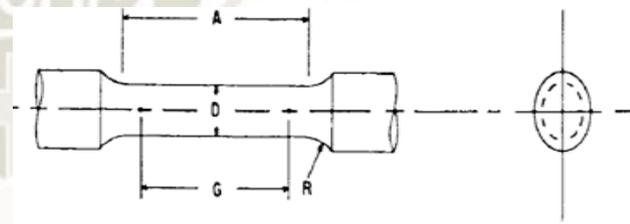
Probeta	Teóricos (ASTM A240 / A240 M)		Experimental	
	Esfuerzo Máximo (MPa)	Alargamiento (%)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Alargamiento (%)
1	515 - 700	40%	685.79	34%
2	515 - 700	40%	685.79	35%
3	515 - 700	40%	685.79	33%
Promedio	515 - 700	40%	685.79	34%

Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM), (2008, pág. 12)

De los ensayos realizados en el acero inoxidable AISI 316 se obtuvo una resistencia máxima de 685.79 MPa y una elongación de 34%. Estos valores concuerdan con los valores del acero inoxidable AISI 316. Todas las probetas ensayadas rompieron dentro de las marcas que se hicieron para evaluar la elongación.

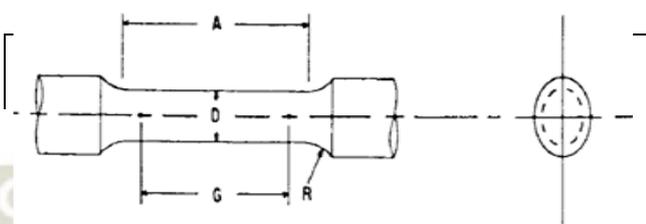
5.4.3. Aleaciones de Aluminio 6061 T4

En las siguientes Tablas se muestran los resultados de las tres probetas de Aluminio 6061 T4 ensayadas a tracción.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA					
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica					
Registro de datos informativos					
Probeta:	Normalizada	Realizado por:	L.Ortiz / C.Rosas		
Acero fabricado por:	Aceros comerciales	Tipo de ensayo:	Tensión		
Tipo de Probeta:	Cilíndrica	Detalle referencial :			
Especificación del material:	Aluminio				
Tipo o grado	Aluminio 6061 T4				
Longitud Total:	8 in				
Diámetro de Calibre (D):	1/2 in				
Longitud de calibre (G):	2 in				
DATOS INFORMATIVOS					
# Probeta:	N° 1	Fecha ensayo	27/09/2021	Tipo de mecanizado:	Torneado
Lugar de Ejecución	Taller Particular		Obtención de la muestra:	Arranque de viruta	
Temperatura:	20 °c				
PARAMETROS DE ENSAYO					
Norma utilizada	ASTM E-8	Tiempo de ensayo:			
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
Calibrador	X	Otros:			
Cronometro	X				
RESULTADO					
Lectura	Presión Manométrica (Bar(psi))	Longitud (mm)		Diámetro (mm)	
Inicial	0 (0)	50.76		12.70	
Final	45 (652)	59.91		6.5	
IMAGEN FINAL					
					

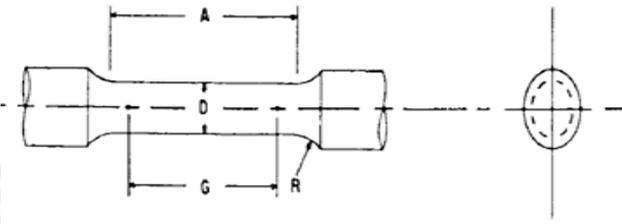
Cuadro 18 Resultados Ensayo tracción Probeta #1 Aluminio 6061 T4

Fuente: Elaboración Propia

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA					
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales					
Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica					
Registro de datos informativos					
Probeta:	Normalizada	Realizado por:	L.Ortiz / C.Rosas		
Acero fabricado por:	Aceros comerciales	Tipo de ensayo:	Tensión		
Tipo de Probeta:	Cilíndrica	Detalle referencial :			
Especificación del material:	Acero Estructural				
Tipo o grado	Aluminio 6061 T4				
Longitud Total:	8 in				
Diámetro de Calibre (D):	1/2 in				
Longitud de calibre (G):	2 in				
DATOS INFORMATIVOS					
# Probeta:	N° 2	Fecha ensayo	27/09/2021	Tipo de mecanizado:	Torneado
Lugar de Ejecución	Taller Particular		Obtención de la muestra:	Arranque de viruta	
Temperatura:	20 °c				
PARAMETROS DE ENSAYO					
Norma utilizada	ASTM E-8	Tiempo de ensayo:			
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
Calibrador	X	Otros:			
Cronometro	X				
RESULTADO					
Lectura	Presión Manométrica (Bar(psi))	Longitud (mm)		Diámetro (mm)	
Inicial	0 (0)	50.76		12.70	
Final	45 (652)	58.91		7	
IMAGEN FINAL					
					

Cuadro 19 Resultados Ensayo tracción Probeta #2 Aluminio 6061 T4

Fuente: Elaboración Propia

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA					
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales					
Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica					
Registro de datos informativos					
Probeta:	Normalizada	Realizado por:	L.Ortiz / C.Rosas		
Acero fabricado por:	Aceros comerciales	Tipo de ensayo:	Tensión		
Tipo de Probeta:	Cilíndrica	Detalle referencial :			
Especificación del material:	Aluminio				
Tipo o grado	Aluminio 6061 T4				
Longitud Total:	8 in				
Diámetro de Calibre (D):	1/2 in				
Longitud de calibre (G):	2 in				
DATOS INFORMATIVOS					
# Probeta:	N° 3	Fecha ensayo	21/08/2021	Tipo de mecanizado:	Torneado
Lugar de Ejecución	Taller Particular		Obtención de la muestra:	Arranque de viruta	
Temperatura:	20 °c				
PARAMETROS DE ENSAYO					
Norma utilizada	ASTM E-8	Tiempo de ensayo:			
INSTRUMENTOS A UTILIZAR					
Calibrador	X	Otros:			
Cronometro	X				
RESULTADO					
Lectura	Presión Manométrica (Bar(psi))	Longitud (mm)		Diámetro (mm)	
Inicial	0 (0)	50.76		12.70	
Final	45 (652)	59.00		7.2	
IMAGEN FINAL					
					

Cuadro Resultados Ensayo tracción Probeta #3 Aluminio 6061 T4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla

Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #3 aluminio 6061 T4

Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	% Elongación	Diámetro Inicial (mm)	Diámetro Final (mm)	Presión Manométrica Máxima (Bar)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Carga Máxima (kN)
50.76	59.00	16%	12.70	7.20	45.00	235.58	29.84

Fuente: Elaboración Propia

Tabla

Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #1 aluminio 6061 T4

Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	% Elongación	Diámetro Inicial (mm)	Diámetro Final (mm)	Presión Manométrica Máxima (Bar)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Carga Máxima (kN)
50.76	59.91	18%	12.70	6.50	45.00	235.58	29.84

Fuente: Elaboración Propia

Tabla

Resultado de Cargas y Esfuerzos Máximos Probeta #2 aluminio 6061 T4

Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	% Elongación	Diámetro Inicial (mm)	Diámetro Final (mm)	Presión Manométrica Máxima (Bar)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Carga Máxima (kN)
50.76	58.91	16%	12.70	7.00	45.00	235.58	29.84

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19

Comparación de datos teóricos y resultados experimentales Aluminio 6061 T4

Probeta	Teóricos (ASTM B211/B211 M)		Experimental	
	Esfuerzo Máximo (MPa)	Alargamiento (%)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Alargamiento (%)
1	205 - 260	18%	235.58	18%
2	205 - 260	18%	235.58	16%
3	205 - 260	18%	235.58	16%
Promedio	205 - 260	18%	235.575	17%

Fuente: (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2008, pág. 12)

De los ensayos realizados en el acero Aluminio 6001 T4 se obtuvo una resistencia máxima de 235.575 MPa y una elongación de 17%. Estos valores concuerdan con los valores del acero Aluminio 6001 T4. Todas las probetas ensayadas rompieron dentro de las marcas que se hicieron para evaluar la elongación.

CAPÍTULO VI ADMINISTRACIÓN Y COSTOS

6. Análisis económico

Inversión: En las siguientes tablas se realiza una descripción de cada uno de los componentes mecánicos y eléctricos de la máquina de ensayos de tracción, además de los costos por fabricación y montaje.

6.1. Costo de hora – hombre

Tabla 20
Costo de Hora Hombre

Designación	Sueldo Neto		Costo Hora Hombre
		Mensual	
Mecánico	S/	2,500.00	S/ 15.63
Soldador	S/	3,000.00	S/ 18.75
Operador de maestranza	S/	3,000.00	S/ 18.75

Fuente: Elaboración Propia

Considerando 20 días al mes 8 horas al día.

6.2. Costos de mecanizado

Tabla 21
Costo de mecanizado

Máquina	Costo S/. / hora
Torno	50
Fresadora	50
Taladro	30
Soldadora	20
Pulido, Pintado, Corte de sierra	20

Fuente: Elaboración Propia

6.3. Cuadro de elementos a construir.

Tabla 22
Elementos de construcción

No	Cantidad	Descripción
1	1	Placa soporte superior
2	1	Placa soporte Inferior
3	2	Perfiles C6x8.2
5	2	Perfil L3 x 3 x 1/4
6	2	Perfil W 12 x 30
7	2	Placa Móvil
8	2	Placa Fija
9	2	Mordaza Derecha
10	2	Mordaza Izquierda
11	2	Cabezal
12	1	Esparrago
13	1	Brida

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23
Costos de mecanizado

N°	Descripción	Tipo de trabajo	Costo de H/maquina		Costo Maquina		Tipo de hora hombre	Costo de h/Hombre		Hora / Hombre	Costo M. obra		Cant	Costo Total		
1	Placa soporte superior	Fresadora	S/	50.00	1	S/	50.00	Op. Maestranza	S/	18.75	1	S/	18.75	1	S/	68.75
		Torno	S/	50.00	1	S/	50.00	Op. Maestranza	S/	18.75	1	S/	18.75	1	S/	68.75
		Taladro	S/	30.00	2	S/	60.00	Mecánico	S/	15.63	2	S/	31.25	1	S/	91.25
		Soldadora	S/	20.00	1	S/	20.00	Soldador	S/	18.75	1	S/	18.75	1	S/	38.75
		Otros	S/	20.00	0.5	S/	10.00	Mecánico	S/	15.63	0.5	S/	7.81	1	S/	17.81
2	Placa soporte inferior	Fresadora	S/	50.00	1	S/	50.00	Op. Maestranza	S/	18.75	1	S/	18.75	1	S/	68.75
		Torno	S/	50.00	1	S/	50.00	Op. Maestranza	S/	18.75	1	S/	18.75	1	S/	68.75
		Taladro	S/	30.00	2	S/	60.00	Mecánico	S/	15.63	2	S/	31.25	1	S/	91.25
		Soldadora	S/	20.00	1	S/	20.00	Soldador	S/	18.75	1	S/	18.75	1	S/	38.75
		Otros	S/	20.00	0.5	S/	10.00	Mecánico	S/	15.63	0.5	S/	7.81	1	S/	17.81
3	Perfiles C6x8.2	Soldadora	S/	20.00	1	S/	20.00	Soldador	S/	18.75	1	S/	18.75	2	S/	77.50
		Otros	S/	20.00	2	S/	40.00	Mecánico	S/	15.63	2	S/	31.25	2	S/	142.50
4	Perfiles C 8 x 22.8	Soldadora	S/	20.00	1	S/	20.00	Soldador	S/	18.75	1	S/	18.75	2	S/	77.50
		Otros	S/	20.00	2	S/	40.00	Mecánico	S/	15.63	2	S/	31.25	2	S/	142.50
5	Perfil L3 x 3 x 1/4	Soldadora	S/	20.00	0.5	S/	10.00	Soldador	S/	18.75	0.5	S/	9.38	2	S/	38.75
		Otros	S/	20.00	0.5	S/	10.00	Mecánico	S/	15.63	0.5	S/	7.81	2	S/	35.63
6	Perfil W 12 x 30	Soldadora	S/	20.00	1	S/	20.00	Soldador	S/	18.75	1	S/	18.75	2	S/	77.50
		Otros	S/	20.00	2	S/	40.00	Mecánico	S/	15.63	2	S/	31.25	2	S/	142.50
7	Placa Móvil	Fresadora	S/	50.00	0.5	S/	25.00	Op. maestranza	S/	18.75	0.5	S/	9.38	2	S/	68.75
		Torno	S/	50.00	0.5	S/	25.00	Op. maestranza	S/	18.75	0.5	S/	9.38	2	S/	68.75
		Taladro	S/	30.00	0.5	S/	15.00	Mecánico	S/	15.63	0.5	S/	7.81	2	S/	45.63
8	Placa Fija	Fresadora	S/	50.00	0.5	S/	25.00	Op. maestranza	S/	18.75	0.5	S/	9.38	2	S/	68.75
		Torno	S/	50.00	0.5	S/	25.00	Op. maestranza	S/	18.75	0.5	S/	9.38	2	S/	68.75
		Taladro	S/	30.00	0.5	S/	15.00	Mecánico	S/	15.63	0.5	S/	7.81	2	S/	45.63
9	Mordaza Derecha	Fresadora	S/	50.00	2	S/	100.00	Op. maestranza	S/	18.75	2	S/	37.50	2	S/	275.00

	Otros	S/	20.00	2	S/	40.00	Mecánico	S/	15.63	2	S/	31.25	2	S/	142.50	
10	Mordaza Izquierda	Fresadora	S/	50.00	2	S/	100.00	Op. maestranza	S/	18.75	2	S/	37.50	2	S/	275.00
		Otros	S/	20.00	2	S/	40.00	Mecánico	S/	15.63	2	S/	31.25	2	S/	142.50
11	Cabezal	Fresadora	S/	50.00	3	S/	150.00	Op. maestranza	S/	18.75	3	S/	56.25	2	S/	412.50
		Torno	S/	50.00	2	S/	100.00	Op. maestranza	S/	18.75	2	S/	37.50	2	S/	275.00
12	Esparrago	Torno	S/	50.00	3	S/	150.00	Mecánico	S/	15.63	3	S/	46.88	1	S/	196.88
		Fresadora	S/	50.00	2	S/	100.00	Mecánico	S/	15.63	2	S/	31.25	1	S/	131.25
13	Brida	Torno	S/	50.00	1	S/	50.00	Mecánico	S/	15.63	1	S/	15.63	1	S/	65.63
		Taladro	S/	30.00	1	S/	30.00	Mecánico	S/	15.63	1	S/	15.63	1	S/	45.63
14	Armado de unidad hidráulica	Otros	S/	20.00	48	S/	960.00	Mecánico	S/	15.63	48	S/	750.00	1	S/	1,710.00
															S/ 5,343.13	

Fuente: Elaboración Propia

6.4. Cuadro de costos de materiales

Tabla 24
Costos de materiales

No	Cantidad	Descripción	Dimensión	Material	Costo	Total
1	1	Placa soporte superior	400 mm x400 mm x 50 mm	A 36	S/ 660.00	S/ 660.00
2	1	Placa soporte Inferior	400 mm x400 mm x 50 mm	A 36	S/ 660.00	S/ 660.00
3	2	Perfiles C6x8.2	1500 mm	A 36	S/ 100.00	S/ 200.00
4	2	Perfil L3 x 3 x 1/4	1500 mm	A 36	S/ 50.00	S/ 100.00
5	2	Perfil W 12 x 30	3000 mm	A 36	S/ 600.00	S/ 1,200.00
6	2	Placa Móvil	50 mm x 30 mm x 14 mm	A 36	S/ 200.00	S/ 400.00
7	2	Placa Fija	50 mm x 30 mm x 14 mm	A 36	S/ 200.00	S/ 400.00
8	2	Mordaza Derecha	Ø 50 mm x 50 mm	VCL	S/ 25.00	S/ 50.00
9	2	Mordaza Izquierda	Ø 50 mm x 50 mm	VCL	S/ 25.00	S/ 50.00
10	2	Cabezal	Ø 130 mm x 600 mm	VCL	S/ 1,100.00	S/ 2,200.00
11	1	Esparrago	Ø 50 mm x 300 mm	VCL	S/ 150.00	S/ 150.00
12	1	Brida	400 mm x400 mm x 50 mm	A 36	S/ 660.00	S/ 660.00
						S/ 6,730.00

Fuente: Elaboración Propia

6.5. Cuadro de elementos adquiridos

Tabla 25

Costos de elementos adquiridos

N°	Elemento	Característica	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
1	Motor eléctrico	Potencia 5 HP	1	S/ 800.00	S/ 800.00
2	Bomba de engranajes	3000 psi	1	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
3	Filtro de retorno	10 micras	1	S/ 250.00	S/ 250.00
4	Válvula limitadora de presión	Pmax=350 bar	1	S/ 400.00	S/ 400.00
5	Valvula direccional	Pmax=350 bar	1	S/ 800.00	S/ 800.00
6	Actuador Lineal	Cilindro Hidraulico de doble efecto	1	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
7	Deposito	Capacidad Maxima 40 lts	1	S/ 300.00	S/ 300.00
8	Aceite Hidraulico	Shell Tellus	20	S/ 25.00	S/ 500.00
8	Tuberías Flexibles	SAE 1002AT de 3/8 in	5	S/ 40.00	S/ 200.00
9	Manometro	0 - 500 Bar	2	S/ 85.00	S/ 170.00
10	Tee 3/8"	3/8 in	2	S/ 15.00	S/ 30.00
11	Adaptador Hembra / Macho 3/8"	3/8 in	1	S/ 80.00	S/ 80.00
12	Cable	N°12	5	S/ 20.00	S/ 100.00
13	Swith On/Off		1	S/ 15.00	S/ 15.00
					S/ 7,645.00

Fuente: Elaboración Propia

6.6. Costo final

Tabla 26
Costo Final

Designación	S/.	
Costo de mecanizados y armado	S/	5,343.13
Costo de materiales	S/	6,730.00
Costo de elementos	S/	7,645.00
Sub Total	S/	19,718.13
Gastos indirectos (5% Sub Total)	S/	985.91
Total	S/	20,704.03

Fuente: Elaboración Propia

El costo final de la construcción de máquina para ensayos de compresión en madera con capacidad de 12.5 toneladas, tomando en cuenta los parámetros necesarios para su respectivo valor como se detallan anteriormente es de 20 704.03 nuevos soles. (Ortiz, Peña, Martínez, & Diego, 2015)

CONCLUSIONES

La finalización del presente trabajo dejó consigo las siguientes conclusiones

1. Se logró el diseño y fabricación de una máquina didáctica para ensayos de tracción con capacidad máxima de 14 TON, se optó por una máquina de tracción hidráulica con una presión máxima de 3000 psi, esto debido a las ventajas de funcionamiento, operación y mantenimiento.
2. El diseño robusto del equipo en mención garantiza la correcta ejecución de ensayos de tracción de diversos materiales metálicos para probetas de hasta $\frac{1}{2}$ in de diámetro según la norma E8/E8M.
3. El proceso de validación se llevó a cabo con los límites mínimos y máximos esfuerzos máximos para los 3 materiales ensayados. Los materiales ensayados fueron el Acero Inoxidable 316, Acero A-36 y aluminio 6061T4, materiales con características diferentes en cuanto a límites de tracción. Los resultados obtenidos obtuvieron como un límite de tracción mayor para el Acero inoxidable cuyo valor promedio fue de 685 MPa y un alargamiento de 34% seguido del acero estructural A-36 con un valor promedio de 526 MPa y un porcentaje de alargamiento de 33% y el aluminio 6061 T4 con el menor valor de los dos antes mencionados con un valor promedio de 235 MPa y un alargamiento del 17%, cabe resaltar que los resultados se encuentran del valor máximo y mínimo teórico revisado.
4. Se elaboró una guía de mantenimiento y procedimiento de ensayo para la Máquina de Tracción, cuyo propósito es facilitar la preparación y realización del ensayo.

