



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**“DISEÑO DE MÁQUINA TRITURADORA PARA LA OBTENCIÓN
DE PARTÍCULAS DE CAUCHO A PARTIR DE NEUMÁTICOS PRE-
CORTADOS”.**

AUTOR: ANA VIRGINIA VÁSCONEZ JARAMILLO

DIRECTOR: ING. VÍCTOR ERAZO. MSC.

Ibarra, 2020



IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004918916		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Vásquez Jaramillo Ana Virginia		
DIRECCIÓN:	Calpaquí – Otavalo		
EMAIL:	avvasconezj@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062-635-501	TELÉFONO MÓVIL:	0959668795

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño de máquina trituradora para la obtención de partículas de caucho a partir de neumáticos pre-cortados.
AUTOR (ES):	Vásquez Jaramillo Ana Virginia
FECHA:	04/12/20
PROGRAMA:	Pregrado
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Víctor Erazo. MSc.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 4 días del mes de diciembre de 2020

EL AUTOR:

Firma:

Nombre: Ana Virginia Vásquez Jaramillo



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

CERTIFICACIÓN DIRECTOR

Certifico que el trabajo de grado titulado “DISEÑO DE MÁQUINA TRITURADORA PARA LA OBTENCIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO A PARTIR DE NEUMÁTICOS PRE-CORTADOS”, ha sido desarrollado en su totalidad por la señorita: Vásconez Jaramillo Ana Virginia portadora de la cedula de identidad número: 100491891-6; previo a la obtención del título de Ingeniería en Mecatrónica.

Ing. Víctor Erazo MSc.

DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por ser un apoyo incondicional en cada parte de mi vida y enseñarme a nunca rendirme a pesar de las adversidades, deseándome siempre el éxito en cada momento.

Especial agradecimiento a mi hermana Gaby por su compañía en cada instante, también a mi tía Mercedes por todos los esfuerzos y amor que me ha brindado a lo largo de este camino; así también a mi familia por cada gesto y palabra de aliento que me motivaron a seguir adelante.

A mi novio Andrés por ser un eje fundamental en mi vida con su amor, confianza y cada palabra de aliento que me enseñó a no tener miedo al fracaso, gracias por apoyarme y darle luz a mi vida.

A todos quienes conforman carrera de Mecatrónica, en especial a los ingenieros Víctor Erazo, Diego Ortiz y Marco Ciaccia por impartir los conocimientos, su tiempo y experiencia con mucha bondad lo cual demuestra la excelencia de su profesión.

A mis amigos que me han brindado una amistad incondicional en cada aspecto de mi vida y me han alentado a lograr mis objetivos.

Anita.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres en reconocimiento al esfuerzo y el sacrificio que conllevo alcanzar este logro, y convertirme en profesional.

A mis sobrinas Samantha e Isabella quienes son parte de mi fuerza motora, así también a mis primos Jeanelis y Jonathan espero sea un ejemplo de superación en alcanzar todos los objetivos que se propongan y cuenten con mi apoyo.

A Gaby por todo el apoyo incondicional que me ha brindado, para mostrarle que con dedicación y abnegación es posible alcanzar cualquier propósito que uno se plantee.

Anita.

RESUMEN

Frente a la contaminación de neumáticos en el Ecuador y la falta de procesos de reciclaje, el presente trabajo muestra el diseño de una máquina trituradora para la obtención de granulometría fina a partir de neumáticos pre cortados.

La presente investigación describe la información que conlleva el diseño del sistema de trituración como los neumáticos, la fuerza de corte, métodos de reutilización, tipos de trituradoras y granulometrías del material.

El diseño conceptual de la máquina determinó los requerimientos necesarios para la trituradora por medio del despliegue de la función de la calidad (QFD), análisis modular y la selección de la alternativa óptima que permitió el desarrollo del diseño CAD, con la implementación de la metodología de DFMA para cumplir con las normas ergonómicas, seguridad laboral, intercambiabilidad de elementos, fácil ensamble y materiales del mercado nacional.

El diseño mecánico, se realizó a través de cálculos analíticos y simulaciones en elementos principales de la máquina; los cuales por medio del porcentaje de error menor o igual al 5 % se validaron, además el diseño del sistema de control y potencia se ejecutó a través de un análisis individual de los procesos a cumplir el equipo.

Como resultado del diseño se desarrolló planos detallados de la construcción mecánica, ensamble y listas de piezas; conjuntamente de un análisis de costos.

ABSTRACT

Faced with the contamination of tires in Ecuador and the lack of recycling processes, this work shows the design of a crushing machine to obtain fine grain size from rubber tires.

This research describes the information involved in the design of the crushing system such as tires, shear force, reuse methods, types of crushers, and material granulometries that provide necessary data in development.

The conceptual design of the machine determined the necessary requirements for the crusher through the deployment of the quality function, modular analysis and the selection of the optimal alternative that require the development of CAD design, with the implementation of the DFMA methodology to comply with ergonomic standards, occupational safety, interchangeability of elements, easy assembly and materials of the national market.

The mechanical design, carried out through analytical calculations and simulations on the main elements of the machine; The values by means of the percentage of error less than or equal to 5% were validated, in addition, the design of the control and power system was executed through an individual analysis of the processes to be fulfilled by the team.

As a result of the design you will find detailed blueprint drawings of the mechanical construction, assembly, and parts lists; cost analysis methods.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	ii
CONSTANCIAS	iii
CERTIFICACIÓN DIRECTOR	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	19
Problema.....	19
Objetivos.....	20
Objetivo general.....	20
Objetivos específicos	20
Justificación	20
Alcance	21
Antecedentes.....	21
CAPÍTULO 1	24

1. MARCO REFERENCIAL	24
1.1. Neumáticos	24
1.1.1. Partes de los neumáticos.....	25
1.1.2. Composición de los neumáticos	26
1.1.3. Identificación de los neumáticos	28
1.1.4. Fuerza Cortante del Neumático	30
1.2. Métodos para la reutilización de los Neumáticos Usados	31
1.2.1. Regeneración	31
1.2.2. Desvulcanización.....	31
1.2.3. Pirólisis	31
1.2.4. Triturado	32
1.2.4.1. Tipos de trituradoras.....	34
1.2.4.2. Etapas de la trituración	36
1.2.5. Granulometría de los neumáticos	38
CAPÍTULO II.....	39
2. METODOLOGÍA DE DISEÑO	39
2.1. Revisión bibliográfica.....	39
2.2. Metodología	39
2.3. Diseño del triturador de neumáticos	40
CAPÍTULO III	41

3. RESULTADOS.....	41
3.1. Resultados del diseño.....	41
3.1.1. Requerimientos del cliente	41
3.1.2. La casa de la calidad.....	42
3.1.3. Voz del cliente	42
3.1.4. Voz del ingeniero.....	42
3.1.5. Conclusiones de la casa de la calidad	43
3.1.6. Análisis funcional	43
3.1.7. Análisis modular.....	47
3.1.8. Alternativas de solución	55
3.1.9. DFMA.....	71
3.1.10. Diseño de las cuchillas	75
3.2. Diseño mecánico.....	78
3.2.1. Diseño del sistema de transmisión de potencia.	78
3.2.2. Diseño de ruedas dentadas.....	82
3.2.3. Diseño del eje de transmisión de potencia.....	90
3.2.4. Análisis de chavetas y chaveteros.	101
3.2.5. Selección de rodamientos	103
3.2.6. Diseño de las cuchillas	104
3.2.7. Diseño de la mesa.....	109

3.3. Diseño del sistema de control	110
3.4. Diseño del sistema de potencia	111
3.5. Análisis de costos.....	114
CAPÍTULO IV	119
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	119
4.1. Conclusiones	119
4.2. Recomendaciones	121
BIBLIOGRAFÍA.....	122
ANEXOS.....	131
A. Protocolo de ensayos.....	131
B. Encuesta.....	137
C. Casa de la calidad.....	139
D. Planos mecánicos	141
E. Motor Varvel	167
F. Cadena Reinold.....	169
G. Soporte de rodamiento	175
H. Diagrama de control.....	178
I. Diagrama de potencia	180

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Neumático radial y diagonal [13].	25
Figura 2. Partes del neumático.	25
Figura 3. Identificación del neumático [20].	28
Figura 4. Esquema de planta de pirólisis [29].	32
Figura 5. Proceso de molienda criogénica [31].	33
Figura 6. Proceso de trituración mecánica [32].	33
Figura 7. Trituradora 1 eje [34].	34
Figura 8. Trituradora de 2 ejes [35].	35
Figura 9. Trituradora de 4 ejes [35].	35
Figura 10. Destalonadora industrial [36].	36
Figura 11. Trituradora primaria [22].	37
Figura 12. Caucho granulado [22].	37
Figura 13. Análisis Modular nivel 0.	44
Figura 14. Análisis modular Nivel 1.	45
Figura 15. Estructuración modular.	46
Figura 16. Ensamble superior.	71
Figura 17. Ensamble inferior.	72
Figura 18. Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación [40].	74
Figura 19. Diseño CAD trituradora de neumáticos.	75
Figura 20. Ángulos de las herramientas de corte [24].	76
Figura 21. Cuchilla 8 dientes.	77
Figura 22. DCL con 15 cuchillas.	78
Figura 23. Granulador Unicrex 1700.	79

Figura 24. Disposición de las cuchillas.	80
Figura 25. Engrane 24 dientes.	82
Figura 26. Factor Km [51].	85
Figura 27. Factor Yj [51].	86
Figura 28. Número de esfuerzo de flexión permisible [41].	88
Figura 29. Simulación de la fuerza en el engrane.	89
Figura 30. Factor de seguridad en el engrane.	89
Figura 31. Diagrama de cuerpo libre en 3D.	90
Figura 32. Diagrama de fuerza cortante y momento flector XY.	93
Figura 33. Diagrama de fuerza cortante y momento flector del plano XZ.	94
Figura 34. Diseño de eje principal.	96
Figura 35. Simulación del eje principal.	100
Figura 36. Factor de seguridad de acuerdo a la simulación del eje.	101
Figura 37. Chaveta de cuña S/DIN - 6886 [54].	102
Figura 38. FYTM 1.1/4 TF [55].	103
Figura 39. Fuerza aplicada.	105
Figura 40. Factor de seguridad en la cuchilla.	105
Figura 41. Desplazamientos en la cuchilla.	106
Figura 42. Sistema de corte de 2 cuchillas.	107
Figura 43. Deformación total.	108
Figura 44. Desplazamiento del sistema de corte.	108
Figura 45. Simulación de la estructura.	109
Figura 46. Factor de seguridad de la estructura inferior.	110

Figura 47.Grafcet de nivel 1	113
Figura 48.Grafcet nivel 2.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Partes del neumático.....	26
Tabla 2. Materiales de un neumático.....	27
Tabla 3. Composición química del neumático.....	27
Tabla 4. Índice de velocidad.....	29
Tabla 5. Índice de carga.....	29
Tabla 6. Fuerza necesaria para triturar un neumático según diversos autores.....	30
Tabla 7. Granulometría.....	38
Tabla 8. Tabulación de encuestas.....	41
Tabla 9. Requerimientos del cliente y técnicos.....	42
Tabla 10. Conclusiones de la casa de la calidad.....	43
Tabla 11. Alternativas de solución del módulo 1.....	47
Tabla 12. Alternativas de solución del módulo 2.....	51
Tabla 13. Alternativas de solución del módulo 3.....	53
Tabla 14. Generación de alternativas del módulo 1.....	55
Tabla 15. Generación de alternativas del módulo 2.....	56
Tabla 16. Generación de alternativas del módulo 3.....	57
Tabla 11. Criterios ponderados de requerimientos principales.....	59
Tabla 18. Criterios ponderados del Módulo 1- Volumen.....	60
Tabla 19. Criterios ponderados del Módulo 1-Velocidad de triturado.....	60
Tabla 20. Criterios ponderados del Módulo 1- Consumo de corriente.....	61
Tabla 21. Criterios ponderados del Módulo 1 - Dimensiones ergonómicas.....	61
Tabla 22. Solución módulo 1.....	62
Tabla 23. Criterios ponderados del Módulo 2 – Volumen.....	62

Tabla 24. Criterios ponderados del Módulo 2 - Velocidad de triturado.	63
Tabla 25. Criterios ponderados del Módulo 2 – Consumo de corriente.	63
Tabla 26. Criterios ponderados del Módulo 2 – Dimensiones ergonómicas.	64
Tabla 27. Solución módulo 2.	64
Tabla 28. Criterios ponderados del Módulo 3 – Volumen.	65
Tabla 29. Criterios ponderados del Módulo 3 - Velocidad de triturado.	65
Tabla 30. Criterios ponderados del Módulo 3 - Consumo de corriente.	66
Tabla 31. Criterios ponderados del Módulo 3 - Dimensiones ergonómicas	66
Tabla 32. Solución módulo 3.	67
Tabla 33. Criterios ponderados del Módulo 4 - Volumen.	67
Tabla 34. Criterios ponderados del Módulo 4 - Velocidad de triturado.	68
Tabla 35. Criterios ponderados del Módulo 4 - Dimensiones ergonómicas.	68
Tabla 36. Criterios ponderados del Módulo 4 - Consumo de corriente.	69
Tabla 37. Solución módulo 4.	69
Tabla 38. Soluciones modulares.	70
Tabla 39. Ángulos de corte de algunos materiales.	76
Tabla 40. Esfuerzo AGMA.	83
Tabla 41. Factor K_0	84
Tabla 42. Resultados del DCL.	95
Tabla 43. Momento resultante y factor de seguridad estático.	96
Tabla 44. Esfuerzo equivalente y factor de seguridad por fluencia.	97
Tabla 45. Factor de seguridad por fatiga.	99
Tabla 46. Chavetas y chavetero según la norma DIN.	102
Tabla 47. Configuración de elementos en la simulación.	107

Tabla 48. Elementos eléctricos en la máquina.....	112
Tabla 49. Costo de materia prima	115
Tabla 50. Costos directos de fabricación.....	116
Tabla 51. Costos de servicios básicos.....	116
Tabla 52. Costos de producción.....	117
Tabla 53. Gastos administrativos.....	117
Tabla 54. Gastos de operación.....	117
Tabla 55. Precio de la trituradora de neumáticos.....	118

INTRODUCCIÓN

Problema

La contaminación ambiental ha aumentado en el Ecuador y parte de ello es debido a los neumáticos fuera de uso ya que se demoran por lo menos 1000 años en degradarse, además de acuerdo a datos del Ministerio del Ambiente cada año se acumulan un estimado de 3 millones de estos neumáticos, siendo así el centro de infección y enfermedades como zika, la encefalitis, chikungunya, dengue, paludismo entre otras [1] [2] [3] [4].

La república del Ecuador “reconoce y garantiza a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza”; según el numeral 27 del artículo 66 de la Constitución de la República del Ecuador, además reconoce que los neumáticos usados son considerados desechos especiales según el Acuerdo Ministerial No. 142 del 11 de octubre de 2012, publicado en el Registro Oficial No. 856 de 21 de diciembre de 2012, por lo cual se ha desarrollado el instructivo de la gestión integral de los neumáticos usados, y en el en su artículo 5 establece que los productores y expendedores de neumáticos están en la obligación de ejecutar un Plan de Gestión Integral de Neumáticos Usados que no se lleva a cabo en la práctica [5] ya que en la ciudad de Ibarra se ha acumulado alrededor de 2000 neumáticos al año que han terminado su vida útil sin aplicación en reciclaje [6].

La municipalidad de Ibarra ha tomado acciones para combatir el problema, una de ella se refiere a un convenio firmado en el año 2015 con la Asociación de Vulcanizadores de la Provincia de Imbabura donde detalla un proyecto de recolección de neumáticos un día a la semana durante 8 horas para posteriormente trasladarlos a la ciudad de Quito a una planta de tratamiento [7], generando un gasto adicional y consumo de recursos.

Las aplicaciones de los neumáticos usados en nuestro medio se han limitado a artesanías y elementos ornamentales que no ayudan a cubrir la demanda de reutilización, es por ello que se han realizado estudios que desarrollan varias técnicas de procesamiento de neumáticos usados para posteriormente implementarlos en diversas aplicaciones como pulverizado y escenarios deportivos artificiales (canchas sintéticas y pistas de atletismo), también para la elaboración de pavimentos, asfaltados modificados y bujes automotrices, además se estima que al procesar 0,6 toneladas por hora, el problema de la contaminación se mitiga en un 55% [8] [6]. Pero, los costos del sistema de procesamiento de neumáticos usados alcanzan 130 mil dólares debido a la fabricación internacional, tan solo la máquina para trituración oscila entre los 42 mil dólares dependiendo de su procedencia, capacidad y sin tomar en cuenta su importación [9].

Objetivos

Objetivo general

Diseñar una máquina trituradora para la obtención de partículas de caucho a partir de neumáticos pre cortados, destinada al proceso de reciclaje de neumáticos.

Objetivos específicos

- Determinar las características de los neumáticos y los sistemas de trituración.
- Diseñar el sistema de trituración funcional para la obtención de partículas de caucho.
- Simular el comportamiento de los diferentes elementos que conforman dicho sistema.

Justificación

La contaminación de neumáticos usados es un problema de gran magnitud para el medio ambiente, y la falta de reciclaje ha conllevado a buscar alternativas de solución, por lo que existen sistemas capaces de procesar e implementarlos en diversas aplicaciones.

Existen grandes maquinarias producidas a nivel internacional que efectúan procesos de reciclaje que pueden ser importadas con grandes costos monetarios, además en Ecuador se han desarrollado diseños de máquinas trituradoras las cuales tiene poca implementación debido a que el neumático debe ingresar en trozos lo cual conlleva tiempos muertos, mayor consumo de potencia y el metal de los neumáticos se mezcla en el producto terminado, necesitando aún, un proceso de separación de componentes y es por ello que se ha dividido el proceso en varios recursos tecnológicos que permitan: retirar la pared lateral del neumático, fragmentarlo y triturarlo.

Este proyecto pretende diseñar la etapa de trituración, para lo cual se utilizará como materia prima el neumático fragmentado.

Alcance

Diseñar una máquina capaz de triturar neumáticos de 355,6 mm de aro (rin 14) para la obtención de partículas de caucho a partir de fragmentos pre cortados. Como resultado del diseño adjuntar planos detallados de la construcción mecánica y ensamble, de la misma forma incluir resultados de los estudios, simulación y listado de materiales.

Antecedentes

Los neumáticos son usados en todo el mundo y al cumplir su etapa de utilidad se convierten en un problema para el ecosistema, muestra de ello lo refleja un estudio de la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza en el cual se dice que las macropartículas de plástico que se desprenden de productos industriales como ropa sintética y neumáticos representan hasta el 30% de la basura que contaminan los océanos [10].

La contaminación del ambiente por medio de los neumáticos ha llevado a tomar acciones para combatir la situación, es así que el gobierno español ha decidido combatir este problema con

la implementación de 7 plantas de reciclaje capaz de procesar 140000 toneladas al año y posteriormente utilizarlo en las carreteras como composición del asfalto. Esta normativa permitirá reciclar 160000 toneladas de polvo de neumático cada año [11].

Ecuador ha implementado normativas que ayudan a mitigar el problema, pero no se ha podido evidenciar resultados aún, muestra de ello en la ciudad de Ibarra se han acumulado 10000 neumáticos fuera de uso durante 5 años, generando acumulación sin solución de acuerdo a la municipalidad, además la implementación de equipos para el tratamiento y la reutilización de caucho es sinónimo de costos elevados ya que se fabrica en otros países, generando desinterés en la compra [12] [6].

El reciclaje de los neumáticos ha conllevado diversas investigaciones de usos y métodos de los cuales se muestra una mayor factibilidad en la trituración y la separación de los componentes debido a que no se modifica la composición química y no genera contaminación al ser procesado, es por ello que en Ecuador se han desarrollado algunos diseños [6].

En el año 2015 en Guayaquil, Veintimilla desarrolla un diseño de trituradora de neumáticos con un costo de 60000 dólares, además es capaz de procesar 1 tonelada por hora y el ingreso del neumático es máximo de ring 16, con una potencia de 25,44 hp, de dos ejes con 13 cuchillas en cada eje, el cual no se implementa debido al costo [13].

En la ciudad de Guayaquil, en el año 2016, Lalama y Navarrete desarrollan un diseño de una trituradora de neumáticos con una capacidad de 0,64 toneladas por hora, con una potencia total instalada de 140 hp y con 4 árboles con ejes de iguales dimensiones, con un diámetro de 152,4 mm en la longitud del eje donde se ubican 15 cuchillas de un diámetro de 440 mm, ancho de 40 mm y un ángulo de corte de 20° [14].

En el año 2017, Mueses realiza el diseño y construcción de una máquina trituradora de neumáticos dando como resultados granulometría fina de 60%, efectividad de 90% e implementación de giro de motor para combatir atascamiento con una eficacia de un 80% [6].

En la ciudad de Quito en el 2017 , Flores diseña un prototipo de máquina trituradora para contribuir en la disminución de la contaminación ambiental el cual solo admite neumáticos de vehículos livianos, la potencia calculada es de 3 hp, además ingresa el material en trozos de 6 cm x 15 cm como máximo y después de la trituración se obtiene trozo de 11,5 cm x 2, 5 cm, siendo así un paso previo para obtener el polvillo de neumático [15].

CAPÍTULO 1

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Neumáticos

Los neumáticos son elementos que permiten la rodadura de vehículos en una superficie, su función se basa en la presión que genera el aire dentro de la cámara y soporta el peso para el cual fue fabricado; además son los encargados de resistir todos los esfuerzos durante su utilización, la fuerza de frenado, tracción, también brindan seguridad y estabilidad al usuario [16] [17].

Los neumáticos son fabricados de diferentes tipos ya sea por su utilización, vehículo y aplicación; pero su principal característica constructiva es la resistencia estructural y se puede clasificar en radiales y diagonales.

- Los radiales o cinturados están formados por capas de cables que están orientadas radialmente hacia el centro del neumático, conformándose en la forma de un cinturón [13].
- Los diagonales o convencionales están formados por capas uniformes de forma diagonal al neumático creando un patrón entrecruzado [13].

En la Figura 1 se puede observar la constitución de cada tipo de neumático, además la aplicación de cada una de ellas viene dada por el tipo de suelo a usarse debido a que las radiales presentan una mejor resistencia a deformación y brindan una mejor superficie de contacto, pero su vida útil es muy limitada en comparación a las diagonales [18].

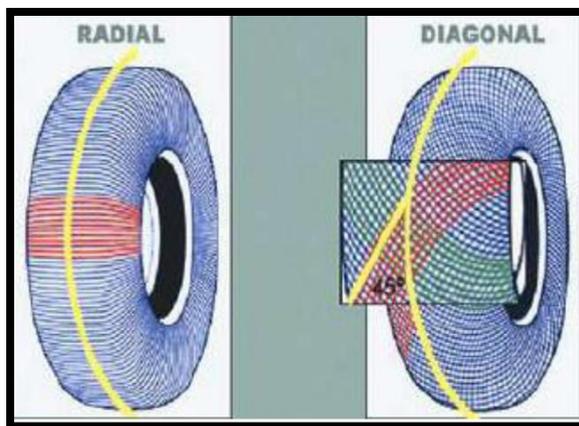


Figura 1. Neumático radial y diagonal [13].

1.1.1. Partes de los neumáticos

De acuerdo a la Norma NTE INEN 2096:1996 el neumático se conforma por diversas partes como se observa en la Figura 2 y se definen en la Tabla 1 .

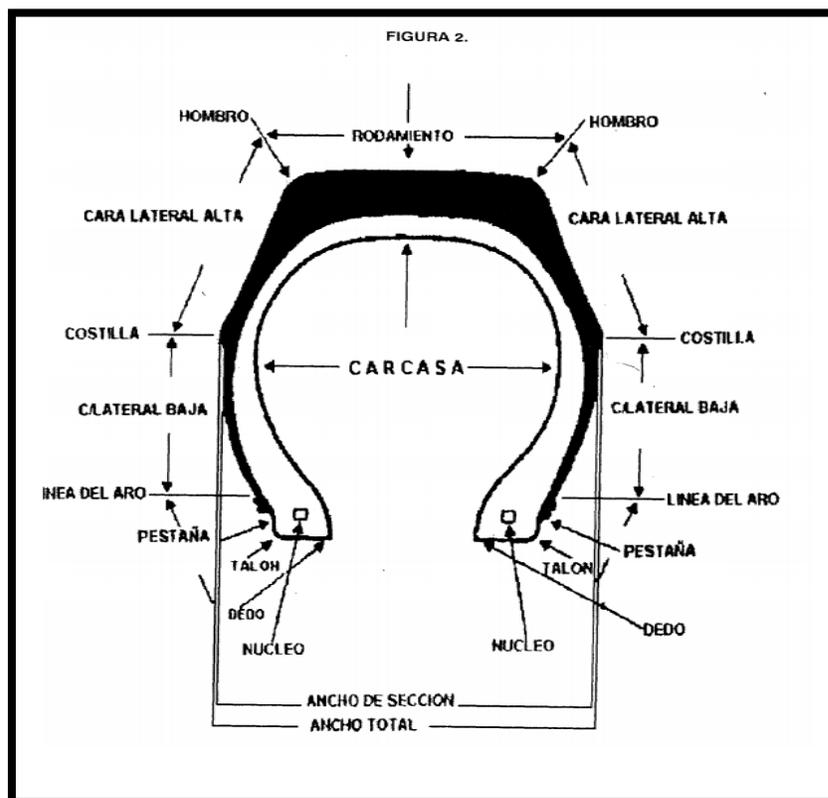


Figura 2. Partes del neumático.

Tabla 1

Partes del neumático.

Parte	Definición
Aro (rin).	Estructura metálica que apoya al conjunto formado por el neumático y tubo.
Banda de rodamiento.	Parte constitutiva del neumático que tiene como función el contacto físico con el suelo.
Cara lateral.	Parte lateral del neumático entre la pestaña y la banda de rodadura.
Hombro	Angulo formado al extremo de la banda de rodadura.
Carcasa.	Estructura interior del neumático.
Cinturón.	Capaz de refuerzo que brindan estabilidad y resistencia a los impactos. Se encuentran bajo la banda de rodadura.
Pestaña.	Parte de sujeción del aro el cual está formado por un grupo de alambres para brindar refuerzo del mismo.

Fuente [19].

1.1.2. Composición de los neumáticos

En la actualidad los materiales de los neumáticos es muy variada de acuerdo a cada fabricante, por ello se ha tomado como referencia a los componentes básicos que conforman los neumáticos, en la Tabla 2 se indica el porcentaje de los materiales, siendo el principal componente el caucho debido a que permite la elasticidad y estabilidad térmica del neumático en uso, adicionalmente se adhiere el negro de humo que ayuda a la resistencia de los cauchos ante la oxidación, y además se emplea el acero y fibras textiles en la banda de rodadura para refuerzo y soporte del vehículo; igualmente debido al proceso de vulcanización se adhiere productos químicos con altas composiciones en oxido de zinc [14].

La composición química varía de acuerdo al fabricante y al país de procedencia, así por ejemplo la empresa “Combustibles Alternativos Holderbank” describe en la Tabla 3 los componentes con su respectivo porcentaje, teniendo una mayor relación el carbono presente en los elastómeros [16].

Tabla 2

Materiales de un neumático

Material	Aporte de (%)
Carcasa de acero, nylon o rayón (1)	16
Caucho sintético o natural (2)	38
Negro de humo, sílice, carbón (3)	30
Lubricantes, aceites, resinas (4)	10
Productos químicos (5)	4
Productos químicos contra el envejecimiento (6)	1
Otros materiales (7)	1

Fuente [14].

Tabla 3

Composición química del neumático.

Elemento	Porcentaje
Carbono (C)	70%
Hidrógeno (H)	7%
Azufre (S)	1% - 3%
Cloro (Cl)	0,2% - 0,6%
Hierro (Fe)	15%
Óxido de Zinc	2%
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	5%
Cromo (Cr)	97 ppm
Níquel (Ni)	77 ppm
Plomo (Pb)	60 – 760 ppm
Cadmio	5 – 10 ppm
Talio	0,2 – 0,3 ppm

Fuente [16].

1.1.3. Identificación de los neumáticos

Los neumáticos presentan la información a detalle en los flancos laterales a fin de dar a conocer las características tales como descripción de medidas, índice de velocidad, carga y vida útil [20]. De acuerdo a la empresa Continental la identificación del neumático se puede observar en la Figura 3.



Figura 3. Identificación del neumático [20].

Las dimensiones expresadas en el ítem 3 de la Figura 3 se definen de la siguiente forma:

- 205 = Anchura del neumático en mm
- 55 = Relación altura por anchura (= 55%).
- R = Tipo radial
 - B = Neumático con cinturón textil
 - D = Neumático convencional
 - P = Neumático para autos de pasajeros
 - T = Neumático para camiones
 - LT = Neumático para camiones ligeros
- 16 = Diámetro de la llanta en pulgadas.

El índice de velocidad se expresa en letras con su equivalencia en km/h como se muestra en la Tabla 4, el índice de carga (LI) se observa en la Tabla 5 tiene su equivalencia en kg [20].

Tabla 4

Índice de velocidad.

Índice de velocidad	
Índice	Velocidad
Q	Hasta 160 km/h
R	Hasta 170 km/h
S	Hasta 180 km/h
T	Hasta 190 km/h
H	Hasta 210 km/h
V	Hasta 240 km/h
W	Hasta 270 km/h
Y	Hasta 300 km/h
ZR	Superior a 240 km/h

Fuente [20].

Tabla 5

Índice de carga.

Índice de carga											
LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg
65	290	71	345	77	412	83	487	89	580	95	690
66	300	72	355	78	425	84	500	90	600	96	710
67	307	73	365	79	437	85	515	91	615	97	730
68	315	74	375	80	450	86	530	92	630	98	750
69	325	75	387	81	462	87	545	93	650	99	775
70	335	76	400	82	475	88	560	94	670	100	800

Fuente [20]

El código de fabricación del neumático se encuentra en el marcaje denominado DOT que está representado por 4 números, de los cuales los dos primeros números representan la semana y los siguientes el año de fabricación [20].

1.1.4. Fuerza Cortante del Neumático

Durante el diseño de máquinas es preciso conocer algunos datos de entrada, es así que para comprender los esfuerzos presentes en la trituración de los neumáticos se necesita la fuerza con la que se cortan los mismos, tal como se indica en la Tabla 6, al consultar varias fuentes bibliográficas se ha encontrado que no existe información confiable acerca de estos datos.

Tabla 6

Fuerza necesaria para triturar un neumático según diversos autores.

Trabajo	Año	Región	Fuerza (N)
Máquina trituradora de caucho para la obtención de granulometría fina [6].	2017	Ecuador	559 N
Mechanical Properties of Shredded Tires [21]	2002	Estados Unidos	5 N
PHYNIX GmbH & Co KG.	2017	Estados Unidos	1065 N
Diseño de un sistema primario en el proceso de trituración de llantas usadas desalambradas [22]	2016	Colombia	754 N
Diseño de una máquina trituradora de neumáticos [14].	2016	Ecuador	22154 N
Diseño de triturador de neumáticos usados; capacidad 1TON/h, para la empresa municipal de aseo de cuenca (EMAC) [23].	2010	Ecuador	4323 N
Avances de diseño de prototipo de equipo de trozado de neumáticos fuera de uso provenientes de la explotación minera [24].	2013	Argentina	980 N

Fuente [25].

Dado la inconsistencia de datos, se realizó ensayos para obtener la fuerza necesaria para cortar el neumático, mediante el protocolo presentado en el Anexo A, se obtuvo que la fuerza requerida para cortar el neumático es de 2630 N [25].

1.2.Métodos para la reutilización de los Neumáticos Usados

Debido a la problemática de los neumáticos usados se han desarrollado algunas técnicas para reutilizarlos e implementarlos en otras aplicaciones, es por ellos que los diversos métodos permiten obtener nuevas características; a continuación, se describen algunos de estos métodos:

1.2.1. Regeneración

La regeneración del caucho es llevada a cabo mediante procesos químicos los cuales permiten obtener un material nuevo, el cual es capaz de ser vulcanizado e implementado en la constitución de cauchos con una resiliencia menor al original [26].

1.2.2. Desvulcanización

La desvulcanización permite la regeneración de los neumáticos, se aplican diversas técnicas que permiten la rotura entre los enlaces de azufre de las cadenas de hidrocarburos, se han definido dos tipos de desvulcanización como lo es, el proceso físico que se lleva a cabo mediante una fuente externa de energía mecánica, térmica, criogénica, microondas, ultrasónico y el proceso químico utiliza agentes químicos que dañan las uniones de azufre y utilizan agentes inorgánicos; esta técnica es la más usada en la industria [27].

1.2.3. Pirólisis

Se basa en la descomposición de moléculas en ausencia de oxígeno por medio de altas temperaturas para obtener productos que sirvan como materias primas o combustibles, pero debido

a la combustión generan contaminación hacia la atmosfera, productos contaminantes y cenizas, un modelo de esta planta se puede observar en la Figura 4 [28].

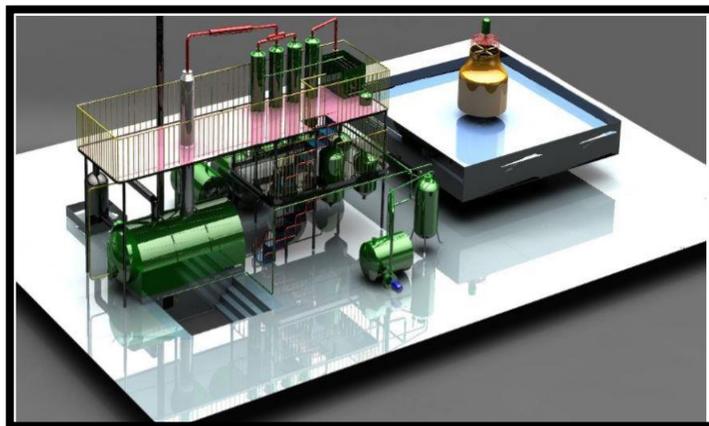


Figura 4. Esquema de planta de pirólisis [29].

1.2.4. Triturado

La trituración es un método por el cual se emplea energía mecánica para convertir un elemento en elementos de menor dimensión de acuerdo a las características de la maquinaria empleada, se conoce dos tipos de trituración y se detalla a continuación:

Trituración criogénica mostrada en la Figura 5, se basa en fragilizar el material mediante hielo seco o nitrógeno y posteriormente ingresa a una maquinaria de trituración o molienda el cual permite obtener una granulometría desde trozos hasta una muy fina, por la dificultad de implementación, funcionamiento y mantenimiento de la maquinaria es un proceso poco rentable [30].

Trituración mecánica mostrada en la Figura 6, se basa en el corte de cuchillas mediante un sistema mecánico, este sistema brinda la ventaja de triturar desde grandes elementos con un resultado en granulometrías muy finas, lo cual permite clasificar los materiales presentes de un

neumático como el caucho, la fibra textil y los alambres, además mediante un proceso adicional de selección son implementados en otros procesos [30].

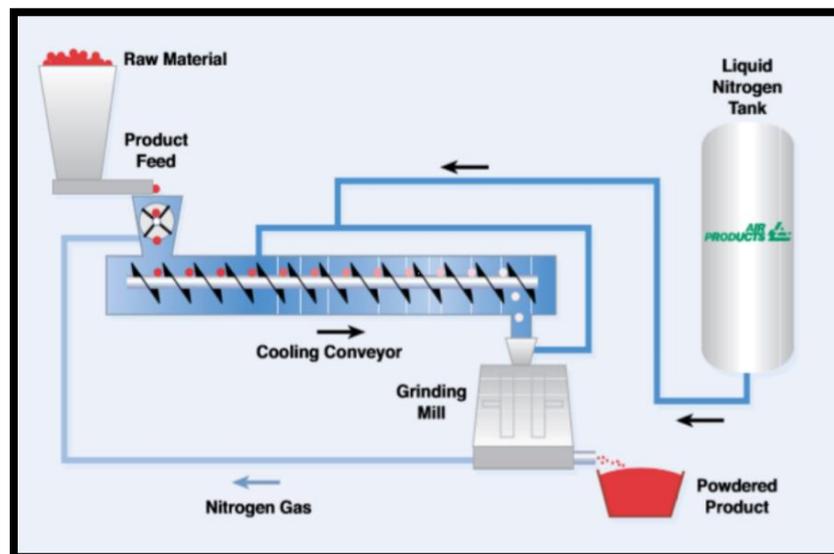


Figura 5. Proceso de molienda criogénica [31].

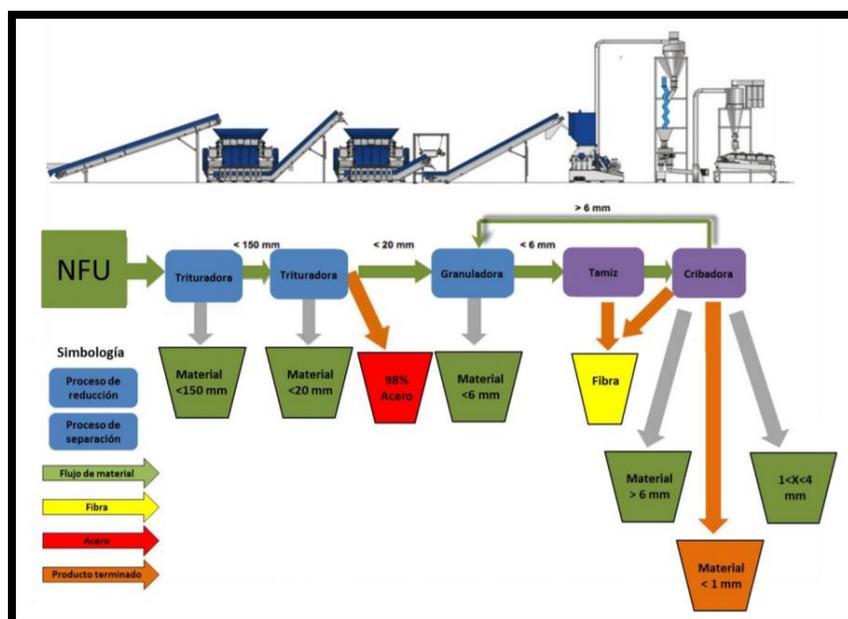


Figura 6. Proceso de trituración mecánica [32].

1.2.4.1. Tipos de trituradoras

Existen diversos tipos de trituradoras que se han diseñado dependiendo de los usos, entre las características que presentan está el número de ejes y dependiendo de ello es el dimensionamiento y funcionalidad, a continuación, se describe el tipo y uso de estos.

Trituradoras de 1 eje mostrada en la Figura 7 tienen un sistema sencillo ya que su movimiento se transmite a través de un eje que contiene diversas cuchillas que al girar van cortando el material, la granulometría se delimita por el espacio de separación entre cuchilla y cuchilla, además tiene contra cuchillas que permiten que el material no regrese [33].

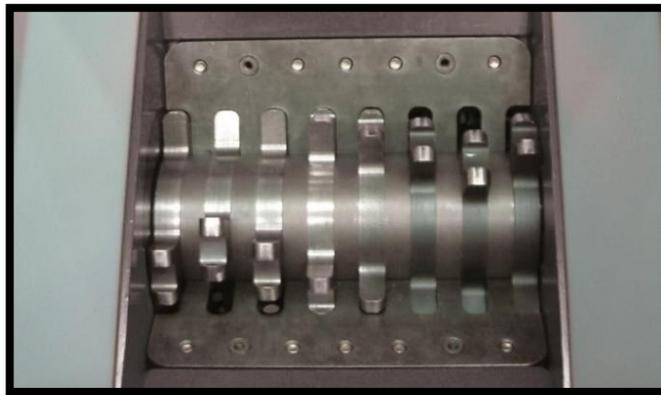


Figura 7-Trituradora 1 eje [34].

Las trituradoras de 2 ejes se puede observar en la Figura 8, las cuales están compuestas por dos ejes que rotan uno en contra del otro, las cuchillas de cada eje permiten un mejor agarre de los elementos de ingreso permitiendo una trituración precisa y evita que el material se salga del sistema y son utilizadas para neumáticos de gran tamaño. Las desventajas de estos sistemas son el costo debido al diseño, el sistema de transmisión y la fabricación [33].



Figura 8. Trituradora de 2 ejes [35].

Trituradoras de dos o más ejes como se pueden ver en la Figura 9 permiten una mejor trituración debido a mayor número de cuchillas que atrapan el material evitando que el material salte del sistema, la desventaja que presentan es el costo elevado debido al número de ejes. Son implementadas en la mayor parte de sistemas industriales por la gran capacidad y seguridad que brinda este tipo de maquinaria [33].



Figura 9. Trituradora de 4 ejes [35].

1.2.4.2.Etapas de la trituración

La trituración de neumáticos conlleva diferentes etapas puesto que una máquina no es capaz de procesar desde el ingreso total del neumático hasta pequeñas granulometrías, por dicha razón se parte del desprendimiento de la pestaña o aro de talón, posteriormente se ejecuta la trituración primaria y dependiendo de la granulometría a secundario o posteriores [22].

