



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
PROYECTO TÉCNICO

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PERFORADORA DE PANELES DE PVC UTILIZADOS COMO MUROS EN CASAS PREFABRICADAS”

Autor: Christian Andrés Pérez Martínez

Tutor: Ing. Mg. Mauricio Carrillo

Ambato - Ecuador

2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del proyecto técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PERFORADORA DE PANELES DE PVC UTILIZADOS COMO MUROS EN CASAS PREFABRICADAS” Elaborado por el señor Christian Andrés Pérez Martínez, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico que el presente trabajo:

- Es original de su autor.
- Ha sido revisada cada uno de sus capítulos.
- Es concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Abril del 2019

.....
Ing. Mg. Mauricio Carrillo

Tutor

AUTORÍA DEL PROYECTO

Yo, Christian Andrés Pérez Martínez, con C.I. 1804454757, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el presente proyecto bajo el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PERFORADORA DE PANELES DE PVC UTILIZADOS COMO MUROS EN CASAS PREFABRICADAS” como también los contenidos presentados, ideas, análisis son de exclusiva responsabilidad de mí persona, como autor de este proyecto técnico.

Ambato, Abril del 2019

Autor

.....

Christian Andrés Pérez Martínez

C.I. 1804464757

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Christian Andrés Pérez Martínez, con C.I. 1804454757, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que de este Proyecto Técnico o parte de él haga un documento para la lectura, consulta e investigación según normas Institucionales.

Cedo los derechos del Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción del mismo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre que dicha reproducción no represente ganancia económica y se la realice bajo mis derechos de autor.

Ambato, Abril del 2019

.....
Christian Andrés Pérez Martínez

Autor

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico realizado por el alumno Christian Andrés Pérez Martínez de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PERFORADORA DE PANELES DE PVC UTILIZADOS COMO MUROS EN CASAS PREFABRICADAS”**

Ambato, Abril del 2019

Para constancia firman:

.....
Ing. Mg. César Arroba

.....
Ing. Mg. Diego Núñez

DEDICATORIA

A Dios por darme salud, fortaleza y ser mi guía para afrontar los problemas y vicisitudes que se presentan en la vida.

A mi madre, Elsa Martínez ya que con su fortaleza para sacar adelante una familia ha sido mi inspiración, mi ejemplo y mi apoyo para cumplir un sueño más en mi vida, me siento orgulloso de ser su hijo.

A mis hermanos Luigi y Mathew que han estado incondicionalmente apoyándome toda mi vida, su presencia en mi vida es valiosa.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que me ha bendecido y me ha permitido vivir todas las experiencias a lo largo de mi vida.

A mi madre y a mi familia por el apoyo incondicional a lo largo de la carrera, significan mucho para mí.

A la empresa Holviplas S.A. y al Ing. Renato Noriega que me ayudo en el proceso para el desarrollo de este proyecto.

A mi tutor el Ing. Mauricio Carrillo, por compartir sus conocimientos y brindarme la ayuda necesaria.

A todas las personas que formaron parte de esta etapa de mi vida, su presencia fue parte importante para culminar este proyecto.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL PROYECTO.....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
RESUMEN EJECUTIVO	XIV
ABSTRACT.....	XV
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1.TEMA	1
1.2. ANTECEDENTES.....	1
1.3.JUSTIFICACIÓN	2
1.4. OBJETIVOS	2
1.4.1. Objetivo General	2
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO II.....	4
FUNDAMENTACIÓN	4
2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS	4
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.2.1. Sistema Constructivo RBS	4
2.2.1.1. Ventajas del sistema constructivo RBS.....	5
2.2.2. PVC (Policloruro de vinilo)	7
2.2.2.1. Compuesto rígido de PVC para elementos del sistema	7
2.2.2.2. Propiedades físicas del cloruro de polivinilo (PVC rígido)	8

2.2.3. Procesos de perforación o corte del PVC.....	9
2.2.3.1. Corte láser del PVC.....	9
2.2.3.2. Taladrado de PVC.....	10
2.2.3.3. Troquelado de PVC.....	12
2.2.3.4. Fresado de PVC.....	13
2.2.4. Materiales para herramientas de corte.....	13
2.2.5. Control industrial	15
2.2.5.1. PLC	17
2.2.5.2 PC industrial.....	17
2.2.5.3. HMI “Interfaz Hombre – Máquina”	18
2.2.6. Motores eléctricos	19
2.2.7. Convertidores de frecuencia.....	21
2.2.8. Sensores.....	21
2.2.9. Encoder	22
2.2.10. Sistemas neumáticos	22
2.2.10.1. Electroválvulas	22
2.2.10.2 Actuadores neumáticos	23
CAPÍTULO III.....	24
DISEÑO DEL PROYECTO	24
3.1. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	24
3.1.1. Selección de alternativas del proceso de perforación	24
3.1.2. Selección del material a utilizar	26
3.1.3. Selección de alternativas para el control de la máquina.	31
3.2. CÁLCULOS O MODELO OPERATIVO	32
3.2.1. Descripción de la perforadora de paneles de PVC.....	32
3.2.2. Parámetros de diseño.....	33
3.2.3 Diseño de la estructura principal.....	34

3.2.4 Selección de rodamientos para el desplazamiento de la mesa	38
3.2.5 Mecanismo piñón cremallera	40
3.2.6 Parámetros de mecanizado	43
3.2.7 Selección de bandas y poleas	46
3.2.8 Diseño del eje para el herramental	49
3.2.9 Diseño del sistema de perforado	55
3.2.10 Diseño de la estructura para el sistema de perforado.....	58
3.2.11 Diseño del tornillo de potencia	62
3.2.12 Selección del motorreductor para mover el tornillo.....	64
3.2.13 Selección de cilindros neumáticos	66
3.2.14 Control del sistema.....	68
3.3 Presupuesto	69
3.3.1 Costos directos	69
3.3.2 Costos indirectos	70
3.4 Pruebas de funcionamiento	71
3.5 Especificaciones técnicas	74
CAPÍTULO IV.....	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
4.1 CONCLUSIONES	75
4.2 RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA.....	77
ANEXOS.....	80
ANEXOS A (Anexos para cálculos mecánicos).....	80
ANEXOS B (Anexos Eléctricos).....	91
ANEXOS C (Anexos correspondientes a la máquina)	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema constructivo RBS	5
Figura 2. PVC.....	7
Figura 3. Taladrado de PVC.....	10
Figura 4. Brocas Bosch	11
Figura 5.Velocidad óptima del taladro.....	11
Figura 6. PVC troquelado	12
Figura 7. Partes de una punzonadora.	12
Figura 8. Resumen operaciones de fresado.....	13
Figura 9. Diagrama dureza vs temperatura	15
Figura 10.Esquema sistema de control.....	16
Figura 11. PLC	17
Figura 12.Puertos PC	18
Figura 13.HMI.....	18
Figura 14.Esquema de control de la máquina	19
Figura 15.Motor de inducción trifásico.....	20
Figura 16.Convertidor de frecuencia.....	21
Figura 17. Encoder	22
Figura 18. Cilindro simple efecto.....	23
Figura 19.Cilindro doble efecto	23
Figura 20.Panel de PVC	26
Figura 21. PLC Koyo Direct Logic 06.....	31
Figura 22. HMI TouchWin	32
Figura 23.Esquema perforadora de paneles de PVC.....	33
Figura 24.Esquema de los componentes que soporta la viga.....	34
Figura 25. Esquema de la viga	35
Figura 26. Fuerzas resultantes en los apoyos	35
Figura 27.Diagrama de fuerza cortante.....	36
Figura 28. Diagrama de momentos	36
Figura 29. Esquema mecanismo piñón-cremallera	40
Figura 30. Distancia útil panel de 640mm de alto	43
Figura 31. Fuerzas que actúan sobre la herramienta	45
Figura 32. Fuerzas de empuje y torque	45

Figura 33. Disposición de la banda.....	47
Figura 34. Pre-diseño del eje del herramental.....	49
Figura 35. Diagrama de cuerpo libre del eje.....	49
Figura 36. Distribución de las fuerzas en el eje [mm].	51
Figura 37. Reacciones resultantes en el eje.....	52
Figura 38. Diagrama de fuerzas cortantes sobre el eje.....	52
Figura 39. Diagrama de momentos sobre el eje.....	53
Figura 40. Deformación del eje en Y	55
Figura 41. Esquema sistema de perforación	56
Figura 42. Esquema de los tornillos para perforación.....	58
Figura 43. Diagrama de cuerpo libre de la viga para el sistema de perforación.	59
Figura 44. Reacciones en el tubo para el sistema de perforación.	59
Figura 45. Diagrama de cortantes de la viga para el sistema de perforación.....	60
Figura 46. Diagrama de momentos de la viga para el sistema de perforación.....	60
Figura 47. Deformación de la viga para el sistema de perforación.....	62
Figura 48. Esquema de un tornillo de potencia y motorreductor de ejes paralelos ...	65
Figura 49. Diagrama electro-neumático.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Ventajas del sistema constructivo RBS	6
TABLA 2. Propiedades del PVC rígido.....	8
TABLA 3. Señales de control	16
TABLA 4. Partes del motor de inducción trifásico.....	21
TABLA 5. Matriz de criterios ponderados	28
TABLA 6. Matriz de criterios ponderados dureza.....	28
TABLA 7. Matriz de criterios ponderados costo	29
TABLA 8. Matriz de criterios ponderados factibilidad	29
TABLA 9. Matriz de criterios ponderados disponibilidad.....	30
TABLA 10. Matriz final	30
TABLA 11. Propiedades del Acero ASTM A-500.....	37
TABLA 12. Tubo cuadrado 20X20	38
TABLA 13. Motorreductor para la mesa	42
TABLA 14. Especificaciones para el proceso.	43
TABLA 15. Motor WEG para las herramientas	46
TABLA 16. Especificaciones de la banda y poleas seleccionadas	48
TABLA 17. Descripción del motorreductor	66
TABLA 18. Costo de materia prima	69
TABLA 19. Costo de mano de obra directa.....	70
TABLA 20. Costos indirectos.....	70
TABLA 21. Costo total del proyecto	71
TABLA 22. Prueba 1 de perforación.	71
TABLA 23. Prueba 2 de perforación.	72
TABLA 24. Prueba 3 de perforación.	73
TABLA 25. Especificaciones técnicas.....	74

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PERFORADORA DE
PANELES DE PVC UTILIZADOS COMO MUROS EN CASA
PREFABRICADAS”

Autor: Christian Andrés Pérez Martínez

Tutor: Ing. Mg Carlos Mauricio Carrillo Rosero

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto técnico se enfoca en el diseño, construcción y pruebas de funcionamiento de una máquina perforadora de paneles de PVC, de diferentes anchos. Para realizar las perforaciones, se escogió el proceso de taladrado y se seleccionó las sierras de copa de HSS como el tipo de herramienta a utilizar. Se estableció la distancia entre perforaciones, también el tamaño máximo de los paneles, con estos datos se diseñó la estructura principal, además una mesa deslizable, así como también los ejes en los que se acoplará el herramental, el sistema de desplazamiento y demás partes necesarias, posteriormente se seleccionó: bandas dentadas, motores, motorreductores, poleas dentadas, cilindros neumáticos, electroválvulas y sensores, para garantizar el adecuado funcionamiento de la máquina, se conectó los componentes a un PLC y se desarrolló una interfaz hombre-máquina, que facilita al operario el uso de la misma y evitar daños en el proceso. Finalmente, se construyó la máquina y se realizó las pruebas, obteniendo los resultados esperados que satisfacen las exigencias de la empresa Holviplas S.A.

Palabras clave: Sierras de Copa, PVC, Taladrado, PLC, Control.

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

TOPIC: “DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PERFORATOR OF PVC
PANELS USED AS PREFABRICATED HOUSE WALLS”

Author: Christian Andrés Pérez Martínez

Advisor: Ing. Mg Carlos Mauricio Carrillo Rosero

ABSTRACT

This technical project focuses on the design, construction and operation tests of a PVC panel drilling machine, of different widths. To perform the drilling, the drilling process was chosen and the HSS hole saws were selected as the type of tool to be used. The distance between perforations was established, also the maximum size of the panels, with this data the main structure was designed, in addition a sliding table, as well as the axes in which the tooling, the displacement system and other necessary parts are coupled , subsequently selected: toothed belts, motors, gearmotors, toothed pulleys, pneumatic cylinders, electrovalves and sensors, to ensure the proper functioning of the machine, the components were connected to a PLC and a man-machine interface was developed, which facilitates the Operative the use of the machine and avoids damage in the process. Finally, the machine was built and tests were carried out, obtaining the expected results that meet the requirements of the company Holviplas S.A

Keywords: Hole saw, PVC, Drilling, PLC, HSS, control, HMI

CAPÍTULO I.

ANTECEDENTES

1.1. TEMA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PERFORADORA DE PANELES DE PVC UTILIZADOS COMO MUROS DE CASAS PREFABIRCADAS.”

1.2. ANTECEDENTES

La empresa Holviplas S.A., al emprender el proyecto de vivienda social, el cual consiste en casas prefabricadas de Policloruro de Vinilo más concreto, donde una de las principales piezas a usar son los paneles de PVC.

Entonces la necesidad de la empresa es realizar el proceso de perforación de paneles de PVC, motivo por el cual requiere una máquina que cumpla con los requisitos o parámetros necesarios para brindar un producto de calidad para su posterior utilización.

De esta manera se toma en cuenta las siguientes referencias para el desarrollo del proyecto.

Según [1], los paneles de PVC al salir del área de extrusión presentan en sus caras visibles su terminación final, ya que poseen la coloración definitiva y la protección contra los rayos ultravioletas.

Estas piezas recién fabricadas son troqueladas en sus caras internas en toda su altura mediante una máquina punzonadora, para lograr con ello la continuidad entre paneles necesarios tanto para el relleno como para poder colocar los refuerzos horizontales dentro del muro, las piezas finales poseen una tolerancia de fabricación de cuatro décimas de milímetro (+0.4/-0.4mm).[1]

En [2], se realizó un análisis de este tipo de viviendas que ofrece varios beneficios uno de ellos es que es amigable con el medio ambiente ya que en su ejecución no presenta agentes contaminantes adicionales para su terminación en aproximadamente un 90%,

por ser una construcción modular y de tipo prefabricada, y su materia prima que es el PVC es reciclable.

Debido a la capacidad de fabricar paneles de la extrusora y sus componentes, se necesita una máquina perforadora que cumpla de una manera eficiente el proceso.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La importancia de llevar a cabo este proyecto es optimizar el tiempo de perforación de los paneles de PVC que son empleados como paredes o muros para construir casas prefabricadas, las cuales a través de sus diseños innovadores, se manifiestan como una opción adecuada, de construcción rápida y asequible para la mayoría de la población.

El principal beneficiario de este proyecto es la empresa Holviplas S.A., esta tiene como interés principal un proyecto que le permita desarrollar e implementar una máquina que realice este tipo de perforaciones, debido a que los paneles se desarrollan con varios moldes que no contempla dichas perforaciones mediante proceso de extrusión, ya que de la máquina salen paneles de diferentes espesores y diferente ancho. Además elaborar un molde que permita realizar este proceso desde la máquina implicaría un mayor gasto y mayor peso complicando así su movilidad.

Estas perforaciones son utilizadas para una correcta distribución del concreto, al momento de ser ingresado en el panel garantizando seguridad en el armado de la casa.

Todo esto resulta factible gracias al desarrollo tecnológico de los últimos años, que permiten al ingeniero aplicar criterios y parámetros necesarios para el diseño y construcción, los cuales han sido adquiridos a lo largo de la carrera, resultando favorable el desarrollo gracias a que los recursos materiales y humanos necesarios para ejecutar proyecto se encuentran disponibles en el país o no son difíciles de conseguir.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Diseñar y construir una máquina que permita realizar perforaciones en paneles de PVC utilizados como muros en casas prefabricadas.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Diseñar partes y elementos de la perforadora de paneles.
- Seleccionar materiales adecuados para un correcto funcionamiento de la máquina.
- Realizar pruebas de funcionamiento a la máquina.

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN

2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS

Es necesario tener en cuenta que en el país este tipo de proyectos, son nuevos en cuanto a su ejecución. Por lo tanto la creación de la perforadora de paneles de PVC servirá de guía para futuros proyectos.

De acuerdo a la tesis [3], el relleno de hormigón en las paredes de PVC, mejoran la ductilidad en un promedio del 29% y la dureza en un 70%. Además que no existe diferencia en cuanto a la resistencia en comparación a una pared de concreto realizada tradicionalmente.

En la Tesis [4], se realizó un estudio preliminar de los procesos de corte y perforación de policloruro de vinilo o PVC rígido, utilizando laser de Nd: YAG (granate de itrio y aluminio dopado con impurezas de neodimio), en este proyecto se utilizó técnicas de monitoreo para evaluar los factores favorables de este método, obteniendo resultados como reducción en la producción de gases, aumento en la distancia de perforación y aumento en la calidad del producto final, en comparación al sistema tradicional de laser de CO₂. En la investigación también se muestran los parámetros como la velocidad y el ancho de pulsos adecuados para realizar el proceso de perforación o corte.

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. Sistema Constructivo RBS

El RBS o Royal Building System™ es un nuevo concepto en construcciones a nivel mundial, aplicable a obras de toda escala y categoría. En la figura 1 se muestra la descripción del sistema que emplea una moderna tecnología y ofrece una gran velocidad de construcción [1].

Los paneles de PVC se producen mediante el proceso de extrusión obteniendo piezas de diferentes espesores y alturas que gracias a su sistema de machihembrado se conforman los distintos tipos de cerramientos de acuerdo a las características y requerimientos de cada proyecto, los muros o paredes se pueden rellenar con concreto u otros materiales como poliestireno, poliuretano, arena, etc.

En la práctica se logran paredes de gran fortaleza, durabilidad, con un alto coeficiente de aislación térmica y acústica, y muy buena terminación.

El mantenimiento es mínimo, para limpiarlo se usa agua y jabón, igualmente la terminación que ofrece el producto al salir de la máquina puede ser el definitivo o si se requiere un mejor acabado se puede aplicar algún recubrimiento [1].

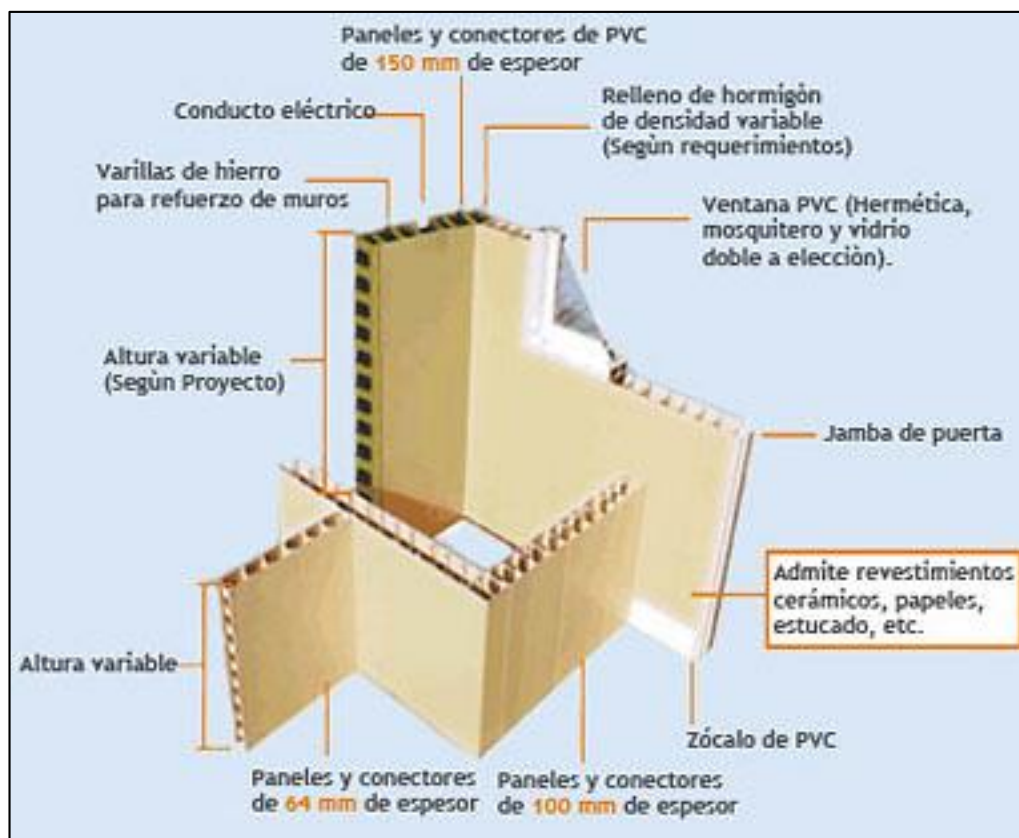












Figura 1. Sistema constructivo RBS



Fuente: [1]

2.2.1.1. Ventajas del sistema constructivo RBS

Este revolucionario sistema de construcciones, muestra múltiples ventajas, que lo posicionan como una excelente opción a la hora de seleccionar el proceso de construcción, estas ventajas se especifican en la tabla 1.

TABLA 1. Ventajas del sistema constructivo RBS

	<p>Permite levantar construcciones unifamiliares, vivienda en sitio propio y vivienda multifamiliar hasta 5 pisos.</p>		<p>Fabricación a la medida de cada proyecto, optimizando materiales y evitando generar desperdicios.</p>
	<p>Permite cualquier tipo de acabado, dando libertad a cualquier tipo de diseño.</p>		<p>Se adapta a todo tipo de diseño y clima.</p>
	<p>Es termo-acústico, por lo que posee espacios confortables</p>		<p>En vivienda social es una solución digna, confortable y estable a través del tiempo.</p>
	<p>Construcción rápida y eficaz.</p>		<p>No genera escombros.</p>
	<p>De fácil mantenimiento y aseo.</p>		<p>Reduce los costos indirectos en la ejecución de proyectos.</p>

	<p>En zonas costeras, ofrece alta resistencia a la salinidad y humedad.</p>		<p>Puede aportar puntos en los sistemas de certificación para construcciones sostenibles.</p>
---	---	--	---

Fuente: [5]

2.2.2. PVC (Policloruro de vinilo)

El PVC se obtiene a partir de dos recursos naturales, uno renovable y de bajo costo que es la sal común o cloruro de sodio (57%) y otro no renovable que es el petróleo (43%), tal como se muestra en la figura 2.

Desde un punto de vista ecológico, resulta apto para su reciclaje en forma de material re-utilizable en el proceso productivo. El PVC no reúne por sí solo las propiedades necesarias y no puede utilizarse tal como se obtiene de su proceso, por ello se elaboran componentes a base de resina de PVC [6].

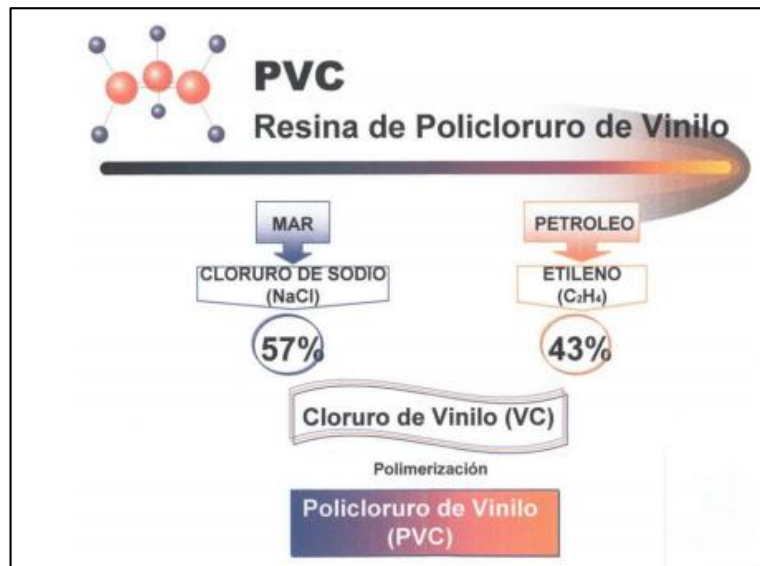


Figura 2. PVC

Fuente: [6]

2.2.2.1. Compuesto rígido de PVC para elementos del sistema

El compuesto rígido de PVC es un polímero termoplástico, utilizado para fabricar piezas de vinilo que componen el sistema RBS, este compuesto está constituido por

aditivos de proceso (lubricantes, estabilizadores, ayudas de proceso) y aditivos funcionales (modificadores de impacto, retardantes de llama de fuego, agentes antiestáticos, agentes antioxidantes, protección a los rayos UV, colorantes). Los compuestos de base de PVC son materiales que tienen una baja conductividad acústica, además de la presencia de cloro lo hace menos combustible que otros plásticos [6].

2.2.2.2. Propiedades físicas del cloruro de polivinilo (PVC rígido)

Para la ejecución del proyecto se necesita conocer las propiedades mostradas en la tabla 2 que corresponden a los paneles de PVC, siendo la temperatura de fusión y la dureza las principales a tomar en cuenta.

TABLA 2. Propiedades del PVC rígido

PROPIEDADES	Métodos de ensayo ISO/(IEC)	Unidades	Valores
Densidad	DIN53479	g/cm^3	1,42
Propiedades Térmicas			
Temperatura de Fusión	DIN 53736	°C	80
Conductividad Térmica a 23°C		W/(k-m)	0,15
Capacidad calorífica específica		5(g.°k)	1
Propiedades Mecánicas a 23°C			
Esfuerzo en el punto de fluencia	DIN 53455	MPa	55
Elongación a la rotura	DIN 53455	%	20
Módulo de elasticidad a la tensión	DIN 53457	-	2600
Resistencia al impacto	-	KJ/m2	15

Dureza	DIN 53505	Shore D Dureza HRC	80-83 60
Resistencia a la compresión		Kg/cm ²	610
Resistencia última a la ruptura		MPa	3.7

Fuente [7]

2.2.3. Procesos de perforación o corte del PVC

Actualmente existen varios procesos de perforación del PVC, de los cuales nos enfocaremos en los que podrían ser alternativas viables para la ejecución del proyecto, los cuales son:

- Corte láser
- Taladrado
- Troquelado
- Fresado

2.2.3.1. Corte láser del PVC

A nivel industrial el corte láser por CO₂ es el más empleado actualmente, pero existe otro tipo de láser que ha ido creciendo con el tiempo debido a sus propiedades que es el láser pulsado de Nd: YAG (granate de itrio y aluminio dopado con impurezas de neodimio).

Los dos tipos nos permiten cortar materiales como: acero, acrílico, PVC, cerámicos, cauchos, etc.

El corte de PVC mediante láser CO₂ es posible, pero teniendo una gran desventaja que es la generación de grandes cantidades de HCl (Ácido clorhídrico), al trabajar continuamente.

El uso del láser de Nd: YAG es una alternativa para cortar el policloruro de vinilo, este método ofrece una mayor compacticidad y longitud de onda más cercana a la visible (1064 nm comparada con los 10600 nm del CO₂), este método ofrece un régimen pulsado y disminuye la emisión de HCl pero limitándolo a pulsos menores a 700 μs para evitar la carbonización [4].

2.2.3.2. Taladrado de PVC

El taladrado es la combinación de un movimiento de giro y uno de avance de una herramienta sobre un material es este caso PVC como se muestra en la figura 3 [8].

El PVC es un material versátil que se abre camino en todo tipo de proyectos, ya sea que esté construyendo muebles, haciendo arte, viviendas, etc. Además el PVC es un plástico blando, razón por la cual se puede usar diferentes tipos de brocas de madera y metal para hacer agujeros ya sean grandes o pequeños, todo dependerá del tipo de broca [9].



Figura 3. Taladrado de PVC
Fuente: [9]

2.2.3.2.1. Brocas para el taladrado de PVC

Las brocas a utilizar pueden ser las que se usan para madera o metal y conociendo que los agujeros a elaborar serán mayores a 28mm se tiene tres tipos de acuerdo al catálogo Bosch.

En la figura 4 se puede observar 3 tipos herramientas, conocidas también como brocas de corona, de las cuales la más adecuada para plásticos son las brocas progressor o también conocida como sacabocados.

La principal función de los sacabocados es realizar secciones redondas, estos constan de unos dientes de construcción bimetálica de acero rápido soldados por láser en un cuerpo de aleación baja de acero. Estos alcanzan una dureza de 65 HRC, capaces de perforar acero con una resistencia de hasta 1000 N/mm^2 , madera, PVC entre otros. [11]




Materiales	  		
	Progressor	SheetMetal	MultiConstruction
Madera natural, madera dura	○		●
Madera contrachapada, tableros de carpintero	○		●
Tableros aglomerados, macizos, chapados, plastificados	○		●
Laminado	○		●
Materiales compuestos de fibras	○		●
Materiales tipo sándwich	○		●
Plásticos	○		●
Acrílico/Polycarbonato	○		●
Bloques de yeso	○		●
Hormigón ligero			●
Mampostería			●
Eternita			●
Ladrillo macizo			●
Ladrillo con perforaciones verticales			●
Teja			●
Azulejos			●
Acero inoxidable	●		
Acero, hierro colado	●		
Aluminio aleado	●		
Aluminio no aleado	●		
Metales no férricos	●		
Chapas finas (acero inoxidable, acero, aluminio, cobre, latón, etc.)	○	●	

Figura 4. Brocas Bosch

Fuente: [10]

Todo este tipo de brocas llamadas forstner, sierras de copa o sacabocados tienen un rango de velocidad de acuerdo al diámetro, el cual se ilustra en la figura 5.

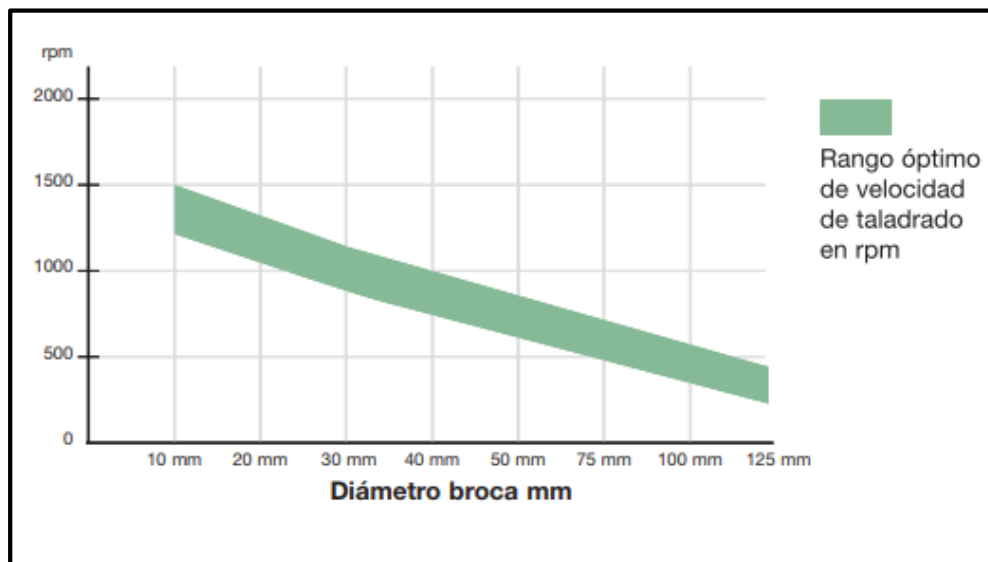


Figura 5. Velocidad óptima del taladro

Fuente: [11]

2.2.3.3. Troquelado de PVC

El troquelado o estampado es el conjunto de operaciones con las cuales sin producir viruta, se somete una lámina plana a ciertas transformaciones a fin de obtener una pieza de forma geométrica propia. Este trabajo se realiza con troqueles en máquinas llamadas prensas (generalmente de movimiento rectilíneo alternativo) [12].

Existen tres tipos de troquelado, pero ya que se trata de paneles de PVC como se muestra en la figura 6 se utiliza:

- Corte o Punzonado (se realiza generalmente en frío) [12].



Figura 6. PVC troquelado

Fuente: [3]

El punzonado es una operación mecánica que consiste en separar o seccionar una pieza metálica plana con una forma predeterminada mediante una serie de herramientas de cortes diseñadas para tal fin. Por lo general se realizan en diversos tipos de prensas mecánicas como se ilustra en la figura 7 [12].

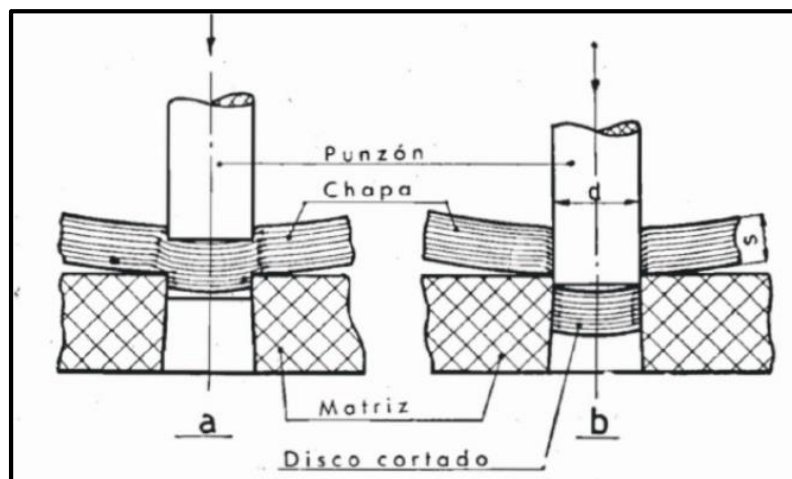


Figura 7. Partes de una punzonadora.

Fuente: [12]

2.2.3.4. Fresado de PVC

El fresado es la combinación de un movimiento rotacional de una herramienta llamada fresa y el desplazamiento lineal de la pieza a mecanizar [8].

El fresado permite realizar varias operaciones, un resumen de estas se detallan en la figura 8.

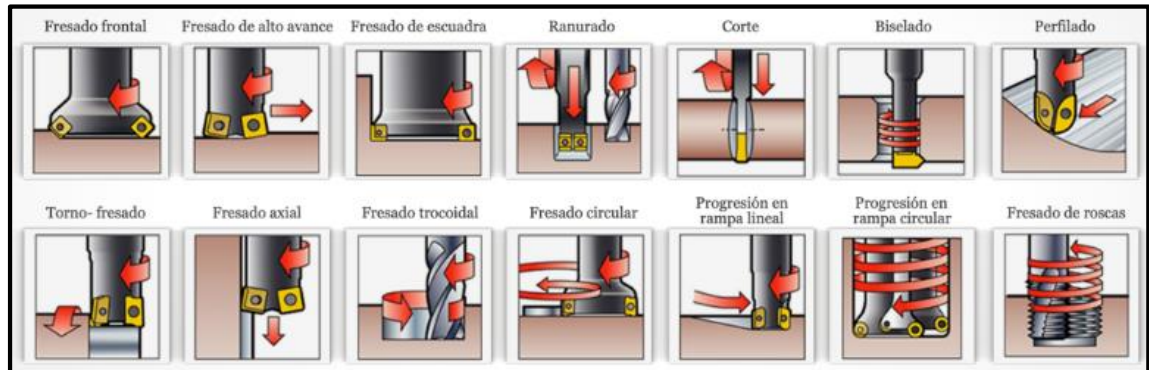


Figura 8. Resumen operaciones de fresado

Fuente: [13]

De la figura 8, las operaciones que se podrían realizar para la perforación de los paneles son corte combinado con un ranurado.