RECOMENDACIONES

1. Realizar pruebas con otros materiales estructurales a fin de corroborar los esfuerzos de límite de tracción.
2. Diseñar un sistema de sujeción de mordazas con mayor maniobrabilidad para la prueba de probetas de materiales no metálicos.
3. Integrar un sistema de recolección de datos de esfuerzo y deformación de manera automática.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2008). *Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Rolled or Cold Finished Bar, Rod, and Wire ASTM B211/B211 M*. Estados Unidos.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2008). *Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications*. Estados Unidos.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2008). *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials E8*. Estados Unidos.
- Boschrexroth. (2015). *Hydraulic cylinder mill type*. Obtenido de boschrexroth.com
- Boschrexroth. (2021). *Tipos de filtro según filtrado en micras*. Obtenido de https://www.boschrexroth.com/documents/12605/25201145/RS+51424_2014-05.pdf/4e73677f-1a71-904c-e272-f837c0d0a74d
- Budynas, R., & Keith, N. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. Mexico: The McGraw-Hill.
- Callister, W. D. (2015). *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. REVERTE SA, Mexico.
- Cicrosa. (2021). *Selección de cilindro hidráulico*. Obtenido de <https://www.cicrosa.com/>
- Czichos, H. y. (2006). *Springer Handbook of Materials*. Leslie Smith, Berlin.
- Davis, J. R. (2004). *Tensile Testing . s.l. : ASM International, 2004. ISBN 1615030956*.
- Erikson. (2021). *Momentos de Empotramiento Perfecto*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/293042647/Momentos-de-empotramiento-perfecto-pdf>
- Gallego Botero, P., & Claros Claros, R. (2007). *Diseño Mecánico De Una Máquina Universal De Ensayos Para Polímeros* . Pereira-Risaralda.
- García, A. (2018). *Determinación de propiedades mecánicas de materiales comerciales*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico].
- Garza Vázquez. (2015). *Ingeniería de materiales*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/5521221/17/images/11/>

- Herrera De Oro, E. D. J., & Otero Vélez, N. E. (2018). *Diseño, construcción y validación del prototipo de una máquina para ensayos de resistencia de materiales en el programa de ingeniería mecánica de la universidad de córdoba*. Córdoba: [tesis para optar el título de ingeniero mecánico].
- Hibbeler, R. C. (2011). *Mecanica de Materiales*. ISBN- 978-607-32-0559-7. Pearsom, Mexico.
- Hualong. (2021). *Máquina de ensayo de tracción controlado por ordenador / electromecánico*. Obtenido de www.hualong.net
- Italmatic. (2015). *Introduzione 0,25*. Obtenido de italmatic.es
- Jimenez, J., & Sierra, M. (2014). *Yumpu*. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/view/28593856/tema1-tipos-de-ensayos>
- Leeson. (2021). *Cordones y cargas de soldadura*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos14/elementosmaquinas>
- Mangopar. (2021). *Selección de terminales de manguera hidráulica*. Obtenido de <https://www.mangopar.com/files/catalogomangopar.pdf>
- Martinez, O., & Montero, J. (2010). *Diseño y Construcción de una Máquina para Realizar Ensayos*. Venezuela.
- Mayla, C., & Pilicita, J. (2010). *Diseño y fabricación de una máquina para ensayos de compresión en madera con capacidad de quince toneladas*. Universidad Politécnica salesiana.
- Moreno, G. (2015). *Estudio de la soldabilidad de la unión disimilar de un acero Estructural ASTM A36 con una aleación de aluminio AA5052-H34*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Moreno, G., & López, J. (2006). *Diseño y construcción de una maquina básica de ensayos destructivos de tracción y torsión*. [Tesis para optar el título de ingeniero mecánico].
- Moreno, G., López, J., Malagón, O., & Henao, J. (2006). *Diseño y construcción de una máquina básica de ensayos destructivos de tracción y torsión*. Bogotá: [Tesis para optar el título de ingeniero mecánico].
- Nosoloherramientas. (2021). *Selección de manguera hidráulica*. Obtenido de

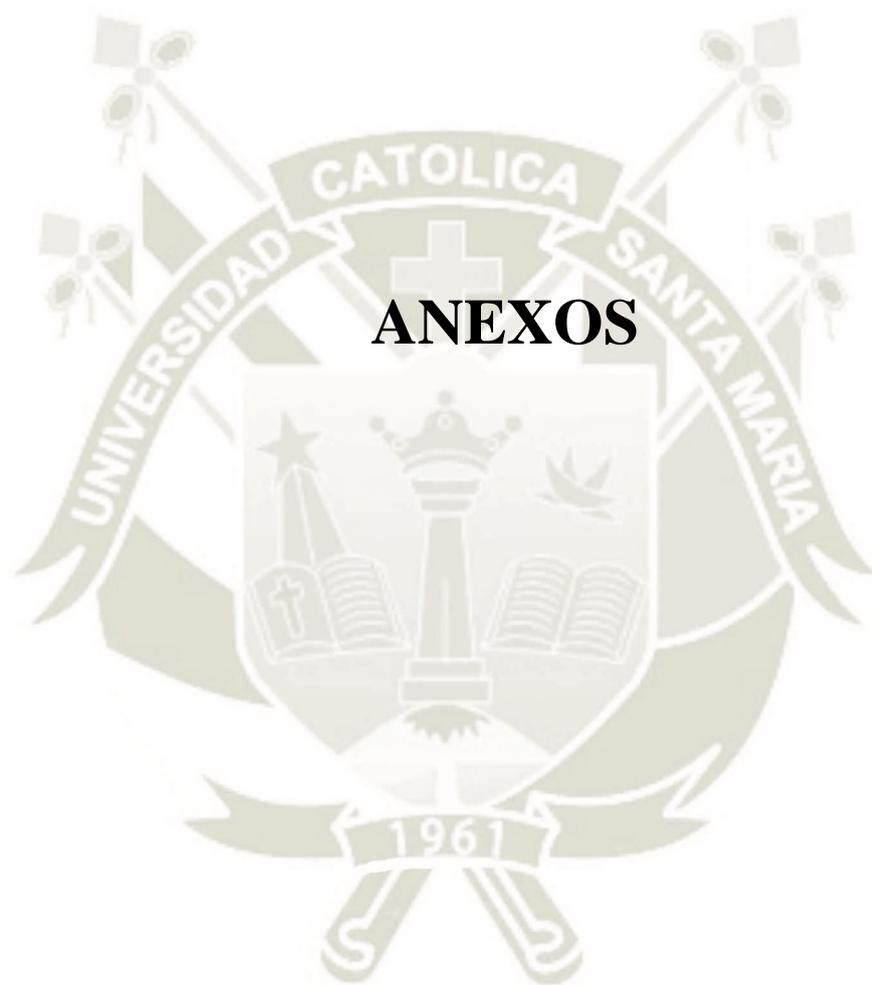
<https://nosoloherramientas.es/wp-content/uploads/2013/10/Catalogo-de-MANGUERA-HIDRAULICA.pdf>

- Ortiz, P. Q., Peña, Y. R., Martínez, A. Y., & Diego, T. I. (2015). *Análisis de Prueba Mecánica de Tensión de aluminio 6061 bajo diferentes condiciones de método, tratamiento térmico y acabado superficial*. Obtenido de http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/extensos/sesion3/S3-ING14.pdf
- Otero, N. (2015). Diseño, construcción y validación del prototipo de una máquina para ensayos de resistencia de materiales. (*Tesis para Titulación*). Universidad de Córdoba, Córdoba.
- Pahl, G. B. (2007). *Engineering Design*. Springer: Tercera edición. Germany.
- Pareira, J. C., Durán, L., Van Deventer, D., & Zambrano, J. C. (2010). Propiedades mecánicas en torsión de la aleación de aluminio AA6061 con diferentes tratamientos térmicos. *Revista INGENIERÍA UC*, 17(2), 44-51.
- Rodríguez, J. (2018). Diseño de una máquina de ensayos de tracción de 10 TON. (*Tesis para Titulación*). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo.
- Sánchez, G. (2010). Incertidumbre de los resultados medidos en el ensayo de tracción, obtenidos en las máquinas del laboratorio de materiales. (*Tesis para titulación*). PUCP, Lima.
- Selvasos Testing Machines. (2021). *Máquina de ensayos de tracción hidráulica*. Obtenido de www.servosis.com
- Shigley, J. E., & Mitchell, L. D. (1989). *Manual de diseño mecánico*. McGraw-Hill.
- Tejerizo Fernández, M. (2015). *Elaboración de fórmulas analíticas y tablas de cálculo para las estructuras metálicas de acero según la normativa Eurocódigo 3*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78018/PFC%20Memoria.pdf>
- Test & calibration instruments (Ametek). (2021). *Catalogo*. Obtenido de <https://pdf.directindustry.es/pdf/ametek-sensors-test-calibration-28936.html>
- Thornton, W. (2015). *Load and resistance Factor design (LRFD) Manual of Steel construction*. Chicago: Metric Conversion of 2nd Edition.

Uribe Martínez, J. (2017). *Prototipo de una máquina de ensayo en compresión para el estudio mecánico de probetas por medio de interferometría holográfica digital.*(Tesis de maestría). Universidad de Guadalajara campus Lagos de Moreno, León, Guanajuato, Guanajuato.

Wenzhou tripod Instrument Manufacturing. (2021). *Máquina de ensayo de tracción manual.* Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/wenzhou-tripod-instrument-manufacturing-co-ltd-82633.html>





ANEXOS

Anexo 1

**GUIÁ DE USO Y MANTENIMIENTO DEL PROTOTIPO DE LA MÁQUINA
UNIVERSAL DE ENSAYOS**



GUIÁ DE USO Y MANTENIMIENTO DEL PROTOTIPO DE LA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS



PROCEDIMIENTO DE USO DEL PROTOTIPO DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS.

1. Se corrobora funcionalidad de sistema hidráulico, asegurarse, antes de poner en marcha el equipo, que la válvula de paso este completamente abierta



2. Verificar que la válvula reguladora de caudal este completamente abierta.



3. Poner en marcha el equipo activado en botón ON.



4. Verificar que el manómetro de presión #1 del sistema se encuentre marcando la presión que suministra la bomba hidráulica.



5. Regular presión si fuese necesario con la válvula reguladora de presión.

6. Por medio de la válvula direccional se realiza el avance y retroceso del cilindro hidráulico.



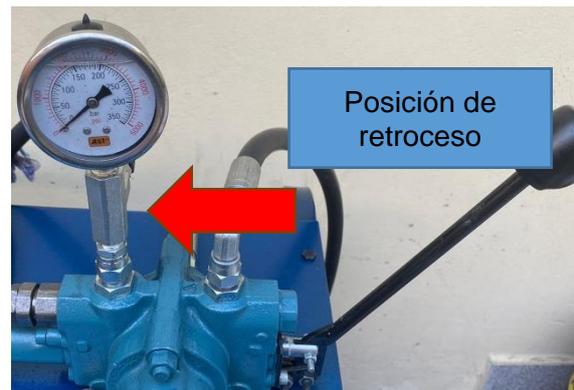
7. Posición de avance



8. Posición de bloqueo



9. Posición de retroceso



10. Se apaga el sistema hidráulico oprimiendo el botón OFF para seguido de esto poder preparar la probeta.



11. Se procede con el llenado de ficha de ensayo de tracción, esta ficha cumplirá la función de registrar datos iniciales y finales, marcar la probeta dentro de la longitud de sección reducida L (50 mm) para que al finalizar el ensayo pueda medirse la longitud final.



12. Posicionar la probeta en las mordazas superior e inferior, si es necesario, maniobrar la carrera de pistón para el posicionamiento deseado.



13. Ajustar mordazas a través de los pernos de ajustes de cada cabezal superior e inferior con los pernos allen cabeza cilíndrica, para evitar el deslizamiento de la probeta una vez iniciado el ensayo.



14. Generar una precarga con la válvula direccional en la posición de avance, para un mejor ajuste y agarre de la probeta.





15. Para el inicio del ensayo se procedió con la grabación en dos puntos:

- Probeta
- Manómetro #2



16. Luego de iniciar el ensayo a través de la válvula direccional, registrar la presión máxima que se visualiza en el manómetro.



17. Una vez producido la ruptura de la probeta apagar el equipo hidráulico y luego proceder con el desmontaje de la probeta para la toma de medidas finales de elongación.



GUIA DE MANTENIMIENTO

Medidas diarias preventivas

Para mantener el prototipo de la maquina operando con un buen desempeño, considere adoptar la siguiente lista de verificación diaria de mantenimiento:

1. Siempre que vaya a utilizar la máquina compruebe todas las conexiones hidráulicas (mangueras, cilindro y válvulas de mando hidráulico), elimine las fugas si hay.
2. Cuando quiera hacer uso de la máquina, verifique el nivel de hidrolina, de ser necesario, agréguele.
3. Limpieza. Asegúrese de que el área de trabajo esté limpia.

PLAN DE MANTENIMIENTO DE MAQUINA DE TRACCION							
DESCRIPCION DEL EQUIPO	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	No. PERSONAS	TIEMPO EJE.	PTO. TRABAJO	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL
					1	2	3
	DESCRIPCION DEL SISTEMA		H				
MAQUINA DE TRACCION							
UNIDAD HIDRAULICA							
	BOMBA HIDRAULICA						
	BBA_Revision y/o cambio de acople	1	1	M		X	X
	BBA_Revision y/o cambio de mangueras	1	1.5	M	X	X	X
	BBA_Revisio de bomba/perdida de presión	1	1.5	M			X
	TANQUE_limpieza/cambio de aceite	1	0.5	M			X
	VALV_REG_CAUDAL_rev de fuga/válvulas	1	0.5	M			X
	VALV_REG_PRESION_rev de fuga/válvulas	1	0.5	M			X
	VALV_DIRECCIONAL_rev de fuga/válvulas	1	0.5	M			X
	MOTOR						
	MOTOR_Mto de motor	1	5	E			X
	MOTOR_megado de motor	1	0.5	E		X	X
	BOTONERA_rev y/o ajuste cables	1	0.5	E	X	X	X
CONJUNTO TRACCION							
	ESTRUCTURA						
	MORDAZAS_rev y/o cambio mecanismo	1	0.5	M	X	X	X
	UÑAS_rev y/o cambio mecanismo	1	0.5	M	X	X	X
	ESTRUCTURA_rev bastidor	1	0.5	M	X	X	X
	CILINDRO						
	CILINDRO_rev de fugas	1	0.5	M	X	X	X

Llevar a cabo las anteriores medidas de mantenimiento preventivo con el fin de obtener la máxima vida del prototipo. (Shigley & Mitchell, 1989)

Anexo 2

GUIÁ DE ENSAYO DE TRACCION

ENSAYO DE TRACCION

OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Ejecutar de manera práctica un ensayo de índole destructivo, específicamente, tracción; con probetas de \varnothing ½ pulgada.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Tabular los datos proporcionados por la máquina de ensayos a través del manómetro.
- Relacionar el fundamento teórico captado, alusivo a las propiedades mecánicas de los materiales, puntualmente, aceros y cargas axiales aplicadas a estos, para relacionar ecuaciones que describen su comportamiento bajo parámetros y condiciones iniciales específicas de trabajo.