La extracción de la pestaña o aro de talón se puede observar en la Figura 10, este proceso proporciona una eficaz trituración de los neumáticos, está compuesto por un cilindro conectado a un gancho de alta resiliencia que ingresa en una placa que sostiene al neumático impidiendo el movimiento mientras se extrae el alambre [36].

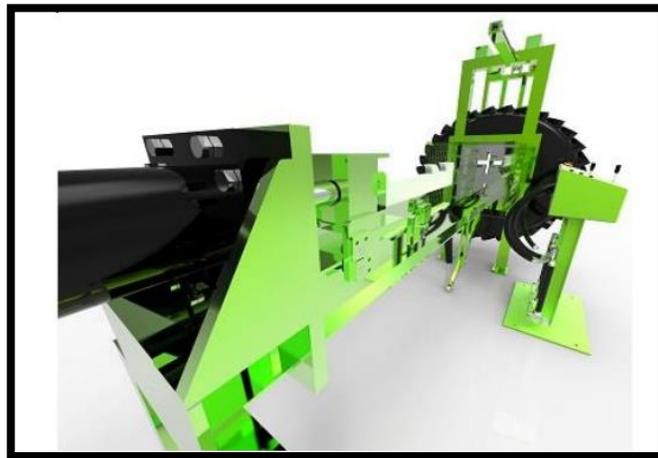


Figura 10. Destalonadora industrial [36].

La trituración primaria se indica en la Figura 11 parte del material en su tamaño original e ingresa a un sistema de corte compuesto por cuchillas en uno o más ejes que van cortando el neumático, depende del tipo de maquinaria el tamaño de la granulometría, pero generalmente esta etapa entrega trozos grandes con necesidad de seguir siendo triturados; consecuentemente aparece

la trituración secundaria y terciaria dependiendo de las veces que se triture y el tamaño de la granulometría deseada [22].



Figura 11. Trituradora primaria [22].

La implementación de varios procesos continuos de trituración permiten obtener la etapa de granulado del neumático, dicho proceso parte de neumáticos en trozos inferiores a 25,4 mm y posterior al proceso se obtiene granulometrías inferiores a 15 mm, en la Figura 12 podemos observar el neumático en la etapa de granulado [22].



Figura 12. Caucho granulado [22].

1.2.5. Granulometría de los neumáticos

Los tratamientos de neumáticos fuera de uso son variados, al igual que el producto entregado, por ello el dimensionamiento que presenta el caucho se lo designa granulometría y en la

Tabla 7 se puede observar la denominación de los neumáticos, el tamaño y el proceso utilizado para obtener dicho dimensionamiento [6].

Tabla 7

Granulometría.

Producto	Tamaño	Fuente	Tecnología
Neumático entero (W)	-	Neumáticos enteros Todas coche-camión	Mecánica (M)
Tiras (shred)(S)	50 - 300 mm	Todas	Mecánica (M)/ reducción a temperatura ambiente (A)
Astillas (chips)(C)	10-50 mm	Todas	Mecánica (M)/ reducción a temperatura ambiente (A)
Granulado (G)	1-10 mm	Todas	Reducción a temperatura ambiente(A)/ criogénico (C)
Polvo (P)	< 1 mm	Todas	Reducción a temperatura ambiente(A)/ criogénico (C)
Polvo fino (F)	< 500 μ m	Todas	Reducción a temperatura ambiente(A)/ criogénico (C) recuperación (R)/ desvucanización (D)
Buffins (B)	0 – 40 mm	Neumáticos pisados camión-coche	Buffing (B)
Recuperado (R)	Se suministra en bloques	Todas y granulado	Recuperación (R)
Desvulcanizado (D)	Depende del tamaño del polvo	Polvo de todas las fuentes	Reducción a temperatura ambiente (A)/ criogénico (C)/ desvulcanización (D)
Pirólítico (Y)	< 10 mm	Todas	Pirólisis (P)/buffing(B)/ reducción criogénica (C)
Productos de Carbón (Z)	< 500 μ m	Pirólítico	Otras tecnologías

Fuente [6].

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA DE DISEÑO

2.1.Revisión bibliográfica

Se describe la información acerca del diseño de un sistema de trituración partiendo de los neumáticos radiales y diagonales, las partes, composición e identificación; además se analiza la fuerza cortante necesaria para la trituración del neumático. Como parte del estudio también se describen los métodos de reutilización de los neumáticos fuera de uso por medio de la regeneración, desvulcanización, pirólisis y trituración criogénica y mecánica; tipos de trituradoras de 1, 2 o más ejes y las etapas de trituración, conjuntamente de la granulometría a obtenerse en este proceso los cuales brinda datos determinados a utilizarse en el posterior desarrollo.

2.2.Metodología

Se desarrolla el diseño conceptual de la máquina trituradora de neumáticos iniciando con el despliegue de la función de la calidad (QFD), el cual permite conocer los requerimientos necesarios través de encuestas y dar como solución los requerimientos prioritarios.

Se realiza un análisis modular de la máquina, en el cual se detalla cada una de las funciones a implementarse, tomando en cuenta la energía, materiales y señales que interviene en cada etapa y posteriormente se plantean alternativas de solución para cada función; además se selecciona una a partir del método de criterios ponderados en base a los requerimientos ponderados.

Finalmente, el diseño asistido por computador, CAD, se desarrolla tomando en cuenta la metodología de diseño para la fabricación y ensamble (DFMA) dando como resultado un equipo basado en las normas ergonómicas, seguridad laboral, intercambiabilidad de elementos, fácil ensamble y materiales del mercado nacional.

2.3.Diseño del triturador de neumáticos

Se desarrolla el diseño de los elementos de la máquina trituradora de neumáticos, iniciando con la determinación de la fuerza de corte necesario del neumático, para luego determinar en base a cálculos analíticos el sistema transmisión que a la vez nos permite definir: la potencia de la máquina, implementación de un motorreductor, transmisión por medio de piñones, cadena de rodillos y posicionamiento de las cuchillas. Posteriormente se considera el eje de transmisión y los elementos presentes con sus respectivas reacciones para encontrar el esfuerzo máximo y el factor de seguridad validándolo por una simulación, las chavetas se evalúan en función de los diámetros de los ejes diseñados, de la misma manera el estudio de la vida útil de los rodamientos aplicados en las chumaceras. En consecuencia, el diseño del sistema de engranajes se analiza mediante cálculos y se comprueban en base a la simulación CAD para su validación; se procede de igual manera para las cuchillas, el proceso de corte de un trozo de neumático y la estructura. El diseño del sistema de control parte del análisis individual de los elementos y se programa en un PLC, así también el sistema de control se dimensiona en base a la potencia del equipo.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS.

3.1. Resultados del diseño

3.1.1. Requerimientos del cliente

Los requerimientos para el diseño de una máquina parten de las necesidades de los clientes y de características que definen el dimensionamiento, es por ello que se desarrolló una encuesta como se muestra en el Anexo B, la cual se aplicó a 5 personas interesadas en el proyecto, la información obtenida se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

Tabulación de encuestas.

Pregunta	Alternativas de solución	Porcentaje de aceptación
¿Qué capacidad de triturado considera conveniente?	100 kg/h	60%
	75 kg/h	20%
	50 kg/h	20%
¿Está de acuerdo que ingrese una llanta a la vez en el sistema de trituración?	Si	80%
	No	20%
¿Cómo considera que debe ser la descarga del producto terminado, en la etapa de trituración primaria y secundaria?	Salida lateral	80%
	Salida vertical	20%
¿Cuál es el destino del producto final, en la etapa de trituración secundaria?	Astillas [10 – 50 mm]	60%
	Granulado [5–10 mm]	20%
	Polvo [1 – 5 mm]	20%
¿Considera que el sistema de triturado tenga inversión de giro?	Si	100%
	No	0%
¿Considera que se deba separar totalmente el alambre del talón del caucho, en la etapa de Extracción de talón?	Si	100%
	No	0%

Fuente propia.

3.1.2. La casa de la calidad (QFD)

La casa de la calidad, designada por las siglas QFD, permite conectar las necesidades de los usuarios con las características de un producto a diseñar, analizando lo que ofrece la competencia, el cómo lograrlo mediante la ingeniería y de esta forma obtener un resultado en base a las prioridades planificadas para ofrecer un producto superior a los ya existentes [37].

3.1.3. Voz del cliente

La voz del cliente define los requerimientos necesarios de la máquina con su respectiva importancia, datos obtenidos a partir de los resultados de la Tabla 8 [37].

3.1.4. Voz del ingeniero

La voz del ingeniero describe la solución de los requisitos del cliente mediante la aplicación de requerimientos técnicos [37].

La Tabla 9 muestra los requerimientos técnicos planteados en base a la voz del cliente.

Tabla 9

Requerimientos del cliente y técnicos.

Requerimientos de cliente	Requerimientos técnicos
Capacidad de triturado	Velocidad de triturado
Trituración de una llanta por proceso	Volumen
Obtener el producto final pequeño	Producto final granulado
Debe ser funcional ante atascamientos	Consumo de corriente
Ingreso del neumático pre cortados	Trozos de neumático
Apto para uso de usuarios locales	Dimensiones ergonómicas
Salida del material accesible para otro proceso	Tolva inferior lateral
Bajo costo	Desmontable
Fácil Mantenimiento	Automatización
Seguridad	Velocidad de triturado

Fuente propia.

3.1.5. Conclusiones de la casa de la calidad

En la Tabla 10 se indican los objetivos para el requisito funcional aplicando la metodología QFD junto a la importancia en la aplicación del diseño de la máquina trituradora de neumáticos.

Tabla 10

Conclusiones de la casa de la calidad.

Objetivos para el requisito funcional	Importancia
Capacidad de 100 kg/h	16%
Tolva de 0,086 m ³	12%
Granulometría [5-10 mm]	10%
Control de intensidad del motor	11%
Ingreso de tiras [50-300 mm]	10%
Cumplir el 80% de las normas INEN ISO-11228-1	11%
Sistema de desfogue situado a 400 mm del suelo	9%
80% de repuestos en el mercado local	10%
Primer nivel de automatización	7%
Cumplir el 80% de las normas industriales	7%

Fuente propia.

3.1.6. Análisis funcional

Es un análisis que permite conocer, analizar y congregar las variables que intervienen en el proceso de diseño, agrupándolas en funciones del sistema en una forma organizada mediante diagramas de flujo en tres niveles diferentes. Se representa mediante flecha doble al material, flecha simple a la energía y flecha entrecortada a la señal.

El nivel cero representa la función más básica de la máquina, analiza el tipo de materia prima con sus características más relevantes, tipo de energía a utilizar para el accionamiento de la máquina y las señales necesarias de los sensores. La materia prima es un neumático pre cortado, se considera la energía eléctrica para el accionamiento del sistema motriz de corte y la señal de los sensores de seguridad para protección del operador de la máquina; Figura 13,



Figura 13. Análisis Modular nivel 0

El nivel 1 permite desglosar a la función principal en subfunciones sin especificación detallada, en los cuales se describen los procesos que la máquina va a ejecutar.

En la Figura 14 se representa el Nivel 1 considerado para la máquina trituradora de neumáticos que consta de 6 subfunciones conformadas de la siguiente manera:

Subfunción 1: Analiza el sistema de encendido del sistema motriz

Subfunción 2: Ingreso del material pre cortado

Subfunción 3: Etapa de triturado

Subfunción 4: Sistema de atascamiento

Subfunción 5: Clasificación del material triturado

Subfunción 6: Salida del material triturado

En cada subfunción se describen los diferentes tipos de material, energía y señales que intervienen en cada uno de ellos.

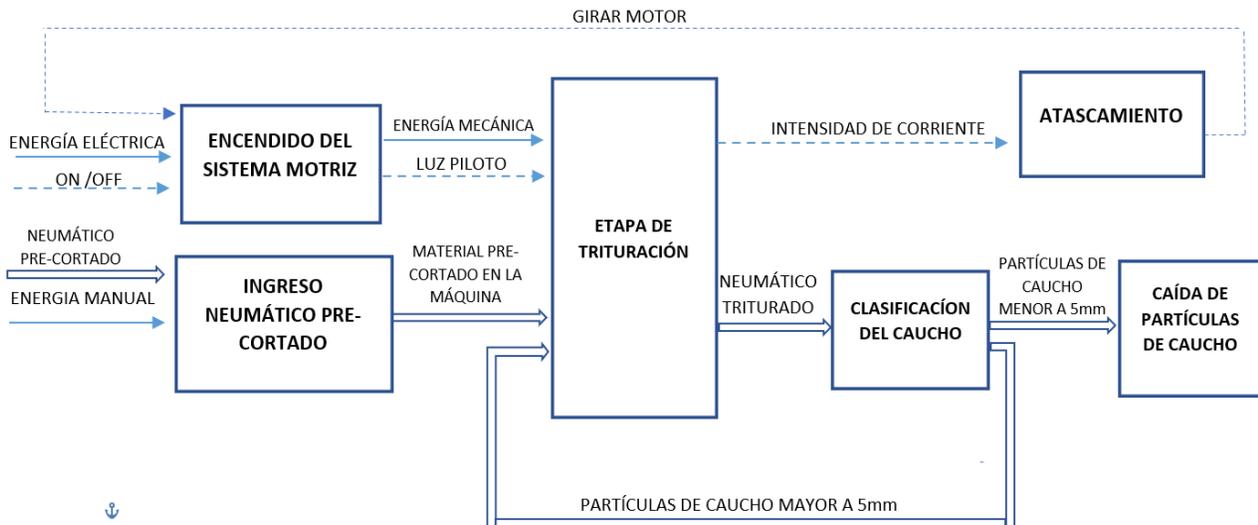


Figura 14. Análisis modular Nivel 1.

El Nivel 2 permite conocer más ampliamente lo que ocurre en cada subfunción del Nivel 1, al igual que los niveles anteriores cumple con las características de ingreso y salida.

Se analiza en cada subfunción del Nivel 1 y las funciones que ejecuta y su interrelación entre las entradas y salidas, luego se agrupa en funciones similares que permiten determinar los siguientes módulos:

MÓDULO 1: Energización del sistema

MÓDULO 2: Ingreso del material

MÓDULO 3: Inversión de giro y Trituración del material

MÓDULO 4: Salida del material.

En la Figura 15 se puede observar el esquema general de la estructuración por módulos de la máquina.

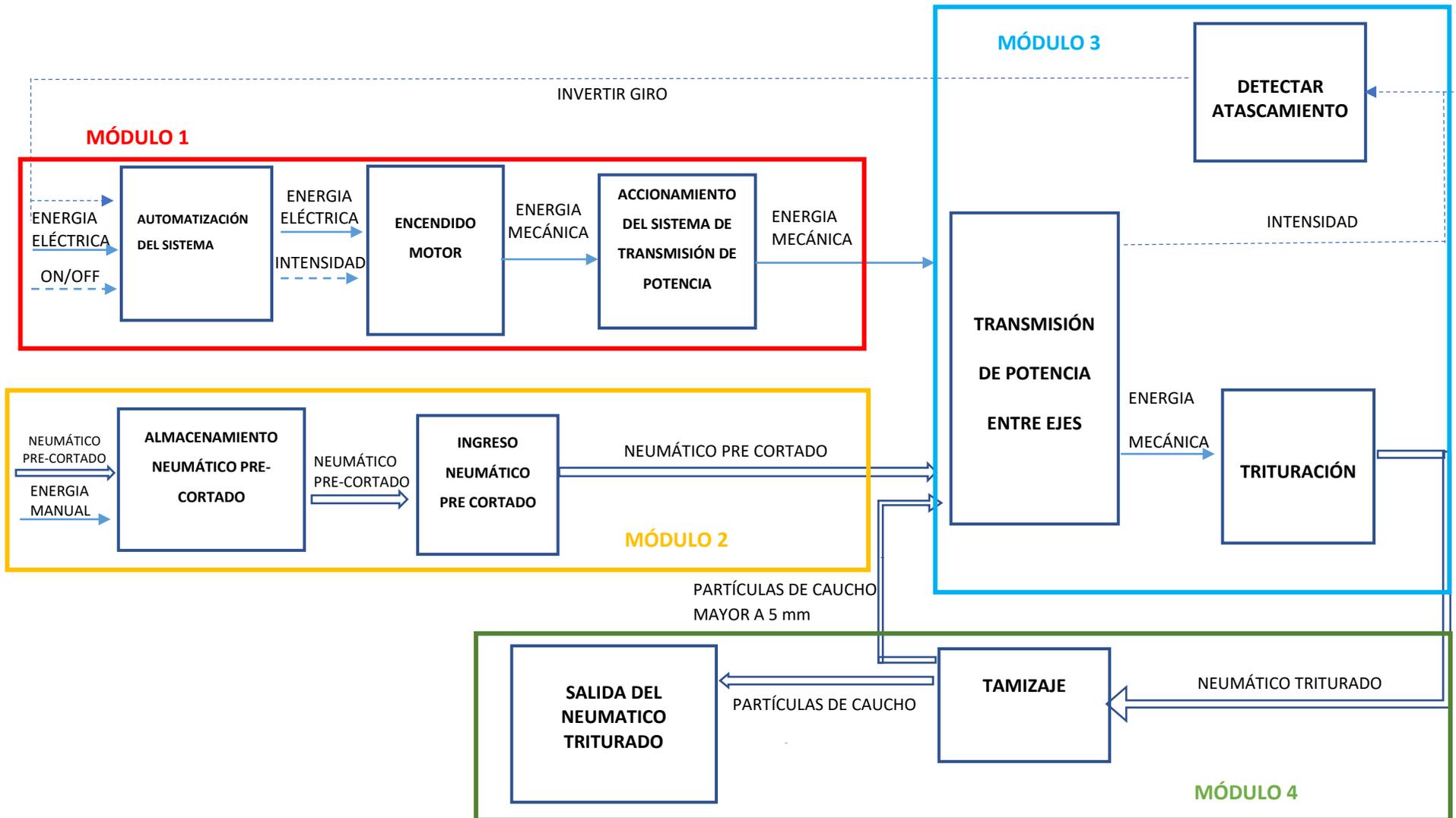


Figura 15. Estructuración modular.

3.1.7. Análisis modular

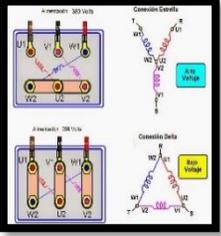
Los módulos descritos en el último párrafo del apartado anterior, describen requerimientos con los cuales se plantean posibles soluciones para determinar el diseño según los requerimientos. Las alternativas de solución para el módulo 1 se indican en la **¡Error!**

No se encuentra el origen de la referencia.1.

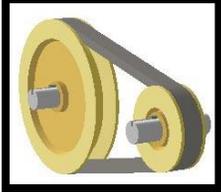
Tabla 11

Alternativas de solución del módulo 1.

N°	FUNCIONES	SOLUCIONES	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	GRÁFICO
1	AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA	Sensores y actuadores	Sistema de automatización mediante el uso de equipos físicos para poner en marcha y control de la máquina.	<ul style="list-style-type: none"> - Automatización completa - Bajo costo 	-Control del proceso mediante un operario	

N°	FUNCIONES	SOLUCIONES	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	GRÁFICO
Se refiere al nivel de automatización con el cual contara la máquina para controlar el proceso.	Dispositivos controladores	Sistema de automatización por el cual recogen datos de sensores para generar acciones programadas.	<ul style="list-style-type: none"> - Automatización completa - Control automático del proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> -Costo elevado -Personal capacitado para operar. 		
Continúa						
ENCENDIDO DEL MOTOR	Conexión estrella-triángulo	Este tipo de conexión permite arrancar al motor con una tensión baja y posteriormente al cambiar de conexión sube la tensión, a su vez la potencia.	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil uso - Bajo costo - Reducción el consumo de corriente 	-Esquema de conexión complejo.		
2 Se refiere a las posibles soluciones con las cuales se encenderá el motor.	Arrancador Suave	Es un dispositivo electrónico que permite controlar el arranque y parada de motores	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del consumo de corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> -Esquema de conexión complejo. -Alto costo -Poco par de arranque. 		

N°	FUNCIONES	SOLUCIONES	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	GRÁFICO
3	<p>TRANSMISIÓN DE POTENCIA</p> <p>Se refiere al mecanismo que será el encargado de transmitir el movimiento generado por el motor hacia los ejes de trituración.</p>	CADENA	<p>Elemento que proporciona una transmisión de potencia de un lugar a otro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bajas velocidades. - Soportan altos torques. - Transmite potencias entre dos elementos ubicados a distancias considerables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere constante lubricación. - Sistema ruidoso. 	
		Variador de frecuencia	<p>Este equipo permite el control de la velocidad en relación a la frecuencia de entrada del motor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil uso - Permite configurar a diversas velocidades y arranques suaves. - Protege al motor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo - Las averías no se pueden componer, debe ser reemplazado. 	 <p data-bbox="1692 630 1801 654">Continua</p>

N°	FUNCIONES	SOLUCIONES	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	GRÁFICO
		BANDA	Elemento que proporciona una transmisión de potencia de un lugar a otro.	<ul style="list-style-type: none"> - Altas velocidades - No soporta altos torques. - Transmite potencias entre dos elementos ubicados a distancias considerables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deformación de la banda con el tiempo. - Vida útil muy corta 	

Fuente propia.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**2 indica las alternativas de solución para el módulo 2.

Tabla 12

Alternativas de solución del módulo 2

N°	FUNCIONES	SOLUCIONES	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	GRÁFICO
1	ALMACENAMIENTO NEUMÁTICO PRE-CORTADO Se refiere al método de ingreso de los neumáticos pre cortados hacia la máquina.	MANUAL	Cualquier persona puede depositar los neumáticos hacia la máquina.	-Fácil acceso -Sin costo	-Esfuerzo físico	
		BANDA TRANSPORTADORA	El ingreso de los neumáticos se lo hace por medio de una banda transportadora.	-Alimentación constante de neumáticos pre cortados	-Alto costo -Difícil implementación	
		BRAZO ROBOTICO	El ingreso del neumático pre cortado lo realiza un brazo robótico.	-Alimentación constante de neumáticos pre cortados	-Alto costo -Difícil implementación -Difícil almacenaje del material.	

Continúa

N°	FUNCIONES	SOLUCIONES	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	GRÁFICO
2	<p>INGRESO NEUMÁTICO PRE-CORTADO</p> <p>Hace referencia al lugar en el cual va ser depositado el neumático pre cortado.</p>	TOLVA	Este elemento permite un almacenaje mientras se realiza la acción de trituración por parte de la maquinaria.	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil ingreso del material - Distribución dosificada del material. - Fácil desmontaje 	<ul style="list-style-type: none"> -Difícil mantenimiento. 	
		EMBUDO	Este elemento permite un almacenaje mientras se realiza la acción de trituración por parte de la maquinaria.	<ul style="list-style-type: none"> - Amplio almacenaje del material. - El material llega de una forma dosificada. 	<ul style="list-style-type: none"> -Difícil acceso manual -Difícil desmontaje -Difícil mantenimiento. -El material no se distribuye uniformemente en el proceso de trituración. 	

Fuente propia.

En la Tabla 13 se muestra las alternativas de solución del módulo 3.

Tabla 13

Alternativas de solución del módulo 3

N°	FUNCIONES	SOLUCIONES	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	GRÁFICO
1	DETECTAR ATASCAMIENTO Hace referencia al sistema el cual permite conocer cuando la trituradora detecte un atascamiento de las cuchillas	ENCODER	Dispositivo el cual mediante una señal permite conocer la posición de un elemento que gira.	-Fácil acceso -Alto costo	-Difícil implementación en la maquinaria debido a diversos ejes.	
		SENSOR DE CORRIENTE	Dispositivo que permite conocer el amperaje presente en una maquinaria.	-Fácil acceso -Precios bajos -Fácil implementación		
2	TRANSMISION DE POTENCIA ENTRE EJES Mecanismo por el cual giran los ejes.	ENGRANES	Elementos que proporcionan transmisión de potencia entre dos elementos centrados.	-Soportan altas cargas. -Bajo mantenimiento.	-No es un sistema flexible debido al centro de sus elementos. -Son costosos. Sistemas ruidosos.	

Continúa

N°	FUNCIONES	SOLUCIONES	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	GRÁFICO
3	MOVIMIENTO DE EJES Y CUCHILLAS Número de ejes que intervienen en el proceso de corte.	1 EJE	Sistema de un eje formado por varias cuchillas.	Fácil fabricación Sistema económico.	-Poca capacidad de trituración -No se consigue granulometrías finas. -Requiere un proceso de retitulado.	
		2 EJES	Sistema de dos ejes, cada uno formado por varias cuchillas.	Alcanza mayores capacidades de trituración en menor tiempo.	-No se obtiene granulometrías finas. -Difícil mantenimiento. -Requiere un proceso de retitulado.	
		4 EJES	Sistema de cuatro ejes, cada uno formado por varias cuchillas.	-Se obtiene granulometrías finas. -El tiempo de trituración es mínimo. -Alcanza grande capacidad de trituración.	-Sistema complejo -Difícil mantenimiento	

Fuente propia.

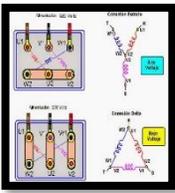
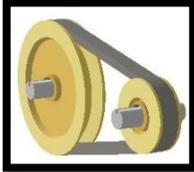
3.1.8. Alternativas de solución

Cada módulo que se generó cuenta con varias alternativas las cuales se ajustan de manera cualitativa con el fin de conocer las características de diseño de la máquina.

La generación de alternativas desarrolladas para el módulo 1 se puede observar en la Tabla 14.

Tabla 14

Generación de alternativas del módulo 1

Nº	FUNCIÓN	COMPONENTE
1	Automatización del sistema	 
2	Encendido del motor	  
3	Transmisión de potencia	 

Fuente propia.

- **Solución 1:** Automatización del sistema por sensores y actuadores, encendido del motor mediante conexión estrella- triángulo y transmisión de potencia por medio de cadena.
- **Solución 2:** Automatización del sistema por dispositivos controladores, encendido del motor mediante conexión estrella- triángulo y transmisión de potencia por medio de banda.

- **Solución 3:** Automatización del sistema por sensores y actuadores, encendido del motor mediante arrancador suave y transmisión de potencia por medio de cadena.
- **Solución 4:** Automatización del sistema por sensores y actuadores, encendido del motor mediante variador de frecuencia y transmisión de potencia por medio de banda

El análisis de las alternativas de módulo 2 se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15

Generación de alternativas del módulo 2

N°	FUNCIÓN	COMPONENTE
1	ALMACENAMIENTO NEUMÁTICO PRE-CORTADO	
2	INGRESO DEL NEUMÁTICO PRE-CORTADO	

Fuente propia.

- **Solución 1:** Ingreso manual del material con almacenamiento en una tolva.
- **Solución 2:** Ingreso del material mediante una banda transportadora con almacenamiento en una tolva.

- **Solución 3:** Ingreso del material mediante un brazo robótico con almacenamiento en un embudo.
- **Solución 4:** Ingreso del material mediante una banda transportadora con almacenamiento en un embudo.

El análisis de las alternativas de módulo 2 se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16

Generación de alternativas del módulo 3

N°	FUNCIÓN	COMPONENTE
1	DETECTAR ATASCAMIENTO	
2	TRANSMISION DE POTENCIA ENTRE EJES	
3	MOVIMIENTO DE EJES Y CUCHILLAS	

Fuente propia.

- **Solución 1:** Detección del atascamiento por medio de un encoder, la transmisión de potencia entre ejes se lo realiza mediante un juego de engranes y la trituración se lo hace con un sistema de 2 ejes.
- **Solución 2:** Detección del atascamiento por medio de un sensor de intensidad, la transmisión de potencia entre ejes se lo realiza mediante un juego de engranes y la trituración se lo hace con un sistema de 1 eje.
- **Solución 3:** Detección del atascamiento por medio de un sensor de intensidad, la transmisión de potencia entre ejes se lo realiza mediante un juego de engranes y la trituración se lo hace con un sistema de 4 ejes.

Para la selección de alternativas se aplica el método de criterios ponderados que relaciona los requerimientos obtenidos mediante la metodología QFD, los cuales se ubican en filas y columnas para realizar un análisis de la importancia entre sí.

- Velocidad de triturado,
- Volumen,
- Consumo de corriente
- Dimensiones ergonómicas

Se asigna con el valor de uno cuando la importancia es alta, igual importancia con cero coma cinco e importancia baja con cero y se realiza la sumatoria de cada fila y se adiciona el uno.

Todas las sumatorias se suman obteniendo el total y luego se calcula la fracción de cada criterio.

La Tabla 17 muestra la aplicación del método orientado a los requerimientos principales de la máquina trituradora de neumáticos propuestos.

Tabla 17

Criterios ponderados de requerimientos principales.

CRITERIOS	Velocidad de triturado	Volumen	Consumo de corriente	Dimensiones ergonómicas	Σ+1	Ponderación
Velocidad de triturado		0	0,5	1	2,5	0,25
Volumen	1		0,5	0,5	3	0,3
Consumo de corriente	0,5	0,5		0,5	2,5	0,25
Dimensiones ergonómicas	0	0,5	0,5		2	0,2
		Total			10	1

Fuente propia.

De acuerdo con el análisis de los requerimientos técnicos por el método de criterios ponderados se obtiene la importancia de los requerimientos de la siguiente forma:

VOLUMEN > VELOCIDAD DE TRITURADO = CONSUMO DE CORRIENTE > DIMENSIONES ERGONOMICAS

La solución de cada módulo se realiza mediante el método de análisis ponderados entre las posibles soluciones planteadas, pero con referencia a los requerimientos analizados en la Tabla 11 que definen las necesidades de la máquina. El resultado de cada análisis se resume en una tabla de solución final que multiplica la ponderación de importancia de cada criterio.

Solución de alternativas del módulo 1

En la Tabla 18 se puede observar el análisis realizado del módulo 1 con respecto al volumen de la máquina, dando a la solución 1 y 3 una igualdad en importancia.

Tabla 18

Criterios ponderados del Módulo 1- Volumen.

VOLUMEN	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	0,5	1	3,5	0,35
Solución 2	0		0	0,5	1,5	0,15
Solución 3	0,5	1		1	3,5	0,35
Solución 4	0	0,5	0		1,5	0,15
	TOTAL				10	1

Fuente propia.

SOLUCIÓN 1 = SOLUCIÓN 3 > SOLUCIÓN 2 = SOLUCIÓN 4

La Tabla 19 indica el análisis del módulo con respecto a la velocidad de trituración de la máquina, de esta forma siendo la solución 1 la más factible.

Tabla 19

Criterios ponderados del Módulo 1-Velocidad de triturado.

VELOCIDAD DE TRITURADO	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	0,5	1	3,5	0,35
Solución 2	0		0	1	2	0,2
Solución 3	0,5	1		0,5	3	0,3
Solución 4	0	0	0,5		1,5	0,15
	TOTAL				10	1

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 3 > SOLUCIÓN 2 > SOLUCIÓN 4

En la Tabla 20 se puede observar el análisis del módulo 1 realizado con respecto al consumo de corriente de la máquina, dando una concordancia entre las 4 soluciones.

Tabla 20

Criterios ponderados del Módulo 1- Consumo de corriente.

CONSUMO DE CORRIENTE	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0,5	0,5	2,5	0,25
Solución 2	0,5		0,5	0,5	2,5	0,25
Solución 3	0,5	0,5		0,5	2,5	0,25
Solución 4	0,5	0,5	0,5		2,5	0,25
	TOTAL				10	1

Fuente propia

SOLUCIÓN 4 = SOLUCIÓN 2 = SOLUCIÓN 3 = SOLUCIÓN 1

La Tabla 21 analiza el criterio de dimensiones ergonómicas con respecto al módulo 1, dando una equivalencia entre las cuatro posibles soluciones.

Tabla 21

Criterios ponderados del Módulo 1 - Dimensiones ergonómicas.

DIMENSIONES ERGONOMICAS	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0,5	0,5	2,5	0,25
Solución 2	0,5		0,5	0,5	2,5	0,25
Solución 3	0,5	0,5		0,5	2,5	0,25
Solución 4	0,5	0,5	0,5		2,5	0,25
	TOTAL				10	1

Fuente propia.

SOLUCIÓN 4 = SOLUCIÓN 2 = SOLUCIÓN 3 = SOLUCIÓN 1

De acuerdo al análisis realizado en la Tabla 22 se describe la solución 1 como la óptima en el diseño del módulo 1 de la máquina trituradora de neumáticos.

Tabla 22

Solución módulo 1.

Solución Final	Volumen	Velocidad de triturado	Consumo de corriente	Dimensiones ergonómicas	Σ	Prioridad
Solución 1	0,105	0,0875	0,0625	0,05	0,305	1
Solución 2	0,045	0,05	0,0625	0,05	0,2075	3
Solución 3	0,105	0,075	0,0625	0,05	0,2925	2
Solución 4	0,045	0,0375	0,0625	0,05	0,195	4

Fuente propia

El módulo 1 queda conformado por la automatización del sistema por medio de sensores y actuadores, el encendido del motor mediante conexión estrella- triángulo y transmisión de potencia por medio de cadena.

Solución de alternativas del módulo 2

En la Tabla 23 se puede observar el análisis del módulo 2 realizado con respecto al volumen de la máquina, dando a la solución 1 como la óptima.

Tabla 23

Criterios ponderados del Módulo 2 – Volumen.

VOLUMEN	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	1	4	0,40
Solución 2	0		1	1	3	0,30
Solución 3	0	0		0,5	1,5	0,15
Solución 4	0	0	0,5		1,5	0,15
		TOTAL			10	1,00

Fuente Propia

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2 > SOLUCIÓN 3 = SOLUCIÓN 1

La Tabla 24 muestra el análisis del módulo 2 con respecto a la velocidad de triturado de la máquina, siendo la prioridad las soluciones 1 y 2.

Tabla 24

Criterios ponderados del Módulo 2 - Velocidad de triturado.

VELOCIDAD DE TRITURADO	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	1	1	3,5	0,35
Solución 2	0,5		1	1	3,5	0,35
Solución 3	0	0		0,5	1,5	0,15
Solución 4	0	0	0,5		1,5	0,15
TOTAL					10	1,00

Fuente propia.

SOLUCIÓN 1 = SOLUCIÓN 2 > SOLUCIÓN 3 = SOLUCIÓN 4

En la Tabla 25 se puede observar el análisis del módulo 2 realizado con respecto al consumo de corriente de la máquina, mostrando a la solución 1 como la más factible.

Tabla 25

Criterios ponderados del Módulo 2 – Consumo de corriente.

CONSUMO DE CORRIENTE	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	1	4	0,4
Solución 2	0		1	1	3	0,3
Solución 3	0	0		0,5	1,5	0,15
Solución 4	0	0	0,5		1,5	0,15
TOTAL					10	1,00

Fuente propia.

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2 > SOLUCIÓN 3 = SOLUCIÓN 4

La Tabla 26 muestra el análisis del módulo 2 en relación con el criterio de dimensiones ergonómicas de la máquina, resultando la solución 2 con mayor ponderación.

Tabla 26

Criterios ponderados del Módulo 2 – Dimensiones ergonómicas.

DIMENSIONES ERGONOMICAS	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	1	1	3	0,3
Solución 2	1		1	1	4	0,4
Solución 3	0	0		0,5	1,5	0,15
Solución 4	0	0	0,5		1,5	0,15
TOTAL					10	1,00

Fuente propia.

SOLUCIÓN 2 > SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 3 = SOLUCIÓN 4

Según el análisis realizado en la Tabla 27 se describe a la solución 1 como la óptima en el diseño del módulo 2 de la máquina trituradora de neumáticos.

Tabla 27

Solución módulo 2.

Solución Final	Volumen	Velocidad de triturado	Consumo de corriente	Dimensiones ergonómicas	Σ	Prioridad
Solución 1	0,12	0,09	0,10	0,06	0,37	1,00
Solución 2	0,09	0,09	0,08	0,08	0,33	3,00
Solución 3	0,05	0,04	0,04	0,03	0,15	2,00
Solución 4	0,05	0,04	0,04	0,03	0,15	4,00

Fuente propia.

De acuerdo al análisis ejecutado el módulo 2 se conforma por el ingreso manual del material con almacenamiento en una tolva.

Solución de alternativas del módulo 3

En la Tabla 28 se puede observar el análisis del módulo 3 realizado con respecto al volumen de la máquina, siendo la solución 3 la más factible.

Tabla 28

Criterios ponderados del Módulo 3 – Volumen.

VOLUMEN	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0	1,5	0,25
Solución 2	0,5		0	1,5	0,25
Solución 3	1	1		3	0,50
	TOTAL			6	1

Fuente propia.

SOLUCIÓN 3 > SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2

La Tabla 29 muestra el análisis del módulo 3 realizado con respecto al criterio de velocidad de triturado de la máquina dando a la solución 3 con más ponderación.

Tabla 29

Criterios ponderados del Módulo 3 - Velocidad de triturado.

VELOCIDAD DE TRITURADO	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	0	2	0,33
Solución 2	0		0	1	0,17
Solución 3	1	1		3	0,50
	TOTAL			6	1

Fuente propia.

SOLUCIÓN 3 > SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2

En la Tabla 30 se puede observar el análisis del módulo 3 realizado con respecto al consumo de corriente de la máquina resultando la solución 1 como la adecuada.

Tabla 30

Criterios ponderados del Módulo 3 - Consumo de corriente.

CONSUMO DE CORRIENTE	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,50
Solución 2	0		1	2	0,33
Solución 3	0	0		1	0,17
TOTAL				6	1

Fuente propia.

SOLUCIÓN 1 > SOLUCIÓN 2 > SOLUCIÓN 3

La Tabla 31 analiza el módulo 3 con respecto al criterio de dimensiones ergonómicas de la máquina, lo cual demuestra una igualdad en las soluciones.

Tabla 31

Criterios ponderados del Módulo 3 - Dimensiones ergonómicas.

DIMENSIONES ERGONOMICAS	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0,5	2	0,33
Solución 2	0,5		0,5	2	0,33
Solución 3	0,5	0,5		2	0,33
TOTAL				6	1

Fuente propia.

SOLUCIÓN 1 = SOLUCIÓN 2 = SOLUCIÓN 3

De acuerdo con el análisis realizado en la Tabla 32 se observa que la solución 3 propuesta es la más viable para el diseño del módulo 3 de la máquina trituradora de neumáticos.

Tabla 32

Solución módulo 3.

Solución Final	Volumen	Velocidad de triturado	Consumo de corriente	Dimensiones ergonómicas	Σ	Prioridad
Solución 1	0,08	0,08	0,13	0,07	0,35	2
Solución 2	0,08	0,04	0,08	0,07	0,27	3
Solución 3	0,15	0,13	0,04	0,07	0,38	1

Fuente propia.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra las funciones del módulo 4 y las posibles soluciones de tamizaje y la salida del neumático triturado.

Solución de alternativas del módulo 4

La Tabla 33 muestra un análisis del módulo 4 realizado con respecto al volumen de la máquina, resultando la solución 2 con mayor ponderación.

Tabla 33

Criterios ponderados del Módulo 4 - Volumen.

VOLUMEN	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	1	0	2	0,2
Solución 2	1		1	1	4	0,4
Solución 3	0	0		0	1	0,1
Solución 4	1	0	1		3	0,3
TOTAL					10	1

Fuente propia.

SOLUCIÓN 2> SOLUCIÓN4 > SOLUCIÓN 1> SOLUCIÓN 3

En la Tabla 34 se puede observar el análisis del módulo 4 realizado con respecto a la velocidad de triturado de la máquina, dando a la solución 2 como la óptima.

Tabla 34

Criterios ponderados del Módulo 4 - Velocidad de triturado.

VELOCIDAD DE TRITURADO	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	0,5	0	1,5	0,15
Solución 2	1		1	1	4	0,4
Solución 3	0,5	0		0	1,5	0,15
Solución 4	1	0	1		3	0,3
TOTAL					10	1

Fuente propia.

SOLUCIÓN 2> SOLUCIÓN4 > SOLUCIÓN 1=SOLUCIÓN 3

En la Tabla 35 se analiza el módulo 4 con respecto a las dimensiones ergonómicas de la máquina, resultando la solución dos como la más factible.

Tabla 35

Criterios ponderados del Módulo 4 - Dimensiones ergonómicas.

DIMENSIONES ERGONOMICAS	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	0,5	0	1,5	0,15
Solución 2	1		1	1	4	0,4
Solución 3	0,5	0		0	1,5	0,15
Solución 4	1	0	1		3	0,3
TOTAL					10	1

Fuente propia.

SOLUCIÓN 2> SOLUCIÓN4 > SOLUCIÓN 1= SOLUCIÓN 3

En la Tabla 36 se puede observar el análisis del módulo 4 con respecto al criterio de consumo de corriente de la máquina, obteniendo las soluciones 1 y 3 con igual importancia principal.

Tabla 36

Criterios ponderados del Módulo 4 - Consumo de corriente.

CONSUMO DE CORRIENTE	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	0,5	1	3,5	0,35
Solución 2	0		0	0	1	0,1
Solución 3	0,5	1		1	3,5	0,35
Solución 4	0	1	0		2	0,2
TOTAL					10	1

Fuente propia.

SOLUCIÓN 1= SOLUCIÓN3 > SOLUCIÓN 4> SOLUCIÓN 2

De acuerdo con el análisis realizado en la Tabla 37 se describe la solución 2 como la óptima en el diseño del módulo 4 de la máquina trituradora de neumáticos.

