



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA**

**PROYECTO TECNICO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO MECANICO**

TEMA:

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATICO DE 3 EJES PARA LA INSPECCION DE JUNTAS SOLDADAS A TOPE MEDIANTE ULTRASONIDO A TRAVES DEL EQUIPO MFD 800B UTILIZADO EN EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA

AUTOR: Guillermo Alfonso Solís Santana

TUTOR: Ing. Mg. Juan Paredes Salinas

AMBATO – ECUADOR

2019

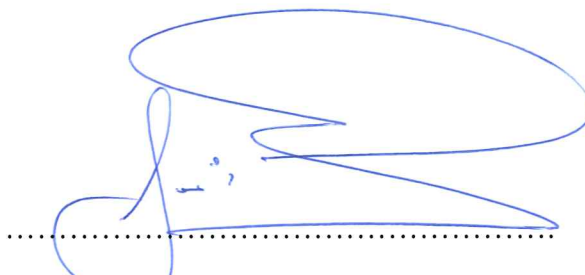
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo ING. MG. JUAN PAREDES SALINAS en mi calidad de tutor del proyecto técnico: “DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATICO DE 3 EJES PARA LA INSPECCION DE JUNTAS SOLDADAS A TOPE MEDIANTE ULTRASONIDO A TRAVES DEL EQUIPO MFD 800B UTILIZADO EN EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA” elaborado por el Sr. Guillermo Alfonso Solís Santana, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico que:

- ✓ El proyecto realizado es original de su autor
- ✓ El informe ha sido revisado y aprobado en cada capítulo.
- ✓ El proyecto está finalizado y puede continuar con el trámite siguiente.

Ambato, julio del 2019



Ing. Mg. Juan Paredes Salinas

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo GUILLERMO ALFONSO SOLIS SANTANA con cedula de ciudadanía 092435214-9, expreso que el contenido del trabajo de titulación bajo el tema: “DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATICO DE 3 EJES PARA LA INSPECCION DE JUNTAS SOLDADAS A TOPE MEDIANTE ULTRASONIDO A TRAVES DEL EQUIPO MFD 800B UTILIZADO EN EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA”, así como todo lo aledaño al mismo, además de los resultados y conclusiones son de mi responsabilidad en calidad de autor.

Ambato, julio del 2019



Guillermo Alfonso Solís Santana

C.I.: 092435214-9

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Guillermo Alfonso Solís santana portador de la C.I. 092435214-9, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que de este Proyecto Técnico o parte de él haga un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas institucionales.

Cedo los derechos del proyecto técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este dentro de las regulaciones de la universidad técnica de Ambato, siempre y cuando esta reproducción no represente un aporte económico y se respete mis derechos de autor.

Ambato, julio del 2019

EL AUTOR



.....
Guillermo Alfonso Solís Santana

C.I. 092435214-9

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico realizado por el egresado Guillermo Alfonso Solís Santana, de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: "DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATICO DE 3 EJES PARA LA INSPECCION DE JUNTAS SOLDADAS A TOPE MEDIANTE ULTRASONIDO A TRAVES DEL EQUIPO MFD 800B UTILIZADO EN EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA".

Ambato, julio del 2019

Para constancia firman.

Ing. Mg. Jorge López

Ing. Mg. Mauricio Carrillo

DEDICATORIA

Este presente proyecto lo dedico con mucho cariño a mis padres, Guillermo e Indira que siempre han sido mi apoyo incondicional, que, con sus consejos, sus deseos y su sacrificio han hecho realidad mi sueño de ser profesional y cumplir todos mis objetivos.

Los quiero mucho

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la universidad técnica de Ambato, la carrera de Ingeniería Mecánica por acogerme en sus aulas, y darme los materiales de estudio para poder crecer como profesional

A mi tutor, el Ing. Mg. Juan paredes Salinas por brindarme sus conocimientos y apoyo para la realización de mi proyecto

A mis padres por darme lo necesario para poder realizar mi carrera sin que me falte nada

Y un agradecimiento a Dios que siempre fue mi luz para seguir adelante, aunque los momentos sean difíciles, siempre me demostró que con FE todo se puede

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO.....	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
RESUMEN EJECUTIVO	1
ABSTRACT.....	2
CAPITULO I	1
MARCO TEORICO.....	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1 Objetivos:.....	2
1.1.1 Objetivo general:.....	2
1.1.2 Objetivos específicos:	2
1.2 Fundamentación teórica	2
1.2.1 Sistemas de control	2
1.2.1.1 Clasificación de un sistema de control.....	3
1.3.1.2 Sistema de control arduino.....	4
1.3.1.3 MEF ANSYS	4
1.3.1.4 Sistema C# (C Sharp).....	5
1.3.1.5 CNC Shield	6
1.3.1.6 Drivers para motores a pasos	6

1.3.1.7 Motores a pasos.....	7
1.3.2 Inspección por ensayos no destructivos	7
1.3.2.1 Ultrasonido.....	9
1.3.2.2 Detección por ultrasonido	9
1.3.2.3 Fundamentos iniciales del método de inspección por ultrasonido.....	10
1.3.2.4 Tipos de ondas ultrasónicas	11
1.3.2.5 Ondas longitudinales.....	11
1.3.2.6 Ondas transversales.....	12
1.3.2.7 Transductores de contacto o recto.....	13
1.3.2.8 Transductores angulares.....	13
1.3.2.9 Velocidad de propagación del sonido	14
1.3.3 Equipo MITECH MFD 800B	14
1.3.3.1 Funciones	15
1.3.3.2 Partes del equipo	15
1.3.3.3 Grafica de funciones básicas del equipo de ultrasonido Mfd800b.....	16
1.3.3.4 Menú de ingreso básico.....	16
1.3.3.5 Menú para la calibración.....	18
1.3.3.6 Menú de función	18
1.3.4 Calibración.....	19
1.3.4.1 Calibración del equipo de ultrasonido.....	19
1.3.4.2 Normas sobre bloques de referencia	19
1.3.4.3 Bloque de referencia I.I.W.	19
1.3.5 Soldadura	20
1.3.5.1 Juntas soldadas.....	20
1.3.5.2 Partes de la junta soldada	21
1.3.6 Tipos de materiales de construcción	22
1.3.6.1 Acero SAE 1018	22

1.3.6.1.1 Propiedades mecánicas	22
1.3.6.2 Acero inoxidable	22
1.3.6.2.1 Propiedades mecánicas acero inoxidable	23
1.3.6.3 Plástico ABS	23
1.3.6.3.1 Propiedades comunes de los plásticos.....	24
1.3.6.4 Madera MDF.....	24
1.3.7 Manual de uso	25
CAPITULO II.....	26
METODOLOGIA	26
2.1 Materiales.....	26
2.1.1 Selección de alternativas	26
2.1.1.1 Software para control de la maquina.....	26
2.1.1.2 Criterios para la selección de alternativas	26
2.1.1.3 Criterios de ponderación	27
2.1.1.4 Evaluación entre criterios software control de maquina	27
2.1.1.5 Evaluación del criterio costo software control de maquina	28
2.1.1.6 Evaluación del criterio disponibilidad software control de maquina	28
2.1.1.7 Evaluación del criterio fiabilidad software control de maquina	28
2.1.1.8 Evaluación del criterio tamaño software control de maquina	29
2.1.1.9 Evaluación del criterio montaje software control de maquina.....	29
2.1.1.10 Evaluación del criterio innovación software control de maquina	29
2.1.1.11 Tabla de conclusiones software control de maquina.....	30
2.1.1.12 Selección de alternativa para motor	30
2.1.1.13 Selección de alternativa para base.....	30
2.1.1.14 Evaluación entre criterios material base	30
2.1.1.15 Evaluación del criterio costo material base.....	31
2.1.1.16 Evaluación del criterio definición material base	31

2.1.1.17	Evaluación Del Criterio Fiabilidad material base	32
2.1.1.18	Evaluación del criterio tamaño material base	32
2.1.1.19	Tabla de conclusiones material base	32
2.1.1.20	Selección de alternativa para cubierta.....	33
2.1.1.21	Evaluación entre criterios material cubierta.....	33
2.1.1.22	Evaluación del criterio costo material cubierta	33
2.1.1.23	Evaluación del criterio disponibilidad material cubierta.....	34
2.1.1.24	Evaluación del criterio fiabilidad material cubierta	34
2.1.1.25	Evaluación del criterio tamaño material cubierta.....	34
2.1.1.26	Tabla de conclusiones material cubierta	34
2.1.2	Materiales y costos.....	35
2.1.2.11	Lista de materiales	35
2.1.2.2	Costos de materia prima.....	38
2.1.2.3	Costos mano de obra	38
2.1.2.4	Costos indirectos	39
2.1.2.5	Costo total del proyecto	39
2.1.3	Relación costo-beneficio.....	39
2.1.3.1	Costo operario.....	39
2.1.3.2	Valor total expresado en 1 año.....	39
2.1.3.3	Utilidad y costo beneficio	40
2.2	METODOS	40
2.2.1	Diseñar el sistema semi-automatico basado en los parámetros de control	40
2.2.1.1	Primera opción en el funcionamiento	40
2.2.1.2	Segunda opción en el funcionamiento	42
2.2.2	Construir la estructura base del sistema	48
2.2.2.1	Construcción base para sensores.....	48
2.2.2.2	Construcción base para probeta	50

A. AWS D1.1 figura 4.21 placa de prueba para espesor ilimitado- calificación del soldador.....	50
B. AWS D1.1 figura 4.30 placa para prueba de espesor limitado-todas las posiciones para calificación del soldador.	51
C. Placa soldada por soldador calificado con medidas especificadas por el laboratorio de materiales	51
2.2.2.3 Análisis de estado crítico para la base.....	52
A. Calculo de placa base de acero inoxidable 304.....	53
B. Calculo del eje.....	58
2.2.3 Construir el sistema de control para el funcionamiento del sistema	60
2.2.4 Realizar pruebas de funcionamiento del sistema	61
2.2.5 Realizar un manual de uso para el control de la maquina.....	62
CAPITULO III.....	63
RESULTADOS Y DISCUSION	63
3.1 Análisis y discusión de los resultados.....	63
3.1.1 Análisis en ANSYS para comprobación de estado critico	63
3.1.1.1 Análisis de esfuerzos en ANSYS del nervio para base.....	63
3.1.2 Análisis de tiempos antes y después de la realización del proyecto	64
3.1.2.1 Tiempo de recorrido del sensor de inicio a fin de censado.....	65
3.1.2.2 Tiempo de parada en cada censado.....	66
3.1.2.3 Tiempo antes de inicio del recorrido en el equipo	67
3.1.2.4 Detección de discontinuidades previstas.....	68
3.1.2.5 Detección de discontinuidad Prevista	69
CAPITULO IV.....	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
4.1 Conclusiones.....	70
4.2 Recomendaciones	71
Materiales de referencia.....	72

Referencias bibliográficas.....	72
Anexos	76
Anexo A matriz para criterios de ponderación	76
Anexo B matriz para criterios en base a alternativas	76
Anexo C datos técnicos de arduino 3R.....	77
Anexo D datos técnicos motor a pasos	77
Anexo E Catalogo acero inoxidable DIPAC.....	78
Anexo F matriz pruebas de funcionamiento	79
Anexo G Línea de código Arduino.....	79
Anexo H Construcción y pruebas de funcionamiento.....	86
Anexo I Manual de usuario.....	88
Automatizacion del equipo MFD 800B para inspeccionar de juntas a tope	88
Versión 1.0.....	88
Manual de usuario rápido.....	88
Fecha de elaboración: 25 junio 2019	88
Introducción	88
Índice	89
Que es y para que.....	89
Inicio del equipo	90
Funcionamiento interno	94
Mantenimiento rápido.....	96
Manejo de errores	97
Anexo J Planos.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso sistema de control [7].....	3
Figura 2. Sistema de lazo abierto [7]	3
Figura 3. Sistema de lazo cerrado [7]	3
Figura 4. Menú inicio de arduino [autor].....	4
Figura 5. MEF ANSYS [8]	5
Figura 6. Lenguaje de programación C# [9]	5
Figura 7. CNC shield [10].....	6
Figura 8. Driver A4988 [11]	7
Figura 9. Motor paso a paso [12]	7
Figura 10. Métodos de inspección [13].....	8
Figura 11. Ventajas y desventajas del ultrasonido [14]	9
Figura 12. Método de ultrasonido [13]	9
Figura 13. Longitud y Amplitud de onda [14]	10
Figura 14. Inspección por ultrasonido [15].....	11
Figura 15. Ondas longitudinales [16].....	12
Figura 16. Ondas transversales [16].....	12
Figura 17. Transductor recto [17]	13
Figura 18. Transductor angular [18]	13
Figura 19. Velocidades de onda [18]	14
Figura 20. Equipo MFD 800B [19].....	15
Figura 21. Funciones básicas del equipo 1 [19].....	16
Figura 22. Funciones básicas del equipo 2 [19].....	16
Figura 23. Selección de rango [19]	17
Figura 24. Selección de ganancia [19]	17
Figura 25. Selección de gate [19].....	18
Figura 26. Parámetro de soldadura [19].....	19
Figura 27. Bloque de referencia I.I.W [21].....	20
Figura 28. Junta soldada a tope [23]	21
Figura 29. Partes de junta soldada a tope [24]	22
Figura 30. Propiedades mecánicas acero 1018 [25].....	22
Figura 31. Propiedades mecánicas acero inoxidable [26]	23
Figura 32. Plástico [27].....	23
Figura 33. Plástico ABS [28]	24

Figura 34. Lamina MDF [29].....	25
Figura 35. Manual de uso [31]	25
Figura 36. Transductor recto [autor].....	41
Figura 37. Modelo de movimiento primera opción [autor].....	41
Figura 38. Diagrama de flujo opción 1 [autor]	42
Figura 39. Transductor angular [autor]	43
Figura 40. Ubicación para skip distance [32]	43
Figura 41. Skip distance sobre 2 [32]	44
Figura 42. Skip distance [32]	44
Figura 43. Modelo de movimiento segunda opción [autor].....	47
Figura 44. Diagrama de flujo opción 2 [autor]	47
Figura 45. Transductor recto dimensiones [autor]	48
Figura 46. Vista frontal agarre recto [autor]	48
Figura 47. Vista lateral agarre recto [autor].....	49
Figura 48. Transductor angular dimensiones [autor]	49
Figura 49. Vista frontal agarre angular [autor]	49
Figura 50. Vista lateral agarre angular [autor].....	50
Figura 51. AWS D1.1 figura 4.21 [24]	50
Figura 52. AWS D1.1 figura 4.30 [24]	51
Figura 53. Placa soldada calificada [autor].....	51
Figura 54. Vista superior base para placas [autor].....	52
Figura 55. Placa critica para la base [autor].....	52
Figura 56. Placa base acero inoxidable [autor]	53
Figura 57. Deformación en placa base [autor].....	54
Figura 58. Inercia para la placa base [autor].....	55
Figura 59. Reacciones en placa base [autor].....	56
Figura 60. Deformación en nervio [autor]	56
Figura 61. Deformación en el eje [autor].....	58
Figura 62. Diagrama de flujo Funcionamiento proyecto [autor]	61
Figura 63. Deformación nervio base [autor]	63
Figura 64. Esfuerzo von mises en nervio base [autor]	63
Figura 65. Placa soldada y calificada [autor].....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla descripción de criterios	26
Tabla 2. Criterio de ponderación.....	27
Tabla 3. Evaluación entre criterios software control de maquina	27
Tabla 4. Criterio Costos software control de maquina.....	28
Tabla 5. Criterio Disponibilidad software control de maquina.....	28
Tabla 6. Criterio Fiabilidad software control de maquina	28
Tabla 7. Criterio tamaño software control de maquina.....	29
Tabla 8. Criterio montaje software control de maquina.....	29
Tabla 9. Criterio innovación software control de maquina.....	29
Tabla 10. Tabla de conclusiones software control de maquina	30
Tabla 11. Evaluación entre criterios material base	31
Tabla 12. Criterio costo material base	31
Tabla 13. Criterio definición material base.....	31
Tabla 14. Criterio fiabilidad material base.....	32
Tabla 15. Criterio tamaño material base	32
Tabla 16. Tabla de conclusiones material base.....	32
Tabla 17. Evaluación entre criterios material cubierta.....	33
Tabla 18. Criterio costo material cubierta.....	33
Tabla 19. Criterio disponibilidad material cubierta	34
Tabla 20. Criterio fiabilidad material cubierta.....	34
Tabla 21. Criterio tamaño material cubierta	34
Tabla 22. Tabla conclusiones material cubierta.....	35
Tabla 23. Lista de materiales General.....	35
Tabla 24. Costos de materia prima.....	38
Tabla 25. Costo mano de obra	38
Tabla 26. Costos indirectos	39
Tabla 27. Costo total del proyecto	39
Tabla 28. Costo operario.....	39
Tabla 29. Valor expresado en 1 año.....	39
Tabla 30. Utilidad y costo beneficio	40
Tabla 31. Tiempo de recorrido transductor recto.....	65
Tabla 32. Tiempo de recorrido transductor angular.....	66
Tabla 33. Tiempo de preparación transductor recto.....	67

Tabla 34. Tiempo de preparación transductor angular.....	68
Tabla 35. Precisión en detección de discontinuidades	69

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA

“DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATICO DE 3 EJES PARA LA INSPECCION DE JUNTAS SOLDADAS A TOPE MEDIANTE ULTRASONIDO A TRAVES DEL EQUIPO MFD 800B UTILIZADO EN EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA”

AUTOR: Guillermo Alfonso Solís Santana

TUTOR: Ing. Mg. Juan Gilberto Paredes Salinas

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto tiene como objetivo realizar un sistema semiautomático el cual permita controlar el movimiento del equipo MFD 800B con comandos generados por computadora mediante el software de control arduino con el fin de facilitar el uso al usuario, y brindar una mayor firmeza y precisión en las mediciones. En dicho sistema se deben posicionar las placas a ser censadas, por lo cual se realizó cálculos del esfuerzo máximo que podrá soportar el mismo. En la programación se encontrarán dos opciones las cuales fueron tomadas en base al equipo antes mencionado. Primero tenemos la opción para transductores rectos los cuales tienen una funcionalidad de generar ondas a lo largo de su propio eje. Para la segunda opción se tienen transductores transversales los cuales generan ondas en ángulos establecidos por cada sensor.

Para la obtención de los materiales, se optó por realizar una ponderación de criterios, con lo cual se obtuvo diferentes alternativas para cada parte del sistema; Se realizó una selección para los materiales de la base, estos se decidieron por ser acero de transmisión para poder soportar las cargas de las placas y para las uniones se utilizó plástico ABS.

Para partes como la cubierta se decidió por utilizar MDF debido a que no soporta cargas y tienen un costo mucho menor al de las cubiertas utilizadas comúnmente. Luego se realizaron pruebas para comprobar el funcionamiento de la máquina y se optó por crear un manual de usuario con el fin de evitar inconvenientes en la utilización del equipo.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING FACULTY
MECHANICAL ENGINEERING CAREER

“DESIGN AND DEVELOPMENT OF A 3-AXIS SEMIAUTOMATIC SYSTEM FOR THE INSPECTION OF BUMPERED JOINTS BY ULTRASOUND THROUGH THE MFD 800B EQUIPMENT USED IN THE MATERIAL LABORATORY OF THE FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING”

AUTHOR: Guillermo Alfonso Solís Santana

TUTOR: Ing. Mg. Juan Gilberto Paredes Salinas

ABSTRACT

This project aims to realize a semiautomatic system which allows to control the movement of the MFD 800B with computer generated commands through the arduino control software in order to facilitate the use to the user, and provide greater firmness and precision in the measurements. In said system the plates to be counted must be positioned, for which calculations were made of the maximum effort that the same can support. In the programming you will find two options which were taken based on the aforementioned equipment. First we have the option for straight transducers which have a functionality to generate waves along their own axis. For the second option there are transverse transducers which generate waves at angles established by each sensor.

To obtain the materials, it was decided to carry out a weighting of criteria, with which different alternatives were obtained for each part of the system; A selection was made for the materials of the base, these were decided for being transmission steel to be able to support the loads of the plates and for the joints ABS plastic was used.

For parts such as the roof it was decided to use MDF because it does not support loads and have a much lower cost than commonly used covers. Then tests were performed to check the operation of the machine and it was decided to create a user manual in order to avoid inconveniences in the use of the equipment.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 Antecedentes Investigativos

Según Williams [1], en América desde ya mucho tiempo se realizan inspecciones integrales para los diferentes sectores de trabajo los cuales cumplen o exceden los requisitos dados por las normas que se encuentran estandarizadas. Las personas encargadas de inspeccionar deben ser certificadas, y además deben ser entrenadas para el mejor cumplimiento del mismo.

Como indica Pereira [2], con el desarrollo de los procesos de producción, el detectar discontinuidades de manera externa dejó de ser suficiente para una inspección concreta, para lo cual, se optó por tener información acerca del tamaño de la discontinuidad en distintos puntos de la soldadura para tener resultados más precisos sobre el tiempo de vida o la funcionalidad mecánica de un componente. Con esto se obtiene los ensayos no destructivos que ayudan a la inspección de discontinuidades.

Como se indica en [3], en América latina en la actualidad la tecnología va en aumento debido a la necesidad de los usuarios, la demanda se basa en recibir productos de mejor calidad a un menor costo y en el menor tiempo posible, ya que la automatización de los equipos incrementa en un 80% la productividad de los mismos.

Como se indica en [3] y [4], en América latina existe una lucha continua por el aumento de estrategias con el sector privado para aprovechar al máximo la tecnología en el ámbito laboral y al mismo tiempo mitigar los riesgos de su expansión, que la cantidad de maquinaria automatizada en relación a la cantidad de trabajadores es demasiado baja.

Según González [6], en Ecuador se está empezando a realizar la mejora de diseño, construcción y mantenimiento de los productos mediante normas estandarizadas y la automatización de dichas actividades, lo cual conlleva al uso de equipos más sofisticados para la realización de estas. Los ensayos no destructivos en el Ecuador son una realidad, pero no se encuentra en mayor mercado debido a lo dicho anteriormente es por eso que la automatización de dichos productos es muy escasa.

Por ello existen equipos que ayudan a la verificación de dichas soldaduras, como el equipo MFD 800B el cual sirve para inspeccionar discontinuidades internas en el cordón de la soldadura; con este equipo encontramos con cierta facilidad las fallas internas de la misma, pero su método de utilización no es totalmente efectivo, ya que en la actualidad se intenta optimizar los tiempos, recursos y personal, algo que el equipo no cumple a cabalidad.

El proyecto tiene como finalidad brindar un soporte a los calificadores de soldaduras y personas afines, con el afán de poder realizar un trabajo más eficiente, sencillo, permitiendo optimizar el tiempo de realización llevando a cabo la inclusión de mecanismos electrónicos modernos como son los arduinos con los cuales realizan operaciones complejas y detalladas por el controlador llevando así, a la tecnología, al proceso de detección de discontinuidades en juntas soldadas.

1.1 Objetivos:

1.1.1 Objetivo general:

- Diseñar y desarrollar un sistema semi-automático de 3 ejes para pruebas de ultrasonido para el equipo MFD 800B

1.1.2 Objetivos específicos:

- Diseñar el sistema semi-automatico basado en los parámetros de control
- Construir la estructura base del sistema
- Construir el sistema de control para el funcionamiento del sistema
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema
- Realizar un manual de usuario para el control de la maquina

1.2 Fundamentación teórica

1.2.1 Sistemas de control

Según Hernández [7], un sistema de control es una conexión de elementos que forman una configuración, con el fin de que este pueda controlarse a sí misma. Un sistema para ser controlado, consta de una señal a manera de entrada $r(t)$ y una respuesta o salida $y(t)$.

Este nos ayuda a mantener un control sobre el software que se utilizara llevando a cabo un sistema ya establecido.

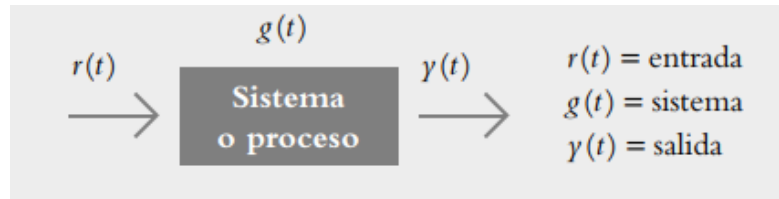


Figura 1. Proceso sistema de control [7]

1.2.1.1 Clasificación de un sistema de control

Para [7], los sistemas se clasifican en lazo abierto y lazo cerrado, y estos son:

- Lazo abierto

Este sistema funciona de manera que el control es independiente de la salida. Para estos sistemas se usan reguladores o actuadores para obtener una respuesta necesitada.

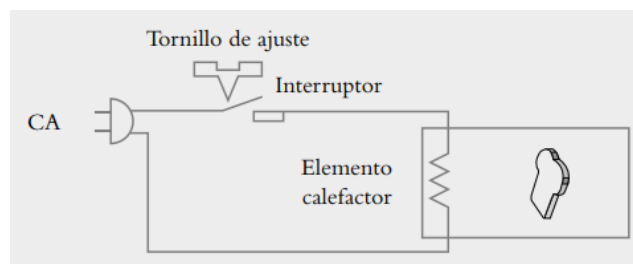


Figura 2. Sistema de lazo abierto [7]

- Lazo cerrado

Es aquel en el que el control depende de la salida. Para estos por lo general se utilizan sensores para comparar la respuesta del censado con la respuesta necesitada, si este no cumple la necesidad el proceso se reinicia.

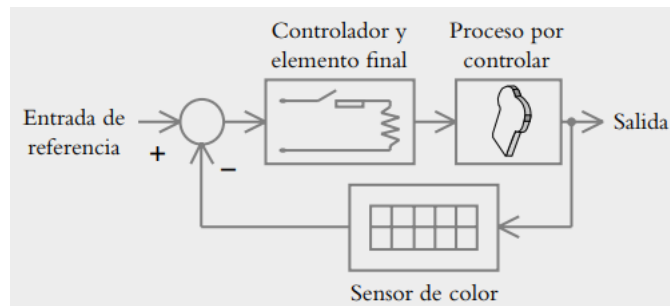


Figura 3. Sistema de lazo cerrado [7]

1.3.1.2 Sistema de control arduino

Según Blum [8], arduino es una plataforma de microcontroladores mundialmente conocida por unirse al lenguaje de programación. El sistema es intuitivo, por lo general se puede utilizar con sensores, activadores, luces, altavoces, y otros circuitos integrados. Este permite su plataforma en un cerebro programable. Las posibilidades del arduino se basan en la imaginación.

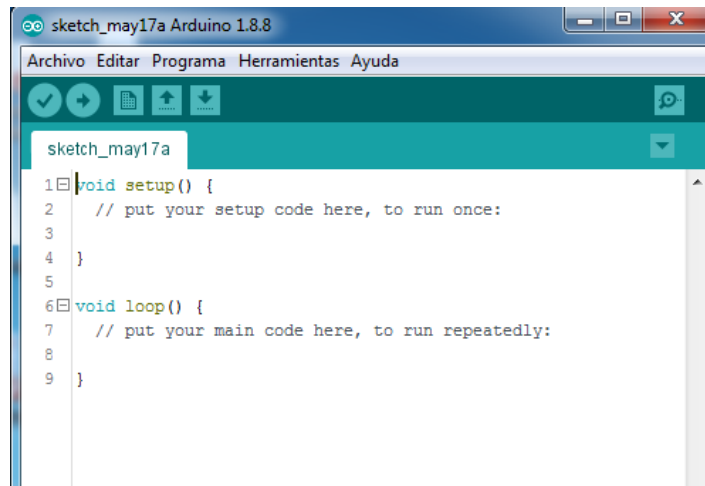


Figura 4. Menú inicio de arduino [autor]

1.3.1.3 MEF ANSYS

Como indica Ariza [8], los MEF o métodos de elementos finitos son aquellos que sirven para hallar soluciones numéricas en sistemas de ecuaciones complejas tales como: diferenciales e integrales.

Según [8], este comprende dos aproximaciones:

Una aproximación física del dominio donde tomamos en cuenta nodos, elementos y condiciones de entorno, donde cada nodo tiene un grado de libertad (g.d.l.) con el cual se caracteriza la respuesta del campo.

Y una aproximación de la solución donde se realizan desplazamientos mecánicos de sólidos y en general otras variables de campo en otro tipo de situaciones. Todas las variables se expresan en función de los desplazamientos nodales.

Para [8], ANSYS consta de: Preprocesador para la construcción de modelos, solucionador para analizar cargas y esfuerzos, y pos procesador para interpretar resultados.

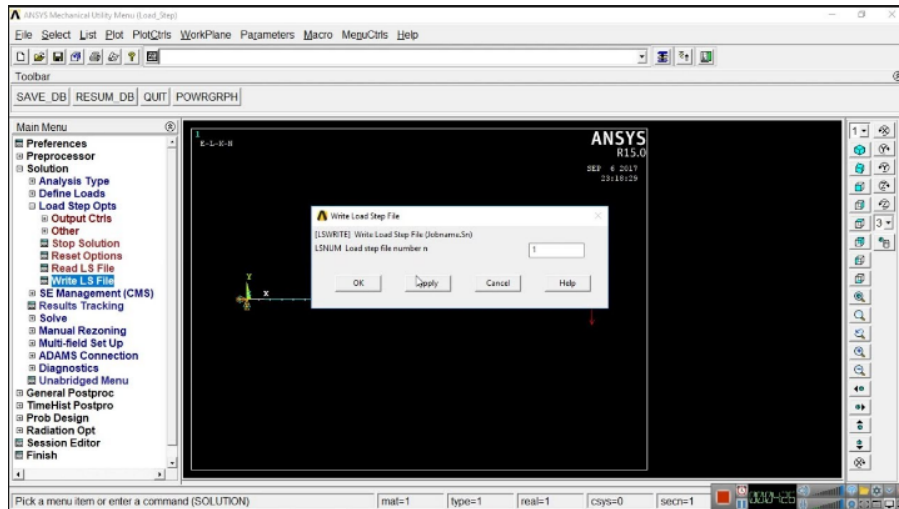


Figura 5. MEF ANSYS [8]

1.3.1.4 Sistema C# (C Sharp)

Como indica Del Rio [9], C SHARP es un lenguaje de programación el cual es orientado a objetos. El cual es de mejor utilización que su lenguaje sucesor C++ debido a su control más completo en el manejo de diversas operaciones.

Según [9], en este lenguaje se incorporó las ventajas que tiene JAVA sobre C++. Como algunas ventajas podemos encontrar que su código se puede tratar íntegramente como un objeto con el fin de mejorar tiempos de programación añadiendo librerías precargadas

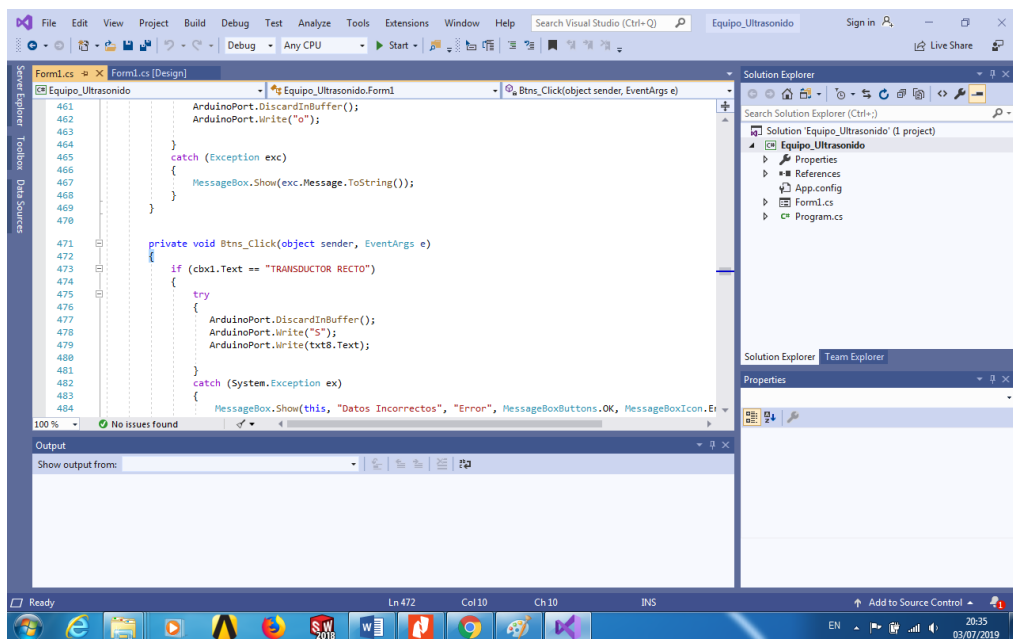


Figura 6. Lenguaje de programación C# [9]

Este además de ser orientado a objetos, también es orientado a componentes. No es necesario crear métodos o usar eventos sin tratar con punteros a funciones. Con este lenguaje se puede utilizar excepciones para controlar los errores en el código.

1.3.1.5 CNC Shield

Según Tostatronic [10], el componente de control numérico computarizado (cnc) shield es una placa creada con la finalidad de poder utilizar hasta 4 motores a pasos con sus distintivos drivers con una mayor facilidad debido a que su composición interna ayuda a controlar de manera eficiente las conexiones necesarias para el funcionamiento de los mismos. Además, que cuenta con entradas analógicas, puertos para finales de carrera y demás. Este componente puede ser utilizado con arduino uno, arduino mega y otros.

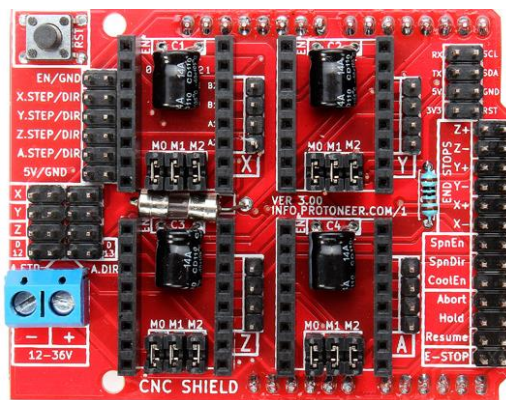


Figura 7. CNC shield [10]

1.3.1.6 Drivers para motores a pasos

Como indica Inplus [11], el driver A4988 es un circuito controlador bipolar de motores paso a paso le permite manejar un motor paso a paso bipolar de hasta 2 amperios (A) de corriente desde cualquier microcontrolador. Este driver para motores paso a paso cuenta con un limitador de corriente, y protección de sobre calentamiento y de exceso de consumo para garantizar un funcionamiento correcto cuando lo utilice en sus proyectos.

El driver opera en un rango de 8 hasta 35 voltios (V) con una corriente de 1A por fase y tiene capacidad para soportar hasta 2A por bobina si hubiera suficiente refrigeración adicional. Este driver es famoso por ser el más utilizado en las impresoras 3D para el control de los diferentes motores paso a paso de las mismas.

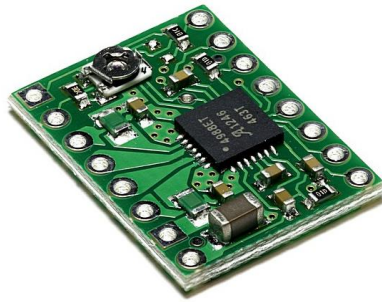


Figura 8. Driver A4988 [11]

1.3.1.7 Motores a pasos

Para Mecafenix [12], un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de pulsos eléctricos en desplazamientos angulares, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados dependiendo de sus entradas de control.

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de 1.8° , por ese motivo es bastante beneficioso para su utilización en proyectos de esta índole.

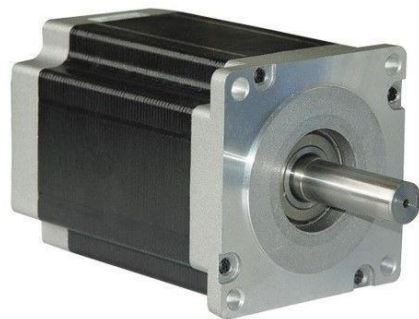


Figura 9. Motor paso a paso [12]

1.3.2 Inspección por ensayos no destructivos

Según Luna [13], se denomina ensayo no destructivo cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades mecánicas, físicas, dimensionales o químicas. En este caso los resultados no son tan exactos como las pruebas destructivas, pero si se puede llegar a tener un buen criterio de como es el comportamiento del material o sus discontinuidades.

Para [13], existen diversos materiales que se pueden inspeccionar, tanto metálicos como no metálicos, y estos pueden ser: laminados, fundidos, forjados, etc.








METODOS DE INSPECCION	SIMBOLO
Rayos x	
Ultrasonidos	
Corrientes inducidas	
Líquidos penetrantes	
Resonancia magnética	
Partículas magnéticas	
Inspección visual	

Figura 10. Métodos de inspección [13]

Para [13] y [14], los ensayos no destructivos tienen un menor costo, debido a que no existe la destrucción del mismo y el daño causado a la pieza a analizar, es casi nulo y por eso solo se busca encontrar homogeneidad en el material. Y poder visualizar de esa manera las discontinuidades que se albergan en la soldadura.

1.3.2.1 Ultrasonido

Según Olarte [14], es un equipo utilizado para generar, emitir y captar haces de ondas muy bien definidas, las cuales llegan a tener un cambio de trayectoria al momento de encontrar una discontinuidad en el recorrido. Al ser captadas, estas son analizadas según la necesidad y al valorar el tiempo se puede conocer la distancia en la que se encuentra la discontinuidad después será definido por el usuario.