El proceso de fresado debido a las operaciones que es capaz de realizar ofrece ventajas como:

- Cualquier geometría.
- Buena precisión y acabado superficial comparado con fundición/forja.
- Flexibilidad: desde piezas unitarias hasta largas series.
- Diferentes materiales (limitación en materiales muy duros).

Y limitaciones del proceso tales como:

- Proceso caro.
- Limitado en algunos materiales muy difíciles de trabajar [14].

2.2.4. Materiales para herramientas de corte

Para poder realizar un proceso óptimo de perforación se necesita conocer las propiedades de los diferentes materiales de corte y seleccionar el más adecuado.

Aceros al Carbono.- Contienen un porcentaje entre 0,7 y 1,2 de C (carbono). Por medio del temple adquiere dureza, pero también adquiere fragilidad y su baja resistencia, limita su empleo.

Aceros Rápidos.- Estos aceros permiten aumentar considerablemente la velocidad de corte, mantiene su dureza a altas temperaturas se puede combinar con los siguientes materiales:

- **Carbono (C):** Confiere al acero dureza luego del temple pero al mismo tiempo aumenta la fragilidad. El porcentaje de C puede llegar hasta el 2%.
- **Silicio (Si):** Se emplea como desoxidante. Se admite en los aceros un contenido entre 0,1 y 0,3%.
- **Azufre (S) y Fósforo (P):** Son impurezas provenientes del mineral, y del proceso de fabricación del acero. Su contenido no debe superar el 0,03%.
- **Manganeso (Mn):** También es una impureza normal. El contenido varía entre 0,15 y 0,35%.
- **Cromo (Cr):** Facilita el temple y reduce la oxidación en caliente.
- **Tungsteno o Wolframio (W):** Produce los carburos de mayor dureza, sin aumentar en exceso la fragilidad. El contenido de W puede llegar al 25%.
- **Molibdeno (Mo):** Reduce la fragilidad y mejora en conjunto todas las propiedades del material.
- **Vanadio (V):** favorece la formación de carburos muy estables, afina el grano mejorando la capacidad de corte y la resistencia a la abrasión.
- **Cobalto (Co):** Mejora la tenacidad y disminuye la temperatura de temple. Proporciona al acero alta dureza en caliente, resistencia al desgaste a alta temperatura, con leve disminución de la tenacidad.

Stellitas.- Son aleaciones ternarias de Cr, Co y W, se obtienen por colada, su dureza en frío está entre 57 y 60 HRC, algo menor a la de los aceros rápidos.

Carburos Sinterizados.- Se conocen vulgarmente como “widia”, su dureza esta entre 78 y 82 en la escala Rockwell C.

Cerámicos.- Se obtienen por proceso de sinterizado a 1700°C de polvos de óxidos de aluminio o de nitruro de silicio entre 90 y 99%, y adiciones de otros óxidos como el óxido de Circonio, de Cromo, de Magnesio, de Hierro.

Nitruro de boro cúbico.- Es segundo en dureza después del diamante, elevada dureza a altas temperaturas (2000°C), excelente resistencia al desgaste y buena estabilidad química durante el mecanizado.

Diamante.- Su dureza es la mayor obtenible en herramientas de corte, lo que le da a una prolongada duración del filo. Tiene como principal desventaja la fragilidad, lo que lo hace inepto para resistir vibraciones. Se emplean para mecanizar materiales plásticos, algunos bronce, aleaciones de Aluminio, Cobre, caucho, etc. [15].

Además de las propiedades de cada material y de las aleaciones que pueden formar, es necesario conocer la variación de la dureza de los materiales respecto a la temperatura, como se muestra en la figura 9.

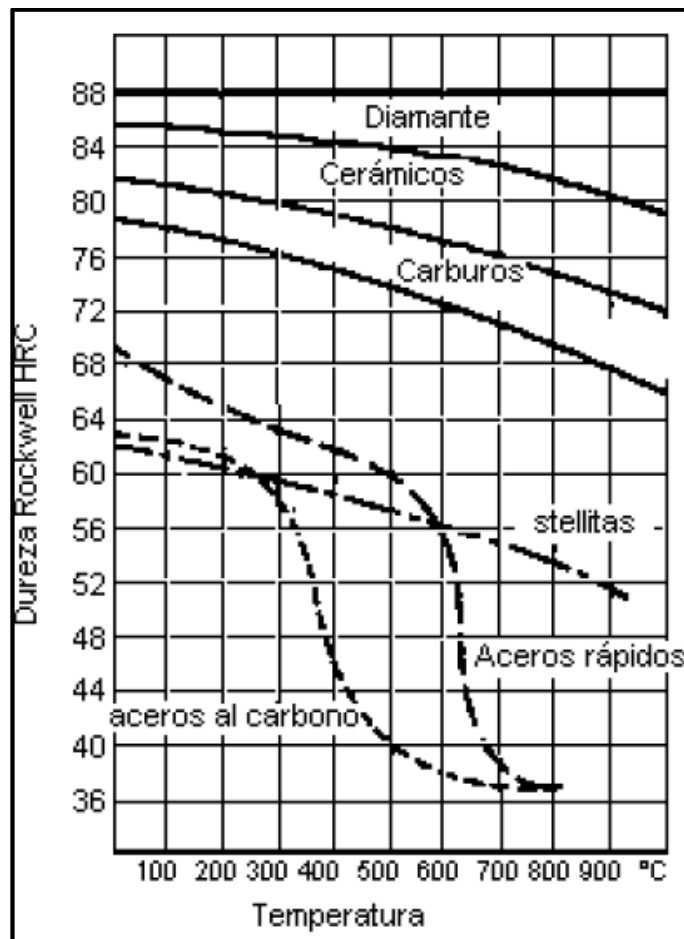


Figura 9. Diagrama dureza vs temperatura
Fuente: [15]

2.2.5. Control industrial

Control industrial es la manipulación indirecta de las magnitudes de un sistema llamado planta a través de otro llamado sistema de control, para que su comportamiento sea el deseado [16].

Existen varios tipos de sistema de control ya sea de lazo abierto o lazo cerrado, en la figura 10, se muestra un típico sistema de control de lazo cerrado.

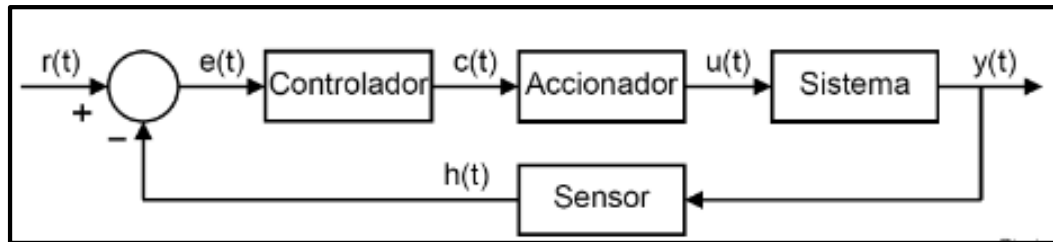


Figura 10. Esquema sistema de control
Fuente: [17]

Este tipo de control nos ayuda a mantener el sistema en el estado deseado independiente de las condiciones ambientales. Las señales que se muestran en la figura 10 se detallan en la tabla 3.

TABLA 3. Señales de control

SEÑAL	NOMBRE	FUNCIÓN
r(t)	Referencia	Es el estado que se desea alcanzar en el sistema.
e(t)	Error	Es la diferencia entre el estado deseado y el estado real del sistema a controlar.
c(t)	Control	Es la señal que genera el controlador.
u(t)	Accionamiento	Es la acción que se ejerce sobre el sistema para controlarlo.
y(t)	Salida	Es el estado real que ha alcanzado el sistema a controlar.
h(t)	Realimentación	Es la medida del estado del sistema.

Fuente: [17]

El valor de salida real se comparara con el valor deseado o “set point” mediante un controlador.

En este caso el set point será el desplazamiento o posición del panel de PVC que va a ser perforado.

Los controladores pueden ser PLC, PC Industrial, Sistemas de adquisición de datos (DAQ), etc.

2.2.5.1. PLC

Un PLC – Programable Logic Controller (Controlador Lógico Programable) mostrado en la figura 11, es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos [18].



Figura 11. PLC
Fuente: [19]

2.2.5.2 PC industrial

Es una máquina que mediante un programa puede realizar una secuencia de operaciones, realizando un procesamiento sobre un conjunto de datos de entrada, obteniendo un conjunto de datos de salida.

Consta de varios puertos que están ubicados generalmente en la parte posterior del CPU, estos puertos son la vía para conectar los dispositivos mediante cables los cuales transmitirán los datos ya sea de entrada o salida [18].

Para alojar las conexiones los puertos suelen ser de tipo hembra, como se muestra en la figura 12.

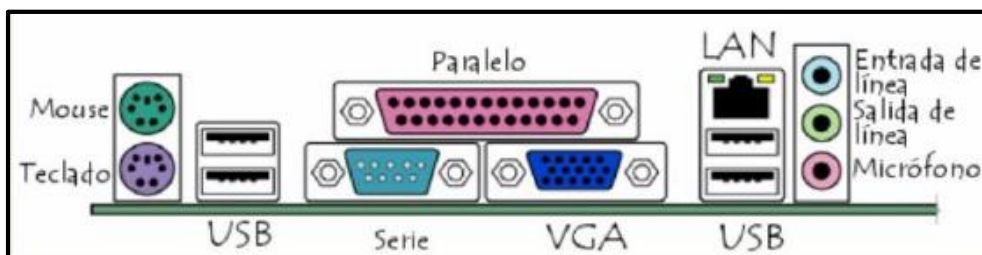


Figura 12. Puertos PC
Fuente: [18]

Para facilitar la conexión entre el usuario y la máquina se puede usar dispositivos como: HMI, Sistemas SCADA, DCS o sistema de control distribuido, etc.

2.2.5.3. HMI “Interfaz Hombre – Máquina”

HMI significa “Human Machine Interface”, es un dispositivo o sistema que permite la interacción entre un humano y una máquina, desde paneles de control para plantas nucleares hasta botones de entrada en un celular [19].

Dos componentes son necesarios en una interfaz humana máquina:

- La entrada, un usuario humano necesita de algún medio para decirle a la máquina que acción realizar o también realizar algún ajuste.
- La interfaz requiere de una salida que le permita a la máquina mantener al usuario actualizado acerca del progreso de los procesos, o la ejecución de comandos en un espacio físico.



Figura 13. HMI
Fuente: [19]

Una adecuada interfaz humano – máquina o HMI, como la que se muestra en la figura 13 busca:

- Obtener el estado del proceso de un vistazo.
- Captar la situación en forma rápida.
- Crear condiciones para la toma de decisiones correctas.
- Que los equipos se utilicen en forma óptima y segura.
- Garantiza la confiabilidad al máximo.
- Cambiar con facilidad los niveles de actividades del operador.

Como actuadores o accionadores se utilizó motores eléctricos, acompañados de un drive o convertidor de frecuencia que recibe los comandos y actúa sobre el motor, como se muestra en la figura 14.

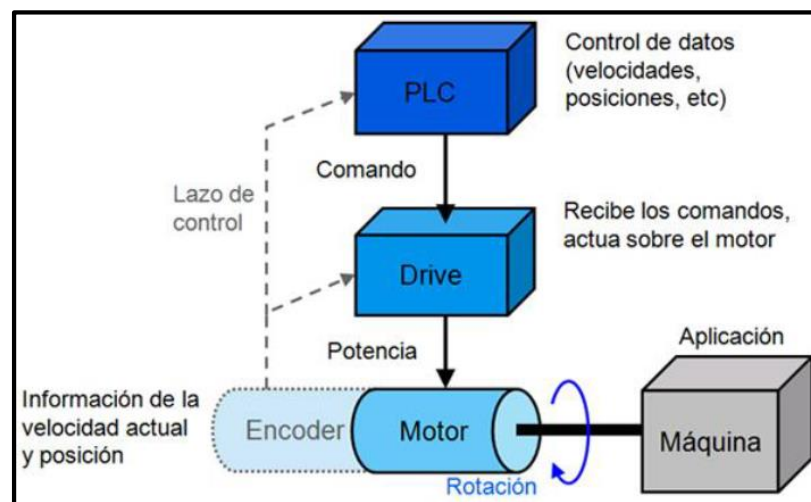


Figura 14.Esquema de control de la máquina

Fuente: [16]

2.2.6. Motores eléctricos

El motor eléctrico es la máquina destinada a transformar energía eléctrica en energía mecánica. El motor de inducción es el más usado de todos los tipos de motores, ya que combina las ventajas de la utilización de energía eléctrica - bajo costo, facilidad de transporte, limpieza, simplicidad de comando - con su construcción simple y su gran versatilidad de adaptación a las cargas de los más diversos tipos y mejores rendimientos. Los tipos más comunes de motores eléctricos son:

Motores de corriente continua.- Son motores de costo más elevado y precisan una fuente de corriente continua, o un dispositivo que convierta la corriente alterna común en continua. Por eso, su uso es restricto a casos especiales en que estas exigencias compensan el costo de instalación y de mantenimiento [20].

Motores de corriente alterna Son los más utilizados, porque la distribución de energía eléctrica es hecha normalmente en corriente alterna. Los principales tipos son:

1. **Motor síncrono:** Funciona con velocidad fija, o sea, sin interferencia del deslizamiento; utilizado normalmente para grandes potencias (debido a su alto costo en tamaños menores).
2. **Motor de inducción:** también llamados asíncronos, funcionan normalmente con una velocidad constante, que varía ligeramente con la carga mecánica aplicada al eje. Es el más utilizado debido a su simplicidad, robustez y bajo costo, siendo adecuado para casi todos los tipos de máquinas accionadas, encontradas en la práctica. Actualmente es posible el control de la velocidad de los motores de inducción con el auxilio de convertidores de frecuencia [20].

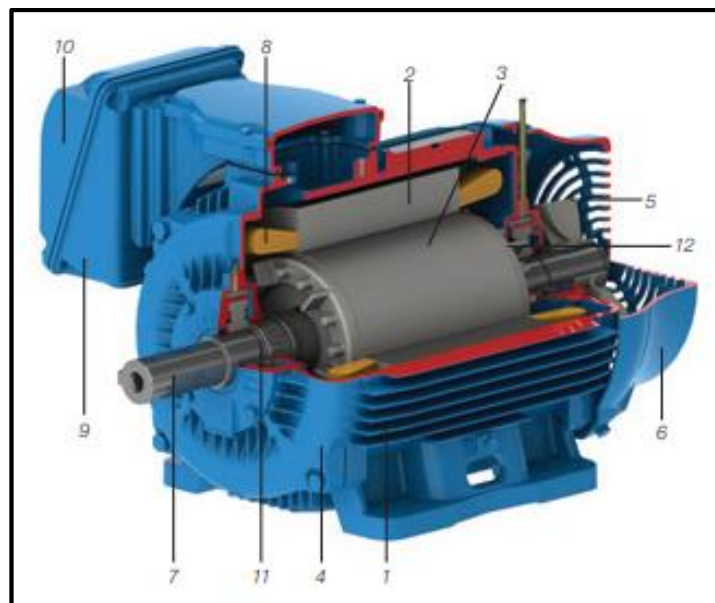


Figura 15.Motor de inducción trifásico
Fuente: [20]

El motor trifásico de inducción, como se muestra en la figura 15, está compuesto de un rotor y un estator, además de otros componentes detallados en la tabla 4

TABLA 4. Partes del motor de inducción trifásico

ESTATOR	ROTOR	Otras Partes	
Carcasa(1)	Eje (7)	Tapa(4)	Caja de conexión (9)
Núcleo de Chapas (2)	Chapas(3)	Ventilador (5)	Terminales (10)
Devanado Trifásico (8)	Barras y anillo de cortocircuito (12)	Tapa deflectora (6)	Rodamientos (11)

Fuente: [20]

2.2.7. Convertidores de frecuencia

Son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad de los motores asincrónicos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Este dispositivo se muestra en la figura 16.



Figura 16. Convertidor de frecuencia

Fuente: [19]

2.2.8. Sensores

Son detectores electrónicos ya sean: inductivos, capacitivos, de presión, magnéticos y fotoeléctricos.

Ofrecen varias ventajas sobre los interruptores mecánicos como son:

- No hay contacto, ni reacción física sobre el objeto detectado por lo tanto no habrá desgaste.
- Pueden tomar informaciones de corta duración.
- Emiten una señal limpia y rápida con salida electrónica sin rebote.
- Poseen escaso o nulo mantenimiento.

2.2.9. Encoder

Un encoder como el de la figura 17 es un sensor que genera señales digitales como respuesta al movimiento, estos sensores son conocidos también como codificadores o decodificadores, se puede utilizar en conjunto con componentes mecánicos como engranes, ruedas de medición etc.

Los encoders pueden ser incrementales que generan pulsos mientras se mueven y encoders absolutos que indican directamente la posición actual [19].



Figura 17. Encoder

Fuente: [19]

2.2.10. Sistemas neumáticos

Este tipo de sistemas emplean generalmente aire comprimido, en la industria es muy utilizado ya que lo combina con válvulas neumáticas, para controlar la presión o el flujo además de actuadores neumáticos.

2.2.10.1. Electroválvulas

Las electroválvulas están constituidas por la válvula y un solenoide. El solenoide se encarga de convertir la energía eléctrica en mecánica para actuar sobre la válvula [16].

Estas válvulas distribuyen el aire comprimido hacia los elementos de trabajo.

2.2.10.2 Actuadores neumáticos

Se utilizan para brindar sujeción a los paneles en el proceso de perforación, para evitar saltos o descarrilamientos propios del proceso.

Cilindros de simple efecto.- Permiten realizar trabajo mecánico en un sólo sentido de movimiento, su retorno lo alcanza por una fuerza externa o por la reacción de un resorte opuesto a la dirección del movimiento instalado al interior del cilindro. Posee una sola entrada de aire comprimido, su esquema es el que se muestra en la figura 18 [22].

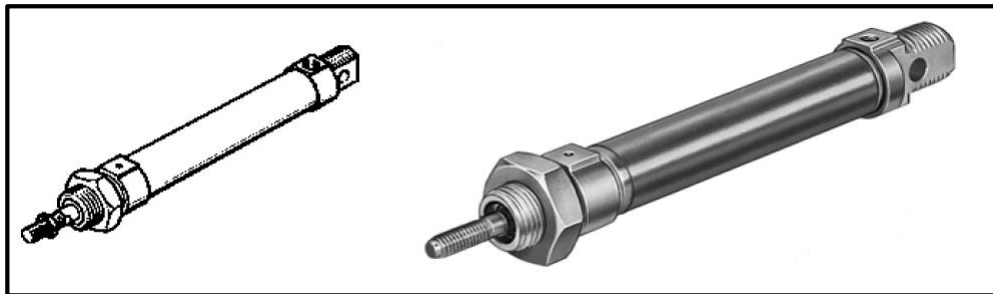


Figura 18. Cilindro simple efecto
Fuente: [22]

Cilindros de doble efecto.- Permiten realizar trabajo mecánico en sus dos sentidos de movimiento, para lo cual poseen dos entradas para aire comprimido ubicadas en los dos extremos del cilindro, por tanto se obtiene fuerza útil en sus dos recorridos. Estas fuerzas no son iguales, puesto que sus áreas efectivas a ambos costados del pistón, tampoco lo son [22]. Su esquema es el que se muestra en la figura 19.



Figura 19. Cilindro doble efecto
Fuente: [22]

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL PROYECTO

3.1. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

El primer paso a seguir para la selección de alternativas será elegir el proceso mediante el cual se procederá a realizar las perforaciones en el panel de PVC

3.1.1. Selección de alternativas del proceso de perforación

Para la elección del proceso o sistema de perforación se cuenta con cuatro que son:

Troquelado.- Mediante un punzón se obtiene la geometría deseada.

Ventajas

- Mayor velocidad de producción
- Ahorro de espacio
- Mayor seguridad

Desventajas

- Mayor inversión en el costo de troqueles
- Mayor costo en el mantenimiento
- Diseño de operación complicado

Laser.- Se utiliza el método de Nd: YAG para realizar las perforaciones en el panel

Ventajas

- Se puede cortar todo tipo de geometrías
- Alta precisión
- Se puede cortar materiales muy duros

Desventajas

- Precio elevado de la máquina
- Usado para espesores no mayores a 20mm
- Emana HCl (Ácido clorhídrico) al cortar PVC

Fresado.- mediante una herramienta de corte, movimiento rotacional y longitudinal se obtiene diversas geometrías.

Ventajas

- Cualquier geometría
- Buena precisión y acabado superficial
- Aplicación en diferentes materiales

Desventajas

- Proceso caro
- Limitación a materiales difíciles de trabajar

Taladrado.- para este proceso se emplea herramientas llamadas brocas que por medio de un movimiento rotacional y otro de avance se consigue una perforación.

Ventajas

- Operación rápida
- Posibilidad de realizar agujeros de diferentes diámetros
- Aplicación en diferentes materiales

Desventajas

- Acabado puede no ser el requerido
- Limitación a realizar agujeros

Realizando el análisis se evalúa lógicamente los 4 procesos y se obtiene el más viable, debido a que se necesita realizar perforaciones en paneles como el mostrado en la figura 20, que es un panel de 450mm de ancho y 60mm de espesor y las perforaciones deben realizarse en todo lo ancho se deduce que:

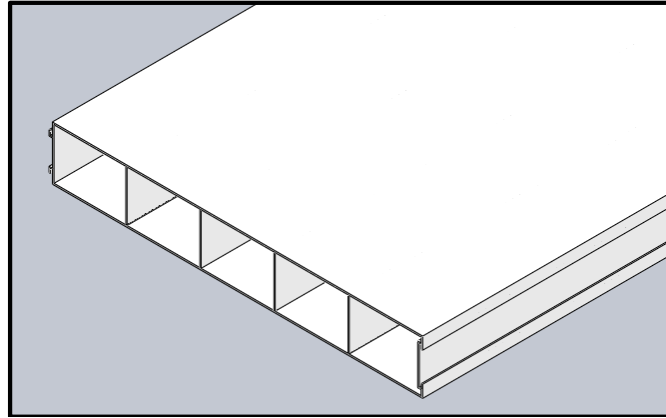


Figura 20.Panel de PVC

Fuente: [Autor]

Se descarta el corte láser al ser altamente contaminante al cortar PVC, ya que desprende ácido clorhídrico, el costo de maquinaria es elevado respecto a los demás y está limitado en cuanto al espesor de la pieza.

El troquelado, al ser una pieza larga, el costo de matriz y troquel es elevado, ya que aparte del panel de 64mm también se dispone de un panel de 100 mm de espesor generando un costo adicional en matriz y troqueles.

El fresado es una excelente alternativa ya que se puede crear herramientas de mayores dimensiones imitando a las fresas que dan mayores alternativas como combinar una perforación con un ranurado, en este caso no necesitamos de varias operaciones.

Al necesitar solo perforaciones el taladrado es el proceso más adecuado en comparación a los demás ya que resulta menos costoso y más práctico al momento de su ejecución. Por lo tanto de los cuatro procesos se escoge el taladrado.

3.1.2. Selección del material a utilizar

Para poder emplear este proceso se debe analizar las herramientas a utilizar y sus propiedades que intervienen en el proyecto como:

Dureza.- La dureza está relacionada a la capacidad de perforar el PVC, de las distintas alternativas.

Factibilidad.- se refiere a la posibilidad de aplicar la técnica escogida, para realizar un orificio a ciertas distancias, que es el requerimiento de la empresa.

Costo.- la técnica o alternativa elegida deberá garantizar un costo no mayor a la productividad del proceso completo o por lo menos a la construcción de la máquina.

Disponibilidad.- la capacidad de conseguir con relativa facilidad las herramientas necesarias, principalmente en el mercado nacional, para llevar a cabo el proyecto.

Para elegir los materiales se tiene:

- HSS
- Carburos
- Cobalto
- Cerámicos
- Widia
- Diamante

De los materiales antes citados se eliminara el diamante ya que no se encuentra en el mercado nacional y su precio es demasiado elevado.

Para seleccionar el material adecuado, se utilizó el método ordinal corregido de criterios ponderado.

Para efectuar este método se utiliza matrices con las siguientes consideraciones:

- 1 valor designado al criterio de las filas, las cuales son superiores que el de las columnas.
- 0.5 valor designado al criterio de las filas, las cuales son equivalentes al de las columnas.
- 0 valor designado al criterio de las filas, las cuales son inferiores al de las columnas.

La tabla 5 muestra los criterios ponderados a tener en cuenta para la selección del material de las herramientas, se determinó que los factores más importantes son la disponibilidad y factibilidad.

TABLA 5. Matriz de criterios ponderados

CRITERIOS	Dureza	Costo	Factibilidad	Disponibilidad	$\Sigma+1$	Ponderación
Dureza		0,5	0	0	1,5	0,15
Costo	0,5		0,5	0,5	2,5	0,25
Factibilidad	1	0,5		0,5	3	0,3
Disponibilidad	1	0,5	0,5		3	0,3
Total					10	1

En la tabla 6 se muestra las 5 opciones de materiales, teniendo como criterio la dureza, la opción ganadora es el material cerámico.

TABLA 6.Matriz de criterios ponderados dureza.

DUREZA	HSS	Widia	Carburo	Cerámico	Cobalto	$\Sigma+1$	Ponderación
HSS		0	1	0	0	2	0,2
Widia	1		0	0	0	2	0,2
Carburo	0	0		0	0	1	0,1
Cerámico	1	1	1		0	4	0,4
Cobalto	0	0	0	0		1	0,1
Total						10	1

En la tabla 7, considerando el costo, de acuerdo al mercado ecuatoriano, la mejor opción es el cobalto, considerando como mayor valor (1), el que tiene un menor costo.

TABLA 7. Matriz de criterios ponderados costo

COSTO	HSS	Widia	Carburo	Cerámico	Cobalto	$\Sigma+1$	Ponderación
HSS		1	0,5	1	0	3,5	0,269
Widia	1		0	0	0,5	2,5	0,192
Carburo	0	0		1	0	2	0,153
Cerámico	0	0	0		0	1	0,076
Cobalto	0,5	0,5	1	1		4	0,307
TOTAL						13	1

La tabla 8, muestra que material es más útil para realizar la operación, de acuerdo al proceso, considerando las herramientas disponibles en el mercado, y analizando cual es la que brinda un mejor aprovechamiento del espacio en el panel tomando en consideración la geometría de la misma, por tal motivo el HSS es el más factible.

TABLA 8. Matriz de criterios ponderados factibilidad

FACTIBILIDAD	HSS	Widia	Carburo	Cerámico	Cobalto	$\Sigma+1$	Ponderación
HSS		1	0,5	1	1	4,5	0,2812
Widia	1		0	0	0,5	2,5	0,1562
Carburo	0	1		0	0	2	0,125
Cerámico	0	1	1		0	3	0,1875
Cobalto	0,5	0,5	1	1		4	0,25
Total						16	1

La tabla 9, muestra que los materiales, se encuentran con facilidad en el mercado nacional, pero de los cuales se analiza de acuerdo al tipo de herramienta que se necesita, guiándonos por la factibilidad del HSS, este se encuentra fácilmente en el mercado.

TABLA 9. Matriz de criterios ponderados disponibilidad

DISPONIBILIDAD	HSS	Widia	Carburo	Cerámico	Cobalto	$\Sigma+1$	Ponderación
HSS		1	0,5	1	1	4,5	0,3214
Widia	0		0,5	1	1	3,5	0,25
Carburo	0	0		1	0,5	2,5	0,1785
Cerámico	0	0	0		0	1	0,0714
Cobalto	0	0	0,5	1		2,5	0,1785
Total						14	1

TABLA 10. Matriz final

CRITERIO	Dureza	Costo	Factibilidad	Disponibilidad	Σ	Ponderación	Posición
HSS	0,03	0,0673	0,0843	0,0964	0,278	0,278	1
Widia	0,03	0,0481	0,0468	0,075	0,200	0,200	3
Carburo	0,015	0,0385	0,0375	0,0535	0,145	0,145	5
Cerámico	0,06	0,0192	0,0562	0,0214	0,157	0,157	4
Cobalto	0,015	0,0769	0,075	0,0535	0,220	0,220	2
Total					1	1	

En la tabla 10 se muestra que la mejor alternativa es el HSS o acero súper rápido, ya que obtuvo el primer lugar en la matriz gracias a su dureza y disponibilidad, si se sabe que existen sierras de copa de HSS en el mercado nacional, además este tipo de herramientas hacen que la perforación sea factible en el PVC, y su costo no es elevado en comparación a las demás opciones.

3.1.3. Selección de alternativas para el control de la máquina.

Para el sistema de control de la máquina, por disposición de la empresa se utilizará un PLC marca KOYO, modelo Direct Logic 06 como se muestra en la figura 21.



Figura 21. PLC Koyo Direct Logic 06

Fuente: [Autor]

Las ventajas que ofrece un PLC son:

- Ocupa espacio reducido
- Mayor fiabilidad del sistema
- Puede gobernar más de una maquina
- Comanda tareas peligrosas
- Mejor monitoreo de los procesos, que ayuda a una rápida detección de fallos
- Instalación sencilla
- Se puede modificar el funcionamiento solo cambiando el programa.

Desventajas del PLC

- Requieren personal calificado para su manejo.
- Costo elevado en algunos casos.

Además se dispone de un HMI a ser utilizado en conjunto con el PLC, para una mejor interacción con el operario o usuario de la máquina. Este HMI es de la marca TouchWin como se muestra en la figura 22.



Figura 22. HMI TouchWin
Fuente: [Autor]

3.2. CÁLCULOS O MODELO OPERATIVO

3.2.1. Descripción de la perforadora de paneles de PVC

La perforadora consta de una base o estructura, que soporta componentes como: una mesa deslizante para transportar el panel de PVC, motores encargados de transmitir el movimiento a las herramientas de corte, un sistema de elevación que se encarga de posicionar las herramientas a la altura de los paneles, y un sistema de desplazamiento que es el responsable de mover las herramientas de corte hacia el panel para realizar las perforaciones necesarias.

Un esquema general de las partes y sistemas que componen la máquina se muestra en la figura 23.

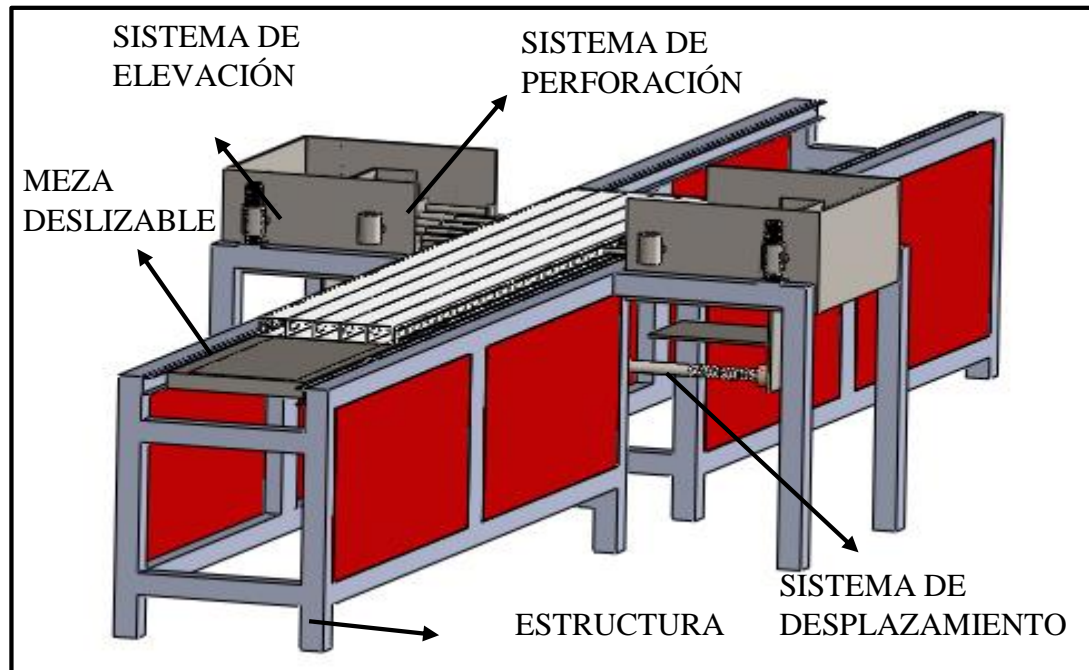


Figura 23.Esquema perforadora de paneles de PVC

Fuente: [Autor]

3.2.2. Parámetros de diseño

Para realizar las perforaciones mediante taladrado, se usa sierras de copa o sacabocados de HSS.

También se debe tener en cuenta que:

- La máquina debe ser segura y brindar facilidades de manipulación, a fin de evitar cortes, atrapamientos u otros accidentes.
- En el proceso de perforado, los paneles no deben sufrir golpes, rayones, roturas u otros daños que impidan su correcta utilización a futuro.
- La máquina debe ser capaz de perforar paneles de diferente espesor, inicialmente paneles de 60mm y 100mm de espesor.
- La perforación se debe hacer en la mitad del panel, sin dañar el machi-hembrado, necesario para acoplar los paneles.
- La separación entre orificios perforados debe ser fija, teniendo un rango entre 100mm y 130mm.
- La máquina deberá ser capaz de perforar paneles, desde los 200mm hasta los 225mm.

- El tiempo empleado en las perforaciones deberá ser menor al utilizado en el proceso de extrusión de los paneles.

3.2.3 Diseño de la estructura principal

Se dispone en la empresa de placas de acero ASTM- A36 de 10mm de espesor, que se empleó para el desarrollo del proyecto, a fin de optimizar los recursos empresariales.