Tabla 37

Solución módulo 4.

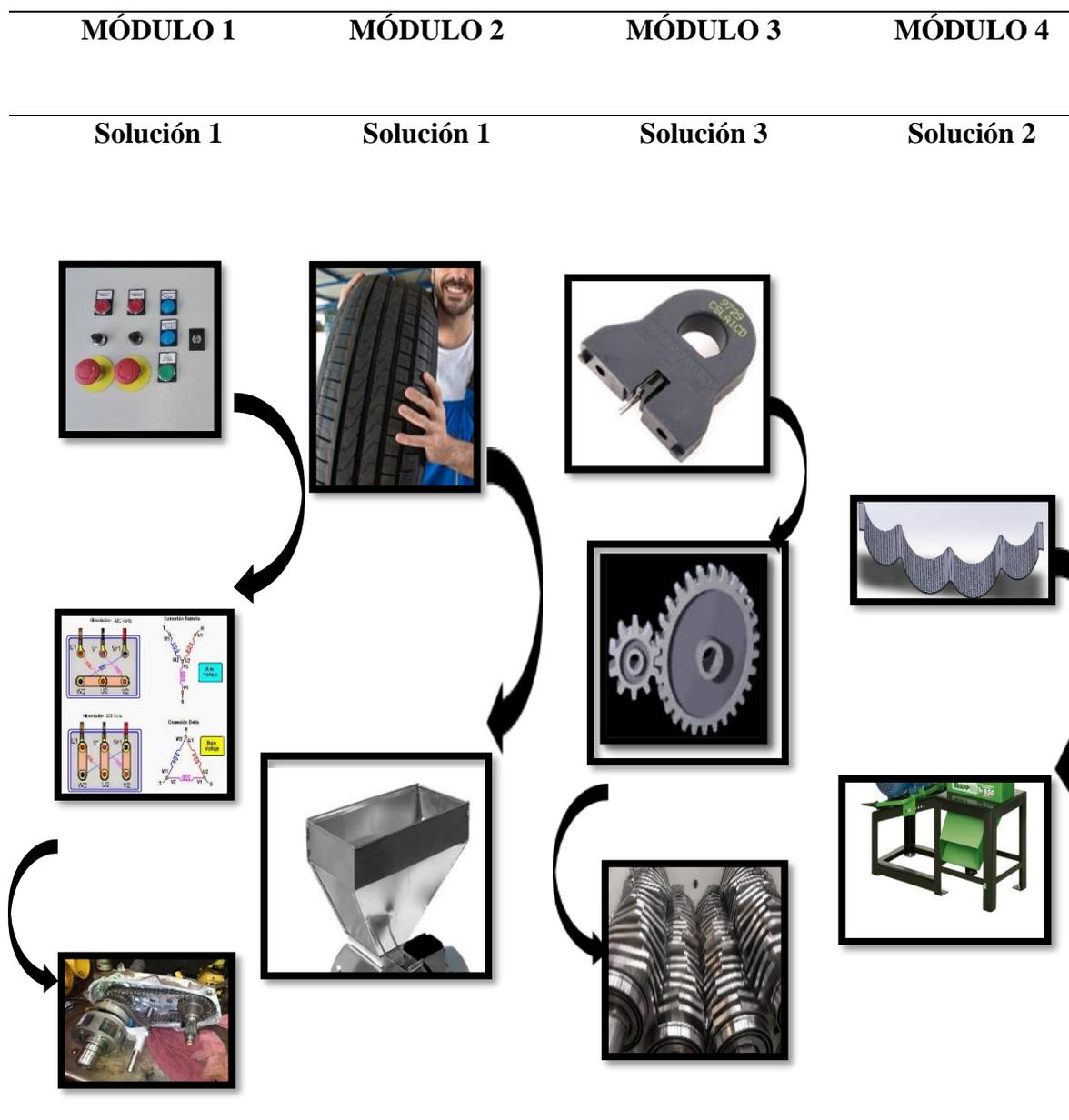
Solución Final	Volumen	Velocidad de triturado	Consumo de corriente	Dimensiones ergonómicas	Σ	Prioridad
Solución 1	0,06	0,04	0,09	0,03	0,22	3
Solución 2	0,12	0,10	0,03	0,08	0,33	1
Solución 3	0,03	0,04	0,09	0,03	0,19	4
Solución 4	0,09	0,08	0,05	0,06	0,28	2

Fuente propia

En la Tabla 38 se hace referencia a cada uno de los módulos con sus respectivas soluciones factibles en el diseño.

Tabla 38

Soluciones modulares.



3.1.9. DFMA

El diseño para la fabricación y montaje es una metodología que analiza las características del producto a diseñar para la mejora de los costos, calidad de los productos, factores ergonómicos y seguridad laboral [38].

El diseño de la máquina trituradora de neumáticos parte del diseño asistido por computador, el cual se ha implementado usando los conceptos de DFMA; se ha dividido en ensamble superior e inferior para facilitar el ensamble de la máquina.

En la Figura 16 se puede observar el diseño del ensamble superior del equipo, el cual consta de una tolva para el ingreso del material y se ha diseñado una tapa para evitar la salida del material. Además, consta de una estructura angular que sirve de soporte debido a que se sujeta con pernos la tolva y las paredes de la máquina, de esta forma permite un montaje fácil y el mantenimiento accesible para el usuario.

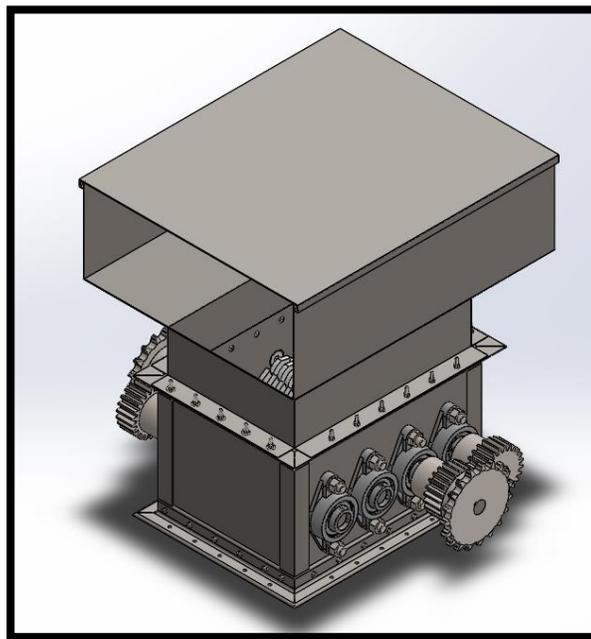


Figura 16. Ensamble superior.

El ensamble inferior se puede observar en la Figura 17 el cual está constituido por una mesa que soporta el peso de la estructura superior, el sistema de motores y salida del material; además los elementos están sujetos por medio de pernos para facilitar el ensamble.

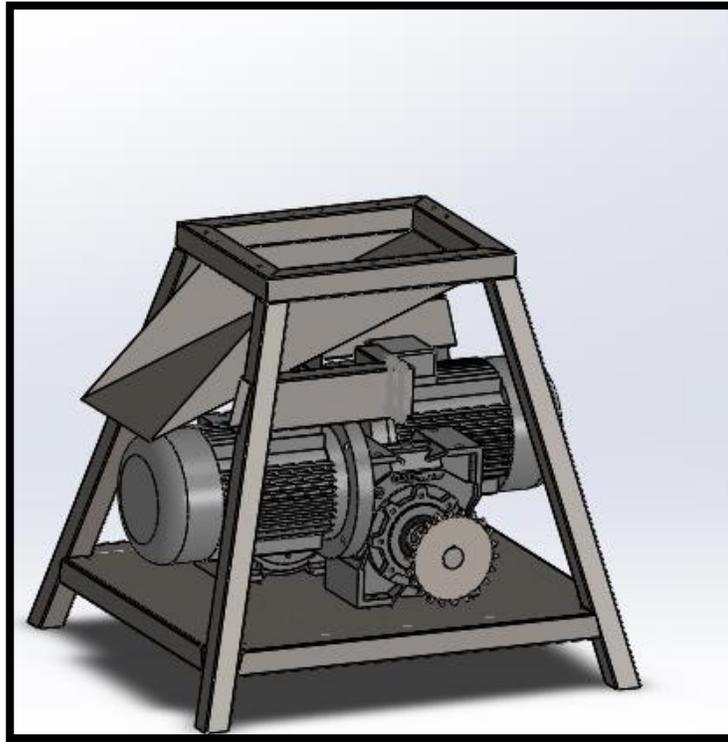
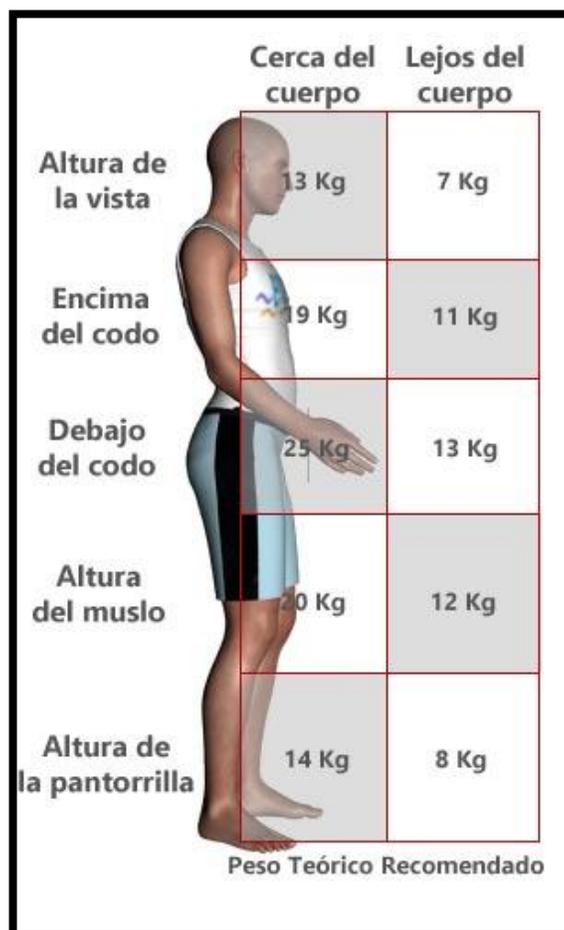


Figura 17. Ensamble inferior.

De acuerdo con las normas de ergonomía la carga recomendada es de 25 kg el cual no debe exceder los 15 ciclos/minuto, debido a la capacidad necesaria de la máquina de 100 kg/h el material debe ingresar por etapas.

La posición de la carga con respecto al cuerpo delimita el dimensionamiento de la



maquinaria como se puede observar en la

Figura 18.

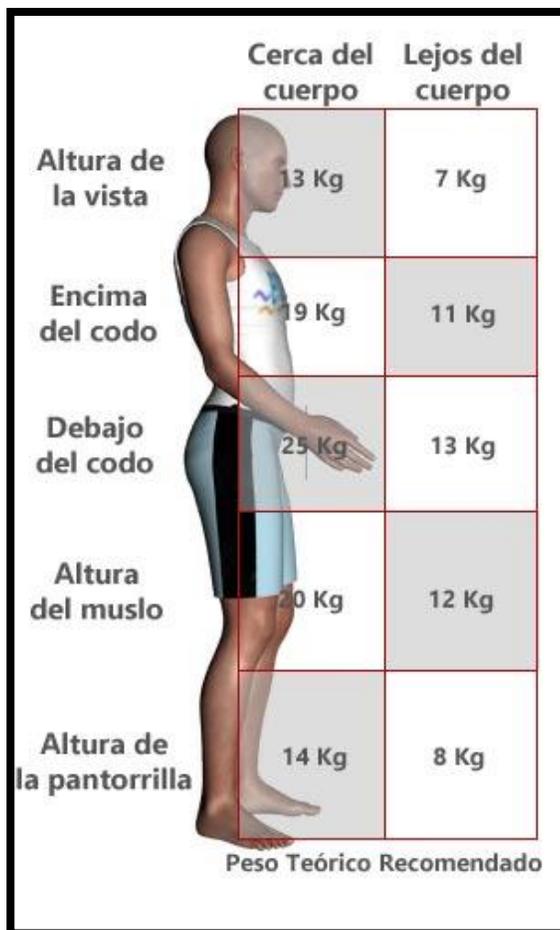


Figura 18. Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación [40].

Según datos de la Organización mundial de la Salud ha determinado que la estatura promedio en el Ecuador es de 1,67 m, y recomienda cargar hasta 7 kg para no afectar en la salud del usuario [39]. Estos parámetros permiten delimitar el tamaño de la máquina.

En la Figura 19 se observa la propuesta estructural de la máquina, consta de protecciones en donde se encuentran los elementos de transmisión de potencia para evitar accidentes laborales.

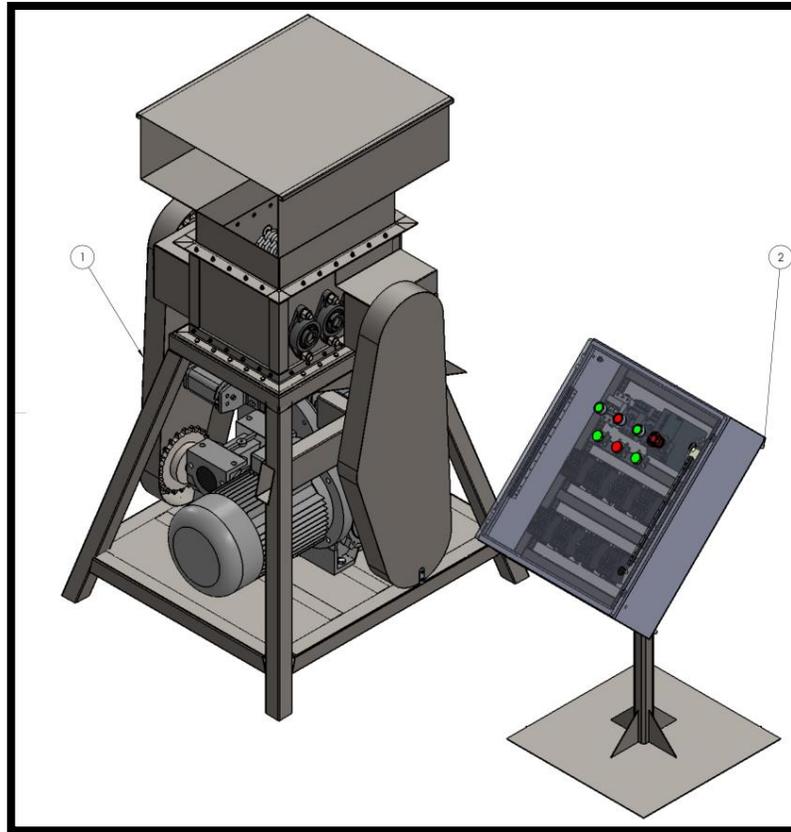


Figura 19. Diseño CAD trituradora de neumáticos.

Los materiales a seleccionar serán seleccionados considerando el mercado nacional para cada elemento de la máquina los cuales se puede evidenciar en los planos ubicados en el Anexo D [39] [41] .El sistema del control eléctrico consta de un pedestal para un fácil acceso del operario.

3.1.10. Diseño de las cuchillas

Las cuchillas deben cumplir los ángulos de las herramientas de corte como muestra la Figura 20.

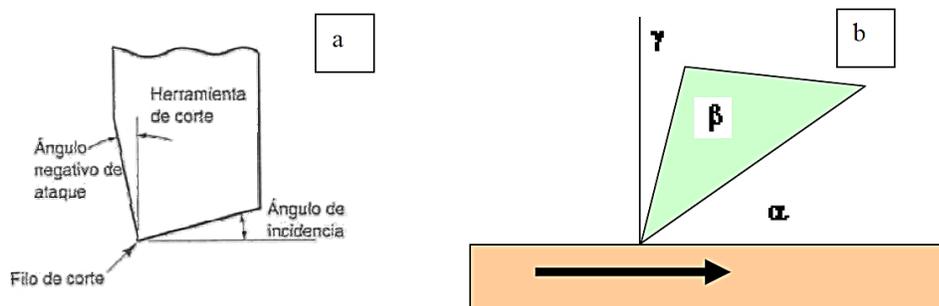


Figura 20. Ángulos de las herramientas de corte [24].

Al estar constituido los neumáticos de 90% goma dura, se consideran los ángulos de corte para un material de cuchilla HSS, según datos de la Tabla 39.

Tabla 39.

Ángulos de corte de algunos materiales

Material de la Pieza	Resistencia o dureza kg/mm ² o HB	Material de la Cuchilla					
		HSS			MD		
		α	γ	β	α	γ	β
Acero suave	45	6	20	64	5	12	73
Acero semiduro	60	6	18	66	5	10	75
Acero duro	80	6	16	68	5	8	77
Acero duro	90-100	6	10	74	5	6	79
Acero aleado	150	6	8	76	5	0	85
Acero fundido	50	6	15	69	5	10	75
Acero fundido duro	50-80	6	8	76	5	0	85
Fundición gris	180 HB	6	10	74	5	6	79
Fundición dura	220 HB	6	6	78	5	2	83
Cobre	60-80 HB	8	30	52	8	20	62
Latón	80-120 HB	8	12	70	8	10	72
Bronce	100 HB	8	12	70	8	12	70
Aluminio	20	10	30	50	10	20	60
Aluminio aleado	20 - 25	10	20	60	10	18	62
Aleación de magnesio	20	8	20	62	8	18	64
Goma dura	-	12	10	68	10	10	70
Porcelana	-	-	-	-	5	0	85

Fuente [6].

El material adecuado para la cuchilla debe cumplir con las características tales como alta resistencia al desgaste, mínima variabilidad dimensional y es accesible en el mercado nacional, siendo seleccionado el AISI D3 del catálogo del fabricante Bohler con una dureza de 65 RHc.

Se ha seleccionado una plancha de menor espesor es igual a 9,5 mm, el cual será usado como el ancho de la cuchilla.

De acuerdo a varias investigaciones se ha determinado que el tamaño de la partícula triturada es igual al ancho aproximado de la cuchilla y la longitud es inferior a la cuerda que se forma entre los dientes de la cuchilla, de esta forma mientras mayor sea el número de dientes, el dimensionamiento de la trituración es menor [42].

Se ha determinado que 8 dientes permiten obtener una granulometría fina cumpliendo con la deseada, es por ello que se puede observar en la Figura 21 el diseño con sus respectivos ángulos de corte, los cuales se aplican a cada diente, además tiene un diámetro de 130 mm y 9,5 mm de espesor [15].

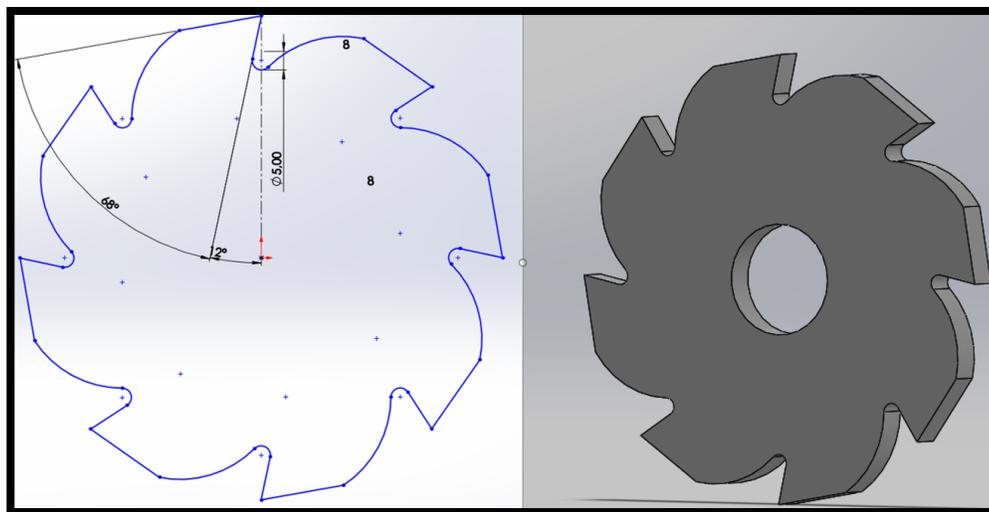


Figura 21.Cuchilla 8 dientes.

3.2.Diseño mecánico.

La máquina trituradora de neumáticos se ha diseñado con un sistema de corte formado por 4 ejes, 15 cuchillas alojadas en cada eje con sus respectivos separadores.

La transmisión de potencia entre ejes será mediante un sistema de engranajes y para el accionamiento se implementará un sistema de catalinas y cadena.

Diseño del sistema de transmisión de potencia.

Para el diseño del sistema de transmisión de potencia se consideran las fuerzas que actúan en los ejes, siendo así la fuerza necesaria para cortar un neumático Rin 14 de 2630 N [25], para el análisis se utiliza una fuerza de 2660 N para asegurar el corte.

El torque necesario en cada eje se puede calcular mediante la ecuación (1).

$$T = F * d \quad (1)$$

Donde:

F: Fuerza de corte

d: Radio de la cuchilla

Se conoce que el diámetro de la cuchilla es de 130 mm, se tiene un momento torsor en el eje por cada cuchilla de 172,9 N·m, y al ser 15 cuchillas, Figura 22, el par torsor es 2593,5 N·m por cada eje y al ser la máquina de cuatro ejes, el torque total será de 10374 N·m [43].

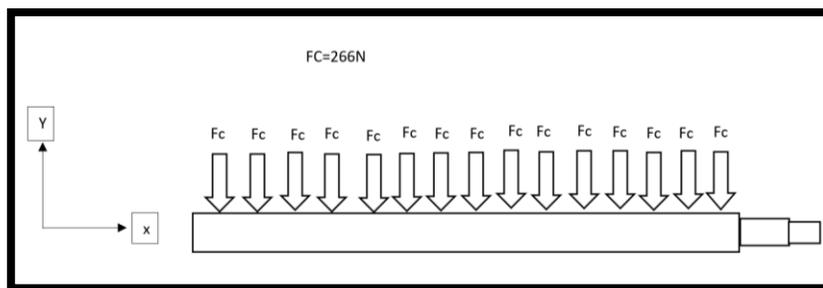


Figura 22.DCL con 15 cuchillas.

En base a características de la máquina comercial Granulador Unicrex 1700 (fig. 23), cuyo diseño permite una granulometría inferior a 35 mm se adopta la velocidad angular (ω) de 18,32 rad/s [44].



Figura 23. Granulador Unicrex 1700.

La potencia máxima se calcula mediante la ecuación (2), la cual hace referencia al toque generado multiplicado por la velocidad angular.

$$P_{\text{máx}} = T * \omega \quad (2)$$

Donde:

T; torque máximo

ω la velocidad angular

Se obtiene la potencia máxima igual a 190113,5 kW equivalente a 254946 Hp lo cual demuestra una potencia muy elevada y de difícil acceso de motores de tan elevada potencia en el mercado nacional.

Se plantea como alternativa para solucionar la potencia elevada un análisis ubicando las cuchillas a lo largo del eje en un ángulo de desfase de 9° entre los dientes de cada cuchilla para que entre en contacto solo una por cada eje como se muestra en la Figura.

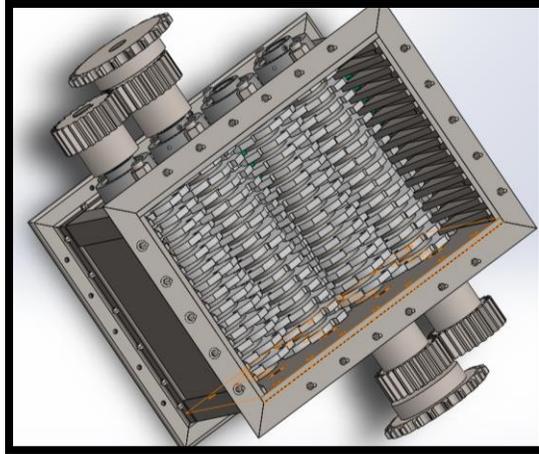


Figura 24. Disposición de las cuchillas.

Considerando la disposición de las cuchillas el torque necesario es de 691,6 N·m y la potencia de la máquina es de 12,67 kW, por lo cual se ha dividido en dos sistemas de corte, es decir, se implementan dos motores para la ejecución del movimiento de los ejes.

La velocidad angular necesaria es relativamente baja y al no encontrarse motores con esas características se ha implementado un motorreductor, el cual permita a la salida 175 rpm, por lo tanto, es necesario analizar el par transmisible como se muestra en la ecuación (3).

$$M_{C_2} = M_{r_2} * f_{sr} \quad (3)$$

Donde:

M_{r_2} : par requerido o torque del sistema de corte

f_{sr} : factor de servicio

Se ha seleccionado $f_{sr} = 1$ de acuerdo a las condiciones de trabajo bajo los parámetros del fabricante Motive, de esta forma se obtiene $M_{C_2} = 345,8 \text{ N}\cdot\text{m}$ [45]. La potencia de entrada (P_{n_1}) del motorreductor se calcula a partir de la ecuación (4) [45].

$$Pn_1 = \frac{Mr_2 * n_2}{9559 * \eta_2} \quad (4)$$

Donde:

n_2 : número de revoluciones a la salida

η_2 : eficiencia dinámica

La eficiencia dinámica se ha seleccionado de 86% de acuerdo a datos de fabricantes, dando como resultado la potencia del motorreductor de 7,36 kW.

Mediante el análisis de estos datos se realiza la selección del motorreductor el cual se puede observar en el Anexo E y cuenta con las siguientes características:

- Potencia = 7,5 kW
- Torque = 370,92 N·m
- Velocidad = 168 rpm

El piñón motriz se ha seleccionado de 22 dientes del cual se parte para la selección de la cadena de acuerdo con el fabricante RENOLD y se puede observar en el Anexo F [46].

Se selecciona una cadena simplex de 1'' (25,40 mm) de paso y la lubricación es por medio de goteo tipo 2.

Para determinar el piñón motriz es necesario conocer la relación entre la velocidad angular de entrada del sistema de transmisión, 168 rpm, y la velocidad angular de salida, 175 rpm, de esta forma tenemos $i = 0,96$, además por medio de la ecuación (5) se obtiene el número de dientes del piñón accionado [46].

$$i = \frac{z_1}{z_2} \quad (5)$$

El número de dientes del piñón accionado es $z_2=23$

La longitud de la cadena se calcula mediante la ecuación (6).

$$L = \frac{z_1+z_2}{2} + \frac{2*C}{P} + \frac{z_2-z_1}{2\pi} * \frac{P}{C} \quad (6)$$

La distancia entre los centros de las catalinas es $C=781,5$ mm, el paso $P=24,5$ mm lo que permite obtener $L=83$ pasos y la longitud de 2097 mm [46].

3.2.1. Diseño de ruedas dentadas

Se ha definido el sistema de transmisión de movimiento mediante engranajes del mismo dimensionamiento debido al movimiento recíproco entre los dos ejes, además la separación entre ejes es de 96 mm lo cual define el diámetro primitivo.

Según el manual de engranes recomienda que debe contener 24 dientes ya que permite un balance entre la resistencia y el desgaste de la rueda dentada aplicado a cargas pesadas [47], además se ha seleccionado el ángulo de presión $\beta=20^\circ$ ya que es un valor normalizado aplicable a velocidades normales [48], en la ecuación (7) se analiza el módulo del engrane.

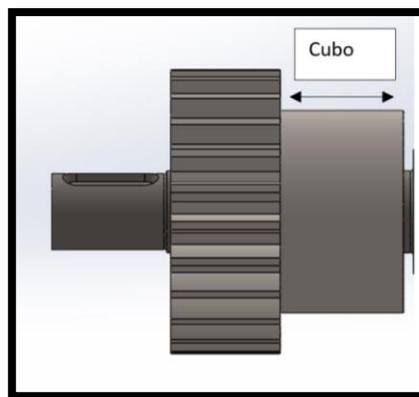
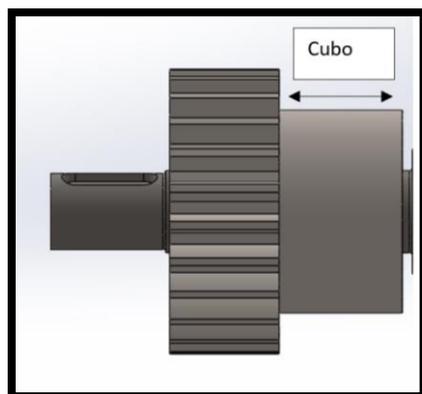


Figura 25. Engrane 24 dientes.

$$m = \frac{d_p}{z} \quad (7)$$

De acuerdo a la expresión anterior el diámetro primitivo es $d_p = 96$ mm y Z es el número de dientes que para este caso es 24, obteniendo el módulo igual a 4. La rueda dentada se fija al eje



por medio del cubo,

Figura 25, que se delimita por medio de las ecuaciones (8) y (9) y a su vez por el eje de 30 mm de diámetro [6] [49].

$$D_{\text{cubo}} = (1,8 * D_{\text{ej}}) + D_{\text{ej}} \quad (8)$$

$$L_{\text{cubo}} = 1,5 * D_{\text{ej}} \quad (9)$$

La longitud del cubo es de 30 mm. Debido al sistema de corte e interacción de una cuchilla por eje el torque presente en los engranes es igual al de las cuchillas, es decir $T_e = 172,9$ N·m.

3.2.1.1. Resistencia de diente

La rueda dentada soporta esfuerzos de flexión que han sido calculados en un diente, basándose en las ecuaciones de AGMA (Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes) en los cuales intervienen diversos factores descritos en la Tabla 40 y la ecuación (10) [50].

Tabla 40

Esfuerzo AGMA

Números de esfuerzo	Significado	Unidades SI
W^t	carga tangencial transmitida,	N

K_0	factor de sobrecarga	-
K_v	Factor dinámico	-
K_s	factor de tamaño	-
b	ancho de cara	m
m_t	módulo transversal	m
K_H	factor de distribución de la carga	-
K_B	Valor de espesor de aro	-
Y_J	factor geométrico de resistencia a la flexión	-

Fuente [50].

$$\sigma = W^t * K_0 * K_v * K_s * \frac{1}{bm_t} * \frac{K_H * K_B}{Y_J} \quad (10)$$

El factor de sobrecarga se basa en las condiciones de la máquina a impulsar, en la Tabla 41 se puede observar las características que debe tener, en base a la potencia requerida se ha seleccionado de impacto medio y potencia uniforme siendo así el factor $K_0=1,5$ [50].

Tabla 41

Factor K_0

Máquina impulsada			
Fuente de potencia	Uniforme	Impacto moderado	Impacto pesado
Uniforme	1	1,25	1,75
Impacto ligero	1,25	1,5	2
Impacto medio	1,5	1,75	2,25

Fuente [50].

El factor dinámico corresponde a los errores de transmisión se calcula mediante el empleo de las siguientes ecuaciones (11), (12), (13) y (14):

$$K_v = \left(\frac{A + \sqrt{V}}{A} \right)^B \quad (11)$$

$$A = 50 + 56(1 - B) \quad (12)$$

$$B = 0,25 * (12 - Q_v)^{\frac{2}{3}} \quad (13)$$

$$V = \frac{[A + (Q_v - 3)]^2}{200} \quad (14)$$

El factor de calidad se representa mediante Q_v el cual sea seleccionado el valor de 6 debido a que es el más usado comercialmente; se ha obtenido el factor $K_v=0,553$.

El factor de tamaño K_s se recomienda usar la unidad para evitar efecto perjudicial en el tamaño por ello se toma el valor de 1.

El factor de distribución de la carga se basa en el ancho de la cara de la rueda dentada el cual se puede observar en la Figura 26 y como es menor a 50 mm se define por $K_H= 1,6$.

El factor del espesor del aro hace relación ente el espesor del aro debajo del diente y la profundidad total, siendo así esta relación y si es mayor a 1,2 utilizamos el factor $K_B = 1$, lo cual cumple este diseño [50].

Factores K_m de distribución de carga		
Ancho de cara in (mm)		K_m
<2 (50)		1.6
6 (150)		1.7
9 (250)		1.8
≥20 (500)		2.0

Figura 26. Factor K_m [51].

El factor geométrico de resistencia a la flexión se analiza en base a la tabla denotada en la Figura 27 que relaciona el número de dientes de las ruedas dentadas y al contar con 24 dientes el diseño analizado se toma el valor de $Y_f = 0,33$ mediante el método de interpolación de datos.

Dientes en el engrane	Dientes en el piñón																
	12		14		17		21		26		35		55		135		
	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	P	G	
12	U	U															
14	U	U	U	U													
17	U	U	U	U	U	U											
21	U	U	U	U	U	U	0.33	0.33									
26	U	U	U	U	U	U	0.33	0.35	0.35	0.35							
35	U	U	U	U	U	U	0.34	0.37	0.36	0.38	0.39	0.39					
55	U	U	U	U	U	U	0.34	0.40	0.37	0.41	0.40	0.42	0.43	0.43			
135	U	U	U	U	U	U	0.35	0.43	0.38	0.44	0.41	0.45	0.45	0.47	0.49	0.49	

Figura 27. Factor Y_f [51].

Posteriormente al análisis de cada factor se ha calculado el esfuerzo de AGMA en el diente del engranaje y es $\sigma = 75,45$ MPa.

El material AISI 4340 tiene una alta resistencia a la tensión en comparación con los hierros fundidos y el fácil acceso en el mercado nacional permiten seleccionar el material del engranaje.

Según el estándar AGMA 2001-B88 los grados en los aceros difieren en cuanto al grado de control de la microestructura, la limpieza de la composición con que se lleva a cabo la aleación, tratamiento térmico previo, valores de dureza en el núcleo y otros factores; por lo cual se ha seleccionado el AISI 4340 grado 2 que presenta una dureza Brinell de 380 HB para la construcción del engrane [52].

El factor de seguridad a la flexión se calcula mediante la ecuación (15).

$$S_f = \frac{\frac{S_t \cdot Y_N}{K_T K_R}}{\sigma} \quad (15)$$

Donde:

S_t : esfuerzo de flexión permisible

Y_n : factor de ciclos de esfuerzos

K_R : factor de confianza

K_T : factor de temperatura

De acuerdo a la Figura 28 se obtiene $S_t = 57\,180 \text{ psi} = 394,09 \text{ MPa}$, además se ha selecciona el 99% de confianza dando a $K_R = 1$ y $K_T = 1$ debido a un sistema de trabajo a 120° C que es lo normalmente usado [51], lo que permite obtiene $S_f = 5,22$ [51].

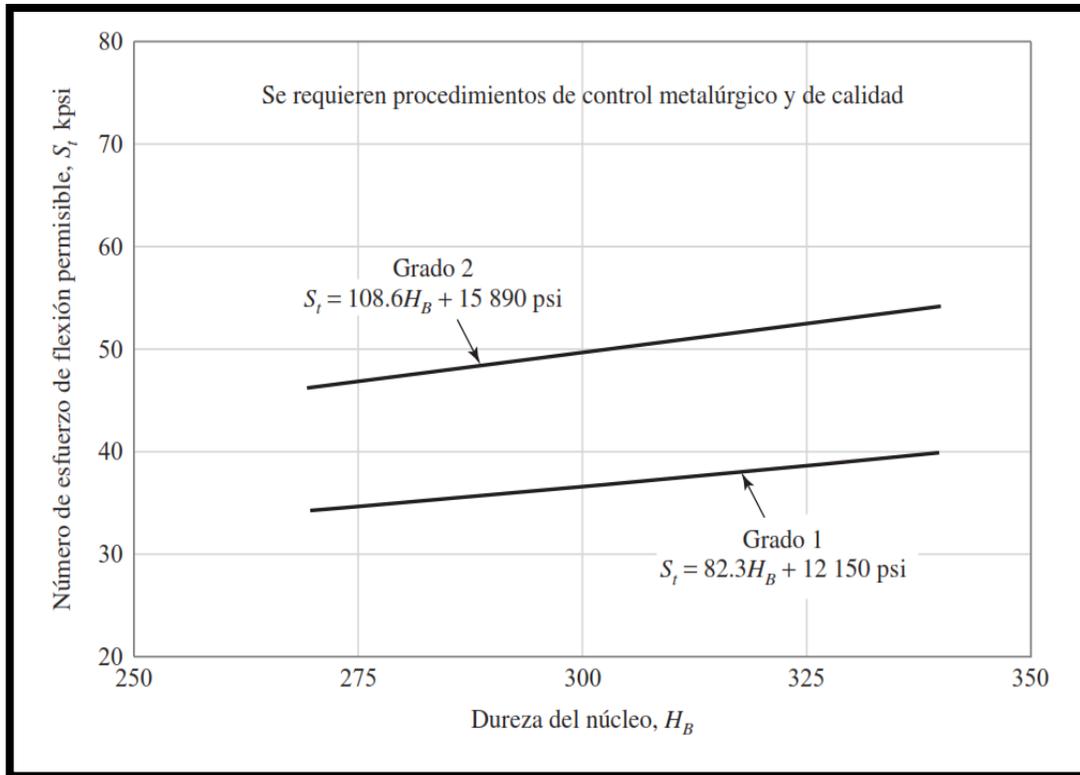


Figura 28. Número de esfuerzo de flexión permisible [41].

La simulación de la rueda dentada se realizó mediante software de análisis de elementos finitos, para el análisis toma una parte en la cual está presenta un diente, se aplica una carga de 3602 N en la cara del diente, además se aplica restricción de movimiento en las partes laterales e inferior de la rueda dentada, Figura 29; de acuerdo al análisis se obtiene el mayor esfuerzo en la zona del filete.

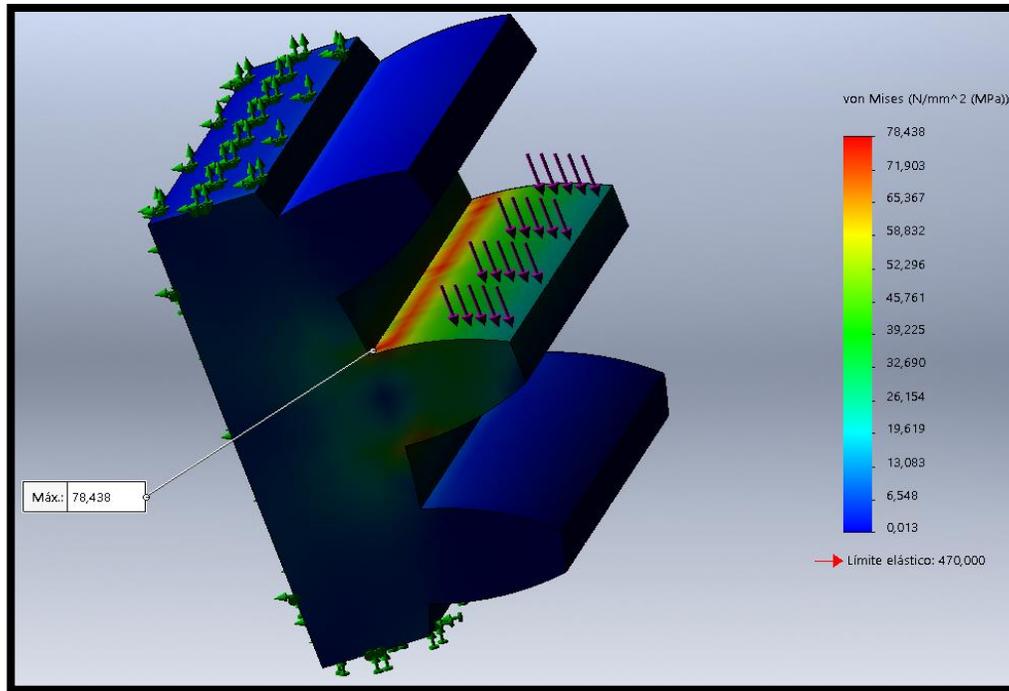


Figura 29.Simulación de la fuerza en el engrane.

Se observan los resultados del análisis del factor de seguridad a través de la Figura 30, el cual muestra que el mínimo es $N= 5,38$ siendo un valor admisible al diseño

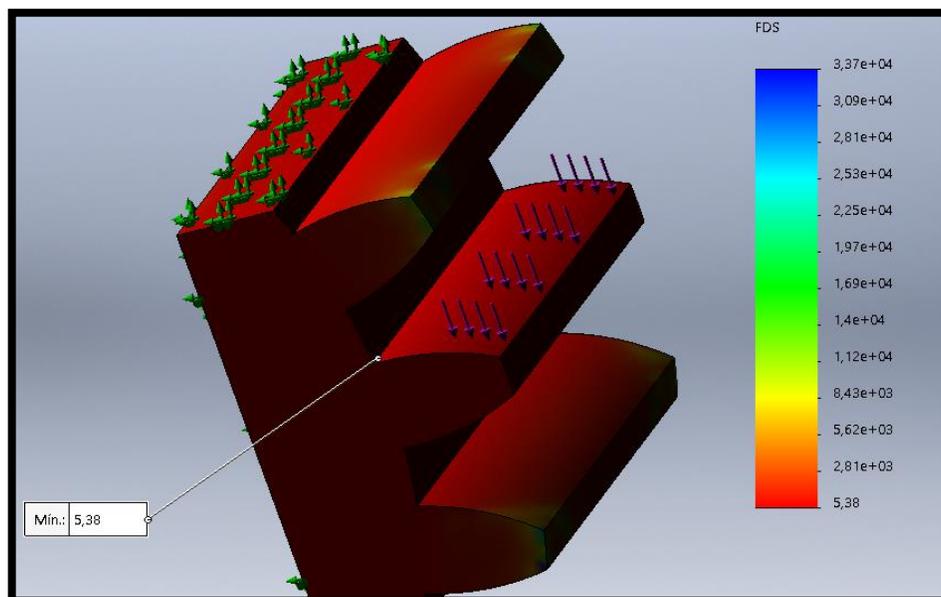


Figura 30.Factor de seguridad en el engrane.