VENTAJAS	DESVENTAJAS	APLICACIONES
Alta precisión, transportable y alta sensibilidad	Se requieren patrones para ajustar el instrumento	Detección de discontinuidades en la superficie y cerca de la superficie mediante técnicas de pulsos y ecos
Rápido y fácil de operar	Se requiere operadores entrenados	
Resultados inmediatos	Requiere corriente externa	
	La orientación de la grieta debe ser conocida para seleccionar el tipo de onda usada	

Figura 11. Ventajas y desventajas del ultrasonido [14]

Como indica Luna [13], este es una forma por la cual el haz sónico de frecuencia alta pasa por todo el objeto que será inspeccionado, con el fin de encontrar discontinuidades en las zonas internas y zonas superficiales. El efecto que recorre el objeto es reflejado por las interfaces y es detectado.

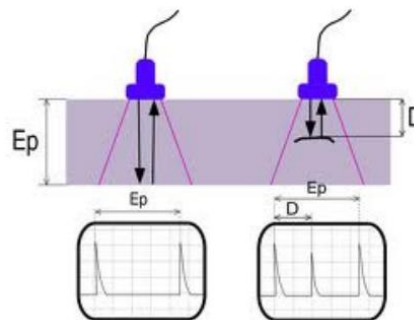


Figura 12. Método de ultrasonido [13]

1.3.2.2 Detección por ultrasonido

Para Olarte [14], la detección de ultrasonido es una técnica de mantenimiento predictivo que aprovecha las propiedades de las ondas sonoras para detectar los

problemas de los equipos de las plantas industriales de una forma rápida, exacta y segura.

Para [14], la variación del sonido está conformada por ondas longitudinales producidas por una vibración debida a los objetos y es propagada a través de un medio elástico. Este tipo de ondas pueden estimular el oído humano y genera una sensación de sonido. Como indica Olarte [14], las características de una onda de sonido son:

- Ciclo: Es el movimiento completo de la onda.
- Longitud: Es la distancia necesaria para completar un ciclo. Por lo general se denota como λ .
- Amplitud: Es el valor máximo en sentido positivo y negativo que alcanza la onda sonora.
- Frecuencia: Es el número de ciclos por unidad de tiempo.

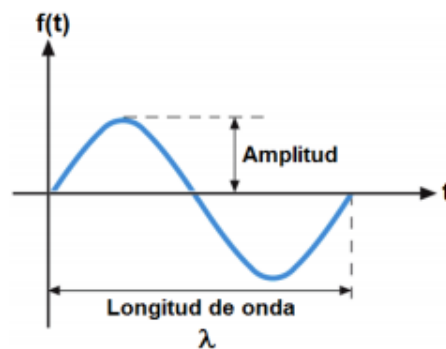


Figura 13. Longitud y Amplitud de onda [14]

1.3.2.3 Fundamentos iniciales del método de inspección por ultrasonido

Como indica Villavicencio [15], esta técnica de ultrasonido define que los materiales sólidos son buenos conductores de las ondas acústicas, por lo cual las ondas ultrasónicas, no sólo se reflejan, sino que también lo hacen en las discontinuidades internas. La interacción entre las ondas acústicas y los materiales mejora cuando se tienen longitudes de onda más pequeñas, lo cual se entiende por altas frecuencia. Esto implica que las ondas ultrasónicas deban ser usadas en un rango de frecuencias entre 0.5 MHz y 25 MHz.

Para [15], el elemento piezoeléctrico es la parte más importante del transductor, cuando este se agita por una descarga eléctrica sumamente corta y transmite un pulso ultrasónico. Dicho elemento genera una señal eléctrica y esta a su vez, recibe una señal ultrasónica, lo que ocasiona una oscilación.

Según [15], el transductor se pone sobre la superficie del material, aplicando entre estos debe estar un líquido acoplante el cual sirve para que las ondas acústicas puedan pasar por el material, y luego el inspector de ultrasonido pueda examinar el material, colocando el transductor por medio del camino que se desea inspeccionar, mientras observa en la pantalla del equipo, las posibles señales causadas por las reflexiones del haz en discontinuidades internas.

Los acoplantes de ultrasonido son utilizados en casi todas las aplicaciones en las que se requiera de contacto. Estos por lo general, tienden a presentar una viscosidad moderada y no son tóxicos. Los más comúnmente utilizados son: agua, aceite y grasas.

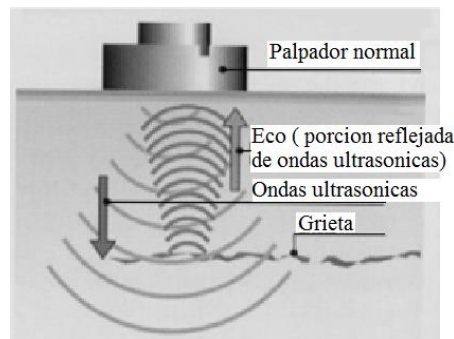


Figura 14. Inspección por ultrasonido [15]

1.3.2.4 Tipos de ondas ultrasónicas

Para Gutiérrez [16], todos los materiales que tengan propiedades elásticas pueden propagar ondas sónicas y ultrasónicas, mientras las fuerzas elásticas sean capaces de sostener las partículas en su posición de descanso. Para los materiales que poseen estructura cristalina, las partículas que forman una unión, pueden ser cambiadas de sus posiciones de equilibrio produciendo oscilaciones con trayectorias diversas, todo en función de la energía aplicada. Con esto se generan distintos tipos de ondas como: longitudinales, transversales, superficiales y de lamb.

1.3.2.5 Ondas longitudinales

Según [16], las ondas longitudinales se obtienen cuando la ubicación de oscilación de las partículas es igual a la dirección de propagación de la onda. Para los líquidos y los gases solo es posible la propagación de este tipo de ondas mecánicas.

Como indica [16], en un instante dado, se podría imaginar que la posición de las partículas en el material es la que se indica en la parte inferior, en donde se miran zonas

en que las partículas se han alejado entre sí y zonas en que se han acercado, esto debido a que el cambio de fase de las oscilaciones hace zonas donde las partículas se aproximan, de forma particularmente densa, intercalándose estas zonas de compresión con zonas raras. Una imagen cronológica de la onda muestra que estas zonas se crean constantemente a partir del punto de movimiento y que viajan a través del cuerpo a una velocidad constante y a intervalos constantes hacia la derecha.

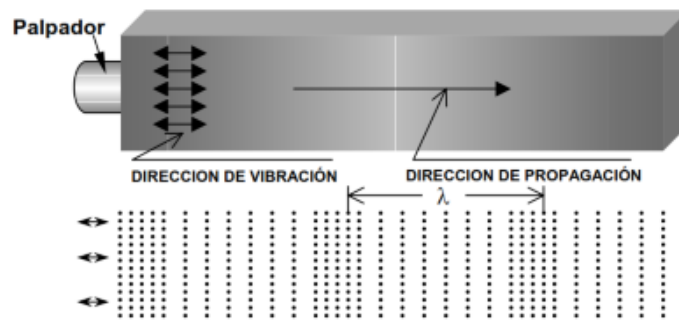


Figura 15. Ondas longitudinales [16]

1.3.2.6 Ondas transversales

Para [16], las ondas transversales se generan cuando la dirección de oscilación de las partículas es perpendicular a la dirección de propagación de la onda. Esto se corrobora cuando en los materiales sólidos se penetra con un cierto ángulo respecto a la superficie.

Como indica [16], los líquidos y los gases no pueden transmitir ondas transversales, solo se puede en líquidos viscosos, y esto se debe a que sus moléculas apenas ofrecen resistencia al deslizamiento transversal.

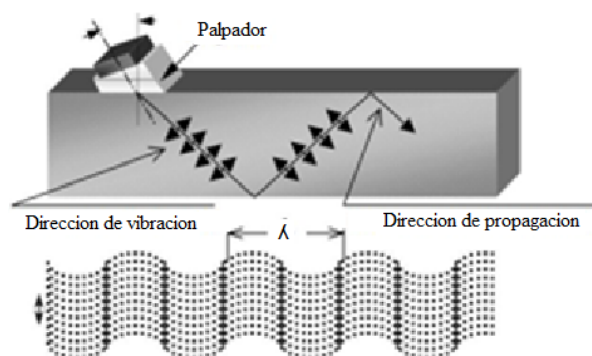


Figura 16. Ondas transversales [16]

1.3.2.7 Transductores de contacto o recto

Según Leija [17], es un transductor longitudinal el cual es utilizado para tener contacto directo con el material a inspeccionar. Estos servirían para detectar fallas y espesores, se caracteriza por medir en base a la velocidad de propagación, para la inspección de placas y piezas extruidas. Sirve para una alta cantidad de materiales metálicos y no metálicos.



Figura 17. Transductor recto [17]

1.3.2.8 Transductores angulares

Para [17] y [18], los cabezales angulares tienen una interface en forma de ángulo, la cual pasa entre el haz emitido y la normal a la superficie analizada. Esto produce ondas refractadas de corte en el material al mismo tiempo que dichas ondas son reflejadas en las caras de la pieza ayudando a la detección de discontinuidades en cordones de soldaduras.

Según [18]; estos se obtienen con diferentes ángulos fijos o ajustables. Pueden ser adquiridos con diferentes ángulos fijos o en versiones ajustables. Se debe tener en cuenta que en ángulos fijos la refracción de la onda cambia respecto al material.

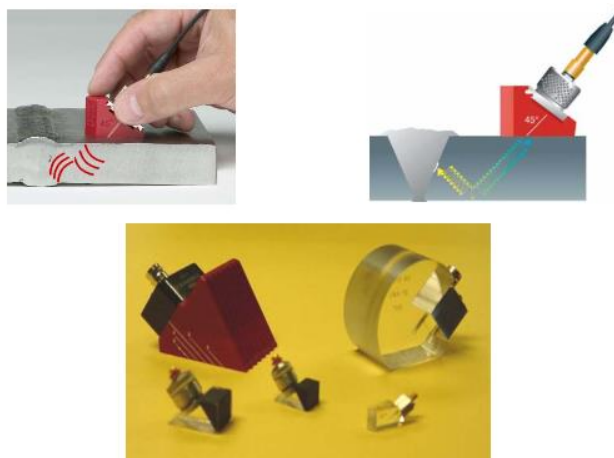


Figura 18. Transductor angular [18]

1.3.2.9 Velocidad de propagación del sonido

Para Rimoldi [18], el sonido, se propaga en forma de ondas. Una diferencia de importancia de estas ondas, es que las ondas sonoras necesitan de un medio para transportarse. Ambas tienen propiedades en común: transportan energía de un punto a otro del espacio.

Según [18], más allá de todas las divisiones que puedan ser hechas se sabe que no todo el rango de frecuencias es audible para el oído del ser humano. Solamente es un cierto rango el cual puede diferir entre individuos y que puede variar con la edad. El límite inferior de audibilidad se halla alrededor de 16Hz y el superior alrededor de 20KHz. Los rangos de interés son: Subsónico: $f < 16\text{Hz}$, en este rango no se escucha ningún tono, solo se notará presión. Sónico: $16\text{Hz} \leq f \leq 20\text{KHz}$, rango audible por el ser humano. Ultrasónico: $f > 20\text{KHz}$. Las frecuencias utilizadas en los ensayos ultrasónicos se encuentran en el rango de 0,5 a 25 MHz.

Material	Ondas longitudinales m/s	Ondas transversales m/s
Hierro	4.150	2.790
Acero	6.100	3.200
Cobre	4.750	2.275
Ladrillo	3.000	
Hormigón	3.400	
Vidrio	5.450	3.270
Corcho	400	225
Madera	3.000	1.870
Goma Blanda	1.025	
Goma dura	2.200	950

Figura 19. Velocidades de onda [18]

1.3.3 Equipo MITECH MFD 800B

Como indica Mitech [19], el equipo MFD800B es un detector de fallas ultrasónico digital con pantalla LCD TFT completa y con una serie de buenas aptitudes para cumplir con las exigencias del usuario. Uniendo potentes características de detección y medición de fallas, este a su vez tiene un amplio almacenamiento, y es capaz de transferir datos a una computadora.

En [19] se indica que, este equipo mantiene muchas funciones de procesamiento de señales, que incluyen un ancho de banda de radio frecuencia (RF) de 15MHz para permitir la prueba de materiales delgados, en algunos casos se utilizan filtros de banda

estrecha con la finalidad de intensificar la señal del ruido para ciertas aplicaciones. Se debe utilizar un pulso de púas para situaciones que requieren aumento de frecuencia y un pulso de onda cuadrada ajustable para mejorar la penetración en materiales más densos.

1.3.3.1 Funciones

Según [19], las funciones del equipo son:

- Se puede calibrar automáticamente entre dos puntos.
- Sirve para encontrar fallas: ruta de sonido pantalla en vivo, proyección, profundidad, amplitud.
- Lectura digital: en esta se puede mostrar una sonda normal y de trayectoria, distancia de superficie cuando la sonda está en ángulo.
- Congelación de Pantalla: La Pantalla de congelación tiene forma de onda y datos de la trayectoria de sonido.

1.3.3.2 Partes del equipo

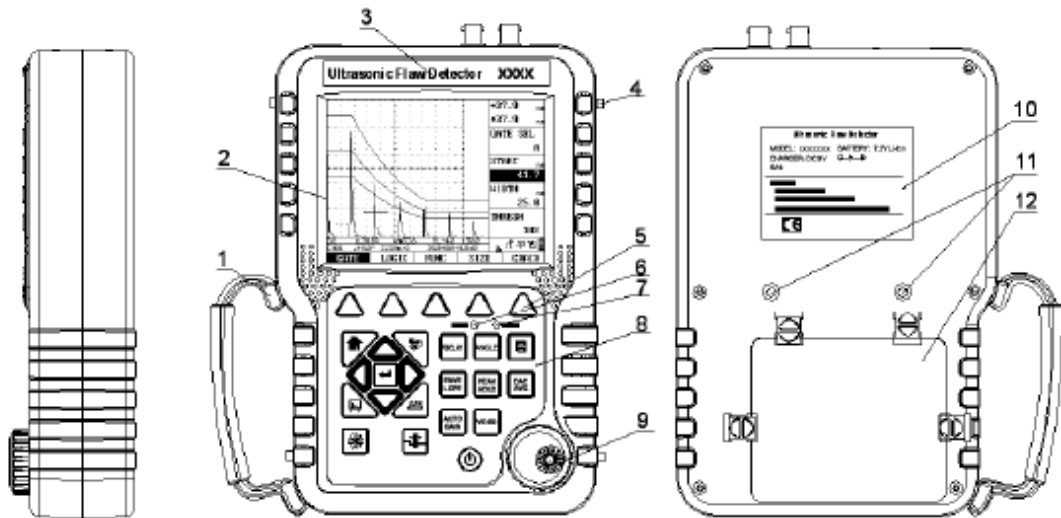


Figura 20. Equipo MFD 800B [19]

1. Agarradera
2. Pantalla
3. Modelo
4. Ganchos
5. Teclado menú y submenú
6. Led de notificación
7. Led de energía

8. Teclado
9. Rueda giratoria
10. Código del equipo
11. Soportes
12. Entrada de batería

1.3.3.3 Grafica de funciones básicas del equipo de ultrasonido Mfd800b









	Para encender el instrumento o apagarlo		Selecciona las funciones de calibración del ángulo
	Tecla de inicio, maneja selección de modos de visualización		Guarda los datos obtenidos
	Retraso del punto cero de la sonda		Inicia o detiene la función de auto-ganancia
	Congelar pantalla del equipo		Desactiva la función encima, pantalla aumentada

Figura 21. Funciones básicas del equipo 1 [19]









	Amplia el pico de pantalla completa		Gira la función de retención de pico y se apaga
	Tecla selecciona los submenús ganancia o cambia el paso de los db.		Inicia o se detiene la grabación de un segmento de la pantalla
	Funciones de la reglilla, seleccionar las funciones de la reglilla		Clave DAC-AVG selecciona los menús de DAC-AVG
	Selección del rango		Confirma o cambia la selección actual

Figura 22. Funciones básicas del equipo 2 [19]

1.3.3.4 Menú de ingreso básico

- Selección de rango

Según [19], este conjunto de funciones ayuda a ajustar el valor de la gama de visualización, por ende, la pantalla debe ser ajustada para el objeto a ser probado. La calibración necesita el uso de patrón calibrado hecho del mismo material que la pieza de ensayo. Antes de la calibración, el rango de la pantalla de visualización A-Scan, normalmente se establece en un valor igual o mayor que el estándar.

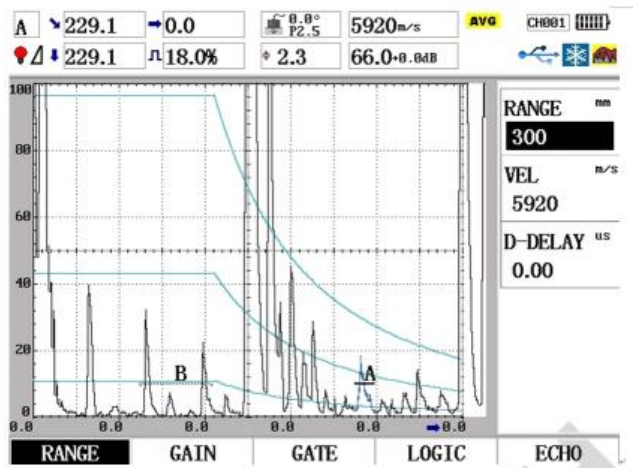


Figura 23. Selección de rango [19]

- **Selección ganancia**

Para [19], en este equipo la ganancia sirve para aumentar o disminuir la reglilla, el cual se debe ajustar con las funciones de ganancia. Este incluye una ganancia de corrección. La ganancia básica y la ganancia de corrección también se muestran en la esquina superior derecha de la pantalla. El máximo de la ganancia total es de 62 dB.

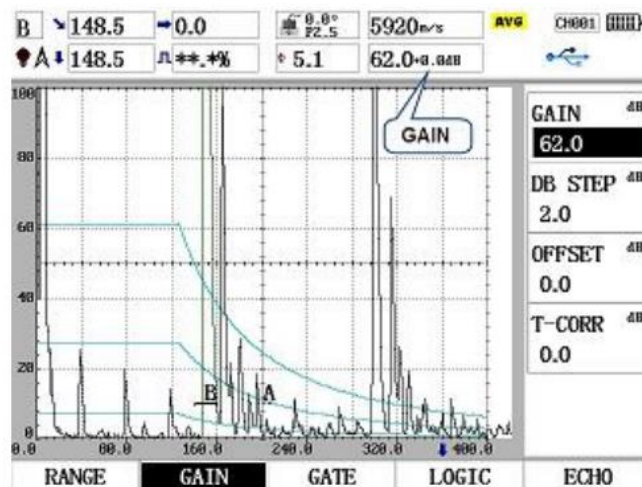


Figura 24. Selección de ganancia [19]

- **Selección gate**

En [19] se dice que, las reglillas monitorean un rango dado por el material el cual se usa para detectar la discontinuidad. Si el eco es mayor o menor a la reglilla según se necesite, aparece una alarma que funciona con el led del equipo. Este tiene la reglilla A y B. si estos se llegan a cruzar, se usarán el punto máximo para fines de evaluación. El valor se indicará en la línea de estado.

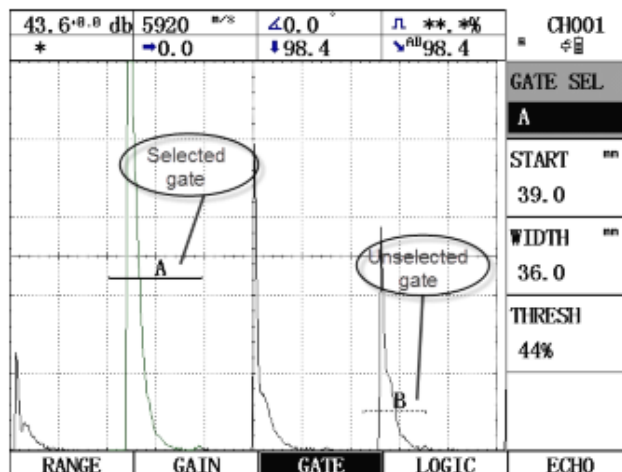


Figura 25. Selección de gate [19]

1.3.3.5 Menú para la calibración

Para Mitech [19], se debe utilizar la función de sonda para activar la separación entre el emisor y receptor, y se tienen los siguientes modos:

- **Longitudinal:** Sirve para el funcionamiento del transductor de haz recto únicamente.
- **Angular:** Sirve para el funcionamiento transductores de haz único.
- **Dual:** Sirve para el uso con doble elemento (TR) sondas; la toma de la mano derecha está conectado con la entrada del amplificador mientras que el pulso inicial está disponible en la toma de la mano izquierda.
- **A través de:** Modo a través de la transmisión por el uso de dos sondas de un solo elemento; el receptor está conectado con la derecha, el generador de impulsos está conectado con la izquierda.

1.3.3.6 Menú de función

Para Mitech [19], con este menú se puede establecer parámetros útiles para la calibración de la figura a soldar según las especificaciones de la misma.

Según [19], pueden permitir el rasgo de figura de soldadura descubriendo las partes de soldadura usando el transductor recto o transversal. Los parámetros de soldadura deberían ser puestos antes de la utilización de este rasgo. Una vez que los parámetros de soldadura han sido colocados correctamente donde corresponden, la figura de soldadura se representará sobre la pantalla a modo de justificar las medidas dadas y revisar si está bien especificado.

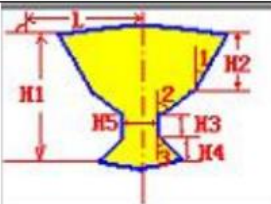


Parámetro de soldadura				
Figura:	OFF		Parámetro de soldadura invalido	
L:	10			
H1:	0			
H2:	3			
H3:	3			
H4:	3			
H5:	2			
Angulo1:	15			
Angulo2:	60			
Angulo3:	45			
 		Paso	Aplicar	Salir

Figura 26. Parámetro de soldadura [19]

1.3.4 Calibración

1.3.4.1 Calibración del equipo de ultrasonido

Según Suarez [20], para la realización de la calibración de los sistemas de los métodos por ultrasonido, se utiliza bloques o trozos con discontinuidades artificiales o superpuestas. Se utilizan artificiales cuando se refiere a la determinación de las características de operación del instrumento y para el transductor, y para superpuestas se establece y produce los ecos de indicación de respuesta.

1.3.4.2 Normas sobre bloques de referencia

Según Barrera [21], los bloques son utilizados con el propósito de comprobar las funciones del equipo y de los palpadores, los mismos que se usaran en la medición, y también se usan para preparar la forma del material y el tamaño de las discontinuidades encontradas.

Para [21], los más comunes son:

- Serie ASTM E-127 (American Society for Testing Materials), set de bloques área-amplitud y distancia-amplitud
- Bloques I.I.W. (International Institute of Welding), bloque V-I, bloque V-2 y bloque de calibración en resolución

1.3.4.3 Bloque de referencia I.I.W.

Para [22], este bloque puede ser hecho de acero o cualquier otro material que se requiera, cuenta con un círculo de perspex ubicado en el orificio con diámetro 50 mm,

y se caracteriza por las entallas laterales que corresponden con el centro del sector de $r=100$ mm, con el que se obtienen sucesiones de ecos de la superficie circular.

Su diseño permite realizar varios tipos de pruebas y calibraciones del equipo de ultrasonido como son:

- Calibración de la base de tiempos con palpador normal
- Calibración de la base de tiempos con palpador angular
- Comprobación de la linealidad vertical
- Comprobación de la linealidad horizontal
- Comprobación del ángulo de haz ultrasónico

Entre otros.

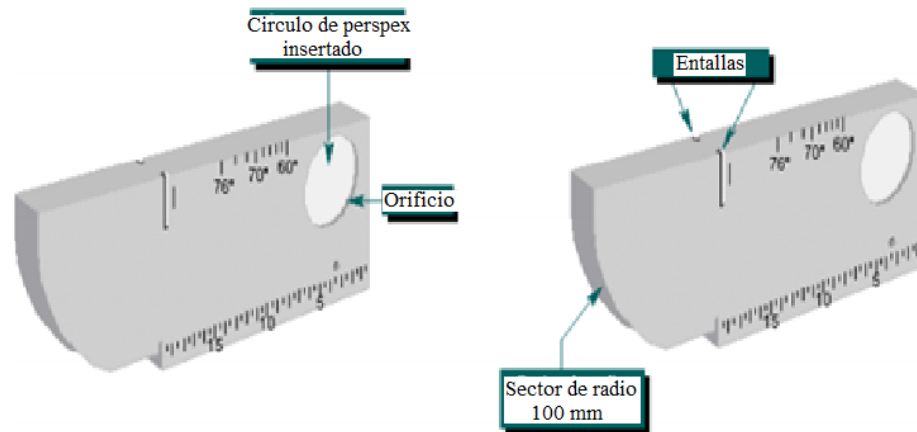


Figura 27. Bloque de referencia I.I.W [21]

1.3.5 Soldadura

Según Sola [22], la soldabilidad es la facilidad que tiene un material para conformar una unión entre distintos objetos del mismo material, así también, mejorar la habilidad de resistir cargas luego de la unión. La soldadura en la metalurgia es determinada por el punto al que pueden soldarse dos metales sin que su composición se altere y esta pueda producir problemas tales como oxidación, tratamiento térmico, etc.

1.3.5.1 Juntas soldadas

Para Ramírez [23], se entiende por juntas la forma de dos o más objetos que van a ser soldados y por juntas soldadas cuando las piezas han sido unidas. La forma de la junta es de gran importancia al momento de ver la resistencia de la unión soldada, el grado

de penetración, el tiempo de trabajo, las tensiones de soldadura y la calidad de la soldadura.

Como indica en [23], en las juntas soldadas a tope, las partes están expuestas en un mismo plano, estas son empleadas para laminas y vigas continuas; después que son soldadas, aceptan solicitaciones de cargas estáticas y dinámicas mayores que las juntas soldadas en ángulo; existen con y sin preparación de bordes.

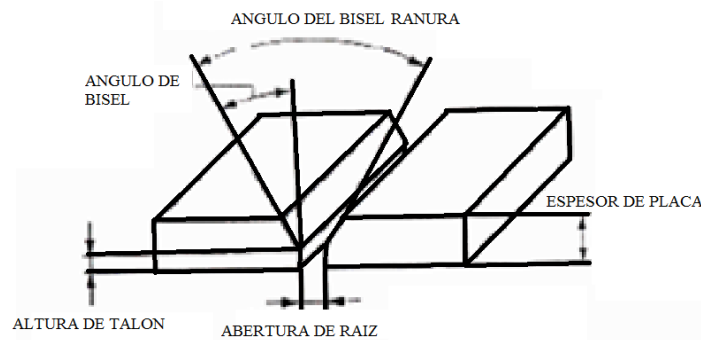


Figura 28. Junta soldada a tope [23]

1.3.5.2 Partes de la junta soldada

Como indica la AWS [24], ya que se haya identificado el tipo de junta, se debe describir exactamente el diseño de junta requerido. Para esto el personal de soldadura e inspección debe ser capaz de identificar aspectos individuales de cada tipo de unión. Según AWS [24], la nomenclatura asociada con estos aspectos incluye:

- Raíz de la junta
- Superficie de bisel
- Superficie de la raíz
- Borde de la raíz
- Abertura de raíz
- Chaflán
- Ángulo de chaflán
- Ángulos de bisel
- Radio del bisel
- Abertura o luz de la raíz
- Talón

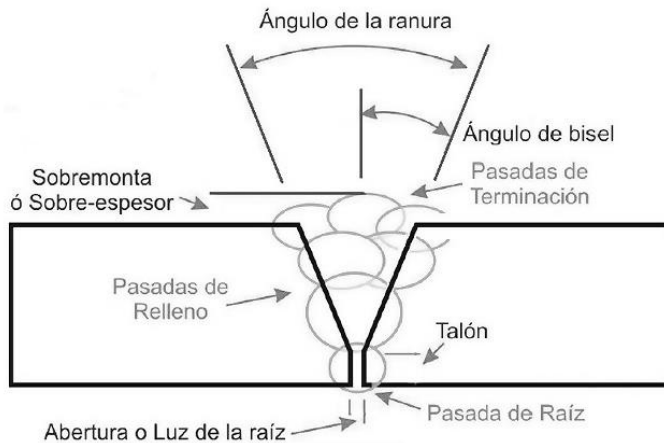


Figura 29. Partes de junta soldada a tope [24]

1.3.6 Tipos de materiales de construcción

1.3.6.1 Acero SAE 1018

Como indica Bohman [25], este sirve para soportar cargas mecánicas no muy severas, pero con cierto grado de tenacidad, estos podrían ser usados en pernos tuercas, piezas para maquinas pequeñas, eje, etc. También es factible para cementación con buena profundidad de penetración debido a su contenido de manganeso. En el momento de soldar es un excelente conductor.

1.3.6.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas que podemos encontrar en este material son:

Propiedad	valor
Esfuerzo de cedencia (kg/mm ²)	min 31
Resistencia a la tracción (kg/mm ²)	51-71
Elongación	20%
Reducción de área	57%
Dureza (HB)	163

Figura 30. Propiedades mecánicas acero 1018 [25]

1.3.6.2 Acero inoxidable

Según [26], tenemos que, una de las desventajas del acero es la oxidación, y para evitar este inconveniente se coloca una capa de cromo, el cual, al añadirlo en un proceso de fusión, evitamos la oxidación del mismo, y a este material lo conocemos como acero inoxidable.

El cromo posee una gran afinidad al oxígeno y reacciona con él, formando una capa de óxido de cromo que impide el ingreso del oxígeno en el material evitando así la corrosión.

1.3.6.2.1 Propiedades mecánicas acero inoxidable

Las propiedades mecánicas que podemos encontrar en este material son:

VENTAJAS	EXPLICACIÓN DETALLADA
Resistencia a la corrosión	Los aceros de baja aleación, resisten la corrosión en condiciones atmosféricas; los aceros inoxidables altamente aleados pueden resistir la corrosión en la mayoría de los medios ácidos, incluso a elevadas temperaturas.
Resistencia a la alta y baja temperatura	Algunos aceros resisten grandes variaciones térmicas y mantendrán alta resistencia a temperaturas muy altas, otros demuestran dureza excepcional a temperaturas criogénicas.
Facilidad para la fabricación	La mayoría pueden ser cortados, soldados, forjados y mecanizados con resultados satisfactorios
Resistencia mecánica	La característica de endurecimiento por trabajo en frío de algunos aceros inoxidables se usa en el diseño para reducir espesores y así, los costos. Otros pueden ser tratados térmicamente para hacer componentes de alta resistencia
Estética	Está disponible en muchas terminaciones superficiales. Se mantiene fácilmente dando por resultado una alta calidad.
Propiedades higiénicas	La facilidad de limpieza lo hace la primera opción en hospitales, cocinas, e instalaciones alimenticias y farmacéuticas

Figura 31. Propiedades mecánicas acero inoxidable [26]

1.3.6.3 Plástico ABS

Según Dietz [27], los plásticos pueden ser blandos, tenaces, duros, quebradizos, transparentes, etc. Estos pueden llegar a ser muy inflamables, pero tienen facilidad para auto extinguirse, poseen una excelente resistencia a la intemperie, en fin, tienen una vasta cantidad de propiedades.

Para [27], existen entre 20 a 30 familias de materiales denominados plásticos, por eso es difícil definir una sola cualidad a este tipo de material.

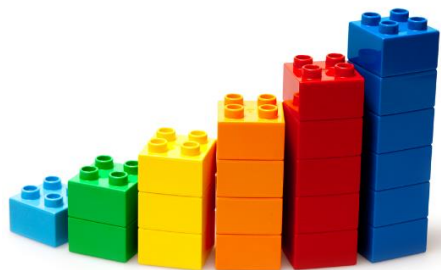


Figura 32. Plástico [27]

Como indica en [28], el ABS es un material usado para la fabricación, es el plástico más utilizado dentro de la industria 3D. En la actualidad lo encontramos en carrocerías,

electrodomésticos y celulares. Este puede llegar a soportar una temperatura de 230° y también puede soportar temperaturas bajas de hasta -20 grados. Tiene alta resistencia y es reutilizable, pero no es biodegradable.



Figura 33. Plástico ABS [28]

1.3.6.3.1 Propiedades comunes de los plásticos

Para [29] y [30], estas son propiedades comunes de los plásticos:

- Los plásticos se llaman así por sus propiedades plásticas, debido a que pueden moldearse con facilidad.
- Estos son materiales orgánicos, a diferencia del hormigón y el cristal.
- Los plásticos son materiales sintéticos, productos de la industria química.
- Soportan bajas temperaturas antes de fundirse y esto genera una mejor condición de movimiento del mismo.

1.3.6.4 Madera MDF

Para [29] y [30], la madera MDF significa fibra de densidad media, este tipo de tablero es fabricado de fibras de maderas y resinas sintéticas comprimidas, con esto se genera una mayor densidad que los productos normales, este realmente es un producto derivado de la madera mas no madera en sí.

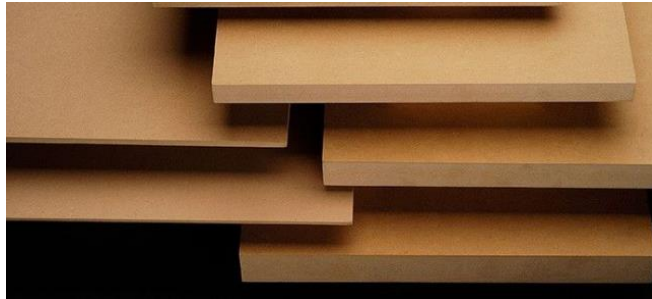


Figura 34. Lamina MDF [29]

1.3.7 Manual de uso

Según González [31], el manual de usuario expone los procesos que el usuario puede realizar con el sistema implantado, instruyéndolo en su uso y en la solución de los problemas que puedan suceder durante la operación. Para lograr esto, es necesario que se detallen todas las características que tienen los programas y la forma de acceder e introducir la información. Permite a los usuarios conocer en detalle qué actividades deberán desarrollar para la consecución de los objetivos del sistema. Reúne la información, normas y documentación necesarias para que el usuario conozca y utilice adecuadamente la aplicación desarrollada.

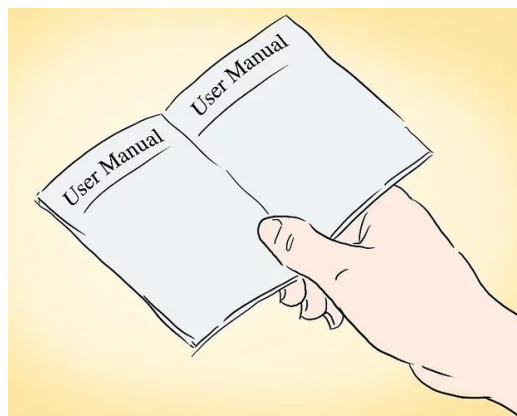


Figura 35. Manual de uso [31]

CAPITULO II

METODOLOGIA

2.1 Materiales

2.1.1 Selección de alternativas

2.1.1.1 Software para control de la maquina

Para la selección de software se ha tomado en cuenta diferentes sistemas que se encuentran presentes en la actualidad para el uso de automatizaciones. Los cuales ayudan a realizar de manera más fácil proyectos tanto de baja como de alta magnitud. Además de esto presentan un uso cotidiano muy común en la ingeniería. Para esto he decidido tomar en cuenta 4 alternativas:

- Alternativa 1 Arduino
- Alternativa 2 Raspberry
- Alternativa 3 Programación lógica de control (PLC)
- Alternativa 4 Adquisición de datos (DAQ)

2.1.1.2 Criterios para la selección de alternativas

Para esto se ha decidido tomar un orden jerárquico para la toma de decisiones y estos son:

Tabla 1. Tabla descripción de criterios

Criterio	Descripción
Costos	El precio es indispensable en la actualidad debido a que se busca tener control sobre los gastos de una empresa o institución.
Disponibilidad	Con que facilidad se encuentra en el mercado según la necesidad. Además de su tiempo para permanecer en buena utilidad.
Fiabilidad	Aunque cada producto tenga una garantía específica se debe tener una experiencia que sustente la fiabilidad del mismo.
Tamaño	Es importante saber sobre las dimensiones del producto porque un sistema sumamente grande no serviría con un proyecto de mínimas dimensiones.

Fuente: Autor

Criterio	Descripción
Montaje	La facilidad que tiene el producto para poder acoplar sus piezas al proyecto, además de su compaginado con el equipo.
Innovación	La tecnología que se encuentra dentro del sistema la cual facilite la utilización y creación del software.

2.1.1.3 Criterios de ponderación

Estos criterios de ponderación son tomados por el autor y se ha decidido por esta selección:

Tabla 2. Criterio de ponderación

Valor	Criterio
1	En base al criterio este valor es menos importante que el de la columna
5	En base al criterio este valor es igual al de la columna
10	En base al criterio este valor es más importante que el de la columna

Fuente: Autor

Con estos valores de ponderación podemos concluir que el producto con la mayor valoración será la mejor alternativa para el proyecto.

Las matrices de las tablas se pueden encontrar en el anexo A y B.