1.3 DESARROLLO

1.3.1 Materiales y equipos:

- Probeta normaliza Según ASTM E8
- Máquina de tracción
- Calibrador pie de rey
- Cronometro
- Marcador metálico
- Guía de uso y mantenimiento de Equipo de tracción

1.3.2 Procedimiento:

1.3.2.1 Preparación de probeta

La probeta a ensayar deberá prepararse según las siguientes dimensiones:

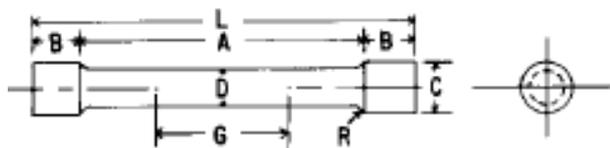


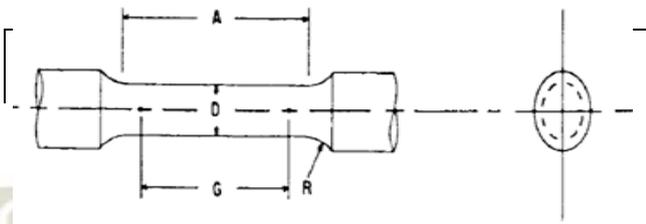
Tabla 27
Medidas de Probeta a utilizar

Especificación	Dimensiones
G – Medida de calibre	62.5 mm (2.5 in)
D - Diámetro	12.5 mm (0.5 in)
R – Radio de filete	2 mm (0.0625 in)
A – Distancia de sección de reducción	75 mm (3 in)
L – Longitud total	155 mm (5.5 in)
C – Diámetro de sección final	20 mm (0.75 in)

Fuente: Norma ASTM E8/E8M

1.3.2.2 Toma de medida de valores iniciales y posicionamiento de probeta y puesta en marcha

Haciendo uso del calibrador pie de rey se procede a medir la longitud inicial de la probeta y su diámetro, subsecuentemente, se marca la probeta con ayuda de un marcador en este caso en 50 mm para tener conciencia a posterior de la elongación de esta anotarlo en cuadro de ensayo. Se procede a colocar muestra en la máquina de tracción, luego se realiza el aseguramiento de la probeta con las mordazas. Luego de encender el equipo realizar el procedimiento que se anexa en guía de uso para maniobrar el equipo.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA				
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales				
Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica				
Registro de datos informativos				
Probeta:	Normalizada	Realizado por:		
Acero fabricado por:		Tipo de ensayo:	Tensión	
Tipo de Probeta:		Detalle referencial:		
Especificación del material:				
Tipo o grado				
Longitud Total:				
Diámetro de Calibre (D):				
Longitud de calibre (G):				
DATOS INFORMATIVOS				
# Probeta:		Fecha ensayo		Tipo de mecanizado:
Lugar de Ejecución				Obtención de la muestra:
Temperatura:				
PARAMETROS DE ENSAYO				
Norma utilizada	ASTM E-8	Tiempo de ensayo:		
INSTRUMENTOS A UTILIZAR				
Calibrador	X	Otros:		
Cronometro	X			
RESULTADO				
Lectura	Presión Manométrica (Bar(psi))	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	
Inicial				
Final				
IMAGEN FINAL				

Longitud Inicial (mm)	Longitud Final (mm)	% Elongación	Diámetro Inicial (mm)	Diámetro Final (mm)	Presión Manométrica Máxima (Bar)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Carga Máxima (kN)

Para determinar los valores de esfuerzos y elongación utilizar los siguientes factores

$$Esfuerzo (MPa) = Presion Manometrica (Bar) \times 5.235$$

$$Esfuerzo (MPa) = Presion Manometrica (psi) \times 0.3625$$

$$Carga (kN) = \frac{Esfuerzo (MPa) \times A_i Probeta (mm^2)}{1000}$$

$$Elongacion \% = \frac{l_{final} - l_{inicial}}{l_{inicial}} \times 100$$

Estos factores se derivan según la sección de la probeta y dimensiones del cilindro hidráulico.

1.3.2.3 Comparación con datos teóricos

Posterior a la obtención de datos, comparar los datos obtenidos con los datos teóricos y formular las conclusiones respectivas.

Tabla 28

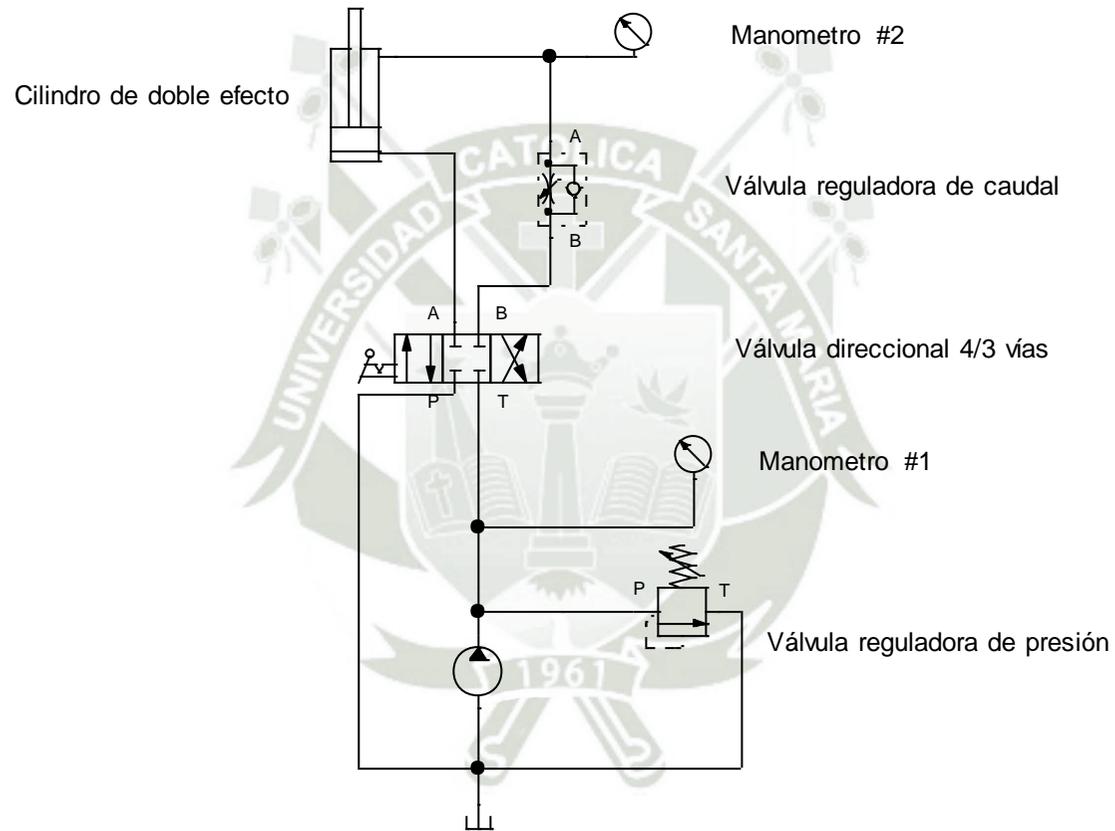
Comparación de datos teóricos y resultados experimentales ensayo de tracción

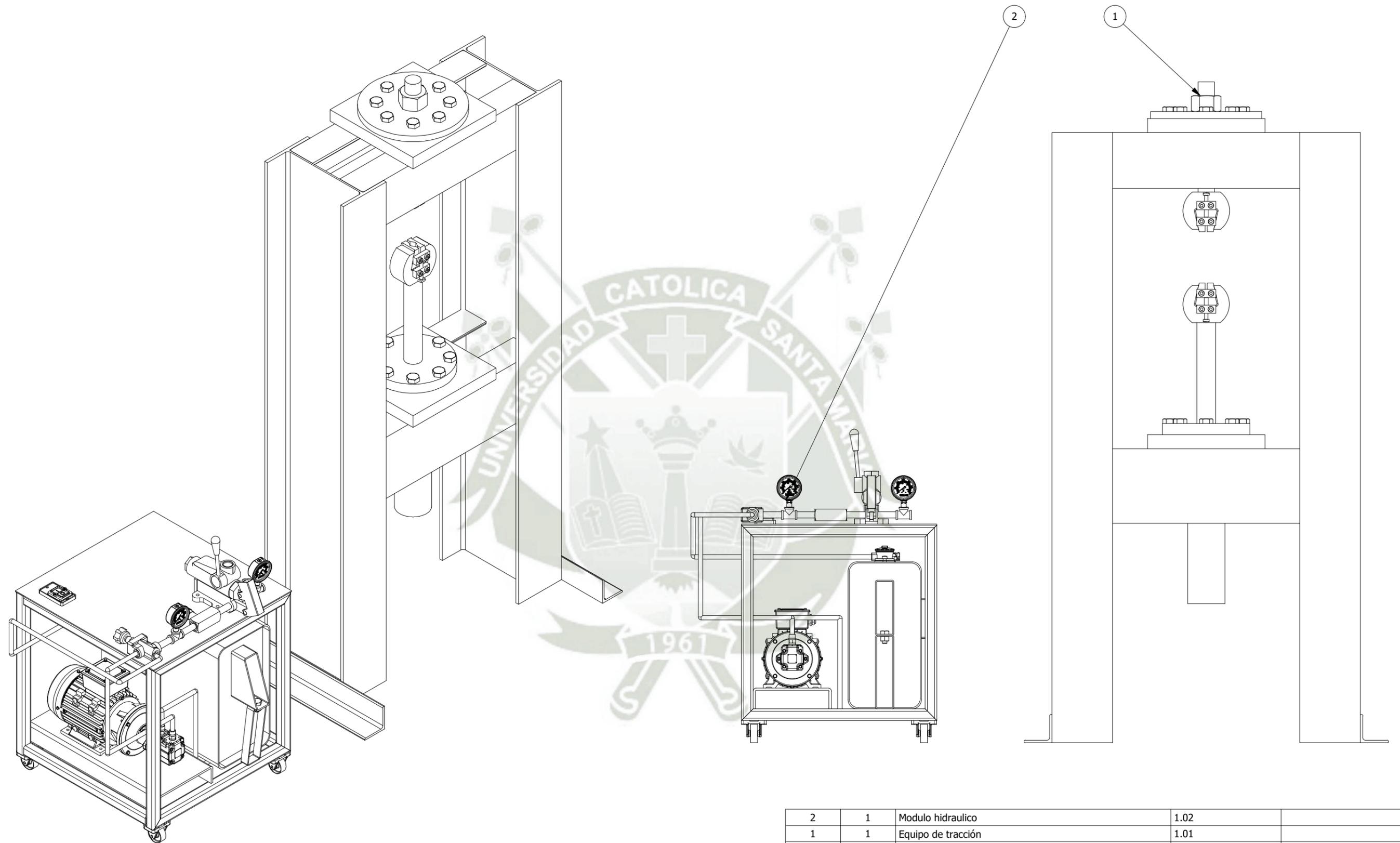
Probeta	Teóricos		Experimental	
	Esfuerzo Máximo (MPa)	Alargamiento (%)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Alargamiento (%)
1				
2				
3				
Promedio				

Anexo 3
PLANOS DE FABRICACIÓN

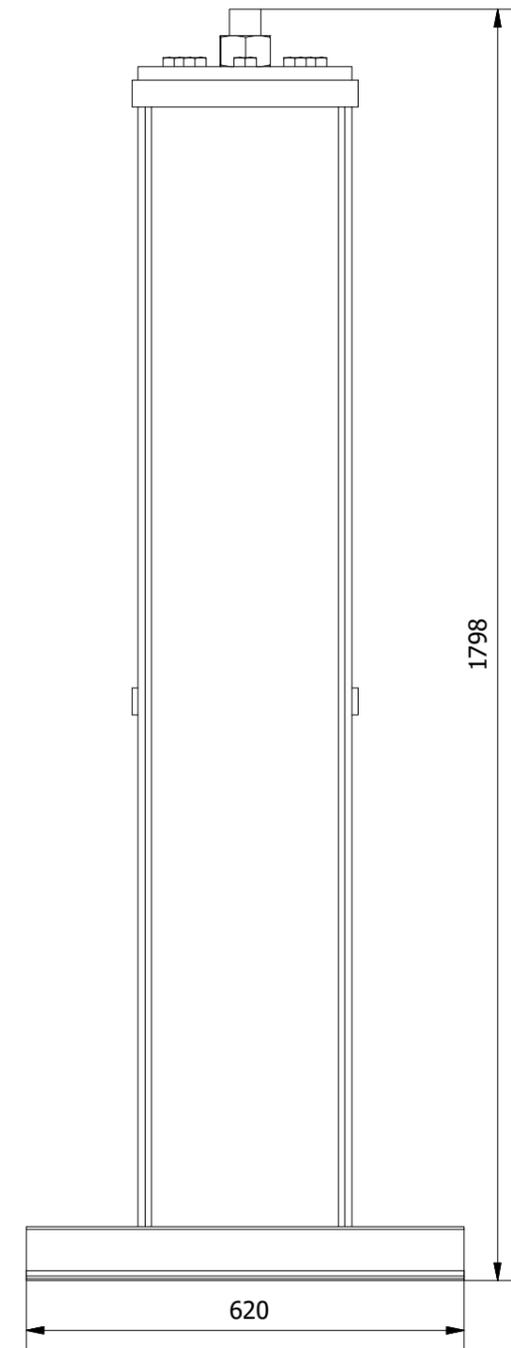
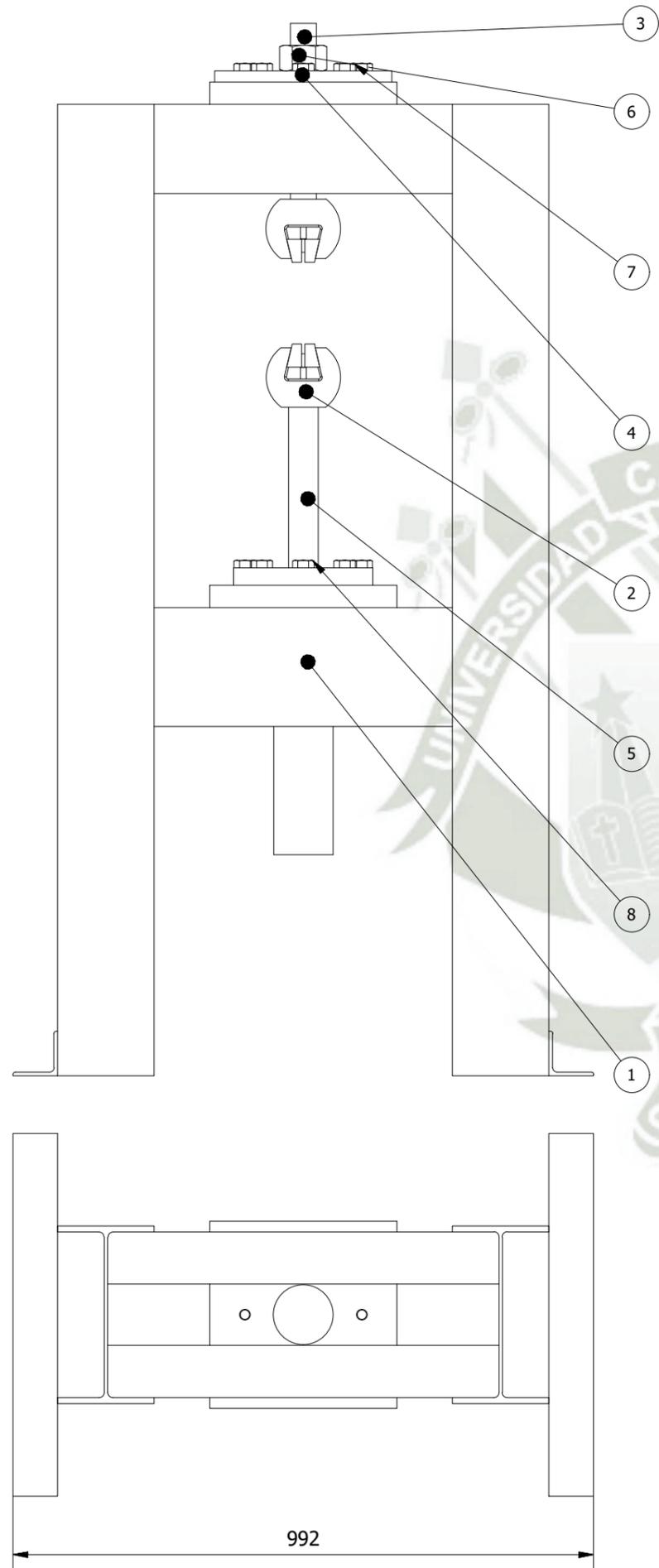


Circuito Hidráulico





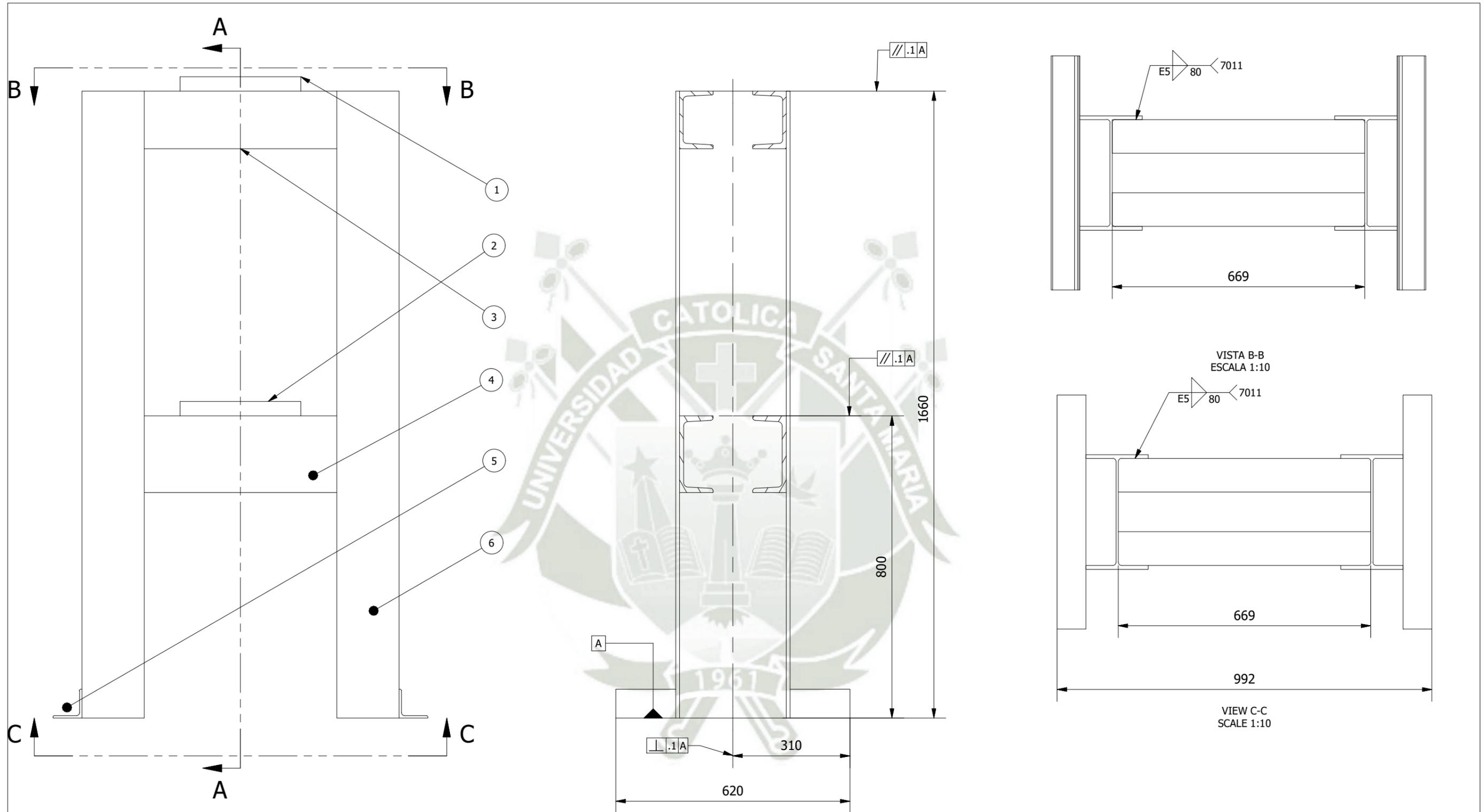
2	1	Modulo hidraulico	1.02	
1	1	Equipo de tracción	1.01	
ITEM	QTY	DESIGNACION	REFERENCIA	MATERIAL
LISTA DE PARTES				
	Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:
Dibujado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		1:10
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		
Conjunto: MODULO DE EQUIPO DE TRACCION			Plano N°:	1.00
Titulo: PLANO GENERAL			 Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
			Pág.: 1	Págs.: 14