En conformidad a los datos obtenidos, el esfuerzo calculado es de 75,45 MPa y mediante la simulación es de 78,44 MPa, obteniendo un error del 4%.

Para el caso del factor de seguridad calculado es de 5,22 y el de la simulación es de 5,38, dando como resultado un error de 3%, lo que indica que el diseño es admisible

3.2.2. Diseño del eje de transmisión de potencia

De acuerdo al catálogo de DIPAC se ha seleccionado al acero AISI 4340 para diseñar el eje, el cual muestra las siguientes características mecánicas, el punto de fluencia $S_y = 900$ MPa y el último esfuerzo a la tensión $S_{ut} = 1200$ MPa.

En la Figura 31 se puede observar el desarrollo del diagrama de cuerpo libre en tercera dimensión con sus respectivas medidas y reacciones de acuerdo a cada elemento que conforma el eje.

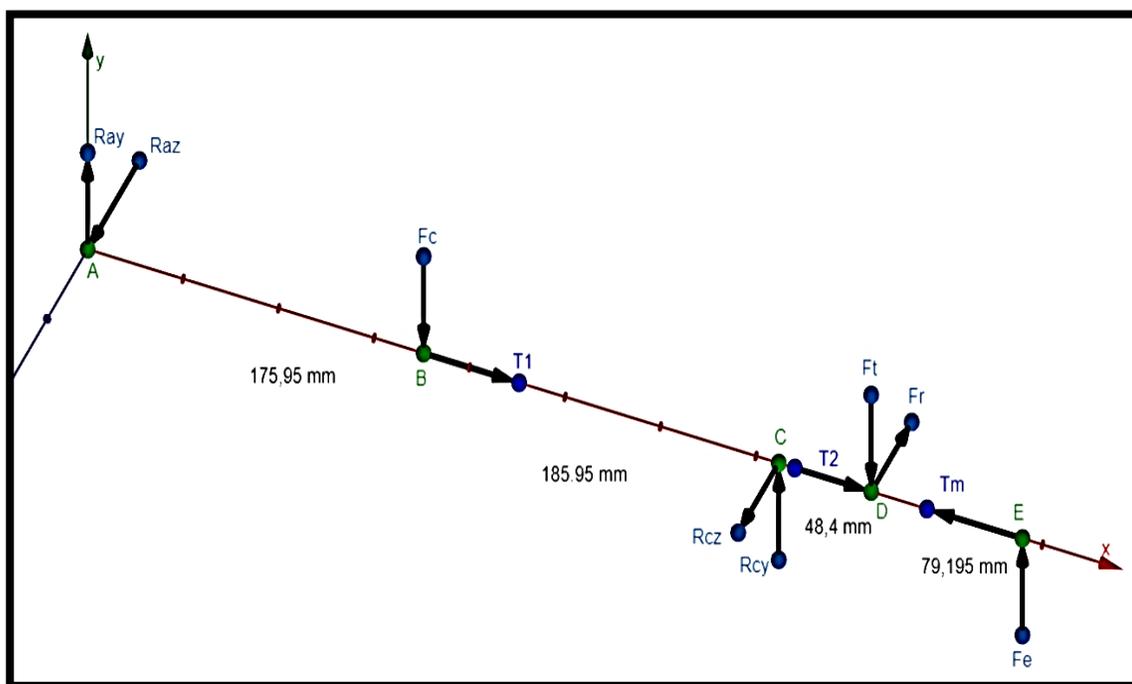


Figura 31. Diagrama de cuerpo libre en 3D.

En el eje se encuentran elementos de los cuales generarán reacciones como el engrane el cual genera una fuerza tangencial y una radial las cuales se determinan con las ecuaciones (16) y (17) tomadas de [43].

$$F_t = \frac{2 * T}{DP} \quad (16)$$

$$F_r = F_t * \tan(\beta) \quad (17)$$

El torque presente en el engrane es de $T_2=172,9 \text{ N}\cdot\text{m}$ y el diámetro primitivo 96 mm por lo cual la fuerza tangencial es de $F_t=3602 \text{ N}$.

La fuerza radial de acuerdo al ángulo de presión de 20° es $F_r=1\ 311 \text{ N}$.

La cuchilla genera un torque $T_1=172,9 \text{ N}\cdot\text{m}$ y una fuerza presente en la cuchilla es $F_c = 2660 \text{ N}$.

La corona genera un torque $T_m=345,8 \text{ N}\cdot\text{m}$, el cual parte de los torques generados por la cuchilla y engrane; la fuerza presente en la corona se obtiene a partir de la ecuación (18).

$$F = \frac{T}{r} \quad (18)$$

La corona tiene un radio de 10 mm con lo cual se obtiene $F_e = 3454,5 \text{ N}$.

Las ecuaciones de equilibrio (19) y (20) permiten conocer las reacciones en el plano para el posterior análisis del momento flector y cortante.

$$+\sum F = 0 \quad (19)$$

$$+\sum M = 0 \quad (20)$$

En el plano XY se encuentran dos incógnitas las cuales mediante las ecuaciones de equilibrio se obtiene:

- $R_{ay} = 2102 \text{ N}$
- $R_{cy} = 704,6 \text{ N}$

Estas reacciones permiten realizar el análisis del diagrama de cargas descrito en la Figura 32, así también en el plano XZ se encuentran dos incógnitas y al implementar las ecuaciones de equilibrio y se obtiene:

- $R_{az} = -175,4 \text{ N}$
- $R_{cz} = 1486 \text{ N}$,

Con lo cual se procede a realizar el diagrama de cargas descrito en la Figura 33.

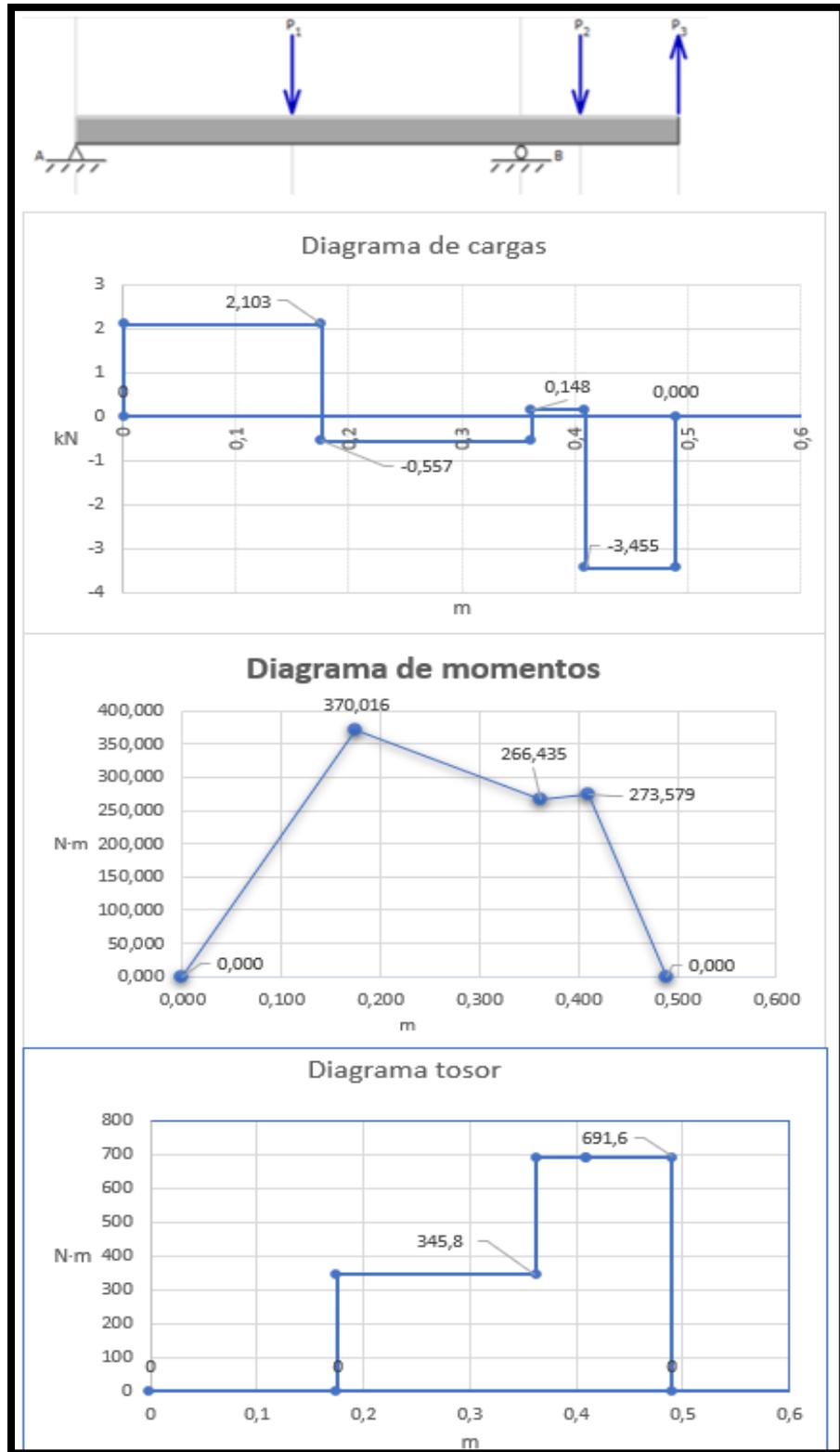


Figura 32. Diagrama de fuerza cortante y momento flector XY.

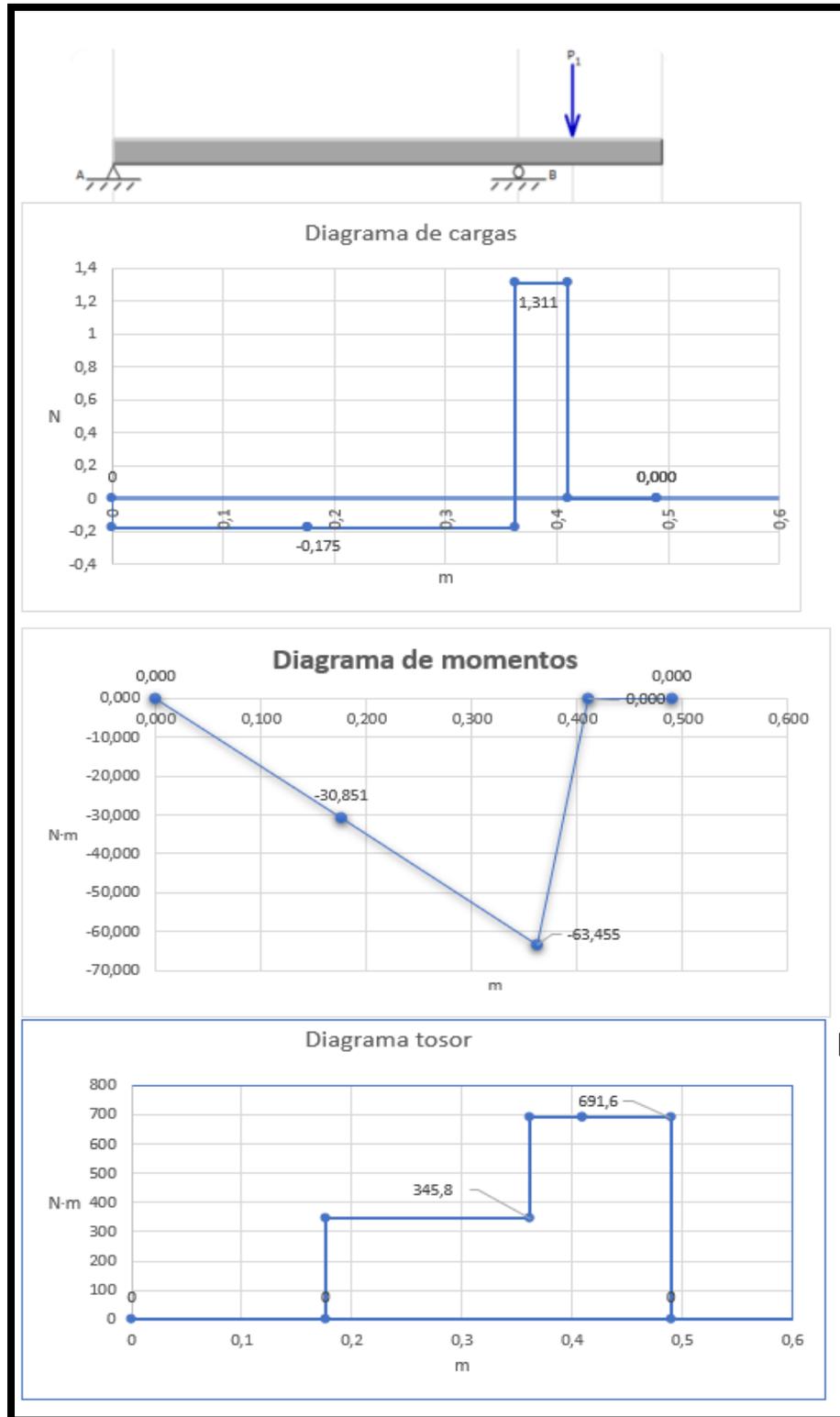


Figura 33. Diagrama de fuerza cortante y momento flector del plano XZ.

Los diagramas de carga cortante y momento flector nos permiten conocer que en los puntos B, C y D se encuentran valores similares como se puede ver la Tabla 42 los cuales van a ser analizados, además se parte del cálculo por medio de las ecuaciones del segundo momento de inercia (21) y la distancia al centro (22) [43].

$$I = \frac{\pi \cdot D^4}{64} \quad (21)$$

$$C = \frac{D}{2} \quad (22)$$

Tabla 42

Resultados del DCL.

Localización	B	C	D
Momento-Plano XY	370, 1 N·m	266,5 N·m	273,6 N·m
Momento-Plano XZ	30,85 N·m	63,45 N·m	0
Momento torsor	345,8 N·m	345,8 N·m	345,8 N·m

Fuente propia.

El eje se ha diseñado en con disminuciones de diámetro como se observa en la Figura 34, el diámetro de la sección 1 es de 31,75 mm, de la 2 es de 30 mm y de la 3 es de 28 mm, además los puntos B y C se encuentran en la sección 1 y el punto D en la sección 2.



Figura 34. Diseño de eje principal.

El momento resultante representado por la ecuación (23) permite analizar el factor de seguridad estático el cual se representa por la ecuación (24) [52].

$$Mr = \sqrt{Mxy^2 + Mxz^2} \quad (23)$$

$$N = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot Sy}{16 \cdot \sqrt{4Mr^2 + 3T^2}} \quad (24)$$

En la Tabla 43 se señala el análisis del eje de acuerdo al factor de seguridad estático en el cual el punto C tiene el factor de seguridad inferior, pero como es superior a 1,5 es aceptable.

Tabla 43

Momento resultante y factor de seguridad estático

Localización	B	C	D
Mr	371,4 N·m	273,9 N·m	273,6 N·m
N	5,92	6,97	5,88

Fuente propia.

El eje se encuentra sometido a esfuerzo normal máximo y se calcula mediante la ecuación (25), así también a el esfuerzo cortante máximo se obtiene mediante la ecuación (26) [43].

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M \cdot C}{I} \quad (25)$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot D^3} \quad (26)$$

El factor de seguridad por fluencia se obtiene a partir de la ecuación (27), la cual parte del esfuerzo equivalente mostrado en la ecuación (28).

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} \quad (27)$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{xy}^2 - \sigma_{xy} * \sigma_{xz} + 3\tau} \quad (28)$$

La Tabla 44 señala el análisis de los datos obtenido en los resultados de DCL, para los cuales se calcula el esfuerzo equivalente y el factor de seguridad, de acuerdo a los resultados el punto D tiene el factor de seguridad más bajo, pero ya que es mayor a 1,5 es aceptable.

Tabla 44

Esfuerzo equivalente y factor de seguridad por fluencia

Localización	B	C	D
σ_{xy}	117,8 MPa	84,80 MPa	187,6 MPa
σ_{xz}	9,818 MPa	20,19 MPa	0
$\tau_{m\acute{a}x}$	55,03 MPa	55,03 MPa	65,23 MPa
σ_{eq}	147,9 MPa	122,4 MPa	218,9 MPa
N	6,08	7,36	4,11

Fuente propia.

El factor de seguridad por fatiga se calcula mediante la ecuación (29).

$$\frac{1}{Nf} = \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} \quad (29)$$

Donde S_e representa el límite de resistencia a la fatiga y está definida mediante la ecuación (30), la cual se compone por la multiplicación de factores de modificación [51].

$$S_e = (k_a)(k_b)(k_c)(k_d)(k_e)(k_f)(S'_e) \quad (30)$$

k_a representa el factor de superficie y se obtiene por medio de la ecuación (31).

$$k_a = a(S_{ut})^b \quad (31)$$

Donde a y b son índices que se toman en base al acabado superficial del material, se considera el maquinado o laminado en frío y de esta forma se obtiene $a = 4,51$ y $b = -0,265$ para lo cual $k_a = 0,769$, k_b representa el factor de tamaño y se lo obtiene mediante la ecuación (32) [43].

$$k_b = 1,24 * d^{-0,107} \quad (32)$$

El factor de tamaño se analiza en base al diámetro del eje por ello se ha tomado la sección de 30 mm por lo cual se obtiene $k_b = 0,862$,

EL factor de carga k_c es igual a 1 debido a que se encuentra sometido a flexión

k_d representa el factor de temperatura de operación por lo que estima que trabaje en temperatura ambiente se obtiene que es igual a 1.

El factor de confiabilidad k_e se ha seleccionado un 99,9% de confianza en el diseño y de esta forma se obtiene $k_e = 0,753$.

k_f representa el factor de concentración de muesca la cual se toma el valor de 1.

El factor S'_e es igual a la mitad del S_{ut} por lo que es igual a 600 MPa [43].

El límite de resistencia a la fatiga es $S_e = 213,67$ MPa, σ_a representa el esfuerzo alternante y se obtiene con la ecuación (33) y σ_m representa el esfuerzo medio y se obtiene mediante la ecuación (34).

$$\sigma_a = \left| \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \right| \quad (33)$$

$$\sigma_m = \left| \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \right| \quad (34)$$

Donde σ_{max} representa el esfuerzo con mayor valor y σ_{min} representa el esfuerzo con menor valor en cada sección.

La Tabla 45 indica el análisis del factor de seguridad por fatiga, evidenciando que el punto D tiene el factor inferior, pero al ser de 2,5 es aceptable el diseño.

Tabla 45

Factor de seguridad por fatiga

Localización	B	C	D
σ_{xy}	117,8 MPa	84,8 MPa	103,21 MPa
σ_{xz}	9,818 MPa	20,19 MPa	0
σ_a	53,99 MPa	32,30 MPa	93,8 MPa
σ_m	63,81 MPa	52,50 MPa	93,8 MPa
N	4,19	6,46	2,50

Fuente propia

La simulación del eje se desarrolló mediante un software con el método de elementos finitos en los cuales se implementó dos sujeciones en las zonas de los rodamientos, además se aplicó las cargas descritas en el DCL al igual que los torques.

En la Figura 35 se observa el esfuerzo máximo mediante el método de Von Mises, siendo igual a 158,7 MPa.

En la Figura 36 se observa el factor de seguridad obtenido, resultado el mínimo igual a 4,5.

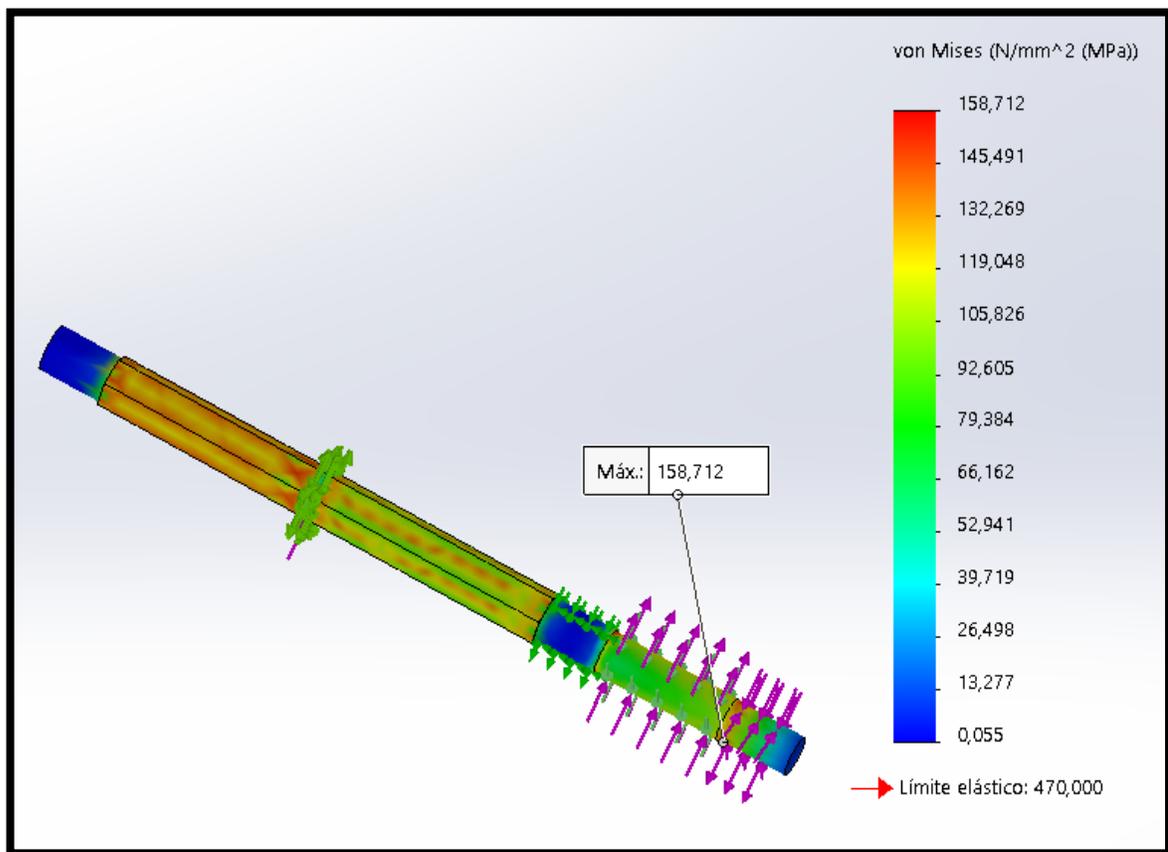


Figura 35. Simulación del eje principal.

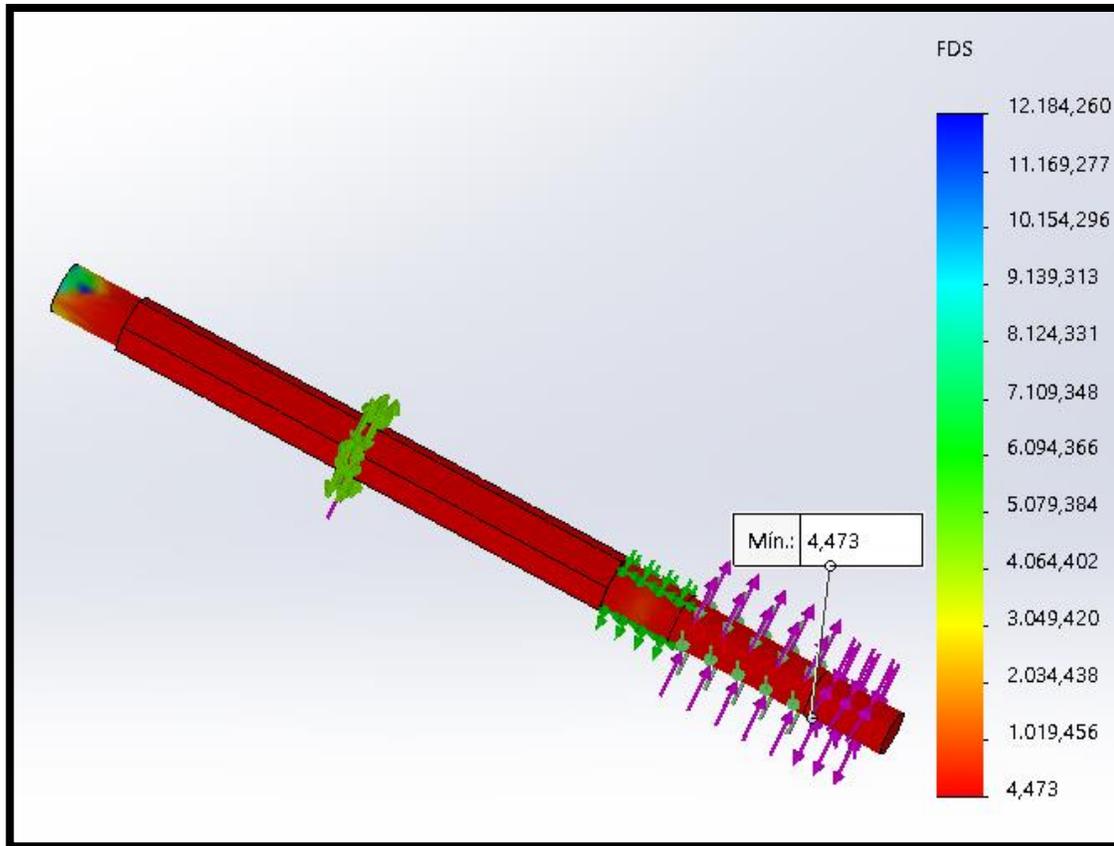


Figura 36. Factor de seguridad de acuerdo a la simulación del eje.

Posterior al análisis se tiene que el esfuerzo mediante cálculos estáticos y de acuerdo a la simulación el error es del 3,6%.

3.2.3. Análisis de chavetas y chaveteros.

La selección de las chavetas y chaveteros se lo hace en base a la norma DIN 6885, las dimensiones se obtienen en función del diámetro del eje, según la Tabla 46 para un eje con diámetro 30 mm y uno de 28 mm se tiene una chaveta de $b=8$ mm de ancho y de $h=7$ mm de alto como se representa en la Figura 37, además la profundidad del chavetero en el eje será de 4,7 mm y de 2,3 mm en el elemento transmisor de potencia.

Tabla 46

Chavetas y chavetero según la norma DIN.

Diámetro de eje (mm) Desde - hasta	Medidas chavetas b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo			
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1		Chaveta de cuña S/DIN 6886 y 6887	
		d + t2 mm	Tol. Admisible (en altura) mm	d + t2 mm	Tol. Admisible (en altura) mm
17-22	6 x 6	d + 2,6	+ 0,1	3,5	+ 0,1
22-30	8 x 7	d + 3,0		4,1	
30-38	10 x 8	d + 3,4		4,7	
38-44	12 x 8	d + 3,2		4,9	
44-50	14 x 9	d + 3,6		5,5	
50-58	16 x 10	d + 3,9	+ 0,2	6,2	+ 0,2
58-65	18 x 11	d + 4,3		6,8	
65-75	20 x 12	d + 4,7		7,4	
75-85	22 x 14	d + 5,6		8,5	
85-95	25 x 14	d + 5,4		8,7	
95-110	28 x 16	d + 6,2		9,9	
110-130	32 x 18	d + 7,1		11,1	
130-150	36 x 20	d + 7,9		12,3	
150-170	40 x 22	d + 8,7		13,5	

Fuente [53].

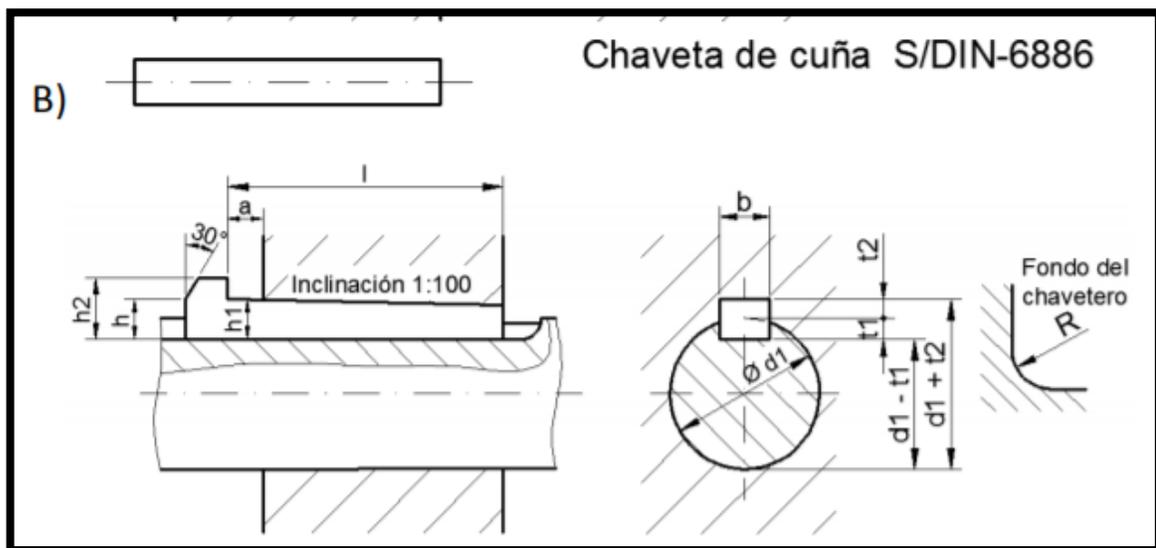


Figura 37. Chaveta de cuña S/DIN - 6886 [54].

3.2.4. Selección de rodamientos

La selección del soporte o chumacera se realizó de acuerdo al catálogo de SKF para un eje de 31,75 mm, el rodamiento recomendado es el denominado YAR 207-104-2F, el cual viene insertado en el soporte FYTB 1.1/4 TF como se puede observar en la Figura 38.

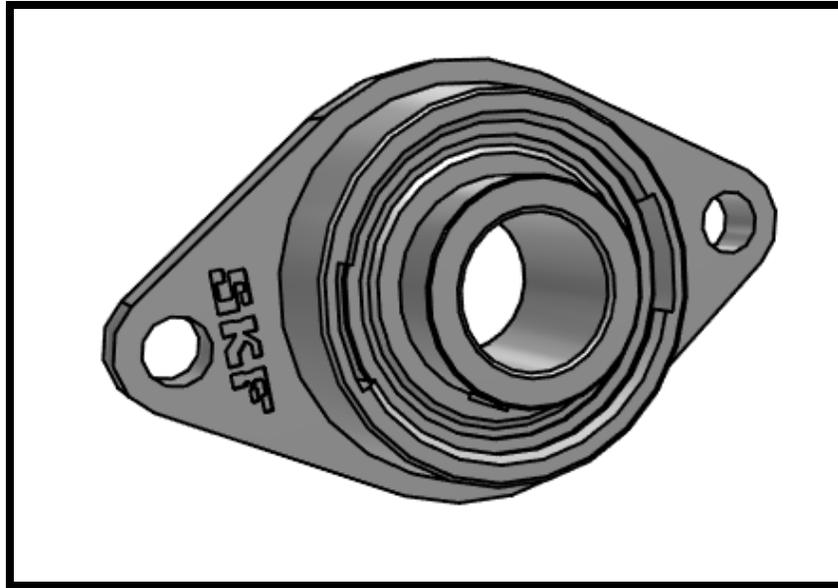


Figura 38.FYTM 1.1/4 TF [55].

La carga radial máxima que soporta el rodamiento es $P= 2,349$ kN y a una velocidad de $n=175$ rpm lo que permite calcular la vida nominal básica que define el fabricante mediante la ecuación (35) en millones de revoluciones y la ecuación (36) expresada en horas [55].

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (35)$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} * L_{10} \quad (36)$$

Donde:

P: carga dinámica equivalente del rodamiento

C: representa la capacidad de carga dinámica básica

p: exponente de la vida útil

De acuerdo al fabricante $C=25,5$ kN, al ser rodamiento de bolas se utiliza $p=3$, en base a estos datos se obtiene $L_{10} = 1279$ millones de revoluciones y por lo tanto $L_{10h} = 121838$ horas de funcionamiento.

El factor de seguridad estático se calcula mediante la ecuación (37).

$$S_0 = \frac{C}{P} \quad (37)$$

De acuerdo a los parámetros ya analizados se tiene $S_0 = 10,86$, además mediante el sistema de cálculos de SKF se obtiene valores similares que convergen en los cálculos lo cual se puede observar en el Anexo G.

3.2.5. Diseño de las cuchillas

La cuchilla se estudió mediante un software de análisis de elementos finitos para conocer el comportamiento mecánico del elemento mientras se aplica una carga que representa el corte del neumático, para lo cual se ha utilizado un modelo CAD, se aplicó una fuerza de 2660 N a una cara de la herramienta de corte debido a que la trituración se genera parcialmente por cada diente.

Para el estudio es necesario crear un mallado que está conformado de 13442 nodos y 7937 elementos que corresponde al mallado estándar del programa, además se configuró las sujeciones y la aplicación de la carga, Figura 39.

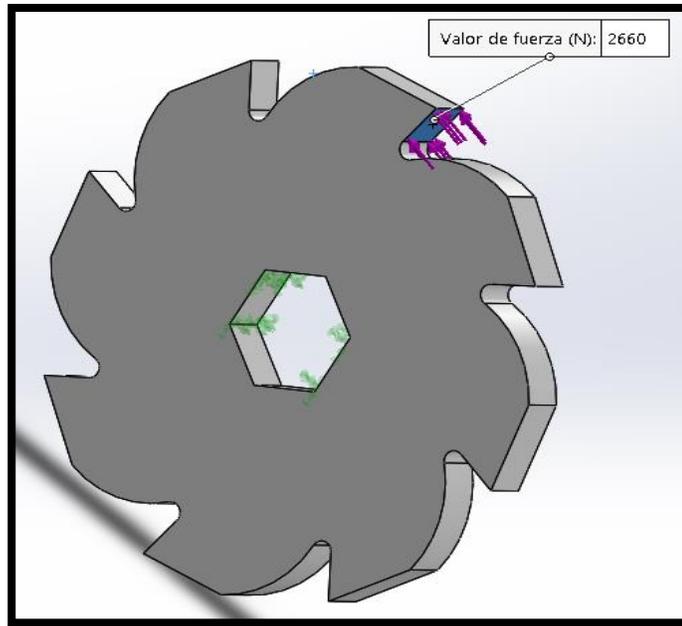


Figura 39.Fuerza aplicada.

En la Figura 40 se observa el factor de seguridad mínimo ubicado en el filete del diente de la cuchilla evidenciando un valor elevado de 1857, lo que demuestra que el diseño es aceptable.

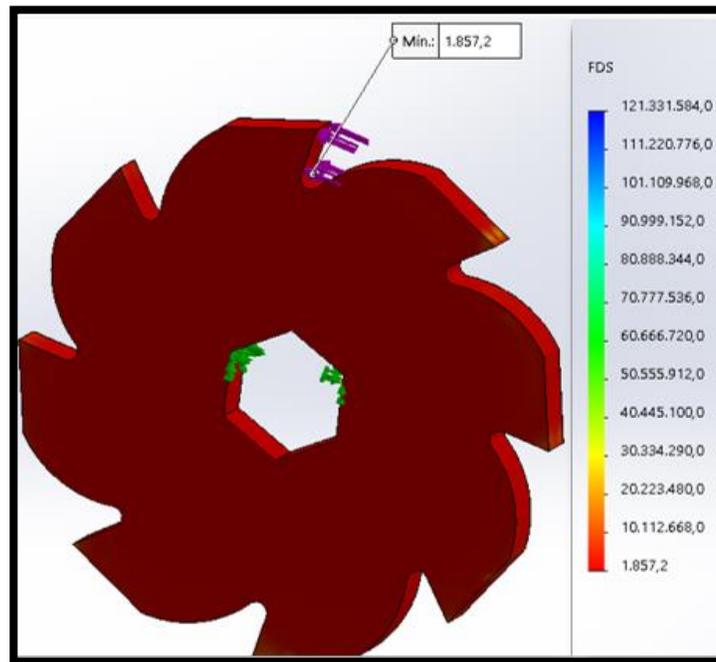


Figura 40.Factor de seguridad en la cuchilla.

El desplazamiento resultante de la cuchilla por acción de la fuerza se puede observar en la Figura 41 el cual es igual a 0,019 mm lo cual representa un valor mínimo.

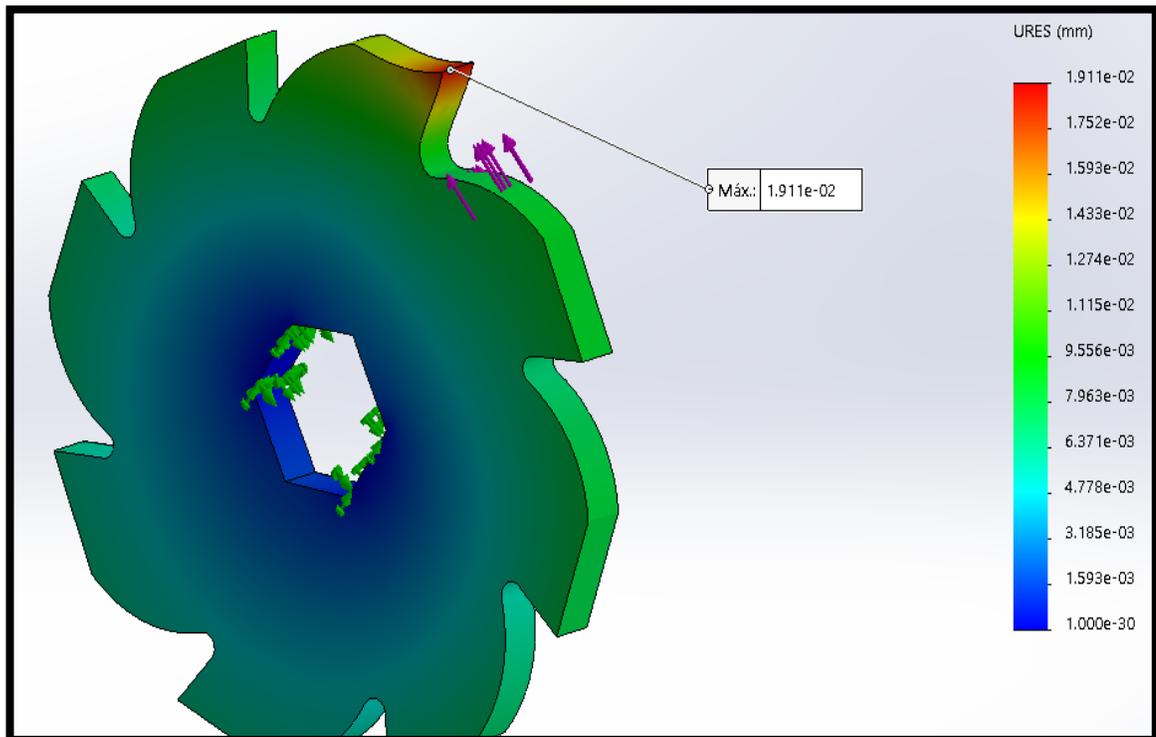


Figura 41. Desplazamientos en la cuchilla.

El comportamiento de las cuchillas durante el proceso de corte se ha ejecutado mediante un ensamble que se puede observar en la Figura 42 que contiene dos cuchillas y un trozo de neumático, para el análisis es necesario el mallado de cada elemento que para este caso se ha configurado de acuerdo la Tabla 47, además de las condiciones iniciales tales como velocidad angular de 175 rpm en cada cuchilla, configuración de entorno gravitacional y desplazamiento del neumático hacia las cuchillas y un tiempo total de simulación de 0,0081 s debido al consumo de recursos computacionales.

Tabla 47

Configuración de elementos en la simulación.

Características	Cuchilla 1	Cuchilla 1	Neumático
Nodos	287	271	308
Elementos	995	907	180

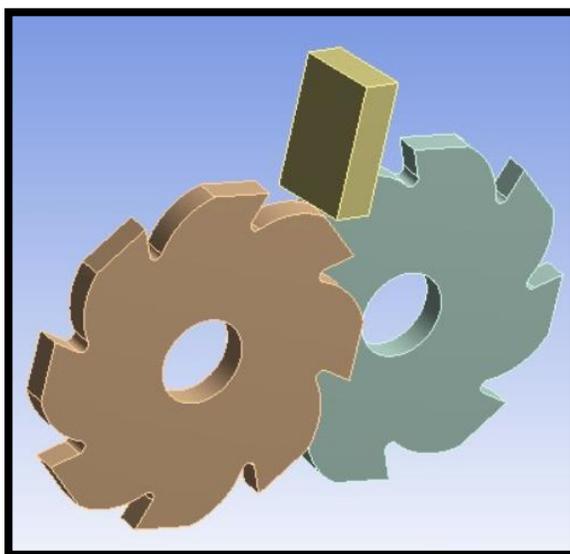


Figura 42. Sistema de corte de 2 cuchillas.