2.1.1.4 Evaluación entre criterios software control de maquina

Tabla 3. Evaluación entre criterios software control de maquina

Criterio	Costo	Disponibilidad	Fiabilidad	Tamaño	Montaje	Innovación	Sumatoria +10	Ponderación
Costo		10	5	10	10	5	50	0,23
Disponibilidad	1		5	10	10	5	41	0,19
Fiabilidad	5	5		10	10	5	45	0,20
Tamaño	1	1	1		5	1	19	0,10
Montaje	1	1	1	5		5	23	0,10
Innovación	5	5	5	10	5		40	0,18
						Suma	218	1

Fuente: Autor

2.1.1.5 Evaluación del criterio costo software control de maquina

Tabla 4. Criterio Costos software control de maquina

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		10	10	5	35	0,34
Alternativa 2	1		10	5	26	0,25
Alternativa 3	1	1		1	13	0,125
Alternativa 4	5	5	10		30	0,29
				Suma	104	1

Fuente: Autor

2.1.1.6 Evaluación del criterio disponibilidad software control de maquina

Tabla 5. Criterio Disponibilidad software control de maquina

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		5	10	10	35	0,37
Alternativa 2	5		5	5	25	0,27
Alternativa 3	1	5		5	21	0,23
Alternativa 4	1	5	5		21	0,23
				Suma	92	1

Fuente: Autor

2.1.1.7 Evaluación del criterio fiabilidad software control de maquina

Tabla 6. Criterio Fiabilidad software control de maquina

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		5	5	10	30	0,29
Alternativa 2	5		5	10	30	0,29
Alternativa 3	5	5		10	30	0,29
Alternativa 4	1	1	1		13	0,13
				Suma	103	1

Fuente: Autor

2.1.1.8 Evaluación del criterio tamaño software control de maquina

Tabla 7. Criterio tamaño software control de maquina

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		5	10	5	30	0,29
Alternativa 2	5		10	5	30	0,29
Alternativa 3	1	1		1	13	0,13
Alternativa 4	5	5	10		30	0,29
				Suma	103	1

Fuente: Autor

2.1.1.9 Evaluación del criterio montaje software control de maquina

Tabla 8. Criterio montaje software control de maquina

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		5	5	5	25	0,25
Alternativa 2	5		5	5	25	0,25
Alternativa 3	5	5		5	25	0,25
Alternativa 4	5	5	5		25	0,25
				Suma	100	1

Fuente: Autor

2.1.1.10 Evaluación del criterio innovación software control de maquina

Tabla 9. Criterio innovación software control de maquina

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		5	10	10	35	0,33
Alternativa 2	5		10	10	35	0,33
Alternativa 3	1	1		10	22	0,21
Alternativa 4	1	1	1		13	0,13
				Suma	105	1

Fuente: Autor

2.1.1.11 Tabla de conclusiones software control de maquina

Tabla 10. Tabla de conclusiones software control de maquina

Criterio	Costo	Disponibilidad	Fiabilidad	Tamaño	montaje	Innovación	Sumatoria	Ponderación
Alternativa 1	0,34	0,37	0,29	0,29	0,25	0,33	1,870	0,3116
Alternativa 2	0,25	0,27	0,29	0,29	0,25	0,33	1,680	0,2725
Alternativa 3	0,13	0,23	0,29	0,13	0,25	0,21	1,235	0,2004
Alternativa 4	0,29	0,23	0,13	0,29	0,25	0,13	1,320	0,2145
						Suma	6,105	1

Fuente: Autor

Tomando en cuenta los resultados se ha llegado a la conclusión de que la alternativa más viable es la “Alternativa 1” que es la del programa arduino con el cual se realizara los programas para el proyecto actual.

2.1.1.12 Selección de alternativa para motor

Debido a que el proyecto es en esencia pequeño, el motor comúnmente utilizado es un motor a paso, el cual es de uso común para maquinas CNC u proyectos de no tan grande escala, el cual permite realizar movimiento en base al Angulo que se desee girar. El modelo utilizado es el kl17h248-15-4a. datasheet se encuentra en el anexo D.

2.1.1.13 Selección de alternativa para base

Para la realización de los materiales base se optó por tener 4 alternativas que son:

- Alternativa 1 Acero SAE 1018
- Alternativa 2 Acero estructural A36
- Alternativa 3 Acero inoxidable 304
- Alternativa 4 Hierro fundido

Para esta alternativa se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

- Costo
- Definición
- Fiabilidad
- Tamaño

2.1.1.14 Evaluación entre criterios material base

Para este criterio no se tomó en cuenta la disponibilidad debido a que se encuentran en el mercado casi de igual manera. A su vez se decidió por ver la definición externa de los mismos.

Tabla 11. Evaluación entre criterios material base

Criterio	Costo	Definición	Fiabilidad	Tamaño	Sumatoria +10	Ponderación
Costo		10	10	10	40	0,38
Definición	1		5	10	26	0,25
Fiabilidad	1	5		10	26	0,25
Tamaño	1	1	1		13	0,12
				Suma	105	1

Fuente: Autor

2.1.1.15 Evaluación del criterio costo material base

Tabla 12. Criterio costo material base

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		10	5	10	35	0,33
Alternativa 2	1		1	10	22	0,21
Alternativa 3	5	10		10	26	0,25
Alternativa 4	10	1	1		22	0,21
				Suma	105	1

Fuente: Autor

2.1.1.16 Evaluación del criterio definición material base

Tabla 13. Criterio definición material base

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		5	1	1	17	0,16
Alternativa 2	5		1	1	17	0,16
Alternativa 3	10	10		5	35	0,34
Alternativa 4	10	10	5		35	0,34
				Suma	104	1

Fuente: Autor

2.1.1.17 Evaluación Del Criterio Fiabilidad material base

Tabla 14. Criterio fiabilidad material base

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		5	5	10	30	0,29
Alternativa 2	5		5	10	30	0,29
Alternativa 3	5	5		10	30	0,29
Alternativa 4	1	1	1		13	0,13
				Suma	103	1

Fuente: Autor

2.1.1.18 Evaluación del criterio tamaño material base

Tabla 15. Criterio tamaño material base

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		5	5	10	30	0,29
Alternativa 2	5		5	10	30	0,29
Alternativa 3	5	5		10	30	0,29
Alternativa 4	1	1	1		13	0,13
				Suma	105	1

Fuente: Autor

2.1.1.19 Tabla de conclusiones material base

Tabla 16. Tabla de conclusiones material base

Criterio	Costo	Definición	Fiabilidad	Tamaño	Sumatoria	Ponderación
Alternativa 1	0,33	0,16	0,29	0,29	1,07	0,27
Alternativa 2	0,21	0,16	0,29	0,29	0,95	0,24
Alternativa 3	0,25	0,34	0,29	0,29	1,17	0,29
Alternativa 4	0,21	0,34	0,13	0,13	0,81	0,20
				Suma	4	1

Fuente: Autor

Tomando en cuenta que la alternativa 1 y la alternativa 3 son las mejor especificadas podemos optar por utilizar las dos, debido al costo que genera la alternativa 3 ya que el acero inoxidable es más caro. Como conclusión tenemos que las partes más visibles

del proyecto serán de acero inoxidable (alternativa 3) y las partes que soporten mayor peso y no sean muy visibles se harán con acero SAE 1080 (alternativa 1).

2.1.1.20 Selección de alternativa para cubierta

Para la realización de la alternativa se tomará en cuenta el mismo criterio de aceptación anterior teniendo así las siguientes alternativas para la cubierta del proyecto:

- Alternativa 1 Hierro Fundido -Alternativa 3 Acrílico
- Alternativa 2 MDF

Para esta alternativa se tomarán en cuenta los siguientes criterios

- Costo
- Disponibilidad
- Fiabilidad
- Tamaño

2.1.1.21 Evaluación entre criterios material cubierta

Tabla 17. Evaluación entre criterios material cubierta

Criterio	Costo	Disponibilidad	Fiabilidad	tamaño	Sumatoria +10	Ponderación
Costo		10	10	10	40	0,38
Disponibilidad	1		5	10	26	0,25
Fiabilidad	1	5		10	26	0,25
tamaño	1	1	1		13	0,12
				Suma	105	1

Fuente: Autor

2.1.1.22 Evaluación del criterio costo material cubierta

Tabla 18. Criterio costo material cubierta

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		1	1	12	0,2
Alternativa 2	10		5	25	0,40
Alternativa 3	10	5		25	0,40
			Suma	62	1

Fuente: Autor

2.1.1.23 Evaluación del criterio disponibilidad material cubierta

Tabla 19. Criterio disponibilidad material cubierta

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		1	1	12	0,2
Alternativa 2	10		5	25	0,40
Alternativa 3	10	5		25	0,40
			Suma	62	1

Fuente: Autor

2.1.1.24 Evaluación del criterio fiabilidad material cubierta

Tabla 20. Criterio fiabilidad material cubierta

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		10	10	30	0.48
Alternativa 2	1		5	16	0.26
Alternativa 3	1	5		16	0.26
			Suma	62	1

Fuente: Autor

2.1.1.25 Evaluación del criterio tamaño material cubierta

Tabla 21. Criterio tamaño material cubierta

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Sumatoria +10	Ponderación
Alternativa 1		1	1	12	0.20
Alternativa 2	10		5	25	0.40
Alternativa 3	10	5		25	0.40
			Suma	62	1

Fuente: Autor

2.1.1.26 Tabla de conclusiones material cubierta

Tabla 22. Tabla conclusiones material cubierta

Criterio	Costo	Disponibilidad	Fiabilidad	Tamaño	Sumatoria	Ponderación
Alternativa 1	0,2	0,2	0,48	0,2	1,080	0,27
Alternativa 2	0,4	0,4	0,26	0,4	1,460	0,365
Alternativa 3	0,4	0,4	0,26	0,4	1,460	0,365
				Suma	4,00	1



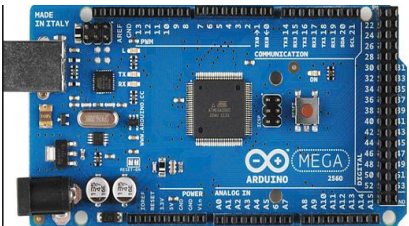
Fuente: Autor

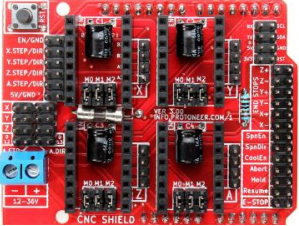






Tomando en cuenta que la estructura base sostiene el peso y la cubierta no, Además con el resultado en el que la alternativa 2 y 3 son iguales, se optó por utilizar MDF para ahorro de costos.

2.1.2 Materiales y costos

2.1.2.11 Lista de materiales

Tabla 23. Lista de materiales General

Materiales	Representación
Motor a pasos k117h248-15-4 ^a	
Driver A4988	
Arduino mega	

Materiales	Representación
CNC shield	
Shield CNC	
Motor bomba agua	
Eje acero inoxidable	
Eje acero SAE 1018	
Piezas ABS	
Lamina MDF	

Materiales	Representación
Polea dentada 5mm	
Acople flexible 5mm a 8mm	
Acople eje roscado bronce	
Acople LMU88 8mm	
Correa dentada 6mm	
Finales de carrera	

Fuente: Autor

2.1.2.2 Costos de materia prima

Tabla 24. Costos de materia prima

Costos materia prima					
N.-	Cant.	Descripción	Material	Valor u.	Valor total
1	4	Motores a pasos	12 a 24 V 1,5 a 3 A	20,18	\$ 80,72
2	4	Driver motor a pasos	Controlador de motores a pasos	4,46	\$ 17,84
3	1	Arduino mega	Sistema de funcionamiento	20,54	\$ 20,54
4	1	Shield LCD	Pantalla LCD	11,3	\$ 11,3
5	40	Cables de conexión	Pin macho a hembra	0,13	\$ 5,2
6	40	Cables de conexión	Pin de hembra a hembra	0,07	\$ 2,8
7	1	Motor bomba	5 a 12V 1,5 A	6,5	\$ 6,5
8	1	Shield CNC	Para 4 motores a pasos	8,45	\$ 8,45
9	273	Ejes acero 8mm	Inoxidable cantidad por cm	0,17	\$ 46,325
10	3,16	Eje acero 5/16	Transmisión cantidad por m	3	\$ 9,48
11	73	Piezas ABS	Cantidad por hora	2,5	\$ 182,5
12	7	Laminas MDF	Corte laser	15	\$ 105
13	100	Tornillos	Alturas distintas* M5	0,04	\$ 4
14	100	Tuercas	M5	0,02	\$ 2
15	100	Arandelas	M5	0,02	\$ 2
16	4	Polea dentada	Acero inoxidable	4,5	\$ 18
17	2	Acople eje roscado	Rosca 8 mm bronce	4,5	\$ 9
18	2	Acople flexible	Acero inoxidable de 8mm a 5mm	5	\$ 10
19	8	LMU88	Acero 8mm	4	\$ 32
20	2	Correa dentada	Caucho 4mm	2,5	\$ 5
21	6	Finales de carrera	Final de carrera pequeño	0,25	\$ 1,5
TOTAL				113,13	\$ 580,15

Fuente: Autor

2.1.2.3 Costos mano de obra

Tabla 25. Costo mano de obra

Costos mano de obra			
Proceso	Tiempo (h)	Costo (c/h)	Costo total
Torneado de ejes transmisión	4	5	\$ 20
Torneado de ejes acero inoxidable	4	6	\$ 24
Pintado MDF	15	6	\$ 90
Conexión eléctrica	10	8	\$ 80
Acabados	14	8	\$ 112
TOTAL			\$ 326

Fuente: Autor

2.1.2.4 Costos indirectos

Tabla 26. Costos indirectos

Costos indirectos			
Proceso	Tiempo (h)	Costo (c/h)	Costo total
Diseñado	22	8	\$ 175
Software	69	8	\$ 550
Transporte	12	15	\$ 180
Alimentación	1	15	\$ 15
Papelería	3	15	\$ 45
Servicios internet	25	1	\$ 25
TOTAL			\$ 990

Fuente: Autor

2.1.2.5 Costo total del proyecto

Tabla 27. Costo total del proyecto

Costo Final	
Costo materia prima	\$ 580,15
Costo mano de obra	\$ 326
Costo indirecto	\$ 990
TOTAL	\$ 1896,15

Fuente: Autor

2.1.3 Relación costo-beneficio

2.1.3.1 Costo operativo

Tabla 28. Costo operativo

Costo anual de operario			
Cantidad	Tiempo (h)	Costo (c/h)	Costo total
1	240	\$ 8	\$ 1920

Fuente: Autor

2.1.3.2 Valor total expresado en 1 año

Tabla 29. Valor expresado en 1 año

Valor total expresado en 1 año			
Elemento	Valor	meses	Valor total
Costo total	\$ 1896,15	12	\$ 158,012
Costo operativo	\$ 1920	12	\$ 160
TOTAL			\$ 318,012

Fuente: Autor

2.1.3.3 Utilidad y costo beneficio

Tabla 30. Utilidad y costo beneficio

Utilidad y costo beneficio			
Valor	utilidad	Cant. clientes	Valor total
\$ 318,012	30%	10	\$ 41,34

Fuente: Autor

2.2 METODOS

2.2.1 Diseñar el sistema semi-automatico basado en los parámetros de control

Para empezar a diseñar el sistema se necesita saber con qué hardware y software se va realizar la programación.

Habiendo realizado la evaluación de criterios y teniendo ya una alternativa seleccionada (alternativa 1 selección de software), podemos empezar a realizar en diseño del mismo en el programa ya establecido.

Para la realización de los comandos dentro del software se debe realizar una separación de las opciones que se realizaran en el mismo. Para esto se basó en el “equipo MFD 800B” el cual como ya se observo tiene dos tipos de transductores, recto y transversal, se optó por realizar una configuración para cada uno de estos; para esto se especificará a continuación cada opción y su función dentro del programa con un diagrama de flujo establecido.

2.2.1.1 Primera opción en el funcionamiento

Empezando por la opción 1 que es la de transductor recto. Para esta opción se utilizarán varios puntos que serán determinados por el usuario los cuales serán:

- Cantidad de censos en eje X (CL) mm
- Cantidad de censos en eje Y (CA) mm
- Distancia entre censos en eje X (DL) mm
- Distancia entre censos en eje Y (DA) mm
- Tiempo de espera entre cada censo (TE) segundos



Figura 36. Transductor recto [autor]

Con lo cual el sistema podrá definir con un punto 0, 0, 0 el espacio que recorrerá en el eje X y eje Y, este mismo internamente tendrá la función de lubricar el punto al que ira antes de censar y el tiempo que esperará en cada punto será dado por el usuario en segundos.

Además, en ambas opciones se puede escoger la opción de detenido (STOP FISICO) lo que producirá que el equipo detenga su función y se pueda retornar al origen debido a que se pueden generar errores al momento de producir el movimiento, también de un error eléctrico etc.

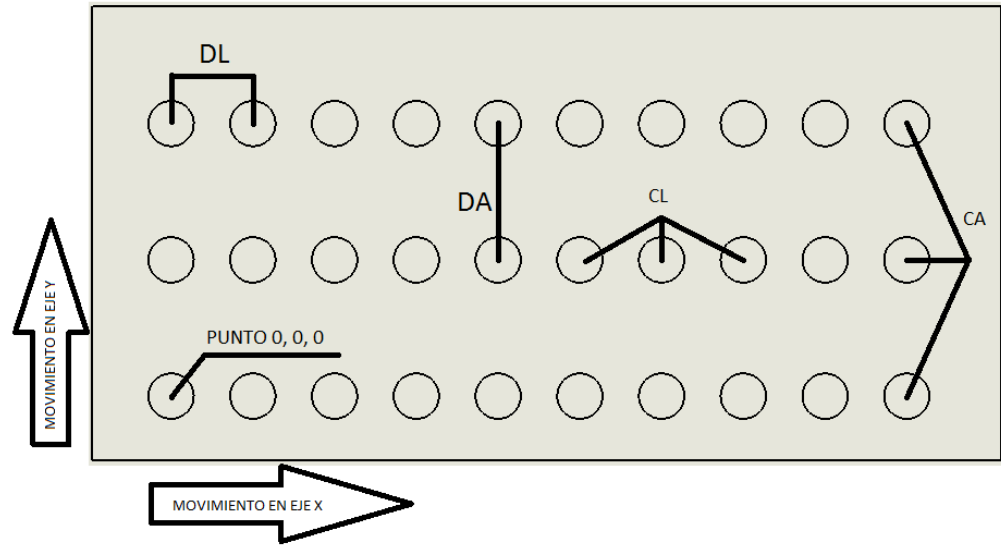


Figura 37. Modelo de movimiento primera opción [autor]

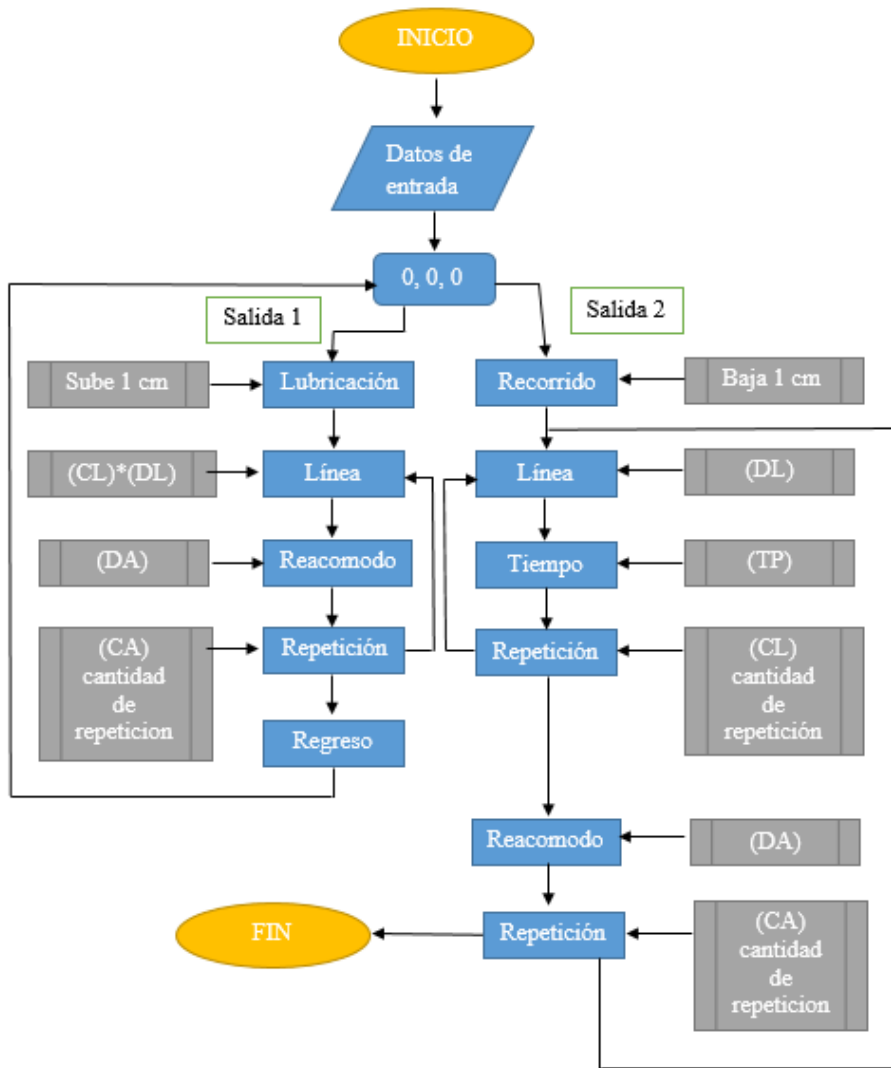


Figura 38. Diagrama de flujo opción 1 [autor]

Con esto el sistema empezará el movimiento donde ira de izquierda a derecha y al finalizar la línea regresará al primer punto y subirá al siguiente para empezar la siguiente línea. Al finalizar el proceso el equipo le dará la opción de regresar al inicio del programa o a su vez regresar al principio de encendido.

2.2.1.2 Segunda opción en el funcionamiento

Esta opción se basa en la utilización del transductor transversal el cual genera las ondas en manera de ángulo.



Figura 39. Transductor angular [autor]

Para la realización de los comandos dentro la opción 2, que es para el uso del transductor angular, se necesitará de cálculos basados en la distancia entre el cordón de la soldadura y la posición que se dará al transductor y para esto tenemos los datos que el usuario deberá ingresar:

- Dar valor largo de placa (LP) mm
- Dar valor ancho de placa (AP) mm (de tope frontal de la placa a la mitad del cordón de soldadura)
- Dar valor espesor de placa (EP) mm
- Dar valor ancho de cordón de soldadura (AS) mm
- Dar ángulo de transductor (AT) grados
- Dar distancia entre censo (DS) mm
- Dar tiempo de espera en cada censo (TE) segundos

Con esto el sistema podrá empezar a realizar los cálculos con los que se efectuará el movimiento.

Según indica Ticona [32], tenemos que:



Figura 40. Ubicación para skip distance [32]

Así tenemos que:

SD= skip distance

T = espesor de placa

α = angulo del transductor

Entonces tenemos:

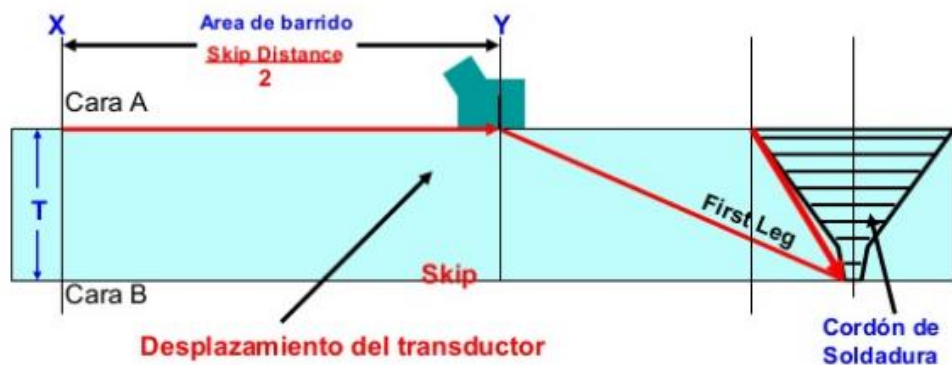


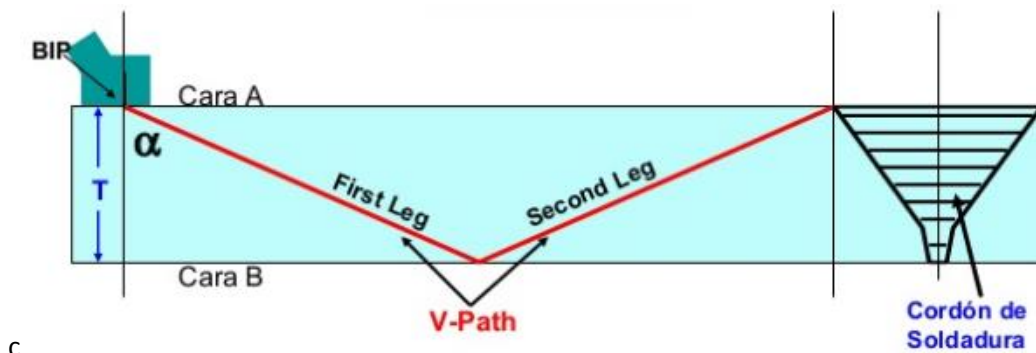
Figura 41. Skip distance sobre 2 [32]

$$\tan \alpha = \frac{\frac{SD}{2}}{T}$$

Despejando esta fórmula obtendremos:

$$(SD1) = \frac{SD}{2} = T * \tan \alpha \quad \text{Ec (1)}$$

Y para



c

Figura 42. Skip distance [32]

Tenemos:

$$\tan\alpha = \frac{\frac{SD}{2}}{T}$$

La cual despejando obtendremos:

$$(SD2) = 2T * \tan\alpha \quad \text{Ec (2)}$$

Con estos dos cálculos realizados el software realizara una sustracción que indicara el primer punto para el sensor.

$$1M = (AP) - P1 - SD2 \quad \text{Ec (3)}$$

Donde:

1M= primera posición

AP= distancia entre parte frontal de placa y mitad del cordón de soldadura

SD2= skip distance 2

Teniendo en cuenta que:

$$P1 = AS/2 \quad \text{Ec (4)}$$

Donde:

AS = ancho del cordón de soldadura

Para el segundo movimiento el sistema realizará otra operación, pero en este caso será dada por:

$$2M = SD2 + P1 - SD1 \quad \text{Ec (5)}$$

Donde:

2M= segunda posición

SD1= skip distance 1

SD2= skip distance 2

Y para la tercera posición será tomado el valor que el usuario da entre censado y censado teniendo así:

$$3M = (DS) \quad \text{Ec (6)}$$

Donde:

3M= tercera posición

Obteniendo las 3 posiciones el sistema hará un cálculo para establecer cuantos movimientos deberá realizar:

$$RP = \left(\frac{LP}{DS}\right) \quad \text{Ec (7)}$$

Donde:

RP= número de repeticiones

LP= largo de la placa en x

DS= distancia entre censos

Con los datos ya establecidos el censor ejecutara un movimiento en forma de C para cubrir la mayor parte de la zona a inspeccionar.

La cual será dada por la sucesión:

Movimiento 1= $+1M$

Movimiento 2= $+2M + 3M$

Movimiento 3= $-2M$

Movimiento 4= La repetición del movimiento 2 en base al número de repeticiones (RP)

Para la conclusión del ciclo se abre un cuadro en el cual se especifica si se regresara al inicio del ciclo o bien volver al origen

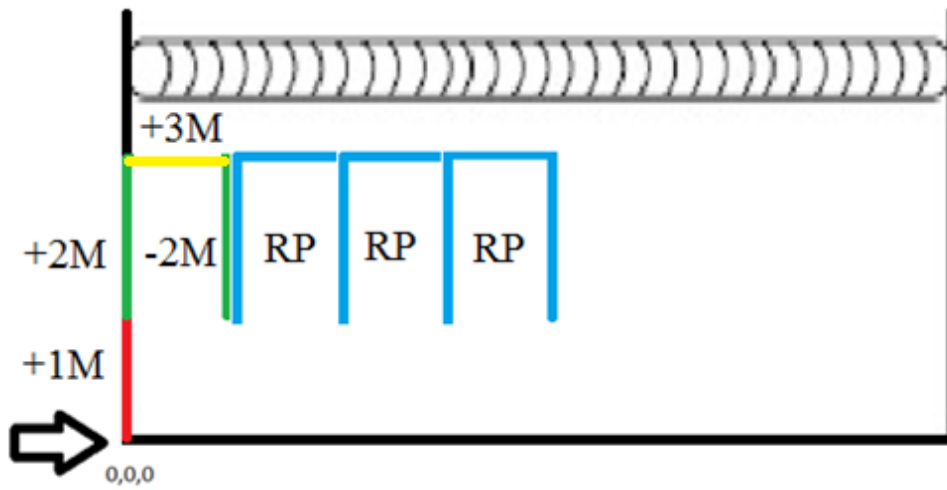


Figura 43. Modelo de movimiento segunda opción [autor]

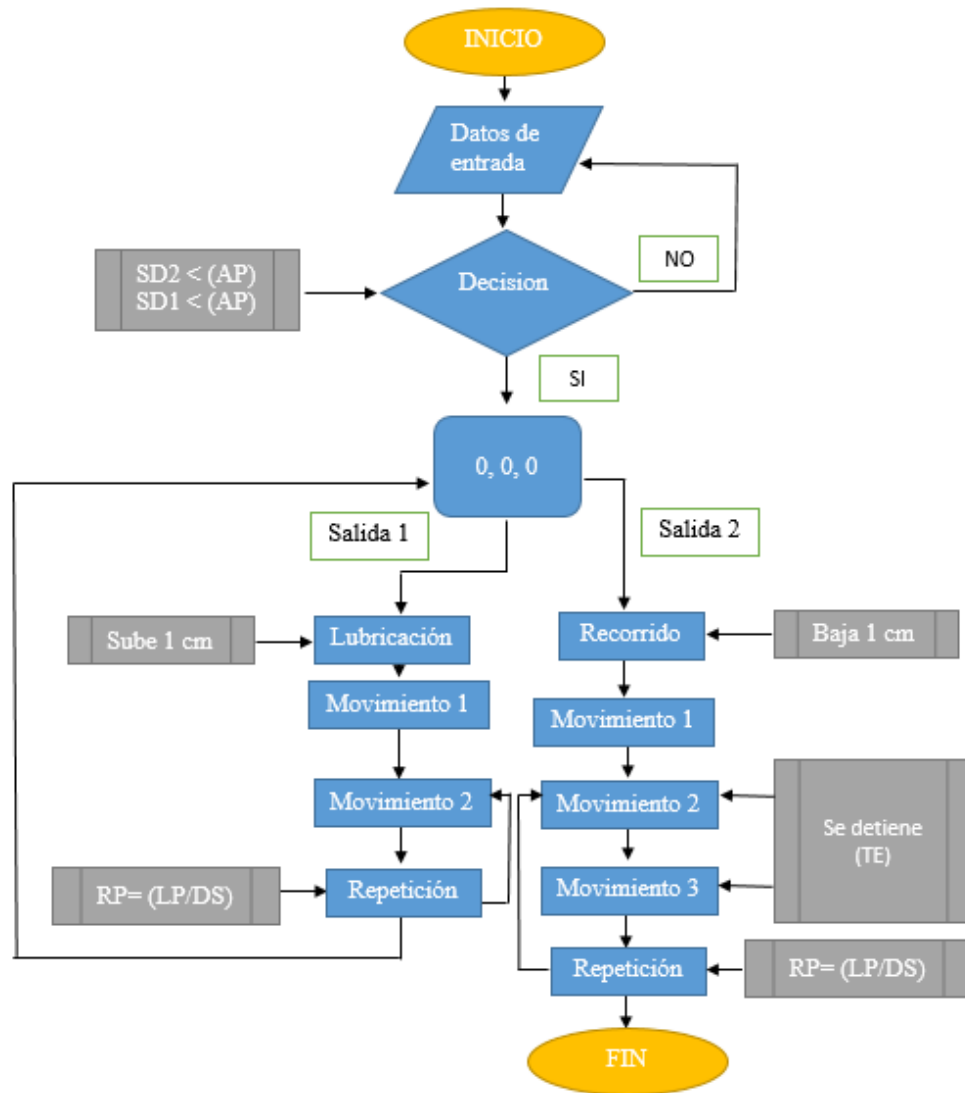


Figura 44. Diagrama de flujo opción 2 [autor]

2.2.2 Construir la estructura base del sistema

2.2.2.1 Construcción base para sensores

Para iniciar con la construcción se necesita saber los parámetros que se utilizarán en el sistema, para esto tenemos que saber las dimensiones de los transductores del equipo MFD 800B los cuales son:

- Transductor recto

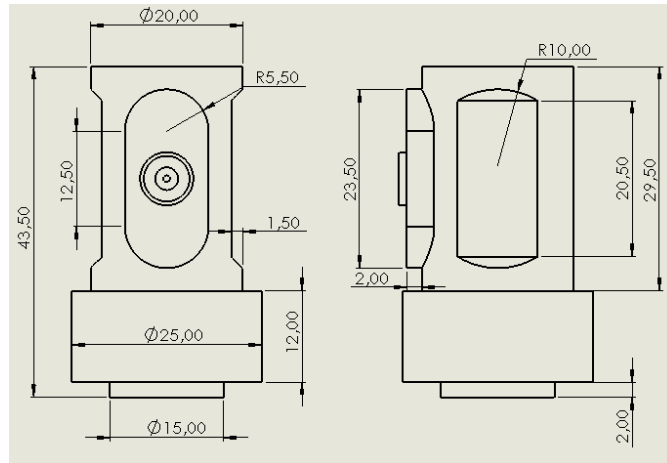


Figura 45. Transductor recto dimensiones [autor]

Con lo cual se optó por un diseño sencillo que pueda sostener el transductor en las condiciones necesarias, lo que conlleva a:

- Vista frontal

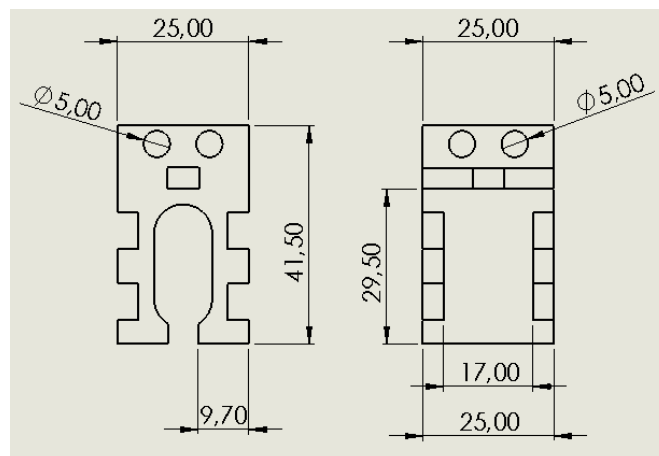


Figura 46. Vista frontal agarre recto [autor]

- Vista lateral

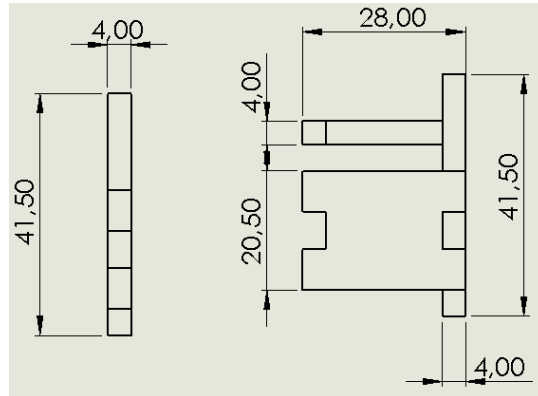


Figura 47. Vista lateral agarre recto [autor]

- Transductor angular

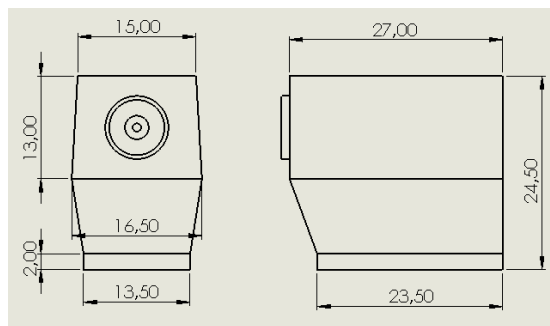


Figura 48. Transductor angular dimensiones [autor]

Diseño para sostener transductor angular:

- Vista frontal

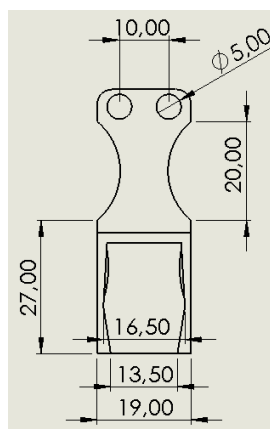


Figura 49. Vista frontal agarre angular [autor]

- Vista lateral

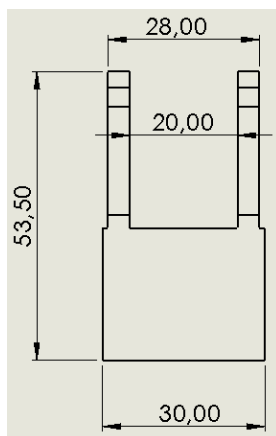


Figura 50. Vista lateral agarre angular [autor]

Con estos datos se procede a realizar un diseño que logre sostener los sensores en una posición recta la cual permita la mejor medición de la discontinuidad.