8	8	Perno hexagonal	DIN 933	3/4-10 UNC - 2.5
7	8	Perno hexagonal	DIN 933	3/4-10 UNC - 2
6	1	Tuerca hexagonal	DIN 934	1 3/4 - 5 UNC
5	1	Piston hidraulico	Recroxt	Ø 100 mm
4	1	Brida	1.01.04	A-36
3	1	Esparrago	1.01.03	Acero VCL
2	2	Mordaza	1.01.02	Varios
1	1	Estructura	1.01.01	Acero estructural A-36
ITEM	QTY	DESIGNACION	REFERENCIA	MATERIAL

LISTA DE PARTES

	Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:	1:10
Dibujado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		Plano N°:	
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		1.01	
Conjunto: MODULO DE EQUIPO DE TRACCION				Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
Título: EQUIPO DE TRACCION				Pág.: 2	Págs.: 14

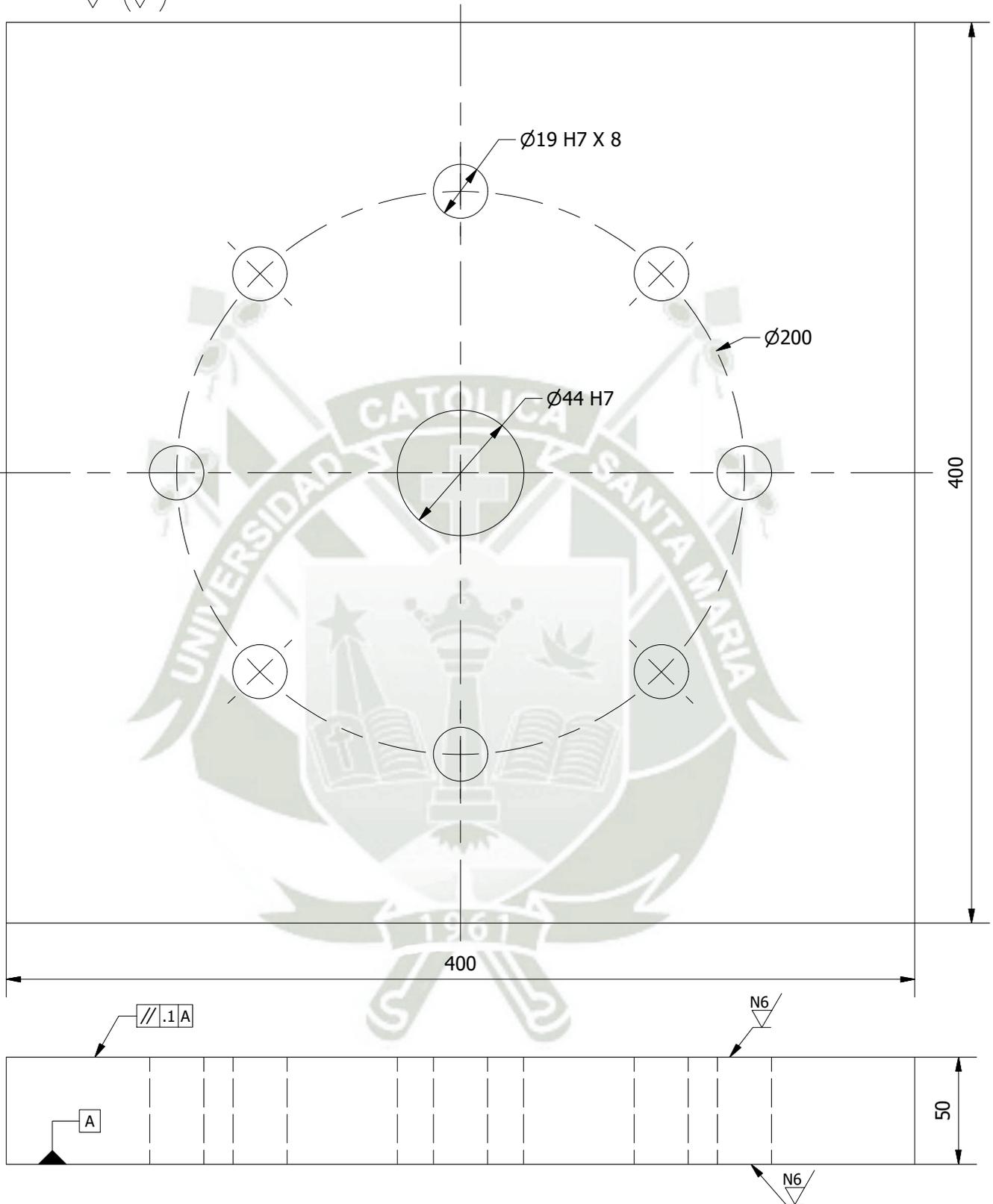


**CORTE A-A
ESCALA 1:10**

LISTA DE PARTES				
ITEM	QTY	DESIGNACION	REFERENCIA	MATERIAL
1	1	Placa soporte superior	1.01.01.01	Acero estructural A-36
2	1	Placa soporte inferior	1.01.01.02	Acero estructural A-36
3	1337 mm	Perfil C 6 x 8.2	PERFIL C	Acero estructural A-36
4	1337 mm	Perfil C 8 x 22.8	PERFIL C	Acero estructural A-36
5	1240 mm	Perfil L 3 x 3 x 1/4	PERFIL L	Acero estructural A-36
6	3320 mm	Perfil W 12 x 30	PERFIL W	Acero estructural A-36

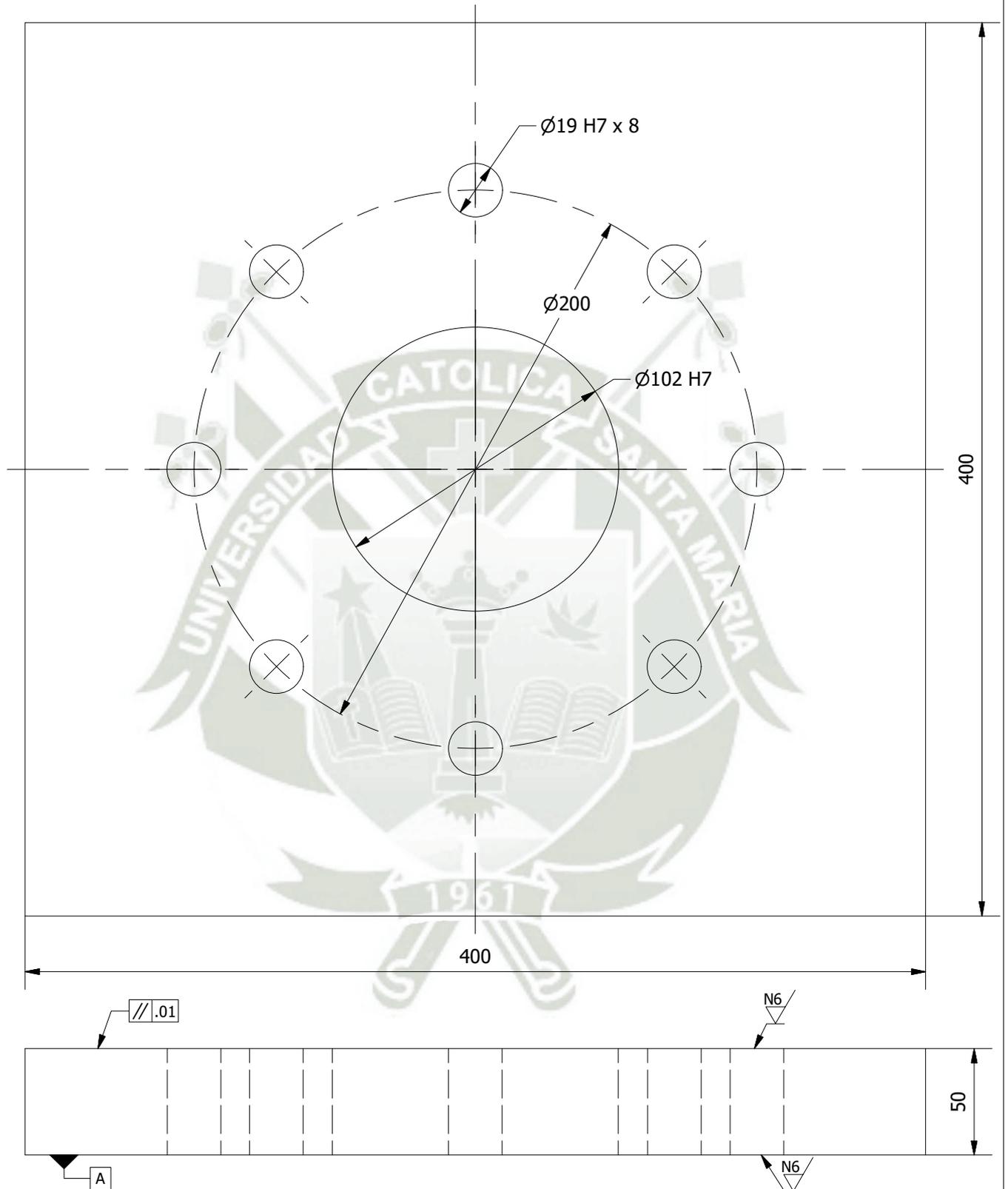
1	1	ESTRUCTURA		1.01	A-36
Marca:	N° Pieza:	Designación y observaciones:		Referencia:	Material:
	Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:	1:10
Dibujado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		Plano N°:	
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		1.01.01	
Conjunto: EQUIPO DE TRACCION				Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
Título: ESTRUCTURA				Pág.: 3	Págs.: 14

N8 (✓)

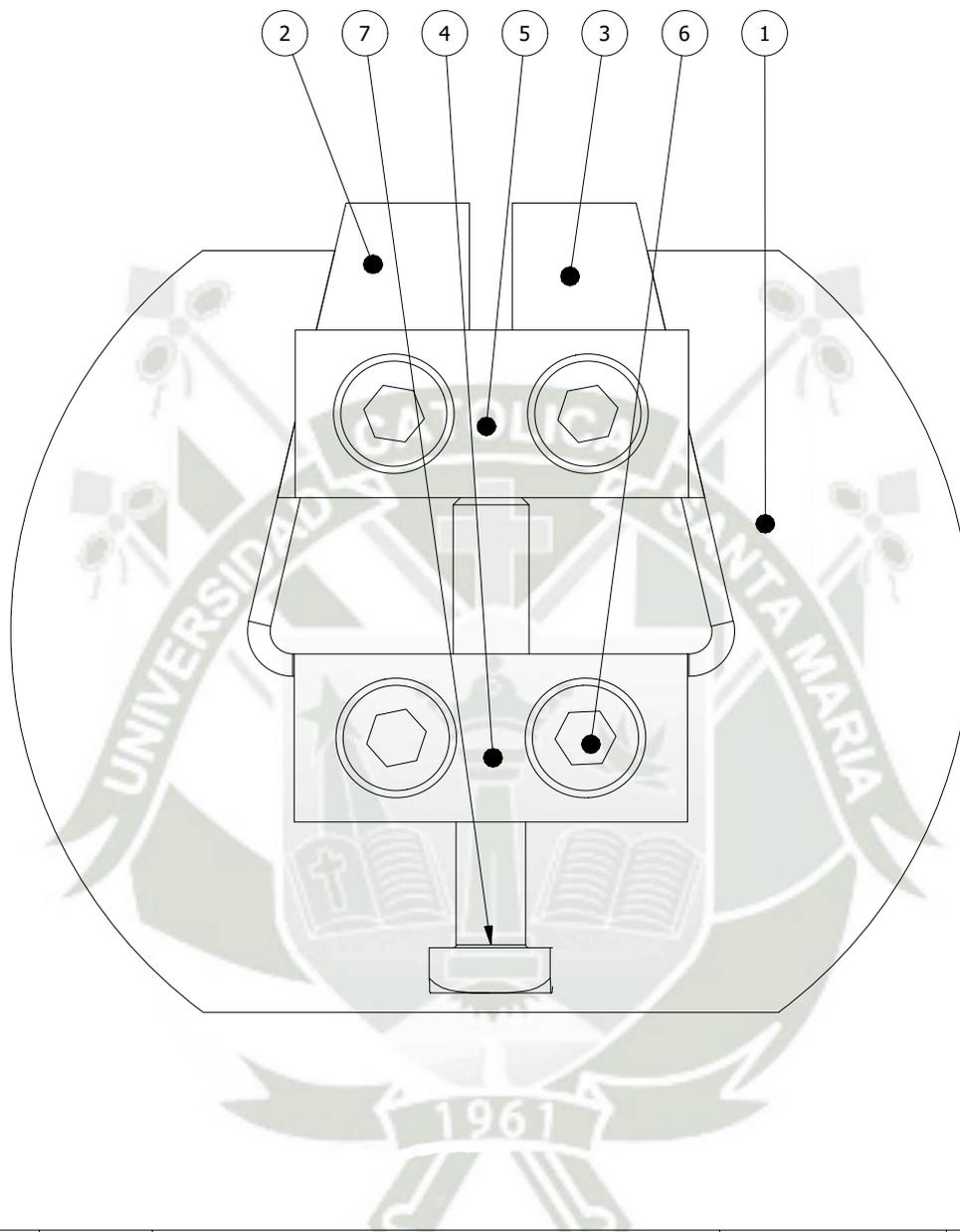


1	1	PLACA SUPERIOR			1.01.01	A-36
Marca:	Nº Pieza:	Designación y observaciones:			Referencia:	Material:
		Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:	1:2
Dibujado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS			Plano Nº:	
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS			1.01.01.01	
Conjunto:	EQUIPO DE TRACCION				Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
Título:	PLACA SUPERIOR				Pág.: 4	Págs.: 14

N8 (✓)



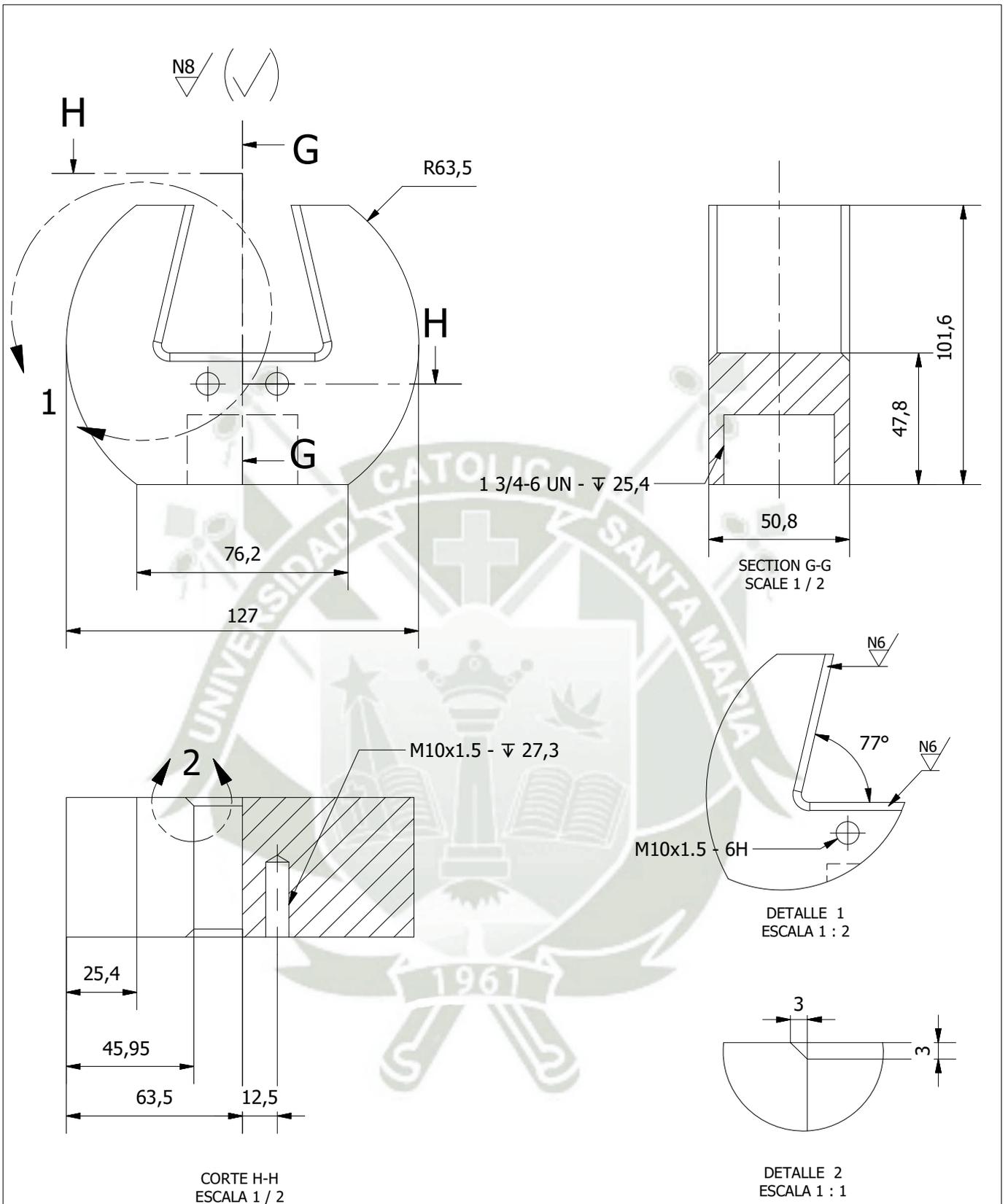
2	1	PLACA INFERIOR			1.01.01	A-36
Marca:	N° Pieza:	Designación y observaciones:			Referencia:	Material:
Dibujado:	Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:	1:2	
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		Plano N°:		
Conjunto:		EQUIPO DE TRACCION			Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
Título:		PLACA INFERIOR			Pág.: 5	Págs.: 14