La deformación total, Figura 43, lo cual muestra el elemento con mayor deformación es el neumático debido a la acción del corte se desprende del trozo a 0,293 m del punto de partida, pero la deformación de la cuchilla es de 0,031 mm lo que representa que el material soporta al esfuerzo máximo producido por el neumático.

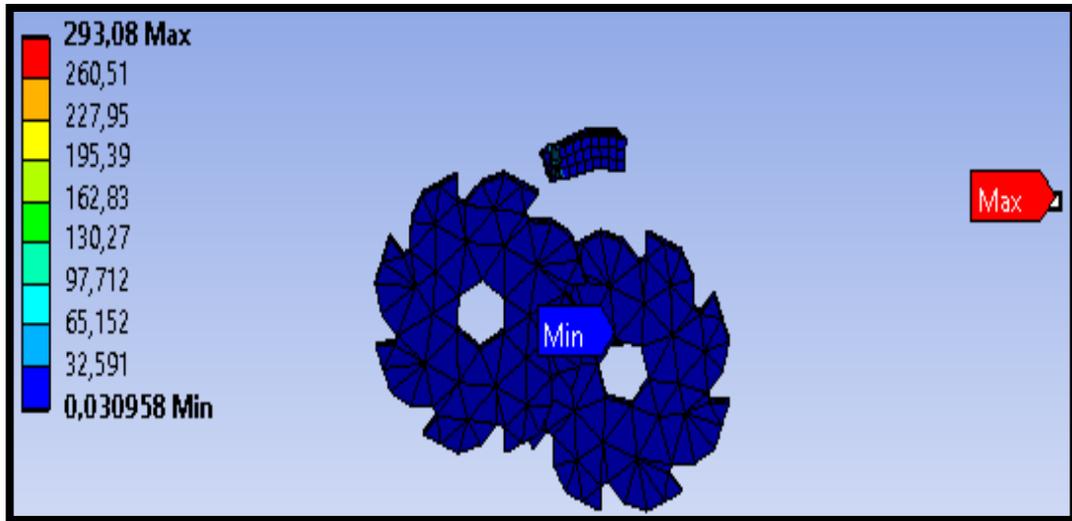


Figura 43. Deformación total.

En la Figura 44 se observa una gráfica del crecimiento de la deformación en los elementos del sistema de corte en donde se puede analizar que mientras aumenta el tiempo, la partícula desprendida se desplaza a más distancia posterior al corte a los $2,83 \times 10^3$ s.

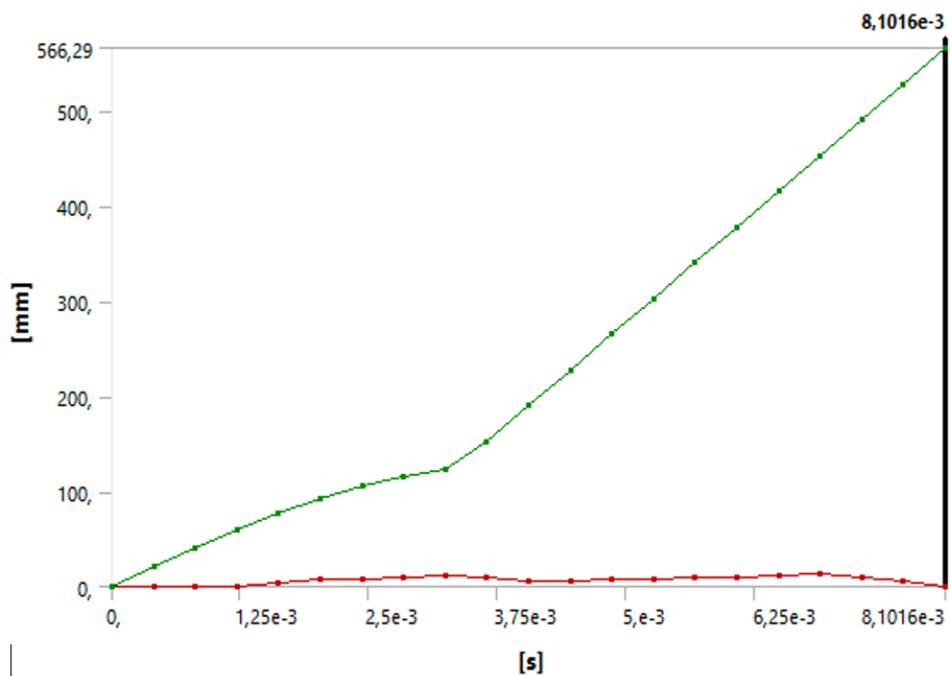


Figura 44. Desplazamiento del sistema de corte.

3.2.6. Diseño de la mesa.

La estructura metálica inferior se validó mediante un software de análisis de elementos finitos como se observa en la Figura 45, dando como resultados la tensión axial y de flexión en el límite superior 81,7 MPa.

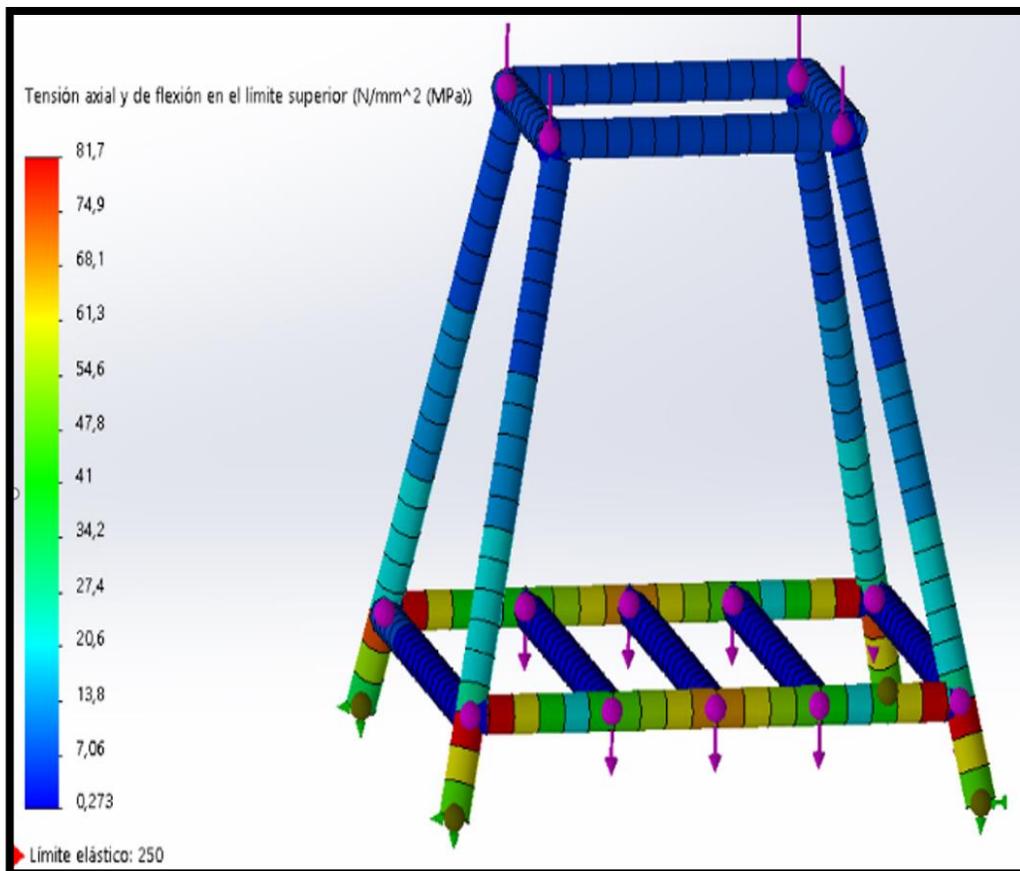


Figura 45. Simulación de la estructura.

El factor de seguridad se representa en la Figura 46 en el cual se puede observar que el mínimo es de $N=3,06$, debido a ello el diseño es aceptable.

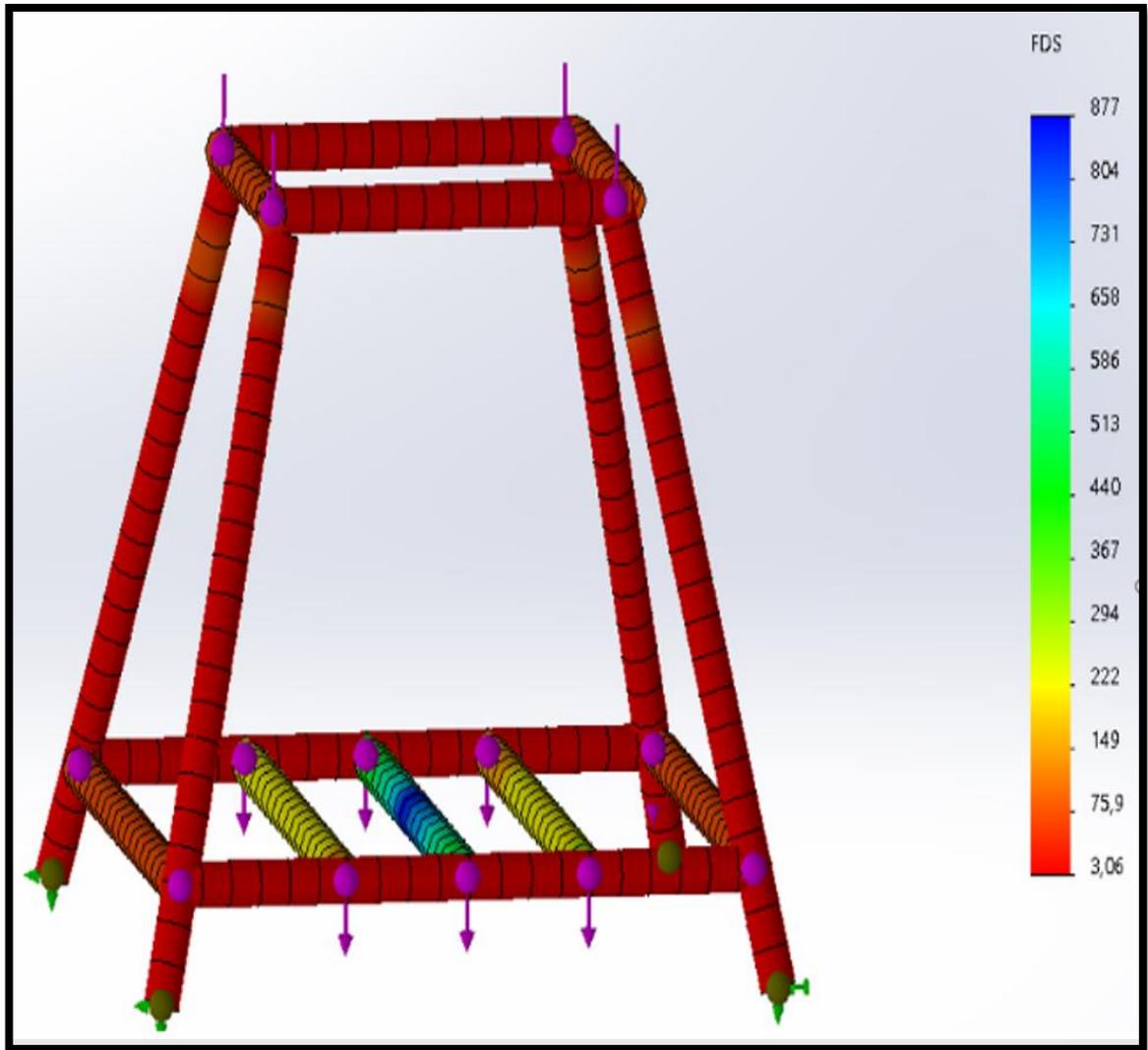


Figura 46. Factor de seguridad de la estructura inferior.

3.3. Diseño del sistema de control

La máquina trituradora consta de un sistema de potencia constituido por dos motores para alcanzar la potencia necesaria, además de sus respectivas protecciones. La intensidad nominal en el motor de ingreso es igual en las tres líneas y se calculan mediante la ecuación (38) [56].

$$I_n = \frac{P \cdot \eta}{V \cdot f_p \cdot \sqrt{3}} \quad (38)$$

De acuerdo a la ecuación (38) se tiene que $P= 7,5 \text{ kW}$, $\eta = 0.86$, $V=220 \text{ V}$ y $f_p = 1,4$ obtenido de la hoja de datos del motor seleccionado, obteniendo de esta forma $I_n=12 \text{ A}$, lo que permite realizar la selección del guardamotor, los contactores y elementos de protección.

Los contactores a usarse son de tipo AC4 ya que se emplean en arranque y paro de motores a inducción y jaula de ardilla [57].

Como resultado del diseño se muestra en el Anexo H el diagrama de potencia, el cual consta de: 2 guardamotors, 8 contactores, 2 motores, 1 PLC, 3 sensores de intensidad serie SCT 013-30, 3 pulsadores, 1 paro de emergencia, 1 final de carrera y 2 lámparas.

3.4. Diseño del sistema de potencia

El diseño del sistema de potencia parte analizando el hardware a utilizar y la funcionalidad de las mismas dentro de la máquina, de esta forma en la Tabla 48 se muestra los elementos a implementarse, los cuales se han dividido en entrada y salida; los de entrada representan los elementos que permiten la ejecución de la máquina, es decir envían las señales y los de salida representan los actuadores que ejecutan el proceso de corte y sus posibles etapas en atascamiento o marcha normal.

Cada elemento cuenta con la función a desempeñar, la cantidad a implementarse y las etiquetas que será usadas en el diseño posterior.

Tabla 48

Elementos eléctricos en la máquina.

Elemento	Cantidad	Función	Etiquetas
ENTRADA			
Sensor de posicionamiento	2	Evitar que la máquina se encienda sin la tolva en correcto posicionamiento	S1
Sensor de intensidad	2	Medir el amperaje consumido por los motores y detectar el atascamiento	SI2
Pulsador marcha	1	Enciende el sistema	Pm
Pulsador de paro	1	Detiene el sistema	Pp
Paro de emergencia	1	Para el sistema en emergencia	Pe
SALIDA			
Contactores de arranque	8	Permiten encender los motores en configuración estrella-triángulo	(Q1-Q5)-(Q2-Q6)
Contactador de giro	2	Giro de los motores	Q3-Q4
Luz de atascamiento	1	Luz piloto indicativa	L1
Luz de energizado	1	Luz piloto indicativa	L2
Luz de Trituración	1	Luz piloto indicativa	L3
Sirena	1	Sonido ante atascamiento	A

Fuente propia.

El graficet de nivel 1 se ha implementado para el diseño del control como se puede observar en la Figura 47 que da a conocer las funciones en cada fase del proceso y posteriormente en la Figura 48 se muestra el graficet de nivel 2 con sus respectivas etiquetas para la implementación en el diagrama de control.

Como resultado del diseño del sistema de control se encuentra el Anexo I, en donde se ha desarrollado la programación del PLC que hace referencia al análisis planteado en el graficet y cumpliendo con todas las especificaciones para ser implementado al diagrama de potencia.

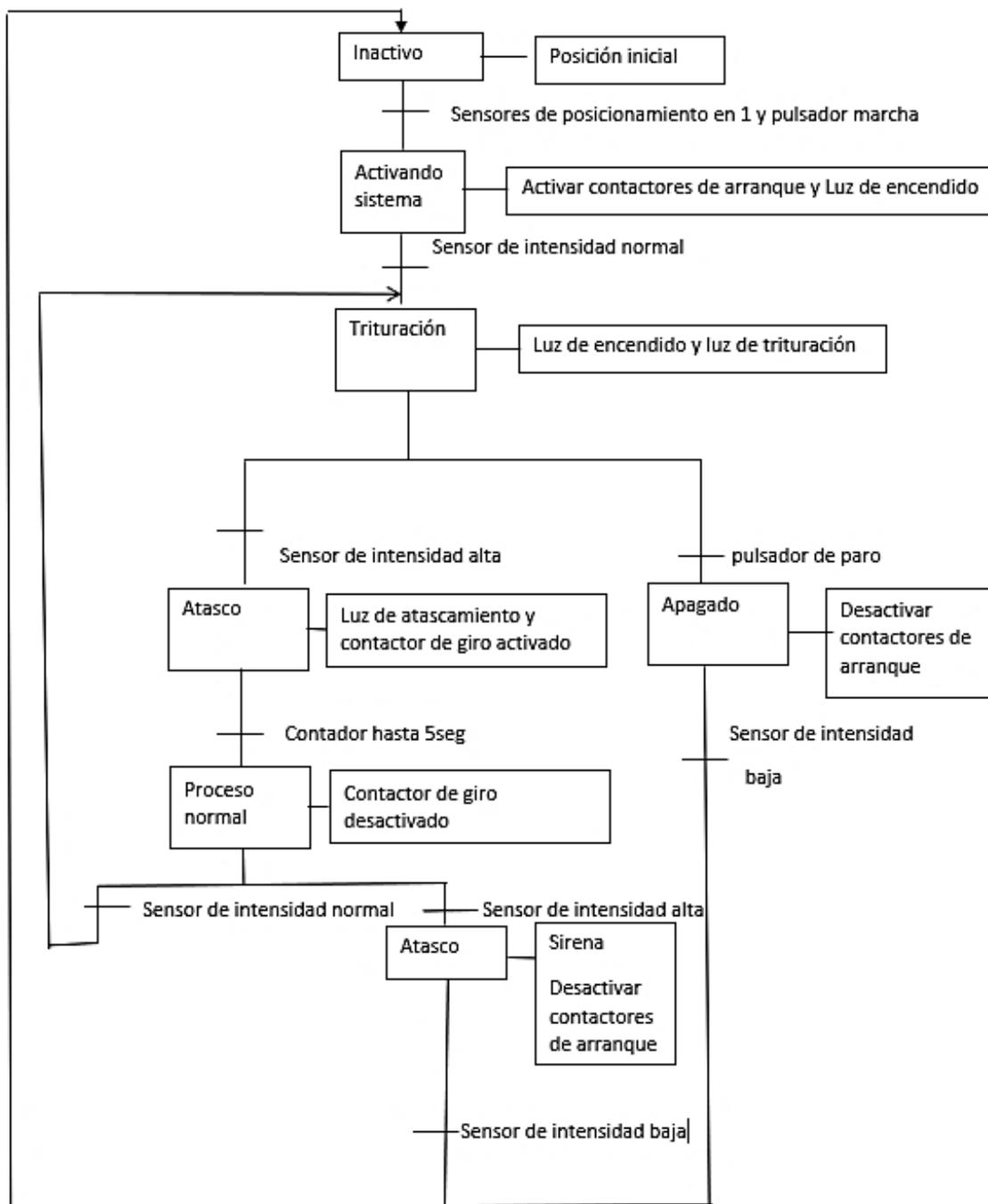


Figura 47.Graficet de nivel 1

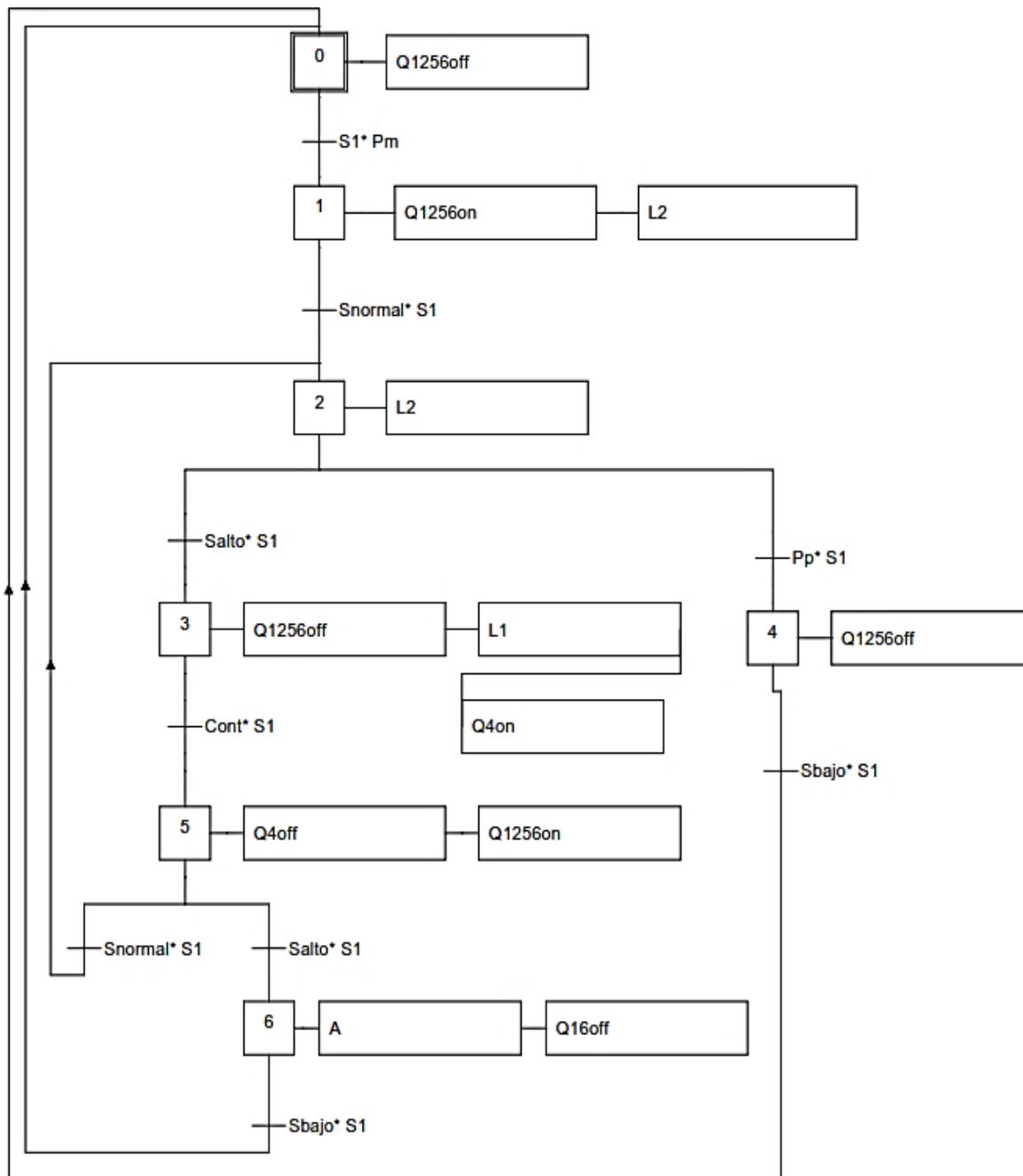


Figura 48.Grafcet nivel 2.

3.5.Análisis de costos

En la Tabla 49 se presentan los costos de la materia prima obtenida a través de cotizaciones en el mercado nacional.

Tabla 49

Costo de materia prima.

Materia prima			
Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor total
3	Tubo de hierro (50x50x2)	\$ 20,00	\$ 60,00
1	Tubo de hierro (100x50x2)	\$ 25,00	\$ 25,00
3	Plancha acero negro 1 mm	\$ 24,10	\$ 72,30
1	Plancha acero negro 2mm	\$ 25,00	\$ 25,00
1	Plancha ASTM A36 8 mm	\$ 210,00	\$ 210,00
1	Plancha AISI D3 150 mm x 9000 mm	\$ 1871,10	\$ 1.871,10
1	Plancha ASTM A36 10 mm	\$ 230,00	\$ 230,00
1	Ángulo 1 1/2" x 3/16	\$ 14,73	\$ 14,73
1	Acero en frio	\$ 1,00	\$ 1,00
2	Eje AISI 4340 32mm x 630 mm	\$ 11,00	\$ 22,00
2	Eje AISI 4340 32mm x 580mm	\$ 10,10	\$ 20,20
1	Eje AISI 1018 2 1/2 * 688 mm	\$ 30,00	\$ 30,00
1	Pernos, tuercas y arandelas	\$ 50,00	\$ 50,00
2	Motor Trifásico 1800 rpm 10 Hp 132 m	\$ 819,00	\$ 1638,00
2	Motorreductor 10 Hp i=1/10	\$ 707,00	\$ 1414,00
2	Pieza para preparación de brida B5	\$ 124,00	\$ 248,00
4	Engrane Acero 1020 24 dientes m=4	\$ 120,00	\$ 480,00
1	Piñón 22 dientes # 60	\$ 35,00	\$ 35,00
1	Piñón 23 dientes # 60	\$ 35,00	\$ 35,00
1	Cadena # 60	\$ 40,00	\$ 40,00
8	Chumaceras UFCL 207-20	\$ 10,00	\$ 80,00
1	Gabinete eléctrico 60x50x20	\$ 89,47	\$ 89,47
2	Guardamotor termomagnético 32 - 40 A	\$ 92,00	\$ 184,00
8	Contactador 32A	\$ 47,28	\$ 378,24
1	Pulsador paro de emergencia	\$ 1,34	\$ 1,34
2	Pulsador de marcha	\$ 1,25	\$ 2,50
10	Borneras	\$ 0,91	\$ 9,10
3	Luz piloto	\$ 2,00	\$ 6,00
1	Fuente de poder Siemens PLC	\$ 190,00	\$ 190,00
1	PLC Logo 12/24 RCE	\$ 205,00	\$ 205,00
3	Sensor SCT 013-30	\$ 11,00	\$ 33,00
2	Riel DIN	\$ 2,00	\$ 4,00
2	Final de carrera	\$ 2,00	\$ 4,00
Total			\$ 7707,98

Los costos directos están relacionados con las operaciones del producto a obtener, en la Tabla 50 se presenta los costos directos de fabricación [58].

Tabla 50

Costos directos de fabricación.

Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor total
60	Corte de las cuchillas	\$ 40,00	\$ 2400,00
20 (horas)	Mecanizado de piezas	\$ 100,00	\$ 2000,00
	Total		\$ 4400,00

Fuente propia.

Los costos indirectos de fabricación están ligados servicios mediante los cuales no intervienen en todos los procesos de fabricación y no depende de ello el producto como se muestra en la Tabla 51 la cual muestra un análisis de los gastos en servicios básicos utilizados en el desarrollo del triturador [58].

Tabla 51

Costos de servicios básicos.

Costos de servicios básicos			
Cantidad (meses)	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
10	Energía eléctrica	\$ 4	\$ 40
10	Teléfono celular	\$ 1	\$ 10
	Total		\$ 50

Fuente propia.

En la Tabla 52 se evalúan los costos de producción de la máquina trituradora de neumáticos la cual analiza el costo de materia prima, servicios y mano de obra valorada por el 30% del valor de la materia prima, lo cual se toma como referencia a un taller mecánico.

Tabla 52

Costos de producción.

Costos de producción del triturador de neumáticos		
Asignación		Costo
Materia prima	\$	7707,98
Servicios	\$	4400,00
Mano de obra	\$	2312,39
Total	\$	1420,37

Fuente propia.

La Tabla 53 indica los gastos administrativos siendo parte del costo indirecto.

Tabla 53

Gastos administrativos.

Gastos administrativos				
Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total	
1	Investigación	\$ 120	\$ 120	
1	Transporte	\$ 30	\$ 30	
	Total		\$ 150	

Fuente propia.

En la Tabla 54 se indica los gastos de operación en donde se analizan los costos de producción y costos indirectos.

Tabla 54

Gastos de operación.

Gastos de Operación	
Descripción	Valor Total
Costos de producción	\$ 14420,37
Costos de servicios básicos	\$ 50,00
Gastos administrativos	\$ 150,00
Total	\$ 14620,37

Fuente propia.

El precio al público se analiza de acuerdo a los gastos de operación, para lo cual se ha tomado un 20% de ganancia dando como resultado un costo de \$17600 dólares, valor tomado de la referencia de la Tabla 55.

Tabla 55

Precio de la trituradora de neumáticos.

Precio al publico	
Total, de costos de operación	\$ 14620,37
Utilidad 20%	\$ 2924,07
Precio de venta al público	\$ 17544,45

Fuente propia.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La investigación acerca de las características de los neumáticos radiales y diagonales, la composición e identificación permite conocer la fuerza necesaria para cortar un neumático rin 14 es de 2630 N, además debido a la granulometría fina de hasta 50 mm es necesario emplear una trituradora de 4 ejes.
- La metodología del diseño determinó que los requerimientos principales de la máquina son 100 kg/h de trituración, un sistema anti atascos, cumplir con las normas de ergonomía y obtener el producto triturado de dimensiones máximas de 50 mm, lo cual permite tener un diseño aproximado del triturador de neumáticos de granulometría fina.
- El cálculo determinó que la potencia requerida por la máquina es de 190113,5 kW, pero con un ángulo de desfase de 9° entre cada cuchilla la potencia disminuye a 12674 kW que representa un 95% menos, lo que permite seleccionar elementos del mercado nacional.
- Se validaron los elementos mecánicos con un error del 5% o menos, mediante simulaciones y cálculos analíticos que evalúan el esfuerzo máximo y el factor de seguridad.
- La simulación del sistema de corte demostró el corte de un pedazo de caucho vulcanizado por medio de dos herramientas de corte formadas del acero AISI D3, lo que permite validar el sistema de corte de la máquina.

- Se seleccionaron materiales del mercado nacional para la construcción de la máquina trituradora de neumáticos y posterior al análisis financiero la máquina tiene un costo total de 17600 dólares, representando un valor elevado con respecto a la competencia.

4.2.Recomendaciones

- Se recomienda realizar ensayos con los neumáticos para la obtención de la fuerza de corte, debido a que el proyecto se limita a rin 14 y no se conoce el comportamiento en neumáticos de mayor o menor rin, limitando el proceso de reciclaje.
- De acuerdo a la potencia elevada en relación a la capacidad de triturado que presenta la máquina se recomienda el análisis en un mayor número de probetas y corroborar los datos utilizados en esta investigación.
- Se recomienda la investigación en el mercado nacional acerca de los elementos de la maquinaria antes de la selección en catálogos, debido a que son limitados los productos y las dimensiones varían.
- Se recomienda la implementación de procesos previos de desalambrado del neumático y un pre corte, debido al dimensionamiento previsto para el triturador.
- Se recomienda la investigación de procesos posteriores y la utilización del caucho triturado con granulometrías de hasta 50 mm para aprovechar al 100% el producto obtenido.
- Se recomienda hacer un estudio de factibilidad de la trituradora de neumáticos debido al alto costo de la máquina y la poca producción que ofrece con relación a la competencia internacional.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. D. Poma Vélez y J. F. Ochoa Alfaro, Estudio y propuesta para el reciclaje de neumáticos procedentes de los vehículos de la ciudad de Loja, Loja: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, 2019.
- [2] El telegrafo, «www.eltelegrafo.com.ec,» 31 OCTUBRE 2018. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/llantasusadas-reciclaje-ecuador-llantaton2018>.
- [3] ECO Green Equipment , «ecogreenequipment.com,» 22 Enero 2018. [En línea]. Available: <http://ecogreenequipment.com/es/conoce-cuales-peligros-pueden-ocasionar-los-neumaticos-fuera-de-uso-nfu/>.
- [4] tnu, «www.tnu.es,» [En línea]. Available: <https://www.tnu.es/w/138/-como-es-un-neumatico-/lang/es>.
- [5] Diario el universo, «www.eluniverso.com,» 30 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/vida/2018/06/03/nota/6790121/24-millones-neumaticos-se-desechan-cada-ano-pais>.
- [6] S. F. Mueses Flores, MÁQUINA TRITURADORA DE CAUCHO PARA LA OBTENCIÓN DE GRANULOMETRÍA FINA, Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2017.
- [7] Diario el norte, «www.elnorte.ec,» 4 Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://www.elnorte.ec/ibarra/reciclaron-mas-de-mil-neumaticos-BDEN55056>.

- [8] Diario El comercio, «www.espol.edu.ec,» 2 Septiembre 2014. [En línea]. Available: http://www.espol.edu.ec/sites/default/files/docs_escribe/3525.pdf.
- [9] S. Vásquez Pozo , Estudio de factibilidad para la reutilización, reciclaje y procesamiento de neumáticos fuera de uso en la ciudad de Ibarra, Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2017.
- [10] E. Universo, «2,4 millones de neumáticos se desechan cada año en Ecuador,» *2,4 millones de neumáticos se desechan cada año en Ecuador*, 03 Junio 2018.
- [11] S. Ayala, «“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA PARA LA ELABORACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE MUEBLES HECHOS A BASE DE NEUMÁTICOS RECICLADOS EN LA CIUDAD DE TULCÁN, PROVINCIA DEL CARCHI”,» Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2014.
- [12] F. Salazar, «Centros de Acopio de Neumáticos,» Municipio de Ibarra, Ibarra, 2016.
- [13] A. Veintimilla, «Implementación de un Diseño Mecánico Para Triturar Neumáticos Reciclables,» Universidad Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2015.
- [14] C. Lalama Ochoa y A. Navarrete Mosquera , «"Diseño de una máquina trituradora de neumáticos",» ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL , Guayaquil, 2016.
- [15] J. G. Flores Vergara, «Diseño e implementación de una máquina prototipo trituradora de neumáticos para contribuir en la disminución de la contaminación ambiental.,» Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, 2017.
- [16] G. Castro, «Materiales compuestos para la industria del neumático,» Departamento de ingeniería mecánica F.I.U.B.A., Buenos Aires, 2008.

- [17] R. Wong, *Condiciones y características de los neumáticos*, Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- [18] Gestuyre, «¿Neumáticos radiales o diagonales?,» Gestuyre, [En línea]. Available: <https://www.michelin.es/motorbike/tips-and-advice/help-me-choose-the-right-tyre/radial-or-bias>. [Último acceso: 06 03 2020].
- [19] I. 2. 0. NTE, «NEUMÁTICOS. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN.,» INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, Quito, 1996.
- [20] Continental, « The future in Motion,» Continental, [En línea]. Available: <https://www.continentaltire.mx/car/tecnologia/tire-knowledge/tirelexikon-2-0/sidewallinfo>. [Último acceso: 06 Marzo 2020].
- [21] S. Yang, R. A. Lohnes y B. H. Kjartanson, «Mechanical Properties of Shredded Tires,» *Geotechnical Testing Journal*, vol. 25, nº 1, pp. 44-52, March 2002.
- [22] J. C. Murcia Correa y A. R. Romero Mendoza, «Diseño de un sistema primario en el proceso de trituración de llantas usadas desalambradas.,» Fundación Universidad de América, Bogotá D.C., 2016.
- [23] C. V. Mendez Peñaloza y F. V. Solano Arias, «Diseño de triturador de neumáticos usados; capacidad 1TON/h, para la empresa municipal de aseo de cuenca (EMAC).,» Universidad Politécnica Salesiana , Cuenca, 2010.

- [24] J. L. Pellinozi, S. A. Fumagalli, R. Quarleri y E. R. Blanco, «Avances de diseño de prototipo de equipo de trozado de neumaticos fuera de uso provenientes de la explotación minera.,» Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Argentina, 2013.
- [25] V. Erazo, A. Vásconez, L. Morales, D. Ortiz, W. Mosquera y E. Flores, «Estimación de la fuerza de corte en neumáticos usados Rin 14 para un proceso de trituración.,» 2020.
- [26] M. GIGA, «MOTOR GIGA,» [En línea]. Available: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/regeneracion-del-caucho-definicion-significado/gmx-niv15-con195342.htm>. [Último acceso: 12 03 12].
- [27] A. X. Criollo Salema , «Caracterización de caucho reciclado proveniente de SCRAP y neumaáticos fuera de uso para su potencial aplicación como materia prima,» Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, 2014.
- [28] Miranda, Segobia y Sosa, «Pirolisis de llantas usadas: Estudio Cinético.,» Facultad de Ciencias Químicas, UANL, 2006.
- [29] Silkymia, «Silkymia Colombia s.a.s.,» Silkymia 2017, 2017. [En línea]. Available: <http://silkymia.com/pirolisis-de-neumaticos-fuera-de-uso>. [Último acceso: 07 05 2020].
- [30] Castro, « Reutilización, reciclado y disposición final de neumáticos.,» Departamento de Ingeniería Mecánic, F.I.U.B.A., 2007.
- [31] S. D. Saavedra Cristancho y J. D. Guilombo Cruz, Comparación del rendimiento energético entre la molienda mecánica y la molienda criogénica aplicada a los neumáticos fuera de uso (NFU)., Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.

- [32] K. Tirel, Ingeniería de perfil de modernas plantas para reciclaje de neumáticos fuera de uso (NFU)., Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2017.
- [33] V. S. Espinoza Salguero y R. A. Tatamués Pozo, «Diseño y simulación de una máquina trituradora de llantas, de una tonelada por hora de capacidad, para la empresa OPTRA-SEMBRES,» Universidad Politécnica Nacional, Quito, 2016.
- [34] Cometel, «Cometel,» [En línea]. Available: <http://www.cometel.net/productos/viruta/instalaciones-completas/trituradoras-3/trituradora-horizontal-1-eje>. [Último acceso: 2020 Marzo 12].
- [35] J. EQUIPAMENTOS, «JAGUAR EQUIPAMENTOS,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.jaguarequipamentos.com/es/triturador-4-ejes/>. [Último acceso: 2020 Marzo 12].
- [36] S. D. Montaña Canizales, «Diseño y simulación de una máquina para destalonar el alambre de las llanatas en la industria de reciclaje nacional.,» Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016, 2016.
- [37] J. J. Bernal, «Despliegue de la función calidad (QFD): Guía de uso. Para qué sirve el QFD y cómo realizarlo,» PDCA Home, 18 10 2012. [En línea]. Available: <https://www.pdcahome.com/1932/qfd-despliegue-calidad/>. [Último acceso: 20 05 26].
- [38] A. Bayoumi, «DISEÑO PARA FABRICACIÓN Y MONTAJE (DFMA):CONCEPTOS, BENEFICIOS Y APLICACIONES,» *Current Advances in Mechanical Design and Production*, pp. 501-509, 2000.
- [39] Mas, Diego; Jose, Antonio, «Evaluación de la manipulación manual de cargas mediante GINSHT,» Ergonautas, 2015. [En línea]. Available:

<http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ginsht/ginsht-ayuda.php>. [Último acceso: 2020 06 09].

- [40] INEN, Ergonomía.Manipulación Manual -ISO 11228-1, 2014.
- [41] Metro, «1,67 cm es la estatura promedio de los ecuatorianos,» Metro, 2014. [En línea]. Available: <https://www.metroecuador.com.ec/ec/noticias/2016/07/26/167-cm-estatura-promedio-ecuatorianos.html>. [Último acceso: 27 05 2020].
- [42] B. M. Tomalá Reyes, Diseño de estrategia de reutilización, recilado y disposición final de neumáticos de vehículos, como combustible alternativo en fabricas para disminuir la contaminación ambiental al final de su vida útil, en el cantón de Santa Elena 2013., La libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena , 2013.
- [43] R. Mott, Diseño de elementos de máquinas, México: Prentice Hall, 2006.
- [44] Viveros Villa, Jorge Alejandro; Pereira Carrasco, Alexis Gerardo, Estudio de la factibilidad de una planta generadora de materia prima a base de neumáticos desechados., Concepción: Universidad del Bío-Bío, 2015.
- [45] Motive, REDUCTOR SIN FIN CORONA SERIE BOX, Campobasso: Castenedolo, 2012.
- [46] RENOLD, Método de selección de cadenas, Manchester: Renold , 2014.
- [47] D. Dudley, Manual de engranes, Mexico: Mc Graw-Hill, 1973.
- [48] Albarrán y J. Albarrán Ligero, FUNDAMENTOS DEL KBE (KNOWLEDGE BASED ENGINEERING). APLICACIÓN AL DISEÑO DE ENGRANAJES DE EJES PARALELOS CON CATIA V5., Sevilla: Escuela Superior de Ingenieros, 2008.

- [49] Ingemecánica, «Ingemecánica,» Ingemecánica, [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn150.html>. [Último acceso: 14 Abril 2020].
- [50] R. G. Budynas y J. Keith Nisbett, Diseño de ingeniería mecánica de Shigley, México: McGRAW-HILL, 2008.
- [51] R. L. Norton, Diseño de máquinas, México: PEARSON, 2011.
- [52] P. Ringegni y M. Arbelo, «Engranés Cilíndricos a dientes rectos,» Universidad nacional de la plata, Buenos Aires, Mecanismos y sistemas de aeronaves mecanismos y elementos de máquinas.
- [53] L. V. Venegas Useche, Diseño de Elementos de máquinas, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2018.
- [54] J. y. M, «Dimensiones de chavetas y chavetros Según DIN - 6885/1-6886-6887,» 2020.
- [55] U. d. Cantabria, «Elementos de máquinas,» Universidad de Cantabria, Cantabria.
- [56] SKF, «SKF,» SKF, [En línea]. Available: <https://www.skf.com/pe/products/rolling-bearings/engineered-products/high-temperature-bearings-and-bearing-units/productid-FYT%201.1%2F4%20TF%2FVA201>. [Último acceso: 07 04 2020].
- [57] J. C. Martín Castillo, Máquinas eléctricas, Madrid: EDITEX, 2012.
- [58] Telemecanique, *Contactores. Algunas definiciones y comentarios*, Schneider electric, 2020.