2.2.2.2 Construcción base para probeta

Para la parte de las bases donde se colocarán las probetas de ensayo se necesitará basarse en varios modelos definidos bajo la norma “AWS D1.1” y una placa realizada por un soldador calificado. Se tomarán estas disposiciones para las respectivas medidas:

A. AWS D1.1 figura 4.21 placa de prueba para espesor ilimitado-calificación del soldador.

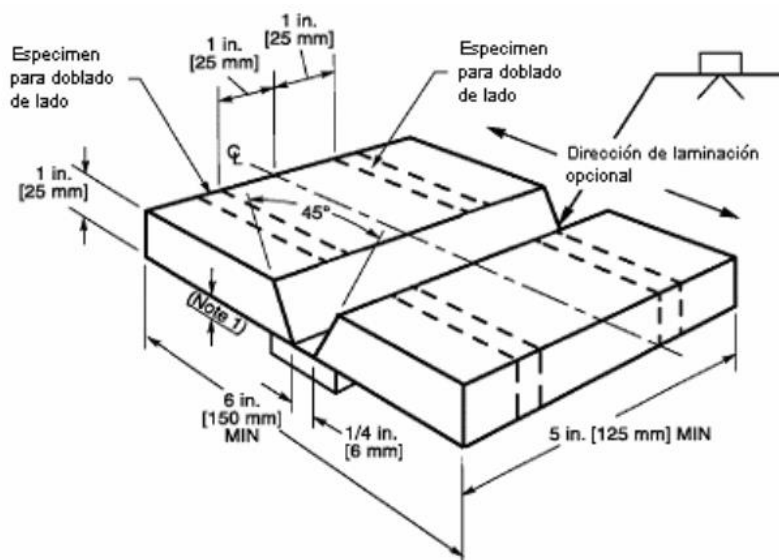


Figura 51. AWS D1.1 figura 4.21 [24]

B. AWS D1.1 figura 4.30 placa para prueba de espesor limitado-todas las posiciones para calificación del soldador.

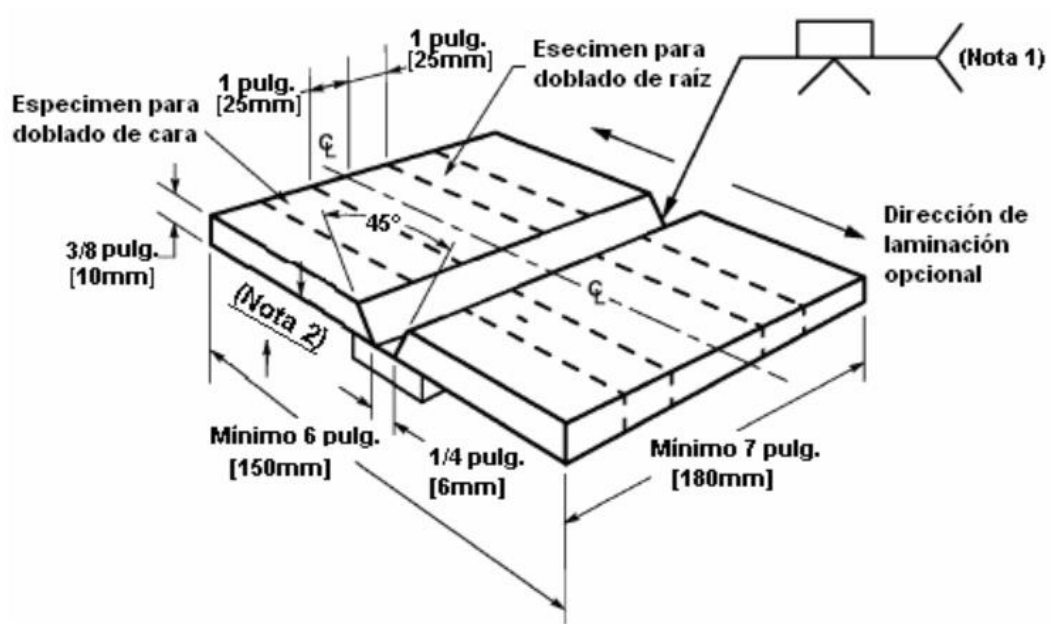


Figura 52. AWS D1.1 figura 4.30 [24]

C. Placa soldada por soldador calificado con medidas especificadas por el laboratorio de materiales

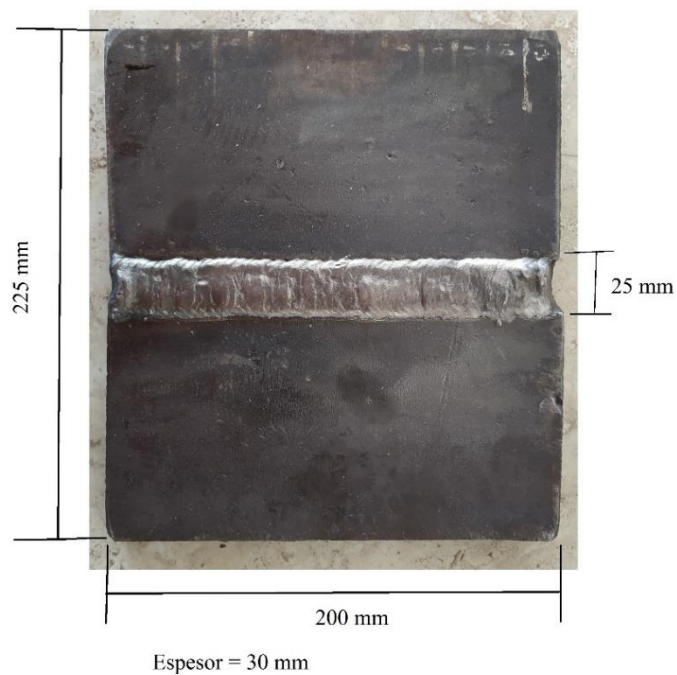


Figura 53. Placa soldada calificada [autor]

Basándonos en los especímenes seleccionados para las medidas de la base se realiza el croquis de los mismos con el fin de detallar el espacio útil del equipo.

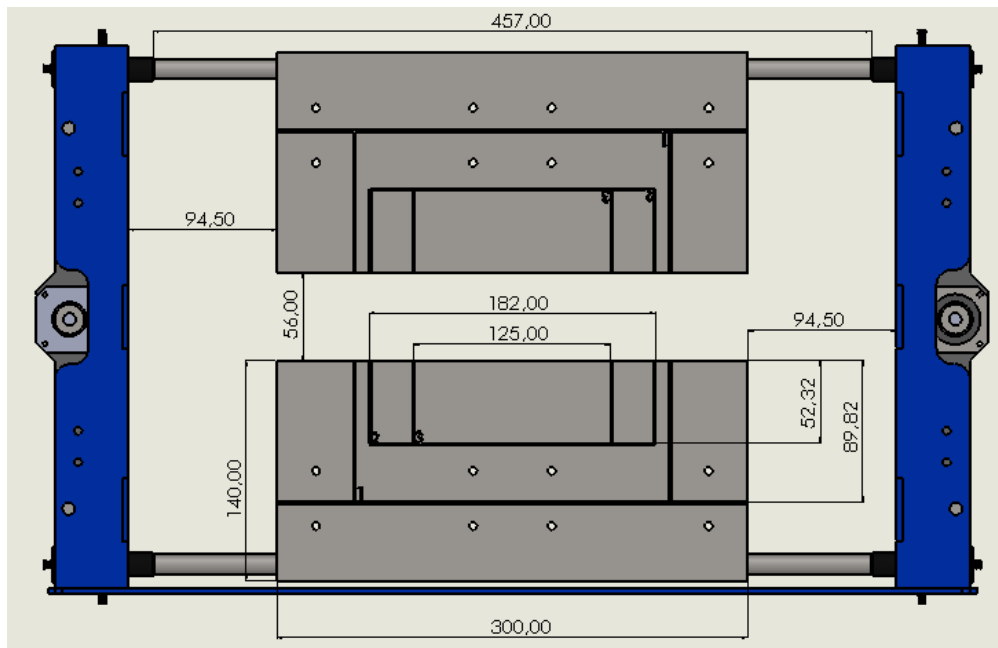


Figura 54. Vista superior base para placas [autor]

2.2.2.3 Análisis de estado crítico para la base

Datos de entrada de placa a inspeccionar en estado crítico

Dimensiones: (42 cm x 22,5 cm x 3 cm)

Densidad del acero: 7850 kg/m³

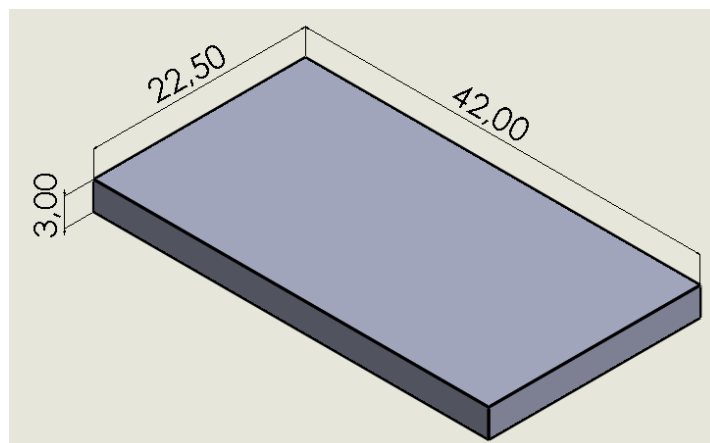


Figura 55. Placa crítica para la base [autor]

Según Bodinas [33], tenemos que:

- **Volumen de placa más crítica**

$$\begin{aligned} \text{volumen}_1 &= l_1 \times l_2 \times l_3 & \text{Ec (8)} \\ \text{volumen}_1 &= 0,42 \times 0,225 \times 0,03 \end{aligned}$$

$$\text{volumen}_1 = 0,002835 \text{ m}^3$$

- **Masa de la placa más crítica**

$$\begin{aligned} \text{masa}_1 &= \text{densidad} \times \text{volumen}_1 & \text{Ec (9)} \\ \text{masa}_1 &= 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,002835 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{masa}_1 = 22,25 \text{ kg}$$

- **Peso máximo de la placa más crítica (p_{max_1})**

$$\begin{aligned} p_{max_1} &= \text{masa}_1 \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} & \text{Ec (10)} \\ p_{max_1} &= 22,25 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 218,27 \text{ N} \end{aligned}$$

$$p_{max_1} = 218,27 \text{ N}$$

A. Cálculo de placa base de acero inoxidable 304

Dimensiones: (30 cm x 14 cm x 4 mm)

Densidad del acero inoxidable: 7930 kg/m³

Límite de fluencia = $S_{y1} = 176,58 \text{ MPa}$

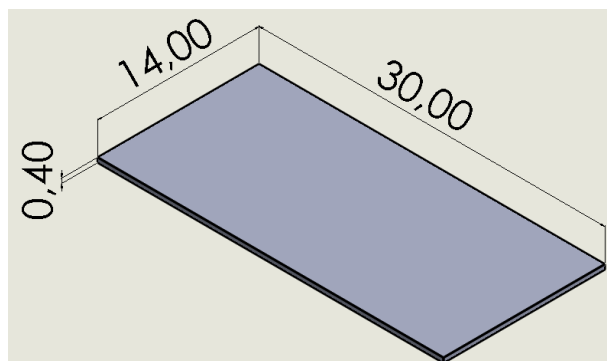


Figura 56. Placa base acero inoxidable [autor]

- **Volumen de la placa base**

$$volumen_2 = l_1 \times l_2 \times l_3 \quad \text{Ec (11)}$$

$$volumen_2 = 0,30 \times 0,14 \times 0,004 = 0,000168 \text{ m}^3$$

$$volumen_2 = 0,000168 \text{ m}^3$$

- Masa de la placa base

$$masa_2 = densidad \times volumen_2 \quad \text{Ec (12)}$$

$$masa_2 = 7930 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,000168 \text{ m}^3$$

$$masa_2 = 1,33 \text{ kg}$$

- Peso de la placa base (pb_1)

$$pb_1 = masa_2 \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \text{Ec (13)}$$

$$pb_1 = 1,33 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$pb_1 = 13,07 \text{ N}$$

- Peso soportado total (p_1)

$$p_1 = \frac{p_{max_1}}{2} + pb_1 \quad \text{Ec (14)}$$

$$p_1 = \frac{218,27}{2} + 13,07$$

$$p_1 = 122,205 \text{ N}$$

Con los datos calculados se procede a calcular el esfuerzo máximo para el factor de seguridad

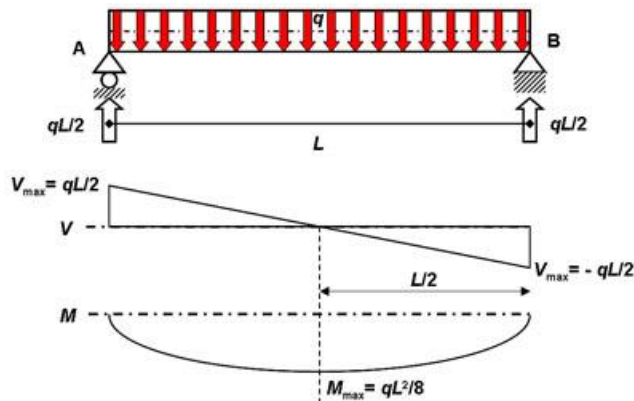


Figura 57. Deformación en placa base [autor]

Para Bodynas [33], tenemos que el esfuerzo se obtiene de los siguientes cálculos:

- **Carga distribuida en placa base (q_1)**

$$q_1 = \frac{p_1}{L} \quad \text{Ec (15)}$$

$$q_1 = \frac{122,205}{300}$$

$$q_1 = 0,40735 \frac{N}{mm}$$

Donde L= largo de la placa base

- **Momento máximo en la placa base ($Mmax_1$)**

$$Mmax_1 = \frac{q_1 \times L^2}{8} \quad \text{Ec (16)}$$

$$Mmax_1 = \frac{0.40735 \times 300^2}{8}$$

$$Mmax_1 = 4582,68 \text{ N. mm}$$

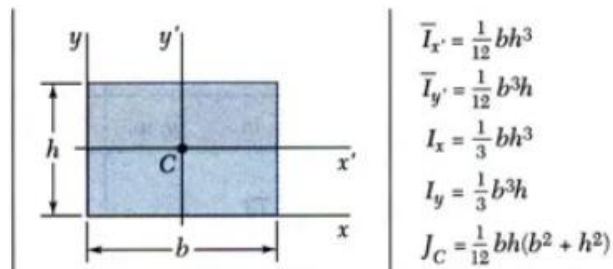


Figura 58. Inercia para la placa base [autor]

- **Inercia en x de la placa base (Ix_1)**

$$Ix_1 = \frac{b \times h^3}{12} \quad \text{Ec (17)}$$

$$Ix_1 = \frac{140 \times 4^3}{12}$$

$$Ix_1 = 746,667 \text{ mm}^4$$

Donde b= ancho de la placa base y h= espesor de la placa base

- **Esfuerzo máximo en la placa base (σmax_1)**

$$\sigma max_1 = \frac{Mmax_1 \times c_1}{Ix_1} \quad \text{Ec (18)}$$

$$\sigma_{max_1} = \frac{4582,68 \times 2}{746,667}$$

$$\sigma_{max_1} = 12,27 \text{ MPa}$$

Donde C_1 = centroide de la placa base

- **Factor de seguridad para placa base (n_1)**

$$n_1 = \frac{S_{y_1}}{\sigma_{max_1}} \quad \text{Ec (19)}$$

$$n_1 = \frac{176,58}{12,27}$$

$$n_1 = 14,39$$

Tenemos que el factor de seguridad es suficientemente elevado para brindar mayor seguridad.

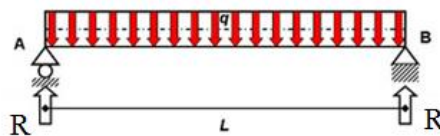


Figura 59. Reacciones en placa base [autor]

- **Calculo de reacciones (R_1)**

$$R_1 = \frac{q_1 \times L}{2} \quad \text{Ec (20)}$$

$$R_1 = \frac{0,40735 \times 300}{2}$$

$$R_1 = 61,10 \text{ N}$$

Para lo cual, l= largo del nervio

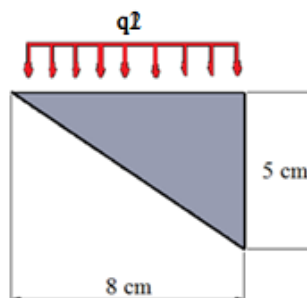


Figura 60. Deformación en nervio [autor]

- **Carga distribuida en nervio (q_2)**

$$q_2 = \frac{R_1}{l} \quad \text{Ec (21)}$$

$$q_2 = \frac{61,10}{80}$$

$$q_2 = 0,7637 \frac{N}{mm}$$

- **Momento máximo en nervio ($Mmax_2$)**

$$Mmax_2 = \frac{q_2 \times l^2}{2} \quad \text{Ec (22)}$$

$$Mmax_2 = \frac{0,7637 \times 80^2}{2}$$

$$Mmax_2 = 2442,7 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- **Inercia en x del nervio (Ix_2)**

$$Ix_2 = \frac{b \times h^3}{12} \quad \text{Ec (23)}$$

$$Ix_2 = \frac{4 \times 50^3}{12}$$

$$Ix_2 = 41666,67 \text{ mm}^4$$

Donde b= espesor del nervio y h= ancho del nervio

- **Esfuerzo máximo en el nervio (σmax_2)**

$$\sigma max_2 = \frac{Mmax_2 \times c_2}{Ix_2} \quad \text{Ec (24)}$$

$$\sigma max_2 = \frac{2442,7 \times 25}{41666,67}$$

$$\sigma max_2 = 1,4656 \text{ MPa}$$

Donde C_2 = centroide del nervio

- **Factor de seguridad en el nervio (n_2)**

$$n_2 = \frac{Sy_1}{\sigma max_2} \quad \text{Ec (25)}$$

$$n_2 = \frac{176,58}{1,4656}$$

$$n_2 = 120,48$$

- Factor de seguridad cara total en los 4 nervios (n)

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad \text{Ec (26)}$$

$$n = \frac{176,58}{5,86}$$

$$n = 30,13$$

Los nervios colocados resisten la mayor parte del peso y son suficientes para su utilización.

B. Calculo del eje

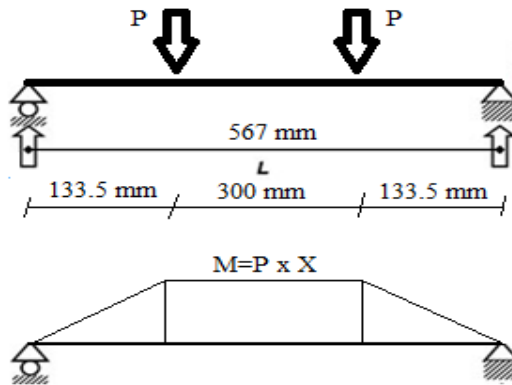


Figura 61. Deformación en el eje [autor]

- Calculo de reacciones en el eje (R_2)

$$R_2 = q_2 \times l \quad \text{Ec (27)}$$

$$R_2 = 0,7637 \times 80$$

$$R_2 = 61,096 \text{ N}$$

- Peso soportado en cada extremo del eje (P_2)

$$P_2 = R_2 \quad \text{Ec (28)}$$

$$P_2 = 61,096 \text{ N}$$

- Calculo de momento de torsión (M)

$$M = \frac{q_2 \times l^2}{2} \quad \text{Ec (29)}$$

$$M = \frac{0,7637 \times 80^2}{2}$$

$$M = 2623,2 \text{ N.mm}$$

- Par de torsión en el eje (T_1)

$$T_1 = \frac{M}{2} \quad \text{Ec (30)}$$

$$T_1 = \frac{2623,2}{2}$$

$$T_1 = 1311,6 \text{ N.mm}$$

- Momento en el eje (M_3)

$$M_3 = P_2 \times X \quad \text{Ec (31)}$$

$$M_3 = 61,096 \times 133,5$$

$$M_3 = 8156,3 \text{ N.mm}$$

Donde x= distancia del soporte al punto de la carga

- Inercia en x en el eje (Ix_3)

$$Ix_3 = \frac{\pi \times d^4}{64} \quad \text{Ec (32)}$$

$$Ix_3 = \frac{\pi \times 12,7^4}{64}$$

$$Ix_3 = 1276,98 \text{ mm}^4$$

Donde d= diámetro del eje

- Momento polar en el eje (J_1)

$$J_1 = \frac{\pi \times d^4}{32} \quad \text{Ec (33)}$$

$$J_1 = \frac{\pi \times 12,7^4}{32}$$

$$J_1 = 2553,96 \text{ mm}^4$$

- Esfuerzo máximo en el eje (σ_{max_3})

$$\sigma_{max_3} = \frac{M_3 \times c_3}{Ix_3} \quad \text{Ec (34)}$$

$$\sigma_{max_3} = \frac{8156,3 \times 6,35}{1276,98}$$

$$\sigma_{max_3} = 40,55 \text{ MPa}$$

- Par de torsión máximo en el eje (τ_{max_1})

$$\tau_{max_1} = \frac{T_1 \times c_3}{J_1} \quad \text{Ec (35)}$$

$$\tau_{max_1} = \frac{1311,6 \times 6,35}{2553,96}$$

$$\tau_{max_1} = 3,261 \text{ MPa}$$

- Calculo del esfuerzo von mises (σ')

$$\sigma' = (\sigma_{max_3}^2 + 3 \times \tau_{max_1}^2)^{0.5} \quad \text{Ec (36)}$$

$$\sigma' = (40,55^2 + 3 \times (3,261)^2)^{0.5}$$

$$\sigma' = 40,94 \text{ MPa}$$

Límite de fluencia acero 1018 es: $Sy_2 = 235 \text{ MPa}$

- Factor de seguridad en el eje (n_3)

$$n_3 = \frac{Sy_2}{\sigma'} \quad \text{Ec (37)}$$

$$n_3 = \frac{235}{40,94}$$

$$n_3 = 5,74$$

Con estos resultados en conjunto podemos concluir que la base del sistema proporciona un soporte adecuado para la colocación de las placas que serán censadas con el mismo.

2.2.3 Construir el sistema de control para el funcionamiento del sistema

Después de haber realizado los cálculos correspondientes y tener en cuenta las opciones requeridas se procede a realizar la programación en arduino el cual será controlado mediante labVIEW con el fin de brindar facilidad al usuario del control del equipo. El código de arduino se puede encontrar en el anexo G.

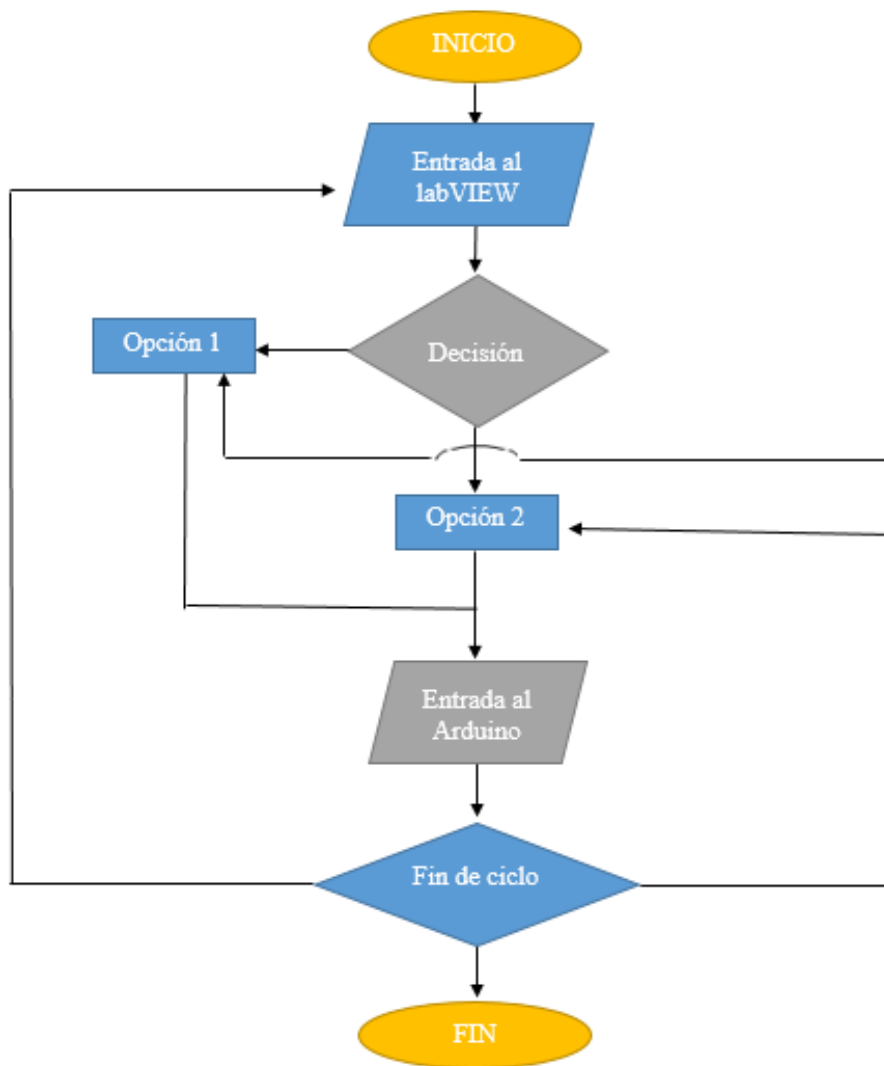


Figura 62. Diagrama de flujo Funcionamiento proyecto [autor]

2.2.4 Realizar pruebas de funcionamiento del sistema

Para la realización de las pruebas se tomará en cuenta las siguientes mediciones:

- Tiempo de recorrido del sensor de inicio a fin del censado transductor recto
- Tiempo de recorrido del sensor de inicio a fin del censado transductor angular
- Tiempo antes de inicio del recorrido en el equipo transductor recto
- Tiempo antes de inicio del recorrido en el equipo transductor angular
- Posicionamiento de los sensores con respecto a discontinuidades ya previstas

Al momento de tener la maquina completa y esto se obtendrá realizando el funcionamiento con diferentes placas soldadas y diferentes sensores además tomar en consideración las posiciones que se darán en el equipo y las posiciones hechas con cálculos físicos y poder comparar los resultados.

Las fotos de la realización de las pruebas se encuentran en el anexo H.

2.2.5 Realizar un manual de uso para el control de la maquina

Para la realización del manual de uso se decidió por basarse en el instructivo llamado “Instructivo para la elaboración de un Manual de Usuario” del autor: Ing. Alena González Reyes. Con el cual se tomarán los puntos más relevantes del mismo en base al criterio propio y que puedan ser utilizados en el proyecto para así poder cumplir con la conformidad del usuario.

Dentro del manual se contendrá lo siguiente:

- Nombre del Sistema
- Imagen del proyecto
- Versión del Sistema
- Tipo de manual
- Fecha de elaboración
- Introducción
- Índice del contenido del manual
- ¿Qué es? y ¿para qué?
- Inicio del equipo
- Funcionamiento
- Mantenimiento rápido
- Manejo de errores

Para ver el Manual de uso completo revisar el anexo I.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Análisis en ANSYS para comprobación de estado crítico

3.1.1.1 Análisis de esfuerzos en ANSYS del nervio para base

Datos utilizados:

- Modelado: 2D
- Tipo de elemento: solid 8 node 183
- Material: estructural-linear- elástico- isotrópico

Límite de fluencia: EX= 156,58

Coefficiente de poisson: PRXY= 0,29

- Modelo: keypoints= 3, lines= 3, área= 1

K1= 0,0,0; K2= 80,0,0; K3=0,-50,0

L1= (K1, K2); L2= (K2, K3); L3= (K1, K3)

A1= K1, K2, K3

Thickness= 4

- Condiciones de frontera:

K1: todas las posiciones = 0

K3: todas las posiciones =0

- Cargas:

L2= 0,7637

- Deformación en milímetros nervio base

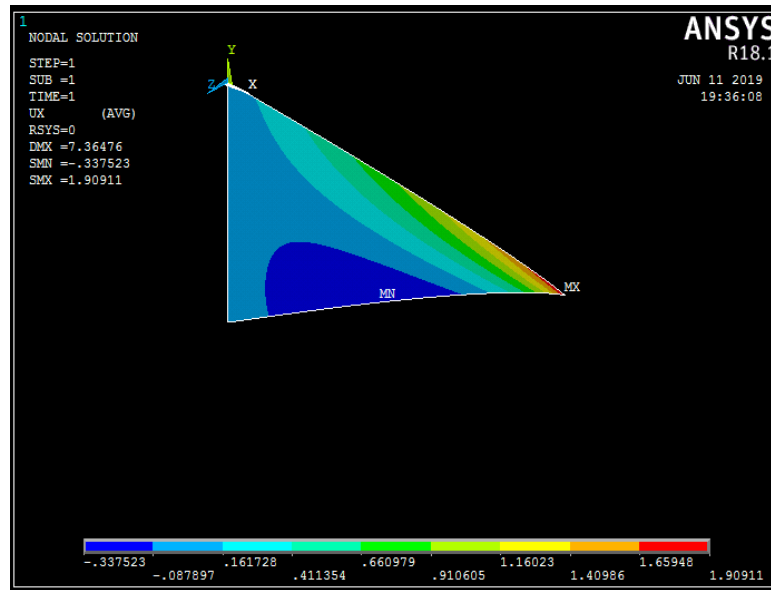


Figura 63. Deformación nervio base [autor]

Conclusión: deformación máxima 1.90911 mm

- Esfuerzo de von mises nervio base

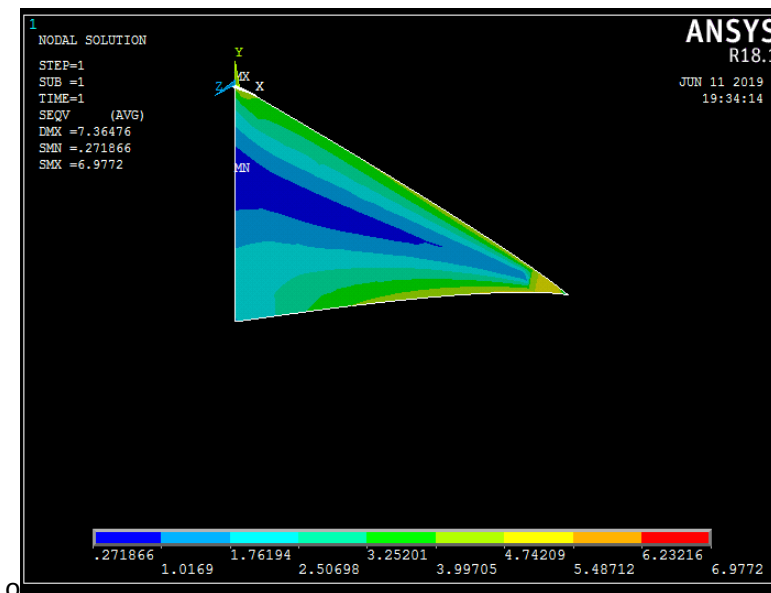


Figura 64. Esfuerzo von mises en nervio base [autor]

Conclusión: esfuerzo de von mises en el nervio base 6.9772 MPa

Factor de seguridad nervio base en ANSYS

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad \text{Ec (38)}$$

$$n = \frac{176,58}{6,9772}$$

$$n = 25,30$$

Valor calculado analíticamente

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad \text{Ec (39)}$$

$$n = \frac{176,58}{5,86}$$

$$n = 30,13$$

En conclusión, tenemos que el esfuerzo tiene un valor cercano al calculado analíticamente por lo que si soporta la base.

Podemos agregar que la utilización de Ansys nos ayuda a tener una comprobación más rápida y exacta de los esfuerzos que encontramos en el nervio, debido a su función primordial la cual permite realizar cálculos de manera casi inmediata.

3.1.2 Análisis de tiempos antes y después de la realización del proyecto

Para el análisis de resultados se optó por utilizar como ejemplo el uso de la placa 2.2.2.2 selección C con la figura “Placa soldada calificada” para realizar las pruebas de comprobación.

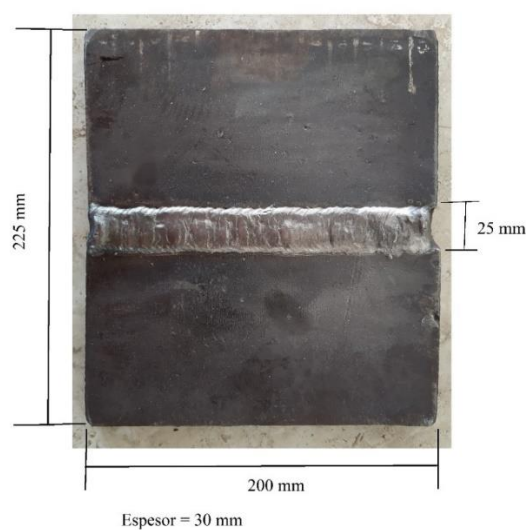




Figura 65. Placa soldada y calificada [autor]

3.1.2.1 Tiempo de recorrido del censor de inicio a fin de censado



Tabla 31. Tiempo de recorrido transductor recto

	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
	Carrera de Ingeniería Mecánica		
Matriz para cálculo de tiempos			
Tipo de calculo	Por medio de cronometro		
Unidad de tiempo	Segundos	Numero de matriz	1
Evento	Tiempo de recorrido del censor de inicio a fin del censado transductor recto		
Número de Pruebas	Tiempo esperado	Tiempo sin el equipo	Tiempo con el equipo
1	108	118	112
2	110	120	114
3	100	111	108
En conclusión tenemos una mejora del 5% en la velocidad del recorrido inicial del transductor recto.			

Fuente: Autor

3.1.2.2 Tiempo de parada en cada censado



Tabla 32. Tiempo de recorrido transductor angular

	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
	Carrera de Ingeniería Mecánica		
Matriz para cálculo de tiempos			
Tipo de calculo	Por medio de cronometro		
Unidad de tiempo	Segundos	Numero de matriz	2
Evento	Tiempo de recorrido del censor de inicio a fin del censado transductor angular		
Número de Pruebas	Tiempo esperado	Tiempo sin el equipo	Tiempo con el equipo
1	205	212	210
2	160	170	165
3	200	211	208
En conclusión encontramos que existe una mejora del 2% en la velocidad del recorrido del transductor angular.			

Fuente: Autor

3.1.2.3 Tiempo antes de inicio del recorrido en el equipo

Tabla 33. Tiempo de preparación transductor recto

	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
	Carrera de Ingeniería Mecánica		
Matriz para cálculo de tiempos			
Tipo de calculo	Por medio de cronometro		
Unidad de tiempo	Segundos	Numero de matriz	3
Evento	Tiempo antes de inicio del recorrido en el equipo transductor recto		
Número de Pruebas	Tiempo sin el equipo	Tiempo con el equipo	
1	105	15	
2	90	17	
3	114	14	
En conclusión, se tiene que existe una mejora significativa del 85% en la preparación del equipo para su uso.			

Fuente: Autor

3.1.2.4 Detección de discontinuidades previstas

Tabla 34. Tiempo de preparación transductor angular

	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
	Carrera de Ingeniería Mecánica		
Matriz para cálculo de tiempos			
Tipo de calculo	Por medio de cronometro		
Unidad de tiempo	Segundos	Numero de matriz	4
Evento	Tiempo antes de inicio del recorrido en el equipo transductor angular		
Número de Pruebas	Tiempo sin el equipo	Tiempo con el equipo	
1	220	20	
2	240	21	
3	209	28	
Para la utilización del censor angular existe una mejora sustancial del 90% antes de utilizar el equipo			

Fuente: Autor

3.1.2.5 Detección de discontinuidad Prevista

Tabla 35. Precisión en detección de discontinuidades

	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
	Carrera de Ingeniería Mecánica		
Matriz para cálculo de tiempos			
Tipo de calculo	Por medio de transductor		
Unidad de tiempo	milímetros	Numero de matriz	5
Evento	Discontinuidad en la galga de calibración		
Número de Pruebas	Valor real	Valor obtenido	
1	100	100,3	
2	15	15,2	
Como conclusión podemos determinar que el equipo tiene una buena precisión y el porcentaje de error es del 0,25%			

Fuente: Autor

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se diseñó un sistema el cual permite al usuario realizar mediciones mediante el equipo MFD 800B por medio del computador sin tener la necesidad de mantener manualmente el sensor del equipo.
- El sistema está diseñado para realizar 3 tipos de opciones mediante las cuales el usuario podrá controlar como son: Sensor recto, sensor angular y modo de apagado para poder mover el equipo manualmente.
- Las pruebas de funcionamiento sirven para detectar fallas que se pudieran generar en el sistema realizado.
- La alternativa de arduino para proyectos de esta magnitud es una excelente opción debido a su facilidad de uso, instalación y costo.
- Con la ayuda de un manual de usuario se puede explicar de mejor manera la utilización de los equipos.
- La construcción del equipo se basó netamente en los parámetros dados y se obtuvo un diseño nuevo y eficiente para su necesidad.
- Para la construcción del sistema mediante arduino se necesitó de una placa denominada CNC SHIELD la cual facilita la conexión entre el arduino y los motores a pasos con la simple colocación de la placa encima del arduino.
- La construcción del proyecto se realizó en su mayoría por MDF debido a que es un material con suficiente resistencia para soportar pequeños golpes y su peso es esencial para el manejo del mismo, además de su costo.
- El acero AISI 1018 tiene alta resistencia, lo que ayuda a soportar mayores cargas que un material plástico.