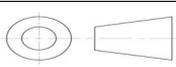


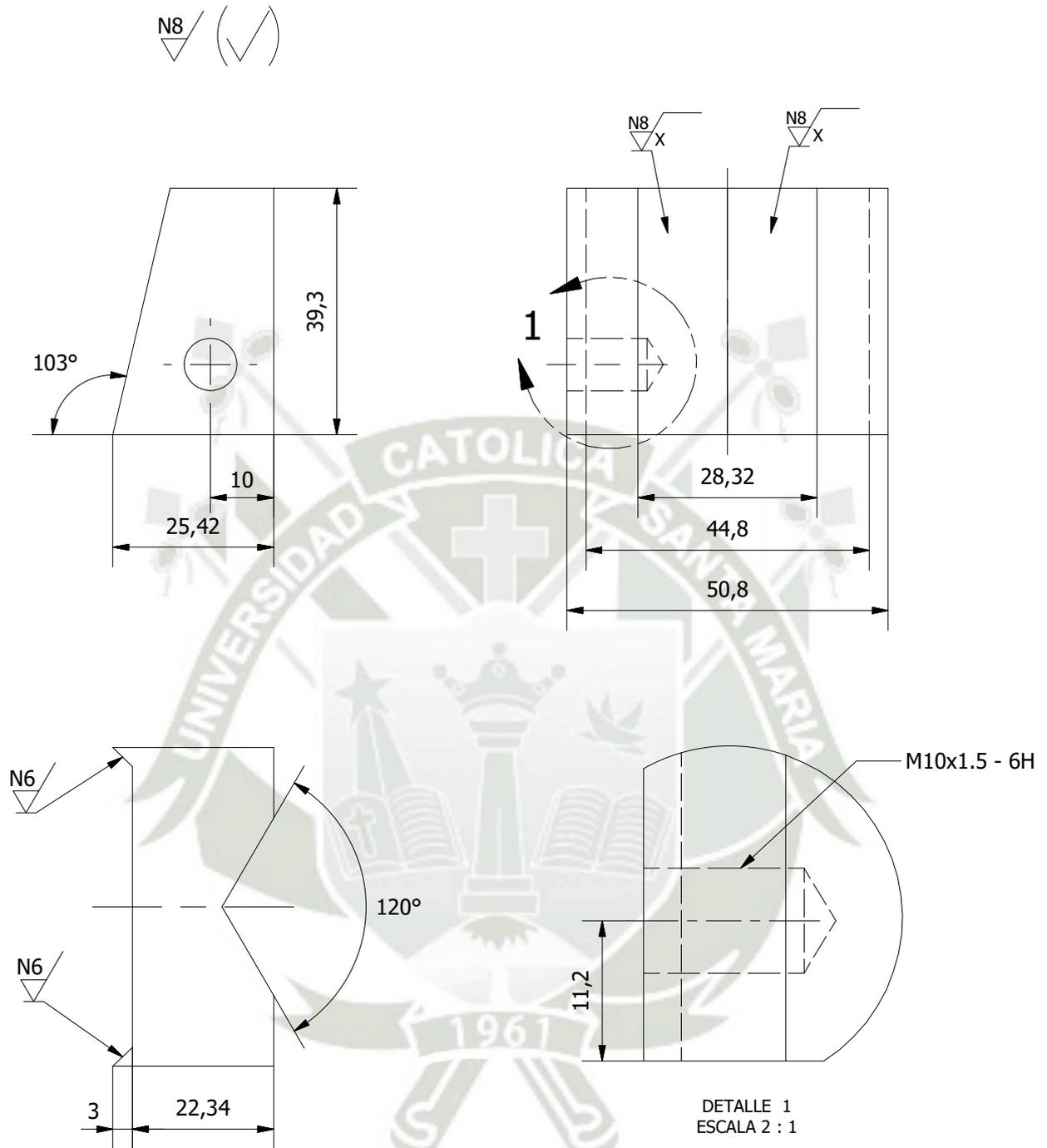
7	1	Perno cabeza cilíndrica con hexágono interior	DIN 912	M10x60
6	4	Perno cabeza cilíndrica con hexágono interior	DIN 912	M10 x 25
5	2	Placa móvil	1.01.02.05	Acero estructural A-36
4	2	Placa fija	1.01.02.04	Acero estructural A-36
3	2	Mordazas derecha	1.01.02.03	Acero VCL
2	2	Mordazas izquierda	1.01.02.02	Acero VCL
1	2	Cabezal	1.01.02.01	Acero VCL
ITEM	QTY	DESIGNACION	REFERENCIA	MATERIAL

LISTA DE PARTES

2	2	MORDAZA		1.01	
Marca:	Nº Pieza:	Designación y observaciones:		Referencia:	Material:
	Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:	1:1
Dibujado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		Plano Nº:	
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		1.01.02	
Conjunto:	EQUIPO DE TRACCION			Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
Título:	MORDAZA			Pág.: 6	Págs.: 14

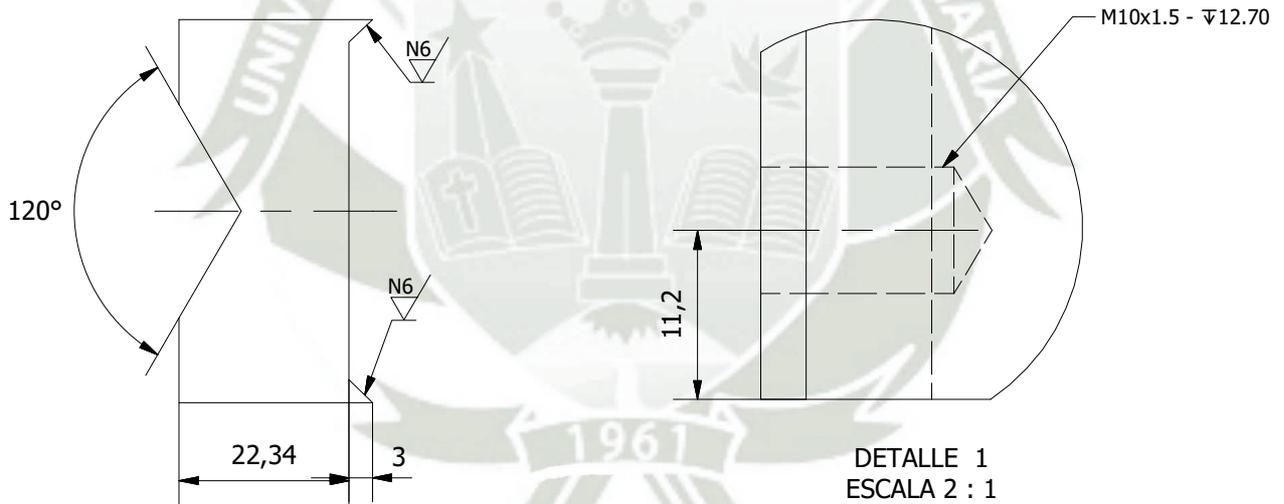
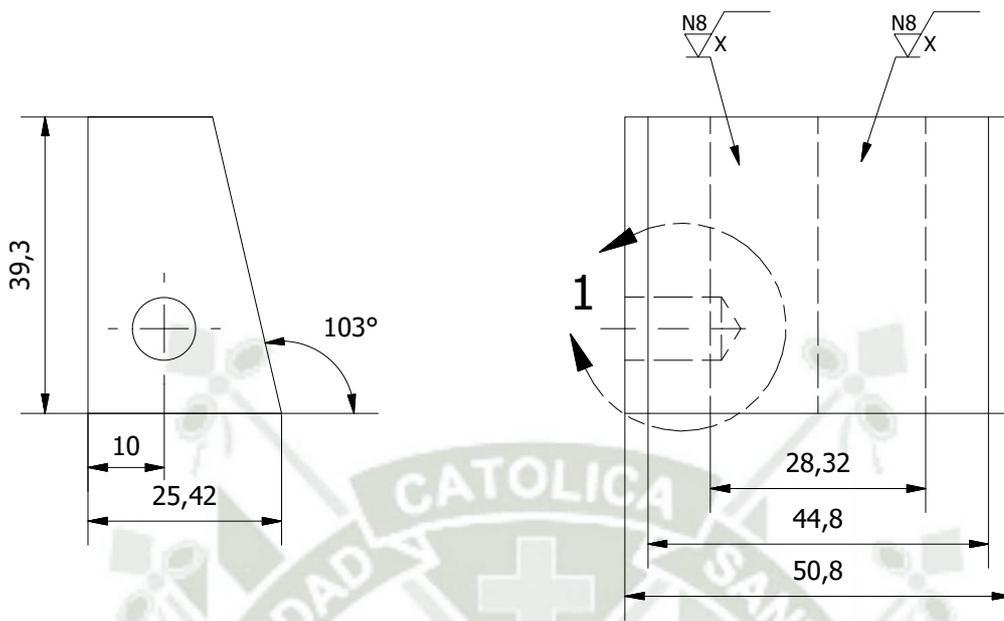


1	2	CABEZAL			1.01.02	ACERO VCL
Marca:	N° Pieza:	Designación y observaciones:			Referencia:	Material:
		Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:	1:2
Dibujado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS			Plano N°:	
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS			1.01.02.01	
Conjunto:	MORDAZA				 Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
Título:	CABEZAL				Pág.: 7	Págs.: 14



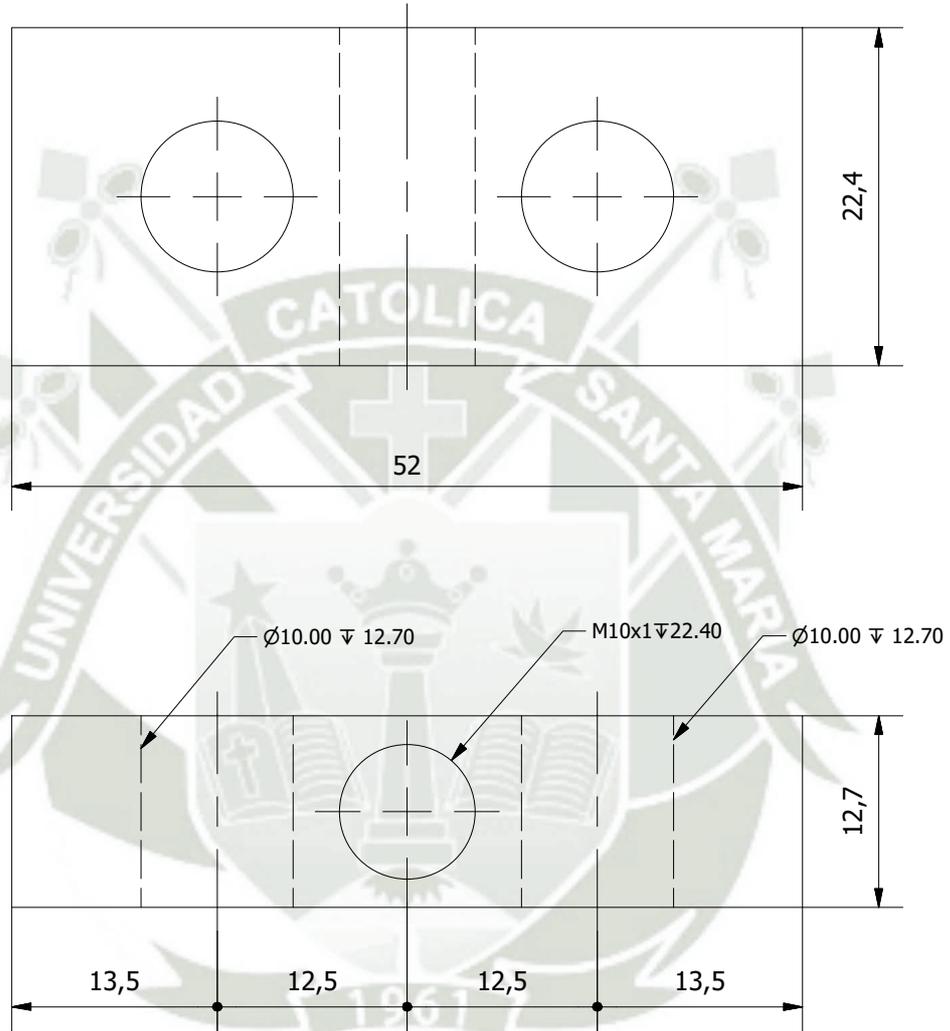
2	2	MORDAZA IZQUIERDA			1.01.02	ACERO VCL
Marca:	Nº Pieza:	Designación y observaciones:			Referencia:	Material:
		Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:	1:1 (2:1)
Dibujado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS			Plano Nº:	
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS			1.01.02.02	
Conjunto:	MORDAZA				Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
Título:	MORDAZA IZQUIERDA				Pág.: 8	Págs.: 14

N8 (✓)



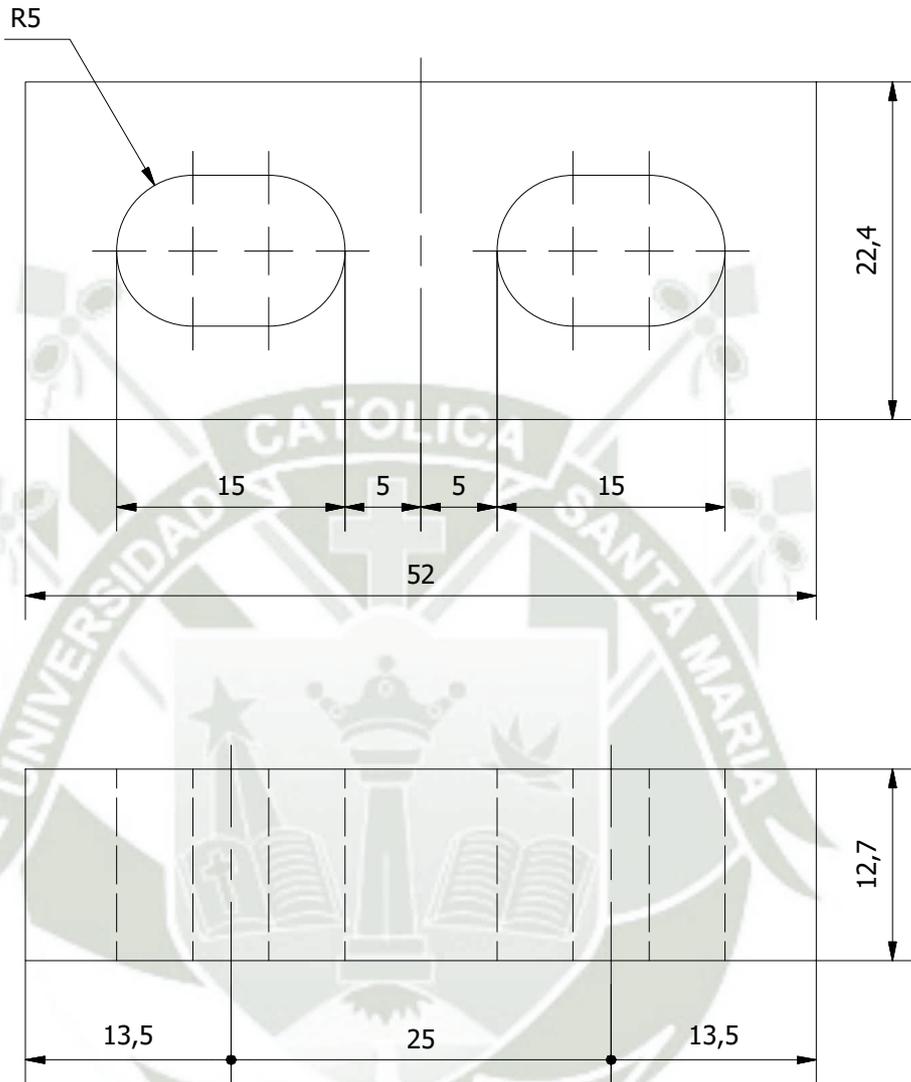
3	2	MORDAZA DERECHA			1.01.02	ACERO VCL
Marca:	N° Pieza:	Designación y observaciones:			Referencia:	Material:
	Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:	1:1 (2:1)	
Dibujado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		Plano N°:		
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		1.01.02.03		
Conjunto:	MORDAZA				Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
Título:	MORDAZA DERECHA				Pág.: 9	Págs.: 14

N8 / (✓)