- [59] R. A. Rojas Medina, *Sistemas de costos de un proceso para su implementación*, Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2007.
- [60] S. A. CMBE, «Triturador industrial 2 ejes,» YouTube, 9 Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=Cx4yO2WWH3Y>. [Último acceso: 2020 03 12].
- [61] A. L. Farina, «Motores eléctricos trifásicos: usos, componentes y funcionamiento.,» *Suplemento INstaladores*, pp. 68-72, 2018.
- [62] C. Riba, *Diseño concurrente.*, Barcelona: EDITIONS UPC, 2002.
- [63] SIGNUS, «Sistema integrado y gestión de neumáticos usados,» SIGNUS, Madrid, 2005.
- [64] G. Oponeo, «Oponeo Neumáticos,» 09 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.oponeo.es/blog/indice-de-carga-del-neumatico>. [Último acceso: 2020 Marzo 25].
- [65] V. Faires, *Diseño de elementis de máquinas*, Barcelona: Montaner y simon S.A., 2011.
- [66] B. M. Tomalá Reyes, *Diseño de estrategia de reutilización, reciclado y disposici'p*.
- [67] J. L. Millones Hernandez, *Diseño de un molino de cuchillas de 300 kg/h para la molienda de plásticos sólidos HDP. grupo Dimarsa SAC.- PUENTE PIEDRA*, Callao: Universidad Nacional de Callao, 2014.
- [68] Montijo Valenzuela, Eliel Eduardo; Ramirez Torres, Flor; Cerón Franco , Aureliano, «Análisis teórico y simulado del esfuerzo máximo permisible en barras rectangulares y ejes,» *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Tabasco 2018*, vol. 10, nº 2, pp. 1535-1540, 2018.

- [69] M. Brotto, «Casa de calidad paso a paso,» Massimo Brotto, 2020. [En línea]. Available: <https://massimobrotto.com/casa-calidad-paso-paso/#top>. [Último acceso: 2020 06 11].

ANEXOS

A. Protocolo de ensayos

PROTOCOLO DE PRUEBAS

Tema: Estimación de la fuerza de corte en neumáticos usados Rin 14 para un proceso de trituración.

Objetivo: Determinar de la fuerza de corte en neumáticos usados Rin 14, mediante un ensayo experimental para un proceso de trituración.

Materiales:

- 10 probetas de diferentes marcas de neumáticos Rin 14" de aproximadamente 100 mm x 200 mm

Equipos:

- Prensa hidráulica de 400 bar, acoplada a un manómetro.
- 1 punzón de HSS, con diámetro 8 mm y longitud 35 mm.
- Calibrador Vernier
- 1 computadora
- 1 celular
- 1 marcador

Método:

1. Obtención de 10 probetas de neumáticos de diferentes neumáticos Rin 14" de aproximadamente 100 mm x 200 mm, de la banda de rodadura y de la cara lateral.
2. Etiquetar las probetas mediante numeración y dividir en 8 partes para realizar las perforaciones, a continuación, se observan las 10 probetas:



Figura 1.- Izquierda; Probeta 1. Derecha; Probeta 2



Figura 2.- Izquierda; Probeta 3. Derecha; Probeta 4



Figura 3.- Izquierda; Probeta 5. Derecha; Probeta 6.



Figura 4.- Izquierda; Probeta 7. Derecha; Probeta 8.



Figura 5.- Izquierda; Probeta 9. Derecha; Probeta 10.

En la Tabla 1 se puede observar las características de los neumáticos de acuerdo a la numeración asignada a las probetas.

3. Se coloca la probeta en la prensa como se observa en la figura 6 (Izquierda) y se acciona la palanca de la gata hidráulica hasta traspasar con el punzón.
4. El proceso es documentado en un video, donde se analiza la presión máxima marcada en el manómetro, como se indica en la figura 6 (Derecha)

Tabla 1. Características de las probetas.

Nro. MUESTRA	Fabricante	Descripción			
		Tamaño	Nro Rin	Treadwear	Indice de carga
1	Barum/Brillantis	185/60	R14	420	82H
2	General/Al timax	185/65	R14	440	86T
3	Barum/Brillantis	185/70	R14	280	88T
4	Kumho Ecsta SPT	185/65	R14	340	86H
5	Hankook Optimode02	175/70	R14	300	84H
6	Sportiva	185/60	R14	520	82T
7	Escapade/Maxxis	185/65	R14	720	86T
8	Brillantis/Barum	185/65	R14	420	86T
9	Continental	195	R14C	-	110/108S
10	Continental	165/60	R13	400	79T



Figura 6.- Izquierda; Ensayo. Derecha; Documentación del Ensayo.

- Se midió el diámetro y el espesor de neumático perforado, además, se calculó el perímetro para obtener el área del corte vez, para utilizar la ecuación $P=F/A$, donde P =presión, F =fuerza, A =Área paralela y obtener la fuerza en newton [N]. El área está dada por el diámetro del punzón, como se observa en la figura 7.



Figura 7.- Izquierda; Perforaciones Banda de Rodadura. Derecha; Perforaciones Cara Lateral.

6.

- Se tabulan las 8 perforaciones en cada probeta, como se observa en la figura 8 y 9, la cual se representa por líneas de acuerdo al color asignado a la probeta, además se observa la fuerza de corte en cada perforación.

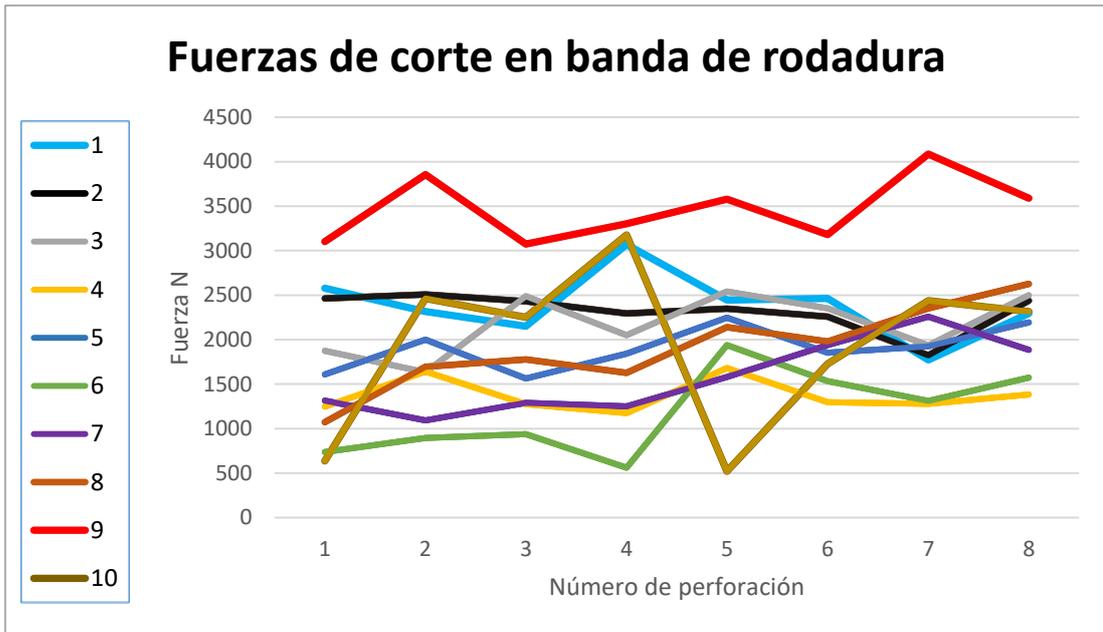


Figura 8.- Fuerzas presentes en la banda de rodadura.

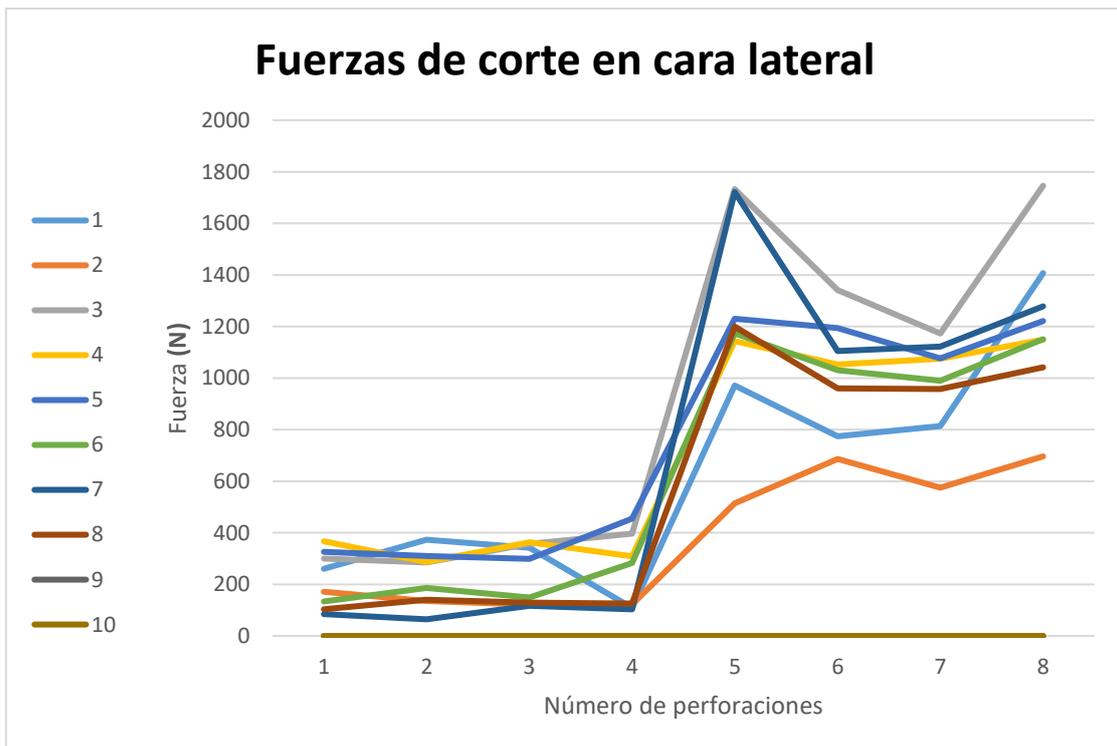


Figura 9.- Fuerzas presentes en la cara lateral.

Con los datos representados en las figuras 8 y 9, se obtiene para cada una de las muestras las fuerzas máximas y mínimas en la banda de rodadura y la cara lateral, así como la relación entre ellas. Los resultados se muestran en la tabla 2.

8. Análisis de datos de la fuerza mediante el percentil, media móvil.

Tabla 2. Fuerza promedio en las probetas.

Fuerzas resultantes					
Muestras	Banda de rodadura (Br)		Cara Lateral (Cl)		Relación % fuerza máxima (Cl/Br)
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	
1	2579,56	1772,26	1407,03	108,57	54,55%
2	2507,91	1823,93	696,19	121,94	27,76%
3	2541,35	1633,72	1745,77	284,77	68,69%
4	1681,06	1175,13	1149,08	286,62	68,35%
5	2247,09	1563,37	1230,07	298,78	54,74%
6	1938,58	561,02	1173,83	133,54	60,55%
7	2258,2	1092,99	1721,62	64,36	76,24%
8	2626,46	1072,65	1199,5	103,36	45,67%
9	4085,61	3073,98	1249,52	233,91	30,58%
10	3176,68	521,12	1366,73	211,91	43,02%

Los datos se analizan mediante la jerarquía y percentil que se representa en la Tabla 3, en donde analiza los datos de la banda de rodadura al ser los más elevados. De acuerdo a la Tabla 3 los datos de las muestras 9 y 10 son atípicos, descartando del análisis, además la fuerza en el neumático 8 representa una importancia del 77,7 % y en referencia a ello se encuentra la fuerza necesaria mínima de 2626,46 N.

Tabla 3. Método de jerarquía y percentil.

Muestra	Fuerza	Jerarquía	Porcentaje
9	4085,61	1	100,00%
10	3176,68	2	88,80%
8	2626,46	3	77,70%
1	2579,56	4	66,60%
3	2541,35	5	55,50%
2	2507,91	6	44,40%
7	2258,2	7	33,30%
5	2247,09	8	22,20%
6	1938,58	9	11,10%
4	1681,06	10	0,00%

Conclusiones:

Según lo mostrado en la tabla 2 se puede concluir que; la fuerza promedio requerida para corte del neumático en la cara lateral es aproximadamente el 53% a la requerida por la banda de rodadura. En la figura 3 se puede observar que los datos arrojados por las 9 y diez son atípicos, con lo cual se puede concluir que la fuerza necesaria para cortar neumáticos Rin 14 será de 2630 N.

B. Encuesta



ENCUESTA

TEMA: “Trituradora de neumáticos”.

OBJETIVO: Recopilar información para obtener los requerimientos necesarios para el diseño de un sistema de trituración que consta de 3 etapas: Extracción de talón, Trituración primaria y Trituración secundaria.

INSTRUCCIONES: Lea las preguntas que se citan a continuación y marque con una (x) las respuestas que considere convenientes.

1. ¿Qué capacidad de triturado considera conveniente?
50kg/h () 75kg/h () 100kg/h ()
2. ¿Está de acuerdo que ingrese una llanta a la vez en el sistema de trituración?
SI () NO ()
3. ¿Cómo considera que debe ser la descarga del producto terminado, en la etapa de trituración primaria y secundaria?
Salida vertical () Salida lateral ()
4. ¿Cuál es el destino del producto final, en la etapa de trituración secundaria?
Astillas[10-50mm] () Granulado[5-10mm] () Polvo[1-5mm] ()
5. ¿Considera que el sistema de triturado tenga inversión de giro?
SI () NO ()
6. ¿Considera que se deba separar totalmente el alambre del talón del caucho, en la etapa de Extracción de talón?
SI () NO ()

OBSERVACIONES: _____

C. Casa de la calidad

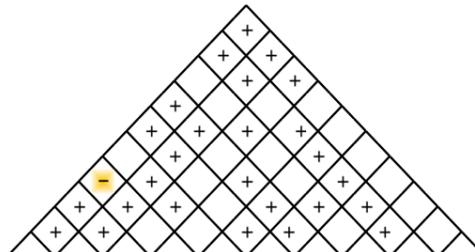
QFD: Casa de la calidad

Proyecto: "Diseño de máquina trituradora para la obtención de partículas de caucho a partir de neumáticos pre-cortados."
 Revisión:
 Fecha: 4/7/2019

Correlaciones	
Positivo	+
Negativo	-
No Correlacion	

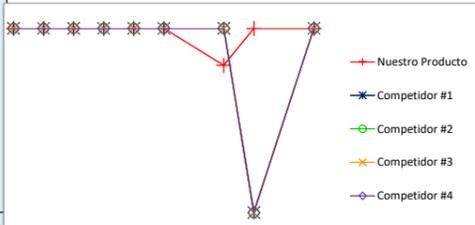
Relaciones	
Fuerte	●
Moderado	○
Débil	▽

Dirección de mejora	
Maximizar	▲
Objetivo	◇
Minimizar	▼

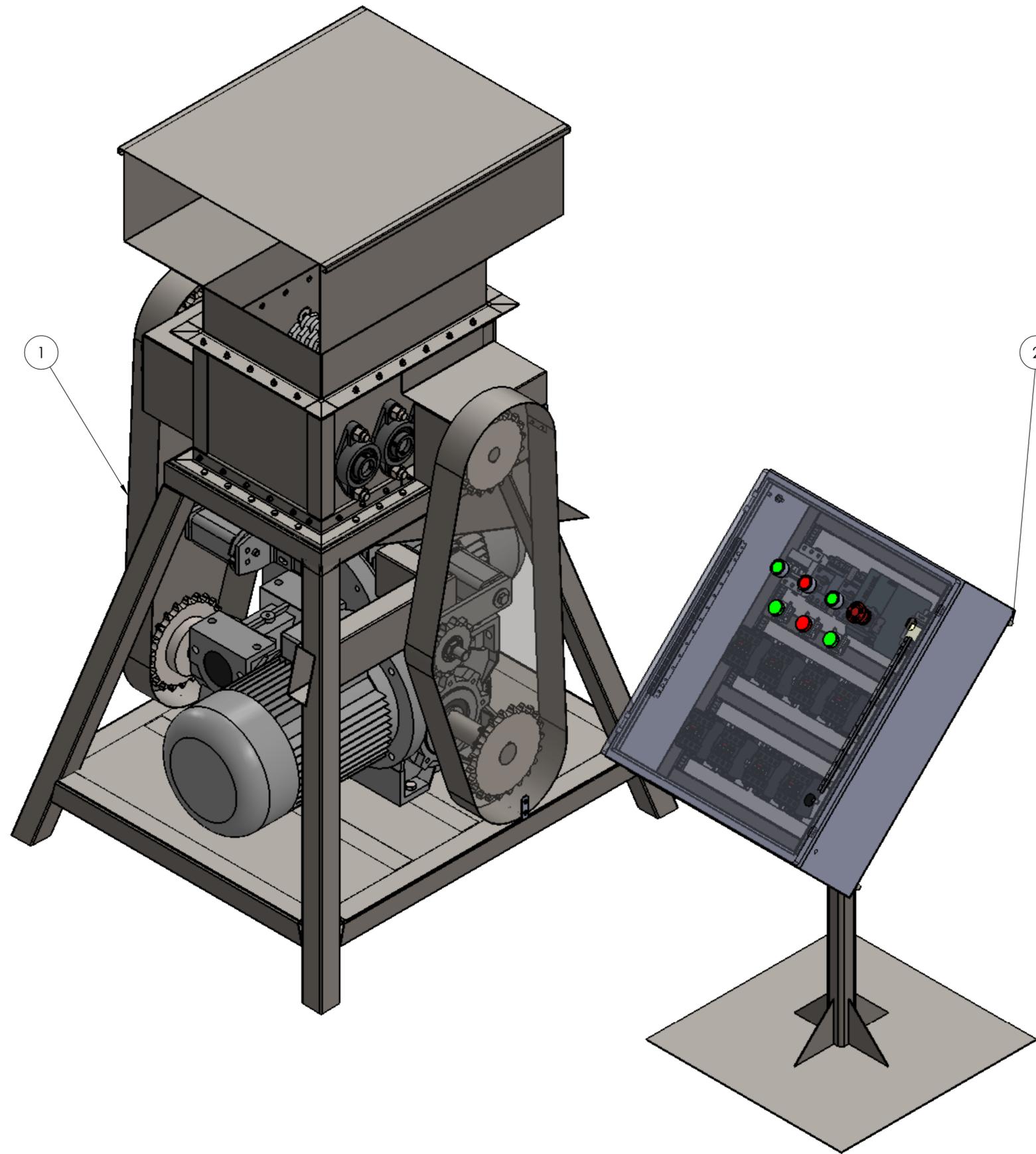


Nº de Fila	Tabla de Peso	Peso Relativo	Importancia del Cliente	Relación Máxima	REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE (Explicitos e Implícitos)	EVALUACIÓN COMPETITIVA DEL CLIENTE										Nº de Fila							
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
1	■	13%	9	9	Capacidad de triturado	●	○	▽	▽									5	5	5	5	5	1
2	■	10%	7	9	Tituración de una llanta por proceso	○	●	▽	▽									5	5	5	5	5	2
3	■	7%	5	9	Obtener el producto final pequeño			●	○	○								5	5	5	5	5	3
4	■	13%	9	9	Debe ser funcional ante atascamientos	○	○		●	○								5	5	5	5	5	4
5	■	13%	9	9	Ingreso del neumático pre-cortado	○	▽	○	●									5	5	5	5	5	5
6	■	13%	9	9	Apto para uso de usuarios locales			○		●	○	○						5	5	5	5	5	6
7	■	10%	7	9	Salida del material accesible para otro proceso	○		▽	▽		●							5	5	5	5	5	7
8	■	13%	9	9	Bajo costo				○			○	●	○				5	0	0	0	0	8
9	■	10%	7	9	Fácil Mantenimiento	○	○		○		○		●					5	5	5	5	5	
10	■	13%	9	9	Seguridad			○	○		○		○	○	●								

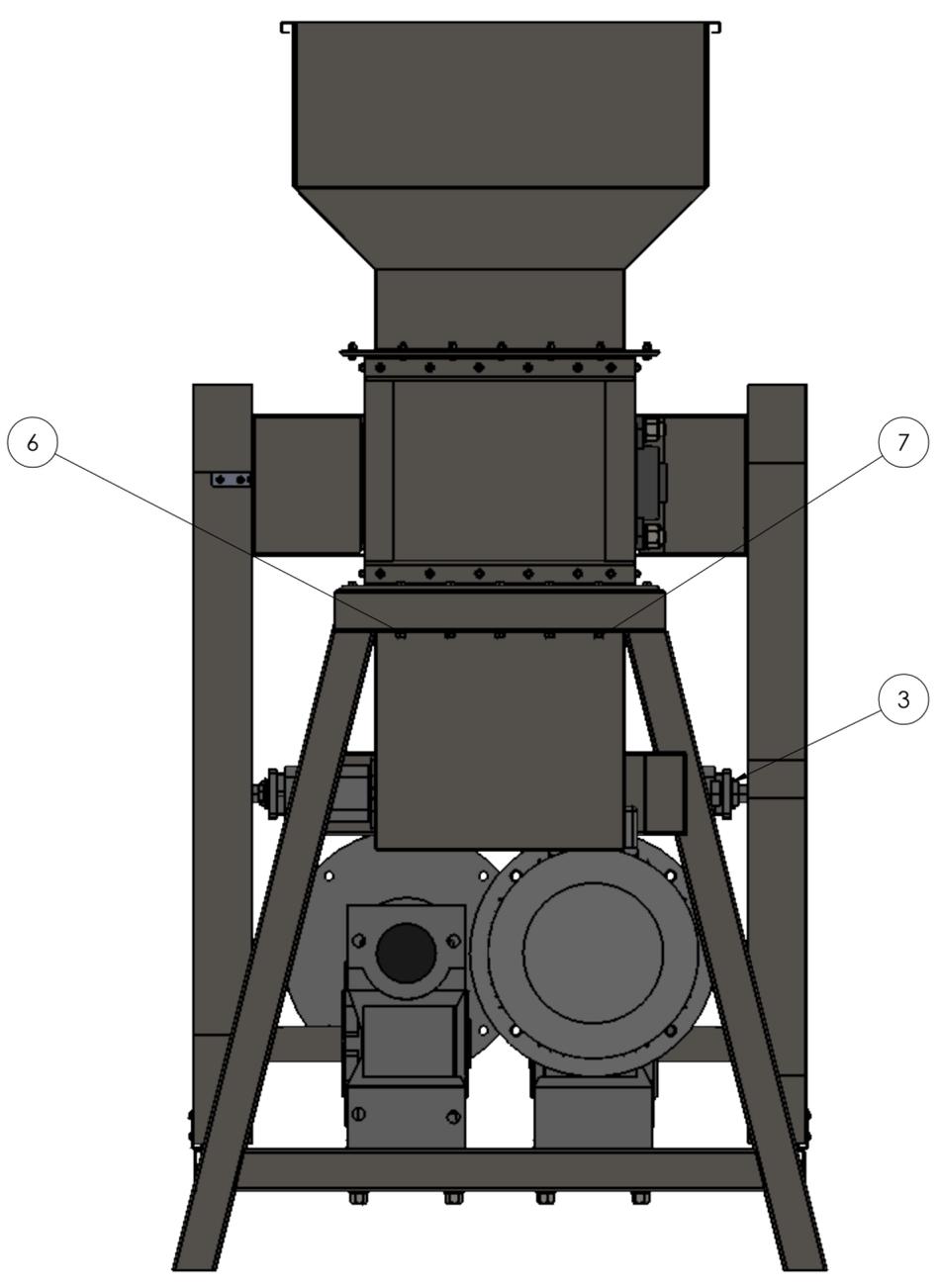
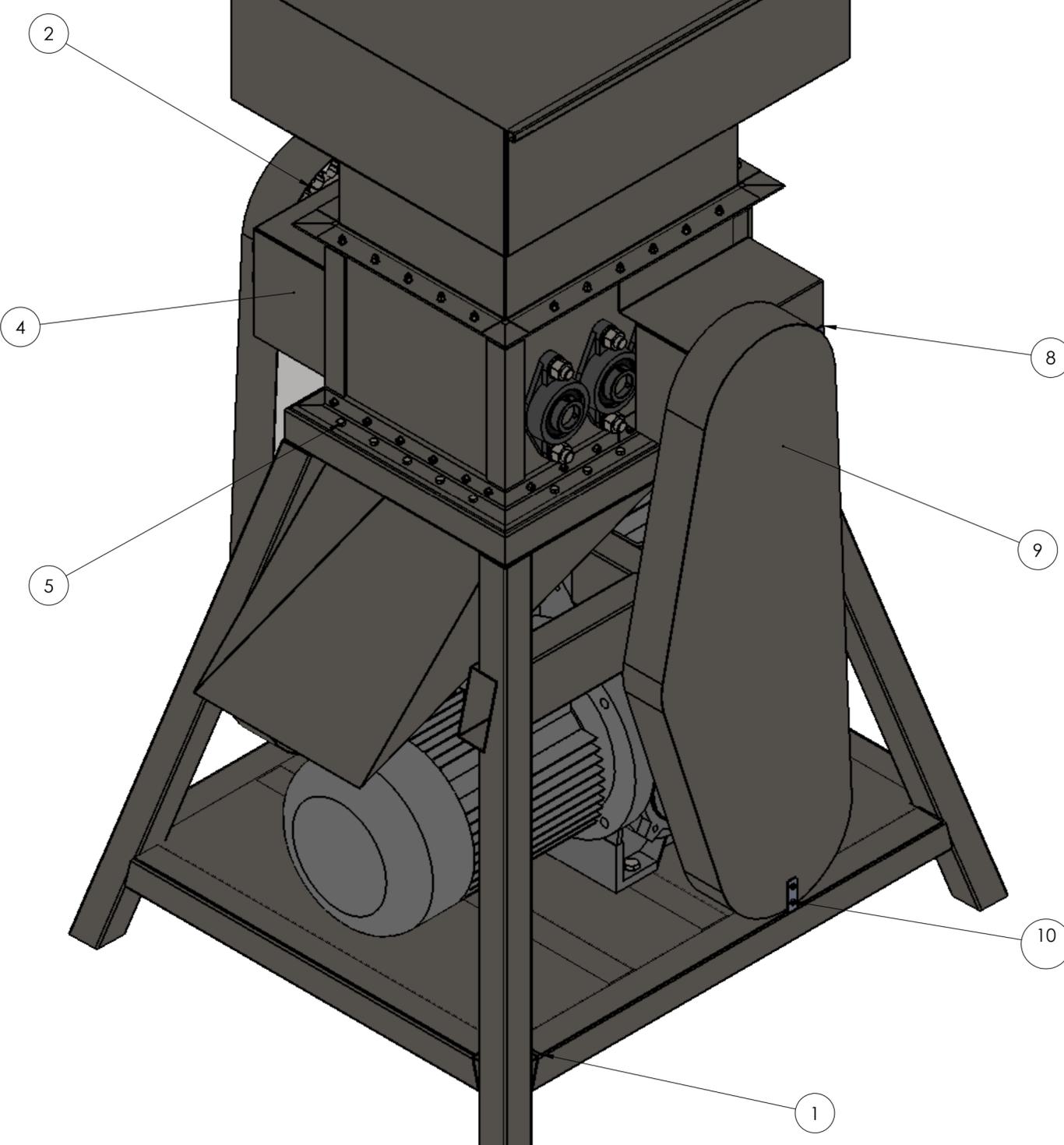
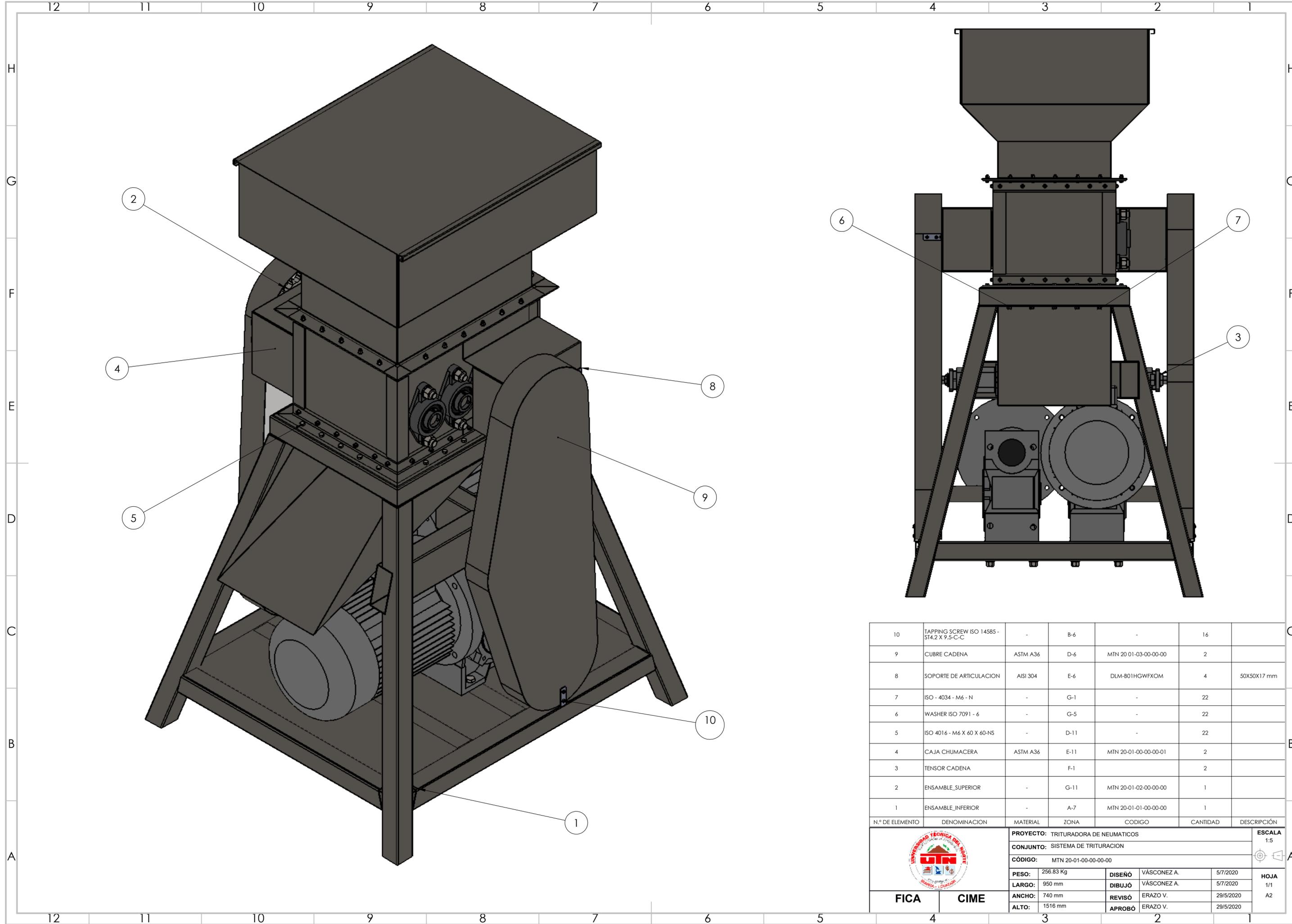
Objetivos Para el Requisito Funcional	EVALUACIÓN TÉCNICA COMPETITIVA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacidad de 100kg/h										
tolva de 0.086 m3										
Granulometría [5-10mm]										
Intensidad nominal del motor										
Ingreso de tiras [50-300mm]										
Cumplir el 80% de las normas INEN ISO-11228-1										
sistema de desfogge situado a 400m del suelo										
80% de repuestos en el mercado local										
Primer nivel de automatización										
Cumplir el 80% de las normas industriales										
Relación Máxima	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3
Clasificación de Importancia Técnica	278,87	207,04	171,83	181,69	167,61	181,69	147,89	164,79	114,08	114,08
Peso Relativo	16%	12%	10%	11%	10%	11%	9%	10%	7%	7%
Tabla de Peso	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Nuestro Producto	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
Corte trituradora Yongjin	5	5	5	5	5	5	5	0	0	5
Chatarra de equipos de reciclaje de neumáticos TS-800	5	5	5	5	5	5	5	0	0	5
Máquina de reciclaje de neumáticos HNWT1000	5	5	5	5	5	5	5	0	0	5
Sistema de separación de neumáticos de acero JLRS600	5	5	5	5	5	5	5	0	0	5



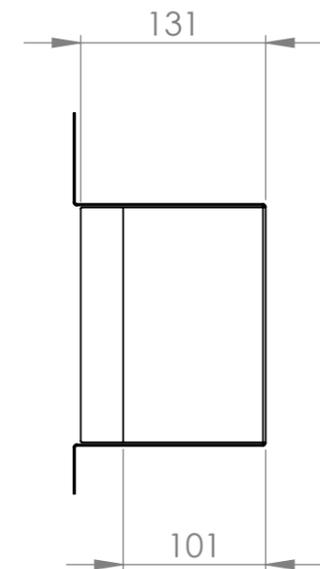
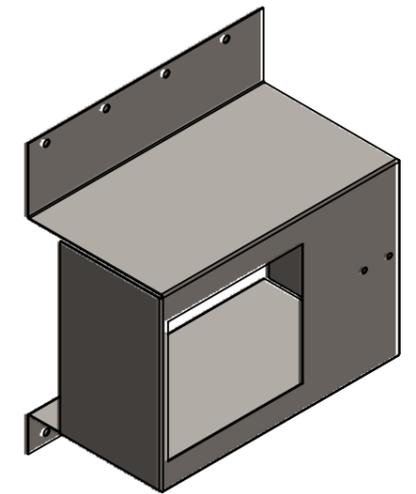
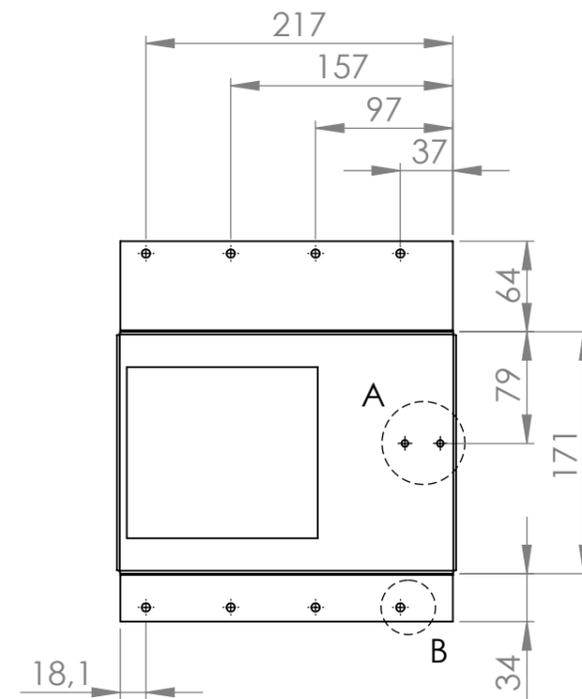
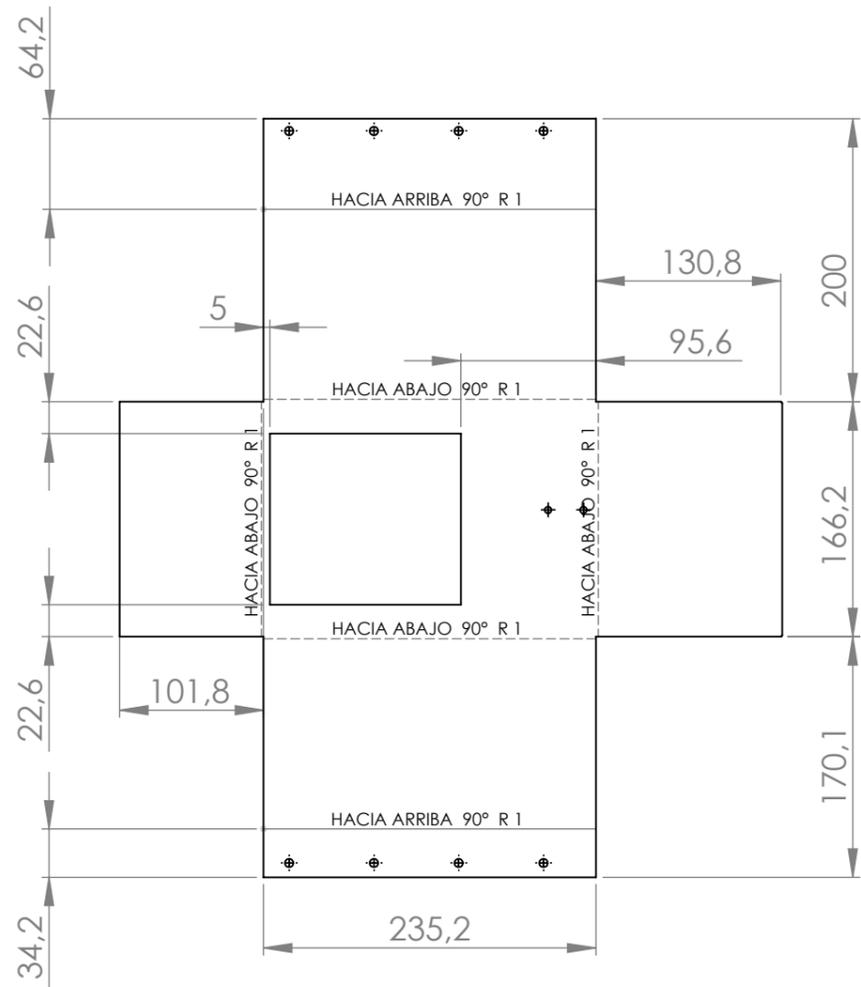
D. Planos mecánicos



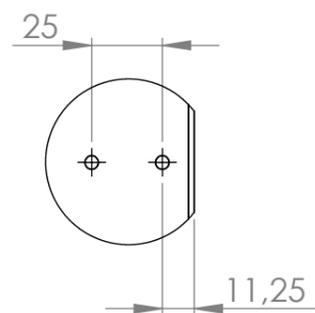
2	SISTEMA DE CONTROL	-	D-7	MTN 20-02-00-00-00-00	1	
1	SISTEMA DE TRITURACION	-	E-10	MTN 20-01-00-00-00-00	1	
N.º DE ELEMENTO	DENOMINACION	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
				PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS		ESCALA 1:6
				CONJUNTO: 1.MAQUINA TRITURADORA		
				CÓDIGO: MTN 20-00-00-00-00		HOJA 1/1 A2
PESO: 256.83 Kg		DISEÑO: VÁSCONEZ A.		27/5/2020		
LARGO: 1741 mm		DIBUJÓ: VÁSCONEZ A.		5/7/2020		
ANCHO: 950 mm		REVISÓ: ERAZO V.		29/5/2020		
ALTO: 1516 mm		APROBÓ: ERAZO V.		29/5/2020		
FICA		CIME				



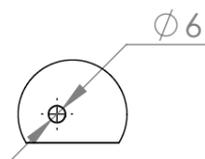
10	TAPPING SCREW ISO 14585 - ST4.2 X 9.5-C-C	-	B-6	-	16	
9	CUBRE CADENA	ASTM A36	D-6	MTN 20-01-03-00-00-00	2	
8	SOPORTE DE ARTICULACION	AISI 304	E-6	DLM-B01HGWFOM	4	50X50X17 mm
7	ISO - 4034 - M6 - N	-	G-1	-	22	
6	WASHER ISO 7091 - 6	-	G-5	-	22	
5	ISO 4016 - M6 X 60 X 60-NS	-	D-11	-	22	
4	CAJA CHUMACERA	ASTM A36	E-11	MTN 20-01-00-00-00-01	2	
3	TENSOR CADENA		F-1		2	
2	ENSAMBLE_SUPERIOR	-	G-11	MTN 20-01-02-00-00-00	1	
1	ENSAMBLE_INFERIOR	-	A-7	MTN 20-01-01-00-00-00	1	
N.º DE ELEMENTO	DENOMINACION	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCION
				PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS CONJUNTO: SISTEMA DE TRITURACION CODIGO: MTN 20-01-00-00-00		ESCALA: 1:5
PESO: 256.83 Kg LARGO: 950 mm ANCHO: 740 mm ALTO: 1516 mm		DISEÑO: VÁSCONEZ A. DIBUJÓ: VÁSCONEZ A. REVISÓ: ERAZO V. APROBÓ: ERAZO V.		5/7/2020 5/7/2020 29/5/2020 29/5/2020		HOJA: 1/1 A2
FICA		CIME				