4.2 Recomendaciones

- Para futuras investigaciones se recomienda verificar nuevos materiales para la construcción del sistema y con ello disminuir las vibraciones que este genera
- Para la construcción de la cubierta se debe tomar en cuenta que no se debe realizar mucha fuerza al atornillar debido a que el material es muy poco resistente.
- Antes de utilizar el equipo se debe tener ya realizado la calibración de los sensores con el fin de solo colocarlos en el mismo.
- Se debe ajustar con firmeza todos los tornillos que sean parte del lugar donde se colocan los sensores.
- Si se desea cambiar el sensor se recomienda reiniciar el equipo para que llegue a su punto de origen y sea más fácil la colocación del sensor.
- Se recomienda revisar las conexiones antes de encender el equipo con el fin de no crear un falso contacto en la máquina.
- No colocar nada encima del equipo para evitar una ruptura de la cubierta.
- No introducir la mano o cualquier objeto dentro del equipo cuando este encendido porque puede producir el daño del mismo.
- No colocar líquido que no sea agua en la manguera de lubricación.
- En caso de tener necesidad de mover el equipo se recomienda sostener desde la parte más baja del mismo para no provocar daños
- Utilizar el equipo solo cuando sea necesario y no para utilizarlo como medio de diversión.

Materiales de referencia

Referencias bibliográficas

- [1] W.H.M., “evaluacion de tanques de almacenamiento”. [En línea]. Available: http://www.hmttank.com/es/Services_Tank%20Inspection.htm. 12 febrero 2011. [Último acceso: 10 mayo 2019].
- [2] U. d. Pereira, “Metalografía, Ensayos no destructivos”. [En línea]. Available: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/category/12-ensayos-no-destructivos/>. 2010 noviembre 2010. [Último acceso: 10 Mayo 2019].
- [3] Excelsior, “Excelsior”. Available: <https://www.excelsior.com.mx/global/bid-latinoamerica-debe-desarrollar-estrategias-para-enfrentar-la-automatizacion/1233547#view-1>. 19 Abril 2019. [En línea]. [Último acceso: 10 Mayo 2019].
- [4] I. Jubilla, “La Actualidad”. [En línea]. Available: <https://actualidad.rt.com/actualidad/307864-automatizacion-america-latina-oportunidades-trabajadores>. 6 Marzo 2019. [Último acceso: 10 Mayo 2019].
- [5] Kromasil, “Reportero Industrial”. [En línea]. Available: <http://www.reporteroindustrial.com/temas/La-automatizacion-puede-aumentar-la-productividad-industrial-en-un-700+120106>. Marzo 2019. [Último acceso: 10 mAYO 2019].
- [6] J. L. González, “La Innovación Tecnológica En Las Empresas Y Su Impacto Positivo Dentro Del Ecuador.”. [En línea]. Available: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/03/innovacion-empresas-ecuador.html>. Marzo 2018. [Último acceso: 10 Mayo 2019].

- [7] R. Hernandez, Introducción a los sistemas de control, Mexico: pearson, 2010.
- [8] P. Ariza, Metodos de elementos finitos. Introduccion a ANSYS, Sevilla: Universidad de Sevilla, 2015.
- [9] La revista informatica, “lenguaje de programacion C#”. [En línea]. Available: <http://www.larevistainformatica.com/C1.htm>. 2015.
- [10] tostatronic, “CNC Shield para arduino”. [En línea]. Available: <https://tostatronic.com/store/arduino/666-cnc-shield-para-arduino.html>. 2018.
- [11] INTPLUS, “<http://www.superrobotica.com>”. [En línea]. Available: <http://www.superrobotica.com/S310084.htm>. 3 abril 2019.
- [12] F. Mecafenix, “Ingenieria Mecafenix”. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>. 20 abril 2017.
- [13] C. C. Luna, “temas para la educacion”. [En línea]. Available: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8259.pdf>. marzo 2011.
- [14] m. b. william olarte, “la detección de ultrasonido: una técnica empleada en el mantenimiento predictivo”. [En línea]. Available: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/525/249>. abril 2011.
- [15] G. Villavicencio, Estudio de los métodos de ensayos no destructivos bajo la norma api 650 y su incidencia en la evaluación de juntas soldadas en tanques de almacenamiento, Ambato, 2015.

- [16] A. Guitierrez, “parametros de las ondas ultrasonicas”. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/52654791/5/PARAMETROS-DE-LAS-ONDASULTRASONICAS>. 12 febrero 2013.
- [17] L. Leija, *Metodos de procesamiento avanzado e inteligencia artificial en sistemas, sensores y biosensores*, Mexico D.F.: Reverte, 2009.
- [18] C. Rimoldi, “Ensayo no destructivo por metodo de ultrasonido”. [En línea]. Available: <http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/catedras/archivos/Apunte%20Ultrasonido%20>. 29 junio 2012.
- [19] Mitech, “mitech ultrasonic flaw detector”. [En línea]. Available: http://www.mitech-ndt.com/kindeditor/attached/file/20170418/20170418132435_96100.pdf. [Último acceso: 15 Mayo 2019].
- [20] C. Suarez, “<https://es.scribd.com>”. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/175553408/Reemplazo-de-Radiografia-por-Ultrasonido-en-la-construccion-de-Tanques-de-Almacenamiento-API-650>. 11 octubre 2013.
- [21] M. C. Lizeth Barrera, *desarrollo y procedimientos para la utilizacion de tecnicas de ensayos no destructivos con ultrasonido para inspeccion de tuberias*, Bucaramanga, 2011.
- [22] P. M. Sola, *Soldadura industrial: clases y aplicaciones*, barcelona: marcombo, 1992.
- [23] H. Ramirez, *diseño para la fabricacion y ensamble de productos soldados*, barranquilla: uninorte, 2009.
- [24] A. W. SOCIETY. [En línea]. Available: https://pubs.aws.org/Download_PDFS/D1.1-D1.1M-2010-SP-PV.pdf. 11 marzo 2010.

- [25] IvanBohman, “catalogo de acero SAE 1018”. [En línea]. Available: <http://www.ivanbohman.com.ec/wp-content/uploads/2016/02/1018.pdf>. [Último acceso: 15 Mayo 2019].
- [26] area tecnologia, “Tecnologia”. [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/materiales/acero-inoxidable.html>. [Último acceso: 15 Mayo 2019].
- [27] A. Dietz, plasticos para arquitectos y constructores, España: reverté S.A., 2003.
- [28] 3D natives, “3D natives”. [En línea]. Available: <https://www.3dnatives.com/es/plasticos-impresion-3d-22072015/>. 20 Febrero 2018. [Último acceso: 2019 Mayo 15].
- [29] Alejandro, “Maderas santana”. [En línea]. Available: <https://www.maderasantana.com/caracteristicas-tableros-madera-mdf/>. 16 Abril 2015. [Último acceso: 15 Mayo 2019].
- [30] estudio FAO montes, tendencias y perspectivas del sector forestal en america latina y el caribe, Roma: Fiat Panis, 2006.
- [31] A. Gonzalez, Instructivo para la elaboracion de un manual de usuario, Cuba, 2010.
- [32] M. Ticona, “slideshare, presentacion UNI FIM”. [En línea]. Available: <https://www.slideshare.net/marioticona1/presentacin-uni-fim>. 17 agosto 2017. [Último acceso: 07 junio 2019].
- [33] R. G. Bodynas, diseño en ingeniería mecánica de shigley, Mexico D.F.: Mc Graw Hill, 2012.

Anexos

Anexo A matriz para criterios de ponderación

critério	Alternativa	Alternativa	Alternativa	Alternativa	sumatoria +10	ponderación
Alternativa						
Alternativa						
Alternativa						
Alternativa						
				Suma		

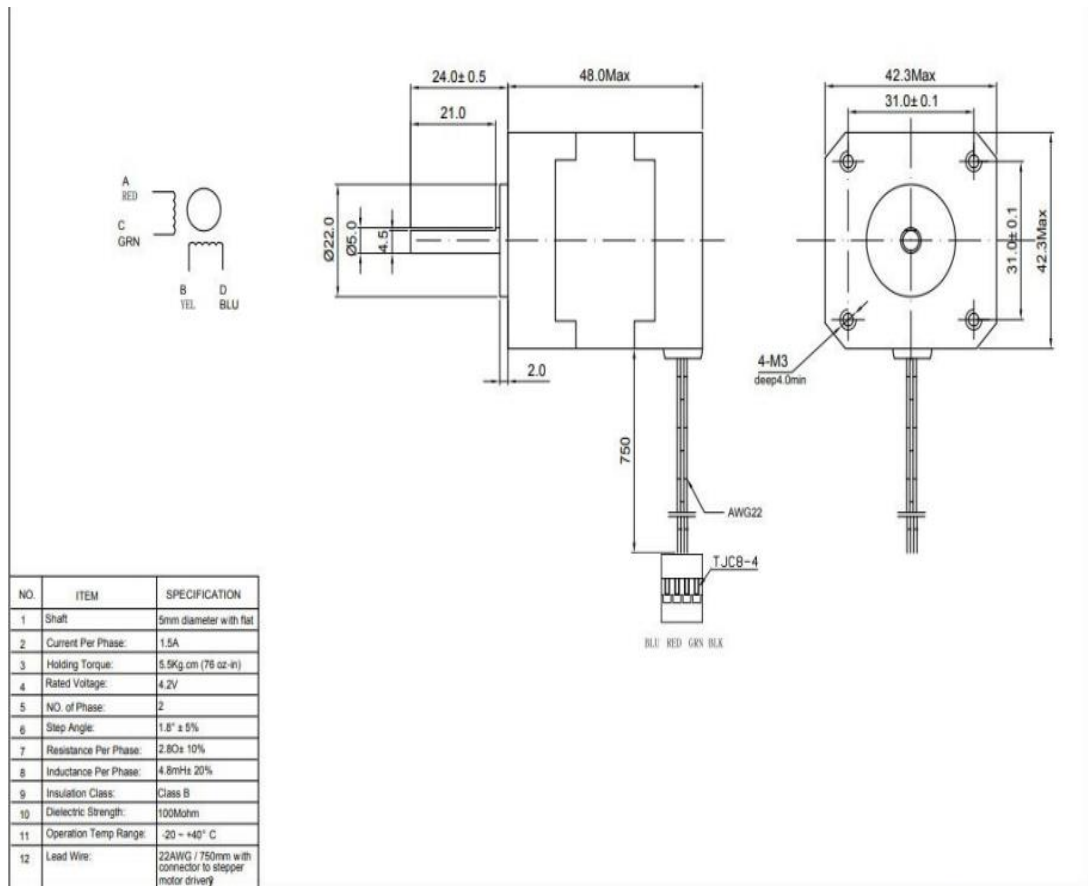
Anexo B matriz para criterios en base a alternativas

critério	Criterios	Criterios	Criterios	Criterios	Criterios	Criterios	Sumatoria	ponderación
Alternativa								
Alternativa								
Alternativa								
Alternativa								
						Suma		

Anexo C datos técnicos de arduino 3R

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current for I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Anexo D datos técnicos motor a pasos



Anexo E Catalogo acero inoxidable DIPAC

EJES Acero Inoxidable



Especificaciones Generales

Calidad	ASTM 304
Descripción	Acero inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intersticial hasta 300°C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas si se emplea con la superficie pulida espejo.
Aplicaciones	Industrias alimenticias, cerveceras, azucarera, utensilios domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental etc...
Longitud	6 m

Composición Química						
%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0-0.08	0-1	0-2	0-0.045	0-0.03	8-10.5	18-20

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm ²)	Punto de Fluencia (N/mm ²)	Elongación %Min.	Dureza ROKWELL B
520	220	20	248-278

Dimensiones

Díámetro
3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1 1/4"
1 1/2"
2"
2 1/2"
3"
3 1/2"
4"
5"
6"



EJES

Anexo F matriz pruebas de funcionamiento

	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
	Carrera de Ingeniería Mecánica		
Matriz para cálculo de tiempos			
Tipo de calculo			
Unidad de tiempo		Numero de matriz	
Evento			
Número de Pruebas	Tiempo sin el equipo	Tiempo con el equipo	

Anexo G Línea de código Arduino

```
#define EN 8 /* Enable pin para todos
los steppers */

#define X_DIR 5 /* Direction pin for X
axis */
#define X_STEP 2 /* Step pin for X axis */

#define Y_DIR 6 /* Direction pin for Y
axis */
#define Y_STEP 3 /* Step pin for Y axis */

#define Z_DIR 7 /* Direction pin for Z
axis */
#define Z_STEP 4 /* Step pin for Z axis */

#define A_DIR 13 /* Direction pin for Aux
driver. Requires D13 and A-DIR pins to be
shorted */
#define A_STEP 12 /* Direction pin for
Aux driver. Requires D12 and A-STEP pins
to be shorted */
```

```
#define X_ENDSTOP 9 /* X axis endstop
input pin */
#define Y_ENDSTOP 10 /* Y axis endstop
input pin */
#define Z_ENDSTOP A0 /* Abort input
pin */
#define Z2_ENDSTOP A1 /* Hold input
pin */

#define BOMBA 11 /* Z axis endstop
input pin */
#define RESUME A2 /* Resume input pin
*/

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <math.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

int
velocidad_x=0,velocidad_y=0,velocidad_z
=0,pasos_x=0,pasos_y=0,pasos_z=0;
```

```

boolean direccion_x = LOW,direccion_y =
LOW,direccion_z = LOW;
int CL=0,CA=0,DL=0,DA=0,TP=0,o=0;
double
SD1=0,SD2=0,P1=0,M1=0,M2=0,M3=0,RP
=0;
int
sd1=0,sd2=0,p1=0,m1=0,m2=0,m3=0,rp=
0;
int
opcion2=0,vector=0,cerousuario,f1=0,i=0,
estado=0,puerto=190,move_2=0,estado2
=0, res=0, res2=0,vel=0,vel1=0;
double move_1=0;
int datos[]={0,0,0,0,0};

void setup()
{
  /* Initialize serial */
  Serial.begin(9600);
  Serial.setTimeout(100);

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(2,0);
  lcd.print("BIENVENIDO!");
  /* Configure the stepper drive pins as
  outputs */
  pinMode(EN, OUTPUT);
  pinMode(X_DIR, OUTPUT);
  pinMode(X_STEP, OUTPUT);
  pinMode(Y_DIR, OUTPUT);
  pinMode(Y_STEP, OUTPUT);
  pinMode(Z_DIR, OUTPUT);
  pinMode(Z_STEP, OUTPUT);
  pinMode(A_DIR, OUTPUT);
  pinMode(A_STEP, OUTPUT);

  /* Configure the control pins as inputs
  with pullups */
  pinMode(X_ENDSTOP, INPUT_PULLUP);
  pinMode(Y_ENDSTOP, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BOMBA, OUTPUT);

  pinMode(Z_ENDSTOP, INPUT_PULLUP);
  pinMode(Z2_ENDSTOP, INPUT_PULLUP);

  pinMode(RESUME, INPUT_PULLUP);

  M18();
}

void loop()
{
  if (Serial.available() > 0)
  {
    //Q=LP
    //W=AP
    //E=EP
    //V=AT
    //J=DS
    //K=TP

    move_1=(res*DL);

    //Serial.println("void");
    char opcion =Serial.read() ;

    if(opcion == 'k')// STOP
    {
      M18();
    }

    if(opcion=='h')
    {
      HOME();
    }

    if(opcion == 'r')
    {
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(1,0);
      lcd.print("TRANSDUCTOR");
      lcd.setCursor(1,1);
      lcd.print("RECTO");
      estado=1;
    }

    if(opcion == 'a')
    {
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(1,0);
      lcd.print("TRANSDUCTOR");
      lcd.setCursor(1,1);

```

```

lcd.print("ANGULAR");
estado=2;
}

if(opcion == 'b')
{
HOME();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("ESCOJE TU OPCION");
}

if(opcion == 'c')
{
lcd.clear();
lcd.setCursor(2,0);
lcd.print("BIENVENIDO!");
}

if(opcion == 'q')//CL
{
CL =Serial.parseInt() ;
res=CL*400/81;
}

if(opcion == 'w')//CA
{
CA =Serial.parseInt() ;
}

if(opcion == 'e')//DL
{
DL =Serial.parseInt();
res2=DL*400/81;
}

if(opcion == 'g')//DA
{
DA =Serial.parseInt() ;
}

}

if(opcion == 'v')//TP
{
TP =Serial.parseInt() ;
}
}

```

```

////////////////////////////////////
TRANSDUCTOR ANGULAR

```

```

if(opcion == 'Q')//SD1
{
SD1 =Serial.parseInt() ;
sd1=SD1*400/81;
/*lcd.clear();
lcd.setCursor(1,0);
lcd.print(sd1);
}

if(opcion == 'W')//SD2
{
SD2=Serial.parseInt() ;
sd2=SD2*400/81;
/*lcd.clear();
lcd.setCursor(1,0);
lcd.print(SD2);*/
}

if(opcion == 'E')//P1
{
P1 =Serial.parseInt() ;
p1=P1*400/81;
/*lcd.clear();
lcd.setCursor(1,0);
lcd.print(P1);*/
}

if(opcion == 'G')//1M
{
M1 =Serial.parseInt() ;
m1=M1*400/81;
/*lcd.clear();
lcd.setCursor(1,0);
lcd.print(M1);*/
}

if(opcion == 'V')//2M
{
M2 =Serial.parseInt() ;
m2=M2*400/81;
/*lcd.clear();
lcd.setCursor(1,0);
lcd.print(M2);*/
}
}

```

```

if(opcion == 'J')//3M
{
  M3 =Serial.parseInt() ;
  m3=M3*400/81;
  /*lcd.clear();
  lcd.setCursor(1,0);
  lcd.print(M3);*/
}

if(opcion == 'K')//TP
{
  TP =Serial.parseInt() ;
  /*lcd.clear();
  lcd.setCursor(1,0);
  lcd.print(TP);*/
}

if(opcion == 'Z')//RP
{
  RP =Serial.parseInt();
  /*lcd.clear();
  lcd.setCursor(1,0);
  lcd.print(RP);*/
}

if(opcion == 'm' )//0.1mm
{
  pasos_x=1;
  pasos_y=1;
  pasos_z=2;
}

if(opcion == 'n' )//1mm
{
  pasos_x=5;
  pasos_y=5;
  pasos_z=24;
}

if(opcion == 'o' )//10mm
{
  pasos_x=49;
  pasos_y=50;
  pasos_z=242;
}

if(opcion == 'd' )// z axis abajo
{
  MOTORZ(pasos_z,5,HIGH);
}

if(opcion == 'z' )// z axis arriba
{
  MOTORZ(pasos_z,5,LOW);
}

}

if(opcion == 'I' )// x axis izq
{
  MOTORX(pasos_x,8,HIGH);
}

if(opcion == 'i' )// x axis der
{
  MOTORX(pasos_x,8,LOW);
}

if(opcion == 'u' )// y axis frente
{
  MOTORY(pasos_y,5,LOW);
}

if(opcion == 'y' )// y axis fondo
{
  MOTORY(pasos_y,5,HIGH );
}

if(opcion == 'k' )// STOP
{
  M18();
  ACTIVAR_BOMBA(0);
}

/* sd1=abs(ep*(tan(at*57.2958)));
sd2=abs(2*ep*(tan(at*57.2958)));
p1=abs(as/2);
n1=abs(((ap-p1-sd2)));
m1=(int)n1;
n2=abs(((sd2+p1-sd1)*4,94));
m2=(int)n2;
n3=abs((ds*4,94));
m3=(int)n3;
rl=abs((lp/ds));
rp=(int)rl;*/

if(opcion == 'S' && estado==1)// START
{
  vel=Serial.parseInt();
  vel1=map(vel,0,100,0,255);

  MOTORZ(242,5,LOW);
  delay(5);

  delay(5);
  ACTIVAR_BOMBA(vel1);
  delay(5);
  MOTORX(move_1,5,LOW);//81mm
  en 400 pasos
  delay(5);
  ACTIVAR_BOMBA(0);
}

```

```

delay(5);
MOTORX(move_1,5,HIGH);
delay(5);
MOTORZ(242,5,HIGH);
delay(TP*1000);

for(int j=0;j<(CL);j++)
{
MOTORX(((400*DL)/81),5,LOW);//X2
delay(TP*1000);//X2
}

MOTORZ(242,5,LOW);

for(int g=0;g<CL;g++)
{
MOTORX(((400*DL)/81),5,HIGH);//X2
}

MOTORY(((400*DA)/81),5,HIGH);//X2

for(int h=0;h<(CA-1);h++)
{
ACTIVAR_BOMBA(vel1);
delay(5);
MOTORX(move_1,5,LOW);//81mm
en 400 pasos
delay(5);
ACTIVAR_BOMBA(0);
delay(5);
MOTORX(move_1,5,HIGH);
delay(5);
MOTORZ(242,5,HIGH);
delay(TP*1000);

for(int j=0;j<CL;j++)
{
MOTORX((int(400*DL)/81),5,LOW);//X2
delay(TP*1000);//X2
}

MOTORZ(242,5,LOW);
MOTORY(m1,5,HIGH);//
ACTIVAR_BOMBA(vel1);

MOTORY(m2,5,HIGH);//
MOTORX(m3,5,LOW);//
MOTORY(m2,5,LOW);//
for(int y=0; y<RP-1;y++)
{
MOTORY(m2,5,HIGH);//
MOTORX(m3,5,LOW);//
MOTORY(m2,5,LOW);//
}
ACTIVAR_BOMBA(0);

for(int p=0; p<RP;p++)
{

```

```

        MOTORX(m3,5,HIGH);//

    }

    MOTORZ(242,5,HIGH);

    MOTORY(m2,5,HIGH);//

    MOTORX(m3,5,LOW);//

    delay(TP*1000);

    MOTORY(m2,5,LOW);//

    delay(TP*1000);

    for(int w=0; w<(RP-1);w++)
    {
        MOTORY(m2,5,HIGH);//
        MOTORX(m3,5,LOW);//
        delay(TP*1000);
        MOTORY(m2,5,LOW);//
        delay(TP*1000);
    }

    MOTORZ(242,5,LOW);
    Serial.write('f');
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("FIN DEL PROCESO");
}

}

}

void HOME()
{
    digitalWrite(EN, LOW); //Low to enable
    digitalWrite(X_DIR, HIGH); //LOW
derecha
    digitalWrite(Y_DIR, LOW);// LOW al
frente

        digitalWrite(Z_DIR, LOW);//LOW arriba

        while(digitalRead(Z_ENDSTOP)!= LOW)
        {
            digitalWrite(Z_STEP, LOW);
            delay(5);
            digitalWrite(Z_STEP, HIGH);
            delay(5);
        }

        delay(5);

        while(digitalRead(X_ENDSTOP)!= LOW)
        {
            digitalWrite(X_STEP, LOW);
            delay(5);
            digitalWrite(X_STEP, HIGH);
            delay(5);
        }

        while(digitalRead(Y_ENDSTOP)!= LOW)
        {
            digitalWrite(Y_STEP, LOW);
            delay(5);
            digitalWrite(Y_STEP, HIGH);
            delay(5);
        }

        delay(5);

        M18();
    }

    void MOTORX(int steps_x,int
stepDelay_x, boolean dir_x)
    {
        ENABLE();
        digitalWrite(X_DIR, dir_x);

        // Giramos 400 pulsos para hacer dos
vueltas completas
        for (int x = 0; x < steps_x; x++) {
            digitalWrite(X_STEP, LOW);
            delay(stepDelay_x);
            digitalWrite(X_STEP, HIGH);
            delay(stepDelay_x);
        }
    }
}

```



```

void MOTORY(int steps_y,int
stepDelay_y,boolean dir_y)
{
    ENABLE();
    digitalWrite(Y_DIR, dir_y);

    // Giramos 400 pulsos para hacer dos
    vueltas completas
    for (int x = 0; x < steps_y; x++) {
        digitalWrite(Y_STEP, LOW);
        delay(stepDelay_y);
        digitalWrite(Y_STEP, HIGH);
        delay(stepDelay_y);
    }
}

void MOTORZ(int steps_Z,int
stepDelay_Z, boolean dir_z)
{
    ENABLE();
    digitalWrite(Z_DIR, dir_z);

    // Giramos 400 pulsos para hacer dos
    vueltas completas
    for (int x = 0; x < steps_Z; x++) {
        digitalWrite(Z_STEP, LOW);
        delay(stepDelay_Z);
        digitalWrite(Z_STEP, HIGH);
        delay(stepDelay_Z);
    }
}

void M18()
{
    digitalWrite(EN, HIGH); //Low to enable
}

void ENABLE()
{
    digitalWrite(EN, LOW); //Low to enable
}

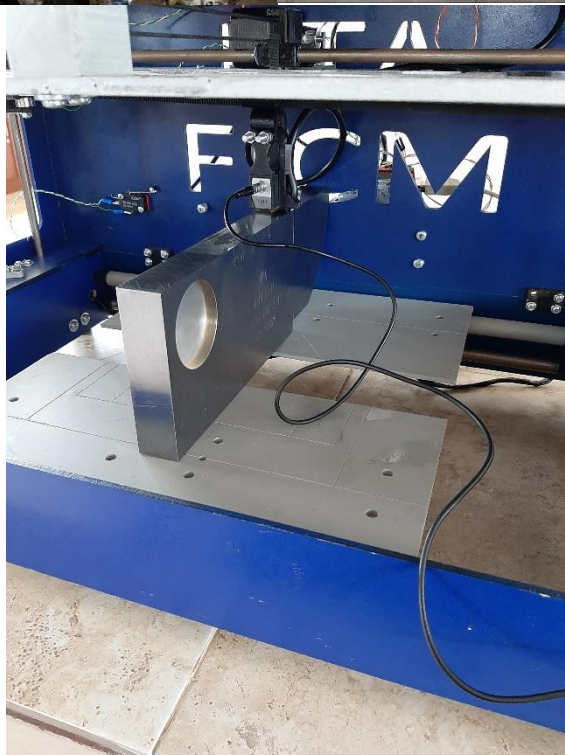
void FINESDECARRERA()
{
    if(digitalRead(Z_ENDSTOP)!= LOW)
    {
        digitalWrite(EN, LOW); //Low to
        enable
    }
}
}

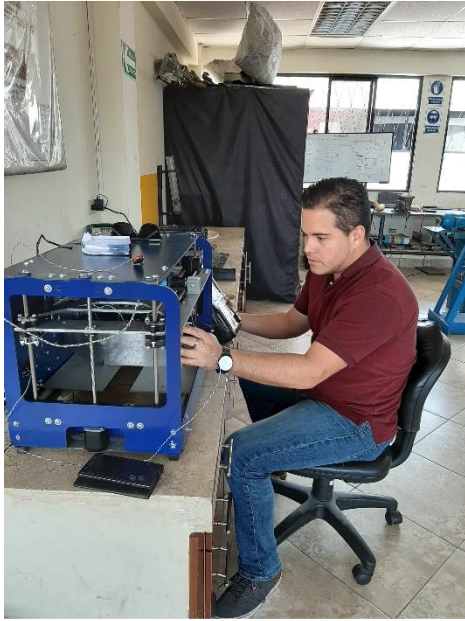
void CEROPIEZA(int steps_Z,int
stepDelay_Z, boolean dir_z,int steps_y,int
stepDelay_y,boolean dir_y,int steps_x,int
stepDelay_x, boolean dir_x)
{
    MOTORZ(steps_Z,stepDelay_Z,dir_z);
    MOTORY(steps_y,stepDelay_y,dir_y);
    MOTORX(steps_x,stepDelay_x,dir_x);
    CL=0;
    CA=0;
    DL=0;
    DA=0;
    TP=0;
}

void ACTIVAR_BOMBA(int PWM)
{
    analogWrite(BOMBA,PWM);
}

```

Anexo H Construcción y pruebas de funcionamiento

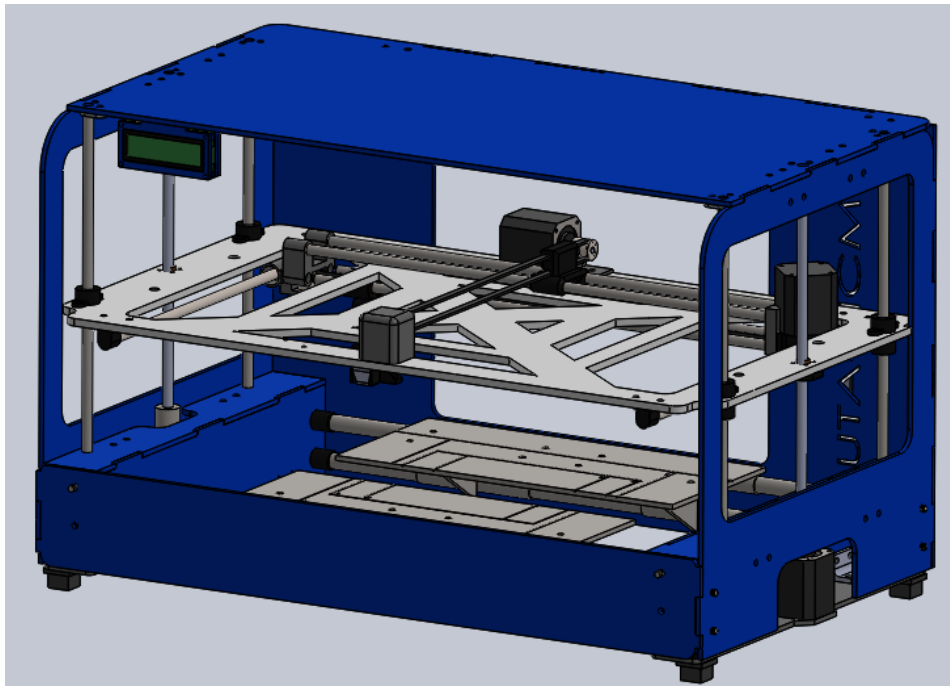




Anexo I Manual de usuario

MANUAL DE USUARIO

Automatización del equipo MFD 800B para inspeccionar de juntas a tope



Versión 1.0

Manual de usuario rápido

Fecha de elaboración: 25 junio 2019

Introducción

En la actualidad existen diferentes tipos de opciones para la mejora del rendimiento laboral. Uno de los mayores accionamientos son los equipos electrónicos lo cuales mejoran el tiempo y costo de los productos, facilitando acciones que generalmente pueden provocar accidentes o pérdidas en la empresa; por eso se optó por un proyecto que se basa en la inspección de juntas soldadas realizadas por soldadores en proceso o bien ya calificados el cual tiene un equipo que genera una inspección de estas mediante

ultrasonido. El inconveniente es que se necesita de dos operarios para que la inspección se realice de manera correcta desperdiciando tanto mano de obra como tiempo, y debido a esto el equipo presentado será de utilidad para evitar estos inconvenientes.

Índice

Contenido

MANUAL DE USUARIO	88
Automatización del equipo MFD 800B para inspeccionar de juntas a tope	88
Versión 1.0	88
Manual de usuario rápido.....	88
Fecha de elaboración: 25 junio 2019	88
Introducción	88
Índice.....	89
Que es y para que	89
Inicio del equipo.....	90
Funcionamiento interno.....	94
Mantenimiento rápido.....	96
Manejo de errores.....	97

Que es y para que

Este proyecto se basa en una combinación de materiales para disminuir costos y mantener la estabilidad del equipo, este está compuesto con elementos electrónicos modernos de fácil utilidad los cuales generan un funcionamiento correcto bajo las necesidades del mismo.

Este proyecto tiene como objetivo realizar un sistema que permita la utilización del equipo MFD 800B mediante computadora, generando el movimiento por medio de un programa para facilitar al usuario su utilización.

Inicio del equipo

Antes de utilizar el equipo se debe tener en cuenta lo siguiente:

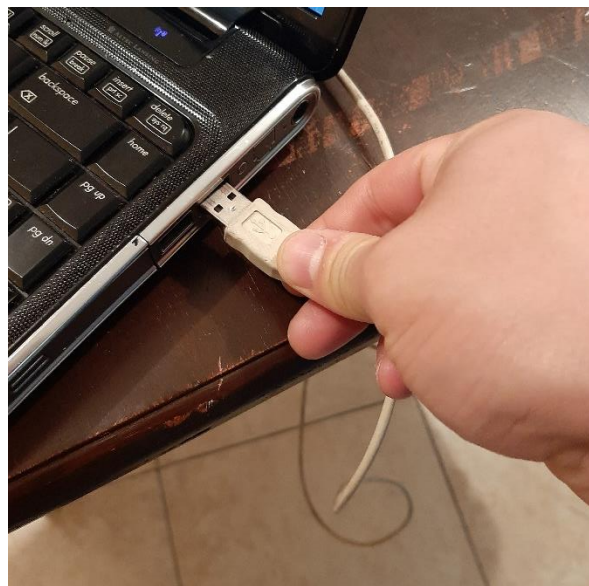
- El equipo MFD 800B debe ser calibrado antes de su uso
- Los valores que se colocarán en las casillas deberán ser enteros
- Leer cada cuadro de información antes de llenar las casillas

Nota: Para una mejor medición se sugiere al usuario dar valores grandes en la casilla de tiempo para que tenga el suficiente para realizar la medición

1. Conectar el equipo al tomacorriente



2. Conectar equipo al computador



3. Abrir la aplicación



4. Conectar con el equipo dentro de la aplicación



5. Colocar el sensor en el acople



6. Seleccionar la opción a utilizar



7. Llenar los datos que aparecerán en pantalla según la opción



8. en el caso del transductor angular clic en calcular para que aparezca los datos calculados



9. hacer clic en enviar los datos



10. en caso de necesitar corregir los datos clic en corregir



11. con el comando en pantalla colocar el sensor en el punto 0,0,0 dependiendo de cada opción



- seleccionar el flujo de salida de la bomba de lubricación (se recomienda utilizar el 19%)



- dar clic en el botón iniciar



Funcionamiento interno

- Encendido (LCD dice: ¡bienvenido!!)
- Maquina toma posición arriba derecha frente (en ese orden)
- Escoger entre dos opciones: (LCD dice: escoge tu opción)

A.- transductor recto

O

B.- transductor angular

A

- En caso de escoger opción 1: (LCD dice: transductor recto)
- Datos que da el usuario

- Cantidad de mediciones en eje x (CL) mm

- Cantidad de mediciones en eje y (CA) mm
 - Distancia entre mediciones en eje x (DL) mm
 - Distancia entre mediciones en eje y (DA) mm
 - Tiempo de espera en cada punto (TP) segundos
3. Ubicar el sensor en el punto 0,0,0 utilizando mando en pantalla (este punto será la primera medición en la placa contando de izquierda a derecha y de adelante hacia atrás)
 4. Clic en botón iniciar
 5. El sensor sube 1 cm
 6. Se activa la bomba (lubricación)
 7. Mientras bomba activada se recorre $[(CL) * (DL)]$ de izquierda a derecha (lubricando)
 8. Se detiene lubricación y regresa al inicio de recorrido
 9. Baja 1 cm
 10. Espera un tiempo (TP)
 11. Recorre de izquierda a derecha la distancia (DL)
 12. Espera un tiempo (TP)
 13. Se repite paso 11 y 12 cantidad $[(CL)-1]$ veces
 14. Sube 1 cm
 15. Regresa a inicio de recorrido
 16. Se desplaza de adelante hacia atrás (DA)
 17. Se repite paso del 6 al 15 cantidad $[(CA)-1]$
 18. Termina el proceso y sale ventana para escoger regresar al origen o al 0,0,0

B

1. En caso de escoger opción 2: (LCD dice: transductor angular)
2. Datos que da el usuario
 - Dar valor largo de placa (LP) mm
 - Dar valor ancho de placa (AP) mm (de tope frontal de la placa a la mitad del cordón de soldadura)
 - Dar valor espesor de placa (EP) mm
 - Dar valor ancho cordón de soldadura (AS) mm
 - Dar ángulo de transductor (AT) grados
 - Dar distancia entre censo (DS) mm
 - Tiempo de espera (TE) segundos
3. Ubicar el sensor en el punto 0,0,0 utilizando mando en pantalla (este punto será ubicado en la esquina frontal izquierda de la placa)
4. Clic botón iniciar

$$SD1 = (EP) \tan(AT)$$

$$SD2 = 2(EP) \tan(AT)$$

$$P1 = (AS)/2$$

$$1M = (AP) - (P1) - (SD2)$$

$$2M = (SD2) + (P1) - (SD1)$$

$$3M = (DS)$$

$$RP = \left(\frac{LP}{DS}\right)$$

SI: SD2 > (AP) ENTONCES NO CONTINUA EL PROCESO HASTA REVISAR

SI: SD1 > (AP) ENTONCES NO CONTINUA EL PROCESO HASTA REVISAR

5. El censor sube 1 cm
6. Se desplaza de adelante hacia atrás (1M)
7. Se activa la bomba (lubricación)
8. Mientras bomba activada se desplaza con el movimiento [+2M, +3M, -2M]

(+2M= movimiento de adelante hacia atrás, +3M= movimiento de izquierda a derecha, -2M= movimiento de atrás hacia adelante)

9. Se repite el paso 8 [(RP)-1] cantidad de veces
10. Se detiene la lubricación y regresa al 0,0,0
11. Se desplaza de adelante hacia atrás (1M)
12. Baja 1 cm
13. Se desplaza con el movimiento [+2M, +3M]
14. Espera un tiempo (TP)
15. Se desplaza con el movimiento [-2M]
16. Espera un tiempo (TP)
17. Se repite del paso 13 al 16 [(RP)-1] cantidad de veces
18. Termina el proceso y sale ventana para escoger regresar al origen o al 0,0,0

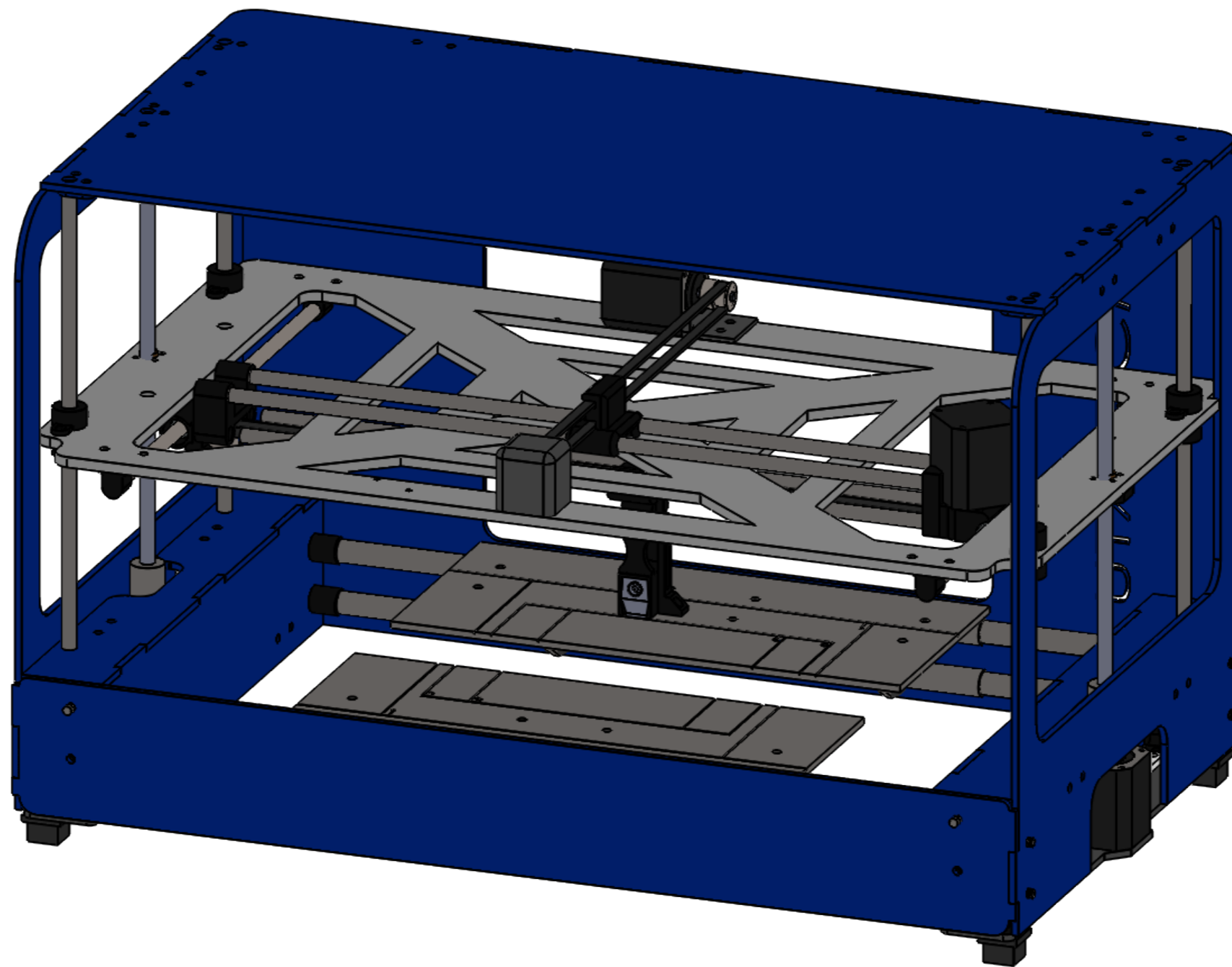
Mantenimiento rápido

N.-	Elemento del equipo	Actividad a realizar
1	Piezas en MDF	Limpieza semanal
2	Ejes de acero inoxidable	Lubricación mensual
3	Ejes acero transmisión	limpieza
4	Placas base	Limpiar antes de cada uso
5	Piezas ABS	Revisión anual y limpieza mensual
6	Correas dentadas	Revisar tensión manual trimestral
7	Cauchos de base	Cambio cada anual
8	Piezas eléctricas	No necesario

Manejo de errores

En la mayoría de casos en su defecto para detener el equipo se debe presionar en el botón físico que se encuentra en el frente de la máquina, el cual detendrá en el equipo de hacer su función establecida. Seguido de presionar el botón stop que se encuentra en la interface con el cual se des energizaran los motores y se podrá manipular el equipo manualmente.