Determinación de cargas

Las cargas a considerar son de la meza deslizable y su estructura, además del peso del panel de PVC, como se muestra en la figura 24

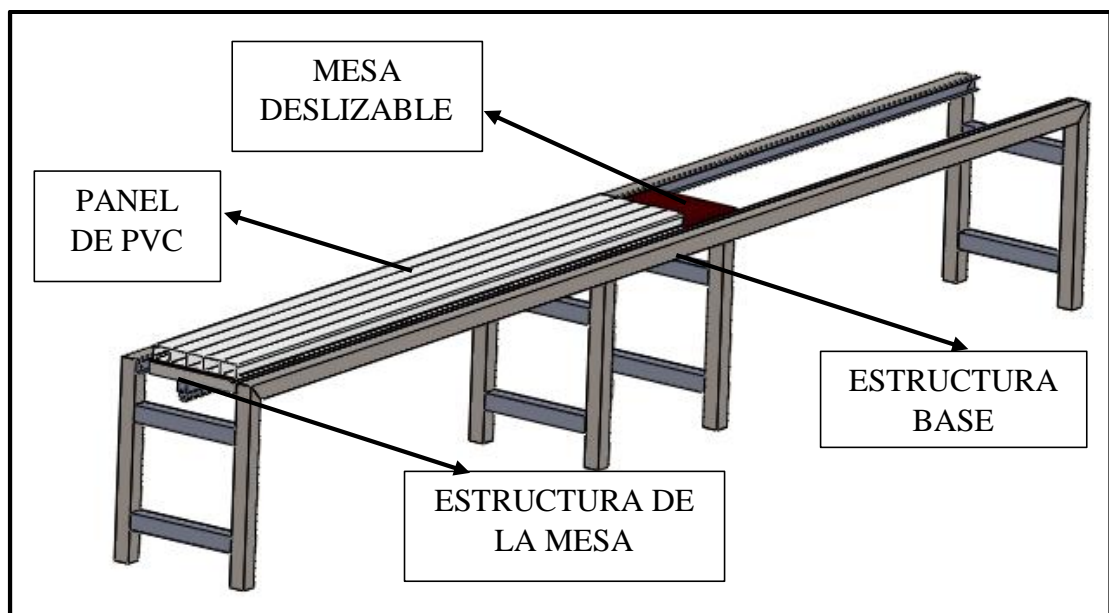


Figura 24.Esquema de los componentes que soporta la viga
Fuente: [Autor]

De acuerdo al esquema de la figura 24, el peso que soporta la viga es:

Peso del panel de PVC de [3,12Kg/m]

Panel de 3,2m = 10 Kg

Peso de la estructura de la mesa = 24 Kg

Peso de la Plancha de Acero ASTM A36 de 3600mm = 127,17 Kg

Peso total = 161,17 Kg

La viga de 6m soporta una carga distribuida de 263,24N/m. Al tener dos vigas para que la mesa pueda desplazarse, conjuntamente con el panel, se distribuye su carga, la

cual será de 131,62N/m se asumirá la carga de 132N/m, por lo tanto un esquema de la distribución de las cargas se muestra en la figura 25.

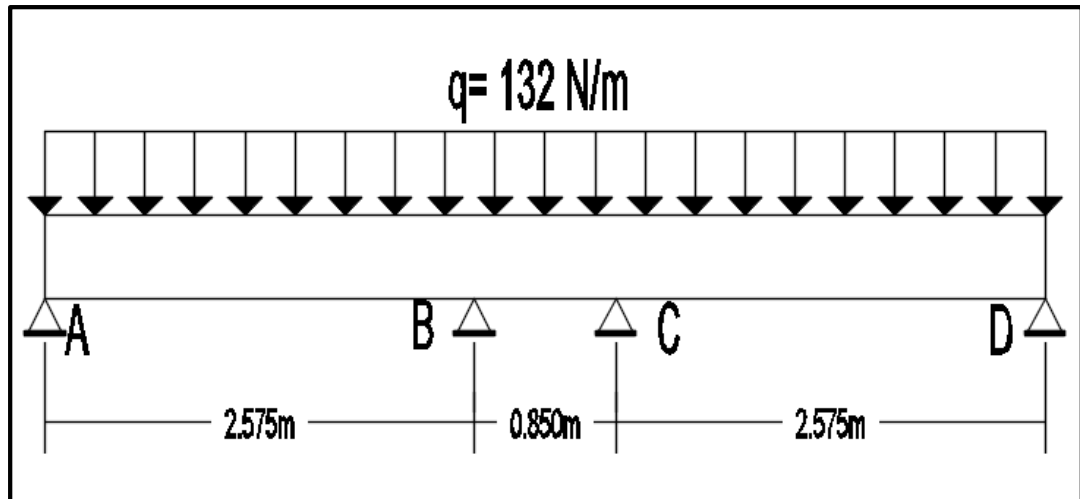


Figura 25. Esquema de la viga
Fuente: [Autor]

Análisis la viga.

Se realiza el análisis de las fuerzas resultantes en solidworks 2015, tal y como se muestra en la figura 26.

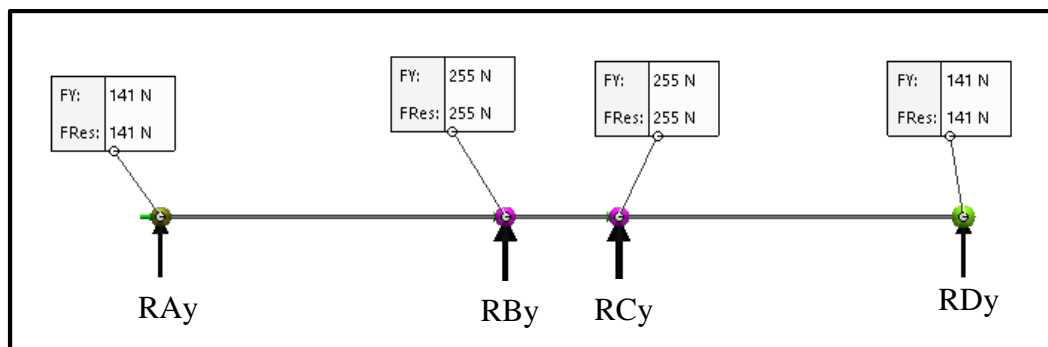


Figura 26. Fuerzas resultantes en los apoyos
Fuente: [Autor]

La figura 27 muestra el diagrama de fuerza cortante, con un valor máximo de 199,38N, y un valor mínimo de -199,38N, los otros valores están ubicados en la leyenda y se identifican de acuerdo a su color.

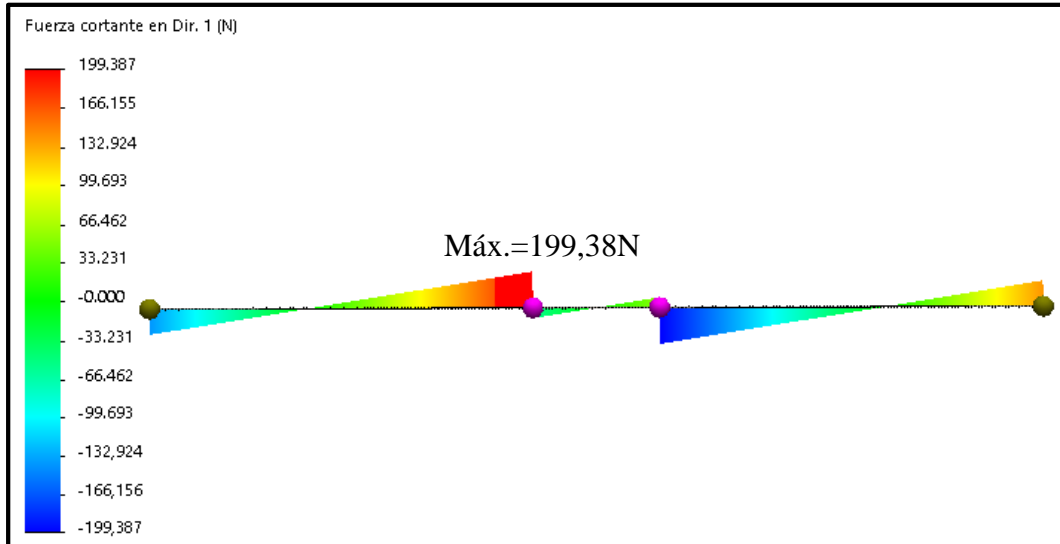


Figura 27.Diagrama de fuerza cortante
Fuente: [Autor]

La figura 28 expone el diagrama de momentos, con un valor máximo de 75,80Nm valor que ayuda para los cálculos, los otros valores se aprecian en la leyenda, de acuerdo al color.

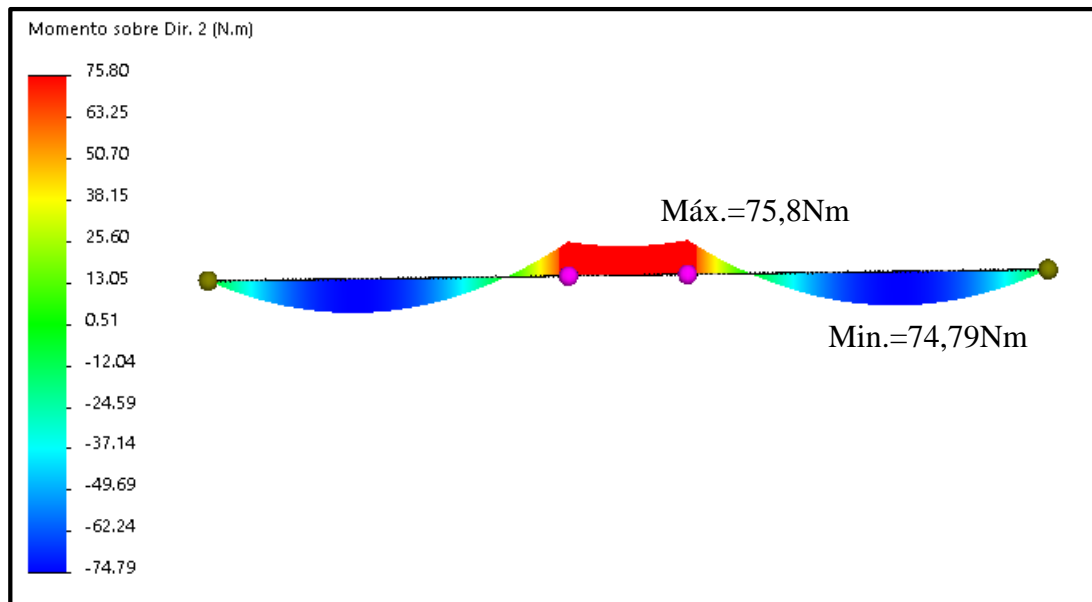


Figura 28. Diagrama de momentos
Fuente: [Autor]

El material que se elige es el ASTM A-500 ya que la estructura se pretende hacer de tubo cuadrado, las propiedades del material, el límite de fluencia, necesario para calcular el esfuerzo máximo, además de otras propiedades del acero, están en la tabla 11.

TABLA 11.Propiedades del Acero ASTM A-500

Acero	Límite de Fluencia [MPa]	Resistencia a la Tracción [MPa]	Módulo de Elasticidad [GPa]
ASTM A-500	320	430	210

Fuente: [24]

Se conoce el momento flector máximo de 75,79 Nm, se asume un factor de seguridad de 2.2 y se calcula el esfuerzo máximo según [22].

$$\sigma_{max} = \frac{S_y}{n} \text{ (Esfuerzo de Von Misses)} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$\sigma_{max} = \frac{320\text{Mpa}}{2.2}$$

$$\sigma_{max} = 145.45\text{MPa}$$

Se calcula el módulo de sección a partir de la fórmula de esfuerzo a flexión según [22].

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S} \text{ (Esfuerzo a Flexión)} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}}$$

$$S = \frac{75,8\text{Nm}}{145.45\text{MPa}}$$

$$S = 5,21 \times 10^{-7} \text{m}^3$$

$$S = 0,52 \text{cm}^3$$

Del catálogo de DIPAC (Anexo A1), se selecciona un tubo con un valor de módulo de sección mayor al calculado.

Se eligió un tubo cuadrado de acero ASTM A-500 con las propiedades expuestas en la tabla 12.

TABLA 12. Tubo cuadrado 20X20

Dimensiones			Área	Ejes X-X e Y-Y		
A(mm)	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm^2	I cm^4	W cm^3	i cm^3
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74

Fuente: [24]

$$\sigma_{max} = \frac{75,79Nm}{5,8 \times 10^{-7}}$$

$$\sigma_{max} = 130,67MPa$$

$$n = \frac{Sy}{\sigma_{max}}$$

$$n = \frac{320MPa}{130,67MPa}$$

$$n = 2,4$$

El perfil seleccionado que tiene un módulo de sección de $0,58cm^3$ es adecuado y garantiza el diseño.

3.2.4 Selección de rodamientos para el desplazamiento de la mesa

El rodamiento está sometido a cargas radiales y gira bajo carga a velocidades bajas, menores a 10rpm, por esta razón se realiza solo el cálculo estático, según [25]:

$$C_0 = S_0 P_0 \quad \text{Ec. 3.3}$$

Donde:

C_0 = capacidad de carga estática, [KN]

P_0 = carga estática equivalente, [KN]

s_0 = factor de seguridad estático

Con la ecuación 3.4, se determina la carga estática equivalente, con sus respectivos factores.

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a \quad \text{Ec. 3.4}$$

Donde:

X_0, Y_0 = Factores radiales y axiales de los rodamientos rígidos de bolas.

F_r = carga radial real del rodamiento [KN].

F_a = carga axial real del rodamiento [KN].

La carga radial que soporta el rodamiento es de 161,17Kg [1,6KN], que se calculó en el apartado 3.2.3.

$$P_0 = 0,6F_r + 0,5F_a$$

$$P_0 = 1,6KN$$

Cálculos:

$s_0 = 1$ (revisar Anexo A2)

$$C_0 = (1)(1,6KN)$$

$$C_0 = 1,6KN$$

De acuerdo a la capacidad de carga estática se selecciona el siguiente rodamiento, de acuerdo al (Anexo A3).

Características del rodamiento:

- Modelo= NTN 6804
- Tipo: rodamiento rígido de bolas
- $D = 32\text{mm}$
- $d = 20\text{mm}$
- $C_0 = 2,47 \text{ KN}$

Con el diámetro externo del rodamiento de 32 mm se realiza la selección del riel para que se desplacen los rodamientos y la mesa, se selecciona dos ángulos de 20 x 3, que unidos dan 34mm un espacio suficiente para que giren los rodamientos, las características de los ángulos están especificadas de forma completa en el Anexo A4.

3.2.5 Mecanismo piñón cremallera

Para transformar el movimiento circular del motor en lineal para desplazar la mesa se utiliza el mecanismo piñón-cremallera como se muestra en la figura 29, este mecanismo es reversible y permite mover en los dos sentidos la mesa.

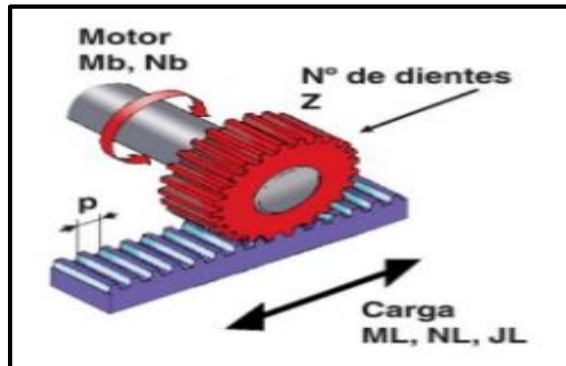


Figura 29. Esquema mecanismo piñón-cremallera
Fuente: [25]

La ubicación del piñón es en la mitad de la máquina, lugar donde se ubican otros componentes, para no tener conflictos en el ensamble se establece un espacio máximo de 70mm. Para ser conservadores se elige un piñón con un diámetro primitivo de 64mm y 16 dientes.

Con estos datos se obtiene el módulo, las fórmulas que se usan son según [26]:

$$Dp = ZxM \quad \text{Ec. 3.5}$$

$$M = \frac{64}{16}$$

$$M = 4$$

Y el paso es igual a:

$$p = \pi x M \quad \text{Ec. 3.6}$$

$$p = \pi x 4$$

$$p = 12,56mm$$

Selección del motorreductor para la mesa

Para esta selección, se elige un motorreductor de ejes paralelos y se toma en consideración el peso de 161,17 Kg, calculado en la sección 3.2.3, además se conoce los datos del piñón cremallera.

Se transforma la fuerza de Kg a N, esta es la carga que mueve el motor:

$$\begin{aligned}F &= 161,17Kg \\F &= (161,17Kg) \left(\frac{9,81m}{s^2} \right) \\F &= 1581,07 N \\F &= 1,5KN\end{aligned}$$

Con los datos del piñón se calcula el par del motor Mb, para un rendimiento del 90% con la fórmula 3.7 [26].

$$Mb = \left(\frac{p \times Z}{2\pi} \right) \left(\frac{F}{\eta} \right) \quad \text{Ec. 3.7}$$

Donde:

Mb= Par del Motor (Nm)

p = Paso (m)

Z= Número de dientes

F= Fuerza (N)

η = rendimiento (se asume 0,9)

$$\begin{aligned}Mb &= \left(\frac{0,013 \times 16}{2\pi} \right) \left(\frac{1581,07N}{0,9} \right) \\Mb &= 57,78Nm\end{aligned}$$

Con el par de 57,78Nm [5,9Kgf-m], se calcula la potencia del motor según [23], y se asume una velocidad de rotación de 9rpm, ya que se requiere velocidades menores a 10 rpm.

Ec. 3.8

$$Pot = \frac{T n}{974}$$

Donde:

Pot = Potencia [KW]

T = torque [Kgf]

n = revoluciones [rpm]

$$Pot = \frac{(5,9Kgf\cdot m) (9rpm)}{974}$$

$$Pot = 0,05KW$$

Se calcula el factor de servicio según [29], con la siguiente fórmula

$$Fsu = Cd \times Cf \quad \text{Ec. 3.9}$$

Donde:

Cd es el coeficiente para determinar factor de servicio en función del uso diario del reductor y del tipo de carga que es moderada, Cd = 1,25, en el Anexo B1.

Cf coeficiente en función del tipo de carga y de arranques diarios, para este caso, son 50 arranques horarios, la carga es moderada por lo que Cf=1.3 de acuerdo al Anexo B2.

Por lo tanto:

$$Fsu = 1,25 \times 1,3$$

$$Fsu = 1,625$$

Para tener un mayor control del desplazamiento y poder conocer las rpm se acoplo un encoder al motor, además de un variador de frecuencia para reducir las revoluciones y realizar la inversión de giro.

Seleccionamos el motorreductor del Anexo B3 con una potencia mayor a la calculada y un torque mayor, el motorreductor consta las siguientes características de la tabla 13:

TABLA 13. Motorreductor para la mesa

2KJ1401-CB13-J1					
# de polos	Potencia	Frecuencia	Par de salida	Velocidad	Factor de servicio
4	0,14KW	60Hz	142Nm	9,6 rpm	2

Fuente: [30]

3.2.6 Parámetros de mecanizado

Para elegir el diámetro de las sierras de copa se tiene en consideración las alturas útiles de los paneles de PVC, como se muestra en la figura 32.

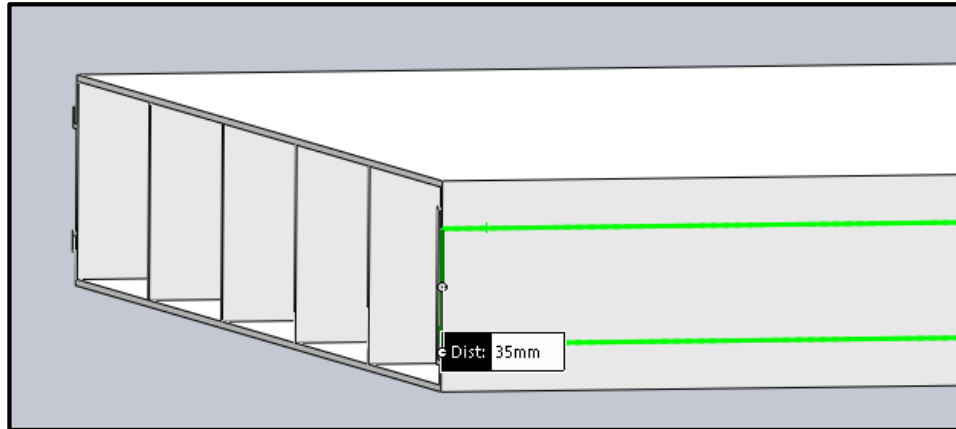


Figura 30. Distancia útil panel de 640mm de alto

Fuente: [Autor]

A continuación en la tabla 14 se especifica la altura útil para los paneles de 100mm y de 64mm, así como los diámetros de herramientas existentes en el mercado y se muestra también las velocidades recomendadas de acuerdo al material a cortar, especificados en el Anexo A5.

TABLA 14. Especificaciones para el proceso.

DESCRIPCIÓN	PANEL DE 100 mm	PANEL DE 64 mm
Altura útil de perforación	58 mm	35mm
Material del Sacabocados (sierra de copa)	HSS	HSS
Diámetro del Sacabocados	50mm o 2in	32mm o 1-1/4in
Velocidades recomendadas	525rpm	810rpm

Fuente. [Autor]

Velocidad de corte

La velocidad de corte V_c es la velocidad de la periferia de la pieza que está en contacto con la herramienta y se calcula con la fórmula, según [14]:

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000} \quad \text{Ec. 3.10}$$

Donde:

V_c = Velocidad de corte [m/min]

D = Diámetro de la herramienta [mm]

N = Velocidad de rotación [rpm] (Anexo A5)

Se usa los parámetros para el panel de 64mm por consiguiente se tiene:

$$V_c = \frac{\pi \times 32\text{mm} \times 810\text{rpm}}{1000}$$
$$V_c = 81,43 \text{ m/min}$$

Se calcula la sección de viruta sabiendo que el filo mide 2mm de acuerdo a las fórmulas de [31].

$$S_c = f_z \times \frac{D}{2} \quad \text{Ec. 3.11}$$

Donde:

S_c : Sección de viruta (mm^2)

f_z : Avance por filo (mm/filo)

D : Diámetro de la herramienta (mm)

$$S_c = (1,2\text{mm/filo}) \times \frac{32\text{mm}}{2}$$
$$S_c = 19,2\text{mm}^2$$

Se calcula la velocidad de avance V_f (mm/min) si se conoce el número de dientes (z) de la herramienta que es 22, según [31] se tiene:

$$V_f = f_z \times z \times N \quad \text{Ec. 3.12}$$
$$V_f = 1,2\text{mm} \times 22 \times 810\text{rpm}$$
$$V_f = 21384\text{mm/min}$$

Fuerzas de corte

Las fuerzas que intervienen en el proceso, son la fuerza axial N_A a lo largo del eje, la fuerza radial N_R en la dirección radial de la sierra de copa o sacabocados y la fuerza

tangencial F_t perpendicular a las otras dos componentes, como se muestra en la figura 31.

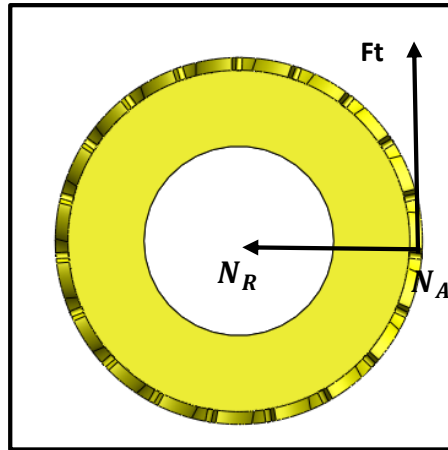


Figura 31. Fuerzas que actúan sobre la herramienta
Fuente: [Autor]

Estas fuerzas provocan un torque y una fuerza de empuje como se muestra en la figura 32.

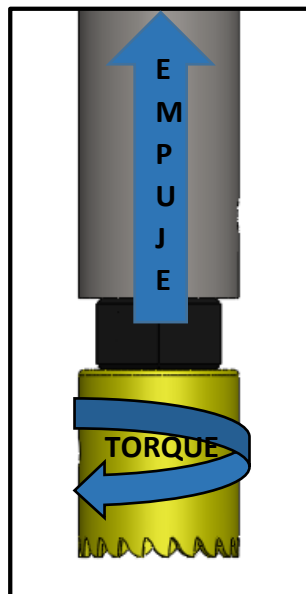


Figura 32. Fuerzas de empuje y torque
Fuente: [Autor]

Se calcula la fuerza de corte según [31] si se sabe que:

$$P_c = F_c \times V_c \quad \text{Ec. 3.13}$$

Se tiene dos incógnitas y no se conoce la energía específica de corte para el PVC, por lo que se asume una potencia de 2HP [1,5KW].

$$F_c = \frac{1,5KW}{1,36m/s}$$

$$F_c = 1,1KN$$

Con este dato se calcula el torque, se asume el diámetro del eje de 30mm, si se sabe que tiene que ser menor a los 32mm que es el diámetro de la herramienta:

$$\tau = F_c \times \frac{D}{2} \quad \text{Ec. 3.14}$$

$$\tau = 1,1KN \times 0,015m$$

$$\tau = 16,5Nm$$

Con estos datos se elige un motor del catálogo WEG, con las características de la tabla 15, las características completas están en el (Anexo B2).

TABLA 15. Motor WEG para las herramientas

W22 Carcasa Hierro Gris –Standard Efficiency					
Carcasa	Potencia	Frecuencia	Polos	Rotación	Protección
100L	2HP	60Hz	4	1405rpm	IP55

Fuente: [27]

3.2.7 Selección de bandas y poleas

Para la transmisión de potencia se utilizaran poleas dentadas los datos para la transmisión de potencia se muestran a continuación.

Datos:

- Potencia a transmitir 2HP
- El motor gira a 1405 rpm
- Horas de funcionamiento = 10
- Relación de transmisión 1:1

Según [28], del Anexo A6, se tiene un factor de servicio de 1.6 por lo tanto se tiene una potencia requerida de:

$$P = 2HP \times 1,6$$

$$P = 3.2HP$$

La relación de transmisión es de 1:1 por lo tanto la polea conducida tiene un diámetro de 62mm.

La potencia de diseño es de 3.2HP y una velocidad del motor de 1405 rpm, se tiene una polea tipo H, de acuerdo al Anexo A7.

Se realiza una aproximación como se muestra en la figura 33, para conocer la distancia al no ser una polea conducida y una conductora, sino 1 polea conductora y 4 conducidas,

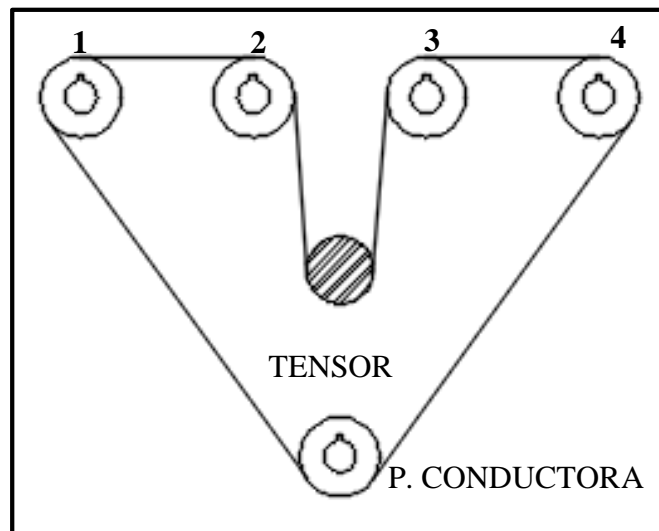


Figura 33. Disposición de la banda

Fuente: [Autor]

En figura 33 el diseño indica que se trata 4 poleas conducidas, además de un tensor, la polea conductora esta acoplada al motor, este es capaz de acomodarse verticalmente. Debido a que la base del motor puede desplazarse verticalmente, se tiene un rango aparente de [1661mm a 1691mm].

Con los datos establecidos, en el Anexo A8 se tiene:

- Correa= 660H
- Número de dientes polea conductora = 16H
- Número de dientes poleas conducidas = 16H

En el Anexo A9 se seleccionó la capacidad de transmisión de la banda en función de las rpm de la polea 1405rpm, y del número de dientes de la polea 16H, dando una capacidad de transmisión de 3,94HP.

En el Anexo A10, se escogió un factor de ancho que multiplicado por la capacidad de transmisión tiene que ser mayor a la potencia de diseño. Siendo conservadores se elige un factor de ancho de 1. Según [28] se tiene:

$$\text{Potencia transmitida} = \text{Capacidad de transmisión} \times \text{Factor de ancho}$$

$$\text{Potencia transmitida} = 3,94 \times 1$$

El resultado es 3,94 HP, que es mayor a la potencia de diseño 3,2HP, entonces el ancho de la correa es de 1 pulgada.

Los datos que se seleccionó son:

- Polea conductora: 16H100
- Polea conducida: 16H100
- Banda: 660H100

A continuación se presenta el significado de la denominación 660H100 y 16H100.

- 660 = Longitud en pulgadas de la banda 66”.
- H = Código de paso, H equivale a ½”.
- 100 = ancho de la banda, 100 equivale a 1”.
- 16= en el caso de las poleas es el número de dientes.

Los datos específicos de las poleas y de la banda se expresan en la tabla 16.

TABLA 16.Especificaciones de la banda y poleas seleccionadas

Poleas 16H100			Banda 660H100		
Numero de dientes	Código de paso	Ancho	Longitud	Código de paso	Ancho
16	½ pulgada	1 pulgada	66pulgadas	½ pulgada	1 pulgada
16	12,7mm	25,4mm	1676mm	12,7mm	25,4mm

Fuente: [Autor]

3.2.8 Diseño del eje para el herramental

Para el eje se toma en cuenta que el eje debe atravesar el panel, por lo que el diámetro del eje debe ser menor al de la herramienta más pequeña de 32mm y la longitud del panel de 440mm y deberá llegar a la mitad. El pre-diseño del eje se muestra en la figura 34.

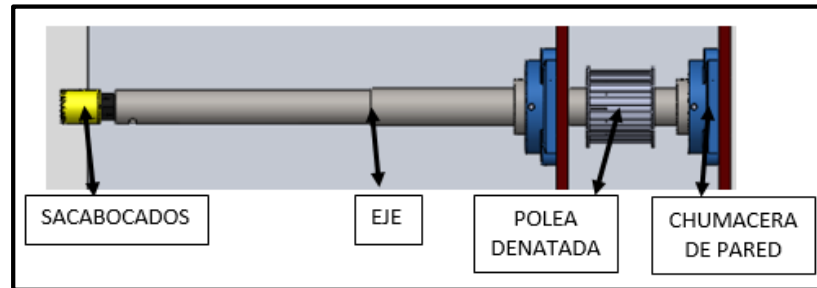


Figura 34. Pre-diseño del eje del herramental

Fuente: [Autor]

La figura 35 muestra el diagrama de cuerpo libre del eje, con sus diámetros respectivos de 31,75mm para la sección más grande y de 30mm para la sección que ingresa al panel, siendo menor al diámetro del sacabocados, se muestra también las fuerzas en los apoyos.

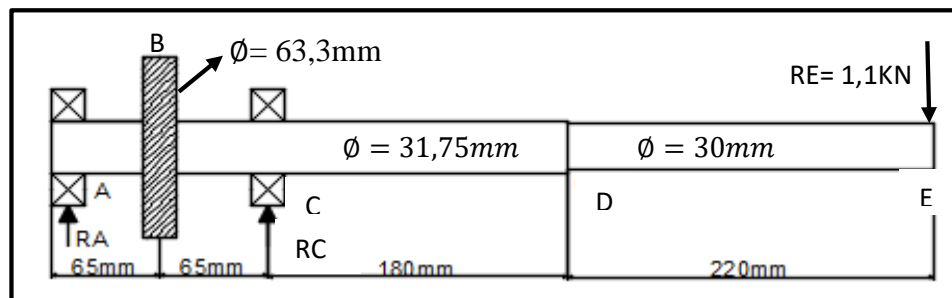


Figura 35. Diagrama de cuerpo libre del eje.

Fuente: [Autor]

Mediante los cálculos realizados anteriormente se conoció varios datos como:

- Diámetro de la polea = 63,3mm
- Velocidad de giro del motor = 1405rpm
- Potencia transmitida = 2HP (1,5kW) [sección 3.2.6]
- Par en el extremo del eje = 16,5Nm
- Ángulo de acople de la polea = 60°

Con estos datos se procede a determinar los diámetros mínimos y poder corroborar el diseño con los diámetros asumidos, seleccionando como material para el eje se seleccionó un acero AISI 1018 con un punto de fluencia $S_y = 235 \text{ N/mm}^2$ y una resistencia mecánica $S_{ut} = 410 \text{ N/mm}^2$, esto según [24].

Se calcula el par torsional en el eje según [23] con la ecuación 3.14:

$$KW = \frac{T n}{974} \quad \text{Ec. 3.15}$$

Donde:

$T =$ torque [Kgf]

$n =$ revoluciones [rpm]

$$T = \frac{(1,5)(974)}{1405}$$

$$T = 1,03 \text{ Kgf} \cdot \text{m}$$

$$T = 10,09 \text{ Nm}$$

Con el torque se procede a calcular la fuerza tangencial en la polea B según [22]:

$$F_{ta} = \frac{T}{\left(\frac{D}{2}\right)} \quad \text{Ec. 3.16}$$

$$F_{ta} = \frac{1,03 \text{ Kgf} \cdot \text{m}}{\left(\frac{0,063 \text{ m}}{2}\right)}$$

$$F_{ta} = 32,69 \text{ Kgf}$$

La fuerza de flexión según [22] es:

$$F_f = C \times F_{ta} \quad \text{Ec. 3.17}$$

Según [22], C es un factor que para este caso vale 2 por ser transmisión con bandas planas.

$$F_f = 2 \times 32,69 \text{ Kgf}$$

$$F_f = 65,38 \text{ Kgf}$$

Según [22], las componentes de la fuerza de flexión con el ángulo especificado son:

$$Ff_{Bx} = \cos(60^\circ) (65,38\text{Kgf}) = 32,69\text{Kgf} \quad \text{Ec. 3.18}$$

$$Ff_{By} = \text{sen}(60^\circ) (65,38\text{Kgf}) = 56,62\text{Kgf} = 554,9\text{N} \quad \text{Ec. 3.19}$$

Se realizó el análisis en el plano X-Y y se obtuvo las reacciones y momentos en el eje, se tiene un diagrama de cuerpo libre como muestra la figura 36:

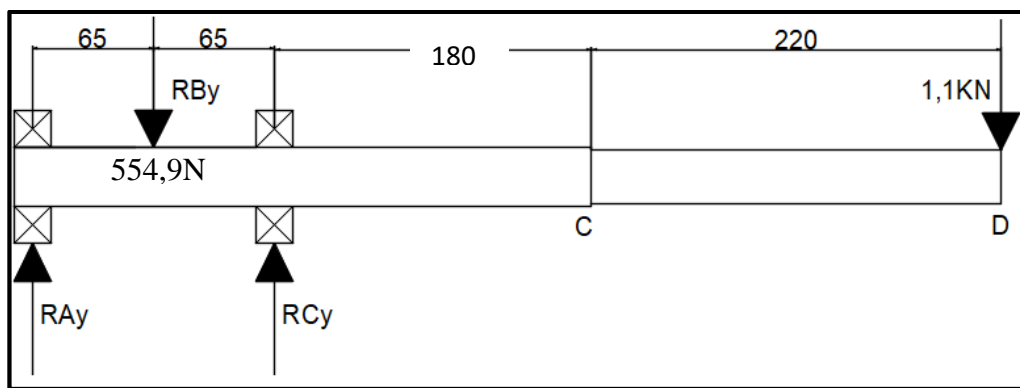


Figura 36. Distribución de las fuerzas en el eje [mm].