DETALLE A
ESCALA 2 : 5

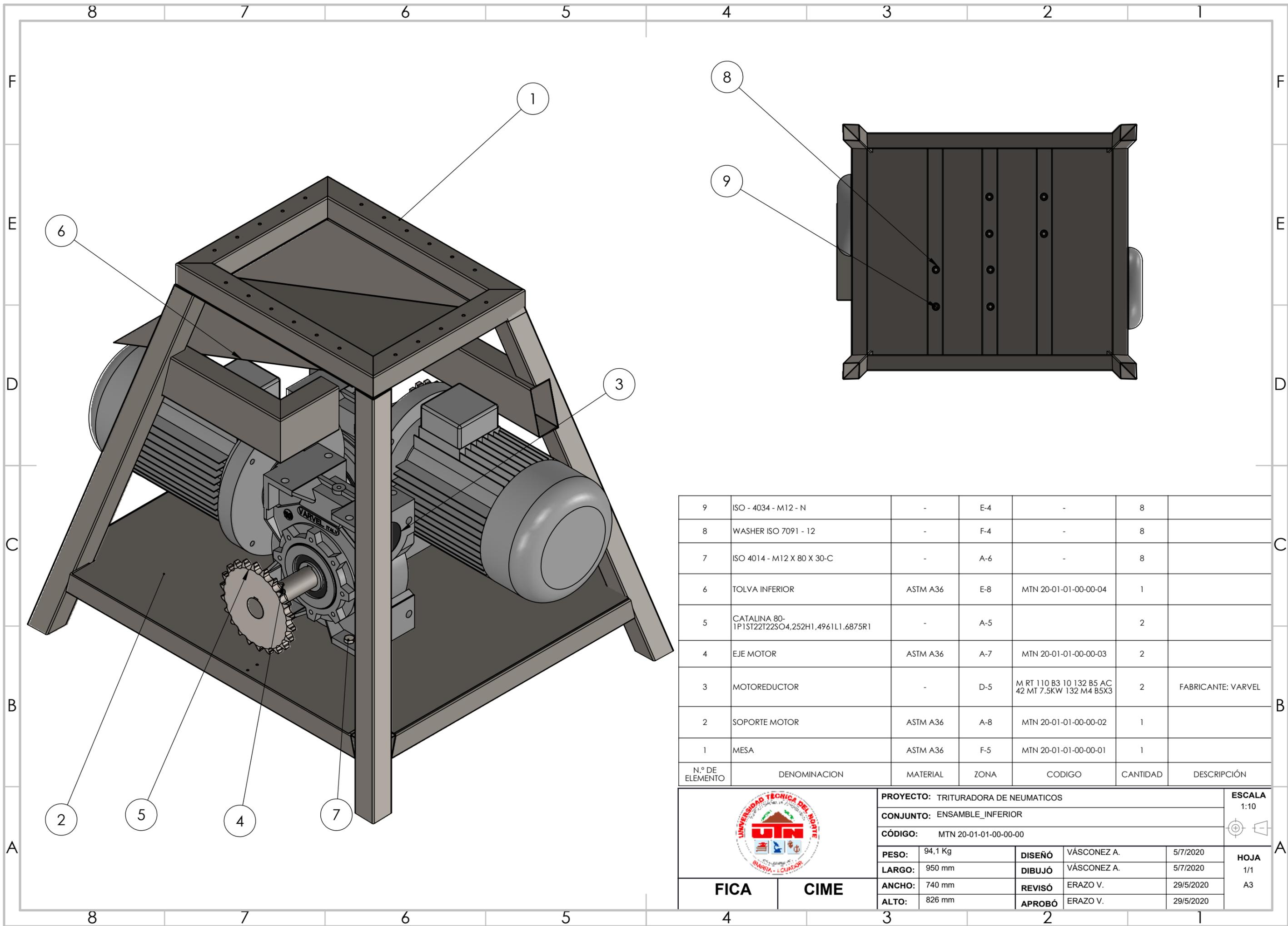


DETALLE B
ESCALA 2 : 5



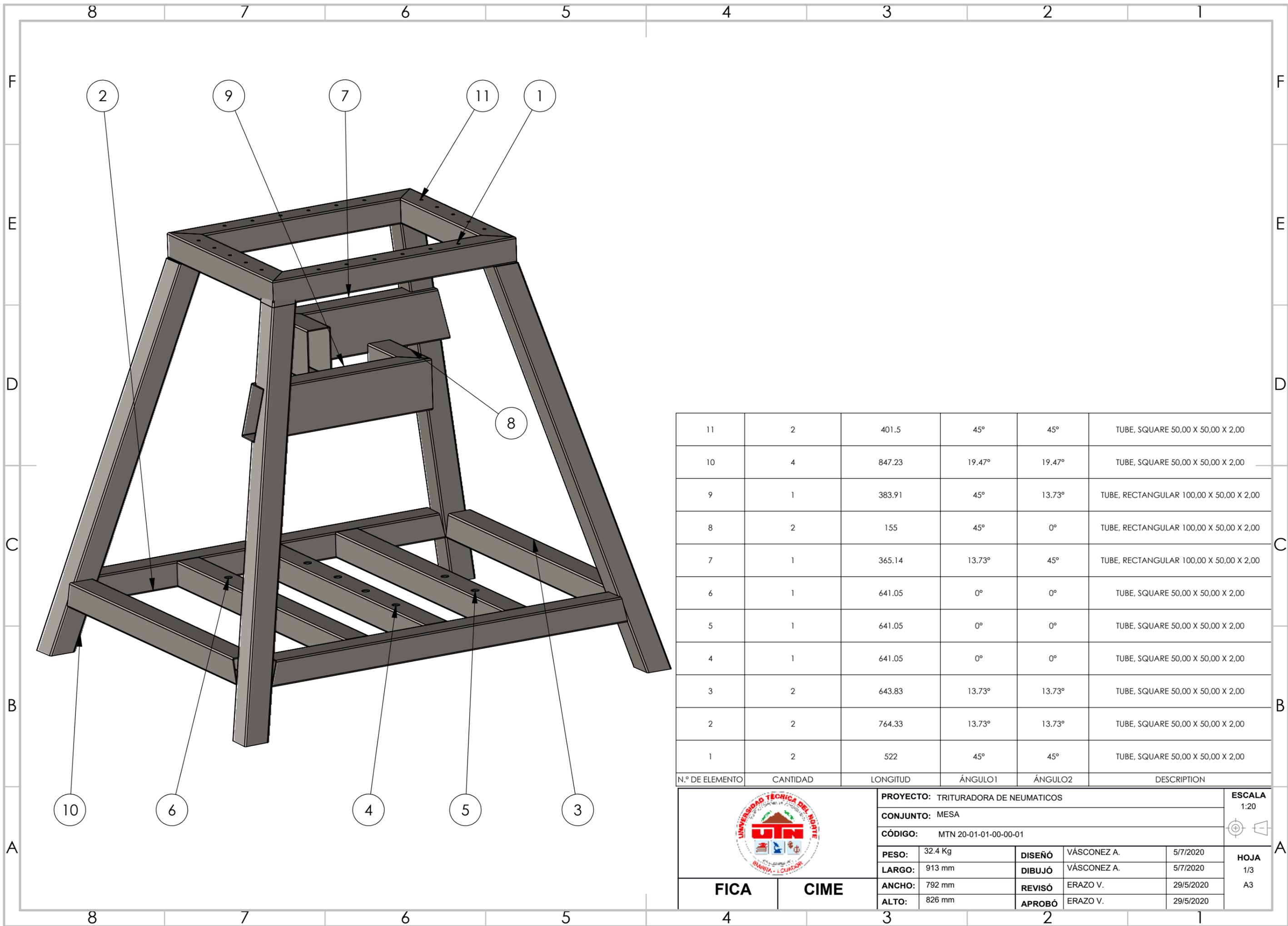
NOTA: PLANCHA METALICA ESPESOR 1MM

	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA: 1:5	
	PARTE: CAJA CHUMACERA				TOLERANCIA: ±0,05	
CÓDIGO: MTN 20 01-00-00-00-01				MATERIAL: ASTM A36	DISEÑO: VÁSCONEZ A. 5/7/2020	HOJA: 1/1 A3
				TRATAMIENTO: NINGUNO	DIBUJÓ: VÁSCONEZ A. 5/7/2020	
				RECUBRIMIENTO: NINGUNO	REVISÓ: ERAZO V. 29/5/2020	
				CANTIDAD: 2	APROBÓ: ERAZO V. 29/5/2020	
FICA		CIME				



9	ISO - 4034 - M12 - N	-	E-4	-	8	
8	WASHER ISO 7091 - 12	-	F-4	-	8	
7	ISO 4014 - M12 X 80 X 30-C	-	A-6	-	8	
6	TOLVA INFERIOR	ASTM A36	E-8	MTN 20-01-01-00-00-04	1	
5	CATALINA 80-1P1ST22T22SO4,252H1,4961L1.6875R1	-	A-5		2	
4	EJE MOTOR	ASTM A36	A-7	MTN 20-01-01-00-00-03	2	
3	MOTOREDUCTOR	-	D-5	M RT 110 B3 10 132 B5 AC 42 MT 7.5KW 132 M4 B5X3	2	FABRICANTE: VARVEL
2	SOPORTE MOTOR	ASTM A36	A-8	MTN 20-01-01-00-00-02	1	
1	MESA	ASTM A36	F-5	MTN 20-01-01-00-00-01	1	
N.º DE ELEMENTO	DENOMINACION	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN

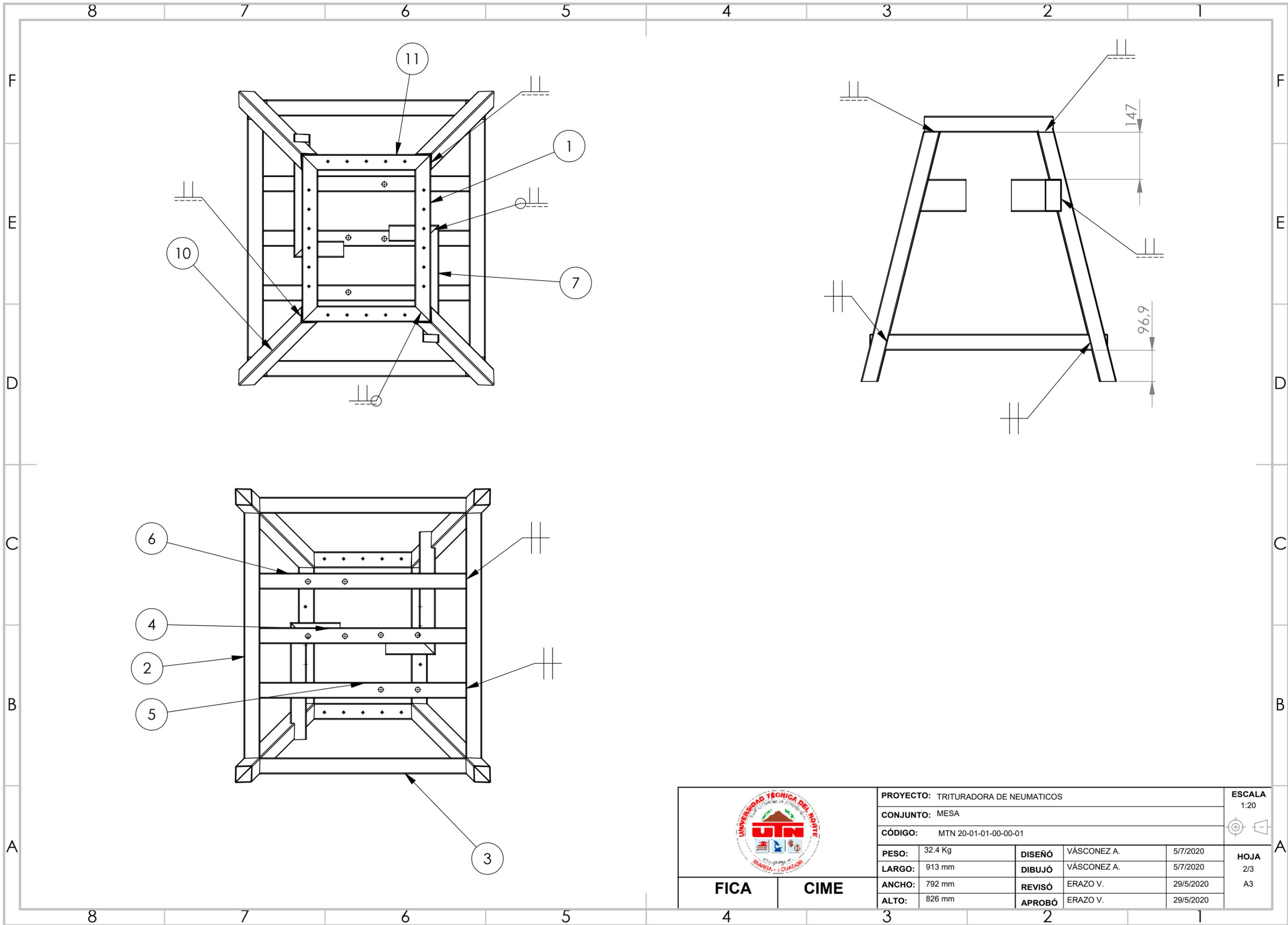
	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:10
	CONJUNTO: ENSAMBLE_INFERIOR				
CÓDIGO: MTN 20-01-01-00-00-00					HOJA 1/1 A3
PESO:	94,1 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
LARGO:	950 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
ANCHO:	740 mm	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
ALTO:	826 mm	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
FICA	CIME				



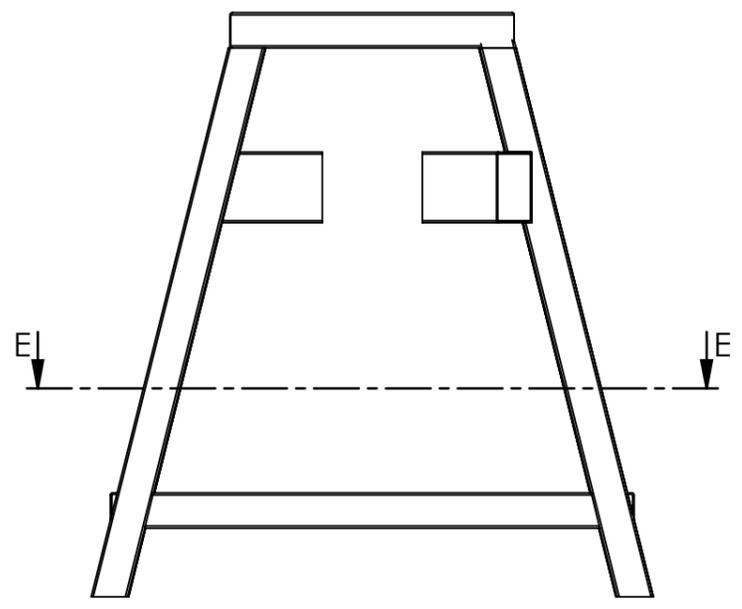
N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD	LONGITUD	ÁNGULO1	ÁNGULO2	DESCRIPTION
11	2	401.5	45°	45°	TUBE, SQUARE 50,00 X 50,00 X 2,00
10	4	847.23	19.47°	19.47°	TUBE, SQUARE 50,00 X 50,00 X 2,00
9	1	383.91	45°	13.73°	TUBE, RECTANGULAR 100,00 X 50,00 X 2,00
8	2	155	45°	0°	TUBE, RECTANGULAR 100,00 X 50,00 X 2,00
7	1	365.14	13.73°	45°	TUBE, RECTANGULAR 100,00 X 50,00 X 2,00
6	1	641.05	0°	0°	TUBE, SQUARE 50,00 X 50,00 X 2,00
5	1	641.05	0°	0°	TUBE, SQUARE 50,00 X 50,00 X 2,00
4	1	641.05	0°	0°	TUBE, SQUARE 50,00 X 50,00 X 2,00
3	2	643.83	13.73°	13.73°	TUBE, SQUARE 50,00 X 50,00 X 2,00
2	2	764.33	13.73°	13.73°	TUBE, SQUARE 50,00 X 50,00 X 2,00
1	2	522	45°	45°	TUBE, SQUARE 50,00 X 50,00 X 2,00

	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:20
	CONJUNTO: MESA				
	CÓDIGO: MTN 20-01-01-00-00-01				HOJA 1/3 A3
	PESO:	32.4 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A. 5/7/2020	
LARGO:	913 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A. 5/7/2020		
ANCHO:	792 mm	REVISÓ	ERAZO V. 29/5/2020		
ALTO:	826 mm	APROBÓ	ERAZO V. 29/5/2020		

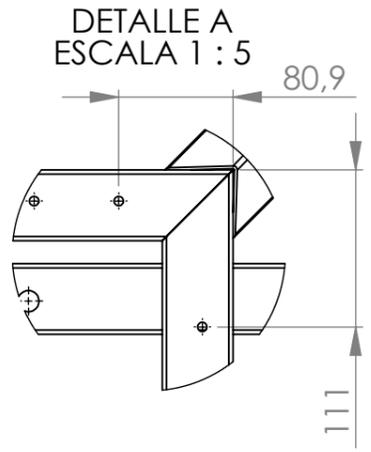
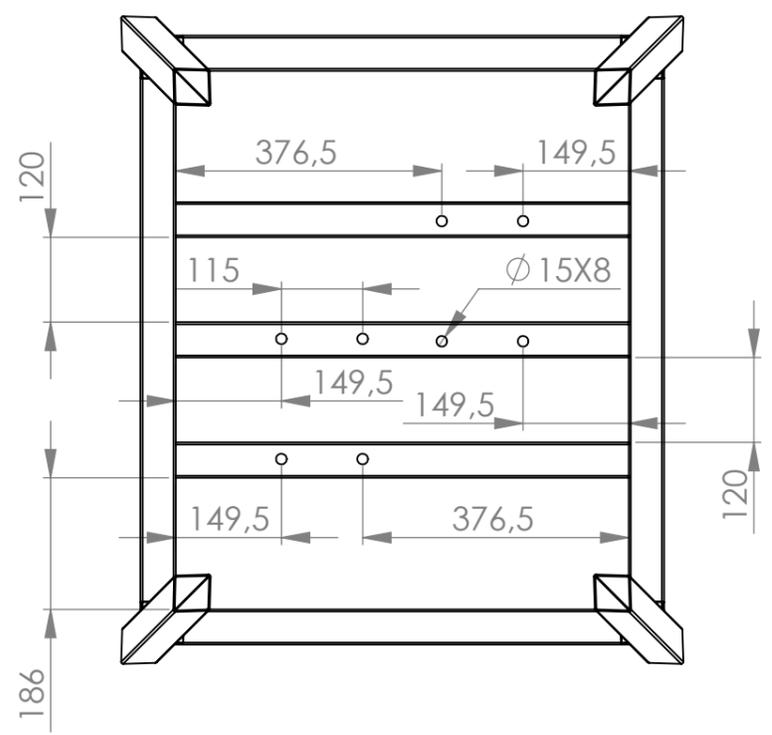
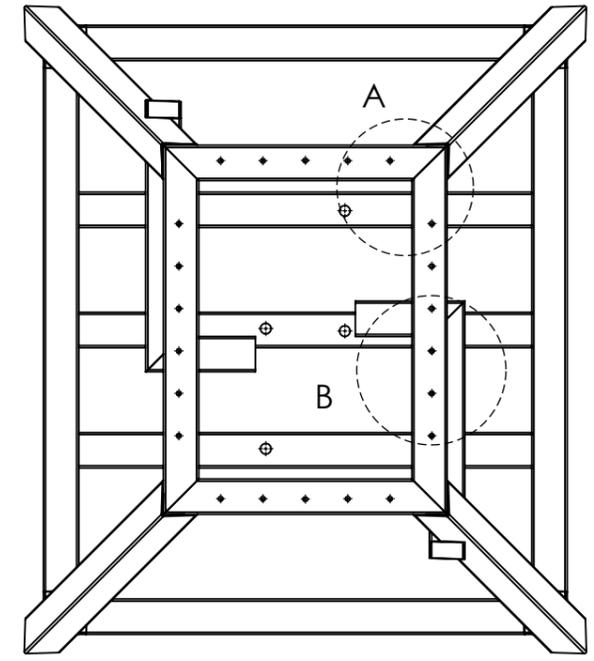
FICA **CIME**



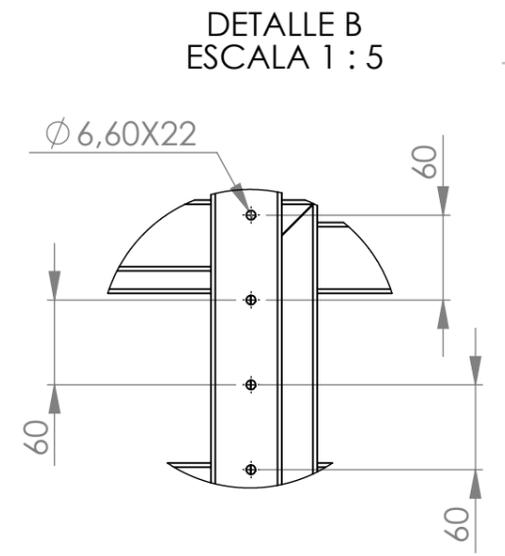
FICA	CIME	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS			ESCALA 1:20
		CONJUNTO: MESA			
		CÓDIGO: MTN 20-01-01-00-00-01			HOJA 2/3 A3
PESO:	32.4 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
LARGO:	913 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
ANCHO:	792 mm	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
ALTO:	826 mm	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	



SECCIÓN E-E



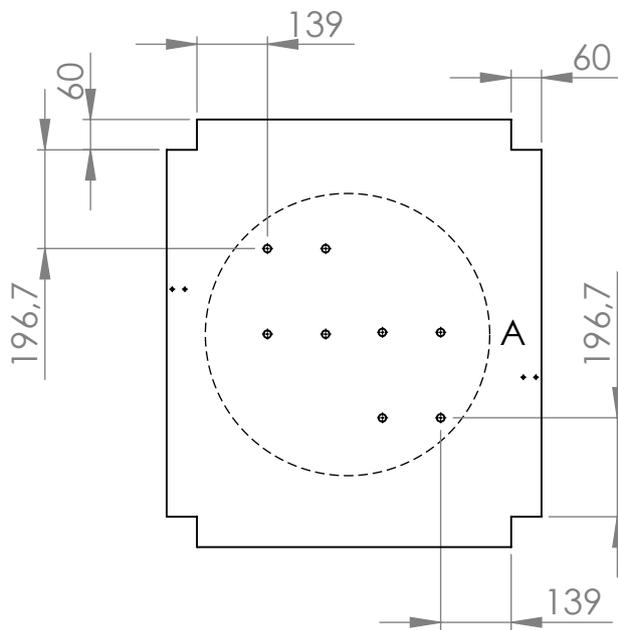
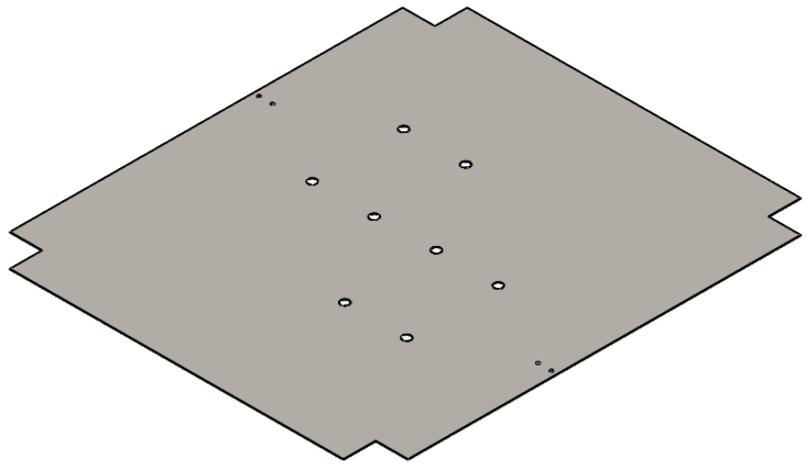
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



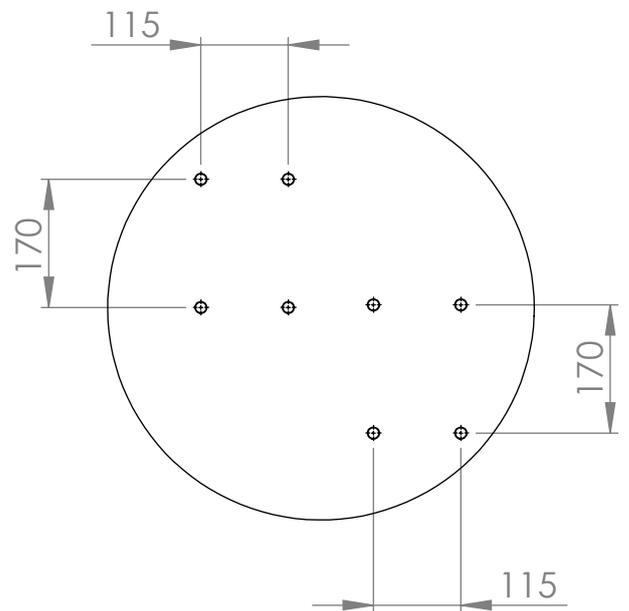
DETALLE B
ESCALA 1 : 5



<p>FICA CIME</p>		<p>PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS</p>			<p>ESCALA 1:20</p>
		<p>CONJUNTO: MESA</p>			
		<p>CÓDIGO: MTN 20-01-01-00-00-01</p>			<p>HOJA 3/3 A3</p>
PESO:	32.4 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
LARGO:	913 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
ANCHO:	792 mm	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
ALTO:	826 mm	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	



DETALLE A
ESCALA 1 : 10



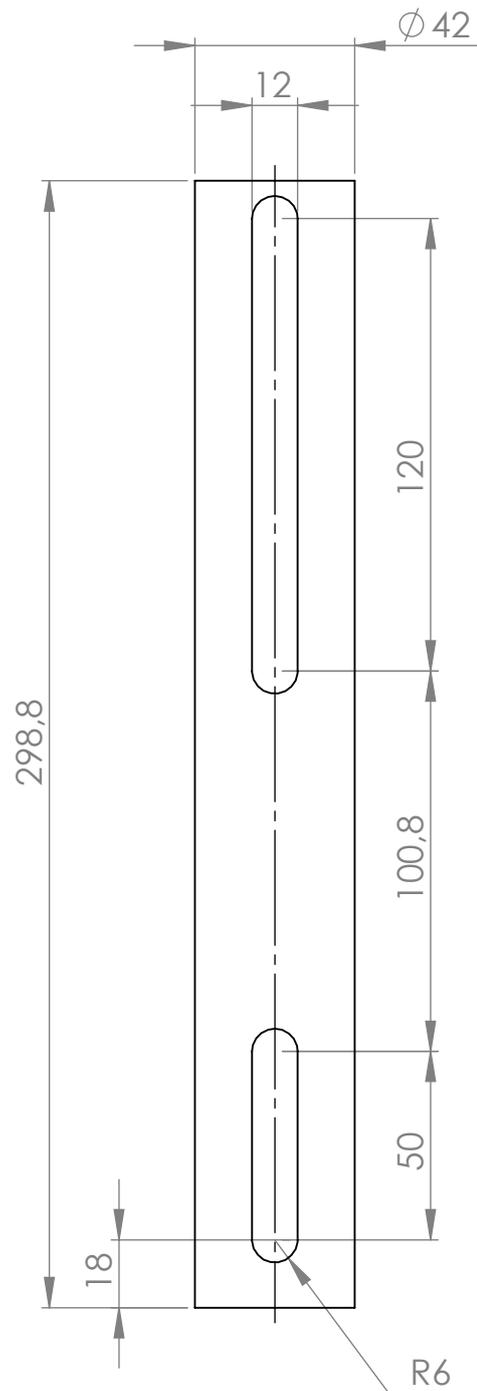
NOTA: PLANCHA METALICA ESPESOR 1MM



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:15	
PARTE: SOPORTE MOTOR					
CÓDIGO: MTN 20-01-01-00-00-02				TOLERANCIA: ±0,05	
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/1 A4
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
CANTIDAD:	1	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	

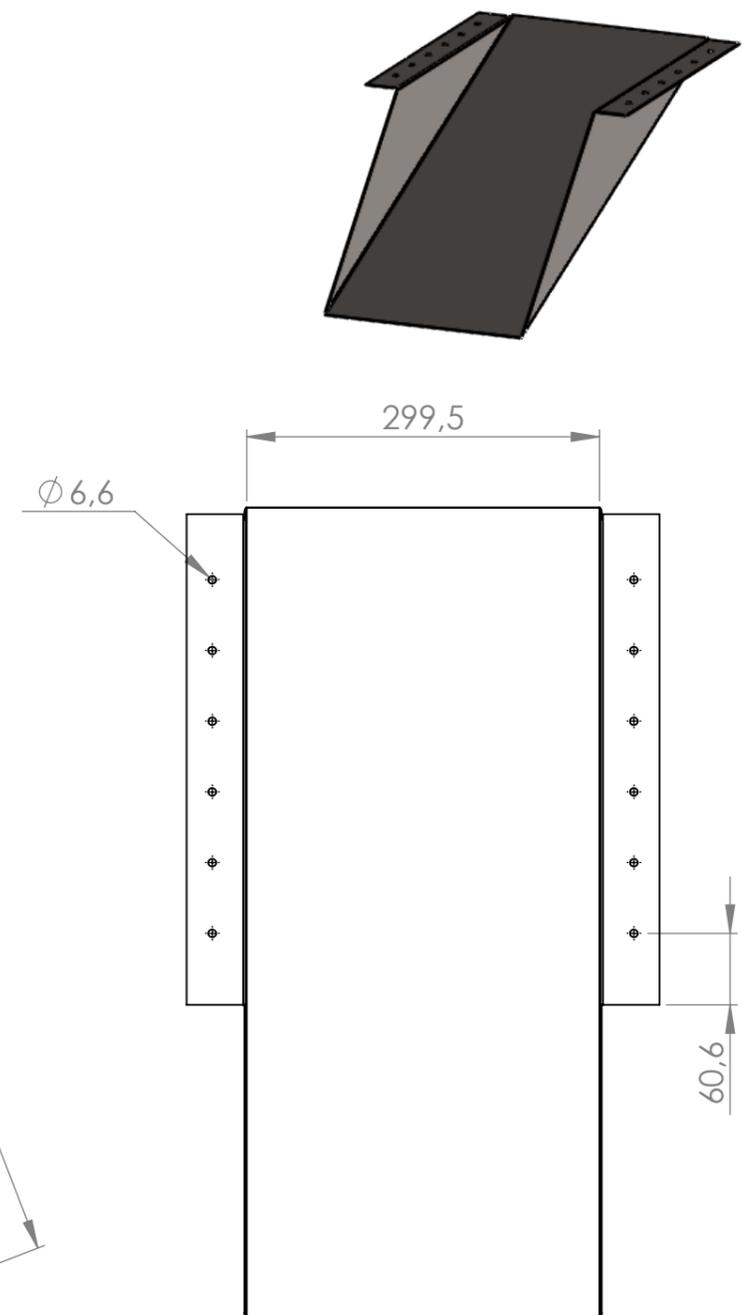
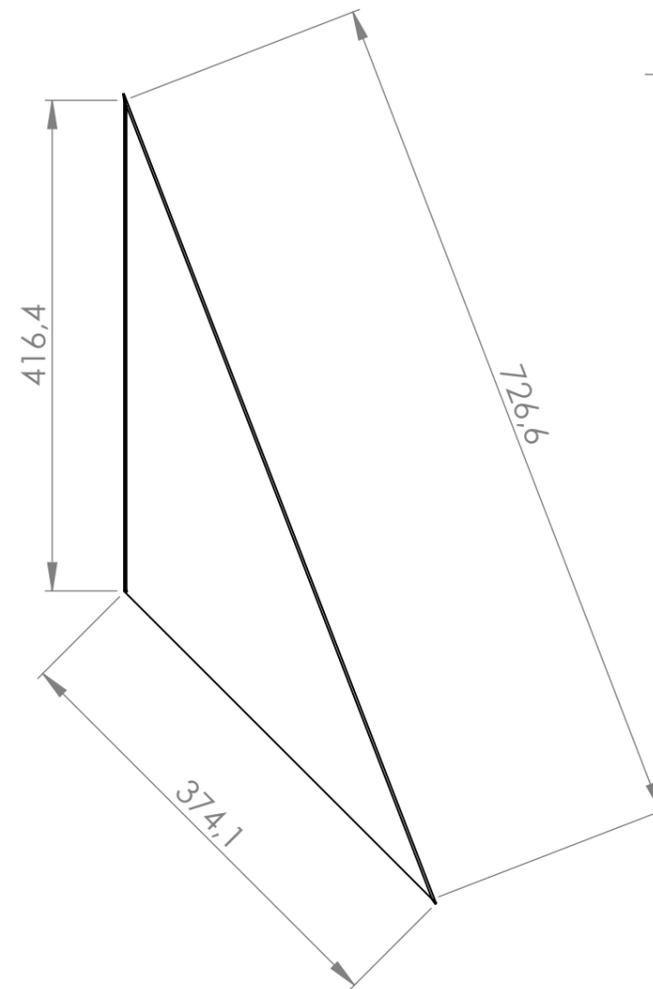
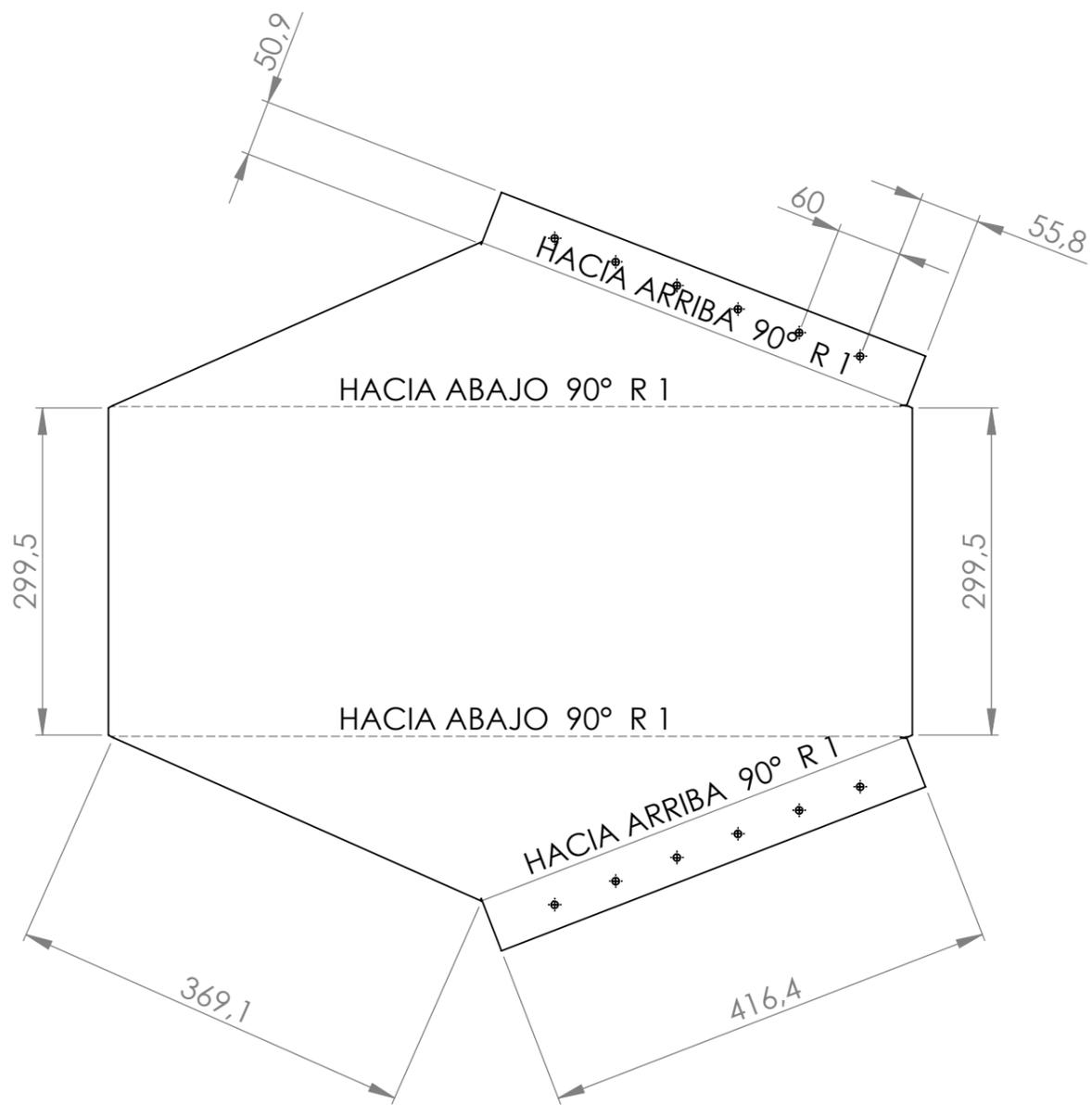
FICA

CIME



NOTA: PROFUNDIDAD DE CHAVETERO 3MM

	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:2
	PARTE: EJE MOTOR				
CÓDIGO: MTN 20-01-01-00-00-03				TOLERANCIA: $\pm 0,05$	
MATERIAL: ASTM A36		DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/1 A4
TRATAMIENTO: NINGUNO		DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
RECUBRIMIENTO: NINGUNO		REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
CANTIDAD: 2		APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
FICA	CIME				



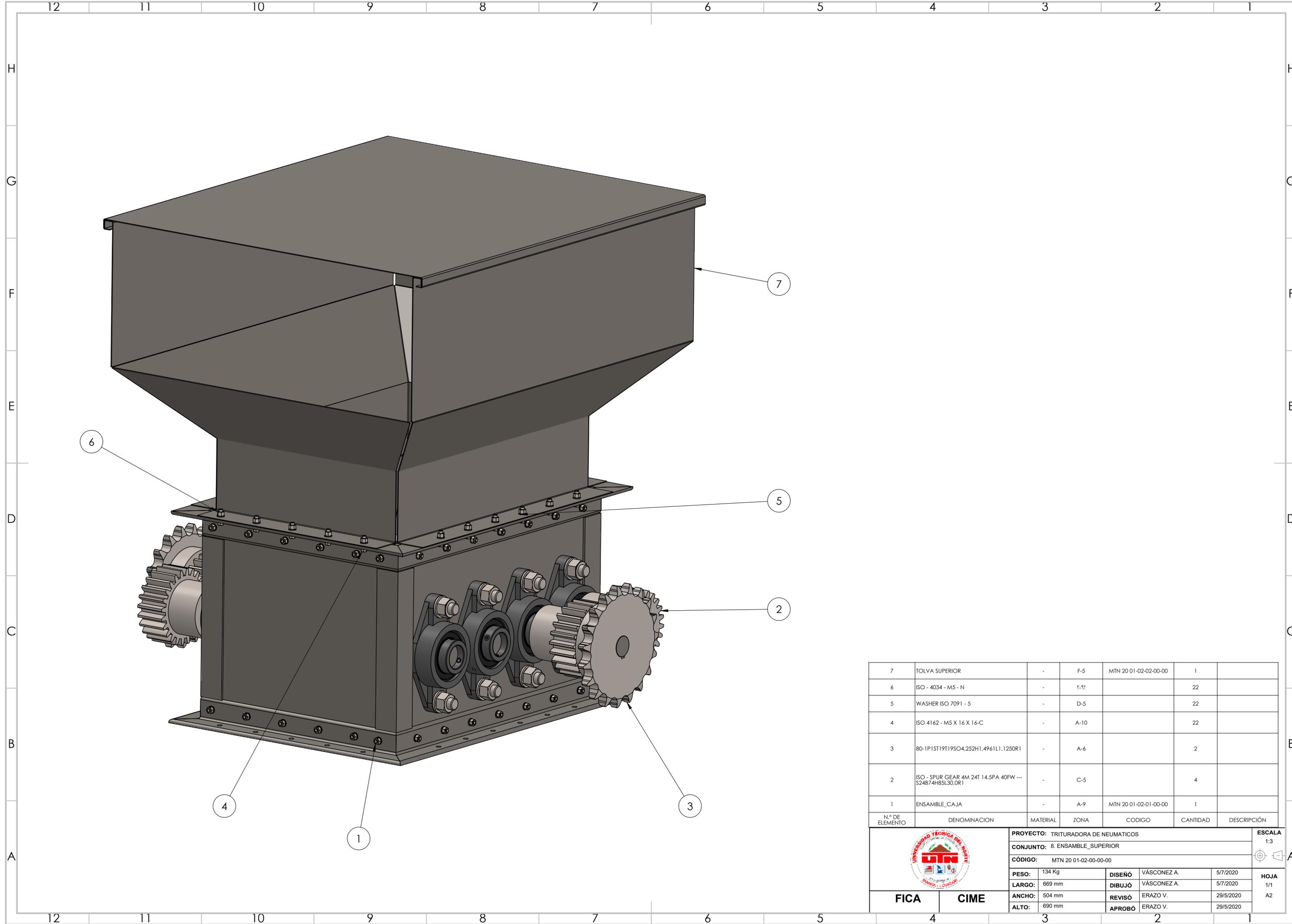
NOTA: PERFORACIONES EQUIDISTANTES
* PLANCHA METALICA ESPESOR 1MM



FICA

CIME

PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS		ESCALA: 1:10			
PARTE: TOLVA INFERIOR		TOLERANCIA: ±0,05			
CÓDIGO: MTN 20-01-01-00-00-04					
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO:	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/1 A3
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO V.	29/5/2020	
CANTIDAD:	1	APROBÓ:	ERAZO V.	29/5/2020	