Anexo J Planos



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.5		Varios	
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:
					DIBUJO: 04/07/2019	Guillermo Solis	tesis
					REVISO: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes	
					APROBO: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes	
					U.T.A.		N.º DE LAMINA
					INGENIERIA MECANICA		Lamina 0
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	REGISTRO:

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

A

A

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

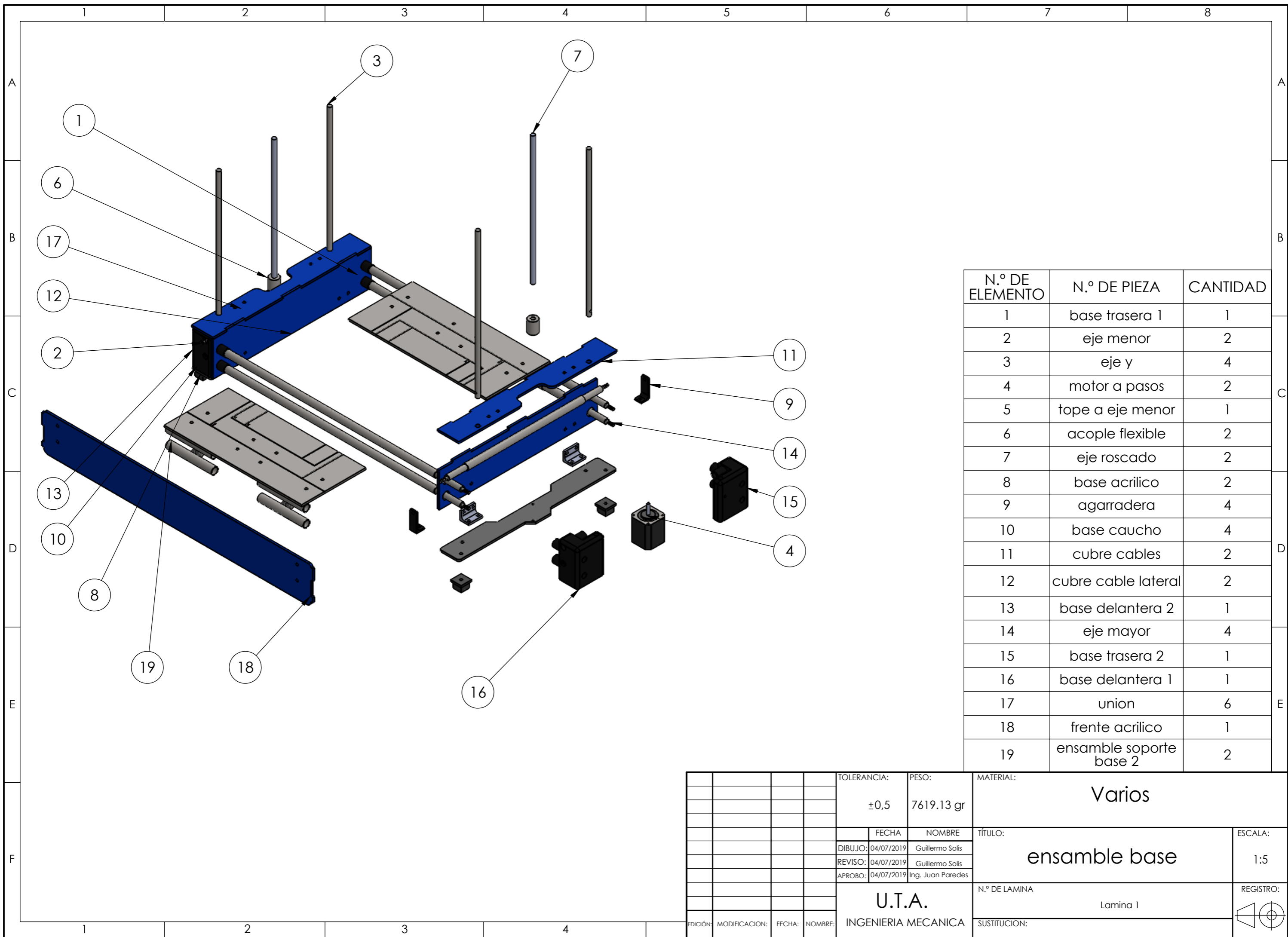
4

5

6

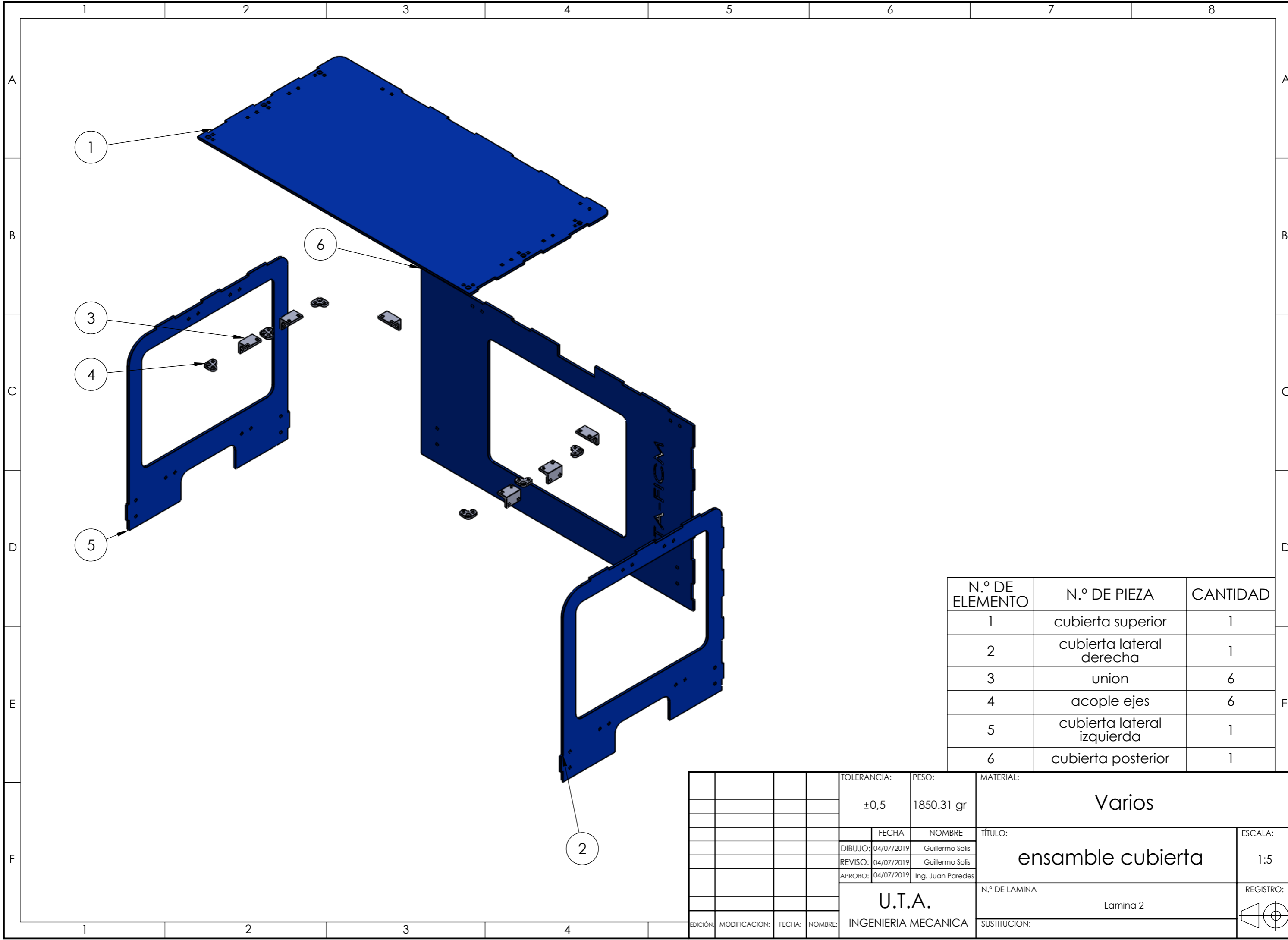
7

8



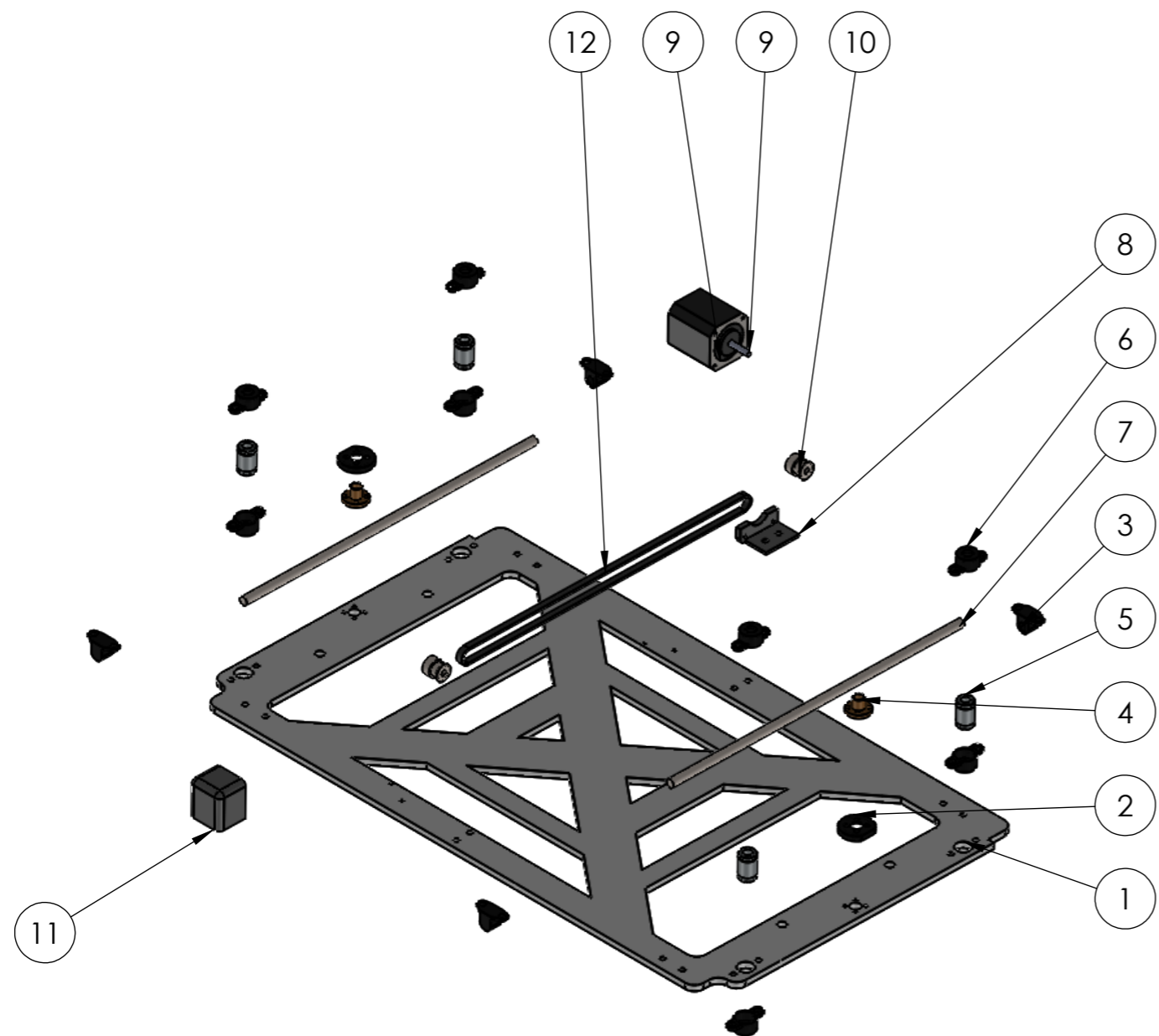
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	base trasera 1	1
2	eje menor	2
3	eje y	4
4	motor a pasos	2
5	tope a eje menor	1
6	acople flexible	2
7	eje roscado	2
8	base acrilico	2
9	agarradera	4
10	base caucho	4
11	cubre cables	2
12	cubre cable lateral	2
13	base delantera 2	1
14	eje mayor	4
15	base trasera 2	1
16	base delantera 1	1
17	union	6
18	frente acrilico	1
19	ensamble soporte base 2	2

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0,5	7619.13 gr	Varios	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJO: 04/07/2019	Guillermo Solis	ensamble base	
				REVISO: 04/07/2019	Guillermo Solis	ESCALA:	
				APROBO: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes	1:5	
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		Lamina 1	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			



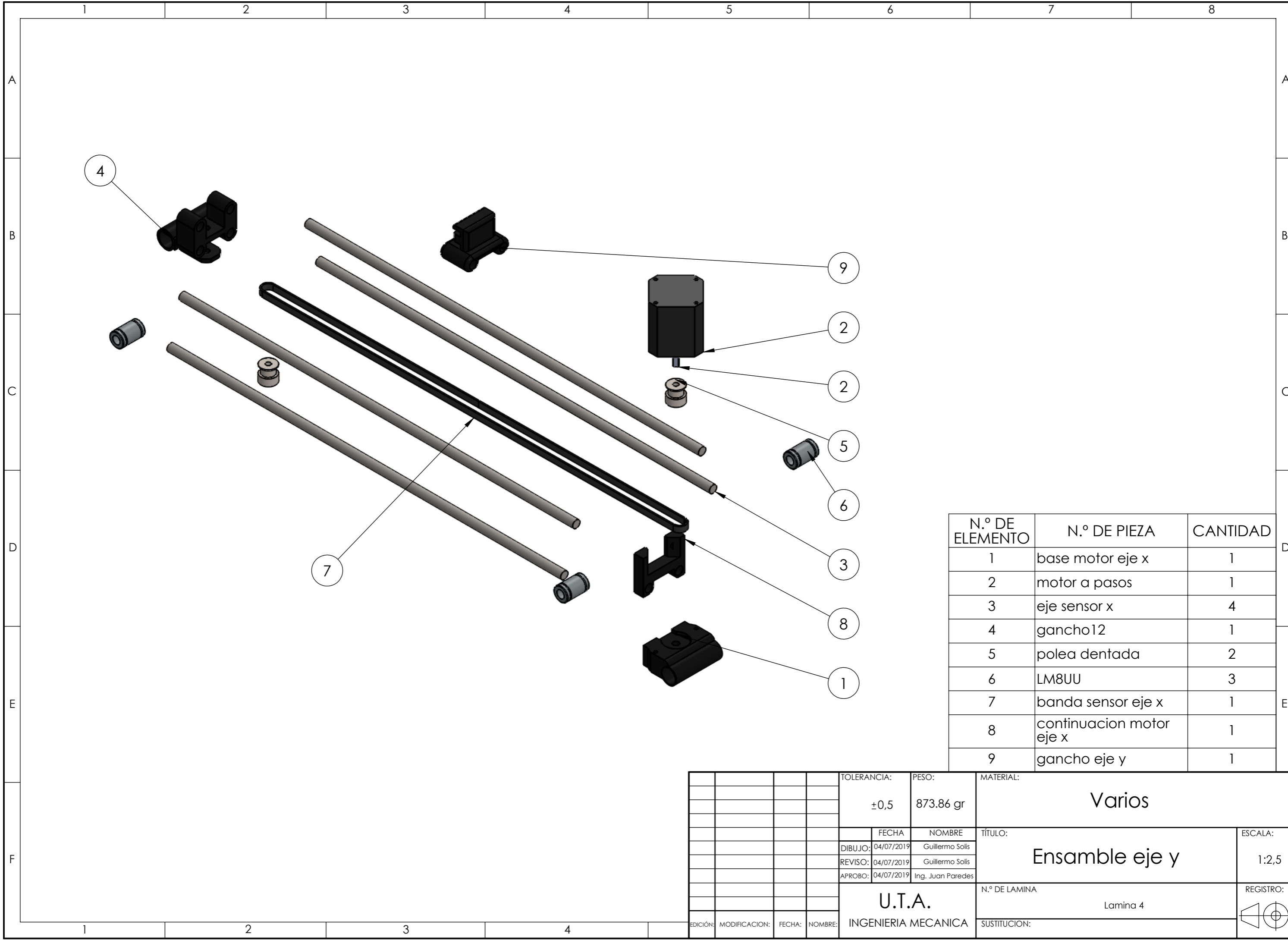
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	cubierta superior	1
2	cubierta lateral derecha	1
3	union	6
4	acople ejes	6
5	cubierta lateral izquierda	1
6	cubierta posterior	1

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0,5	1850.31 gr	Varios	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJO: 04/07/2019	Guillermo Solis	ensamble cubierta	
				REVISO: 04/07/2019	Guillermo Solis	ESCALA:	
				APROBO: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes	1:5	
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	
				INGENIERIA MECANICA		Lamina 2	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:		REGISTRO:	



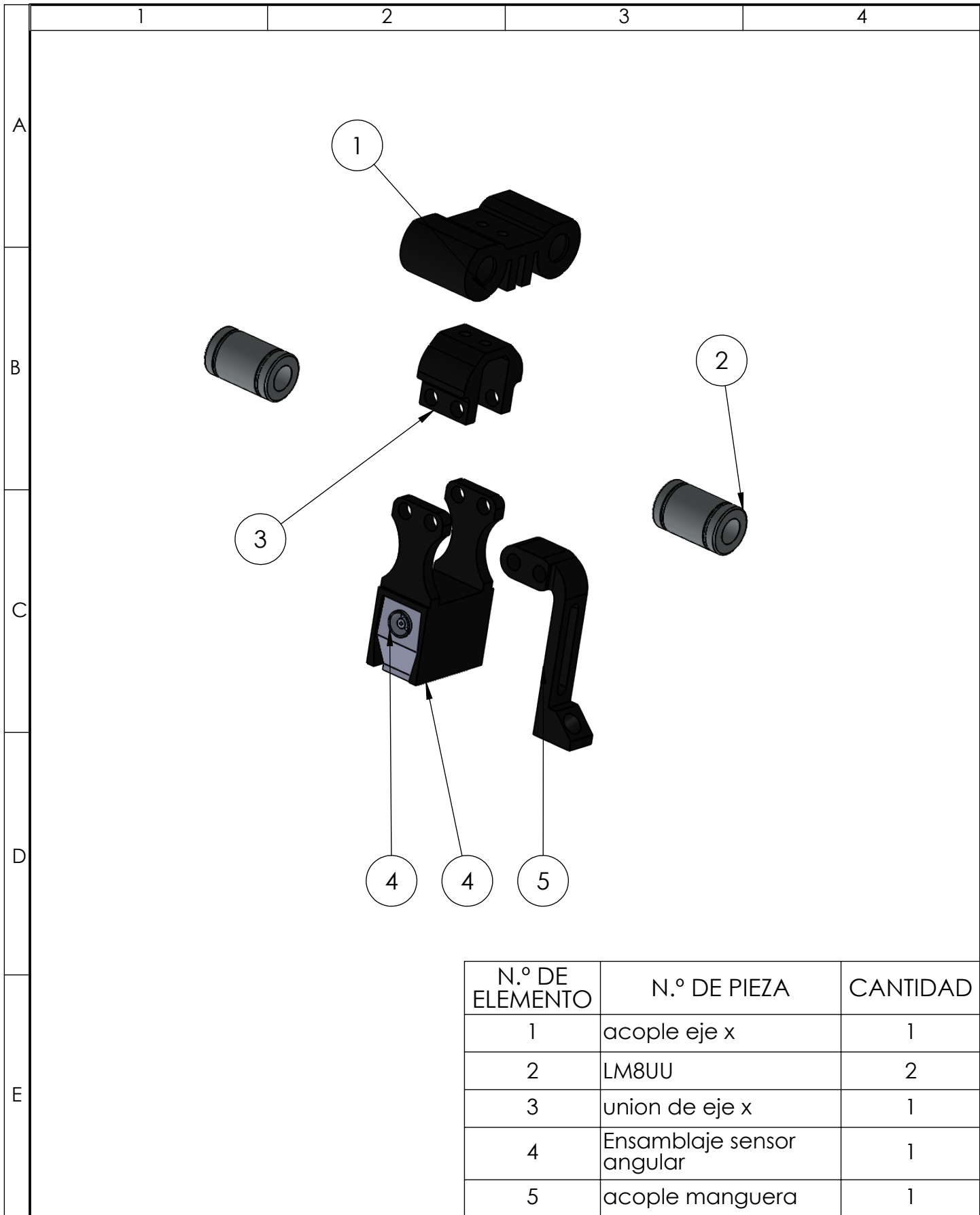
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	MDF base	1
2	tope medio	2
3	acople 1	4
4	acople eje roscado	2
5	LM8UU	4
6	cubre acople	8
7	eje corto 1	2
8	base del motor y	1
9	motor a pasos	1
10	polea dentada	2
11	soporte eje y	1
12	caucho eje y	1

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0,5	1290.32 gr	Varios		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO: 04/07/2019	Guillermo Solis	ensamble superior		1:5
				REVISO: 04/07/2019	Guillermo Solis			
				APROBO: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes			
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	REGISTRO:	
						Lamina 3		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:		



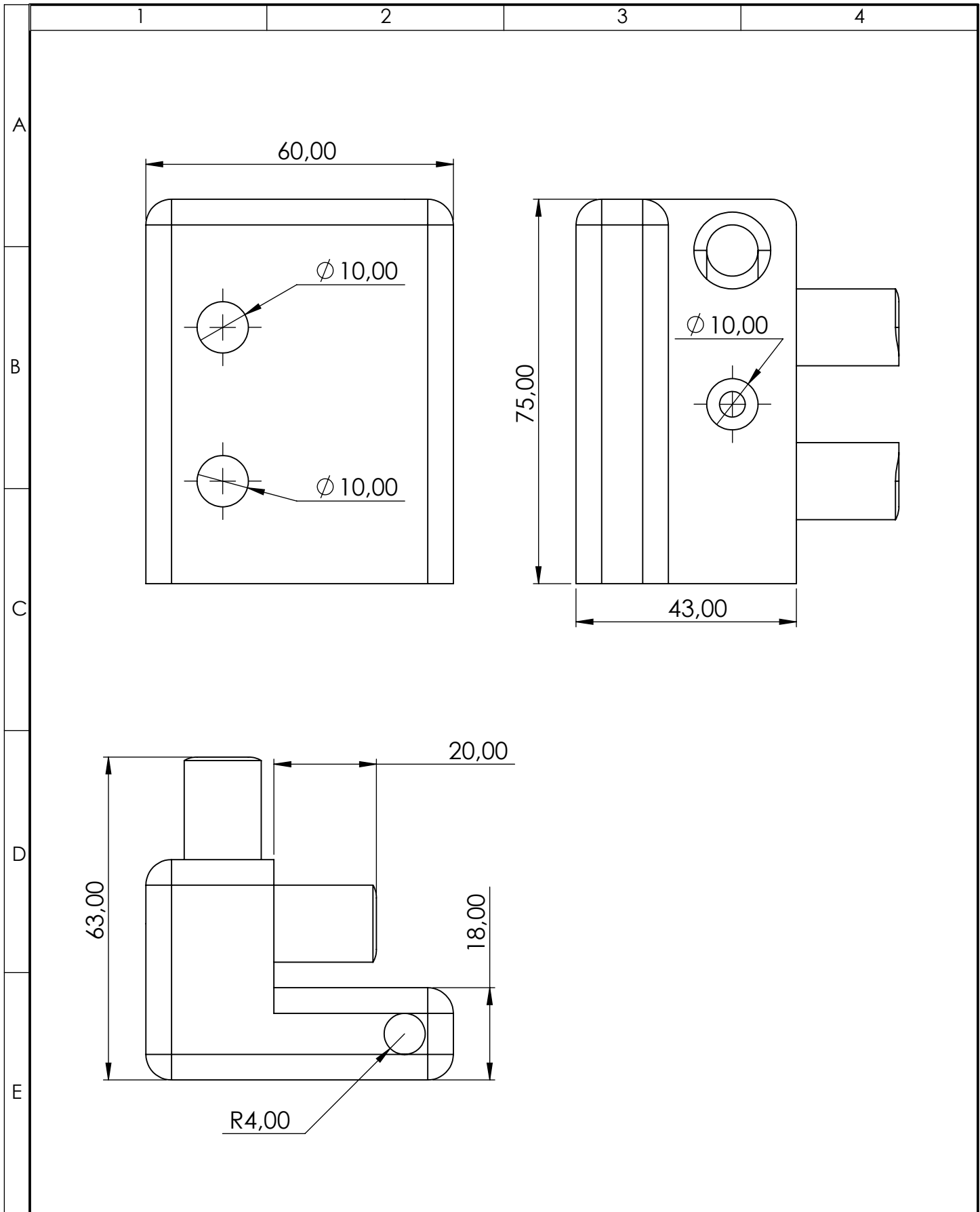
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	base motor eje x	1
2	motor a pasos	1
3	eje sensor x	4
4	gancho12	1
5	polea dentada	2
6	LM8UU	3
7	banda sensor eje x	1
8	continuacion motor eje x	1
9	gancho eje y	1

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0,5	873.86 gr	Varios	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJO: 04/07/2019	Guillermo Solis	Ensamble eje y	
				REVISO: 04/07/2019	Guillermo Solis	ESCALA:	
				APROBO: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes	1:2,5	
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						Lamina 4	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

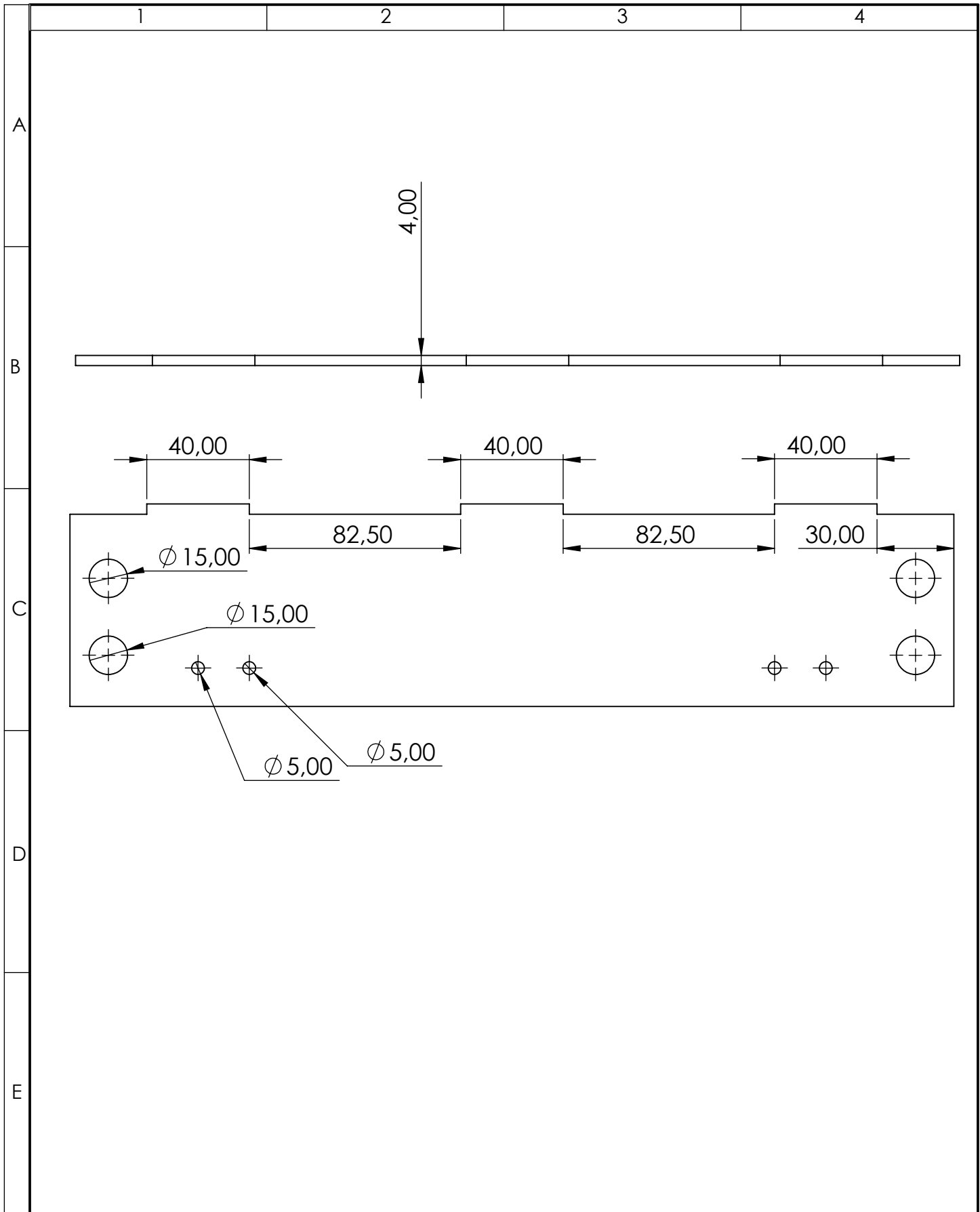


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	acople eje x	1
2	LM8UU	2
3	union de eje x	1
4	Ensamblaje sensor angular	1
5	acople manguera	1

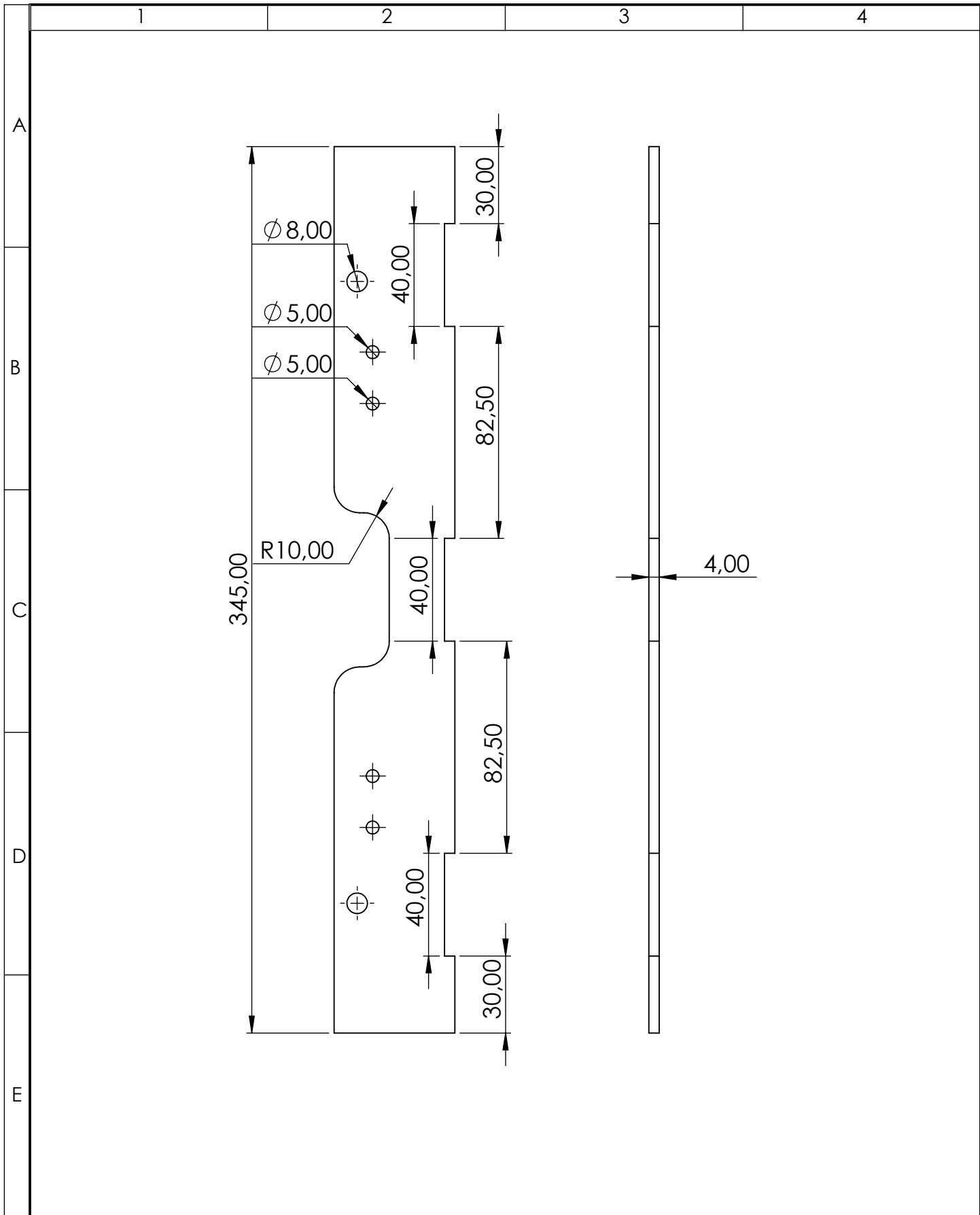
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.5	37.96 gr	Varios	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis	ensamble eje x	1:1
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis		
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes		
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
						Lamina 5	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