Fuente: [Autor]

$$\sum MA = -554,9\text{N} (0,065\text{m}) + RCy (0,130\text{m}) - 1,1\text{KN} (0,53\text{m})$$

$$RCy = 4762\text{N}$$

$$\sum Fy = RAy - 554,9\text{N} + 4762\text{N} - 1100\text{N}$$

$$RAy = -3107\text{N}$$

Al ser la reacción RAy negativa, significa que la fuerza está en sentido contrario a la asumida, para corroborar este cálculo se obtiene las reacciones en solidworks 2015, para mayor seguridad y se obtiene valores muy cercanos a los calculados, que se deben a los decimales, estas reacciones se presentan en la figura 37.

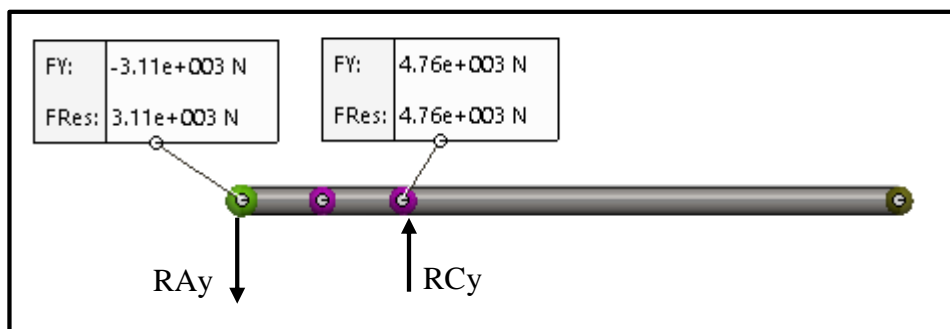


Figura 37. Reacciones resultantes en el eje.

Fuente: [Autor]

Se muestra el diagrama de fuerzas cortantes en la figura 38, para una mejor ilustración, se obtiene un valor máximo de 1,1KN.

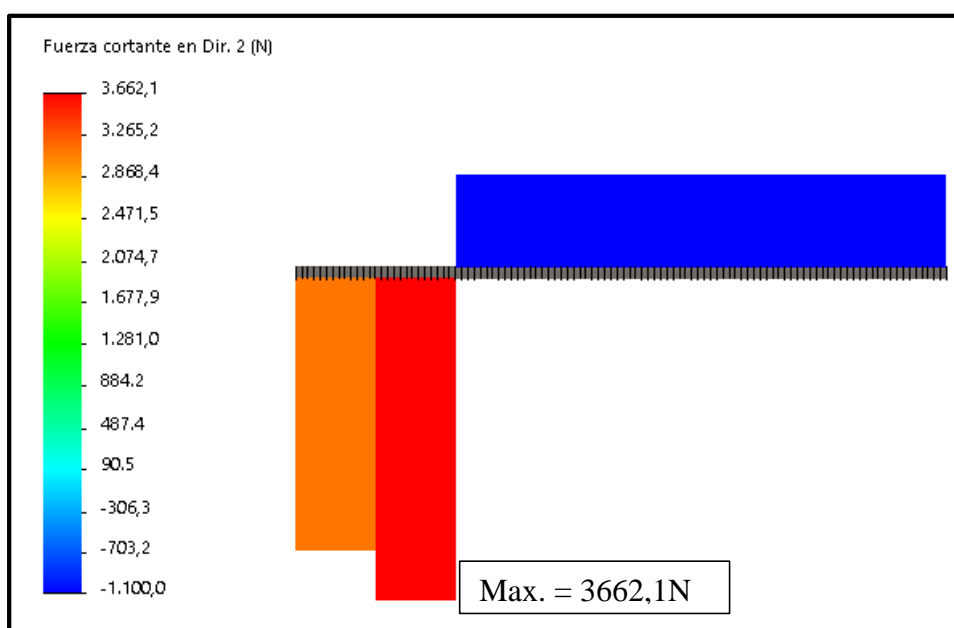


Figura 38. Diagrama de fuerzas cortantes sobre el eje.

Fuente: [Autor]

Se presenta el diagrama de momentos, incluido el momento máximo, para este caso es de 440Nm, posteriormente se utiliza este momento en la fórmula del diámetro mínimo, este diagrama se observa en la figura 39.

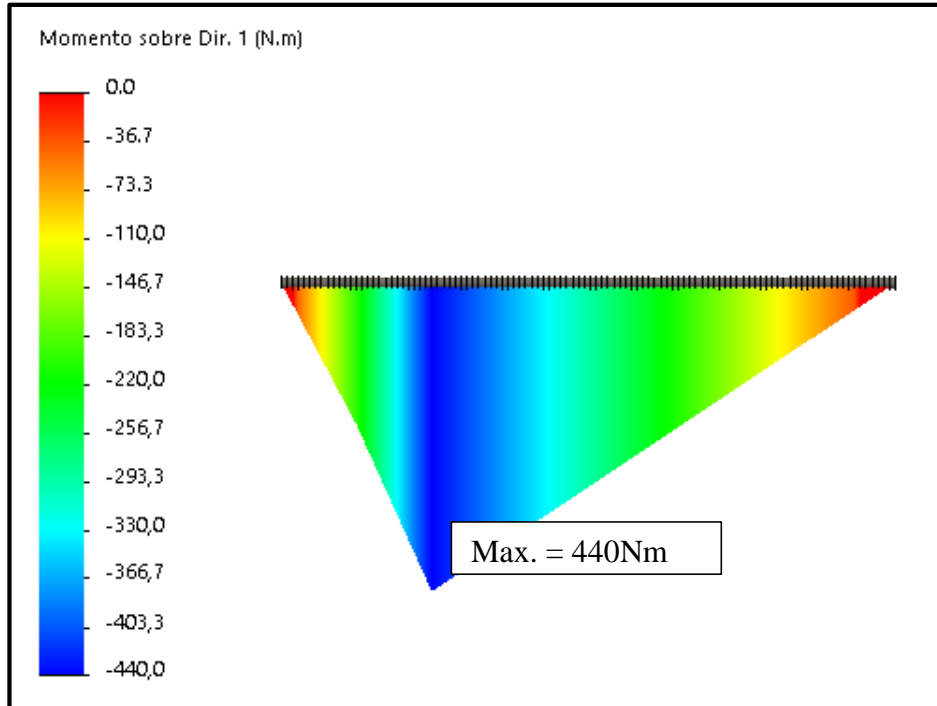


Figura 39. Diagrama de momentos sobre el eje.

Fuente: [Autor]

Con la fórmula de momentos totales según [22] se tiene:

$$M_t = \sqrt{(M_x - y)^2 + (M_x - z)^2} \quad \text{Ec. 3.20}$$

$$M_t = \sqrt{(440Nm)^2}$$

$$M_t = 440Nm$$

De acuerdo a [22], se calcula el S_n para poder aplicarlo en la fórmula del diámetro mínimo.

Ec. 3.21

$$S_n = C_b C_s C_r C_o S'_n$$

Donde:

S'_n = límite de fatiga del material. = 0,5Su

C_b = factor de corrección por temperatura, para temperatura ambiente $C_b = 1$

C_s = factor de corrección por superficie depende de cómo será fabricado el eje (Anexo A11)

C_r = factor de confiabilidad funcional, $C_r = 1-AB$

Co = factor de corrección por esfuerzos residuales.

- Co = 1.3 (Material laminado o estirado en frío).
- Co = 1 (Materiales con tratamientos térmicos de Normalizado o Recocido)

Se calcula Cr, si se conoce que según Shigley, el factor A para aceros = 0,076 y el factor B para una confiabilidad del 90%, se muestra en el Anexo A12.

$$Cr = 1 - (0,076)(1,3)$$

$$Cr = 0,9$$

Se tiene todos los datos, por lo tanto se calcula el S_n :

$$S_n = 1 \times 0,92 \times 0,9 \times 1,3 (2091,8 \text{Kgf/cm}^2)$$

$$S_n = 2251,68 \text{Kgf/cm}^2$$

$$S_n = 220,66 \text{MPa}$$

Se utiliza un valor para chaflanes de hombros, $K_f = 1,5$ según [22] que es para chaflanes con bordes redondeados y asumimos un valor de $N=2$.

$$d = \left[\frac{32N}{\pi} \left[\left[\frac{K_f M}{S_n} \right] + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y} \right]^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3} \quad \text{Ec. 3.22}$$

$$d = \left[\frac{64}{\pi} \left[\left[\frac{1,5(440 \text{Nm})}{220,66 \text{MPa}} \right] + \frac{3}{4} \left[\frac{10,09 \text{Nm}}{235 \text{MPa}} \right]^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d = 0,03 \text{m}$$

$$d = 30 \text{mm}$$

Con ese resultado se confirma el diámetro de 1,25" o 3,175mm, y el diámetro menor es de 30mm, que está al límite y da una deflexión como muestra la figura 40.

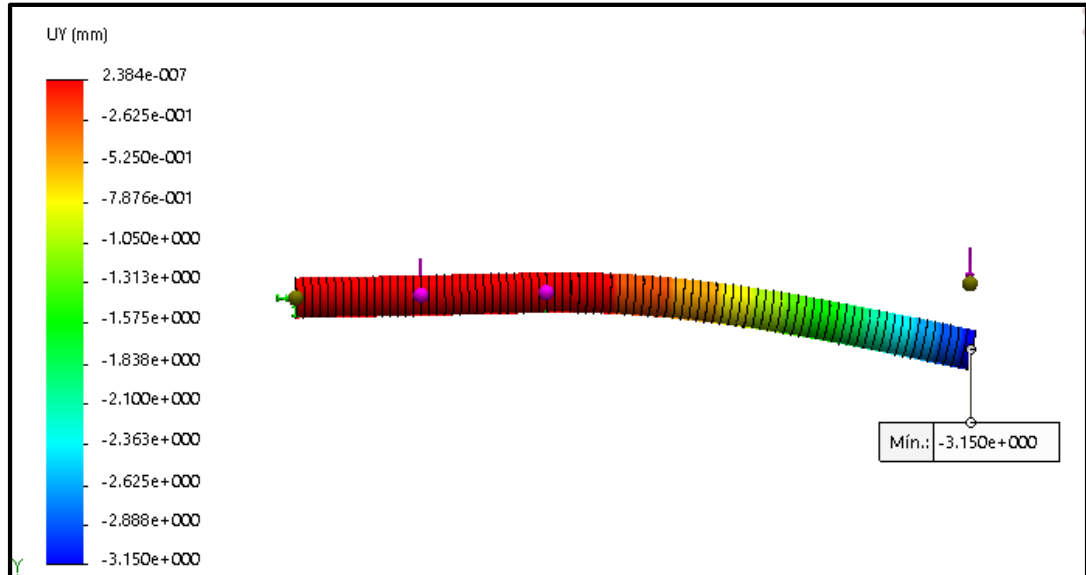


Figura 40. Deformación del eje en Y

Fuente: [Autor]

Selección de chumaceras

Con el diseño del eje, se conoce el diámetro del eje de 31,75mm, por lo tanto se elige una chumacera de pared con rodamientos de inserto de bolas de contacto radial, su código es UCF 207-20, y las características se especifican en el Anexo 13.

Datos de la chumacera

- Modelo= SNR UFC 207-20
- $C = 25,7 \text{ KN}$
- $C_0 = 15,2 \text{ KN}$
- $d = 31,75 \text{ mm}$
- Peso= 1,53 Kg
- Rodamiento = UC207-20G2

3.2.9 Diseño del sistema de perforado

Se conoce todos los componentes que conforman el sistema de perforado, y mediante un el software Solidworks, se tiene un esquema como el de la figura 41.

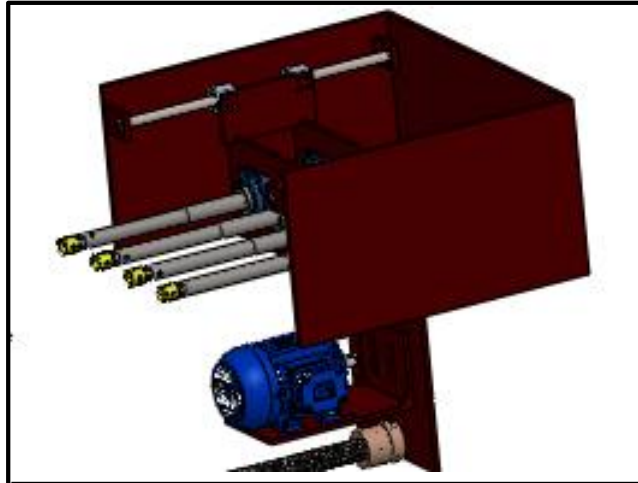


Figura 41. Esquema sistema de perforación

Fuente: [Autor]

En el sistema se observa que el sistema necesita desplazarse, por este motivo se necesita rodamientos que realicen esta función, además de unas guías que ayuden a que la estructura se desplace de una manera adecuada.

Selección de rodamientos para desplazar la estructura.

Al igual que en el caso anterior las velocidades con las que ingresa la sierra de copa al panel son bajas, por tal motivo los rodamientos giran a velocidades bajas, menores a 10rpm, por esta razón se usa la fórmula de capacidad estática requerida [25].

$$C_o = S_o P_o$$

Las cargas a las que está sometido el rodamiento son

Datos:

1. Peso de la estructura = 294N
2. Peso de los 4 ejes = 117,6N
3. Peso de las 8 chumaceras = 120N
4. Peso del motor = 235,2 N

Cálculos:

El peso total es de 766.8N, se requiere implementar 4 rodamientos, por tal motivo la carga para cada rodamiento es de 192N, se procede al cálculo. [25]

$s_0 = 1$ (revisar Anexo A2) (Funcionamiento normal)

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$$

$$P_0 = 0,6F_r + 0,5F_a$$

$$P_0 = 0,2KN$$

Entonces:

$$C_0=(1)(0,2KN)$$

$$C_0=0,2KN$$

De acuerdo a la capacidad de carga estática se selecciona el siguiente rodamiento, de acuerdo al (Anexo A3).

Los datos de los rodamientos son:

- Modelo = NTN 6702
- Tipo= rodamiento rígido de bolas
- D = 21mm
- d = 15mm
- $C_0 = 0,585KN$

Selección de las guías del sistema

Para garantizar un desplazamiento recto, se elige guías que permitan que los orificios perforados sean paralelos entre sí.

Bajo el mismo concepto de la carga estática se seleccionó rodamientos lineales de baja sección de la denominación KH1228 y se seleccionó un eje para el diámetro menor del rodamiento con la denominación W12. Estos elementos se seleccionan del Anexo A14.

Datos de la selección:

KH1228

- d = 12mm
- D =19mm
- Capacidad de carga estática=495N

W12

- d=12mm
- Longitud=6m

3.2.10 Diseño de la estructura para el sistema de perforado

Diseño sistema de elevación

Se necesita elevar o descender la caja que contiene el sistema de perforación, debido a que existen dos dimensiones de paneles, para poder realizar la perforación en el centro de cada panel, un esquema del sistema se muestra en la figura 42.

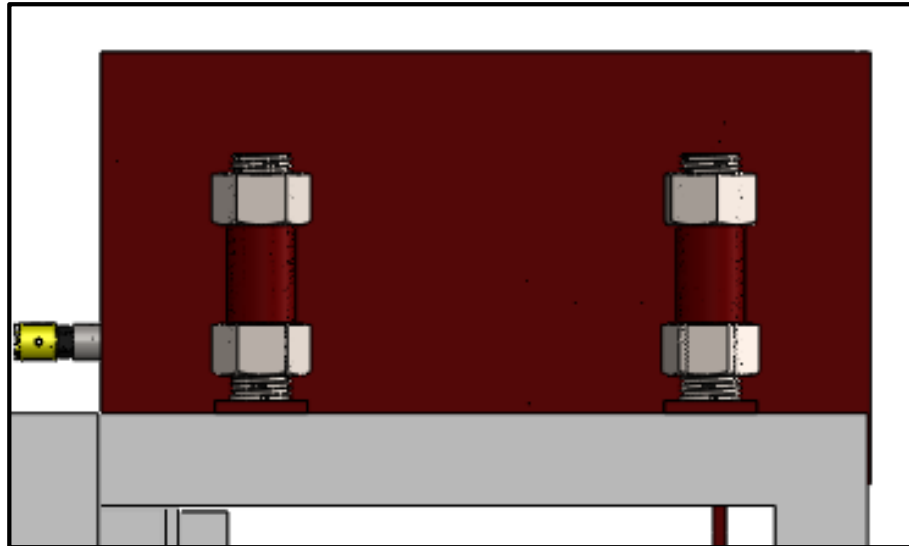


Figura 42. Esquema de los tornillos para perforación.

Fuente: [Autor]

Para el diseño se seleccionó una varilla roscada de 1 pulgada y 200mm de largo cada uno, se necesita 4 partes por sistema, que da un total de 8 pedazos de varilla y 16 tuercas para la misma varilla.

Cálculo estructural para el sistema de perforación

La carga que soporta el tubo es la del sistema de perforación de 766,8N más el peso de la caja protectora del sistema y el peso de la varilla roscada en conjunto estos elementos pesan 592,9N, esta carga esta soportada sobre dos puntos que son los tornillos.

La carga total es de 1360N dividido para 4 puntos de carga, dando una carga puntual de 340N por punto, el diagrama de cuerpo libre se especifica en la figura 43.

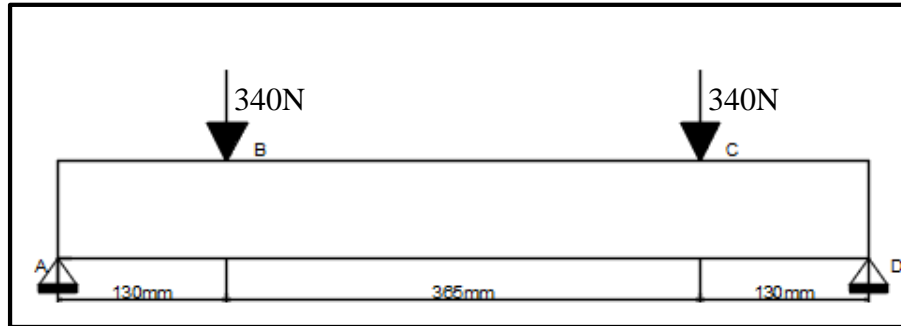


Figura 43. Diagrama de cuerpo libre de la viga para el sistema de perforación.
Fuente: [Autor]

Se obtiene las reacciones, realizando una sumatoria de momentos en A y sumatoria de fuerzas en Y:

$$\sum MA = -340N (0,130m) - 340N (0,495m) + RDy(0,625m)$$

$$RDy = 340N$$

$$\sum Fy = RAy - 340N - 340N + 340N$$

$$RAy = 340N$$

Se verifica las reacciones y se compara con los cálculos, como se muestra en la figura 44.

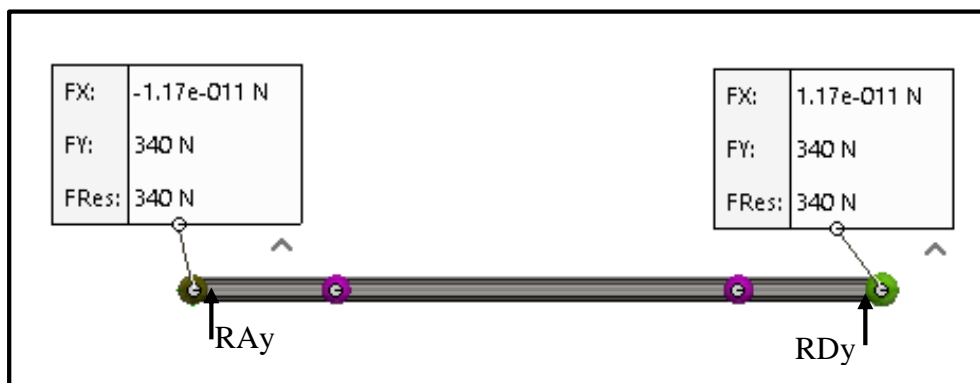


Figura 44. Reacciones en el tubo para el sistema de perforación.
Fuente: [Autor]

La figura 45 muestra el diagrama de cortantes, en el cual se aprecia una fuerza cortante máxima de 340N, igual al realizado en los cálculos.

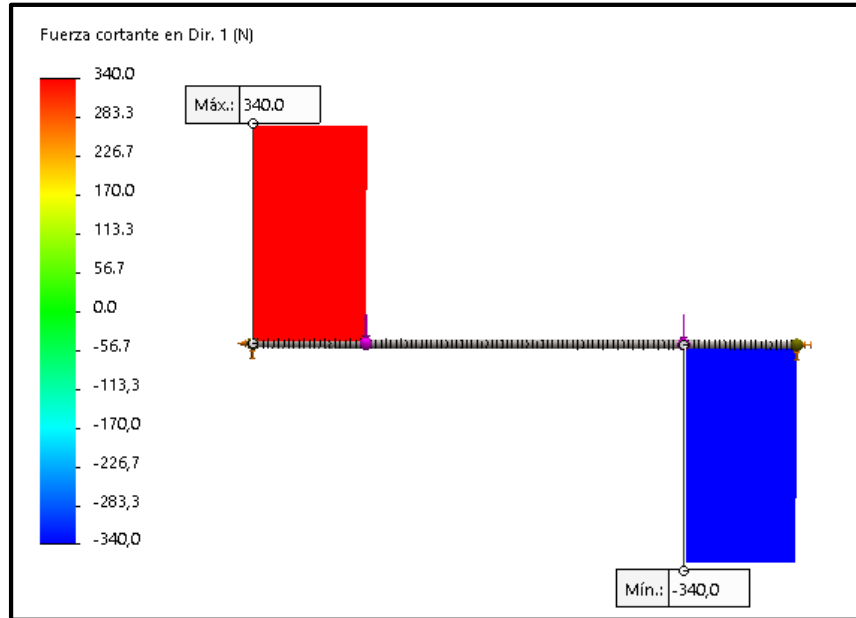


Figura 45. Diagrama de cortantes de la viga para el sistema de perforación.
Fuente: [Autor]

En la figura 46 se muestra el diagrama de momentos, y se obtiene un momento flector máximo de 44,2Nm, los demás valores se observan en la leyenda de acuerdo al color.

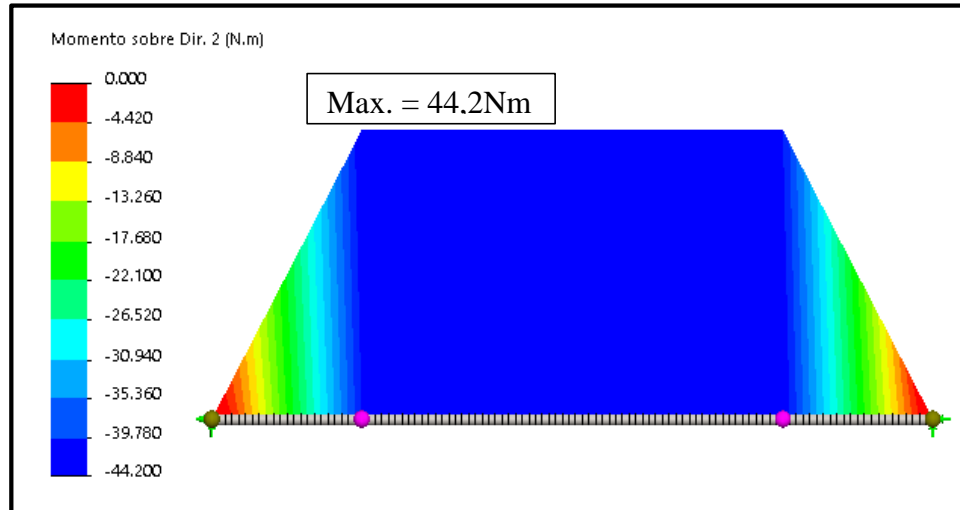


Figura 46. Diagrama de momentos de la viga para el sistema de perforación.
Fuente: [Autor]

Se conoce el momento flector máximo que es de 44,20Nm y se asume un factor de seguridad de 3, para un acero ASTM A-500, cuyas propiedades se especifican en la tabla 11, se calcula el esfuerzo máximo. [22]

$$\sigma_{max} = \frac{Sy}{n} \text{ (Esfuerzo de Von Misses)}$$

$$\sigma_{max} = \frac{320Mpa}{3}$$

$$\sigma_{max} = 106.66MPa$$

Se calcula el módulo de sección a partir de la fórmula de esfuerzo a flexión. [22]

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S} \text{ (Esfuerzo a Flexión)}$$

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{max}}$$

$$S = \frac{44,20Nm}{106,66MPa}$$

$$S = 4,14 \times 10^{-7} m^3$$

$$S = 0,41 cm^3$$

Del catálogo de DIPAC en el Anexo A1 se elige un tubo cuadrado que cumpla los requerimientos, se escogió el tubo cuadrado de 20X20 cuyas propiedades están en la tabla 12 y procedemos al cálculo de verificación. [22]

$$\sigma_{max} = \frac{44,20Nm}{5,8 \times 10^{-7}}$$

$$\sigma_{max} = 76,2MPa$$

$$n = \frac{Sy}{\sigma_{max}}$$

$$n = \frac{320MPa}{76,2MPa}$$

$$n = 4$$

El perfil seleccionado tiene un módulo de sección de $0,58\text{cm}^3$, con este dato se obtiene un factor de seguridad de 4, mayor al requerido, por lo que es adecuado y garantiza el diseño.

Con estos datos se tiene una deformación máxima de 1,41mm como muestra la figura 47.

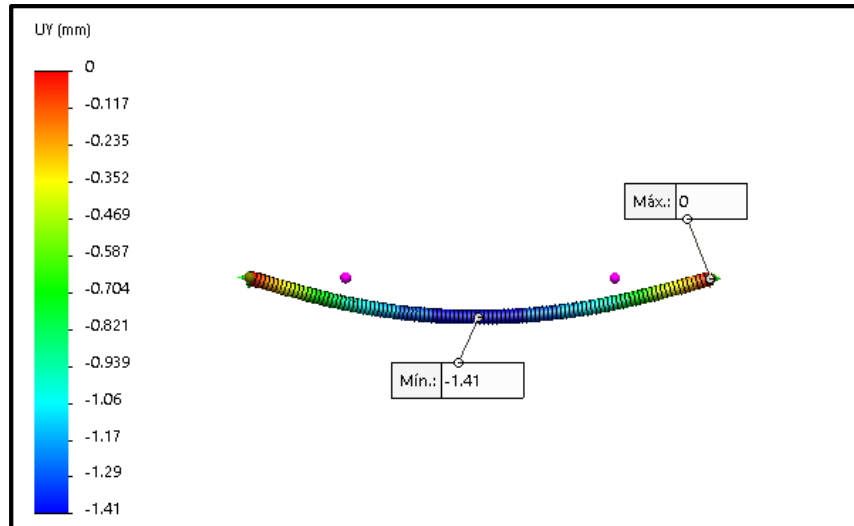


Figura 47. Deformación de la viga para el sistema de perforación.
Fuente: [Autor]

3.2.11 Diseño del tornillo de potencia

El pre diseño del tornillo de potencia se hace con los siguientes datos:

- Diámetro mayor = 40mm
- Paso = 10mm
- Carga por lado = 766,8N
- Tornillo de Acero= Tuerca de Bronce con collarín
- Tipo de rosca = cuadrada
- Roscas simples

Las fórmulas que se usan son según [22]. La profundidad y el ancho de la rosca son iguales, al ser rosca cuadrada, es decir su valor es de 10mm.

Se calcula el diámetro medio:

$$dm = d - \frac{p}{2} \quad 3.23$$

$$dm = 40\text{mm} - \frac{10\text{mm}}{2}$$

$$dm = 35mm$$

Con el valor del paso y del diámetro de 40mm se calcula el diámetro raíz dr :

$$dr = d - p \quad 3.24$$

$$dr = 30mm$$

El avance l es igual al paso p , porque son roscas simples, para el par de torsión que se requiere para hacer girar al tornillo contra la carga, se suma el torque para empujar la carga más el torque del collarín, se usa la fórmula 3.25, de acuerdo a [22].

$$T = \frac{Fdm}{2} \left(\frac{l + \pi f dm}{\pi dm - fl} \right) + \frac{F f c dc}{2} \quad 3.25$$

Donde:

T = par de torsión requerido para mover la carga

F = carga

f = coeficiente de rozamiento

dm = diámetro medio de la rosca

dc = diámetro exterior del tornillo

Para encontrar el coeficiente de fricción entramos con el material del tornillo acero y el material de la tuerca que es bronce, este par roscado estará lubricado en este caso $f = 0,16$, este dato se obtiene en el Anexo 15.

Para el coeficiente de fricción sobre el collarín, se utiliza el Anexo A16, con la combinación de acero duro sobre bronce

Se reemplaza lo valores en la fórmula, y se utiliza la carga combinada de 1533,6Nm ya que va hacer el mismo tornillo:

$$T = \frac{(1533,6)(0,035)}{2} \left(\frac{0,01 + \pi(0,16)(0,035)}{\pi(0,035) - (0,1)(0,01)} \right) + \frac{(1533,6)(0,07)(0,040)}{2}$$

$$T = 26,83 (0,25) + 2,15$$

$$T = 8,85Nm$$

Este par es para el avance y retroceso de la carga, con esto se calcula la eficiencia global (e) al mover la carga:

$$e = \frac{Fl}{2\pi T} \quad 3.26$$

$$e = \frac{(1533,6N)(0,01m)}{2\pi(8,85Nm)}$$

$$e = 0,28$$

Se obtiene el esfuerzo cortante τ debido al momento de torsión T, en el exterior del cuerpo del tornillo:

$$\tau = \frac{16T}{\pi dr^3} \quad 3.27$$

$$\tau = \frac{16(8,85Nm)}{\pi (0,03m)^3}$$

$$\tau = 1,67MPa$$

El esfuerzo axial normal σ es:

$$\sigma = \frac{4F}{\pi dr^2} \quad 3.28$$

$$\sigma = \frac{4(1533,6N)}{\pi (0,03)^2}$$

$$\sigma = 2,16MPa$$

3.2.12 Selección del motorreductor para mover el tornillo

Se seleccionó un motorreductor de ejes paralelos que va actuar sobre el tornillo de potencia, este moverá una carga de 766,8N perteneciente al sistema de perforación,

como se pretende que la perforación sea por los dos lados hasta la mitad del panel para ahorrar tiempo, se tiene una carga de 1533,6N, un esquema de lo que se pretende se muestra en la figura 48.

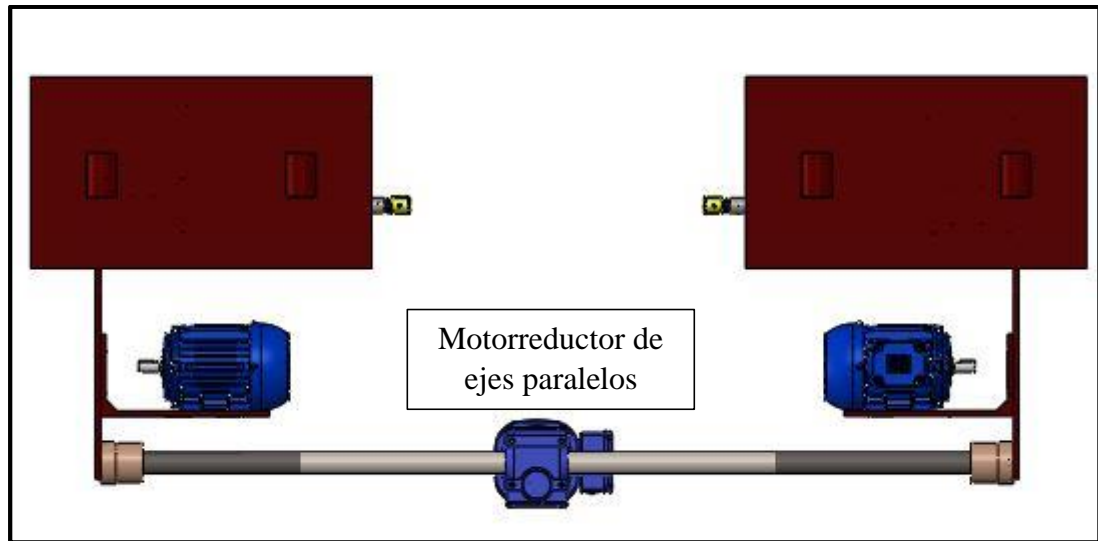


Figura 48. Esquema de un tornillo de potencia y motorreductor de ejes paralelos

Fuente: [Autor]

Se calcula el par del motor, si se sabe la longitud del tornillo de potencia, que es de 1700mm, como el motorreductor está situado en la mitad del tornillo. [22]

$$T = F \times d \quad 3.29$$

$$T = (1533,6N) (0,85m)$$

$$T = 651,78Nm$$

Con el par obtenido de 651,78Nm, se calcula la potencia del motor, si se sabe que el avance para poder perforar el PVC no es muy rápido se asume una velocidad de 10rpm, y se calcula la potencia. [23]

$$Pot = \frac{66,5Kgf \times 10rpm}{716}$$

$$Pot = 0,92HP$$

Se calcula el factor de servicio f_{su} , para hacer una elección correcta del reductor. [29]

$$f_{su} = C_d \times C_f$$

Cd es el coeficiente para determinar factor de servicio en función del uso diario del reductor y del tipo de carga, se seleccionó un coeficiente Cd = 1, en el Anexo B1.

Cf es otro coeficiente que nos ayuda a determinar el factor de servicio en función del tipo de carga y de arranques diarios, para este caso se conoce que el reductor tiene unos 50 arranques por hora, elegimos el coeficiente Cf=1,25 del Anexo B2.

Por lo tanto el factor de servicio es:

$$F_{su} = 1 \times 1.25$$

$$F_{su} = 1,25$$

Se selecciona un motorreductor del Anexo B5, las características de este modelo se especifican en la tabla 17.

TABLA 17. Descripción del motorreductor

2KJ1403-DC13-M1					
# de polos	Potencia	Frecuencia	Par de salida	Velocidad	Factor de servicio
4	0,9KW	60Hz	844Nm	10,2 rpm	1,2

Fuente: [30]

El torque es superado a la necesidad del tornillo, además para un control completo de las revoluciones del tornillo se utiliza un variador de frecuencia para la inversión de giro y con ello hacer las pruebas de perforación.