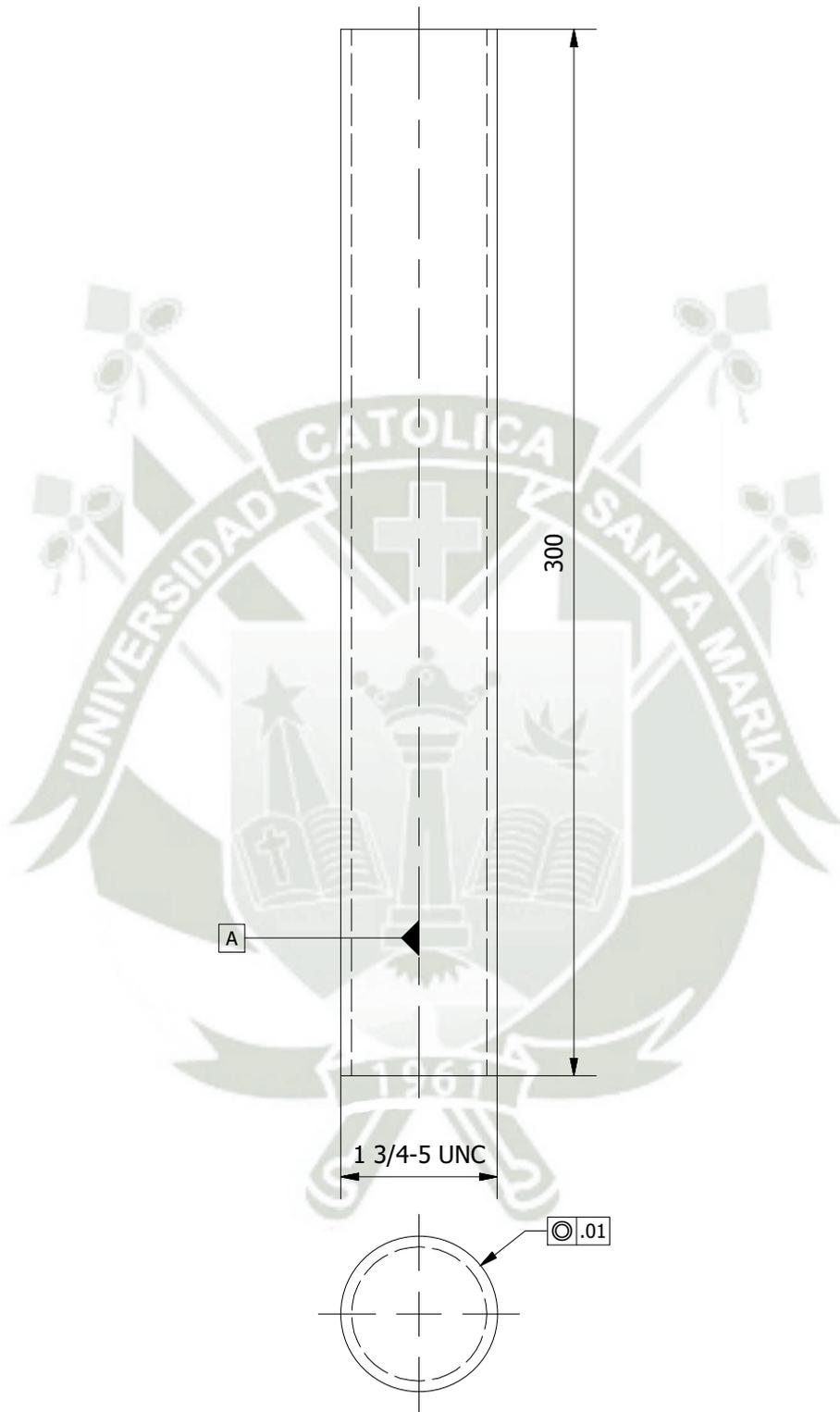
4	2	PLACA FIJA			1.01.02	A-36
Marca:	N° Pieza:	Designación y observaciones:			Referencia:	Material:
	Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:	2:1	
Dibujado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		Plano N°:		
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		1.01.02.04		
Conjunto:	MORDAZA				Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
Título:						
					Pág.: 10	Págs.: 14

N8 / (✓)



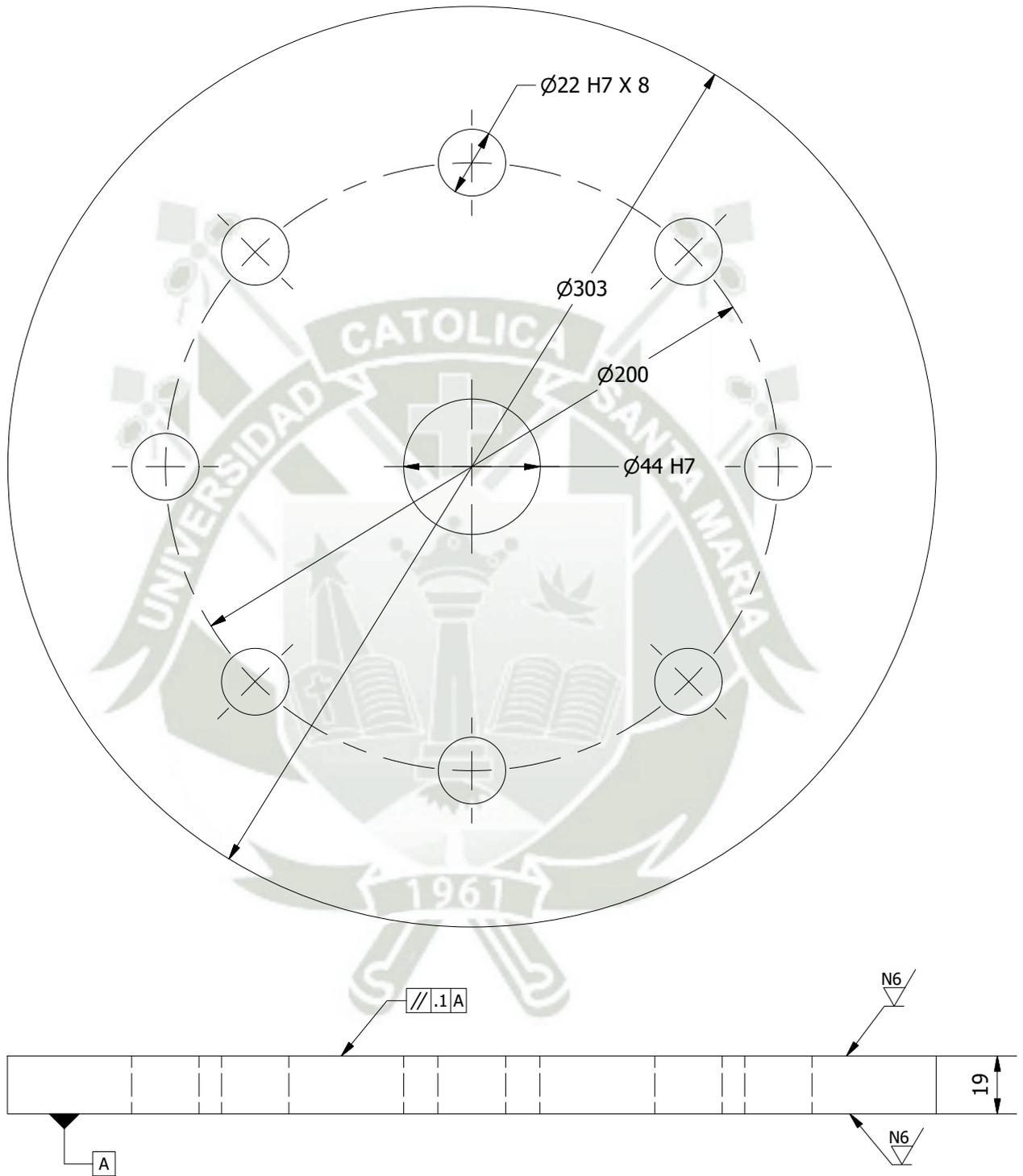
5	2	PLACA MOVIL			1.01.02	A-36
Marca:	N° Pieza:	Designación y observaciones:			Referencia:	Material:
	Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:	2:1	
Dibujado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		Plano N°:		
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		1.01.02.05		
Conjunto:	MORDAZA				Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
Título:	PLACA MOVIL				Pág.: 11	Págs.: 14

N8 (✓)

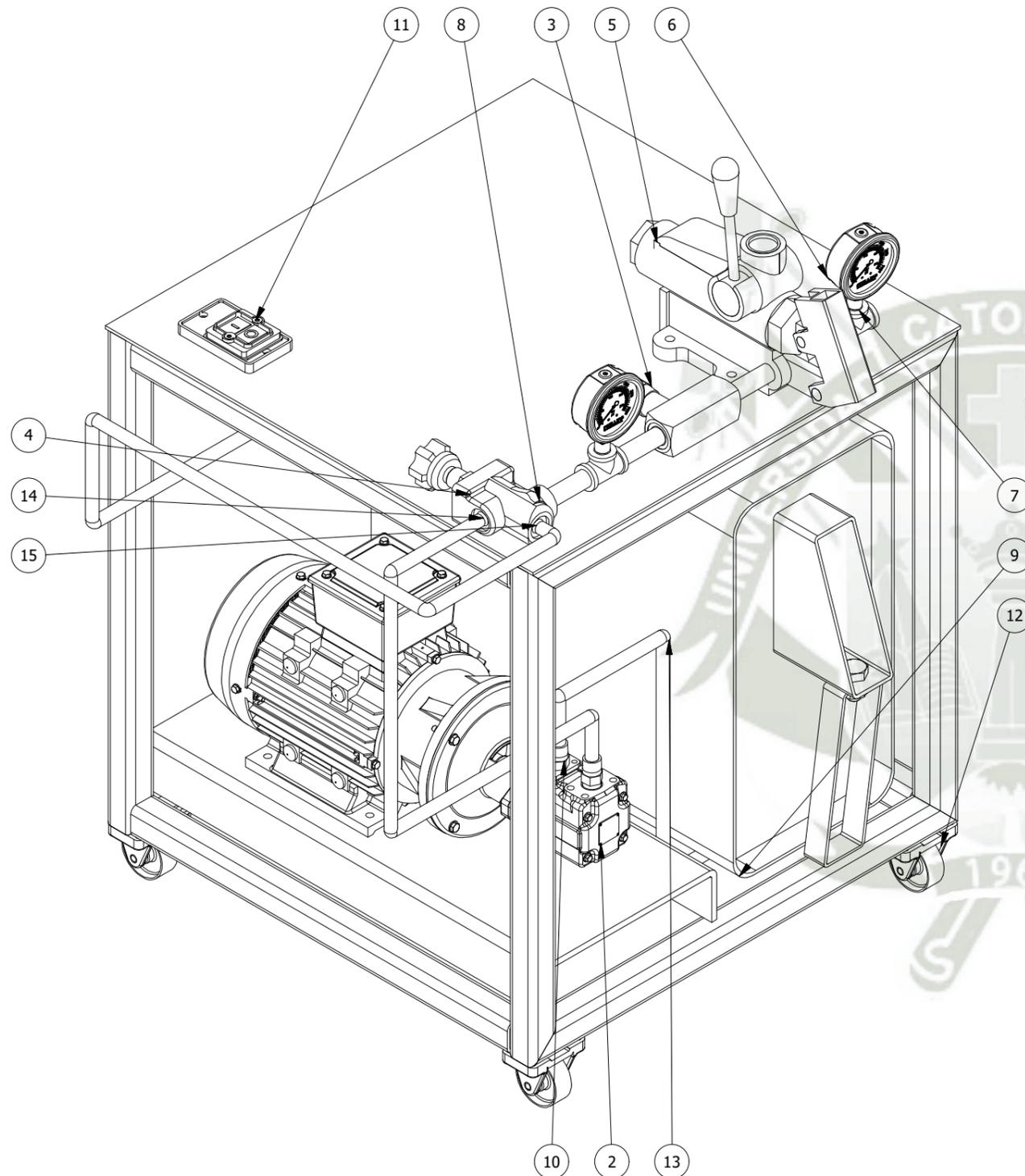


3	1	ESPARRAGO			1.01	ACERO VCL
Marca:	N° Pieza:	Designación y observaciones:			Referencia:	Material:
	Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:	1:2	
Dibujado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		Plano N°:		
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		1.01.03		
Conjunto:	EQUIPO TRACCION				Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
Título:	ESPARRAGO				Pág.: 12	Págs.: 14

N8 / (✓)



4	1	BRIDA			1.01	ACERO VCL
Marca:	N° Pieza:	Designación y observaciones:			Referencia:	Material:
		Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:	1:2
Dibujado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS			Plano N°:	
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS			1.01.04	
Conjunto:	EQUIPO TRACCION				Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
Título:	BRIDA				Pág.: 13	Págs.: 14



15	1	Manguera hidraulica 3/8" retorno a tanque	Wong & Cia	15000 mm
14	1	Manguera hidraulica 3/8" salida bomba	Wong & Cia	1000 mm
13	1	Manguera hidraulica 3/8" succion bomba	Wong & Cia	1000 mm
12	4	Garruchas	-	50 mm
11	1	Botonera On-Off	Chint	-
10	2	Nipple hidraulico hexagonal 3/8	DIN EN 10242	3/8"
9	1	Tanque hidraulico	40 galones	A-36
8	4	Tuberia 3/8	ANSI/ASME B36.19M	50 mm
7	2	Tee - Class 125 3/8	ANSI/ASME B16.15	3/8"
6	2	Manometro	AST	0-300 Bar
5	1	Valvula direccional	Parker	3/8"
4	1	Valvula reguladora caudal	Parker	3/8"
3	1	Valvula reguladora de presion	Parker	3/8"
2	1	Motor Bomba	YASKAWA / BOSH	5 HP / 3000 psi
1	1	Estructura de modulo	-	-
ITEM	QTY	DESIGNACION	REFERENCIA	MATERIAL

LISTA DE PARTES

2	1	EQUIPO HIDRAULICO		1.00	
Marca:	N° Pieza:	Designación y observaciones:		Referencia:	Material:
	Fecha:	Nombre:	Firma:	Escala:	1:5
Dibujado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		Plano N°:	
Revisado:	28/09/2021	L.ORTIZ / C.ROSAS		1.02	
Conjunto:				Universidad Católica de Santa María Programa Profesional de Ingeniería Mecánica	
Título:				PLANO GENERAL EQUIPO HIDRAULICO	
				Pág.: 14	Págs.: 14



Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials¹

This standard is issued under the fixed designation E8/E8M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 These test methods cover the tension testing of metallic materials in any form at room temperature, specifically, the methods of determination of yield strength, yield point elongation, tensile strength, elongation, and reduction of area.

1.2 The gage lengths for most round specimens are required to be 4D for E8 and 5D for E8M. The gage length is the most significant difference between E8 and E8M Test Specimens. Test specimens made from powder metallurgy (P/M) materials are exempt from this requirement by industry-wide agreement to keep the pressing of the material to a specific projected area and density.

1.3 Exceptions to the provisions of these test methods may need to be made in individual specifications or test methods for a particular material. For examples, see Test Methods and Definitions A370 and Test Methods B557, and B557M.

1.4 Room temperature shall be considered to be 10 to 38°C [50 to 100°F] unless otherwise specified.

1.5 The values stated in SI units are to be regarded as separate from inch/pound units. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.6 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

A356/A356M Specification for Steel Castings, Carbon, Low Alloy, and Stainless Steel, Heavy-Walled for Steam Turbines

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.04 on Uniaxial Testing.

Current edition approved Dec. 1, 2009. Published December 2009. Originally approved in 1924. Last previous edition approved 2008 as E8/E8M – 08. DOI: 10.1520/E0008_E0008M-09.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

A370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products

B557 Test Methods for Tension Testing Wrought and Cast Aluminum- and Magnesium-Alloy Products

B557M Test Methods for Tension Testing Wrought and Cast Aluminum- and Magnesium-Alloy Products (Metric)

E4 Practices for Force Verification of Testing Machines

E6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing

E29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications

E83 Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems

E345 Test Methods of Tension Testing of Metallic Foil

E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

E1012 Practice for Verification of Test Frame and Specimen Alignment Under Tensile and Compressive Axial Force Application

E1856 Guide for Evaluating Computerized Data Acquisition Systems Used to Acquire Data from Universal Testing Machines

3. Terminology

3.1 *Definitions*—The definitions of terms relating to tension testing appearing in Terminology E6 shall be considered as applying to the terms used in these test methods of tension testing. Additional terms being defined are as follows:

3.1.1 *discontinuous yielding*—in a uniaxial test, a hesitation or fluctuation of force observed at the onset of plastic deformation, due to localized yielding. (The stress-strain curve need not appear to be discontinuous.)

3.1.2 *elongation at fracture*—the elongation measured just prior to the sudden decrease in force associated with fracture. For many materials not exhibiting a sudden decrease in force, the elongation at fracture can be taken as the strain measured just prior to when the force falls below 10 % of the maximum force encountered during the test.

3.1.3 *lower yield strength, LYS* [FL^{-2}]—in a uniaxial test, the minimum stress recorded during discontinuous yielding, ignoring transient effects.

3.1.4 *uniform elongation, El_u* , [%]—the elongation determined at the maximum force sustained by the test piece just prior to necking or fracture, or both.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.



Standard Specification for Carbon Structural Steel¹

This standard is issued under the fixed designation A 36/A 36M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This specification² covers carbon steel shapes, plates, and bars of structural quality for use in riveted, bolted, or welded construction of bridges and buildings, and for general structural purposes.

1.2 Supplementary requirements are provided for use where additional testing or additional restrictions are required by the purchaser. Such requirements apply only when specified in the purchase order.

1.3 When the steel is to be welded, a welding procedure suitable for the grade of steel and intended use or service is to be utilized. See Appendix X3 of Specification A 6/A 6M for information on weldability.

1.4 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system is to be used independently of the other, without combining values in any way.

1.5 The text of this specification contains notes or footnotes, or both, that provide explanatory material. Such notes and footnotes, excluding those in tables and figures, do not contain any mandatory requirements.

1.6 For structural products produced from coil and furnished without heat treatment or with stress relieving only, the additional requirements, including additional testing requirements and the reporting of additional test results, of A 6/A 6M apply.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:³

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A01 on Steel, Stainless Steel, and Related Alloys, and is the direct responsibility of Subcommittee A01.02 on Structural Steel for Bridges, Buildings, Rolling Stock, and Ships.