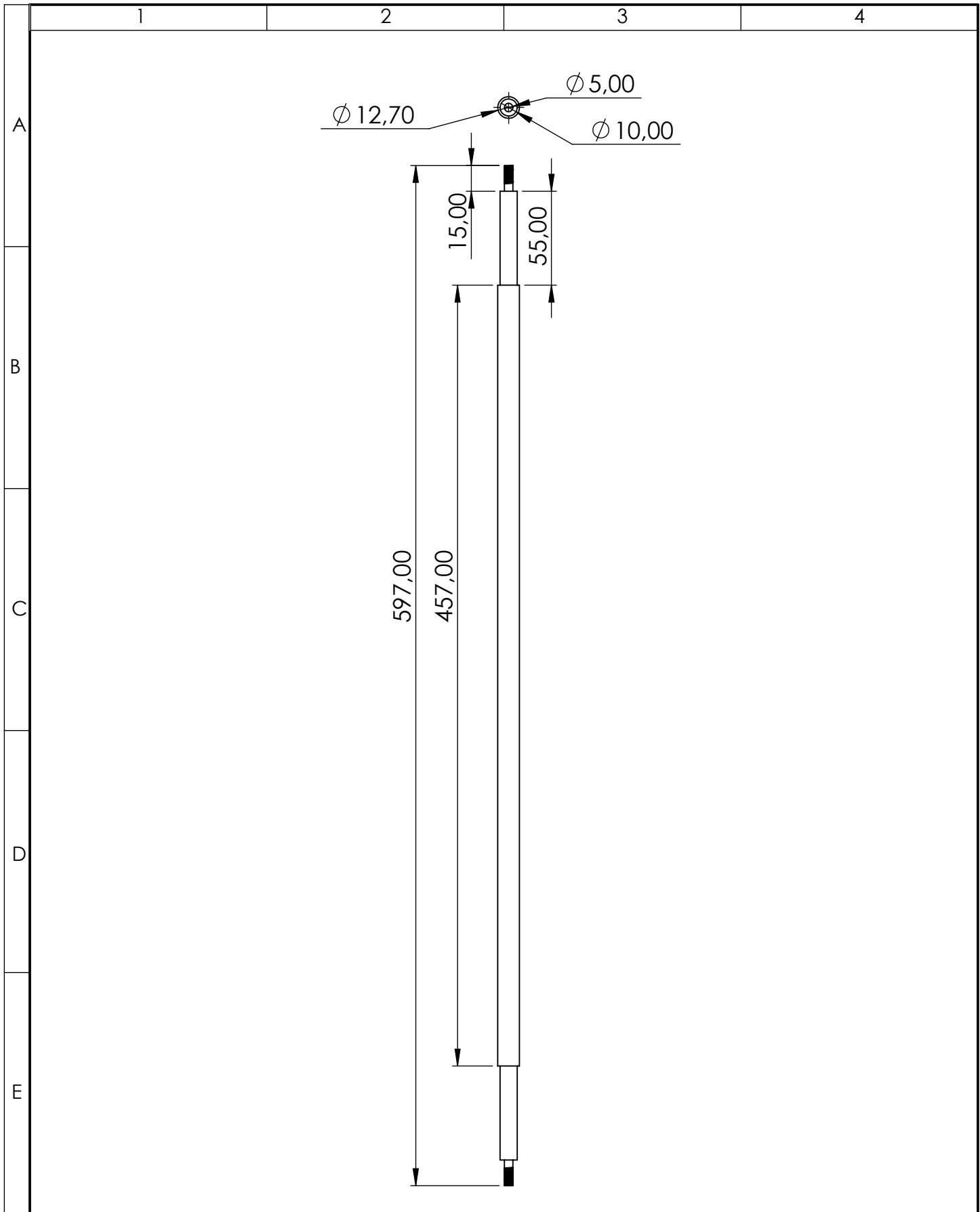
				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 89.07 gr	MATERIAL: ABS	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Base delantera 1,2 Base trasera 1,2	ESCALA: 1:1
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis		
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis		
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes	N.º DE LÁMINA Lamina 6	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	



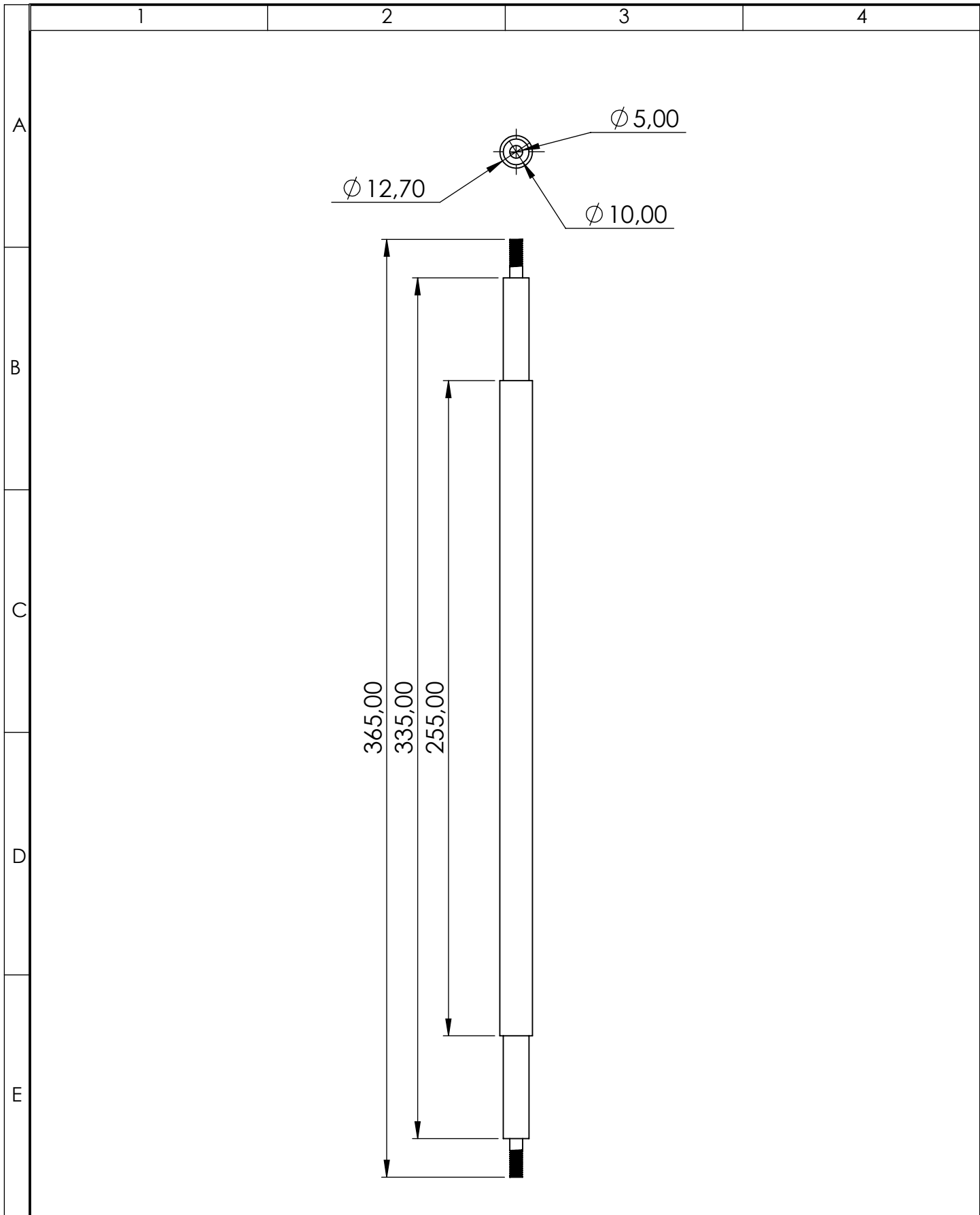
				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 61.37 gr	MATERIAL: MDF	
						TÍTULO: cubre cable lateral	ESCALA: 1:2
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís	N.º DE LÁMINA Lamina 7	REGISTRO:
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís		
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	



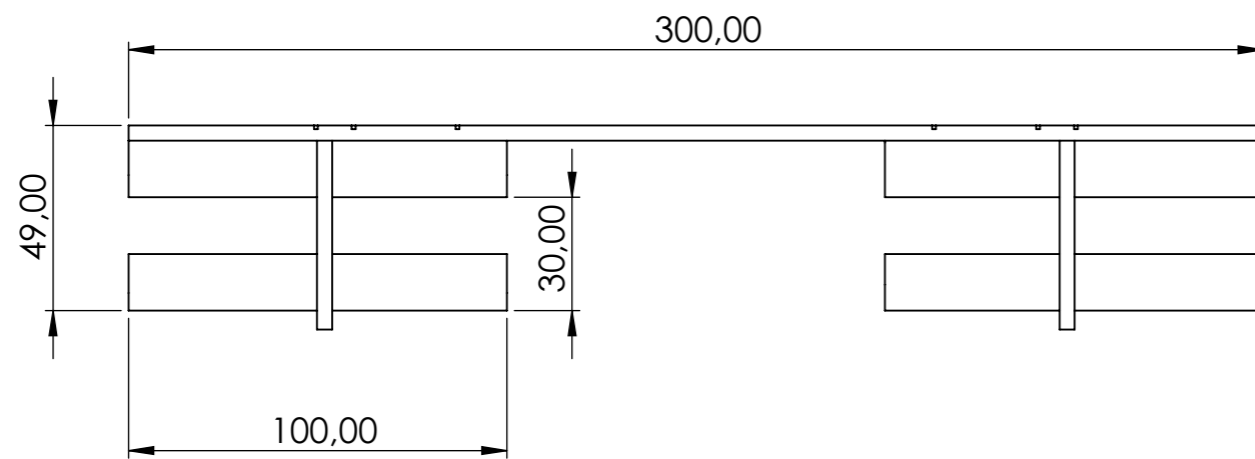
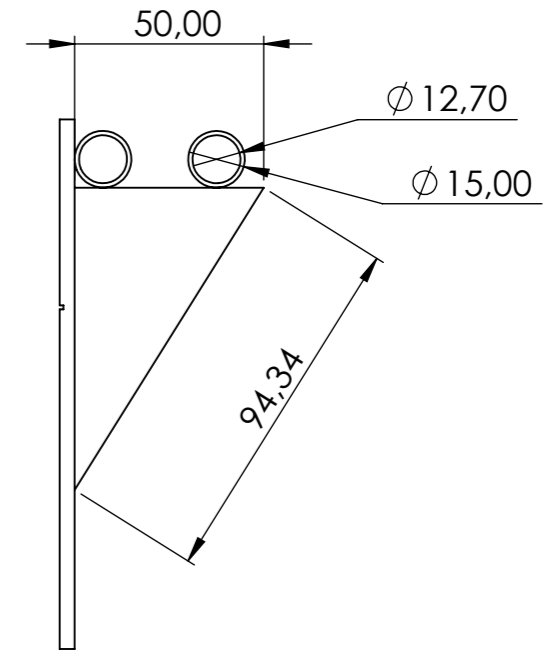
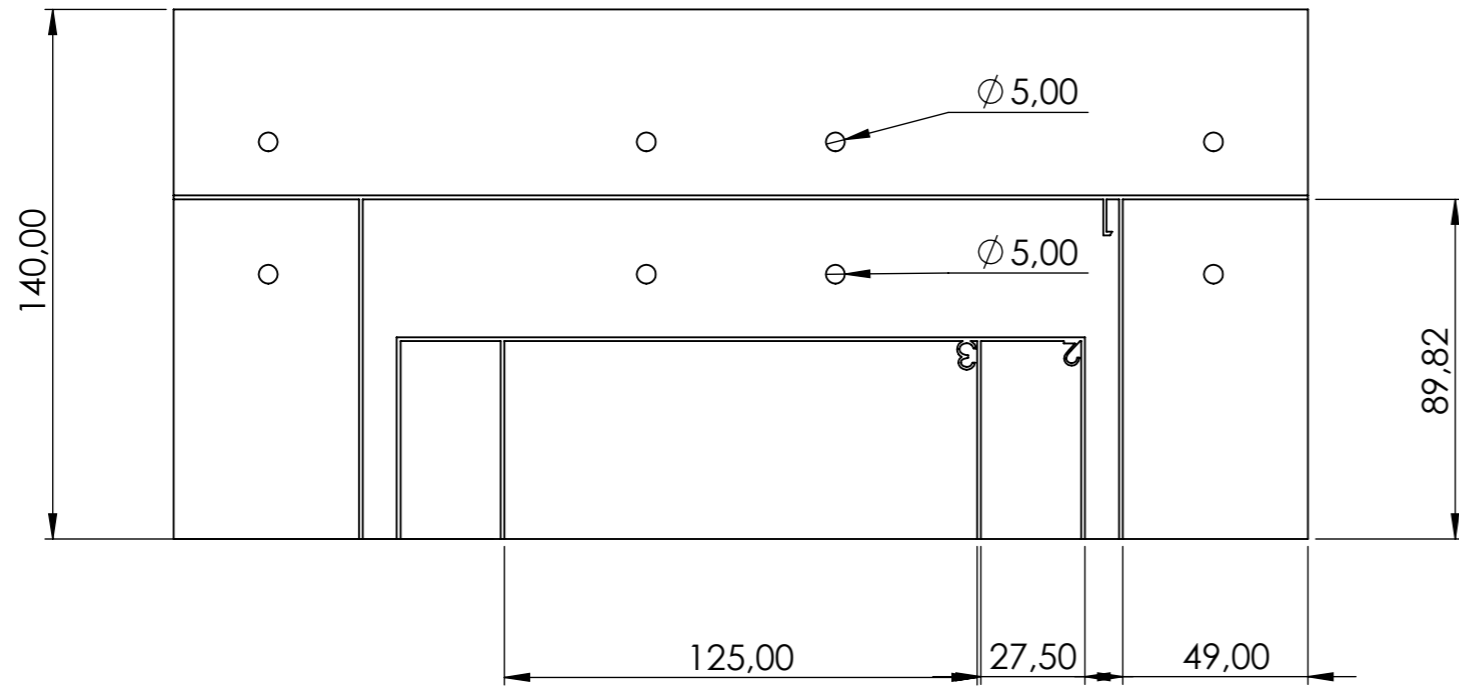
				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 34.24 gr	MATERIAL: MDF	
						TÍTULO: cubre cables	ESCALA: 1:2
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis		REGISTRO:
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis		
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes		
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA Lamina 8	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



				TOLERANCIA: ± 0.5	PESO: 529.68 gr	MATERIAL: AISI 1020	
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:
					DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis	eje mayor
					REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis	
					APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes	
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	ESCALA:
				INGENIERIA MECÁNICA		Lamina 9	1:3
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	REGISTRO:



				TOLERANCIA: ± 0.5	PESO: 308.92 gr	MATERIAL: AIS1 1020	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis	eje menor	1:2
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis		
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECÁNICA		Lamina 10	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0,5	1559.14 gr	Acero Inoxidable	
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:
				DIBUJO:	04/07/2019	Guillermo Solis	Soporte base
				REVISO:	04/07/2019	Guillermo Solis	
				APROBO:	04/07/2019	Ing. Juan Paredes	
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		Lamina 11	1:2
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

1

2

3

4

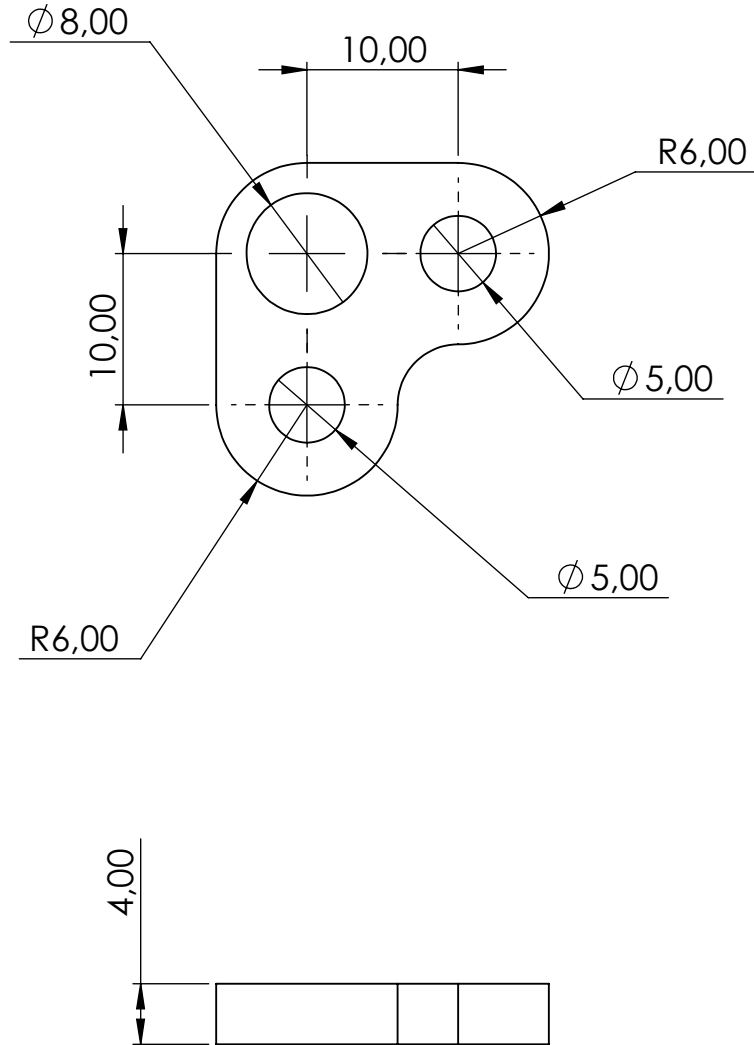
A

B

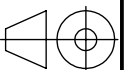
C

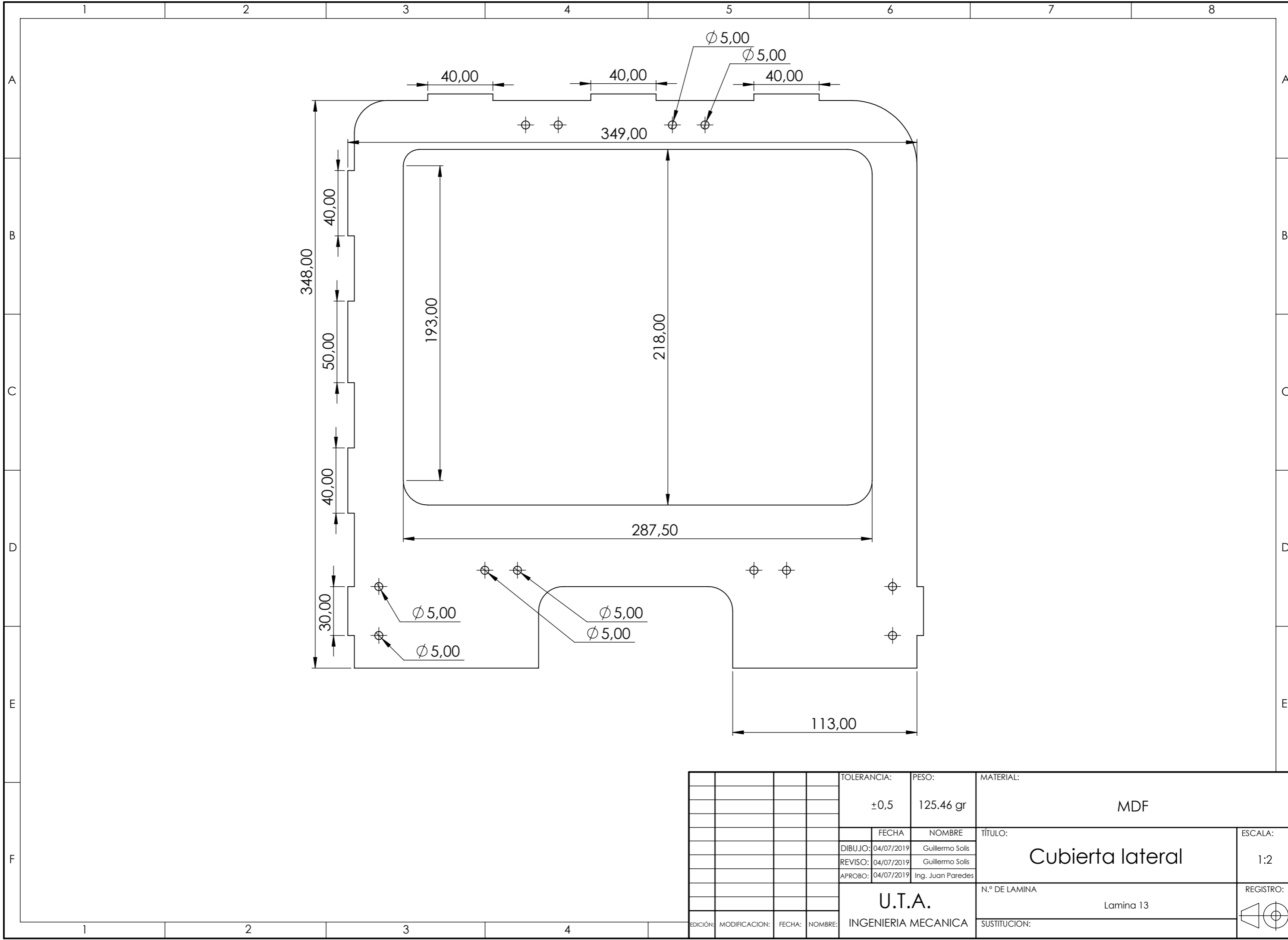
D

E

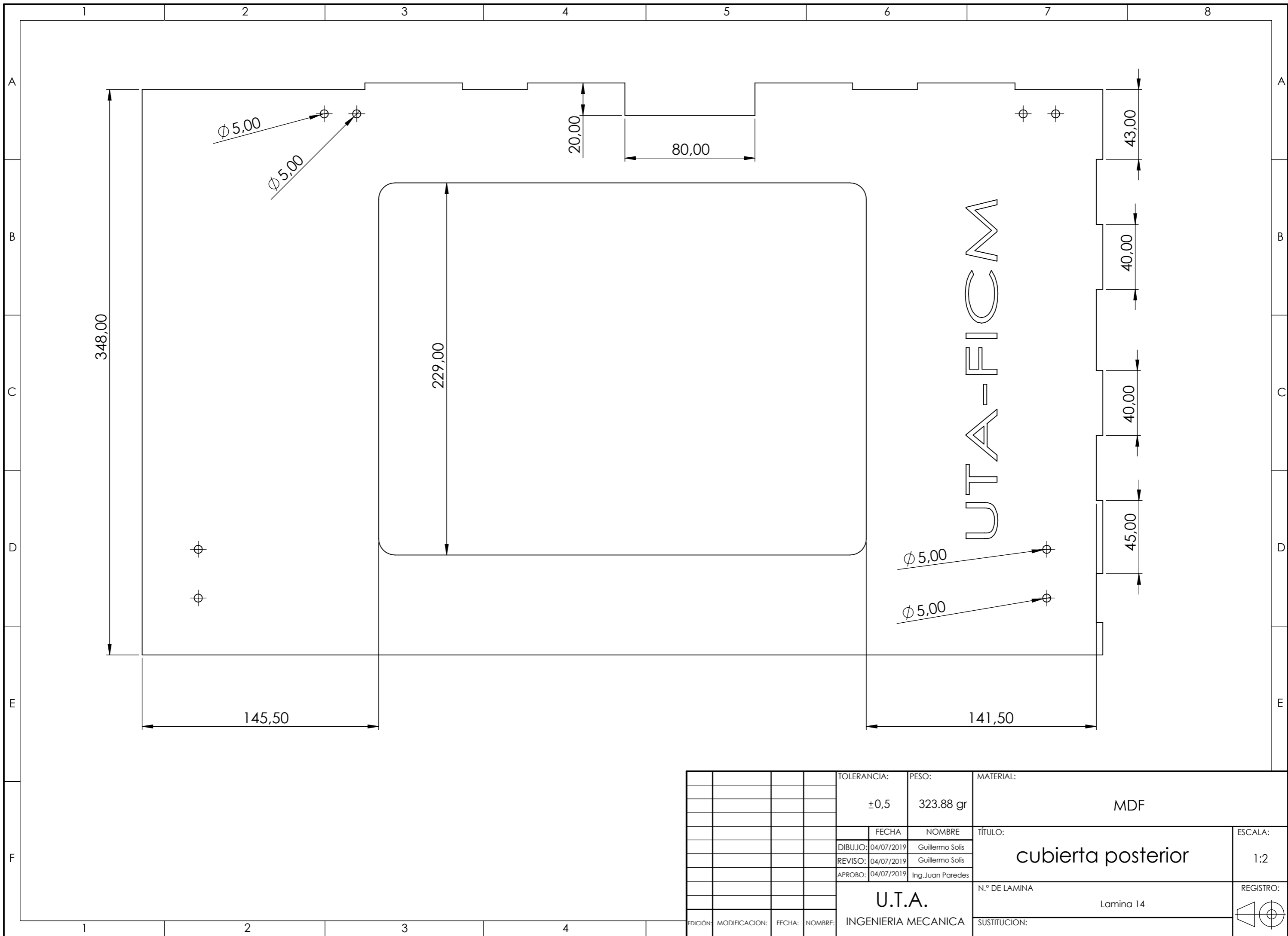


				TOLERANCIA: ± 0.5	PESO: 0.62 gr	MATERIAL: MDF	
						ESCALA: 2:1	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: acople ejes	
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis		
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis		
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECÁNICA		Lamina 12	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	

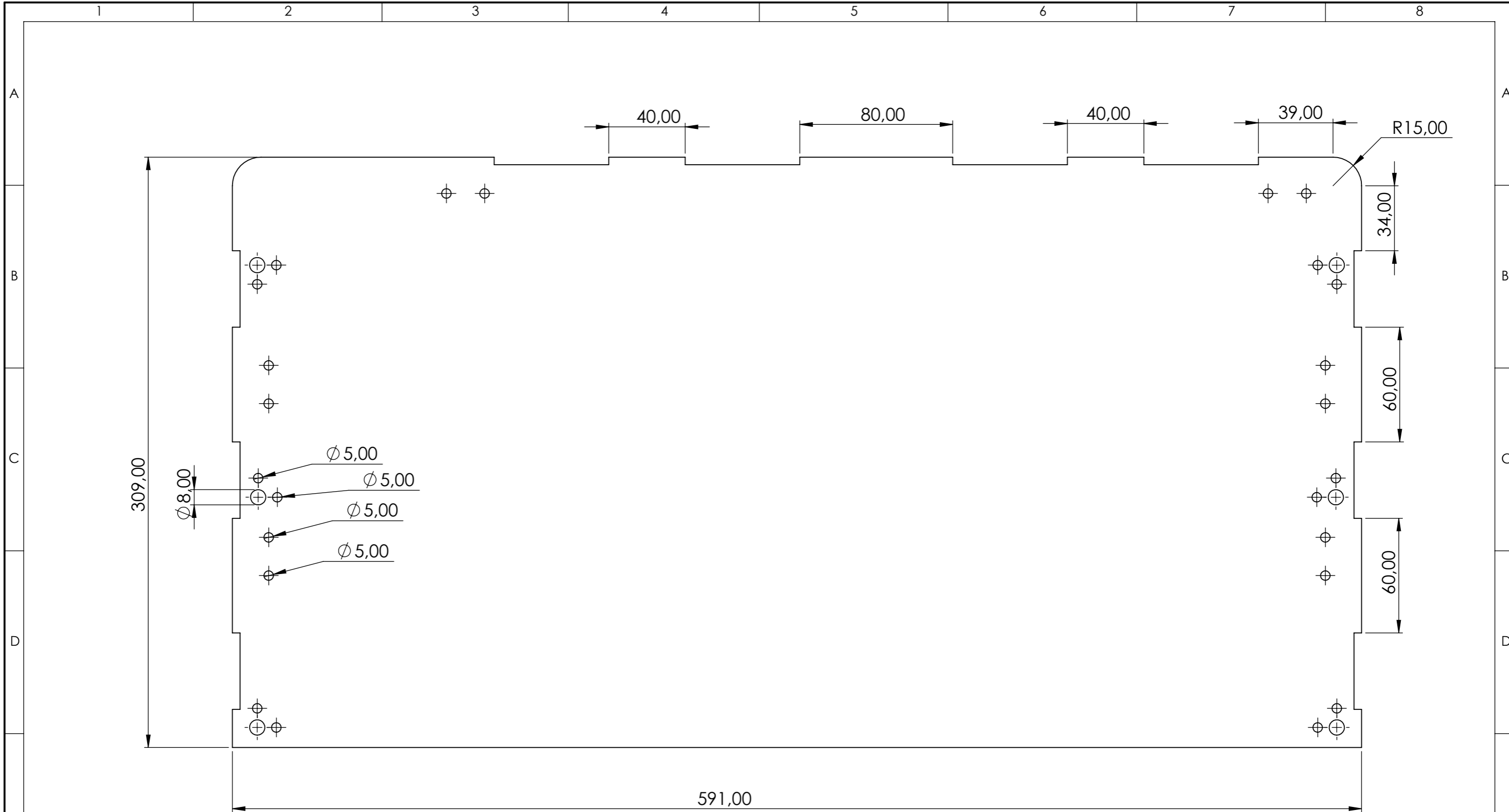




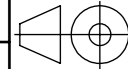
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0,5	125.46 gr	MDF	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJO: 04/07/2019	Guillermo Solís	Cubierta lateral	
				REVISO: 04/07/2019	Guillermo Solís	ESCALA:	
				APROBO: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes	1:2	
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	
				INGENIERIA MECANICA		Lamina 13	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			

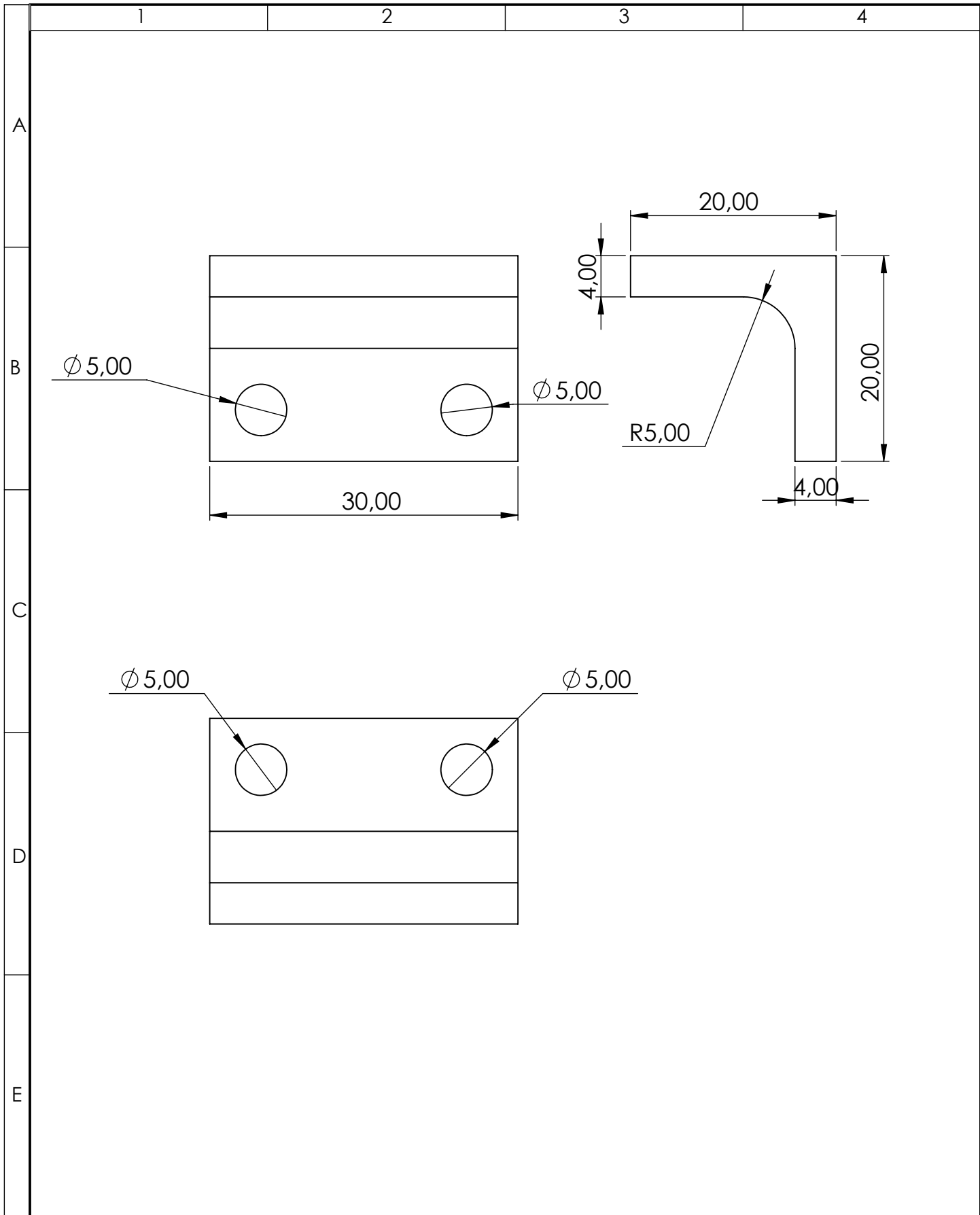


				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:			
				±0,5	323.88 gr	MDF			
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO:	04/07/2019	Guillermo Solis	cubierta posterior		1:2
				REVISO:	04/07/2019	Guillermo Solis			
				APROBO:	04/07/2019	Ing. Juan Paredes			
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA			N.º DE LAMINA	REGISTRO:	
							SUSTITUCION:		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:						

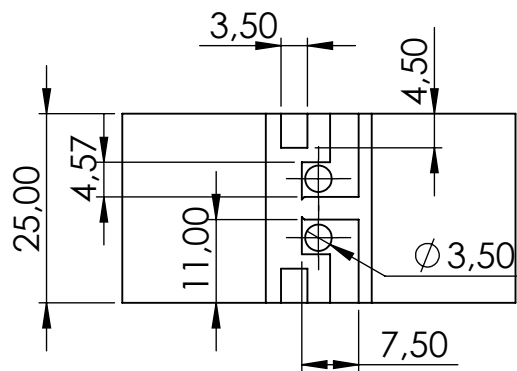
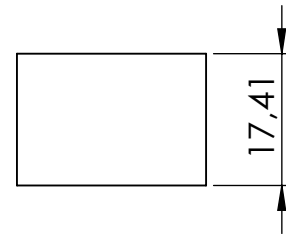
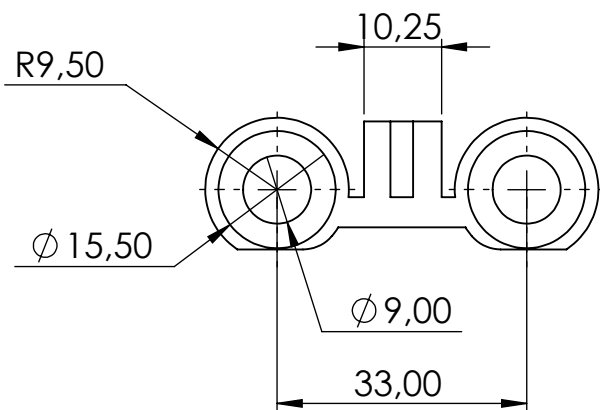


				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:			
				±0,5	431.59 gr	MDF			
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO:	04/07/2019	Guillermo Solis	cubierta superior		1:2
				REVISO:	04/07/2019	Guillermo Solis			
				APROBO:	04/07/2019	Ing. Juan Paredes			
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA			N.º DE LAMINA	Lamina 15	REGISTRO:
							SUSTITUCION:		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:						

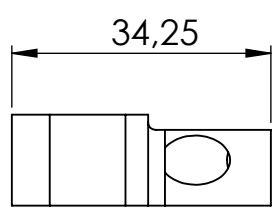
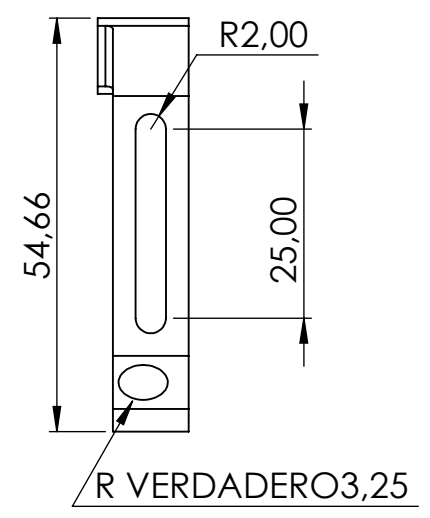
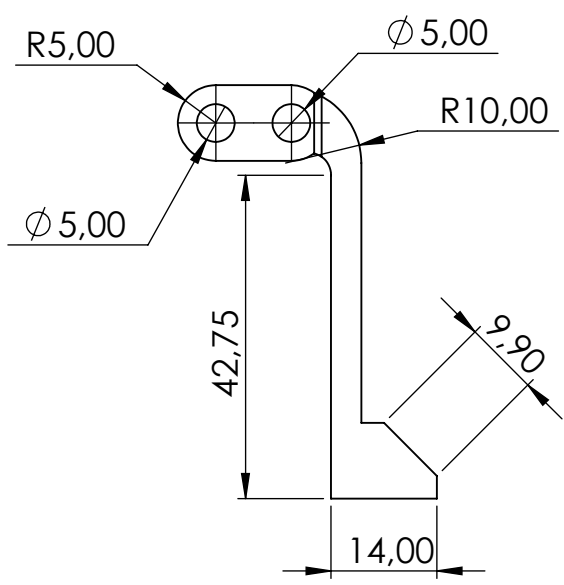