3.2.13 Selección de cilindros neumáticos

Los cilindros neumáticos servirán como seguros para mantener el panel fijo en el momento de la perforación.

Para el cilindro que presionara el panel desde la parte superior se escogió un cilindro FESTO con una carrera de 200mm, un diámetro de 32mm y una fuerza teórica de 483N.

Para el cilindro que sujeta desde el inicio del proceso hasta el final, guiándolo con la mesa se escoge un cilindro FESTO de 32mm de diámetro y una carrera de 50mm y la misma fuerza teórica.

Estos cilindros son operados por dos electroválvulas 5/2.

Diagramas de control electro-neumático

El diagrama de la figura 49 muestra el diagrama de control electro neumático, se aprecia los dos cilindros el uno del seguro inicial y el otro del seguro superior, cada uno con su respectiva electroválvula, además se especifica las conexiones que entran y salen del PLC y del HMI para un adecuado funcionamiento,

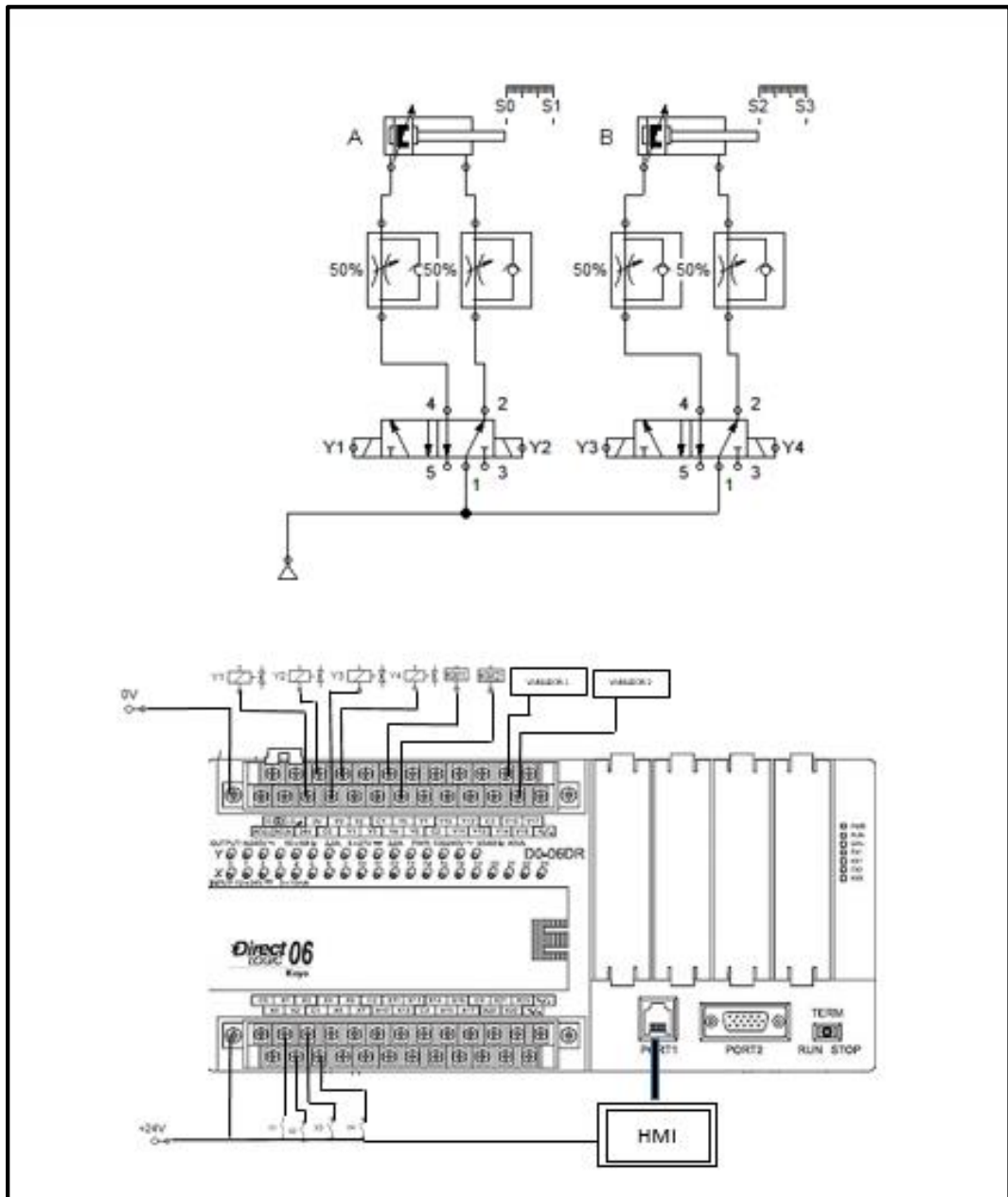


Figura 49. Diagrama electro-neumático

Fuente: [Autor]

3.2.14 Control del sistema

El diagrama de flujo del proceso de perforación, en el cual influyen todos los componentes como: sensores, cilindros neumáticos, motores, y demás partes necesarias para que el proceso pueda realizarse, este diagrama se muestra a continuación:

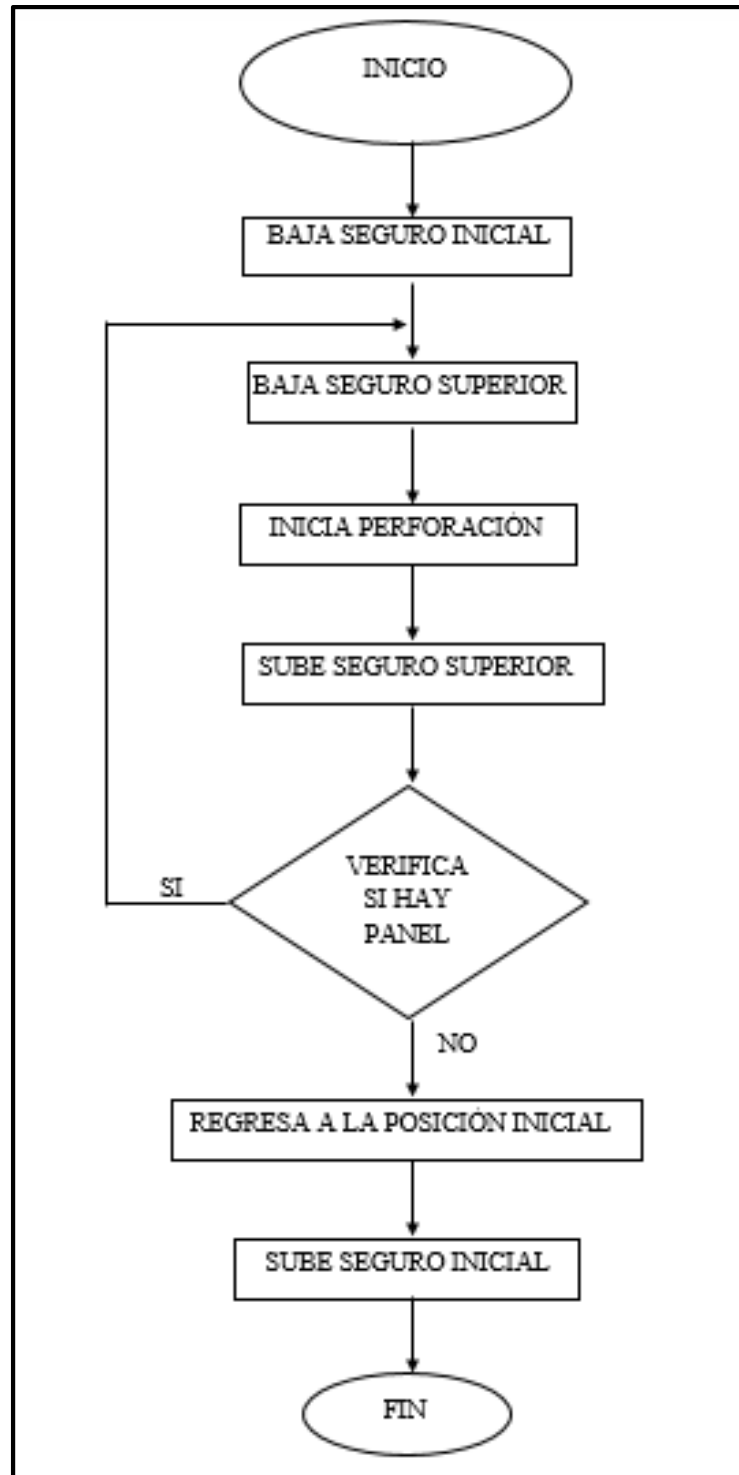
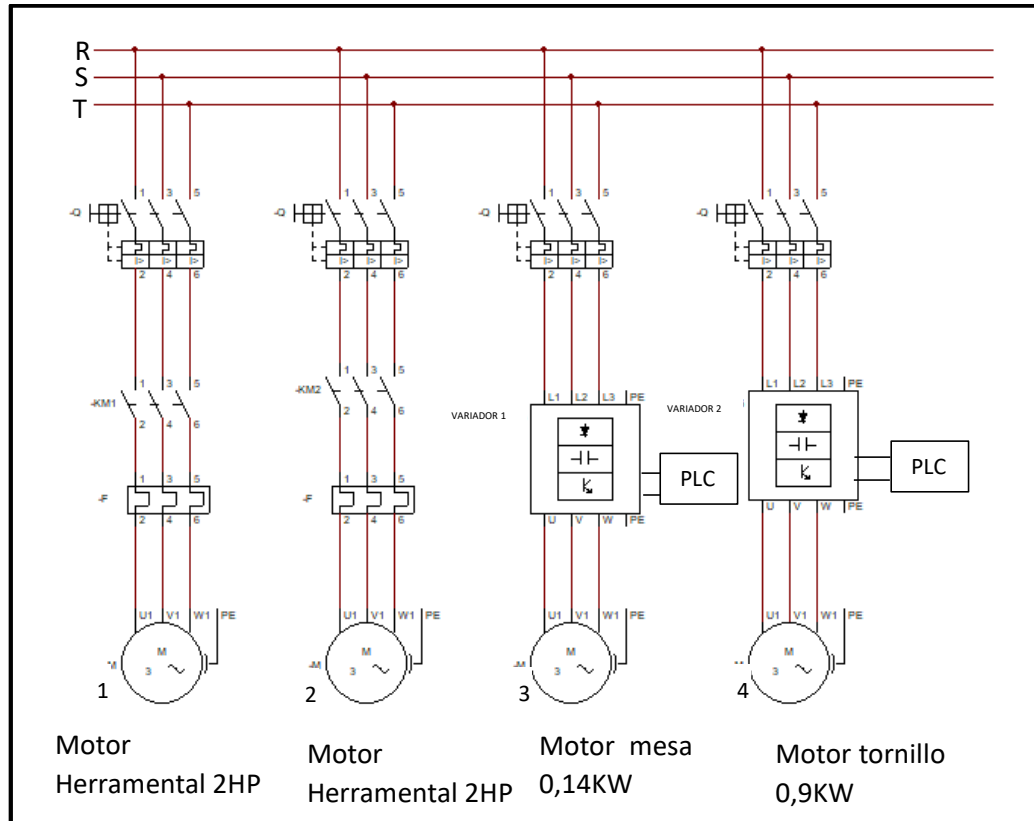


Diagrama de potencia



3.3 Presupuesto

Una parte importante para el desarrollo del proyecto es el presupuesto, este análisis corresponde a los costos directos e indirectos que son parte para la construcción del proyecto.

3.3.1 Costos directos

Estos costos influyen en la construcción de la máquina, en este apartado intervienen la mano de obra directa, los insumos y la materia prima requerida.

TABLA 18. Costo de materia prima

Material	Cantidad	Costo unitario(\$)	Costo total(\$)
Tubo Cuadrado 20x20x1.5 (6m)	5	4	20
Angulo 20x20x3(6m)	4	10	40
Planchas de Acero ASTM A36	1	120	120
Eje de Acero AISI 1018 1 1/4" (M)	5	15	75
Motor 2HP	2	200	400

Material	Cantidad	Costo unitario(\$)	Costo total(\$)
Motorreuctor	1	300	300
Sierras de copa	8	10	80
Bandas	2	10	20
Chumaceras 1 1/4in	16	12	192
Pernos M10	80	1	80
Rodamientos lineales	8	20	160
Eje Guía	4	10	40
Motorreductor	1	500	500
Breaker	3	25	75
PLC	1	750	750
Sensores de posición	3	50	150
Encoder	1	80	80
Borneras	35	0,3	10,5
Rollos de Cable	4	8,9	35,6
Racores M10	12	3,1	37,2
Manguera M10(m)	12	2	24
Variadores de frecuencia	2	120	240
Cilindros neumáticos	2	20	40
Eje 4340	1	50	50
Varilla roscada 1"(m)	2	2,5	5
HMI	1	500	500
TOTAL			4024,3

FUENTE: [Autor]

TABLA 19. Costo de mano de obra directa

Proceso	Costo(\$)
Torneado	120
Soldadura SMAW	100
Pintado	20
Taladrado	30
Total	270

FUENTE: [Autor]

3.3.2 Costos indirectos

TABLA 20. Costos indirectos

Mano de obra indirecta	Costo(\$)
Diseño e Ingeniería	180
Gastos indirectos	
Transporte	25
Alimentación	40
Internet	30
Impresiones	15
Total	290

FUENTE: [Autor]

TABLA 21. Costo total del proyecto

RUBRO	Costo(\$)
Materia prima	4024,3
Mano de obra directa	270
Costos indirectos	290
TOTAL	4584,3

FUENTE: [Autor]

3.4 Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento se las realizó con la finalidad obtener el tiempo de perforación y la calidad de la perforación, además de visualizar posibles fallas. Se conoce que el tiempo de extrusión de 1m de PVC es de 1min

TABLA 22. Prueba 1 de perforación.

PRUEBA 1	
Parámetros	Valores
Largo del panel	1m
Potencia motorreductor del tornillo	0,9KW
Frecuencia del variador para el ingreso del herramental	60Hz
Frecuencia del variador para el retroceso del herramental	60Hz
Diámetro de las sierras de copa	32mm
Tiempo de ingreso	6 segundos
Tiempo de salida de las herramientas	6 segundos
Perforaciones por lado	4
Separación entre herramientas	130mm
Distancia cubierta en una perforación	520mm
Tiempo de avance de la mesa para 520mm	3 segundos
Observaciones	

El tiempo completo por perforación es 12 seg, pero el panel presenta roturas y desprendimiento, causados por la velocidad alta, sin embargo el retroceso de los herramientas no presenta problemas.



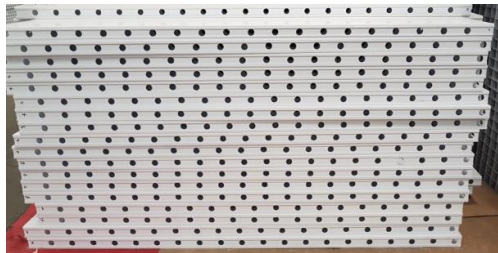
FUENTE: [Autor]

TABLA 23. Prueba 2 de perforación.

PRUEBA 2	
Parámetros	Valores
Largo del panel	1m
Potencia motorreductor del tornillo	0,9KW
Frecuencia del variador para el ingreso del herramental	15Hz
Frecuencia del variador para el retroceso del herramental	60Hz
Diámetro de las sierras de copa	32mm
Tiempo de ingreso	25 segundos
Tiempo de salida de las herramientas	6 segundos
Perforaciones por lado	4
Separación entre herramientas	130mm
Distancia cubierta en una perforación	520mm
Tiempo de avance de la mesa para 520mm	3 segundos
Observaciones	
<p>El tiempo por perforación es 31 seg, el panel no presenta anomalías, pero el tiempo completo de perforación, sumado 6s de avance y retroceso para perforar 1m es muy lento, está por encima del 50% y no está dentro de los parámetros. Además la altura de los herramientas no estaba calibrada.</p>	

FUENTE: [Autor]

TABLA 24. Prueba 3 de perforación.

PRUEBA 3	
Parámetros	Valores
Largo del panel	1m
Potencia motorreductor del tornillo	0,9KW
Frecuencia del variador para el ingreso del herramental	30Hz
Frecuencia del variador para el retroceso del herramental	60Hz
Diámetro de las sierras de copa	32mm
Tiempo de ingreso	11 segundos
Tiempo de salida de las herramientas	6 segundos
Perforaciones por lado	4
Separación entre herramientas	130mm
Distancia cubierta en una perforación	520mm
Tiempo de avance de la mesa para 520mm	3 segundos
Observaciones	
<p>El tiempo perforación es 17 seg, las perforaciones presentan un buen acabado, y el tiempo de duración total para 1m es de 23s que esta está dentro de los parámetros establecidos, y es menor al 50%, tiempo que dependerá del largo del panel, ya que a mayor longitud mayor tiempo de retroceso de la mesa,</p>	

FUENTE: [Autor]

3.5 Especificaciones técnicas

TABLA 25. Especificaciones técnicas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA TÉCNICA			
	CÓDIGO:		HOLVI-PERF-001
	PERFORADORA DE PANELES DE PVC		
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Largo:	6m	Voltaje:	220/240 V
Ancho:	1,906m	Potencia del herramental	2HP
Altura:	1,5m	Tiempo de perforación	26 segundos
Peso:	800Kg	Velocidad de giro:	1400 rpm
Diámetro de perforación panel de 64mm:	32mm	Diámetro de perforación panel de 100mm:	50mm
COMPONENTES			
Sierras de copa	$\varnothing = 32mm$ y $\varnothing = 50mm$		
HMI	Touch Win		
PLC	Direct Logic 06		
Motores para herramientas	W22IEI-2HP		
Bandas dentadas	660H100		
Piñon	M=4 Z=16 Dp=64mm		
Poleas dentadas	16H100		
Variador de frecuencia	LS iG5A		
Variador de frecuencia	WEG CFW 10		
FUNCIÓN: Perforar paneles de PVC			

FUENTE: [Autor]

CAPÍTULO IV.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

El proceso seleccionado para la perforación de paneles de PVC es el taladrado, utilizando como herramientas sierras de copas o sacabocados de 50mm para el panel de 100mm de espesor y un sacabocados de 32mm para el panel de 64mm, estas herramientas están ubicadas en 4 ejes por lado, para optimizar el tiempo de perforación, cada eje tiene una separación de 130mm para realizar la perforación.

El de ingreso hasta la mitad del panel es de 17 segundos sin presentar anomalías, usando el variador se ingresa una frecuencia que puede oscilar entre 30Hz para la entrada de los herramientas al panel y 60Hz para la salida del herramienta, obteniendo un tiempo de ingreso de 11 segundos y un tiempo de salida de 6 segundos, para un panel de 3200mm se cronometró un tiempo de 3min y 10 segundos, que es el tiempo que demora en realizar todo el proceso, incluido los desplazamientos de la mesa desde el inicio hasta el final del proceso.

De acuerdo a las pruebas, la velocidad de avance recomendada se encuentra en el rango de 1100mm/min- 1250mm/min, a velocidades inferiores el proceso se vuelve muy lento y no corresponde a la inversión, y a velocidades mayores se puede presentar roturas del panel.

Se optimizó el tiempo total del proceso, ya que se mejoró el control al ingreso y salida de los herramientas, al incorporar un tornillo de potencia y un motorreductor, en comparación al sistema anterior que era impulsado por un pistón neumático, además se automatizó el avance y retroceso del panel de PVC, ya que antes este proceso se realizaba manualmente, todo esto sumado a que los herramientas entran por los dos lados y no solo por uno.

4.2 RECOMENDACIONES

Utilizar herramientas como calibrador, escuadra y nivel, que ayuden a la construcción de la máquina, a fin de obtener el menor error.

Revisar los componentes de la máquina antes de empezar el proceso, para no verse sorprendidos, por un mal funcionamiento o por el daño del panel.

Verificar la altura de la caja protectora del sistema de elevación, con el fin de que la perforación salga siempre a la mitad del panel.

El operario deberá usar EPP como gafas para evitar que la viruta afecte sus ojos, y tapones para disminuir el ruido.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Uruguay. “Guía de Montaje Royal 2013”. Internet: http://www.royaluruquay.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=4
- [2] E. Acero, S. Mayorga, “Porque el sistema Royal Building System para vivienda de interés social”, Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C.
- [3] B. Scott "Flexural Behaviour of Stay-in-Place PVC Encased Reinforced Concrete Walls with Various Panel Types" Tesis, Universidad de Waterloo, Waterloo, Canada, 2014
- [4] J. Guerrero "Optimización del corte y perforado de PVC con láser pulsado de ND: YAG" Tesis, Instituto Politécnico Nacional, CD. Y Puerto de Altamira, México, 2009
- [5] Azembla, “Ventajas del sistema RBS”, 2016. Disponible en: <http://azembla.com.co/es/sistema-rbs/sistema-constructivo-rbs-para-viviendas>
- [6] Cremaschi, Marsili, Saenz "Procesos Constructivos", Universidad Nacional de La Plata, Argentina, 2011
- [7] Elaplas, “Propiedades Físicas Cloruro de Polivinilo”, España, Disponible en: http://www.elaplas.es/wp-content/uploads/pvc_rigido.pdf
- [8] Mariano., “Mecanizado de plásticos”, Junio, 2011, Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/mecanizado-de-plasticos.html>
- [9] J. Bunker, “The Best Ways to Cut, Drill, and Glue PVC Pipe”, Junio, 2015, Disponible en: <https://makezine.com/projects/skill-builder-pvc-pipe/>
- [10] Bosch, “Sierras copa Bosch para todas las necesidades”, Brasil, Disponible en: http://www.bosch.com.ve/herramientas-profesionales/descargas/Sierras_Copa_PowerC.pdf
- [11] Milwaukee, “Accesorios 2016”, España, 2016, Disponible en: <https://es.milwaukeetool.eu/NetC.MilwaukeeTools/media/Spanish-media-library/Catalogo-ES-Milwaukee-Acc-2016-LQ.pdf>


- [12] “El Troquelado o Estampado”, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile, Disponible en: <http://descom.jmc.utfsm.cl/sgeywitz/dctos/Matrices/troquelado.pdf>
- [13] Instituto Asteco, “Descripción del sistema y operaciones de fresado”, Colombia, Disponible en: <http://institutoasteco.com/disponibles/Curso-11-herramientas-rotativas/#/4>
- [14] Dpto. de Ingeniería Mecánica, “Fresado”, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Bilbao, Disponible en: http://www.ehu.es/manufacturing/docencia/1011_ca.pdf
- [15] GTM, “Materiales para herramientas de corte”, Argentina, Disponible en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/16.pdf>
- [16] E. Sailema "La Lógica de Control Industrial y su Influencia en la Productividad del proceso de sellado de botellas aplicable en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.," Tesis, UTA, Ambato, Ecuador, 2013
- [17] Picuino, “CONTROL AUTOMÁTICO”, Disponible en: <https://www.picuino.com/es/arduprog/control-auto.html>
- [18] M. Moreno, “Controlador lógico programable”, Argentina, Disponible en: <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>
- [19] J. Cueva, y L. Velásquez "Diseño y construcción de una máquina industrial cortadora de filos de PVC para la empresa EmFALU," Tesis, ESPE, Sangolquí, Ecuador, 2016
- [20] WEG, “Guía de especificación de motores eléctricos”, Disponible en: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h6e/h82/WEG-motores-electricos-guia-de-especificacion-50039910-brochure-spanish-web.pdf>
- [21] S. Cabrera, “Guía de módulo Neumática y Oleohidráulica”. Ecuador, 2015.
- [22] J. N. R. Budynas, "Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley," Mc Graw Hill, México, 2010.
- [23] R. Mott. "Resistencia de Materiales". (5 Ed). Pearson Education, México, 2008.

- [24] Catálogo general de productos de acero. DIPAC.
- [25] SKF, “Catálogo general de rodamientos”
- [26] S. Barrios. “Tutorial interactivo del motor DC”, España, 2010. Disponible en:
<https://www.slideshare.net/aitorbar/ejemplos-clculos-servomotores>
- [27] WEG, “Catálogo general de motores”
- [28] INTERMEC, "Transmisión por correas de tiempo y sincrónicas," Catálogo.
- [29] Catalogo reductores Geremia “Selección del reductor”, disponible en:
http://www.geremiaredutores.com.br/arquivos/catalogos/catalogo-introducao_50.pdf
- [30] MOTOX “Catalogo de motorreductores MOTOX D87.1”, 2008, disponible en:
<http://www.rodamientos.com/catalogos/moto/sie01es.pdf>
- [31] Dpto. de Ingeniería Mecánica, “Taladrado”, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Bilbao, Disponible en:
http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/725_ca.pdf

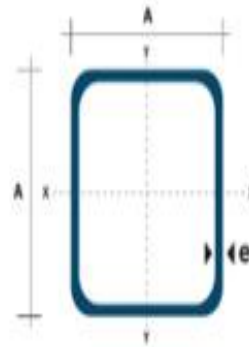
ANEXOS

ANEXOS A (Anexos para cálculos mecánicos)

ANEXO A1. Catálogo de tubos cuadrado.



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84



Especificaciones Generales:

- **Calidad:** ASTM A-500
- **Recubrimiento:** Negro o Galvanizado
- **Largo Normal:** 6.00 m
- **Otros Largos:** Previa Consulta
- **Dimensiones:** Desde 20.00mm a 100.00mm
- **Espesor:** Desde 1.20mm a 5.00mm

ANEXO A2. Factor de Seguridad Estático

Tabla 10

Valores orientativos para el factor de seguridad estático s_0								
Tipo de funcionamiento	Rodamientos rotativos					Rodamientos estacionarios		
	Requisitos en cuanto a funcionamiento silencioso					Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos
	no importante		normal		alto			
	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos	Rodtos. bolas	Rodtos. rodillos
Suave, sin vibraciones	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Cargas de choque notables ¹⁾	$\geq 1,5$	$\geq 2,5$	$\geq 1,5$	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Para los rodamientos axiales de rodillos a rótula es aconsejable utilizar $s_0 \geq 4$

¹⁾ Cuando se desconoce la magnitud de la carga de choque, deben usarse valores de s_0 por lo menos iguales a los arriba indicados. Si las magnitudes de las cargas de choque son exactamente conocidas, se pueden aplicar valores de s_0 menores

ANEXO A3. Rodamientos Rígidos de bolas

	Dimensiones principales				Capacidades básicas de carga				Factor f_0	Velocidades límites				Números de rodamientos				
	mm				kN		kgf			r.p.m.				tipo abierto	con tapas	con sello de no contacto	con sello de bajo torque	con sello de contacto
	d	D	B	$r_{\text{ext}}^{(1)}$	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}		grasa tipo ZZ	aceite tipo LLB	Z	LLH					
10	15	3	0.1	—	0.855	0.435	87	44	15.7	10 000	12 000	—	—	6700	—	—	—	—
	19	5	0.3	—	1.83	0.925	187	94	14.8	32 000	38 000	—	24 000	6800	ZZ	LLB	—	LLU
	22	6	0.3	0.3	2.7	1.27	275	129	14.0	30 000	36 000	—	21 000	6900	ZZ	LLB	—	LLU
	26	8	0.3	—	4.55	1.96	465	200	12.4	29 000	34 000	25 000	21 000	6000	ZZ	LLB	LLH	LLU
	30	9	0.6	0.5	5.10	2.39	520	244	13.2	25 000	30 000	21 000	18 000	6200	ZZ	LLB	LLH	LLU
	35	11	0.6	0.5	8.20	3.50	835	355	11.4	23 000	27 000	20 000	16 000	6300	ZZ	LLB	LLH	LLU
12	18	4	0.2	—	0.930	0.530	95	54	16.2	8 300	9 500	—	—	6701	—	LLF	—	—
	21	5	0.3	—	1.92	1.04	195	106	15.3	29 000	35 000	—	20 000	6801	ZZ	LLB	—	LLU
	24	6	0.3	0.3	2.89	1.46	295	149	14.5	27 000	32 000	—	19 000	6901	ZZ	LLB	—	LLU
	28	7	0.3	—	5.10	2.39	520	244	13.2	26 000	30 000	—	—	16001	—	—	—	—
	28	8	0.3	—	5.10	2.39	520	244	13.2	26 000	30 000	21 000	18 000	6001	ZZ	LLB	LLH	LLU
	32	10	0.6	0.5	6.10	2.75	620	280	12.7	22 000	26 000	20 000	16 000	6201	ZZ	LLB	LLH	LLU
	37	12	1	0.5	9.70	4.20	990	425	11.1	20 000	24 000	19 000	15 000	6301	ZZ	LLB	LLH	LLU
15	21	4	0.2	—	0.940	0.585	96	59	16.5	6 600	7 600	—	—	6702	—	LLF	—	—
	24	5	0.3	—	2.08	1.26	212	128	15.8	26 000	31 000	—	17 000	6802	ZZ	LLB	—	LLU
	28	7	0.3	0.3	3.65	2.00	375	204	14.8	24 000	28 000	—	16 000	6902	ZZ	LLB	—	LLU
	32	8	0.3	—	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	—	—	16002	—	—	—	—
	32	9	0.3	0.3	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	18 000	15 000	6002	ZZ	LLB	LLH	LLU
	35	11	0.6	0.5	7.75	3.60	790	365	12.7	19 000	23 000	18 000	15 000	6202	ZZ	LLB	LLH	LLU
	42	13	1	0.5	11.4	5.45	1 170	555	12.3	17 000	21 000	15 000	12 000	6302	ZZ	LLB	LLH	LLU
17	23	4	0.2	—	1.00	0.660	102	67	16.3	5 000	6 700	—	—	6703	—	LLF	—	—
	26	5	0.3	—	2.23	1.46	227	149	16.1	24 000	28 000	—	15 000	6803	ZZ	LLB	—	LLU
	30	7	0.3	0.3	4.65	2.58	475	263	14.7	22 000	26 000	—	14 000	6903	ZZ	LLB	—	LLU
	35	8	0.3	—	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	—	—	16003	—	—	—	—
	35	10	0.3	0.3	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	16 000	14 000	6003	ZZ	LLB	LLH	LLU
	40	12	0.6	0.5	9.60	4.60	980	465	12.8	18 000	21 000	15 000	12 000	6203	ZZ	LLB	LLH	LLU
	47	14	1	0.5	13.5	6.55	1 380	665	12.2	16 000	19 000	14 000	11 000	6303	ZZ	LLB	LLH	LLU
	62	17	1.1	—	22.7	10.8	2 320	1 100	11.1	14 000	16 000	—	—	6403	—	—	—	—
20	27	4	0.2	—	1.04	0.730	106	74	16.1	5 000	5 700	—	—	6704	—	LLF	—	—
	32	7	0.3	0.3	4.00	2.47	410	252	15.5	21 000	25 000	—	13 000	6804	ZZ	LLB	—	LLU
	37	9	0.3	0.3	6.40	3.70	650	375	14.7	19 000	23 000	—	12 000	6904	ZZ	LLB	—	LLU
	42	8	0.3	—	7.90	4.50	810	455	14.5	18 000	21 000	—	—	16004	—	—	—	—
	42	12	0.6	0.5	9.40	5.05	955	515	13.9	18 000	21 000	13 000	11 000	6004	ZZ	LLB	LLH	LLU
	47	14	1	0.5	12.8	6.65	1 310	680	13.2	16 000	18 000	12 000	10 000	6204	ZZ	LLB	LLH	LLU
	52	15	1.1	0.5	15.9	7.90	1 620	805	12.4	14 000	17 000	12 000	10 000	6304	ZZ	LLB	LLH	LLU

ANEXO A4. Catalogo DIPAC ángulos nacionales



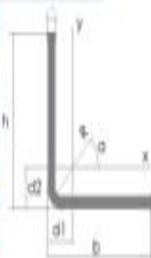
DIPAC[®]

PRODUCTOS DE ACERO

Especificaciones Generales

Otras calidades: Previa consulta
 Largo normal: 6.0m
 Otros largos: Previa consulta
 Espesores: Desde 1.5mm hasta 12.0mm
 Acabado: Natural
 Otro acabado: Previa consulta

Ángulos de alas iguales																				
Descripción	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Ángulo α	Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V		
									lx	Wx	rx	ly	Wy	ry	lu	Wu	ru	lv	Wv	rv
	mm	mm	mm	Kg/m	cm ²	cm	cm	(°)	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,80	0,80	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,98
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,95	1,57	7,01	1,95	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	9,01	2,54	1,56	9,01	2,54	1,56	14,76	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91
L 60x 3	60	60	3	2,69	3,43	1,65	1,65	45,00	12,34	2,84	1,90	12,34	2,84	1,90	20,03	4,72	2,42	4,65	2,19	1,16
L 60x 4	60	60	4	3,53	4,50	1,70	1,70	45,00	15,96	3,71	1,70	15,96	3,71	1,70	26,04	6,14	2,40	5,88	2,77	1,14
L 60x 5	60	60	5	4,34	5,54	1,75	1,75	45,00	19,33	4,55	1,87	19,33	4,55	1,87	31,72	7,48	2,39	6,95	3,27	1,12
L 75x 3	75	75	3	3,40	4,33	2,02	2,02	45,00	24,55	4,48	2,38	24,55	4,48	2,38	39,72	7,49	3,03	9,38	3,53	1,47
L 75x 4	75	75	4	4,47	5,70	2,07	2,07	45,00	31,94	5,88	2,37	31,94	5,88	2,37	51,90	9,79	3,02	11,99	4,51	1,45
L 75x 5	75	75	5	5,52	7,04	2,12	2,12	45,00	38,96	7,24	2,35	38,96	7,24	2,35	63,56	11,99	3,01	14,35	5,40	1,43
L 75x 6	75	75	6	6,53	8,33	2,17	2,17	45,00	45,60	8,56	2,34	45,60	8,56	2,34	74,73	14,09	2,99	16,46	6,20	1,41
L 80x 4	80	80	4	4,79	6,10	2,20	2,20	45,00	39,00	6,72	2,53	39,00	6,72	2,53	63,30	11,19	3,22	14,70	5,19	1,56
L 80x 5	80	80	5	5,91	7,54	2,25	2,25	45,00	47,65	8,28	2,51	47,65	8,28	2,51	77,64	13,72	3,21	17,65	6,23	1,53
L 80x 6	80	80	6	7,00	8,93	2,30	2,30	45,00	55,86	9,79	2,50	55,86	9,79	2,50	91,39	16,16	3,20	20,32	7,17	1,51
L 80x 8	80	80	8	9,11	11,61	2,40	2,40	45,00	71,03	12,68	2,47	71,03	12,68	2,47	117,22	20,72	3,18	24,85	8,78	1,46
L 80x 10	80	80	10	11,09	14,14	2,50	2,50	45,00	94,59	15,39	2,45	94,59	15,39	2,45	140,84	24,90	3,16	28,34	10,04	1,42
L 100x 5	100	100	5	7,48	9,54	2,75	2,75	45,00	95,23	13,13	3,16	95,23	13,13	3,16	154,55	21,86	4,03	35,90	10,13	1,94



ANEXO A5. Velocidades recomendadas para los sacabocados

1 Fije la sierra copa a la máquina según las indicaciones del fabricante de la misma. No olvide desconectar la máquina del tomacorriente mientras realice cualquier tarea de ajuste.