Current edition approved April 1, 2004. Published May 2004. Originally approved in 1960. Last previous edition approved in 2003 as A 36/A 36M – 03a.

² For ASME Boiler and Pressure Vessel Code Applications, see related Specifications SA-36 in Section II of that Code.

³ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

A 6/A 6M Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling

A 27/A 27M Specification for Steel Castings, Carbon, for General Application

A 307 Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60 000 psi Tensile Strength

A 325 Specification for High-Strength Bolts for Structural Steel Joints

A 325M Specification for High-Strength Bolts for Structural Steel Joints [Metric]

A 500 Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes

A 501 Specification for Hot-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing

A 502 Specification for Steel Structural Rivets

A 563 Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts

A 563M Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric]

A 1011/A 1011M Specification for Steel, Sheet and Strip, Carbon, Hot-Rolled, High Strength Low Alloy, and High Strength Low Alloy with Improved Formability

A 668/A 668M Specification for Steel Forgings, Carbon and Alloy, for General Industrial Use

F 568M Specification for Carbon and Alloy Steel Externally Threaded Metric Fasteners

3. Appurtenant Materials

3.1 When components of a steel structure are identified with this ASTM designation but the product form is not listed in the scope of this specification, the material shall conform to one of the standards listed in Table 1 unless otherwise specified by the purchaser.

4. General Requirements for Delivery

4.1 Structural products furnished under this specification shall conform to the requirements of the current edition of Specification A 6/A 6M, for the specific structural product ordered, unless a conflict exists in which case this specification shall prevail.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.



Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications¹

This standard is issued under the fixed designation A 240/A 240M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

^{ε1} NOTE—Tables 1 and 2 were editorially corrected in March 2004.

1. Scope*

1.1 This specification² covers chromium, chromium-nickel, and chromium-manganese-nickel stainless steel plate, sheet, and strip for pressure vessels and for general applications.

1.2 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the specification.

1.3 This specification is expressed in both inch-pound and SI units. However, unless the order specifies the applicable “M” specification designation (SI units), the material shall be furnished in inch-pound units.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:³

A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products

A 480/A 480M Specification for General Requirements for Flat-Rolled Stainless and Heat-Resisting Steel Plate, Sheet, and Strip

A 923 Test Methods for Detecting Detrimental Intermetallic Phase in Wrought Duplex Austenitic/Ferritic Stainless Steels

E 112 Test Methods for Determining Average Grain Size

E 527 Practice for Numbering Metals and Alloys (UNS)

2.2 SAE Standard:

J 1086 Practice for Numbering Metals and Alloys (UNS)⁴

3. General Requirements

3.1 The following requirements for orders for material furnished under this specification shall conform to the applicable requirements of the current edition of Specification A 480/A 480M.

- 3.1.1 Definitions;
- 3.1.2 General requirements for delivery;
- 3.1.3 Ordering information;
- 3.1.4 Process;
- 3.1.5 Special tests;
- 3.1.6 Heat treatment;
- 3.1.7 Dimensions and permissible variations;
- 3.1.8 Workmanship, finish and appearance;
- 3.1.9 Number of tests/test methods;
- 3.1.10 Specimen preparation;
- 3.1.11 Retreatment;
- 3.1.12 Inspection;
- 3.1.13 Rejection and reheating;
- 3.1.14 Material test report;
- 3.1.15 Certification; and
- 3.1.16 Packaging, marking, and loading.

4. Chemical Composition

4.1 The steel shall conform to the requirements as to chemical composition specified in Table 1 and shall conform to applicable requirements specified in Specification A 480/A 480M.

5. Mechanical Properties

5.1 The material shall conform to the mechanical properties specified in Table 2.

5.2 When specified by the purchaser, Charpy impact tests shall be performed in accordance with Supplementary Requirement S1.

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A01 on Steel, Stainless Steel and Related Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee A01.17 on Flat-Rolled and Wrought Stainless Steel.

Current edition approved March 1, 2004. Published March 2004. Originally approved in 1940. Last previous edition approved in 2004 as A 240/A 240M – 04.

² For ASME Boiler and Pressure Vessel Code applications see related Specification SA-240 in Section II of that Code.

³ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

⁴ Available from Society of Automotive Engineers, 400 Commonwealth Dr., Warrendale, PA 15096.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.



Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Bar, Rod, and Wire [Metric]¹

This standard is issued under the fixed designation B 211M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This specification covers rolled or cold-finished bar, rod, and wire in alloys (Note 1) and tempers as shown in Table 2.

NOTE 1—Throughout this specification use of the term *alloy* in the general sense includes aluminum as well as aluminum alloy.

NOTE 2—The term *cold finished* is used to indicate the type of surface finish, sharpness of angles, and dimensional tolerances produced by drawing through a die.

NOTE 3—See Specification B 221M for aluminum and aluminum-alloy extruded bars, rods, wire, shapes, and tubes; and Specification B 316M for aluminum and aluminum-alloy rivet and cold-heading wire and rods.

1.2 Alloy and temper designations are in accordance with ANSI H35.1M. The equivalent Unified Numbering System alloy designations are those of Table 1 preceded by A9, for example, A91100 for aluminum 1100 in accordance with Practice E 527.

1.3 This specification is the metric counterpart of Specification B 211.

1.4 For acceptance criteria for inclusion of new aluminum and aluminum alloys in this specification, see Annex A2.

2. Referenced Documents

2.1 The following documents of the issue in effect on date of material procurement form a part of this specification to the extent referenced herein.

2.2 ASTM Standards:²

B 221M Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Extruded Bars, Rods, Wire, Profiles and Tubes [Metric]

B 316M Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Rivet and Cold Heading Wire and Rods [Metric]

B 557M Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast Aluminum- and Magnesium-Alloy Products [Metric]

B 594 Practice for Ultrasonic Inspection of Aluminum-Alloy Wrought Products for Aerospace Applications

B 660 Practices for Packaging/Packing of Aluminum and Magnesium Products

B 666/B 666M Practice for Identification Marking of Aluminum and Magnesium Products

B 881 Terminology Relating to Aluminum and Magnesium Alloy Products

B 918 Practice for Heat Treatment of Wrought Aluminum Alloys

E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications

E 34 Test Methods for Chemical Analysis of Aluminum and Aluminum-Base Alloys

E 55 Practice for Sampling Wrought Nonferrous Metals and Alloys for Determination of Chemical Composition

E 290 Test Method for Bend Testing of Material for Ductility

E 527 Practice for Numbering Metals and Alloys (UNS)

E 607 Test Method for Optical Emission Spectrometric Analysis of Aluminum and Aluminum Alloys by the Point-to-Plane Technique, Nitrogen Atmosphere

E 716 Practices for Sampling Aluminum and Aluminum Alloys for Spectrochemical Analysis

E 1004 Practice for Determining Electrical Conductivity Using the Electromagnetic (Eddy-Current) Method

E 1251 Test Method for Optical Emission Spectrometric Analysis of Aluminum and Aluminum Alloys by the Argon Atmosphere, Point-to-Plane, Unipolar Self-Initiating Capacitor Discharge

G 47 Test Method for Determining Susceptibility to Stress-Corrosion Cracking of 2xxx and 7xxx Aluminum-Alloy Products

2.3 ANSI Standards:

H35.1M Alloy and Temper Designation Systems for Aluminum³

H35.2M Dimensional Tolerances for Aluminum Mill Products³

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee B07 on Light Metals and Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee B07.03 on Aluminum Alloy Wrought Products.

Current edition approved Nov. 1, 2003. Published November 2003. Originally approved in 1979. Last previous edition approved in 2002 as B 211M-02.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

³ Available from ANSI, 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

0.25 - 0.5



Rosca M10x1 profundidad (al) 9 mm.
Rosca G1/4 profundidad (al) 9 mm.

M10x1 thread depth 9 mm.
G1/4 thread depth 9 mm.

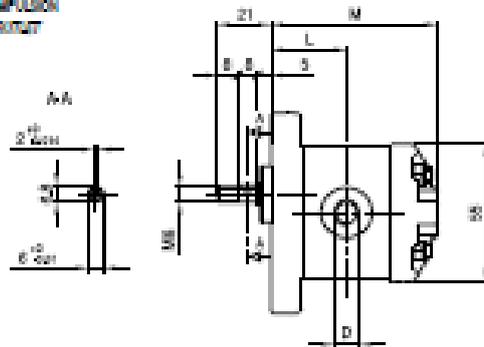
OPCIONES

"KK": incluye también las tomas de aspiración e impulsión D en el cuerpo, como en la correspondiente versión standard.

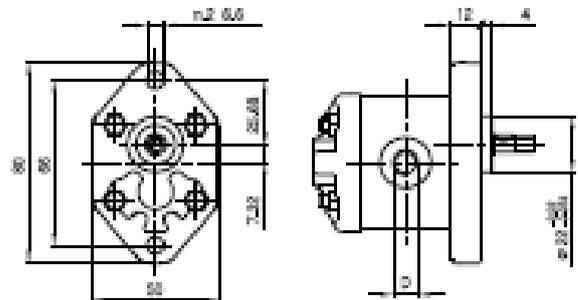
OPTIONS

"KK": also D inlet and outlet ports are present on the body, as well as on the correspondent standard version.

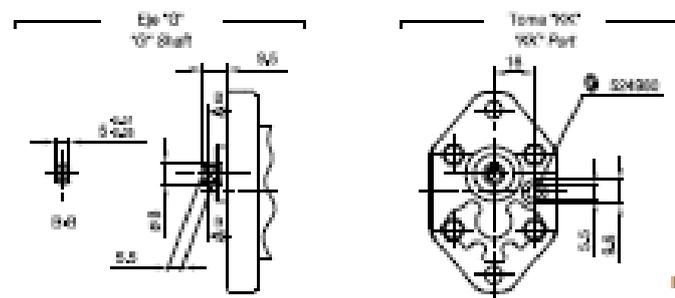
IMPULSIÓN
OUTPUT



ASPIRACIÓN
INLET



Opciones:
options:



IMPULSIÓN
OUTPUT

TIPO TYPE	CARGADA DISPLACEMENT	CAUDAL a 1300 FLOW at 1300 rev/min	PRESIÓN MÁXIMA MAX PRESSURE			VELOCIDAD MÁXIMA MAX SPEED	DIMENSIONES DIMENSIONS		
			P ₁	P ₂	P ₃		W	L	D
	cm ³ /gros (cc/in ³)	litros /min (l/min)	bar	bar	bar	gros /min (rpm)	mm	mm	-
0.25 Ø 18	0,19	0,29	190	210	230	7000	54	24	M10x1
0.25 Ø 24	0,26	0,38	190	210	230	7000	55	24,5	M10x1
0.25 Ø 30	0,32	0,48	190	210	230	7000	56	25	M10x1
0.25 Ø 36	0,38	0,58	190	210	230	7000	57	25,5	M10x1
0.25 Ø 48	0,51	0,77	190	210	230	7000	59	26,5	M10x1
0.25 Ø 60	0,64	0,96	190	210	230	7000	61	27,5	M10x1
0.5 Ø 0,50	0,50	0,75	190	210	230	7000	63	28,5	G1/4
0.5 Ø 0,75	0,63	0,94	190	210	230	7000	64	29	G1/4
0.5 Ø 1,00	0,88	1,31	190	210	230	7000	66	30	G1/4
0.5 Ø 1,30	1,00	1,50	190	210	230	6000	67	30,5	G1/4
0.5 Ø 1,60	1,25	1,88	190	210	230	5000	69	31,5	G1/4
0.5 Ø 2,00	1,50	2,25	190	210	230	4000	71	32,5	G1/4

Tipos preferentes

Tamaño de filtrado de 3 µm, 6 µm, 10 µm y 20 µm

Filtro tipo	Caudal en l/min [gpm] con $v = 30 \text{ mm}^2/\text{s}$ [142 SUS] y $\Delta p = 0,5 \text{ bar}$ [7.25 psi] ¹⁾	Conexión	Nro. de material	Conexión	Nro. de material
10TEN0040-H3XLA00-P2,2-M-...	23 [6.1]	..R3	R928041292	..U4	R928041293
10TEN0063-H3XLA00-P2,2-M-...	35 [9.2]	..R4	R928041294	..U9	R928041295
10TEN0100-H3XLA00-P2,2-M-...	52 [13.7]	..R4	R928041296	..U9	R928041297
10TEN0160-H3XLA00-P2,2-M-...	105 [27.7]	..R5	R928041298	..S5	R928041299
10TEN0250-H3XLA00-P2,2-M-...	160 [42.3]	..R6	R928041300	..S6	R928041301
10TEN0400-H3XLA00-P2,2-M-...	290 [76.6]	..S8	R928041302	..S9	R928041303
10TEN0630-H3XLA00-P2,2-M-...	410 [108.3]	..S9	R928041304	..S8	R928041305
10TEN1000-H3XLA00-P2,2-M-...	560 [147.9]	..S10	R928041306	..S12	R928041307
10TE2000-H3XLA00-P2,2-M-...	900 [237.7]	..S12	R928041308	..S10	R928041309
10TE2500-H3XLA00-P2,2-M-...	1100 [290.6]	..S12	R928041310	..S10	R928041311
10TEN0040-H6XLA00-P2,2-M-...	40 [10.6]	...R3	R928052853	...U4	R928052854
10TEN0063-H6XLA00-P2,2-M-...	58 [15.3]	...R4	R928052855	...U9	R928052856
10TEN0100-H6XLA00-P2,2-M-...	76 [20.1]	...R4	R928052857	...U9	R928052858
10TEN0160-H6XLA00-P2,2-M-...	179 [47.3]	...R5	R928044990	...S5	R928053324
10TEN0250-H6XLA00-P2,2-M-...	248 [65.5]	...R6	R928046782	...S6	R928048118
10TEN0400-H6XLA00-P2,2-M-...	442 [116.8]	...S8	R928046816	...S9	R928052860
10TEN0630-H6XLA00-P2,2-M-...	545 [144.0]	...S9	R928044949	...S8	R928044930
10TEN1000-H6XLA00-P2,2-M-...	910 [240.4]	...S10	R928046825	...S12	R928052861
10TEN2000-H6XLA00-P2,2-M-...	1310 [346.1]	...S12	R928052862	...S10	R928052264
10TEN2500-H6XLA00-P2,2-M-...	1440 [380.4]	...S12	R928052863	...S10	R928044973
10TEN0040-H10XLA00-P2,2-M-...	43 [11.3]	..R3	R928041271	..U4	R928041272
10TEN0063-H10XLA00-P2,2-M-...	62 [16.4]	..R4	R928041273	..U9	R928041274
10TEN0100-H10XLA00-P2,2-M-...	80 [21.1]	..R4	R928041275	..U9	R928041276
10TEN0160-H10XLA00-P2,2-M-...	190 [50.2]	..R5	R928041277	..S5	R928041278
10TEN0250-H10XLA00-P2,2-M-...	260 [68.7]	..R6	R928041279	..S6	R928041280
10TEN0400-H10XLA00-P2,2-M-...	460 [121.5]	..S8	R928041281	..S9	R928041282
10TEN0630-H10XLA00-P2,2-M-...	560 [147.9]	..S9	R928041283	..S8	R928041284
10TEN1000-H10XLA00-P2,2-M-...	970 [256.2]	..S10	R928041285	..S12	R928041286
10TE2000-H10XLA00-P2,2-M-...	1350 [356.6]	..S12	R928041288	..S10	R928041289
10TE2500-H10XLA00-P2,2-M-...	1450 [383.0]	..S12	R928041290	..S10	R928041291
10TEN0040-H20XLA00-P2,2-M-...	62 [16.4]	..R3	R928041199	..U4	R928041200
10TEN0063-H20XLA00-P2,2-M-...	80 [21.1]	..R4	R928041201	..U9	R928041202
10TEN0100-H20XLA00-P2,2-M-...	95 [25.1]	..R4	R928041203	..U9	R928041204
10TEN0160-H20XLA00-P2,2-M-...	260 [68.7]	..R5	R928041205	..S5	R928041206
10TEN0250-H20XLA00-P2,2-M-...	320 [84.5]	..R6	R928041208	..S6	R928041209
10TEN0400-H20XLA00-P2,2-M-...	560 [147.9]	..S8	R928041210	..S9	R928041211
10TEN0630-H20XLA00-P2,2-M-...	630 [166.4]	..S9	R928041223	..S8	R928041224
10TEN1000-H20XLA00-P2,2-M-...	1270 [335.5]	..S10	R928041225	..S12	R928041226
10TE2000-H20XLA00-P2,2-M-...	1600 [422.7]	..S12	R928041228	..S10	R928041229
10TE2500-H20XLA00-P2,2-M-...	1680 [443.8]	..S12	R928041230	..S10	R928041231

¹⁾ Diferencia de presión medida a través de filtro y dispositivo de medición según ISO 3968. La diferencia de presión medida resulta menor en el indicador de mantenimiento.

SERIE

EN 853 2SN

EXCEDE SAE 100R2AT

Manguera dos mallas metálicas

Descripción: Manguera hidráulica de dos mallas metálicas media presión.

Tubo interior: Negro, goma sintética resistente al aceite.

Recubrimiento: Negro, goma sintética resistente al aceite, agua, ozono.

Refuerzo: 2 mallas metálicas.

Temperatura: -40°C a +100°C intermitente hasta 125°C para fluidos basados en petróleo.

-40°C a +70°C para fluidos basados en agua.

Aplicaciones: Sistemas hidráulicos con fluidos basados en petróleo o agua/gly- col y para aceites y lubricantes.