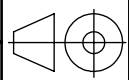
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.5	4.25 gr	ABS	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís	union	2:1
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís		
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECÁNICA		Lamina 16	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	

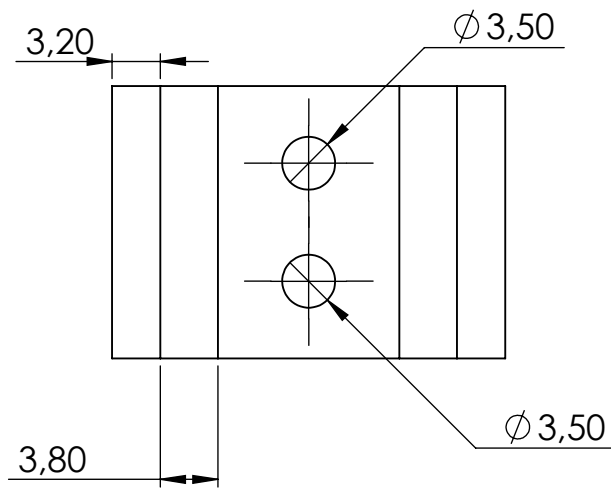
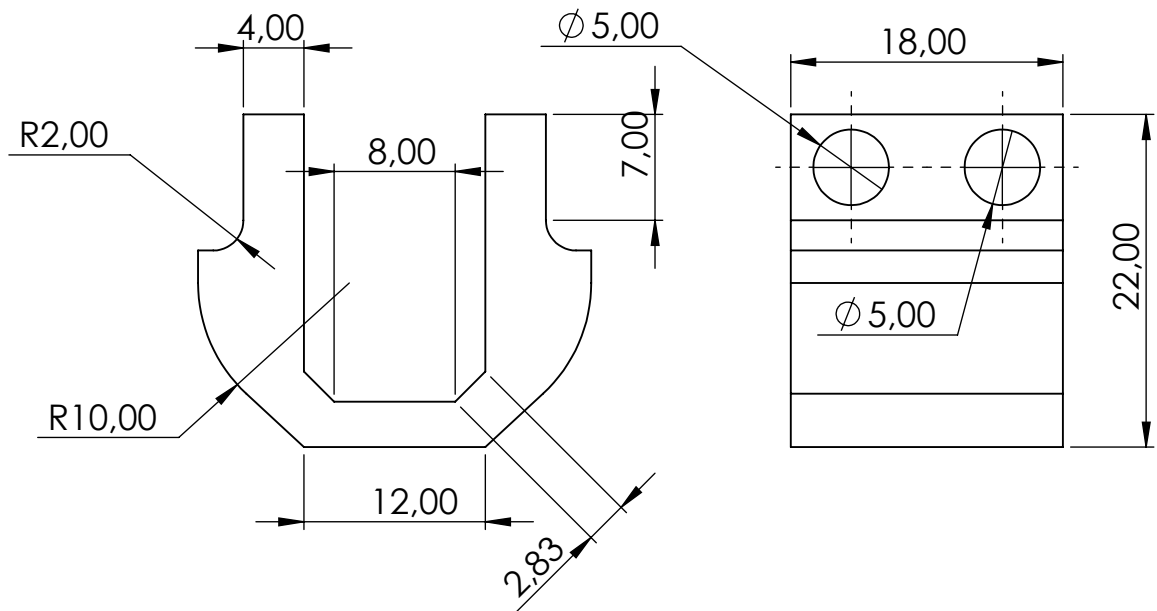


				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 7.27 gr	MATERIAL: ABS		
						TÍTULO: acople eje x	ESCALA: 1:1	
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís		N.º DE LÁMINA Lamina 17	REGISTRO:
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís			
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes			
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:		

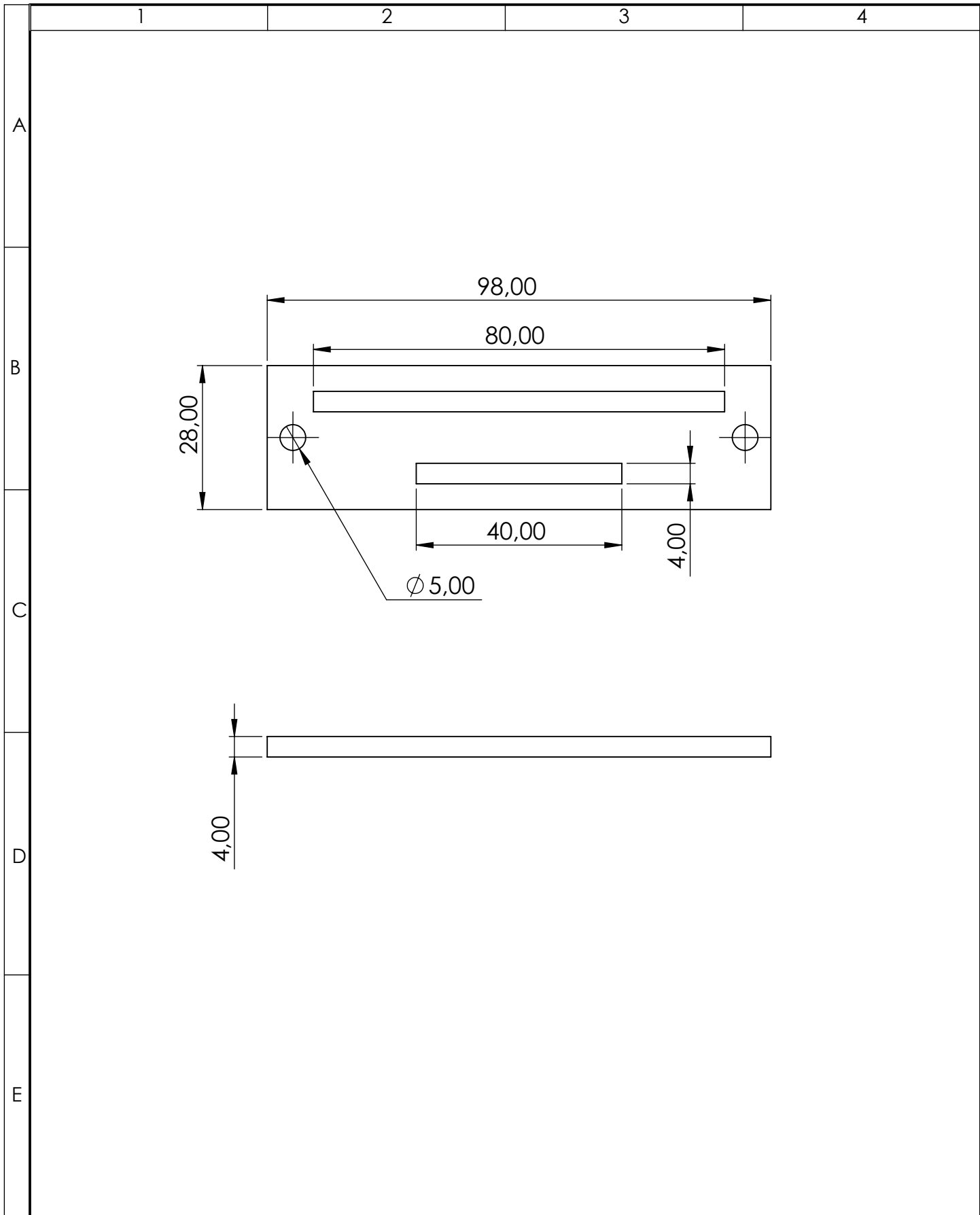


				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0.5	3.80 gr	ABS		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:	
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís		acople manguera	1:1
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís			
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:	
				INGENIERIA MECÁNICA		Lamina 18		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:		

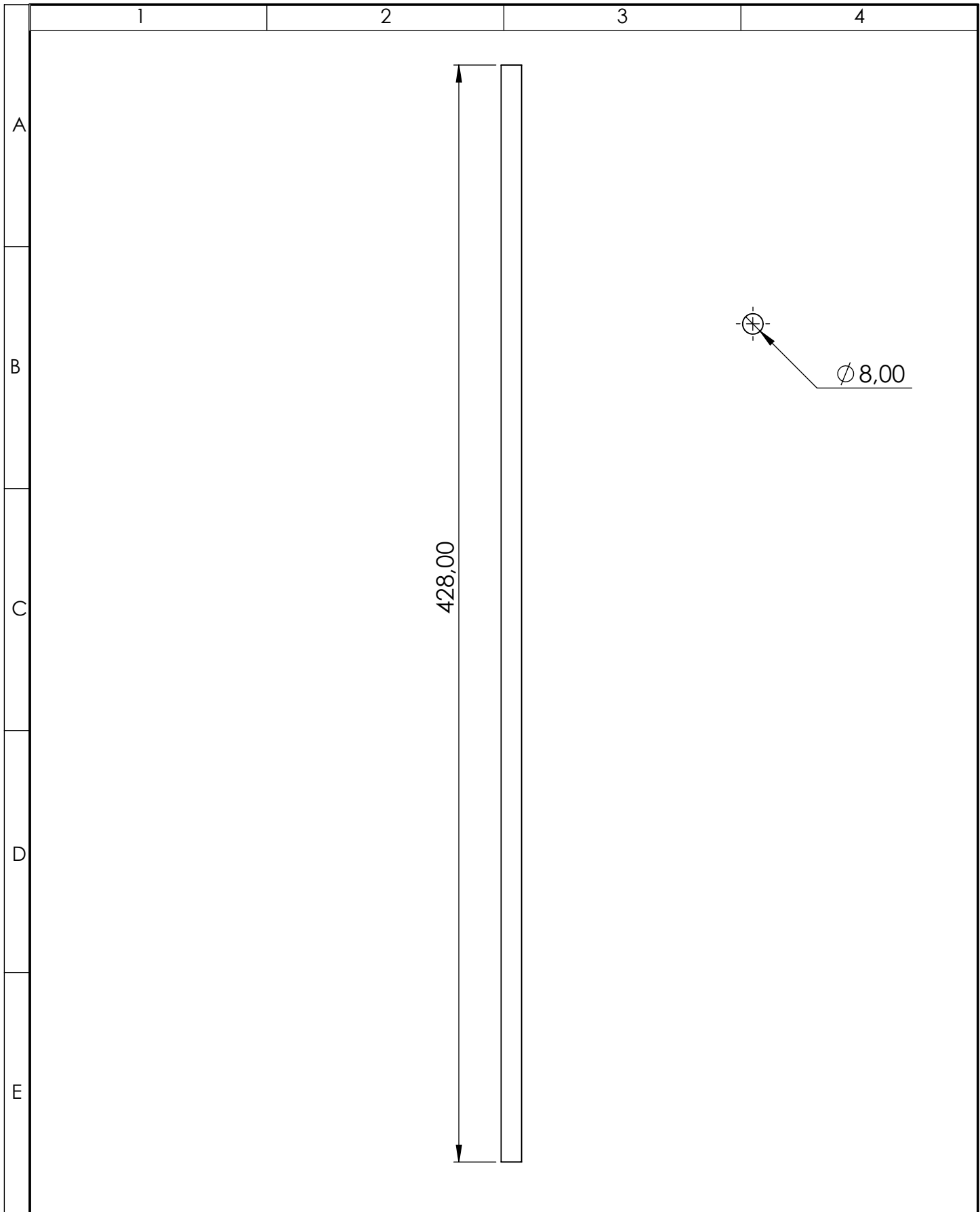




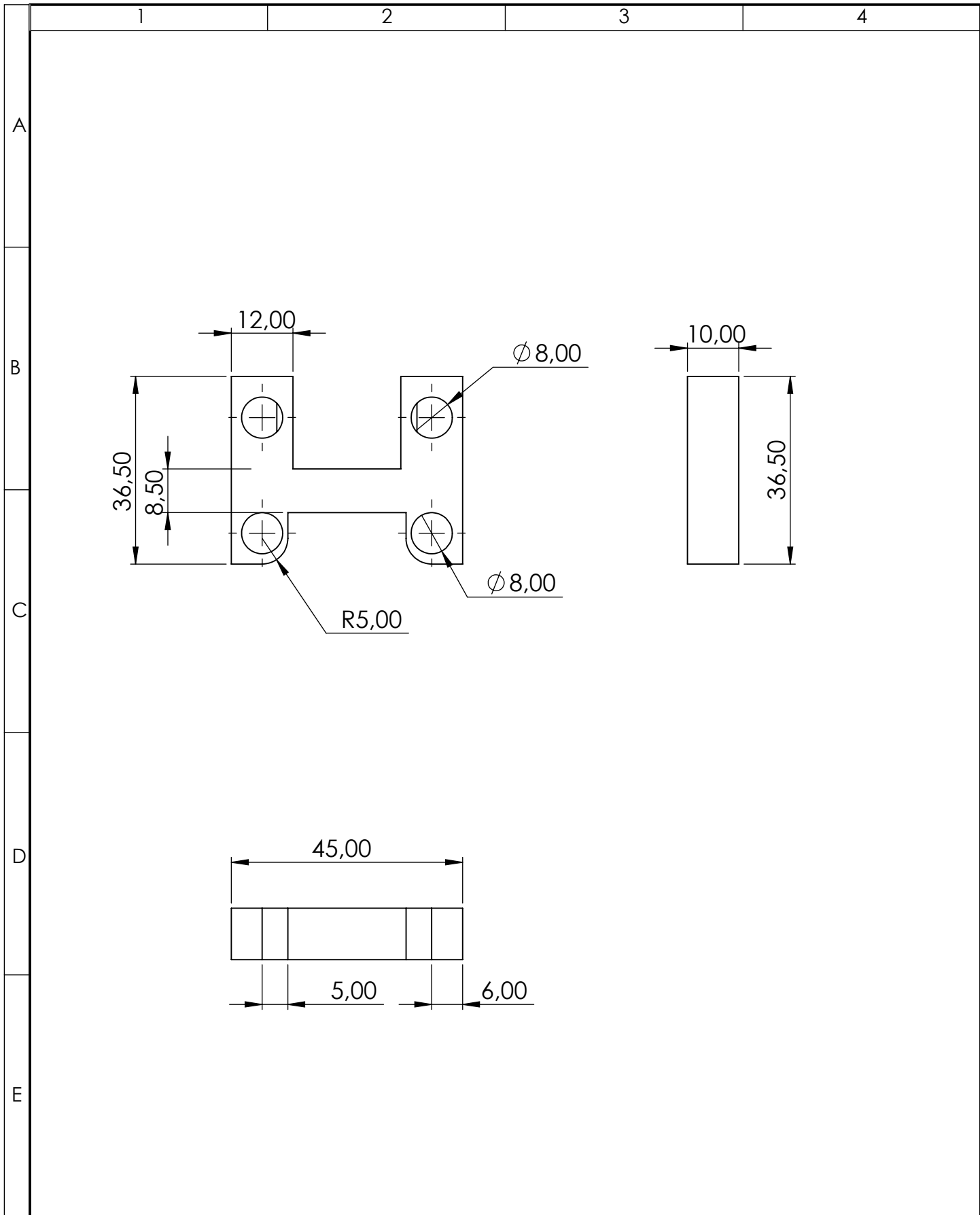
				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 4.12 gr	MATERIAL: ABS		
						TÍTULO: union de eje x	ESCALA: 2:1	
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís		N.º DE LÁMINA Lamina 19	REGISTRO:
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís			
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes	SUSTITUCIÓN:		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA				



				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 5.34gr	MATERIAL: MDF		
						TÍTULO: base lcd	ESCALA: 1:1	
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis		N.º DE LÁMINA Lamina 20	REGISTRO:
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis			
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes			
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:		



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				0.5	169.10 gr	Acero inoxidable	
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:
				DIBUJÓ:	04/07/2019	Guillermo Solis	eje sensor x
				REVISÓ:	04/07/2019	Guillermo Solis	
				APROBÓ:	04/07/2019	Ing. Juan Paredes	
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	ESCALA:
				INGENIERIA MECÁNICA		Lamina 21	1:2
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	REGISTRO:



				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 7.87 gr	MATERIAL: ABS		
						TÍTULO: continuacion motor eje x	ESCALA: 1:1	
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís		N.º DE LÁMINA Lamina 22	REGISTRO:
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís			
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes			
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:		

1

2

3

4

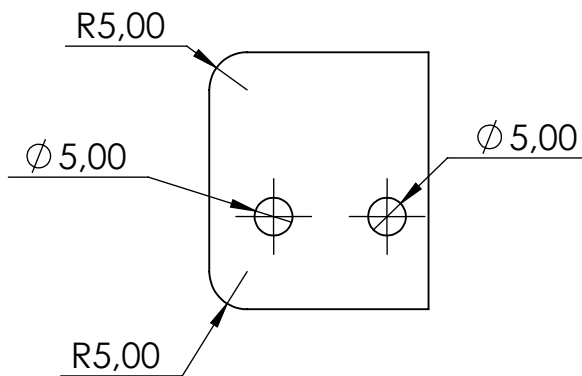
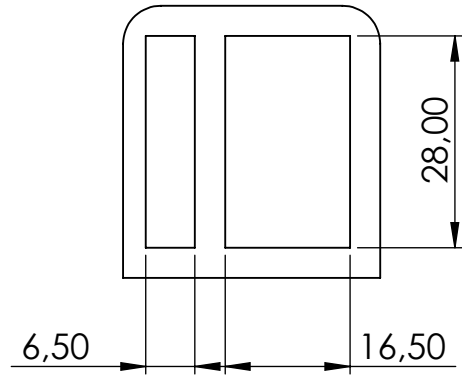
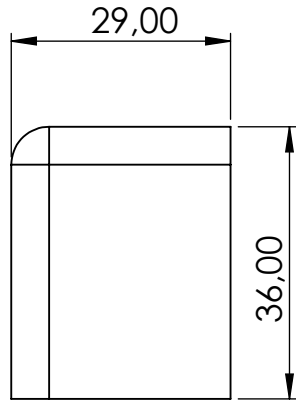
A

B

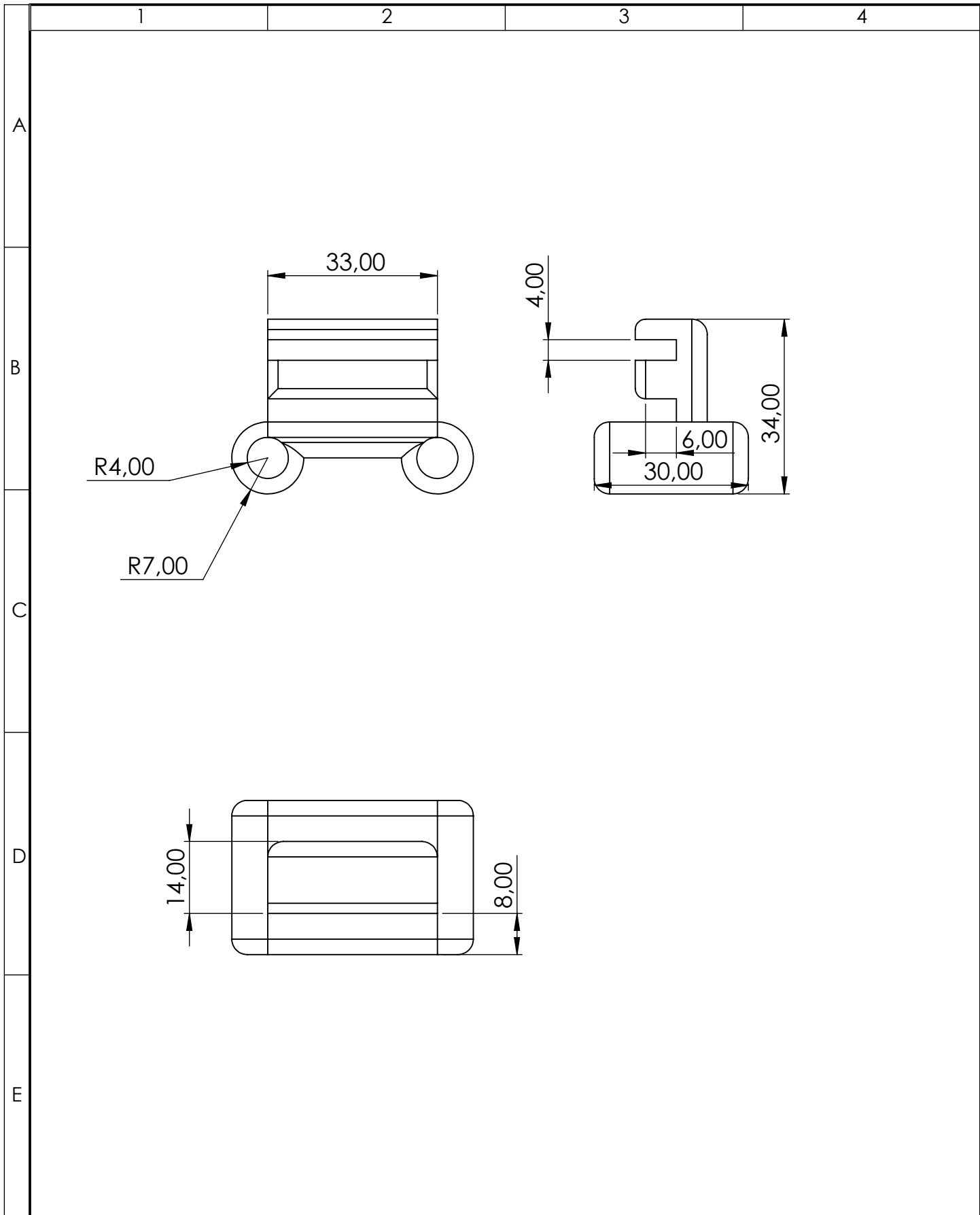
C

D

E



				TOLERANCIA: ± 0.5	PESO: 17.95 gr	MATERIAL: ABS		
						TÍTULO: soporte eje y	ESCALA: 1:1	
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis		N.º DE LÁMINA Lamina 23	REGISTRO:
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis			
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes	SUSTITUCIÓN:		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA				



				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 18.56 gr	MATERIAL: ABS		
						TÍTULO: gancho eje y	ESCALA: 1:1	
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis		N.º DE LÁMINA Lamina 24	REGISTRO:
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis			
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes			
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:		

1

2

3

4

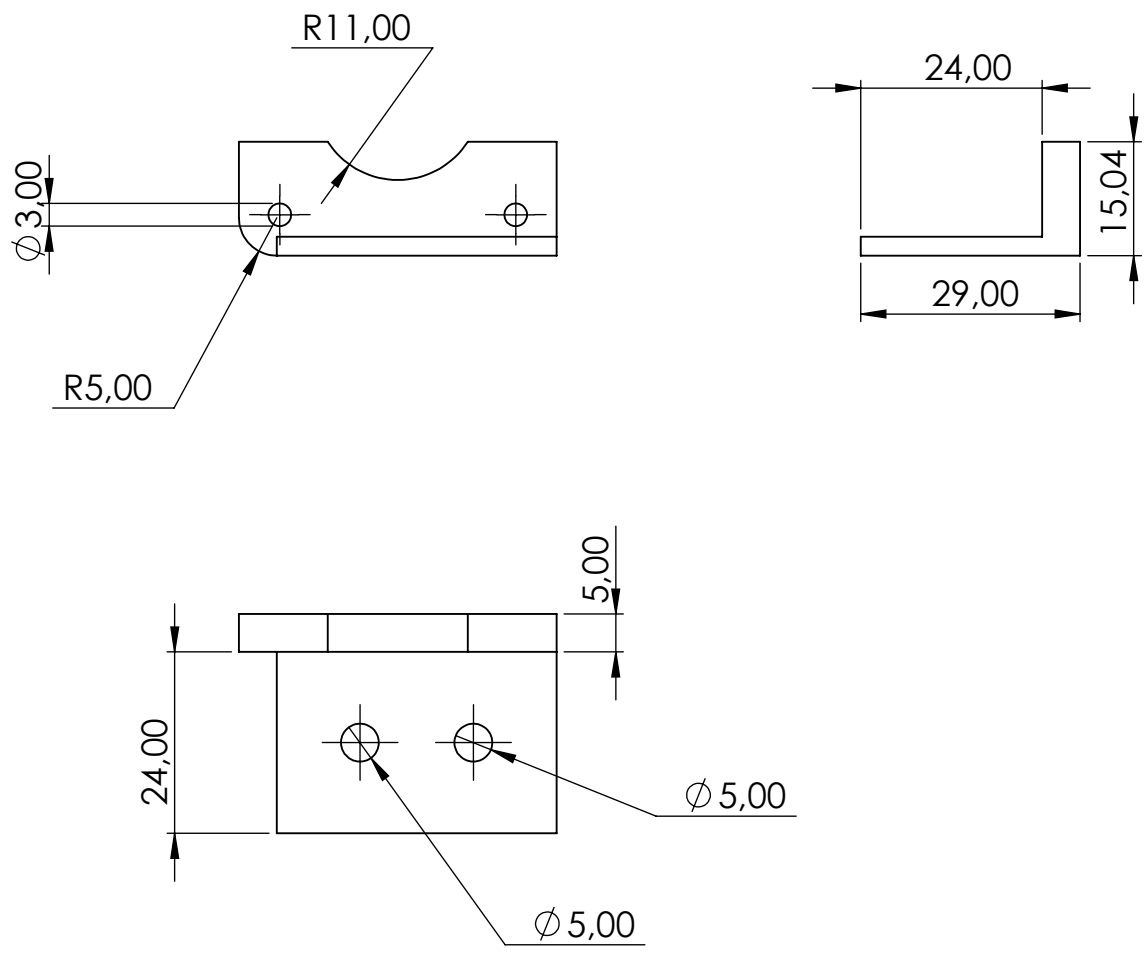
A

B

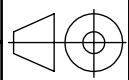
C

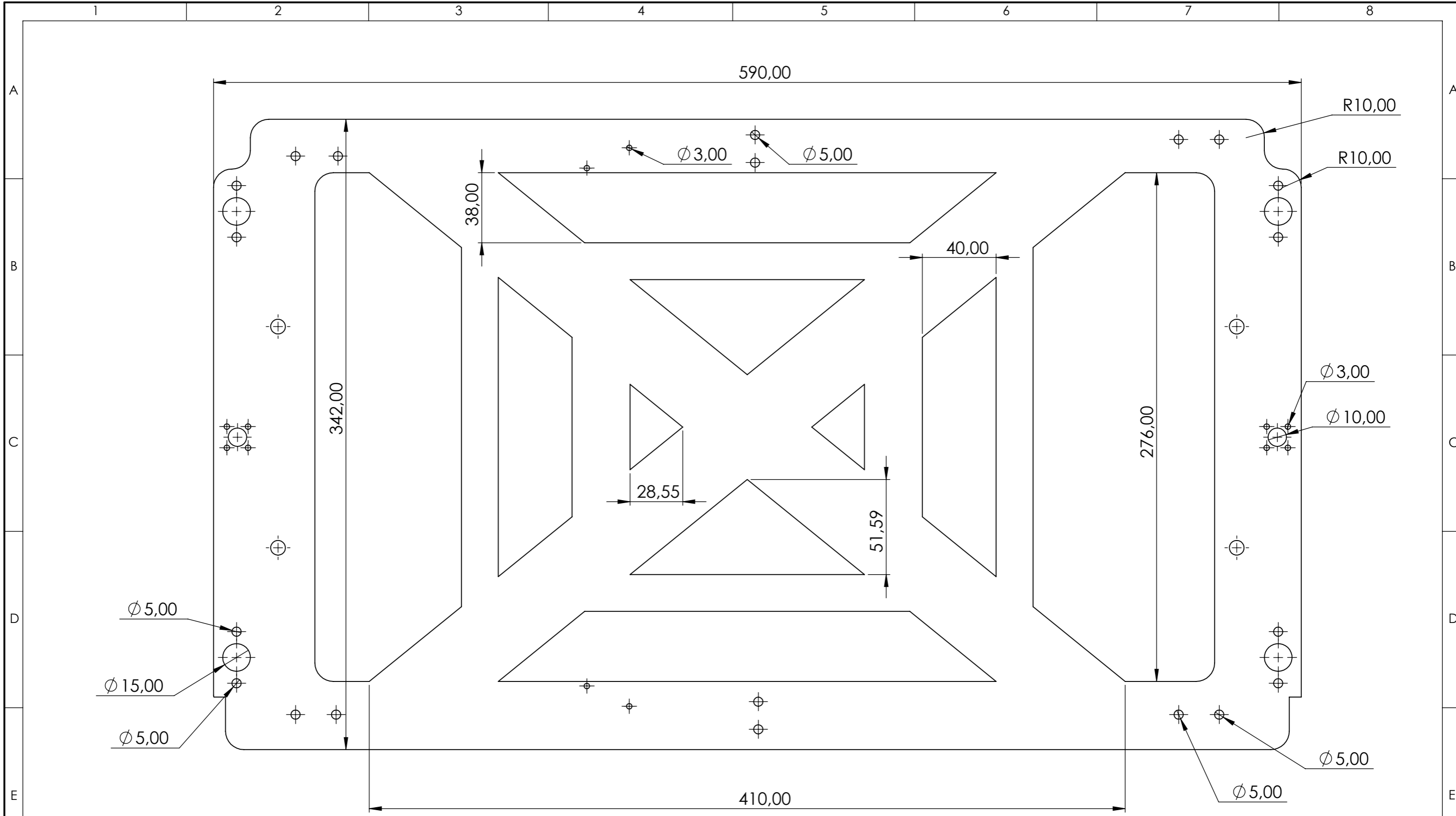
D

E

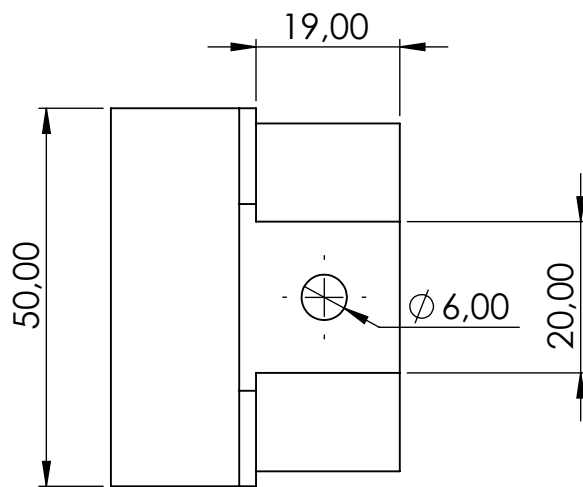
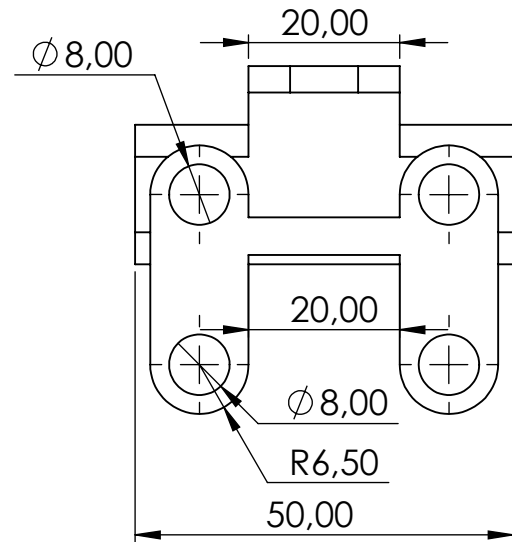
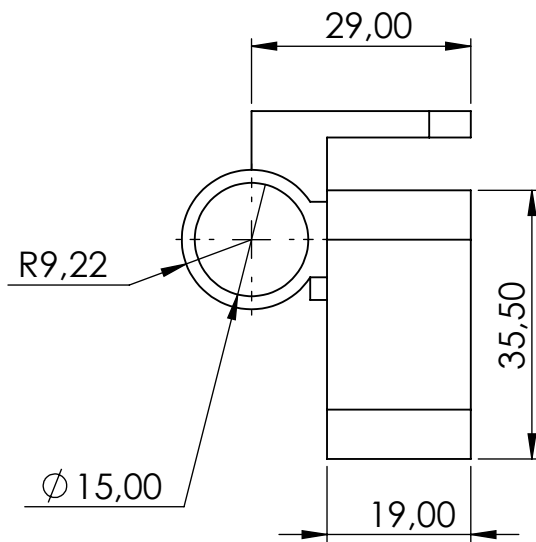


				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 4.95 gr	MATERIAL: ABS	
						TÍTULO: base del motor y	ESCALA: 1:1
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis		
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solis		
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes		
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA Lamina 25	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	





				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0,5	426.54 gr	MDF		
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO: 04/07/2019	Guillermo Solis	MDF base		1:2
				REVISO: 04/07/2019	Guillermo Solis			
				APROBO: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes			
				U.T.A.		N.º DE LAMINA		REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		Lamina 26		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:				



				TOLERANCIA: ±0.5	PESO: 23.88 gr	MATERIAL: ABS		
						TÍTULO: gancho12	ESCALA: 1:1	
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís		N.º DE LÁMINA Lamina 27	REGISTRO:
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís			
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes			
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:		

1 2 3 4

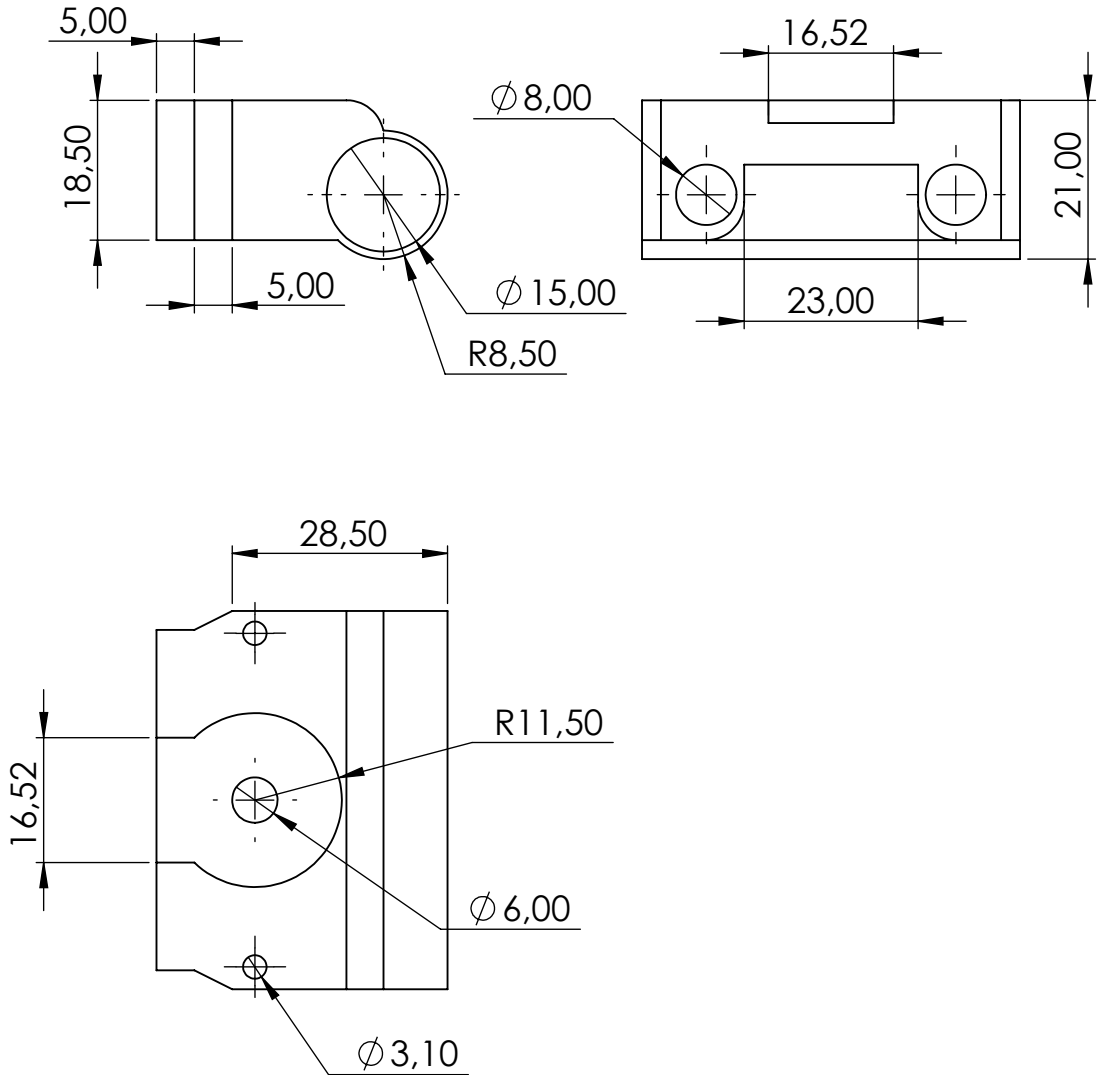
A

B

C

D

E



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.5	15.87 gr	ABS	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís	base motor eje x	1:1
				REVISÓ: 04/07/2019	Guillermo Solís		
				APROBÓ: 04/07/2019	Ing. Juan Paredes		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECÁNICA		Lamina 28	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	