2 Utilice solamente el soporte recomendado.

3 Sujete firmemente la pieza.

4 Cuando corte metal (excepto hierro fundido), utilice líquido refrigerante y limpie frecuentemente las cavidades para evitar la obstrucción de los dientes y el sobrecalentamiento de los mismos. Conseguirá un mejor rendimiento y protegerá el filo de la copa.

5 Durante el corte, detenga con frecuencia la acción de avance de la copa y retire las virutas. Esto evitará la obstrucción de los dientes y el sobrecalentamiento de los mismos.

6 Asegúrese de que su máquina trabaje a la velocidad de corte correcta para cada aplicación de corte y diámetro de sierra copa. A continuación le presentamos una tabla con velocidades (medidas en rpm - revoluciones por minuto) recomendadas de trabajo. Tenga en cuenta que las mismas podrán variar ligeramente según las condiciones de trabajo.

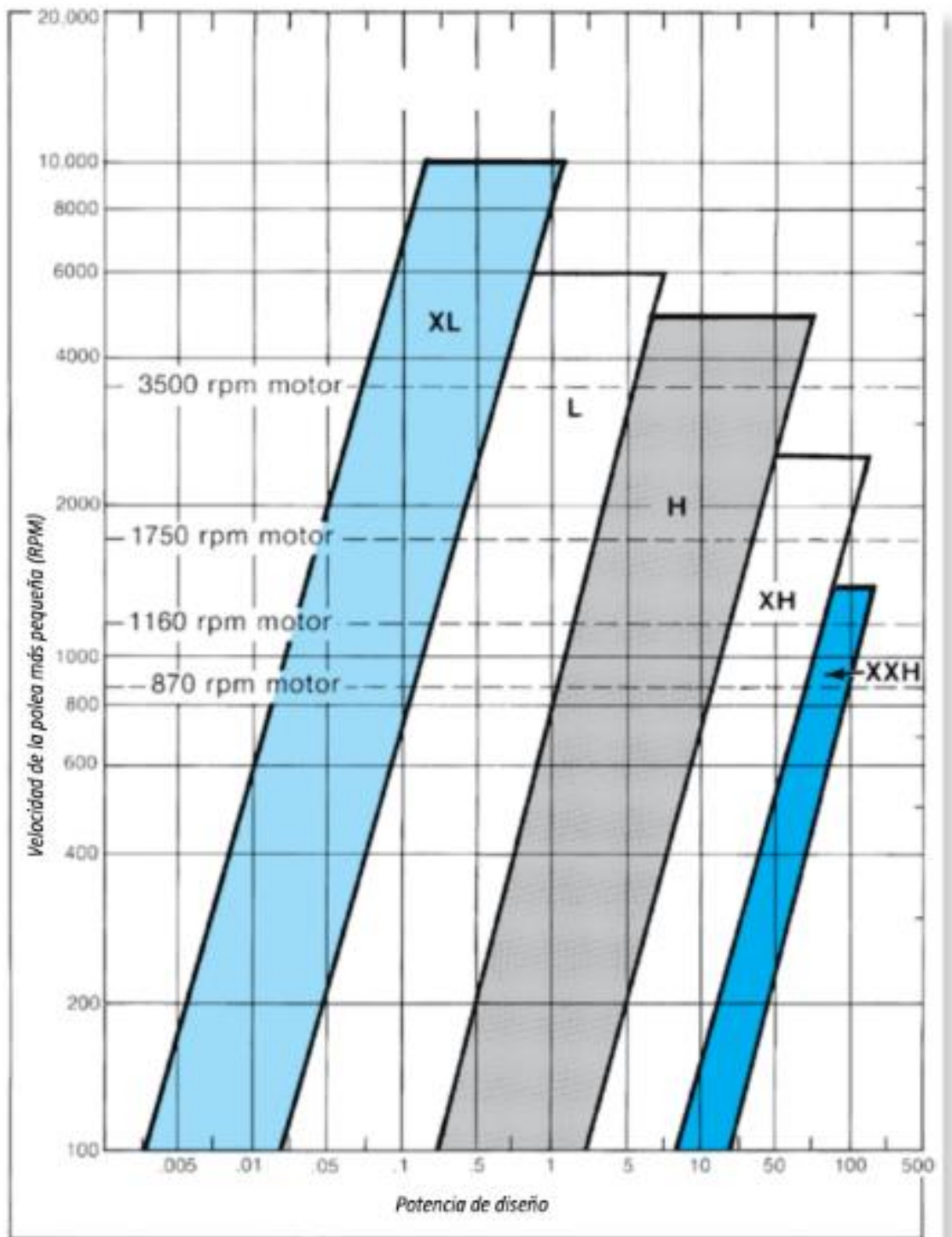
PARA OBTENER EL MAXIMO RENDIMIENTO

DIAMETRO mm.	MATERIAL A CORTAR					
	ACEROS DULCES	ACEROS RAPIDOS DE HERRAMIENTAS E INOXIDABLES	HIERRO FUNDIDO	LATON, COBRE	ALUMINIO, ZAMAK, ANTIMONIO	PLASTICOS, PVC, BAHUELETA, MADERAS EN GRAL
14	580	300	400	790	900	1800
15	565	285	380	760	860	1725
16	550	275	365	730	825	1650
17	500	250	330	665	750	1500
19	460	230	300	600	690	1380
20	460	230	300	600	690	1380
21	425	210	280	560	635	1270
22	390	195	260	520	585	1170
24	370	185	245	495	555	1110
25	350	175	235	470	525	1050
27	325	160	215	435	480	960
29	300	150	200	400	450	900
30	285	145	190	380	425	850
32	275	140	180	360	410	810
33	260	135	175	345	390	780
35	250	125	165	330	375	750
37	240	120	160	315	360	720
38	230	115	150	300	345	690
40	220	110	145	290	330	660
41	210	105	140	280	315	630
43	205	100	135	270	305	610
44	195	95	130	260	295	590
45	190	95	125	255	290	580
46	190	95	125	250	285	570
48	180	90	120	240	270	540
50	175	85	115	235	260	525
51	170	85	115	230	255	510
52	165	80	110	220	245	490
54	160	80	105	210	240	480
57	150	75	100	200	225	450
56	145	75	100	195	225	450
60	140	70	95	190	220	440

ANEXO A6. Coeficiente de Servicio para bandas

TIPO		FACTOR
Agitadores, batidores (Pala o propulsor)	Líquido	1.6
	Semilíquido	1.7
Maquinaria de panadería	Batidoras de masa	1.6
Maquinaria para ladrillos y barro	Taladros, batidoras y granuladores	1.7
	amasadoras	2.0
Centrifugadoras		1.9
Compresores	Recíprocos	2.2
	centrífugos	1.7
Transportadores	Banda, carga ligera;	1.5
	banda para horno; mineral, carbón,	1.7
	apara congilón, espiral, helicoidal	1.8
Ventiladores, Sopladores	Centrífugos, propulsor, ventiladores	1.8
	para minas, sopladores positivos	2.0
Generadores y excitadores		1.8
Molinos de martillos		1.9
Grúas, elevadores		1.8
Maquinaria para lavanderías	General	1.6
	Extractores, lavadoras	1.8
Eje de línea		1.7
Máquinas herramientas	Taladros, tornos	1.6
	máquinas de tornillo, esme-	1.7
	ral fresadoras, cepillos, troque-	1.7
les		
Molinos	Bata, vainilla, granulo, etc.	2.2
Maquinaria para papel	Agitadores, calandrias, secadoras,	1.6
	desfibradoras, bombas nash	1.9
Maquinaria para imprentas	Imprentas, periódicas, rotativas,	1.6
	planas, revista; máquinas de linotipo,	
	cortadoras, plegadoras	
Bombas	Centrífugas, engranes rotarias,	1.7
	tubular, recíprocos	2.2
Maquinarias para plantas de hule		1.8
Maquinarias para aserraderos		1.8
Cribas	Vibradoras, (agitadoras)	1.7
	tambor, cóni-	1.5
co		
Maquinaria textil	Telares, hilanderías, carretes, urdimbre	1.8
		1.7
Maquinaria para trabajos en madera	Tornos, sierras sin fin, sierras circulares,	1.4
	cepillos	1.6

ANEXO A7. Tipo de bandas dentadas



ANEXO A8. Tabla de relaciones de velocidad para bandas tipo H

Tablas de Selección para Transmisiones Estándar de Tiempo H (paso 1/2")

H Relaciones de Velocidad de 1.00 a 1.20

Relación de Velocidad	Combinación de Poles		Distancias entre centros en pulgadas usando correas estándar																								
	Módulo No. Dientes	Impulsos No. Dientes	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	700	750	800	850	900	1000	1100	1250	1400	1700
			H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
1.00	48H	48H	—	—	—	—	—	—	9.00	10.50	12.00	13.50	15.00	16.50	18.00	19.50	21.00	23.00	25.50	28.00	30.50	33.00	38.00	43.00	50.50	58.00	73.00
1.00	44H	44H	—	—	—	—	—	8.50	10.00	11.50	13.00	14.50	16.00	17.50	19.00	20.50	22.00	24.00	26.50	29.00	31.50	34.00	39.00	44.00	51.50	59.00	74.00
1.00	40H	40H	—	—	—	6.50	8.00	9.50	11.00	12.50	14.00	15.50	17.00	18.50	20.00	21.50	23.00	25.00	27.50	30.00	32.50	35.00	40.00	45.00	52.50	60.00	75.00
1.00	36H	36H	—	—	6.00	7.50	9.00	10.50	12.00	13.50	15.00	16.50	18.00	19.50	21.00	22.50	24.00	26.00	28.50	31.00	33.50	36.00	41.00	46.00	53.50	61.00	76.00
1.00	32H	32H	—	5.50	7.00	8.50	10.00	11.50	13.00	14.50	16.00	17.50	19.00	20.50	22.00	23.50	25.00	27.00	29.50	32.00	34.50	37.00	42.00	47.00	54.50	62.00	77.00
1.00	30H	30H	—	6.00	7.50	9.00	10.50	12.00	13.50	15.00	16.50	18.00	19.50	21.00	22.50	24.00	26.00	28.50	31.00	33.50	36.00	41.00	46.00	53.50	61.00	76.00	
1.00	28H	28H	5.00	6.50	8.00	9.50	11.00	12.50	14.00	15.50	17.00	18.50	20.00	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.50	33.00	35.50	38.00	43.00	48.00	55.50	63.00	78.00
1.00	26H	26H	5.50	7.00	8.50	10.00	11.50	13.00	14.50	16.00	17.50	19.00	20.50	22.00	23.50	25.00	26.50	28.50	31.00	33.50	36.00	38.50	43.50	48.50	56.00	63.50	78.50
1.00	24H	24H	6.00	7.50	9.00	10.50	12.00	13.50	15.00	16.50	18.00	19.50	21.00	22.50	24.00	25.50	27.00	29.00	31.50	34.00	36.50	39.00	44.00	49.00	56.50	64.00	79.00
1.00	22H	22H	6.50	8.00	9.50	11.00	12.50	14.00	15.50	17.00	18.50	20.00	21.50	23.00	24.50	26.00	27.50	29.50	32.00	34.50	37.00	39.50	44.50	49.50	57.00	64.50	79.50
1.00	21H	21H	6.75	8.25	9.75	11.25	12.75	14.25	15.75	17.25	18.75	20.25	21.75	23.25	24.75	26.25	27.75	29.75	32.25	34.75	37.25	39.75	44.75	49.75	57.25	64.75	79.75
1.00	20H	20H	7.00	8.50	10.00	11.50	13.00	14.50	16.00	17.50	19.00	20.50	22.00	23.50	25.00	26.50	28.00	30.00	32.50	35.00	37.50	40.00	45.00	50.00	57.50	65.00	80.00
1.00	19H	19H	7.25	8.75	10.25	11.75	13.25	14.75	16.25	17.75	19.25	20.75	22.25	23.75	25.25	26.75	28.25	30.25	32.75	35.25	37.75	40.25	45.25	50.25	57.75	65.25	80.25
1.00	18H	18H	7.50	9.00	10.50	12.00	13.50	15.00	16.50	18.00	19.50	21.00	22.50	24.00	25.50	27.00	28.50	30.50	33.00	35.50	38.00	40.50	45.50	50.50	58.00	65.50	80.50
1.00	16H	16H	8.00	9.50	11.00	12.50	14.00	15.50	17.00	18.50	20.00	21.50	23.00	24.50	26.00	27.50	29.00	31.00	33.50	36.00	38.50	41.00	46.00	51.00	58.50	66.00	81.00
1.05	14H	14H	8.50	10.00	11.50	13.00	14.50	16.00	17.50	19.00	20.50	22.00	23.50	25.00	26.50	28.00	29.50	31.50	34.00	36.50	39.00	41.50	46.50	51.50	59.00	66.50	81.50
1.05	21H	21H	6.62	8.12	9.62	11.12	12.62	14.12	15.62	17.12	18.63	20.12	21.62	23.13	24.63	26.13	27.63	29.63	32.13	34.63	37.13	39.63	44.63	49.63	57.13	64.63	79.63
1.05	20H	20H	6.87	8.37	9.87	11.37	12.87	14.37	15.87	17.38	18.88	20.38	21.88	23.37	24.88	26.38	27.88	29.88	32.37	34.88	37.38	39.88	44.88	49.88	57.38	64.88	79.88
1.05	19H	19H	7.12	8.62	10.12	11.62	13.12	14.62	16.12	17.62	19.13	20.63	22.13	23.63	25.13	26.63	28.13	30.13	32.63	35.13	37.63	40.13	45.13	50.13	57.63	65.13	80.13
1.06	18H	18H	7.37	8.87	10.37	11.87	13.37	14.87	16.38	17.88	19.38	20.88	22.38	23.87	25.38	26.88	28.37	30.38	32.88	35.38	37.88	40.38	45.38	50.38	57.88	65.38	80.38

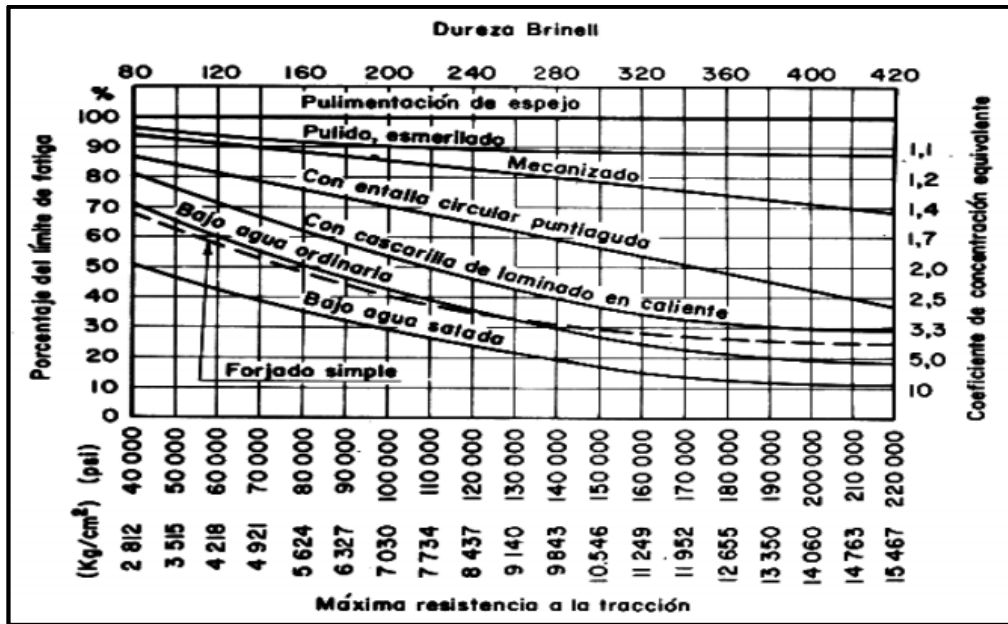
ANEXO A9. Capacidad de transmisión en función de las rpm y el número de dientes.

RPM Eje más Rápido	No. de Dientes de la Polea Pequeña																
	14H	16H	17H†	18H	19H	20H	21H†	22H	24H	26H	28H	30H	32H	36H	40H	44H	48H
	Diámetro permitido de la polea pequeña																
	2.226	2.546	2.706	2.866	3.024	3.183	3.342	3.501	3.820	4.138	4.456	4.775	5.093	5.730	6.366	7.003	7.639
100	.25	.28	.30	.32	.34	.35	.37	.39	.42	.46	.50	.53	.57	.64	.71	.78	.85
200	.50	.57	.60	.64	.67	.71	.74	.78	.85	.92	.99	1.06	1.13	1.27	1.41	1.56	1.70
300	.74	.85	.90	.96	1.01	1.06	1.11	1.17	1.27	1.38	1.49	1.59	1.70	1.91	2.12	2.33	2.54
400	.99	1.13	1.20	1.27	1.34	1.41	1.49	1.56	1.70	1.84	1.98	2.12	2.26	2.54	2.82	3.10	3.38
500	1.24	1.41	1.50	1.59	1.68	1.77	1.86	1.94	2.12	2.30	2.47	2.65	2.82	3.17	3.52	3.87	4.22
600	1.49	1.70	1.80	1.91	2.02	2.12	2.23	2.33	2.54	2.75	2.96	3.17	3.38	3.80	4.22	4.64	5.05
700	1.73	1.98	2.10	2.23	2.35	2.47	2.59	2.72	2.96	3.21	3.45	3.70	3.94	4.43	4.91	5.40	5.88
800	1.98	2.26	2.40	2.54	2.68	2.82	2.96	3.10	3.38	3.66	3.94	4.22	4.50	5.05	5.60	6.15	6.69
870	2.15	2.46	2.61	2.76	2.91	3.07	3.22	3.37	3.68	3.98	4.28	4.58	4.89	5.49	6.08	6.67	7.25
900	2.23	2.54	2.70	2.86	3.01	3.17	3.33	3.49	3.80	4.11	4.43	4.74	5.05	5.67	6.29	6.89	7.50
1000	2.47	2.82	3.00	3.17	3.35	3.52	3.70	3.87	4.22	4.57	4.91	5.26	5.60	6.29	6.96	7.63	8.30
1100	2.72	3.10	3.30	3.49	3.68	3.87	4.06	4.26	4.64	5.02	5.40	5.77	6.15	6.90	7.63	8.36	9.08
1160	2.86	3.27	3.47	3.68	3.88	4.08	4.28	4.48	4.89	5.28	5.68	6.08	6.48	7.26	8.03	8.80	9.55
1200	—	3.38	3.59	3.80	4.01	4.22	4.43	4.64	5.05	5.46	5.88	6.29	6.69	7.50	8.30	9.08	9.86
1300	—	3.66	3.89	4.12	4.34	4.57	4.79	5.01	5.46	5.91	6.35	6.79	7.23	8.10	8.95	9.79	10.62
1400	—	3.94	4.19	4.43	4.67	4.91	5.15	5.39	5.87	6.35	6.83	7.30	7.77	8.69	9.60	10.49	11.36
1500	—	4.22	4.48	4.74	5.00	5.26	5.51	5.77	6.28	6.79	7.30	7.80	8.30	9.23	10.24	11.18	12.09
1600	—	4.50	4.78	5.05	5.33	5.60	5.87	6.15	6.69	7.23	7.77	8.30	8.82	9.86	10.87	11.85	12.80
1700	—	4.77	5.07	5.36	5.65	5.94	6.23	6.52	7.10	7.67	8.23	8.79	9.34	10.43	11.49	12.51	13.50

ANEXO A10. Factor de ancho de las correas dentadas.

Ancho Correa	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1-1/4	1-1/2	1-3/4	2	2-1/2	3	3-1/2	4	5	6	7	8
Factor de Ancho	.42	.57	.71	.86	1.0	1.29	1.56	1.84	2.14	2.72	3.36	4.06	4.76	6.15	7.50	8.89	10.32

ANEXO A11. Tabla para encontrar el factor de corrección por superficie.

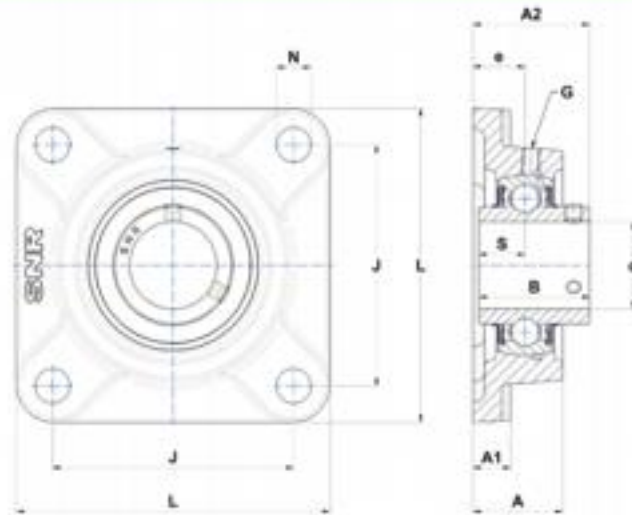


ANEXO A12. Factor B para el factor de confiabilidad

50%	B = 0	95%	B = 1.6
67%	B = 0.44	99%	B = 2.3
84%	B = 1.0	99.99%	B = 3.7
90%	B = 1.3		

ANEXO A13. Características de la chumacera UFC207-20

Visual



Características técnicas

B	42,9 mm
A	34 mm
A1	15 mm
A2	44,4 mm
d	31,75 mm
e	19 mm
G	M6x1
J	92 mm
L	117 mm
N	14mm
s1	21,45 mm
S	17,5 mm

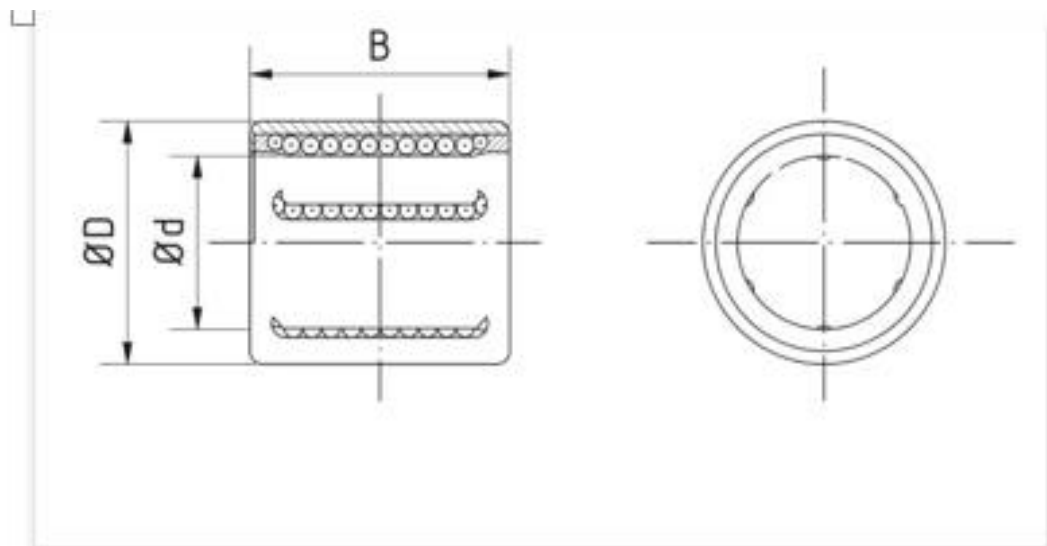
Prestaciones

C	25,7 kN
C0	15,2 kN
T min.	-20 °C
T max.	100 °C

Otras características

Peso	1,53 kg
Par de apriete recomendado para el tornillo de fijación	8 Nm
Designación del soporte	F207-
Designación del rodamiento	UC207-20G2

ANEXO A14. Catalogo NTN rodamientos lineales.



Referencia	Dimensiones [mm]			Número de circuitos de bolas	Capacidad de carga dinámica [N]	Capacidad de carga estática [N]	Peso [g]
	Ød	ØD	B				
KH1228	12	19	28	5	605	495	18
KH1428	14	21	28	5	600	505	21
KH1630	16	24	30	5	775	600	27
KH2030	20	28	30	6	1 050	880	33
KH2540	25	35	40	6	1 930	1 560	66
KH3050	30	40	50	7	2 700	2 450	95
KH4060	40	52	60	8	4 250	4 000	180
KH5070	50	62	70	9	5 300	5 700	240

Ejes macizos



Referencia	W04	W05	W06	W08	W10	W12	W16	W20	W25	W30	W35	W40	W50	W60
Diámetro d [mm]	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	50	60
Longitud máx. L [mm]	3600	4000	4000	4000	4000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Peso [kg/m]	0,099	0,154	0,222	0,395	0,617	0,888	1,578	2,466	3,853	5,549	7,552	9,864	15,413	22,195

Distros válidos para el eje de acero estándar: 052Cr (1) 1213

ANEXO A15. Coeficientes de fricción de pares roscados.

Material del tornillo	Material de la tuerca			
	Acero	Bronce	Latón	Hierro fundido
Acero, seco	0.15-0.25	0.15-0.23	0.15-0.19	0.15-0.25
Acero, aceite para máquina	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15	0.11-0.17
Bronce	0.08-0.12	0.04-0.06	—	0.06-0.09

ANEXO A16. Coeficiente de fricción de collarín de empuje.

Combinación	En operación	Arranque
Acero suave sobre hierro fundido	0.12	0.17
Acero duro sobre hierro fundido	0.09	0.15
Acero suave sobre bronce	0.08	0.10
Acero duro sobre bronce	0.06	0.08

ANEXOS B (Anexos Eléctricos)

ANEXO B1. Coeficiente Cd.

COEFICIENTE Cd					
TIPO DE CARGA	Horas diarias de trabajo				
	2	4	8	16	24
Uniforme	0,75	0,9	1	1,25	1,5
Moderada	1	1,12	1,25	1,5	1,75
Pesada	1,25	1,5	1,75	2	2,5

ANEXO B2. Coeficiente Cf.

COEFICIENTE Cf						
TIPO DE CARGA	Número de arranques horarios					
	10	20	30	60	120	240
Uniforme	1,1	1,15	1,20	1,25	1,3	1,4
Moderada	1,15	1,20	1,25	1,3	1,4	1,5
Pesada	1,2	1,25	1,3	1,35	1,45	1,55

ANEXO B3. Catálogo motorreductores (motorreductor para la mesa)

Datos para selección y pedidos (continuación)

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción i_{tot}	Referencia	Código (n.º polos)	Peso ¹⁾ kg
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹						
0,12 (50 Hz) 0,14 (60 Hz)	FD.68B-Z28-LA71B4							
	1,5	1,8	538	1,9	942	★ 2KJ1417 - ■CB13 - ■■L1		43
FD.68B-LA71MB8								
2,2	2,6	526	1,9	296,18	★ 2KJ1403 - ■CF13 - ■■S1	P02	43	
FD.48B-Z28-LA71B4								
1,3	1,6	614	0,88	1 076	★ 2KJ1413 - ■CB13 - ■■N1		29	
1,4	1,7	557	0,97	976	2KJ1413 - ■CB13 - ■■M1		29	
1,6	1,9	507	1,1	888	★ 2KJ1413 - ■CB13 - ■■L1		29	
1,8	2,2	448	1,2	785	2KJ1413 - ■CB13 - ■■K1		29	
1,9	2,3	414	1,3	725	★ 2KJ1413 - ■CB13 - ■■J1		29	
2,2	2,6	356	1,5	624	2KJ1413 - ■CB13 - ■■H1		29	
FD.48B-LA71MB8								
2,4	2,9	478	1,1	268,80	★ 2KJ1402 - ■CF13 - ■■S1	P02	27	
2,7	3,2	424	1,3	238,65	2KJ1402 - ■CF13 - ■■R1	P02	27	
3,1	3,7	372	1,5	209,23	★ 2KJ1402 - ■CF13 - ■■Q1	P02	27	
FD.48B-LA71C6								
3,2	3,8	358	1,5	268,80	★ 2KJ1402 - ■CC13 - ■■S1	P01	27	
3,6	4,3	318	1,7	238,65	2KJ1402 - ■CC13 - ■■R1	P01	27	
4,1	4,9	279	1,9	209,23	★ 2KJ1402 - ■CC13 - ■■Q1	P01	27	
FZ.38B-Z28-LA71B4								
2,4	2,9	339	0,86	587	2KJ1313 - ■CB13 - ■■G1		22	
FD.38B-LA71C6								
3,6	4,3	322	0,9	241,91	★ 2KJ1401 - ■CC13 - ■■M1	P01	20	
4,1	4,9	277	1,0	207,83	2KJ1401 - ■CC13 - ■■L1	P01	20	
4,5	5,4	255	1,1	191,34	★ 2KJ1401 - ■CC13 - ■■K1	P01	20	
FD.38B-LA71B4								
5,0	6,0	230	1,3	280,41	2KJ1401 - ■CB13 - ■■N1		20	
5,8	7,0	198	1,5	241,91	★ 2KJ1401 - ■CB13 - ■■M1		20	
6,7	8,0	170	1,7	207,83	2KJ1401 - ■CB13 - ■■L1		20	
7,3	8,8	157	1,9	191,34	★ 2KJ1401 - ■CB13 - ■■K1		20	
8,0	9,6	142	2,0	173,94	2KJ1401 - ■CB13 - ■■J1		20	

ANEXO B4. Catálogo WEG (Motor para el movimiento del herramental)

Características		W22 Carcasa de Hierro Gris - Standard Efficiency - IE1	
<ul style="list-style-type: none"> • Carcasa: 100L • Potencia: 2 HP • Frecuencia: 50 Hz • Polos: 4 • Rotación nominal: 1405 • Deslizamiento: 6,33 % • Voltaje nominal: 208-230/460 V • Corriente nominal: 6,42-5,81/2,90 A • Corriente de arranque: 31,4/15,7 A • Ip / In: 5,4 • Corriente en vacío: 2,71/1,36 A • Par nominal: 10,2 Nm • Par de arranque: 210 % • Par máxima: 240 % • Categoría: --- • Clase de aislamiento: F • Elevación de temperatura: 80 K • Tiempo de rotor bloqueado: 21 s (caliente) • Factor de Servicio: 1,00 • Régimen de servicio: S1 • Temperatura Ambiente: -20°C – +40°C • Altitud: 1000 m • Protección: IP55 • Masa aproximada: 24 kg • Momento de inercia: 0,00523 kgm² • Nivel de ruido: 53 dB(A) 			
Rendimiento (%)			
50%	75%	100%	
79,0	79,5	79,0	
Rendimiento (%)			
50%	75%	100%	
79,0	79,5	79,0	

ANEXO B5. Catalogo Motorreductores (motorreductor para el tornillo)

Datos para selección y pedidos (continuación)

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción i_{tot}	Referencia	Código (n.º polos)	Peso ^{*)} kg
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹						
0,75 (50 Hz) 0,90 (60 Hz)	FD.108B-LA80M4							
	3,3	4,0	2 180	1,6	424,49 ★	2KJ1405 - ■DC13 - ■■V1		125
	3,6	4,3	1 965	1,7	382,79	2KJ1405 - ■DC13 - ■■U1		125
	4,0	4,8	1 772	1,9	345,19 ★	2KJ1405 - ■DC13 - ■■T1		125
	FD.88B-LA90S6							
	3,1	3,7	2 291	0,83	292,64 ★	2KJ1404 - ■EC13 - ■■S1	P01	81
	FD.88B-LA80M4							
	3,4	4,1	2 079	0,91	404,92	2KJ1404 - ■DC13 - ■■V1		78
	3,9	4,7	1 840	1,0	358,33 ★	2KJ1404 - ■DC13 - ■■U1		78
	4,3	5,2	1 673	1,1	325,76	2KJ1404 - ■DC13 - ■■T1		78
	4,8	5,8	1 503	1,3	292,64 ★	2KJ1404 - ■DC13 - ■■S1		78
	5,6	6,7	1 288	1,5	250,83	2KJ1404 - ■DC13 - ■■R1		78
	6,1	7,3	1 165	1,6	226,94 ★	2KJ1404 - ■DC13 - ■■P1		78
	6,7	8,0	1 076	1,8	209,49	2KJ1404 - ■DC13 - ■■N1		78
	7,7	9,2	935	2,0	182,15 ★	2KJ1404 - ■DC13 - ■■M1		78
FD.68B-LA80M4								
6,1	7,3	1 173	0,85	228,48 ★	2KJ1403 - ■DC13 - ■■Q1		47	
6,5	7,8	1 096	0,91	213,48	2KJ1403 - ■DC13 - ■■P1		47	
7,4	8,9	964	1,0	187,76 ★	2KJ1403 - ■DC13 - ■■N1		47	
8,5	10,2	844	1,2	164,44	2KJ1403 - ■DC13 - ■■M1		47	
9,6	11,5	747	1,3	145,44 ★	2KJ1403 - ■DC13 - ■■L1		47	
10,6	12,7	677	1,5	131,82	2KJ1403 - ■DC13 - ■■K1		47	
12,0	14,4	597	1,7	116,36 ★	2KJ1403 - ■DC13 - ■■J1		47	
13,3	16,0	539	1,9	104,96	2KJ1403 - ■DC13 - ■■H1		47	
14,7	17,6	489	2,0	95,20 ★	2KJ1403 - ■DC13 - ■■G1		47	
16,1	19,3	445	2,2	86,74	2KJ1403 - ■DC13 - ■■F1		47	

ANEXOS C (Anexos correspondientes a la máquina)

ANEXO C1. Construcción de la perforadora de paneles.

SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA BASE



Nota: Por disponibilidad de la empresa para la construcción de la estructura se utilizó tubo cuadrado de 75x75x3mm

CONSTRUCCIÓN DE LA MESA DESLIZABLE



MONTAJE DE LA CREMALLERA



<p>MONTAJE DEL PIÑÓN</p>	<p>MONTAJE DEL ENCODER</p>	
		
<p>MECANIZADO Y ENSAMBLAJE DE LAS CAJAS PARA LOS RODAMIENTOS LINEALES</p>		
		
<p>MONTAJE DE LOS MOTORES PARA EL GIRO DE LOS HERRAMENTALES</p>		
		

MECANIZADO DE LOS EJES PARA EL HERRAMENTAL



EJES TERMINADOS



MONTAJE DE LA CAJA DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN



COLOCAR LAS GUÍAS PARA EL SISTEMA DE PERFORACIÓN



MONTAJE DE EJES Y
CHUMACERAS

MONTAJE DE LA BANDA



TENSAR LA BANDA



CONSTRUCCIÓN DEL TORNILLO DE POTENCIA



MECANIZADO DE LA TUERCA



PERFORACIÓN DE ORIFICIOS
PARA SUJECION DE LA TUERCA



MACHUELEADO DE LOS
ORIFICIOS



MONTAJE DE LA TUERCA



MONTAJE DEL MOTORREDUCTOR CON EL TORNILLO



MONTAJE DE LAS ELECTROVÁLVULAS



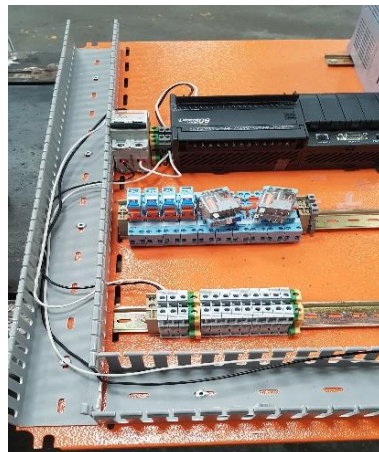
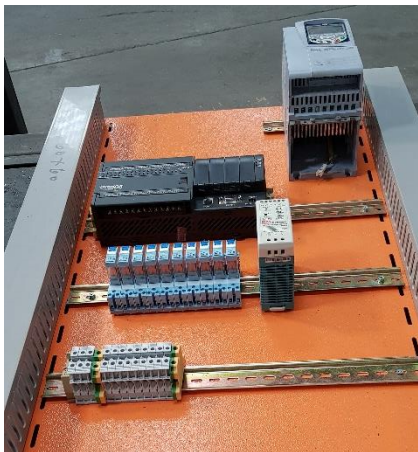
MONTAJE DE CILINDRO GUÍA Y DE SEGURIDAD








MONTAJE DEL PISTÓN DE AJUSTE SUPERIOR

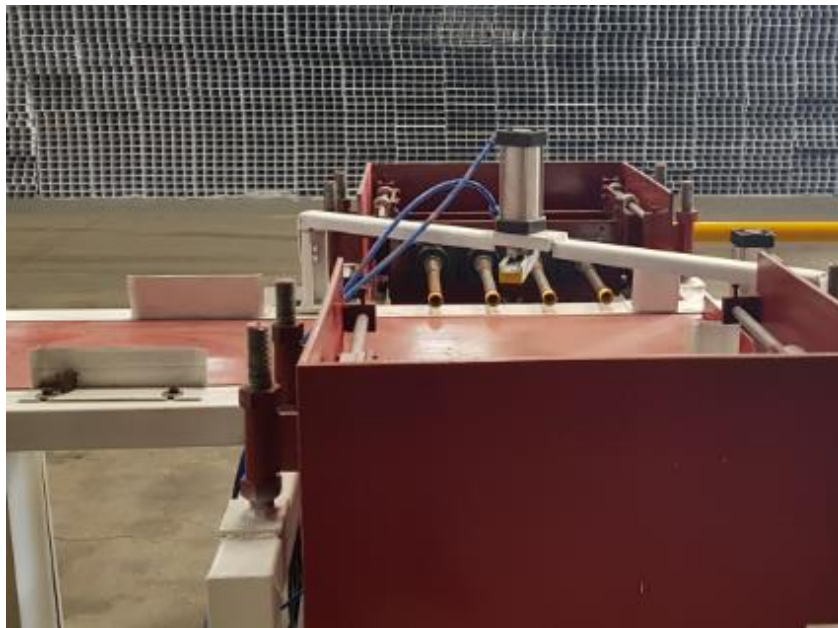


ARMADO DE LA CAJA DE CONTROL

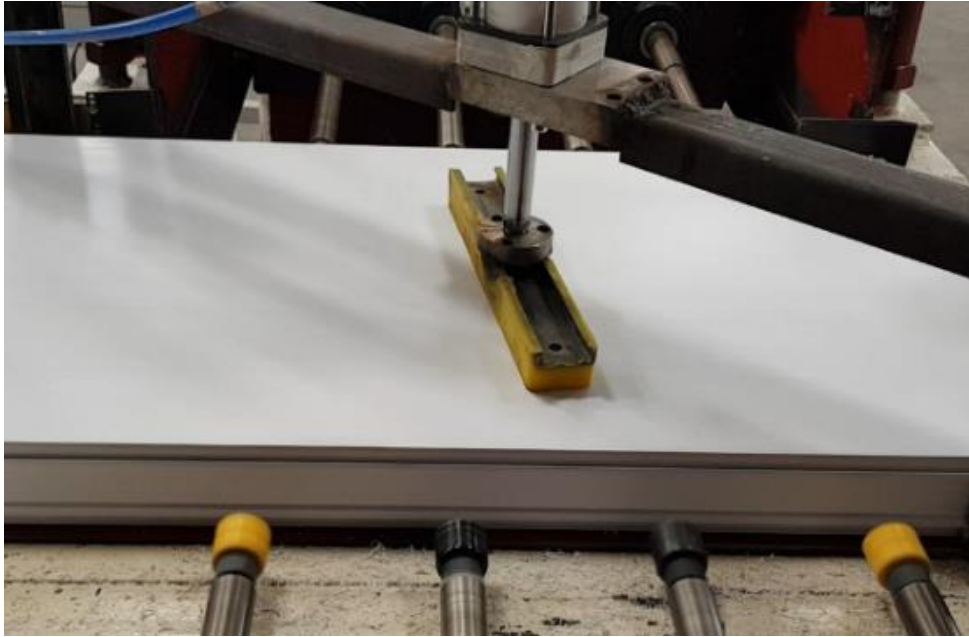


<p>MONTAJE DE LA CAJA DE CONTROL</p>	<p>MONTAJE DE LA HMI</p>
	
<p>COLOCAR LOS SENSORES DE POSICIÓN PARA EL INICIO Y EL FINAL DE LA PERFORACIÓN</p>	<p>COLOCAR SENSOR REFLECTIVO PARA LA DETECCIÓN DEL PANEL</p>
	
<p>PINTADO DE LA MÁQUINA</p>	
	

MÁQUINA TERMINADA



PROCESO DE PERFORACIÓN



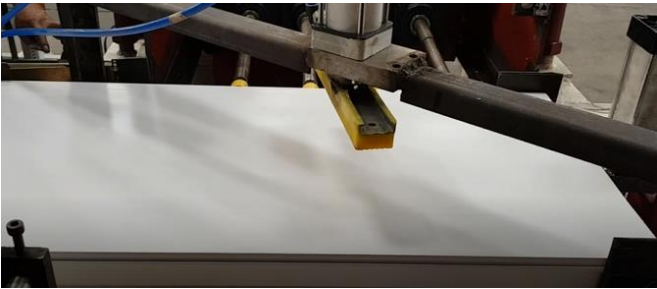




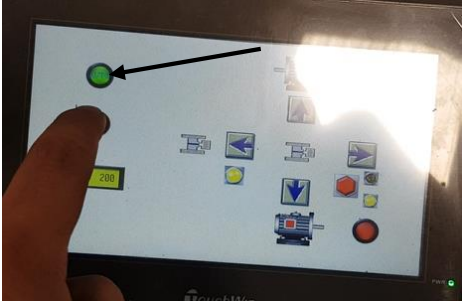
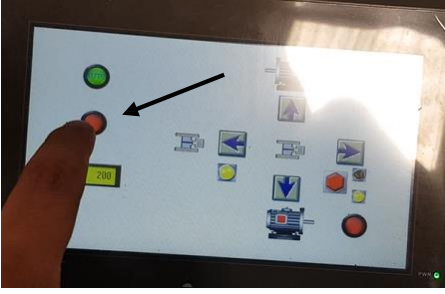
PANELES PERFORADOS



ANEXO C2. Manual de uso de la perforadora de paneles de PVC

Para poder utilizar la máquina de una manera correcta se debe seguir los siguientes pasos.

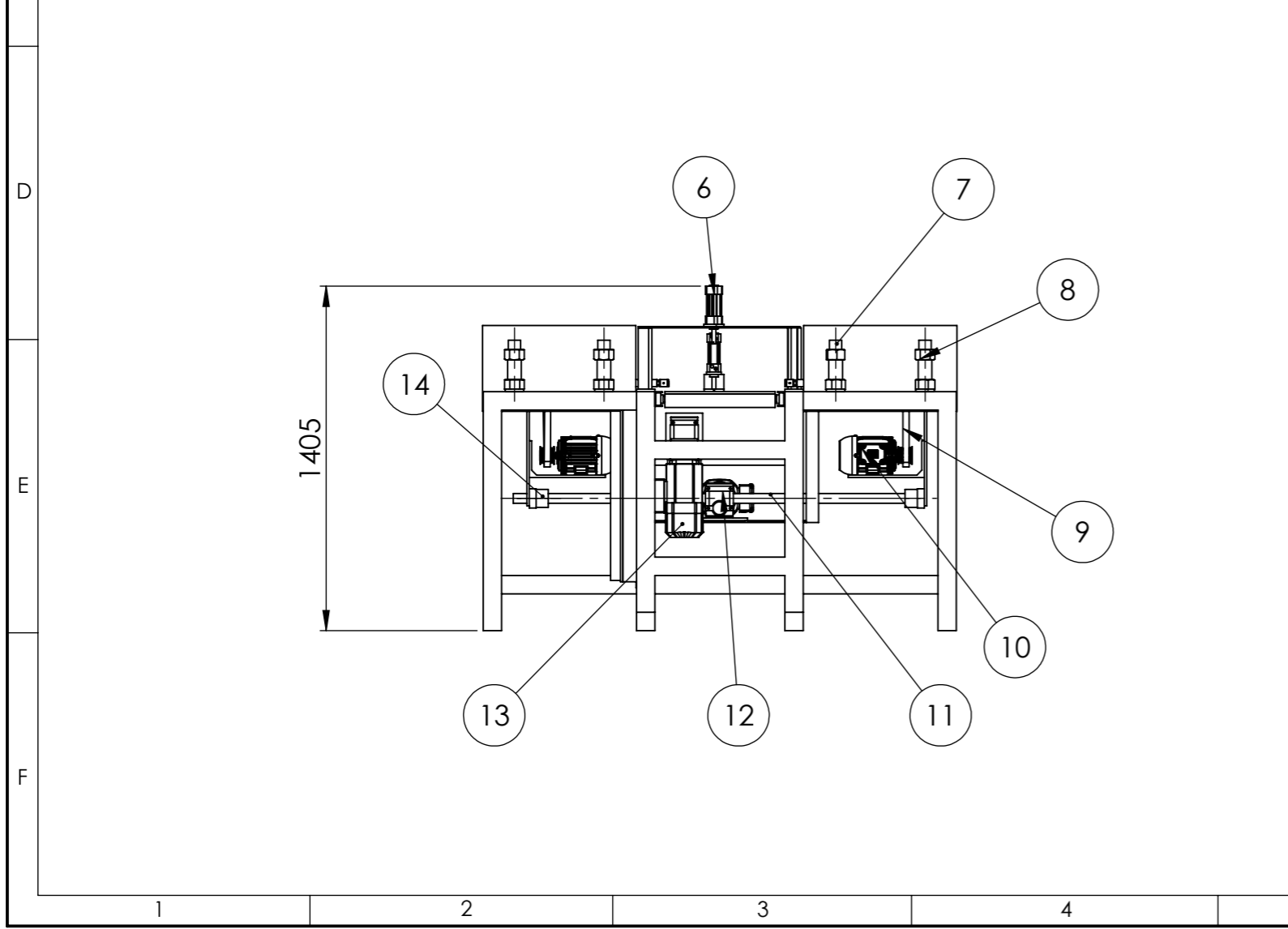
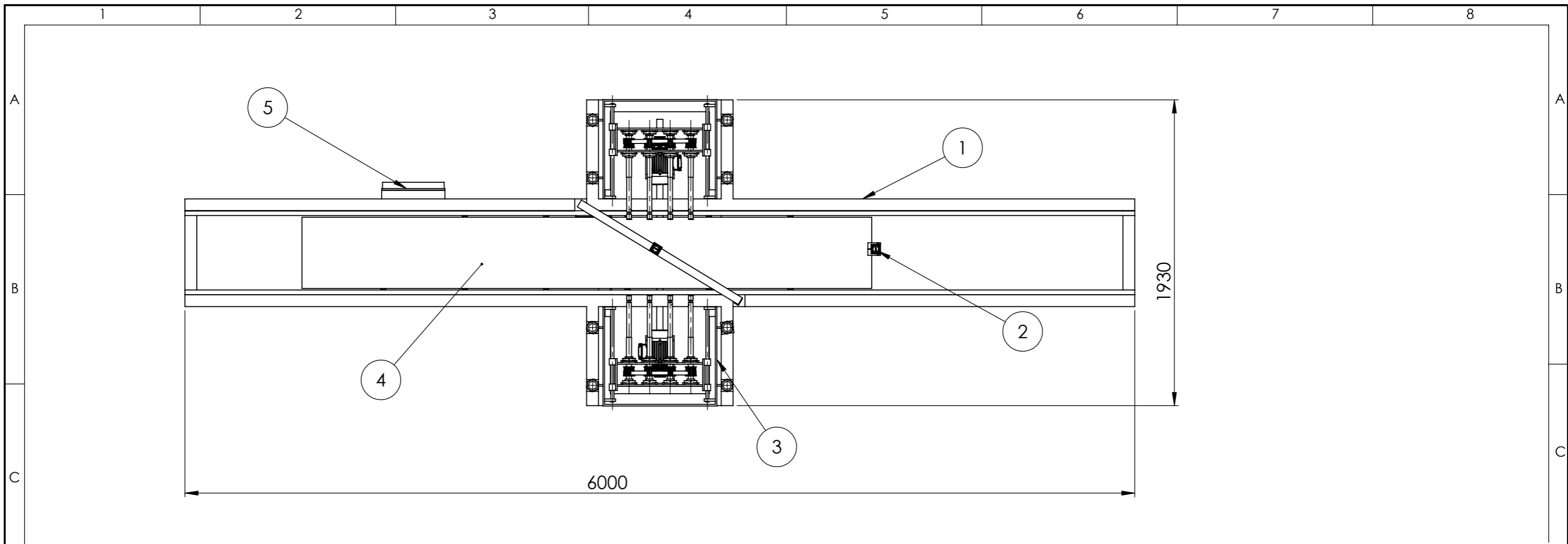
Manual de uso de la perforadora de paneles de PVC	
1. Conectar el cable de corriente.	
2. Accionar el breaker para energizar el sistema, el encendido del HMI, asegura que la maquina esta energizada.	
3. Colocar el panel de PVC sobre la meza deslizable.	

<p>4. Revisar la altura a la que se encuentran los herramentales, para garantizar que el agujero se realice en la mitad del panel.</p>	
<p>5. Verificar que el PLC, este en modo run.</p>	
<p>6. En la HMI, seleccionar el modo automático.</p>	
<p>Ejecutar el Botón de inicio en el HMI.</p>	
<p>8. Después de terminado el proceso, retirar el panel.</p>	

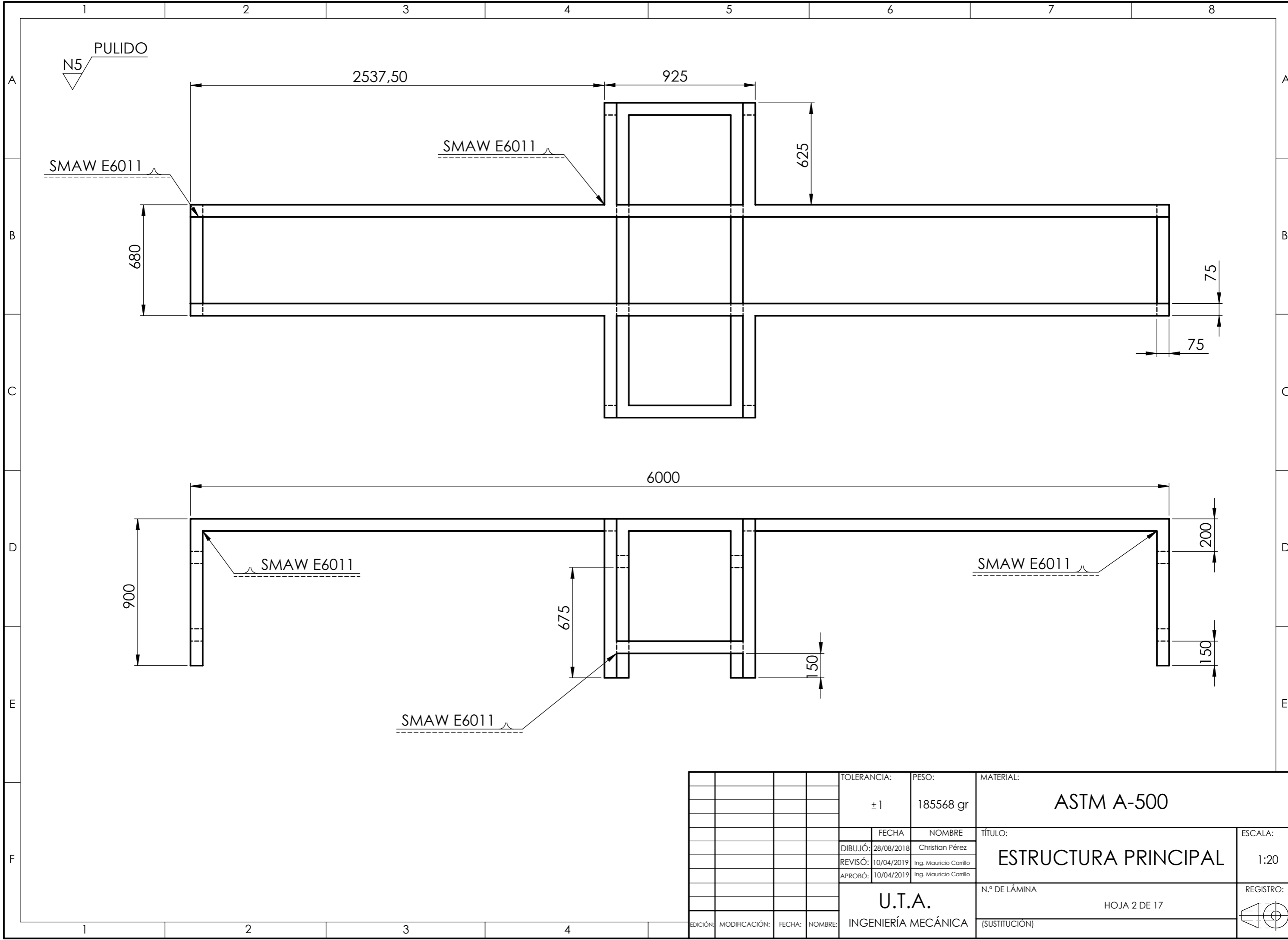
ANEXO C3. Manual de mantenimiento de la perforadora de paneles de PVC

Actividad	Diario	Semanal	Mensual	Cuatrimestral	Anual
Limpieza de la estructura					
Revisar apriete de tuercas					
Cambio de Bandas					
Cambio de herramientas					
Revisar mangueras neumáticas					
Revisión del estado de los herramientas					
Lubricación de chumaceras					
Revisión sistema piñón-cremallera					
Mantenimiento de pintura					

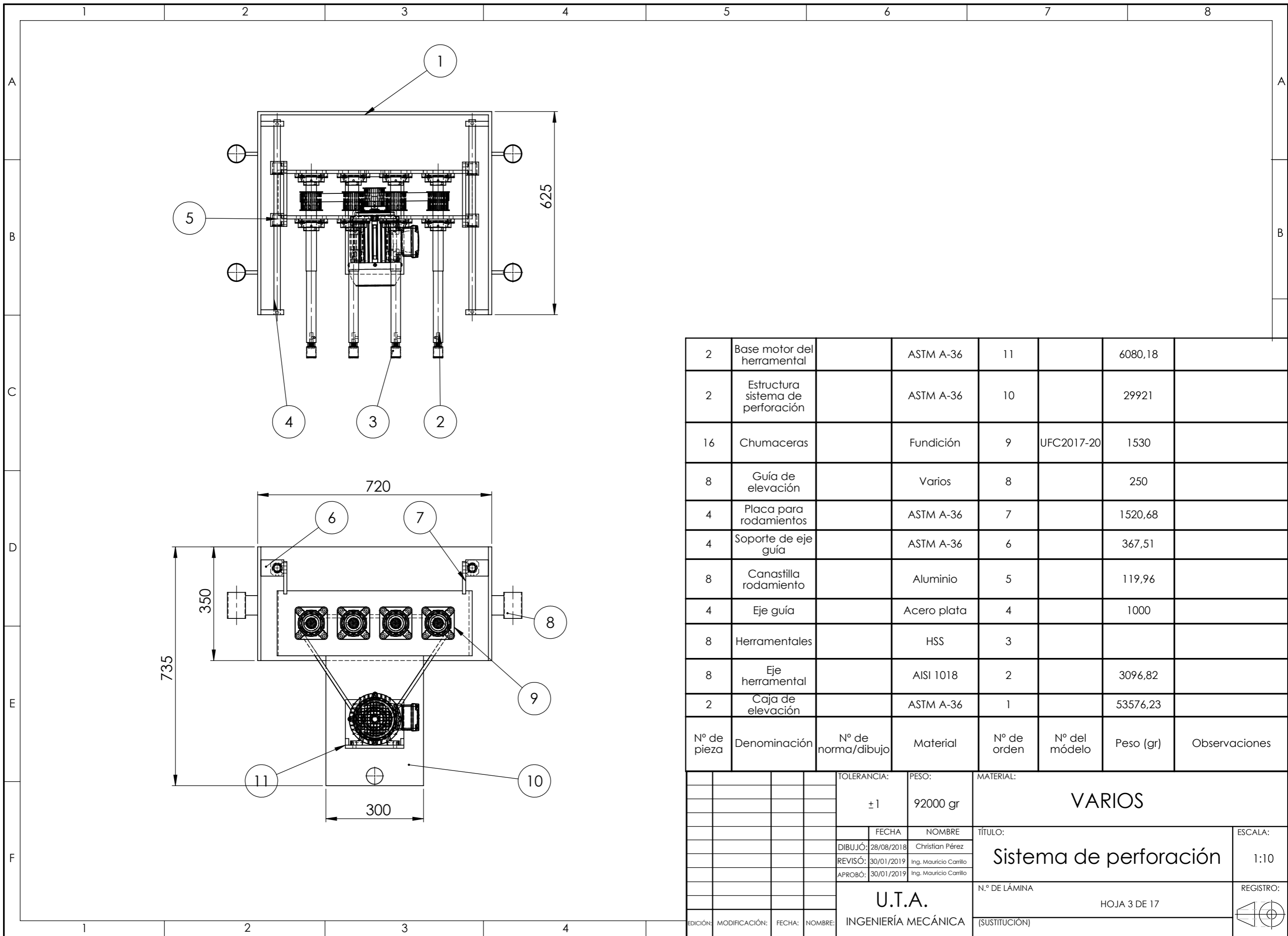
PLANOS



Nº de pieza	Denominación	Nº de norma/dibujo	Material	Nº de orden	Nº del modelo/ semiproducto	Peso (gr)	Observaciones
2	Tuercas para el tornillo		Bronce	14		2144,46	
1	Motorreductor mesa			13	2KJ1401-CB13-J1	20000	
1	Motorreductor tornillo			12	2KJ1403-DC13-M1	45000	
1	Tornillo de potencia		AISI 4340	11		15563	
2	Motor herramental			10	W22IE1-2HP	24000	
2	Bandas		Caucho	9	660H100		
16	Tuercas hexagonales	ANSI metric	Acero aleado	8	M24x2		
8	Varillas roscadas	ANSI metric	Acero aleado	7	M24x2	3456,91	
1	Pistón del medio	ISO 1552		6	DSBG-40-200-A-N3		
1	Caja de control		Varios	5			
1	Mesa		ASTM A-36	4		151170	
2	Sistema de perforación		Varios	3			
1	Pistón inicial	ISO 1552		2	DSBG-32-50-A-N3		
1	Estructura Principal		ASTM A-500	1		185568	
TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:			
±1		825527 gr		VARIOS			
FECHA		NOMBRE		TÍTULO:		ESCALA:	
DIBUJÓ: 28/08/2018		Christian Pérez		PERFORADORA		1:25	
REVISÓ: 10/04/2019		Ing. Mauricio Carrillo					
APROBÓ: 10/04/2019		Ing. Mauricio Carrillo					
U.T.A.				N.º DE LÁMINA		REGISTRO:	
INGENIERÍA MECÁNICA				HOJA 1 DE 17			
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	(SUSTITUCIÓN)			



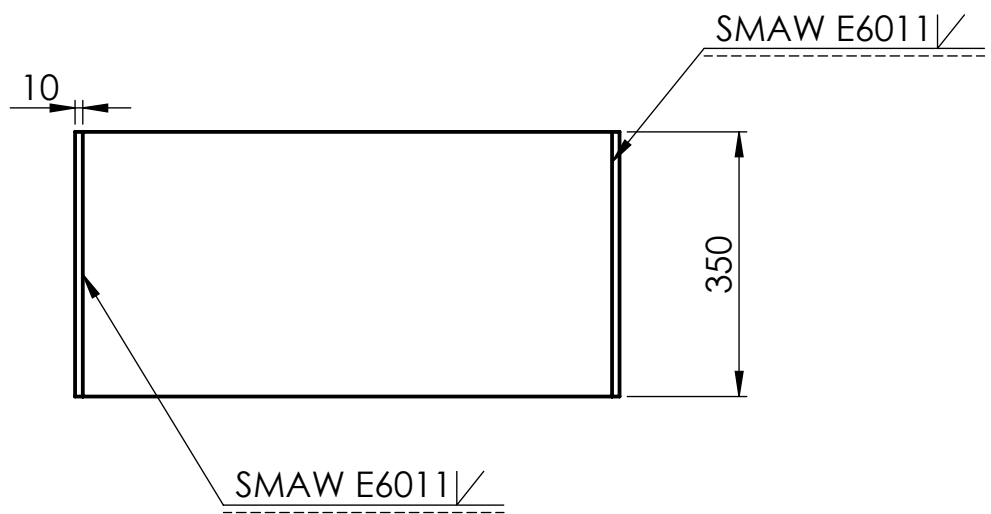
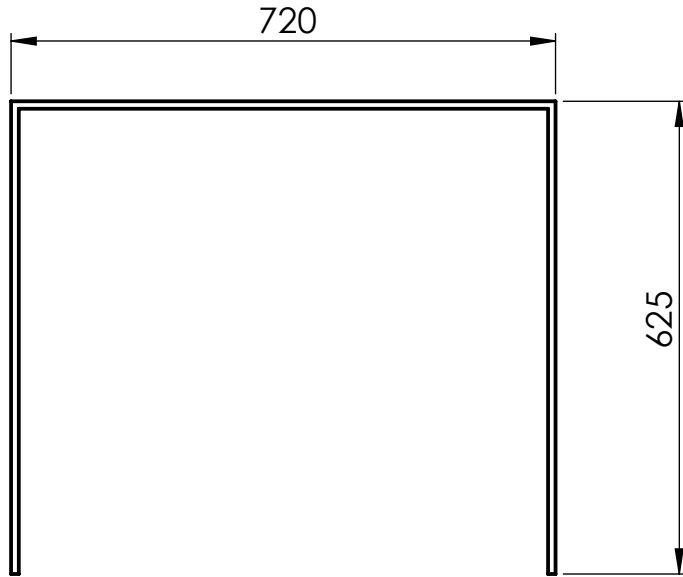
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1	185568 gr	ASTM A-500	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJÓ: 28/08/2018	Christian Pérez	ESTRUCTURA PRINCIPAL	
				REVISÓ: 10/04/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 10/04/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 2 DE 17	
						REGISTRO:	



Nº de pieza	Denominación	Nº de norma/dibujo	Material	Nº de orden	Nº del modelo	Peso (gr)	Observaciones
2	Base motor del herramental		ASTM A-36	11		6080,18	
2	Estructura sistema de perforación		ASTM A-36	10		29921	
16	Chumaceras		Fundición	9	UFC2017-20	1530	
8	Guía de elevación		Varios	8		250	
4	Placa para rodamientos		ASTM A-36	7		1520,68	
4	Soporte de eje guía		ASTM A-36	6		367,51	
8	Canastilla rodamiento		Aluminio	5		119,96	
4	Eje guía		Acero plata	4		1000	
8	Herramentales		HSS	3			
8	Eje herramental		AISI 1018	2		3096,82	
2	Caja de elevación		ASTM A-36	1		53576,23	

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:			
±1		92000 gr		VARIOS			
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:			ESCALA:
DIBUJÓ: 28/08/2018		Christian Pérez		Sistema de perforación			1:10
REVISÓ: 30/01/2019		Ing. Mauricio Carrillo					
APROBÓ: 30/01/2019		Ing. Mauricio Carrillo					
U.T.A.				N.º DE LÁMINA		REGISTRO:	
INGENIERÍA MECÁNICA				HOJA 3 DE 17			
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	(SUSTITUCIÓN)			

N5 PULIDO



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±1	53576.25 gr	ASTM A36 e=10mm		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:	
				DIBUJÓ: 28/08/2018	Christian Pérez		CAJA DE ELEVACIÓN	1:10
				REVISÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:	
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 4 DE 17		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN)		

1

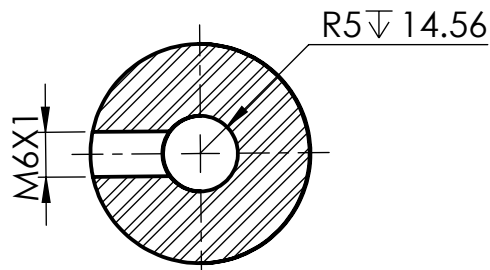
2

3

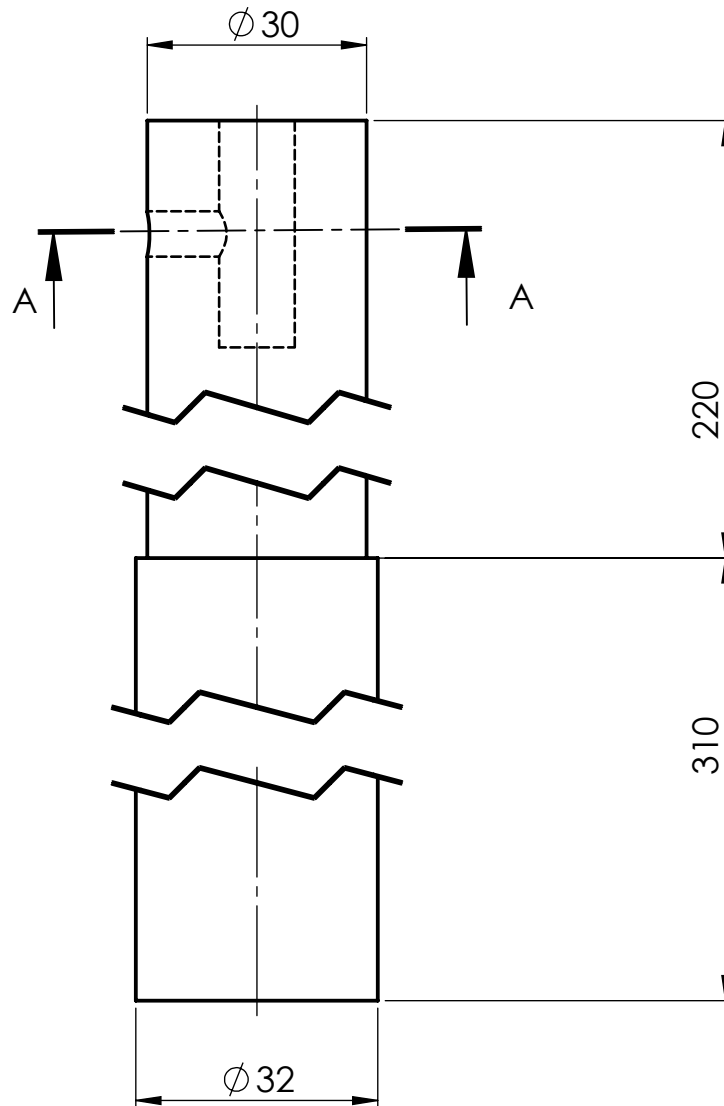
4

N6 TORNEADO

N8 TALADRADO



SECCIÓN A-A



				TOLERANCIA: $\pm 0,5$	PESO: 3096.82 gr	MATERIAL: AISI 1018	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 28/08/2018	Christian Pérez	EJE DEL HERRAMENTAL	1:1
				REVISÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 5 DE 17	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN)	

A

B

C

D

E

1

2

3

4

N6 TORNEADO

N7 FRESADO

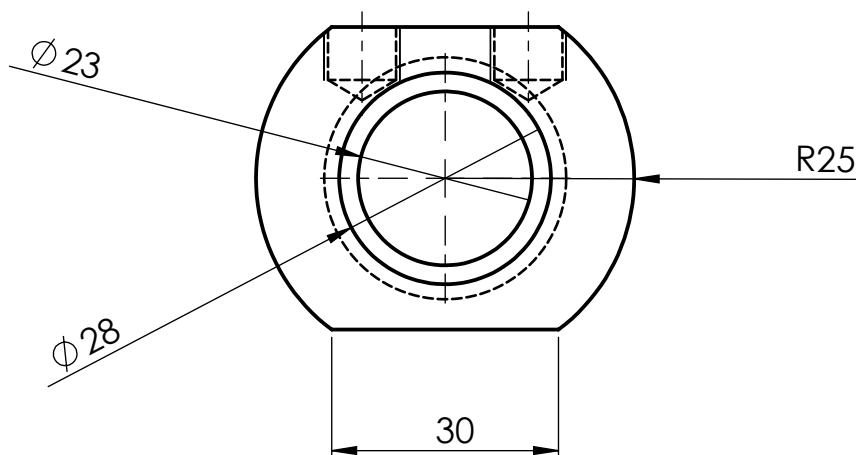
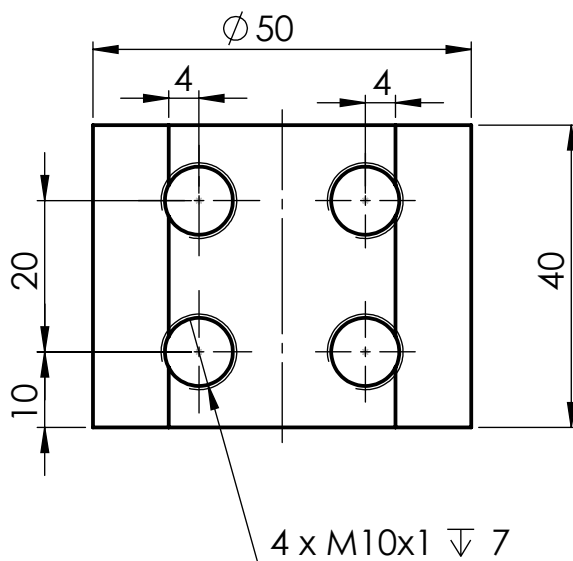
A