Terminal: PF-xxxx

Casquillo: PT-30xx/PT-20xx



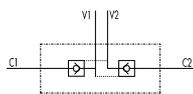
Diámetro interior (in) (mm)		Diámetro sobre malla (in) (mm)		Diámetro exterior (in) (mm)		Máxima presión trabajo (psi) (bar)		Mínima presión rotura (psi) (bar)		Radio curvatura (in) (mm)		Peso (kg/mtr)
3/16	4,8	0,441	11,2	0,555	14,1	6000	415	24000	1650	3,5	90	0,31
1/4	6,3	0,500	12,7	0,618	15,7	5800	400	23200	1600	4,0	100	0,37
5/16	8,0	0,563	14,3	0,681	17,3	5075	350	20300	1400	4,5	115	0,42
3/8	9,5	0,657	16,7	0,776	19,7	4785	330	19140	1320	5,0	130	0,53
1/2	12,9	0,780	19,8	0,906	23,0	3985	275	15950	1100	7,0	180	0,63
5/8	15,9	0,906	23,0	1,035	26,3	3625	250	14500	1000	8,0	200	0,76
3/4	19,0	1,063	27,0	1,189	30,2	3115	215	12325	850	9,5	240	0,94
1	25,4	1,374	34,9	1,528	38,8	2390	165	9425	650	12,0	300	1,43
1 1/4	31,8	1,748	44,4	1,921	48,8	1810	125	7250	500	16,5	420	2,38
1 1/2	33,1	2,000	50,8	2,173	55,2	1305	90	5220	360	19,5	500	2,57
2	50,8	2,500	63,5	2,673	67,9	1160	80	4640	320	25,0	630	3,16
2 1/2	63,1	2,984	75,8	3,189	81,0	1015	70	5510	380	29,92	760	4,19
3	75,5	3,472	88,20	3,661	93,0	510	35	2680	185	35,43	900	4,50

Nota: Recubrimiento antirozamiento añadir la palabra abrasión.

- MANGUERAS
- TERMINALES
- MINIMEX
- TAPONES PROTECTORES
- CADENAS DE SEGURIDAD
- ADAPTADORES
- TUBOS DE ACERO
- RACORD DIN 2353
- ABRAZADERAS
- ENCHUFES HIDRÁULICOS
- VÁLVULAS HIDRÁULICAS
- BRIDAS SAE
- VÁLVULAS REGULADORAS DE CAUDAL
- MANÓMETROS, NEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS
- RACORES GIRATORIO
- KAMLOCK
- MAQUINARIA

VÁLVULAS ANTIRRETORNO PILOTADO DOBLE
EFECTO / DOUBLE PILOT OPERATED CHECK VALVES /
CLAPET ANTI-RETOUR DOUBLE PILOTÉ

CÓDIGO TIPO ROSCA
CODE TYPE PORT SIZE



V0010 VBPDE 1/4"L G 1/4"

V0020 VBPDE 3/8"L G 3/8"

V0030 VBPDE 1/2" L G 1/2"

V0050 VBPDE 3/8 " G 3/8"

V0061 VBPDE 18 L M18X1,5

V0070 VBPDE 1/2" G 1/2"

V0040 VBPDE 3/4" G 3/4"

V0091 VBPDE 1/4" L 2 CEXC 10L G 1/4"

V0090 VBPDE 1/4" L 2 CEXC G 1/4"

V0110 VBPDE 3/8" L 2 CEXC G 3/8"

V0130 VBPDE 3/8" L 2 CC G 3/8"

V0135 VBPDE 1/2" L 2 CC G 1/2"

V0114 VBPDE 3/8" L CMP/FLV* G 3/8"

V0112 VBPDE 3/8" L SC G 3/8"

V0178 VBPDE 1/4" A G 1/4"

V0180 VBPDE 3/8" A G 3/8"

V0190 VBPDE 1/2" A G 1/2"

V0191 VBPDE 3/4" A G 3/4"

V0185 VBPDE 3/8" FL G 3/8 "

V0195 VBPDE 1/2" FL G 1/2"

V0187 VBPDE 3/8" FL - L3=62 G 3/8"

V0178/FLV VBPDE 1/4" FLV G 1/4"

V0180/FLV VBPDE 3/8" FLV G 3/8"

V0055 VBPDE 3/8" CILINDRICA G 3/8"

V0072 VBPDE 1/4" L c/RUB/ G 1/4"

V0074 VBPDE 3/8" L c/RUB/ G 3/8"

V0076 VBPDE 1/2" L c/RUB/ G 1/2"

V0132 VBPDE 1/4" L c/RUB. 2 CEXC G 1/4"

V0134 VBPDE 3/8" L c/RUB. 2 CEXC G 3/8"

V0136 VBPDE 1/2" L c/RUB. 2 CC G 1/2"

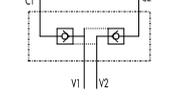
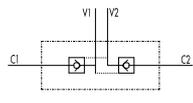
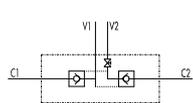
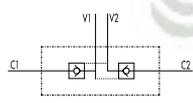
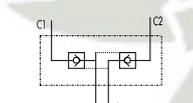
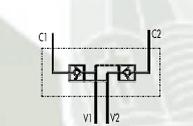
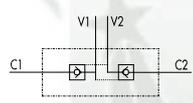
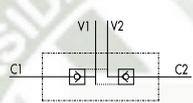
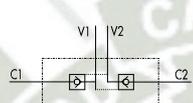
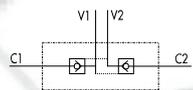
V0181 VBPDE 1/4" AL G 1/4"

V0182 VBPDE 3/8" AL G 3/8"

V1011 VBAS 70 G 3/8"

V1010 VBAS 80 G 3/8"

V1012 VBAS 90 G 3/8"

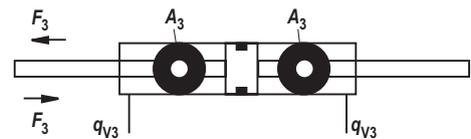
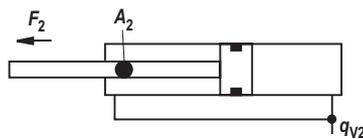
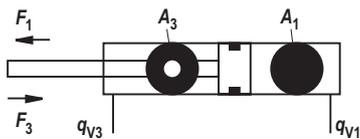


Technical data

(For applications outside these values, please consult us!)

Diameters, areas, forces, flow

Piston	Piston rod	Area ratio	Areas			Force at 250 bar ¹⁾			Flow at 0.1 m/s ²⁾			Max. available stroke length
			Piston	Rod	Ring	Pressure	Diff.	Pulling	Off	Diff.	On	
ØAL mm	ØMM mm	ϕ A_1/A_3	A_1 cm ²	A_2 cm ²	A_3 cm ²	F_1 kN	F_2 kN	F_3 kN	q_{V1} l/min	q_{V2} l/min	q_{V3} l/min	mm
40	22	1.43	12.56	3.80	8.76	31.40	9.50	21.90	7.5	2.3	5.3	2000
	28	1.96		6.16	6.40		15.40	16.00		3.7	3.8	
50	28	1.46	19.63	6.16	13.47	49.10	15.40	33.70	11.8	3.7	8.1	2000
	36	2.08		10.18	9.45		25.45	23.65		6.1	5.7	
63	36	1.48	31.17	10.18	20.99	77.90	25.45	52.45	18.7	6.1	12.6	2000
	45	2.04		15.90	15.27		39.75	38.15		9.5	9.2	
80	45	1.46	50.26	15.90	34.36	125.65	39.75	85.90	30.2	9.5	20.7	2000
	56	1.96		24.63	25.63		61.55	64.10		14.8	15.4	
100	56	1.46	78.54	24.63	53.91	196.35	61.55	134.80	47.1	14.8	32.3	3000
	70	1.96		38.48	40.06		96.20	100.15		23.1	24.0	
125	70	1.46	122.72	38.48	84.24	306.75	96.20	210.55	73.6	23.1	50.5	3000
	90	2.08		63.62	59.10		159.05	147.70		38.2	35.4	
140	90	1.70	153.94	63.62	90.32	384.75	159.05	225.70	92.4	38.2	54.2	3000
	100	2.04		78.54	75.40		196.35	188.40		47.1	45.3	
160	100	1.64	201.06	78.54	122.50	502.50	196.35	306.15	120.6	47.1	73.5	3000
	110	1.90		95.06	106.00		237.65	264.85		57.0	63.6	
180	110	1.60	254.47	95.06	159.43	636.17	237.65	398.52	152.7	57.0	95.7	3000
	125	1.93		122.72	131.75		306.80	329.37		73.6	79.1	
200	125	1.64	314.16	122.72	191.44	785.25	306.80	478.45	188.5	73.6	114.9	3000
	140	1.96		153.96	160.20		384.90	400.35		92.4	96.1	
220	140	1.68	380.1	153.9	226.2	950.3	384.8	565.5	228.1	92.4	135.7	6000
	160	2.12		201.0	179.1		502.6	447.7		120.7	107.4	
250	160	1.69	490.8	201.0	289.8	1227.2	502.7	724.5	294.5	120.7	173.8	6000
	180	2.08		254.4	236.4		636.2	591.0		152.7	141.8	
280	180	1.70	615.7	254.4	361.3	1539.4	636.2	903.2	369.4	152.7	216.7	6000
	200	2.04		314.1	301.6		785.4	753.9		188.5	180.9	
320	200	1.64	804.2	314.1	490.1	2010.6	785.4	1225.2	482.5	188.5	294.0	6000
	220	1.90		380.1	424.2		950.3	1060.3		228.1	254.4	



¹⁾ Theoretical static cylinder force
(without consideration of the efficiency and admissible load for attachment parts such as swivel heads, plates, or valves, etc.)

²⁾ Stroke velocity

AISI : 4140
 DIN : 42 Cr Mo 4
 W N°: 1.7223/25

Tipo de aleación promedio : C 0,41 Cr 1,1 Mo 0,2 Si 0,2 Mn 0,7 %
 Color de identificación : Verde - Blanco
 Estado de suministro : Bonificado 250 - 350 HB Típico. Ver tabla inf.
 Largo estándar : 3,5 - 6 metros.

Acero especial de bonificación con aleación de cromo molibdeno.

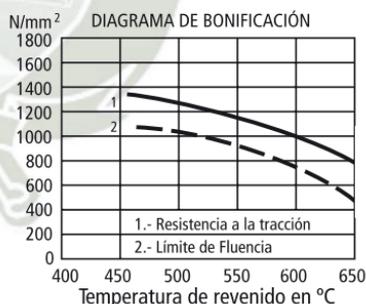
Muy resistente a la tracción y a la torsión, como también a cambios de flexión. Se suministra en estado bonificado, lo que permite, en la mayoría de los casos, su aplicación sin necesidad de tratamiento térmico adicional.

APLICACIONES: Partes de maquinaria y repuestos de dimensiones medianas, con grandes exigencias en las propiedades arriba mencionadas y también ciertos elementos para la construcción de motores, engranajes, pernos, tuercas, pines, émbolos, árboles de transmisión, ejes de bombas, cañones de armas para la cacería.

27

INDICACIONES PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO

Forjado: 1050 - 850 °C
Normalizado: 840 - 880 °C
Recocido: 690 - 720 °C
 Enfriamiento lento en el horno
Temple: al aceite 830 - 860 °C
 al agua 820 - 850 °C
Dureza obtenible: 52 - 56 HRC
Revenid : 540 - 680 °C
Nitrurar: 580 °C



Resistencia en estado Recocido		CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EN ESTADO BONIFICADO						
máx. N/mm ²	Dureza Brinell máx.	Diámetro mm.		Límite de fluencia N/mm ²	Resistencia a la tracción N/mm ²	Elongación (Lo = 5d) % mín.	Estricción % mín.	Resiliencia según DVM Joule
		desde	hasta					
770	241		16	835	1030 - 1250	10	40	34
		16	40	715	930 - 1130	11	45	41
		40	100	595	830 - 1030	12	50	41
		100	160	530	730 - 900	13	55	41
		160	250	490	690 - 840	14	55	41

Soldadura: Consultar con nuestro Departamento Técnico



ACEROS COMERCIALES SCRL

24/08/2021

20100241022

Cotización de Ventas

Punto TI

Nro Orden : CT 002-0328719

Fecha: 24/08/2021

Señores: LUIS ORTIZ

Dirección : N/A

Atención :

Teléfono :

Correo :

Item	Cantidad	Unidad	Descripción	Moneda	PUnitario	Total
1	1.00	Pz	Canal U 6" X2" X8.20 Lb/pie	S/	397.27	397.27
2	1.00	Pz	Canal H 12" X30"	S/	1.200.27	1.200.27
3	2.00	Pz	Plancha 150" 40 X40	S/	900.27	800.27

Todos los Precios Incluyen IGV

Total : S/ 2.397.27

Peso : 74.55 Kg

Pago : Contado

Precios : S/ - SOLES

Condiciones : Precios Válidos solo por 1 día

Entrega : -

Nota : -

Sin otro particular, y a la espera de su amable orden de compra, nos
reiteramos.

Atentamente :

ACEROS COMERCIALES SCRL
Departamento de Ventas
PEREZ MANRIQUE DIANA CECILIA

AREQUIPA - PERU

Sucursal Calle Huancayo N° 107 - Telef. 054-453787 / RPM #976416019 / RPC 974215554

Sucursal Prof.ong. Mariscal Castilla N° 800 - Mariano Melgar Arequipa / Telef. 054-453012 / RPC 959515839 / RPC 973587275

Sucursal Av. Socabaya N. 418 - Socabaya - Arequipa / Telef. 054-436699 / RPM #959929406 / RPC 973587273



MUNDO HIDRÁULICO S.A.C.

MULTISERVICIOS
DISTRIBUIDORA DE CONECTORES Y MANGUERAS HIDRÁULICAS
MANGUERAS HIDRÁULICAS E INDUSTRIALES SUMINISTROS Y CONEXIONES ADAPTADORES Y OTROS
SERVICIO A LA MINERA, PESQUERA, AGRICULTURA E INDUSTRIA EN GENERAL

AV. INDUSTRIAL N° 105 - URB APIMA - PAUCARPATA - AREQUIPA
Cel: 952719625 - juan.arizaca@mhsac.com - ventas@mhsac.com

PROFORMA

N° 011881

SEÑOR: _____

DÍA	MES	AÑO

DIRECCIÓN: _____

CANT.	DESCRIPCION	P. UNITARIO	VALOR VENTA
01	Tramo Manguera Hidraulica P1 - 06 x 1/2" x 1/4" H.J. - 06		32.00
01	Tramo Manguera Hidraulica P1 - 04 x 1/2" x 1/4" H.J. - 04		28.00
01	Tramo Manguera Hidraulica P1 - 08 x 1/2" x 1/4" H.J. - 08		40.00
02	Manguero 2 1/2" x 5000 PSJ	85.00	170.00
01	Cortador Hembra 3/8" 90° Jic		10.00
01	" " " 1/4" 90° Jic		6.00
02	Adaptador M. M. Jic 3/8"	15.00	30.00
01	" " " 1/4"		8.00
01	Union TEE Manguera 3/8"		12.00

No se aceptan cambios
ni devoluciones

Arequipa de _____ del 20 _____

TOTAL S/ 336.00

CANCELADO

Aceros CORDOVA

PASAJE FERRE 211 - TELEFONOS: (054)242442 - (054)216323 - RPM: 975000556

MIRAFLORES - AREQUIPA - AREQUIPA

e-mail: aceroscordova@gmail.com

COTIZACION N° : 00067672

Señores : ORTIZ GOMEZ LUIS GUILLERMO

Dirección :

Atención :

CANT.	DESCRIPCION	P. UNITARIO	TOTAL
1.00	PLANCHA A-36 DE 2" (50MM) x 0.400 x 0.400	S/ 666.0000	666.00
1.00	ACERO 4140 (VCL) ø 5" (130MM) x 6.000	S/ 12619.7000	12 619.70
1.00	ACERO 4140 (VCL) Ø 2" (50MM) x 0.300	S/ 102.8000	102.80
1.00	BARRA REDONDA LISA DE 3/4 x 1.000	S/ 14.5000	14.50
1.00	REDONDO DE ALUMINIO 1" x 1.000	S/ 147.1000	147.10

Son: TRECE MIL QUINIENTOS CINCUENTA CON 10/100 NUEVOS SOLES

- LOS PRECIOS INCLUYEN IGV.
- ESTA COTIZACION ESTA SUJETA A VARIACION, SIN PREVIO AVISO.
- MATERIAL PARA ENTREGA INMEDIATA SALVO PREVIA VENTA.
- EN CASO DE PEDIDO, INDICAR N° DE COTIZACION.

Base Imp.	11483.14
IGV. 18 %	2066.96
Totales	S/ 13550.10

Salvo otro particular y esperando vernos favorecidos con sus gratas órdenes, quedamos de Uds.



SERVICES S.A.C. www.oleohidraulicsservice.com

COTIZACIÓN

20212923

Especialistas en Sistemas Oleohidráulicos en Maquinaria Minera e Industrias
Suministro de Repuestos, Reparación - Mantenimiento de Bombas, Válvulas, Electroválvulas y Cilindros

Señores : ROSAS BASURCO CRISTIAN

Atención :

De nuestra consideración

Por medio de la presente nos es grato saludarlo y al mismo tiempo, les hacemos llegar nuestra cotización para su conocimiento y fines

REF: UPH

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
001		UNIDAD DE POTENCIA HIDRAULICA PARA ACCIONAMIENTO DE CILINDRO HIDRAULICO DOBLE EFECTO CONSISTE EN: -MOTOR ELECTRICO TRIFASICO IEC -BLOQUE DE MANIFOLD UNION MOTOR BOMBA -ACOPLAMIENTO MOTOR-BOMBA -BOMBA HIDRAULICA DE CAUDAL CONSTANTE -FILTRO DE SUCCION -BLOQUE DE MANIFOLD PARA VALVULA MANUAL -VALVULA DE ALIVIO -PROTECTOR DE MANOMETRO -MANOMETRO VISUALIZACION PRESION -VALVULA DIRECCIONAL MANUAL -CONEXIONES DE SALIDAS BOMBA 3/8 NPT -CONEXION PARA SALIDA PISTON 3/8 NPT -VALVULA CONTROL DE FLUJO PARA LA LINEA A -TABLERO DE ARRANQUE PARA MOTOR ELECTRICO -BOTONERA DE ARRANQUE APAGADO Y PRENDIDO	1.00	1,680.00	1,680.00
				SUB-TOTAL	US\$ 1,680.00
				18% IGV	US\$ 302.40
				TOTAL	US\$ 1,982.40

CONDICIONES COMERCIALES