B

C

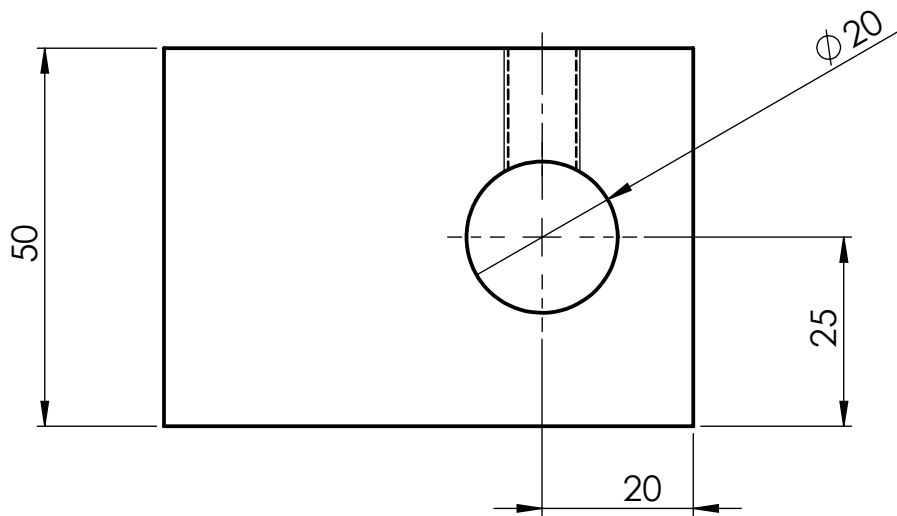
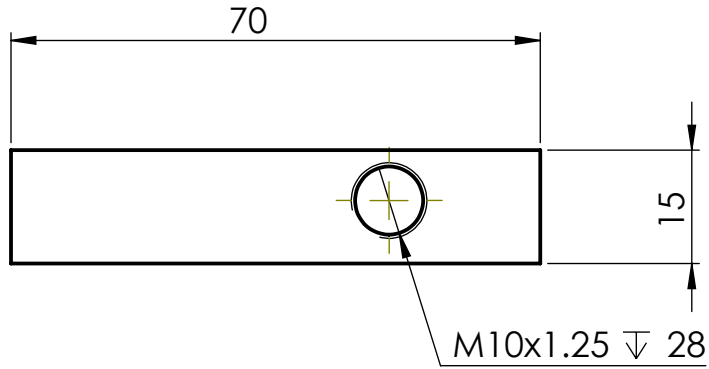
D

E



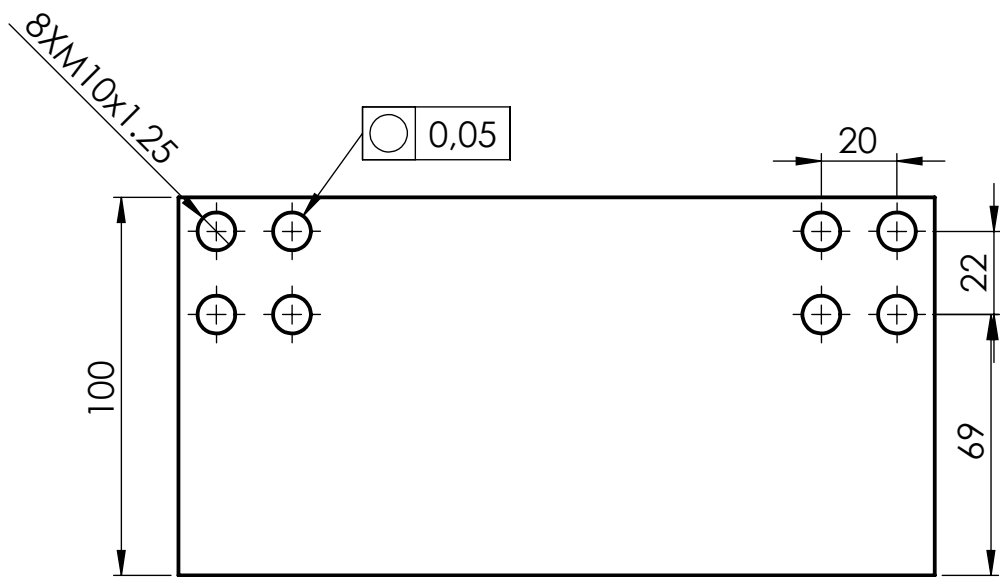
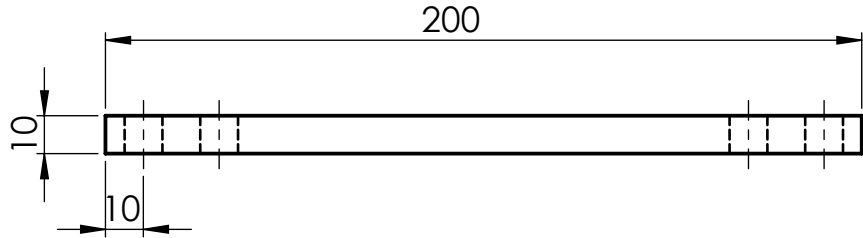
				TOLERANCIA: $\pm 0,1$	PESO: 119.96 gr	MATERIAL: ALUMINIO	
						TÍTULO: CANASTILLA PARA RODAMIENTO	ESCALA: 1:1
				DIBUJÓ: 28/08/2018	Christian Pérez	N.º DE LÁMINA HOJA 6 DE 17	REGISTRO:
				REVISÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		(SUSTITUCIÓN)	

N5 PULIDO



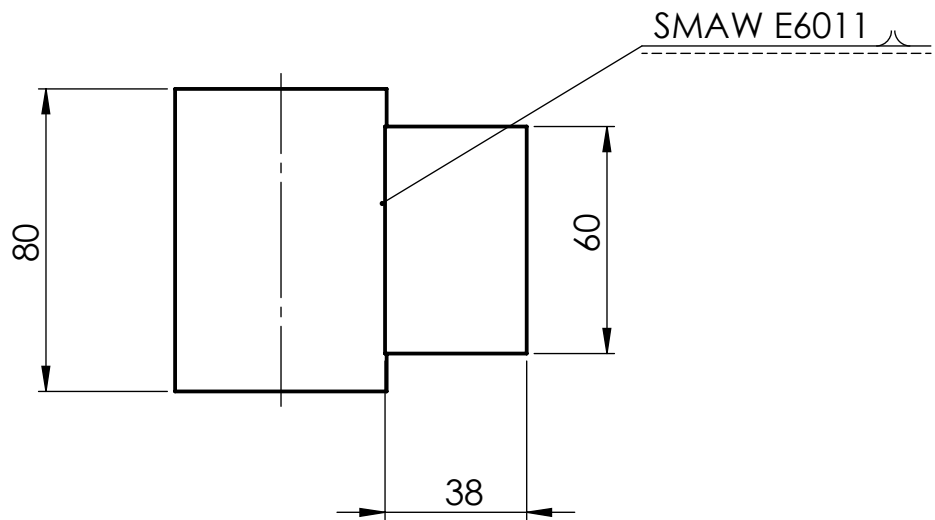
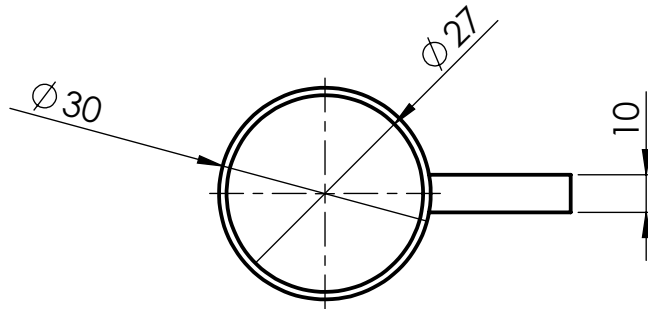
				TOLERANCIA: $\pm 0,1$	PESO: 367.51 gr	MATERIAL: ASTM A36	
						TÍTULO: SOPORTE EJE DESLIZABLE	ESCALA: 1:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJÓ: 28/08/2018	Christian Pérez		
				REVISÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 7 DE 17	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN)	

N5 PULIDO



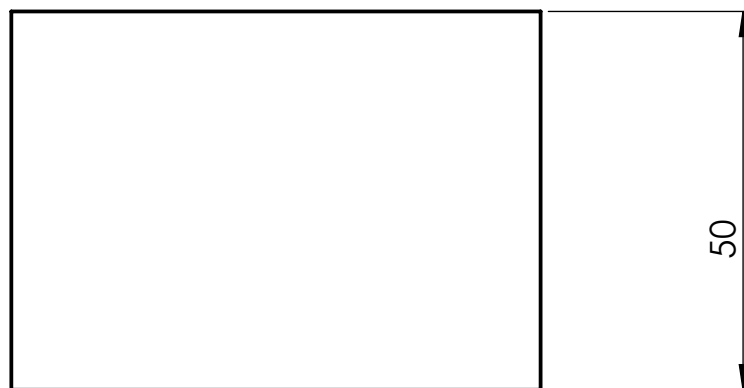
				TOLERANCIA: ±0,5	PESO: 1520.68 gr	MATERIAL: ASTM A36	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: PLACA PARA RODAMIENTO	ESCALA: 1:2
				DIBUJÓ: 28/08/2018	Christian Pérez		
				REVISÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 8 DE 17	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN)	

N5 PULIDO



				TOLERANCIA: ±0,1	PESO: 250 gr	MATERIAL: VARIOS	
						TÍTULO: GUÍA SISTEMA DE ELEVACIÓN	ESCALA: 1:2
				DIBUJÓ: 28/08/2018 Christian Pérez	NOMBRE		
				REVISÓ: 30/01/2019 Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBÓ: 30/01/2019 Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 9 DE 17	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN)	

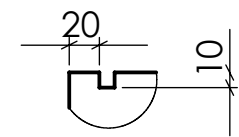
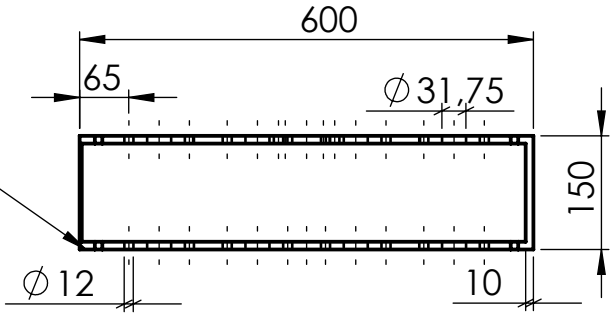
N5 PULIDO



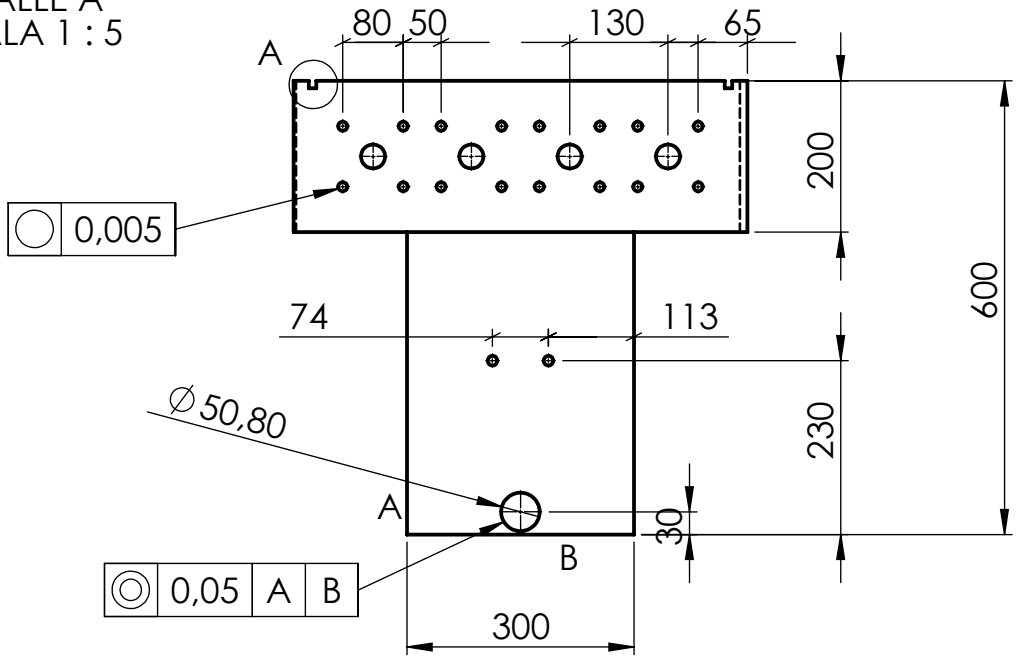
				TOLERANCIA: ±3	PESO: 274,75 gr	MATERIAL: ASTM A36	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: PLACA UNIÓN SISTEMA DE ELEVACIÓN	ESCALA: 1:1
				DIBUJÓ: 28/08/2018	Christian Pérez		
				REVISÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 10 DE 17	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN)	

N5 PULIDO

SMAW E6011



DETALLE A
ESCALA 1:5

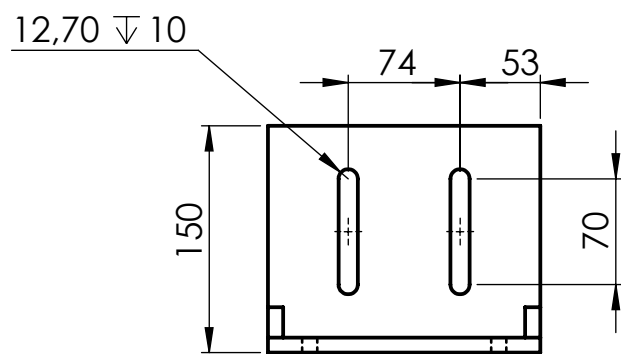
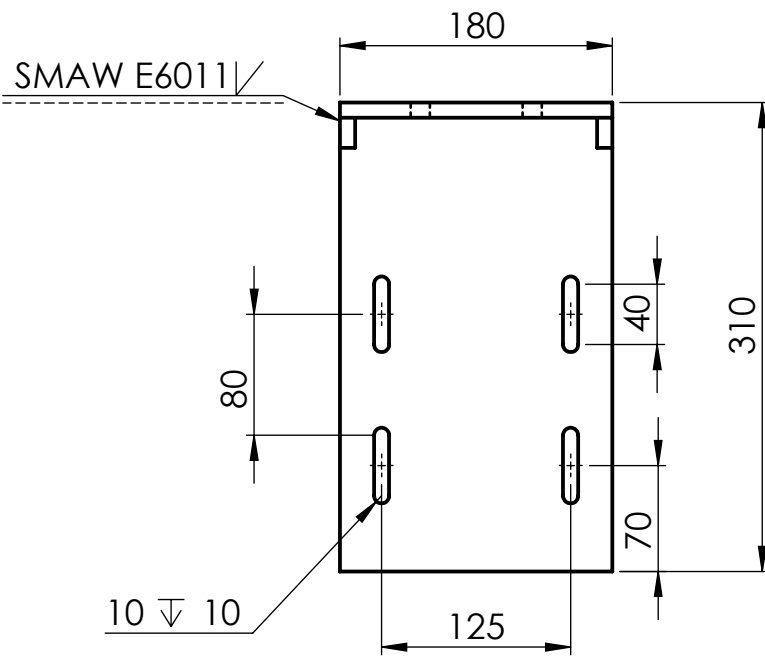


0,005

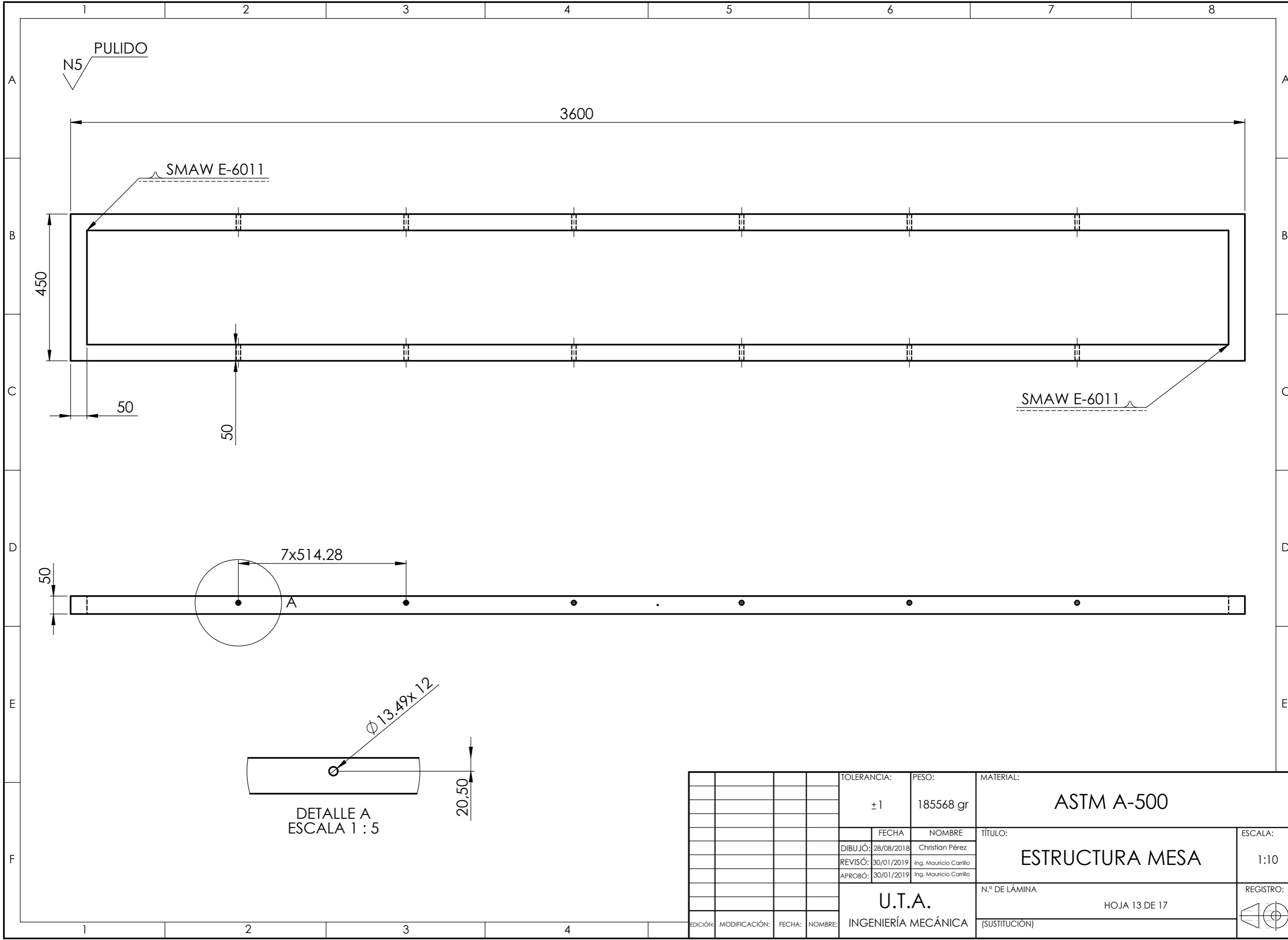
0,05 A B

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0,1	29921 gr	ASTM A36	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 28/08/2018	Christian Pérez	ESTRUCTURA SISTEMA DE ELEVACIÓN	1:10
				REVISÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 11 DE 17	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	(SUSTITUCIÓN)			

N5 PULIDO



				TOLERANCIA: ±0,5	PESO: 6080.18	MATERIAL: ASTM A36 e=10mm	
						TÍTULO: BASE MOTOR HERRAMENTAL	ESCALA: 1:5
				DIBUJÓ: 28/08/2018 Christian Pérez			
				REVISÓ: 30/01/2019 Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBÓ: 30/01/2019 Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 12 DE 17	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN)	



TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
±1		185568 gr		ASTM A-500	
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:	
DIBUJÓ: 28/08/2018		Christian Pérez		ESTRUCTURA MESA	
REVISÓ: 30/01/2019		Ing. Mauricio Carrillo			
APROBÓ: 30/01/2019		Ing. Mauricio Carrillo			
U.T.A.				N.º DE LÁMINA	
INGENIERÍA MECÁNICA				HOJA 13 DE 17	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	REGISTRO:	

DETALLE A
ESCALA 1 : 5

SMAW E-6011

SMAW E-6011

PULIDO

N5

3600

450

50

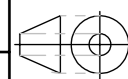
50

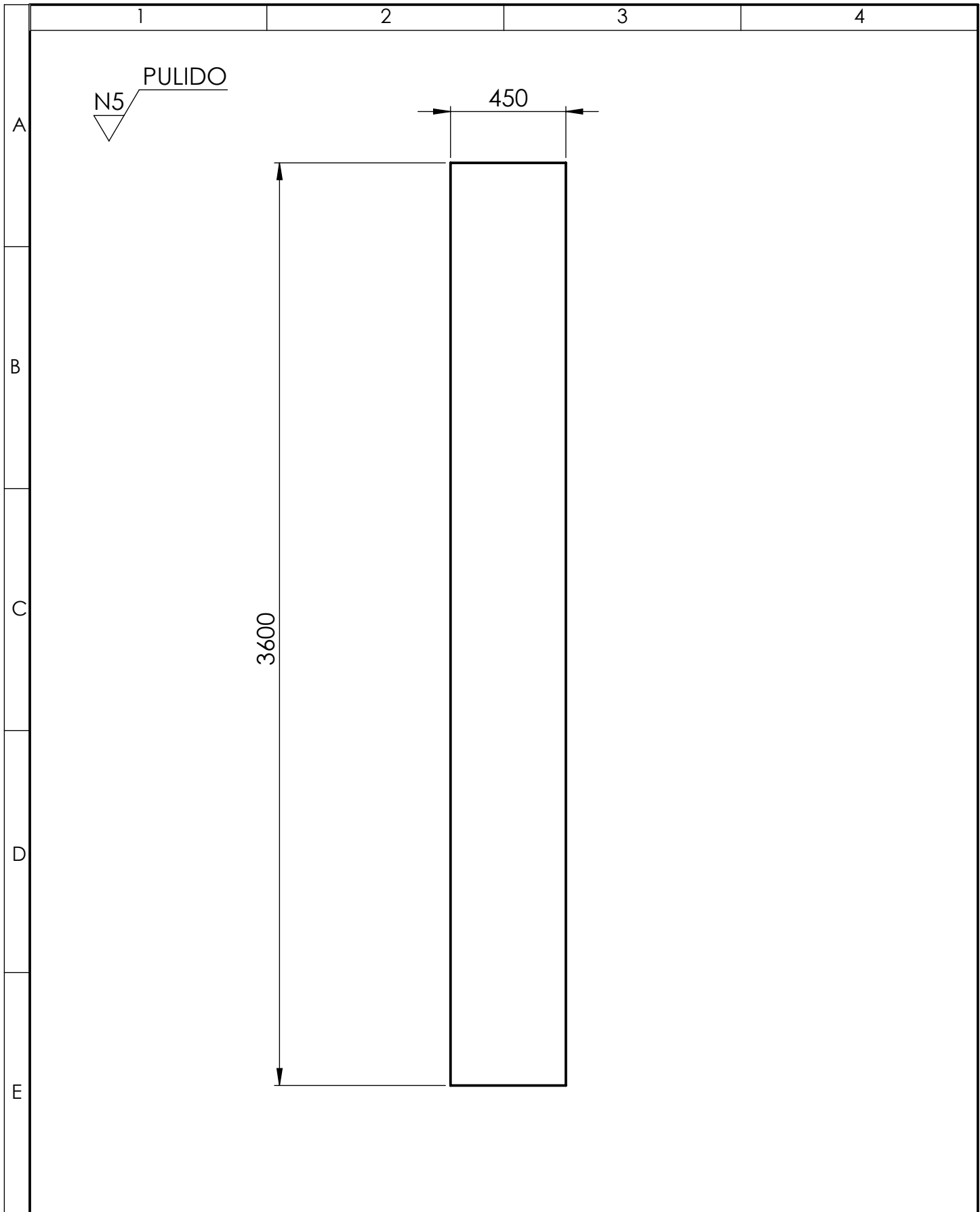
7x514.28

50

Ø13.49x12

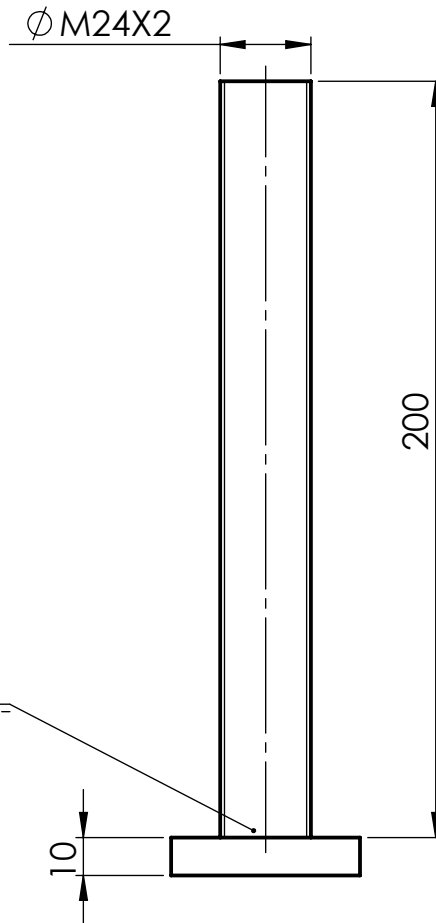
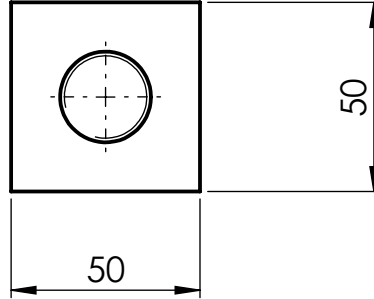
20,50



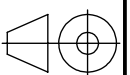


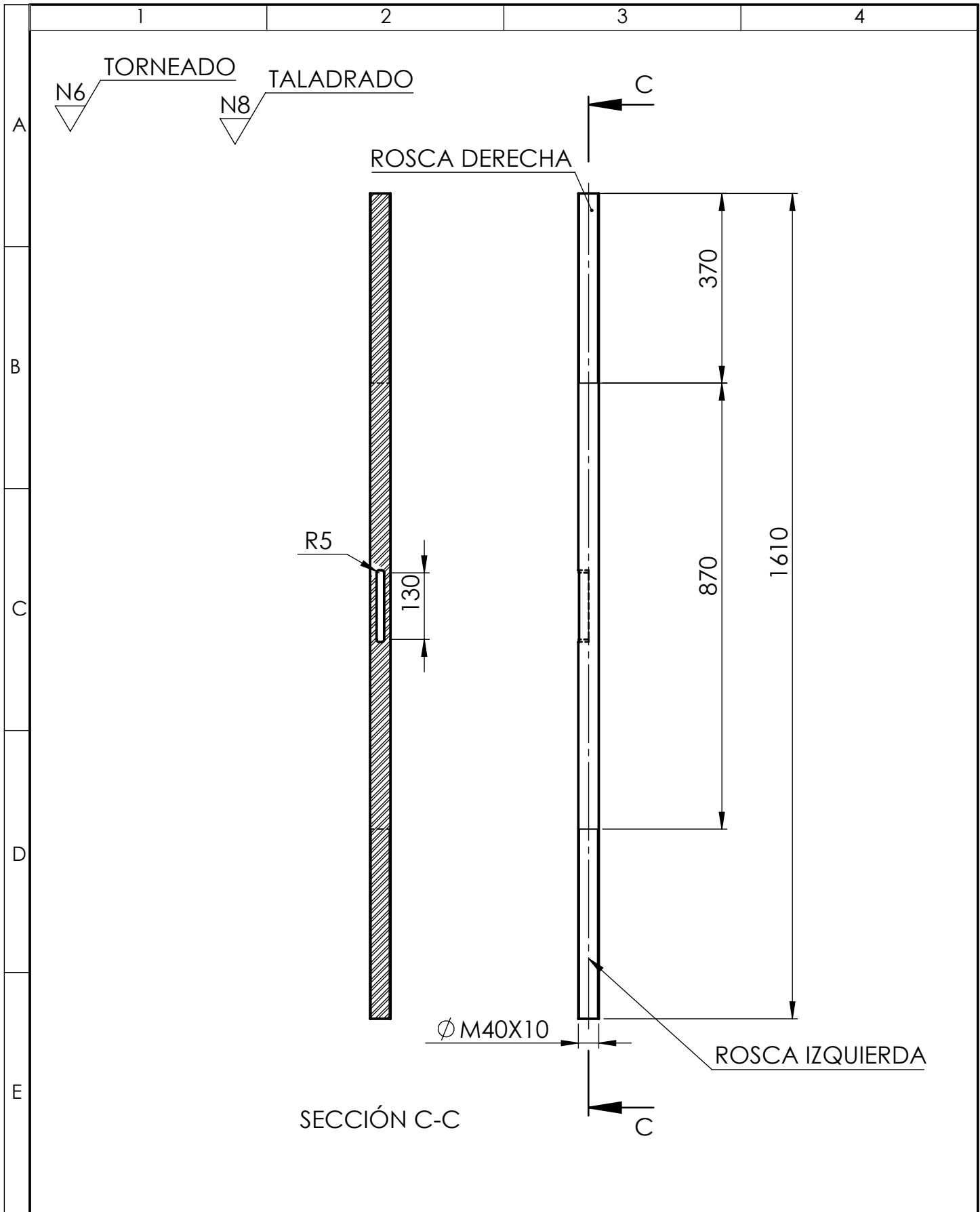
				TOLERANCIA: ±1	PESO: 127170.00 gr	MATERIAL: ASTM A36 e=10mm		
						TÍTULO: PLACA PARA MESA	ESCALA: 1:20	
				DIBUJÓ:	FECHA		NOMBRE	
				REVISÓ:	30/01/2019		Ing. Mauricio Carrillo	
				APROBÓ:	30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 14 DE 17	REGISTRO:	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN)		

N5 PULIDO



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 889.18 gr	MATERIAL: VARIOS	
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:
				DIBUJÓ:	28/08/2018	Christian Pérez	VARILLA ROSCADA
				REVISÓ:	30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo	
				APROBÓ:	30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo	
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LÁMINA	ESCALA:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			HOJA 15 DE 17	1:2
						(SUSTITUCIÓN)	REGISTRO:





				TOLERANCIA: ±0,3	PESO: 15563 gr	MATERIAL: AISI 4340	
						TÍTULO: TORNILLO DE POTENCIA	ESCALA: 1:10
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJÓ: 28/08/2018	Christian Pérez		
				REVISÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 16 DE 17	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN)	

1 2 3 4

TORNEADO TALADRADO
 N6 N8

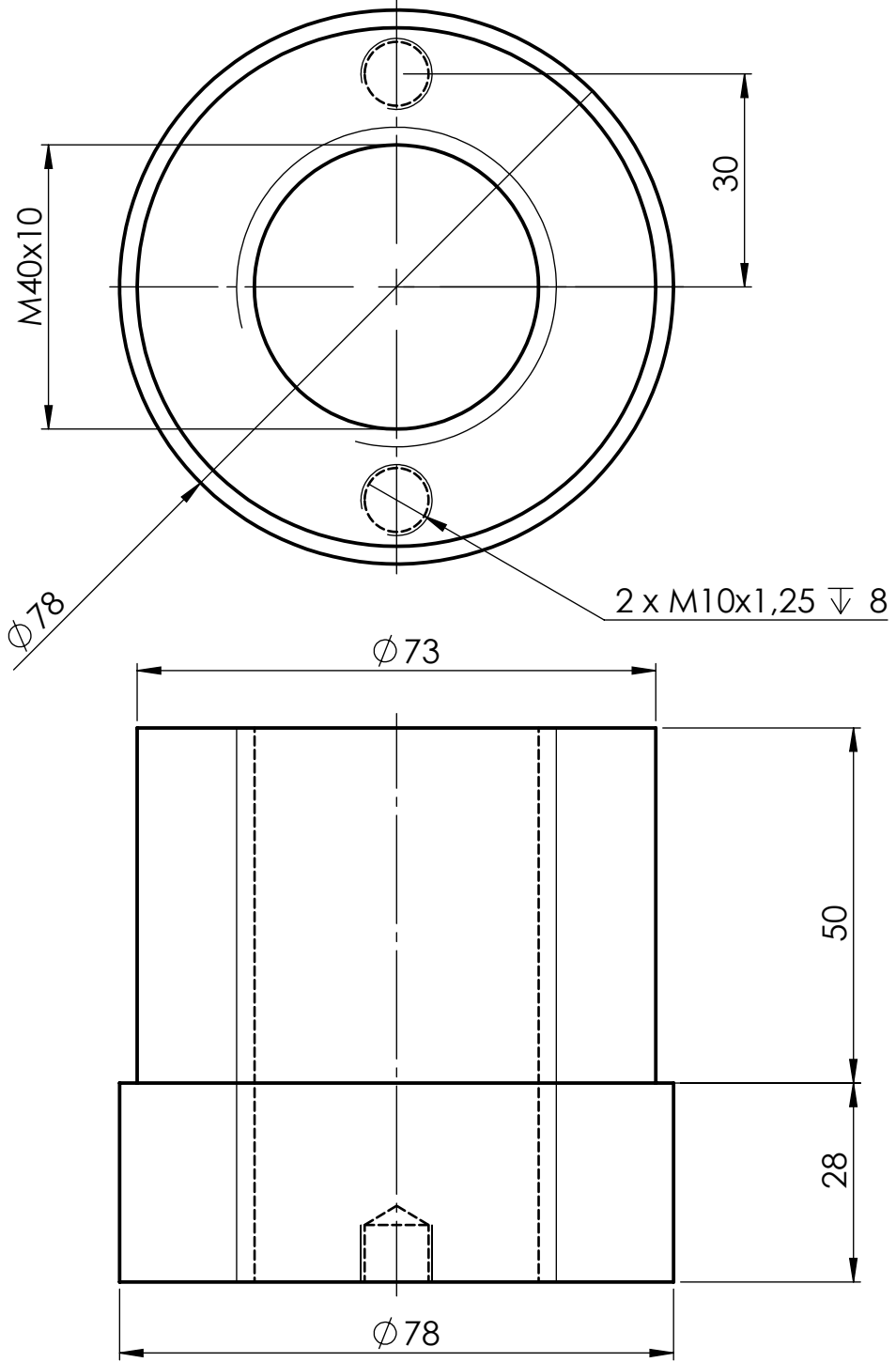
A

B

C

D

E



				TOLERANCIA: ±0,1	PESO: 2146.44 gr	MATERIAL: BRONCE	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: TUERCA	ESCALA: 1:1
				DIBUJÓ: 28/08/2018	Christian Pérez		
				REVISÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 30/01/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 17 DE 17	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			(SUSTITUCIÓN)	