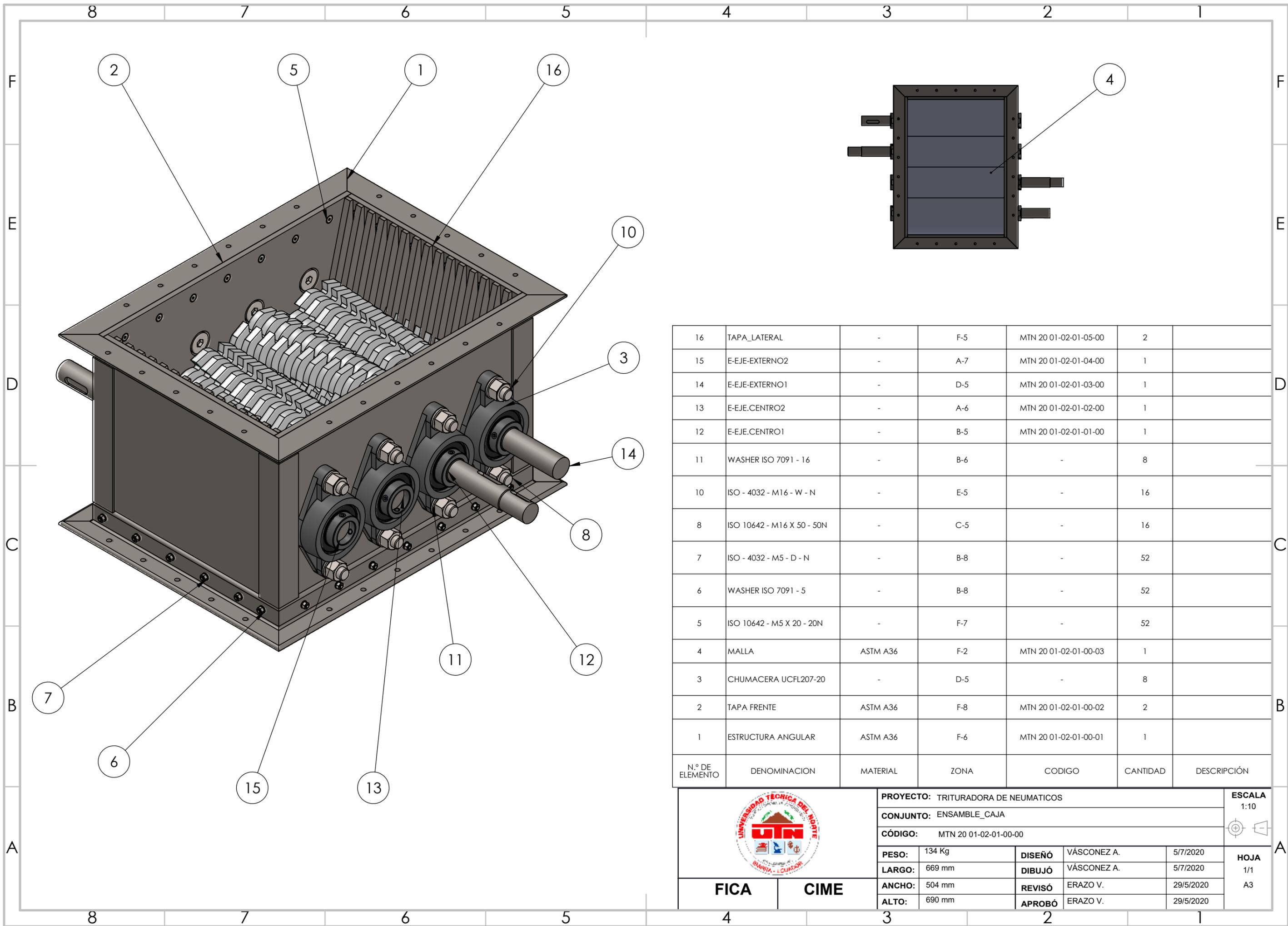
7	TOLVA SUPERIOR	-	F-5	MTN 20 01-02-02-00-00	1	
6	ISO - 4034 - M5 - N	-	F-12		22	
5	WASHER ISO 7091 - 5	-	D-5		22	
4	ISO 4162 - M5 X 16 X 16-C	-	A-10		22	
3	80-1P1ST19T19SO4.252H1.4961L1.1250R1	-	A-6		2	
2	ISO - SPUR GEAR 4M 24T 14.5PA 40FW --- S24B74H8SL30.0R1	-	C-5		4	
1	ENSAMBLE_CAJA	-	A-9	MTN 20 01-02-01-00-00	1	
N.º DE ELEMENTO	DENOMINACION	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN



FICA

CIME

PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA
CONJUNTO: 8. ENSAMBLE_SUPERIOR				1:3
CÓDIGO: MTN 20 01-02-00-00-00				
PESO:	134 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020
LARGO:	669 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020
ANCHO:	504 mm	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020
ALTO:	690 mm	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020
				HOJA
				1/1
				A2



16	TAPA_LATERAL	-	F-5	MTN 20 01-02-01-05-00	2	
15	E-EJE-EXTERNO2	-	A-7	MTN 20 01-02-01-04-00	1	
14	E-EJE-EXTERNO1	-	D-5	MTN 20 01-02-01-03-00	1	
13	E-EJE.CENTRO2	-	A-6	MTN 20 01-02-01-02-00	1	
12	E-EJE.CENTRO1	-	B-5	MTN 20 01-02-01-01-00	1	
11	WASHER ISO 7091 - 16	-	B-6	-	8	
10	ISO - 4032 - M16 - W - N	-	E-5	-	16	
8	ISO 10642 - M16 X 50 - 50N	-	C-5	-	16	
7	ISO - 4032 - M5 - D - N	-	B-8	-	52	
6	WASHER ISO 7091 - 5	-	B-8	-	52	
5	ISO 10642 - M5 X 20 - 20N	-	F-7	-	52	
4	MALLA	ASTM A36	F-2	MTN 20 01-02-01-00-03	1	
3	CHUMACERA UCFL207-20	-	D-5	-	8	
2	TAPA FRENTE	ASTM A36	F-8	MTN 20 01-02-01-00-02	2	
1	ESTRUCTURA ANGULAR	ASTM A36	F-6	MTN 20 01-02-01-00-01	1	
N.º DE ELEMENTO	DENOMINACION	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:10	
CONJUNTO: ENSAMBLE_CAJA					
CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-00-00					
PESO:	134 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/1 A3
LARGO:	669 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
ANCHO:	504 mm	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
ALTO:	690 mm	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	

FICA **CIME**

4

3

2

1

F

F

E

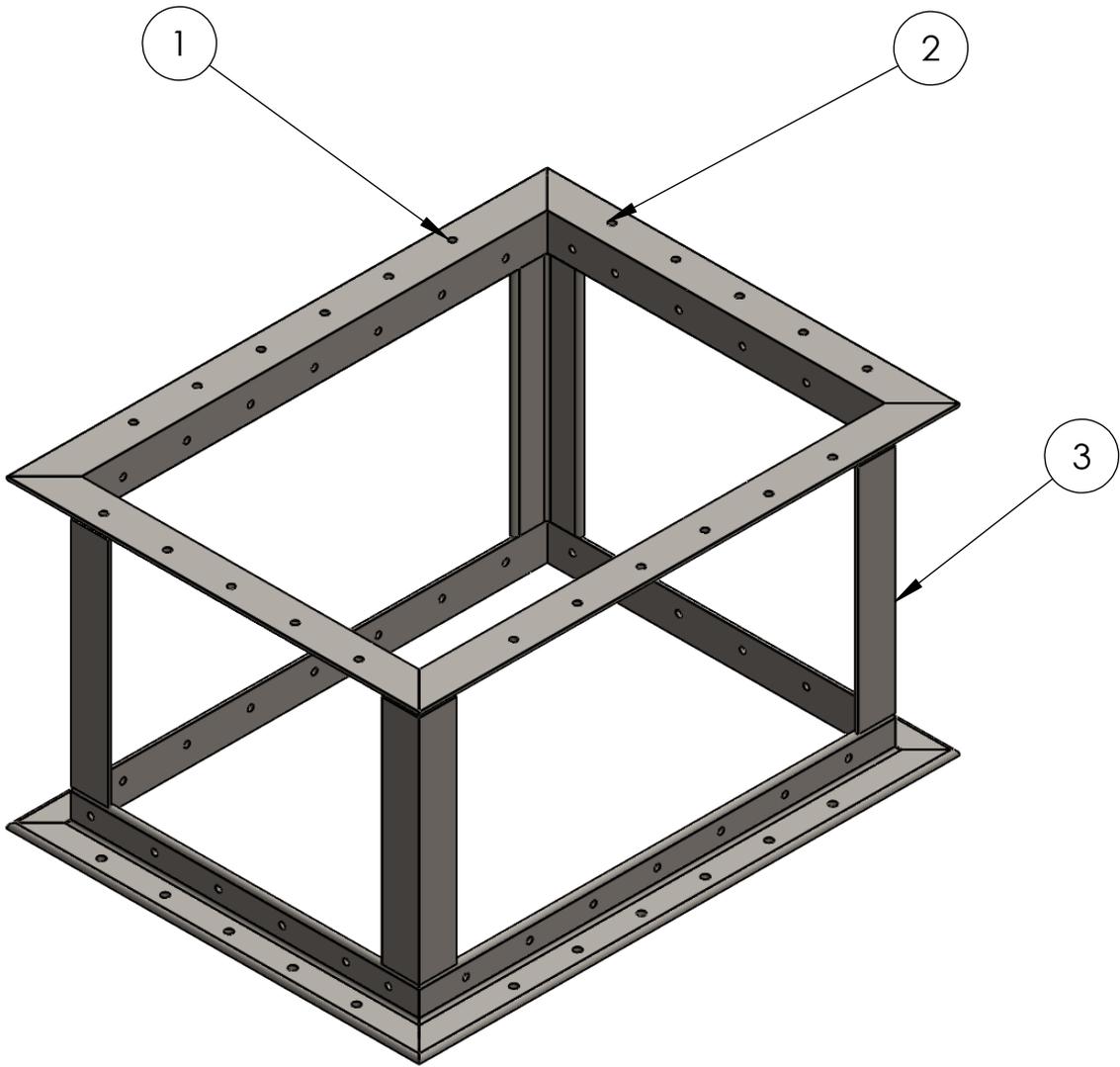
E

D

D

C

C



3

4

220

0°

0°

L 35,00 X 35,00 X 5,000

2

4

387.75

45°

45°

L 35,00 X 35,00 X 5,000

1

4

508.25

45°

45°

L 35,00 X 35,00 X 5,000

N.º DE ELEMENTO

CANTIDAD

LONGITUD

ÁNGULO1

ÁNGULO2

DESCRIPTION



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS

CONJUNTO: ESTRUCTURA ANGULAR

CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-00-01

ESCALA
1:5

PESO: 10,15 Kg

DISEÑO

VÁSCONEZ A.

5/7/2020

LARGO: 508 mm

DIBUJÓ

VÁSCONEZ A.

5/7/2020

ANCHO: 387 mm

REVISÓ

ERAZO V.

29/5/2020

ALTO: 290 mm

APROBÓ

ERAZO V.

29/5/2020

FICA

CIME

HOJA
1/3
A4

4

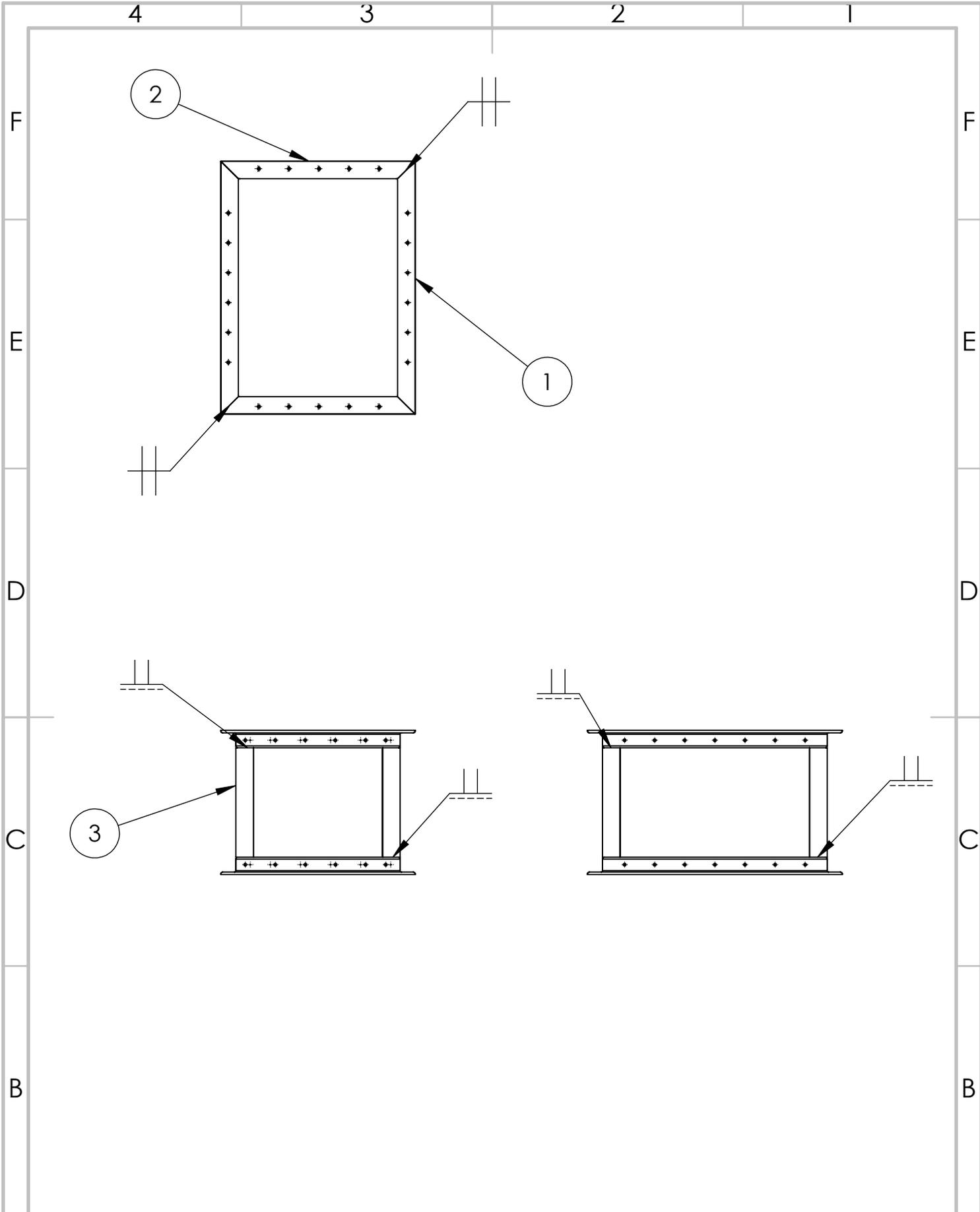
3

2

1

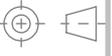
A

A



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS			
CONJUNTO: ESTRUCTURA ANGULAR			
CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-00-01			
PESO:	10,15 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A. 5/7/2020
LARGO:	508 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A. 5/7/2020
ANCHO:	387 mm	REVISÓ	ERAZO V. 29/5/2020
ALTO:	290 mm	APROBÓ	ERAZO V. 29/5/2020

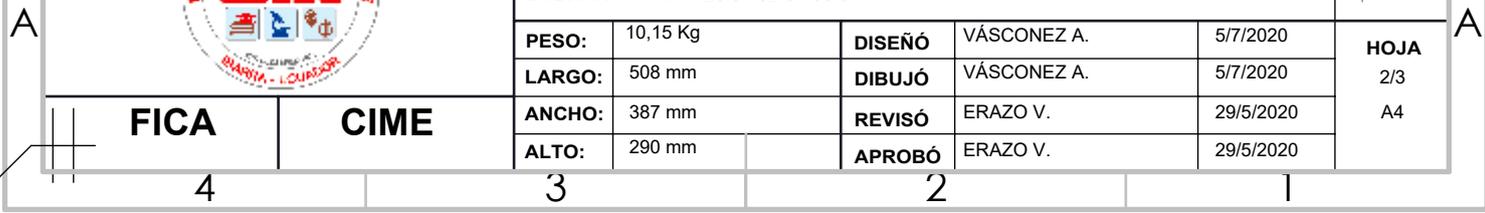
ESCALA
1:5

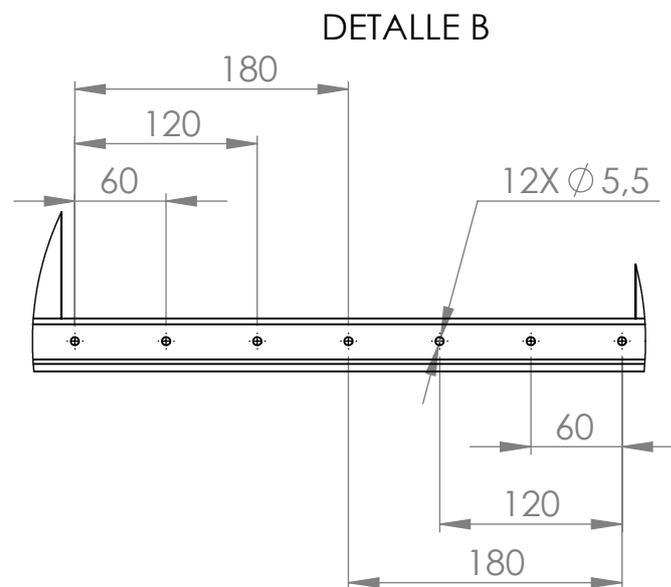
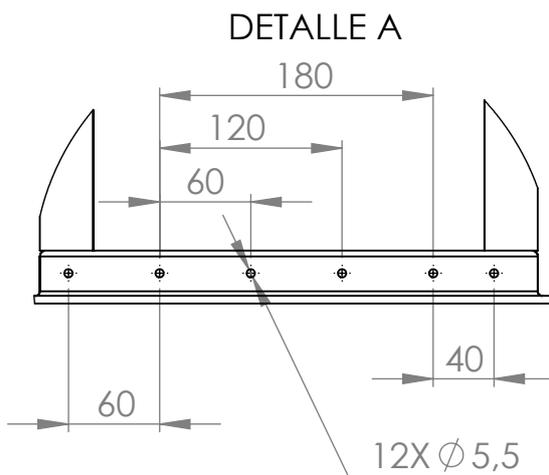
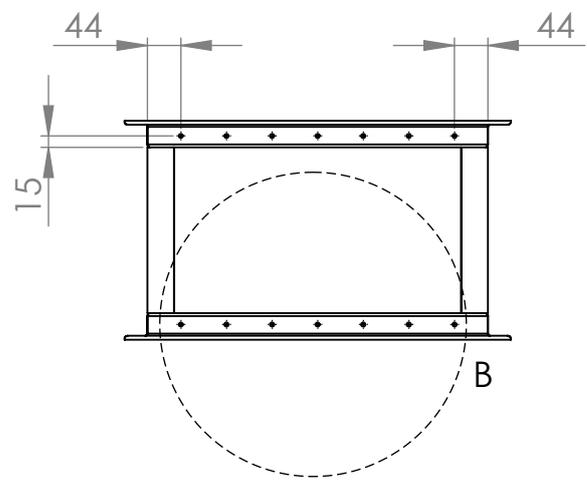
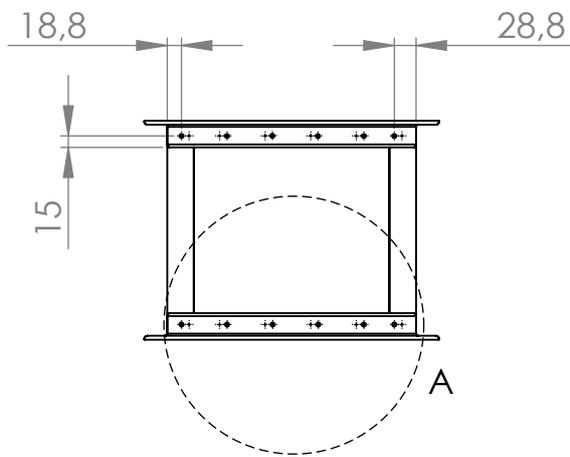
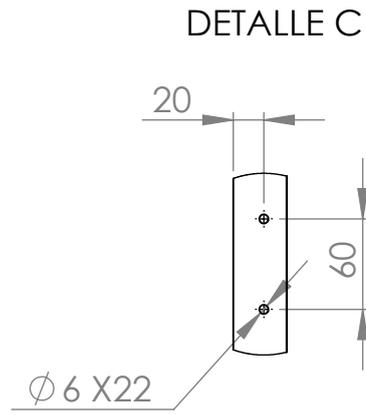
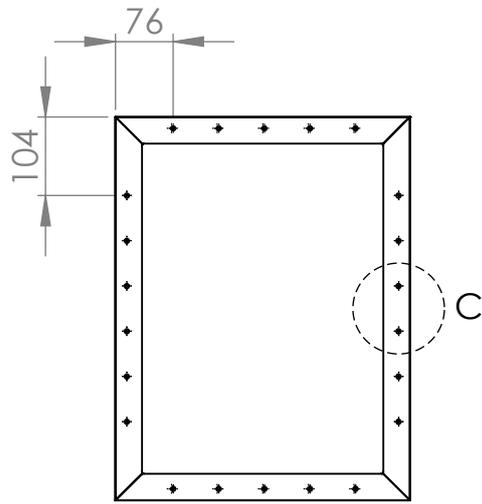


HOJA
2/3
A4

FICA

CIME





PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS

CONJUNTO: ESTRUCTURA ANGULAR

CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-00-01

ESCALA
1:5



PESO:	10,15 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020
LARGO:	508 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020
ANCHO:	387 mm	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020
ALTO:	290 mm	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020

HOJA
3/3
A4

FICA

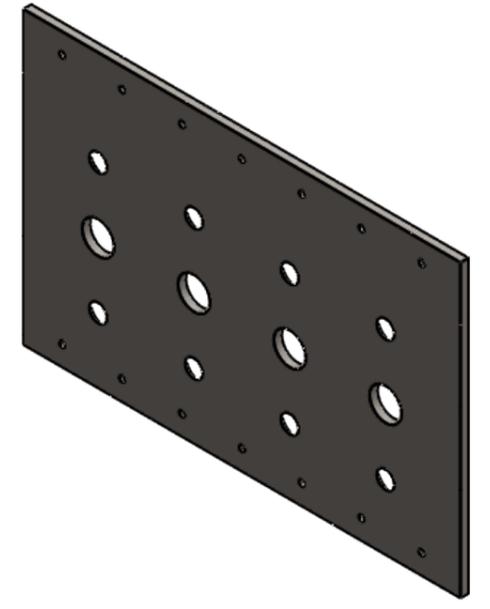
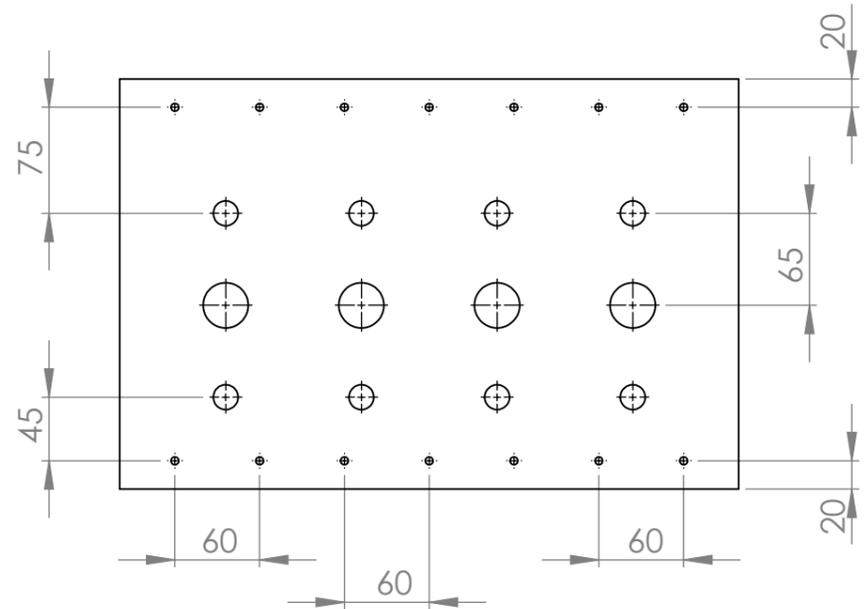
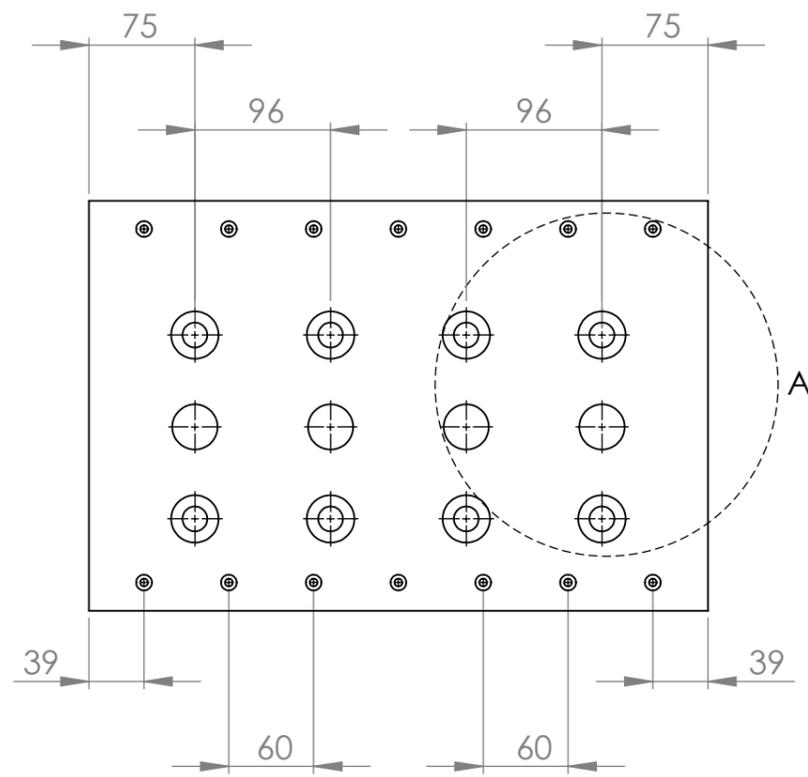
CIME

4

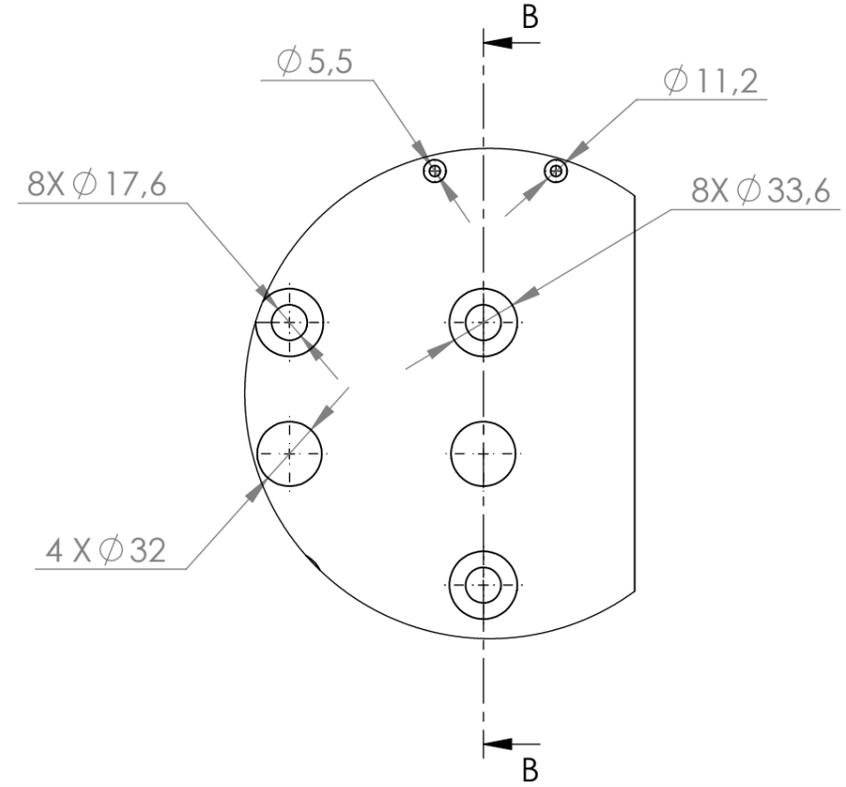
3

2

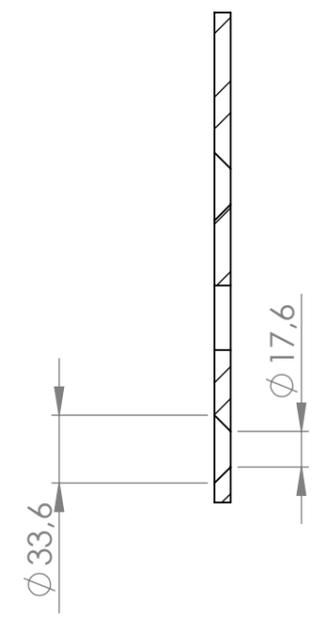
1



DETALLE A
ESCALA 2 : 7

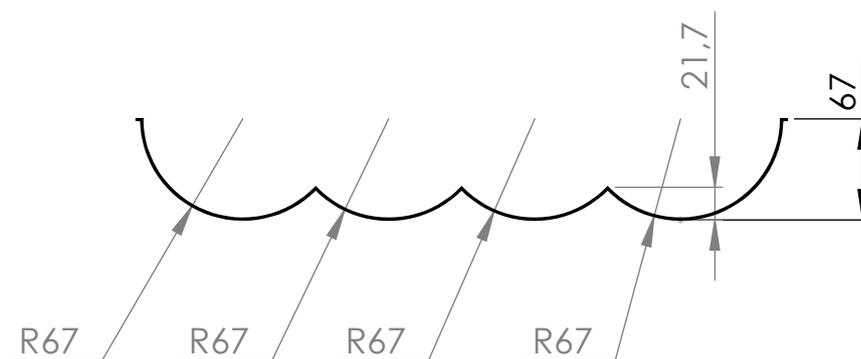
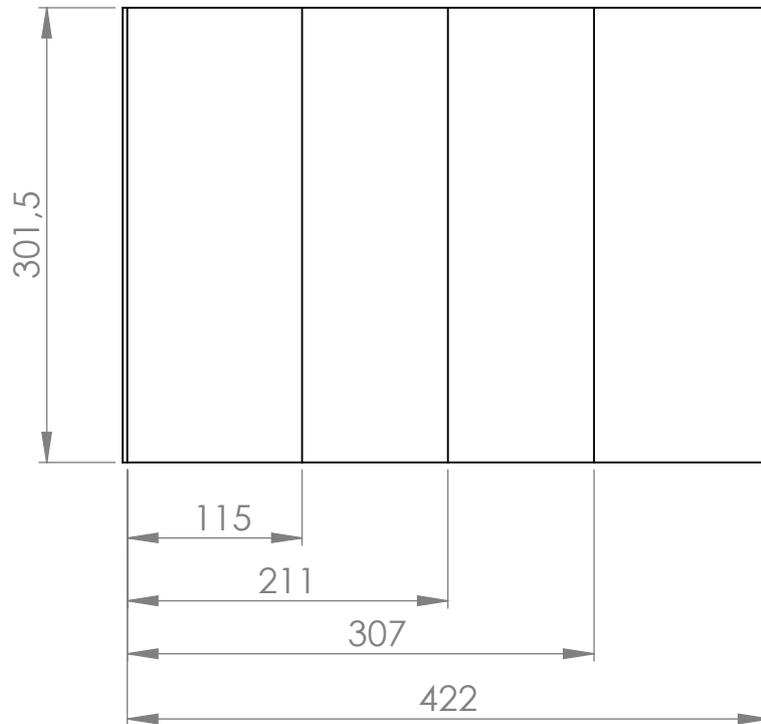
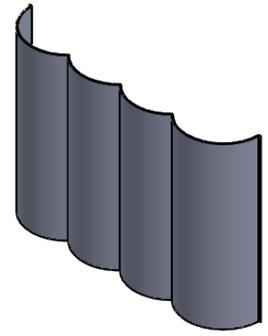


SECCIÓN B-B
ESCALA 2 : 7



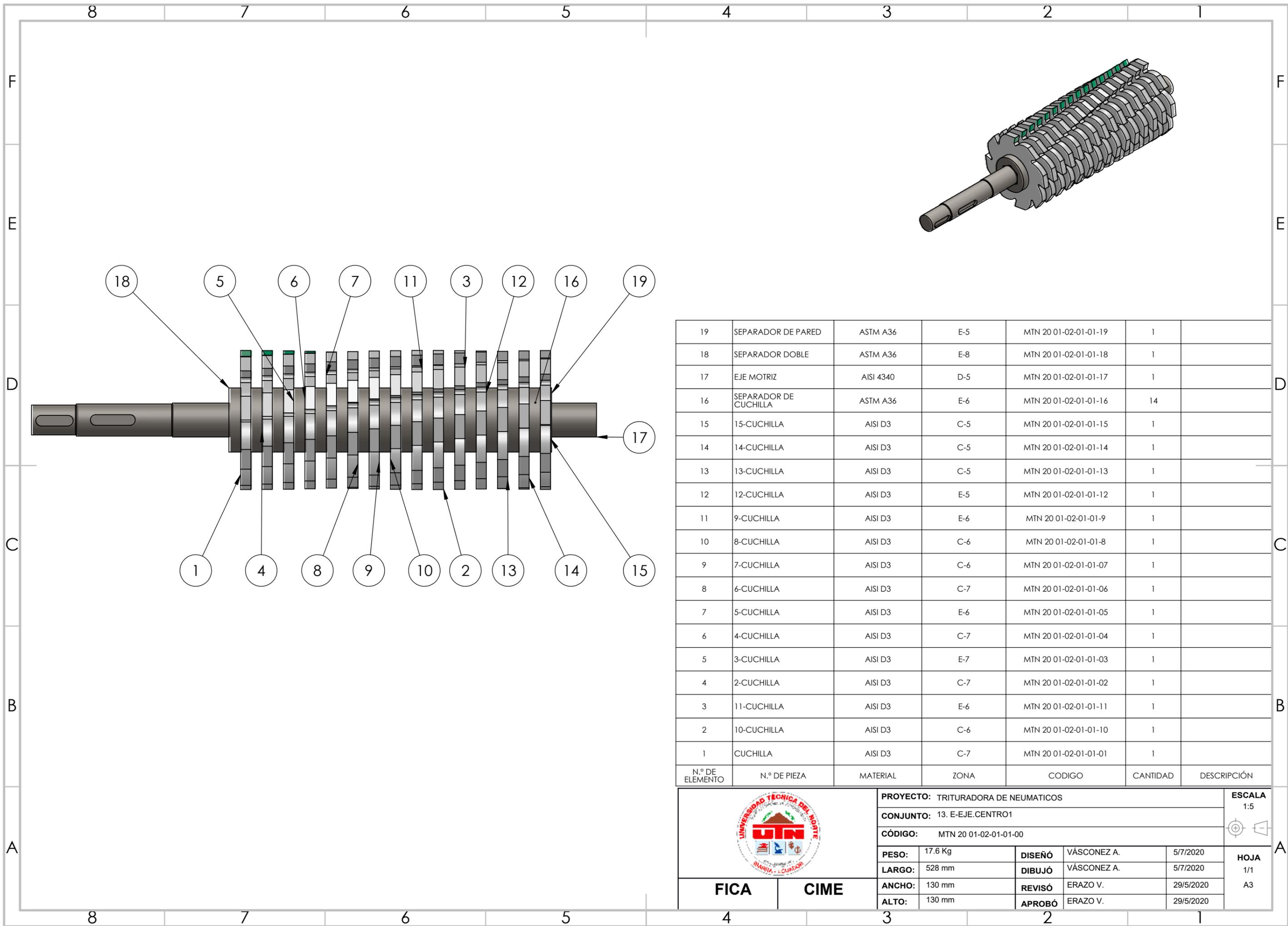
NOTA: PLANCHA METALICA 8MM DE ESPESOR

	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:5	
	PARTE: TAPA FRENTE				TOLERANCIA: ±0,05	
	CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-00-02					
	MATERIAL: ASTM A36	DISEÑO: VÁSCONEZ A. 5/7/2020	DIBUJÓ: VÁSCONEZ A. 5/7/2020	HOJA 1/1 A3		
	TRATAMIENTO: NINGUNO	REVISÓ: ERAZO V. 29/5/2020	APROBÓ: ERAZO V. 29/5/2020			
RECUBRIMIENTO: NINGUNO	CANTIDAD: 2		FICA	CIME		



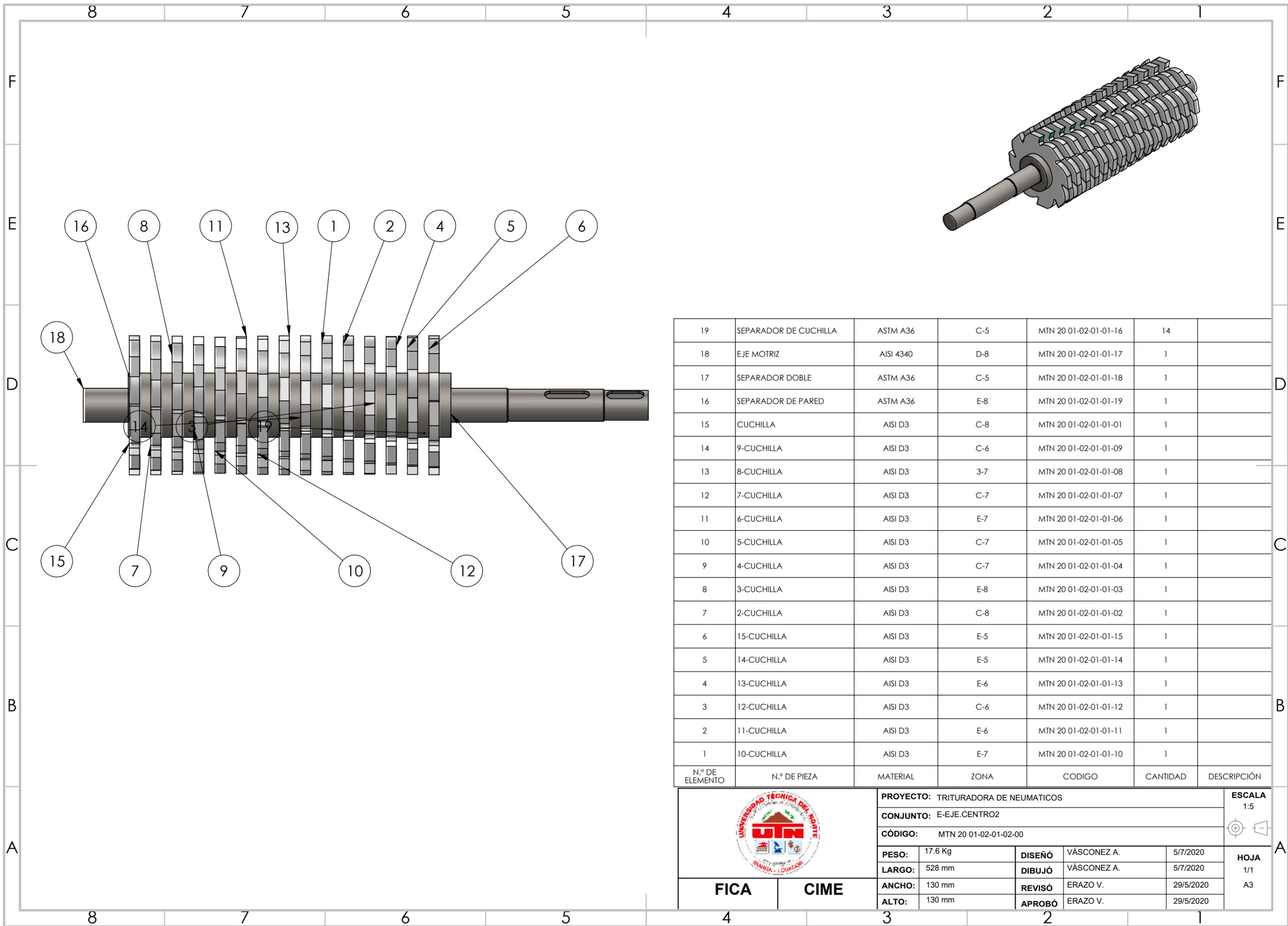
NOTA: MALLA #4

	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:5 	
	PARTE: MALLA					
	CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-00-03				TOLERANCIA: ±0,05	
	MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/1 A4
	TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020		
CANTIDAD:	1	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020		
FICA	CIME					



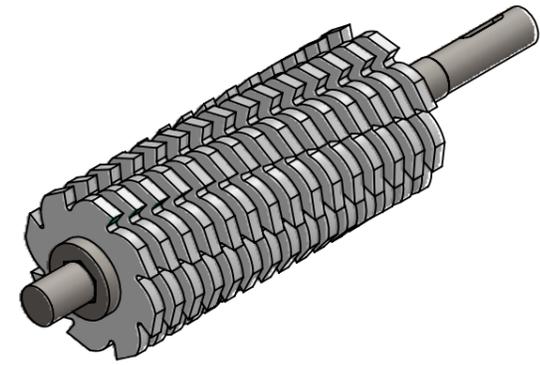
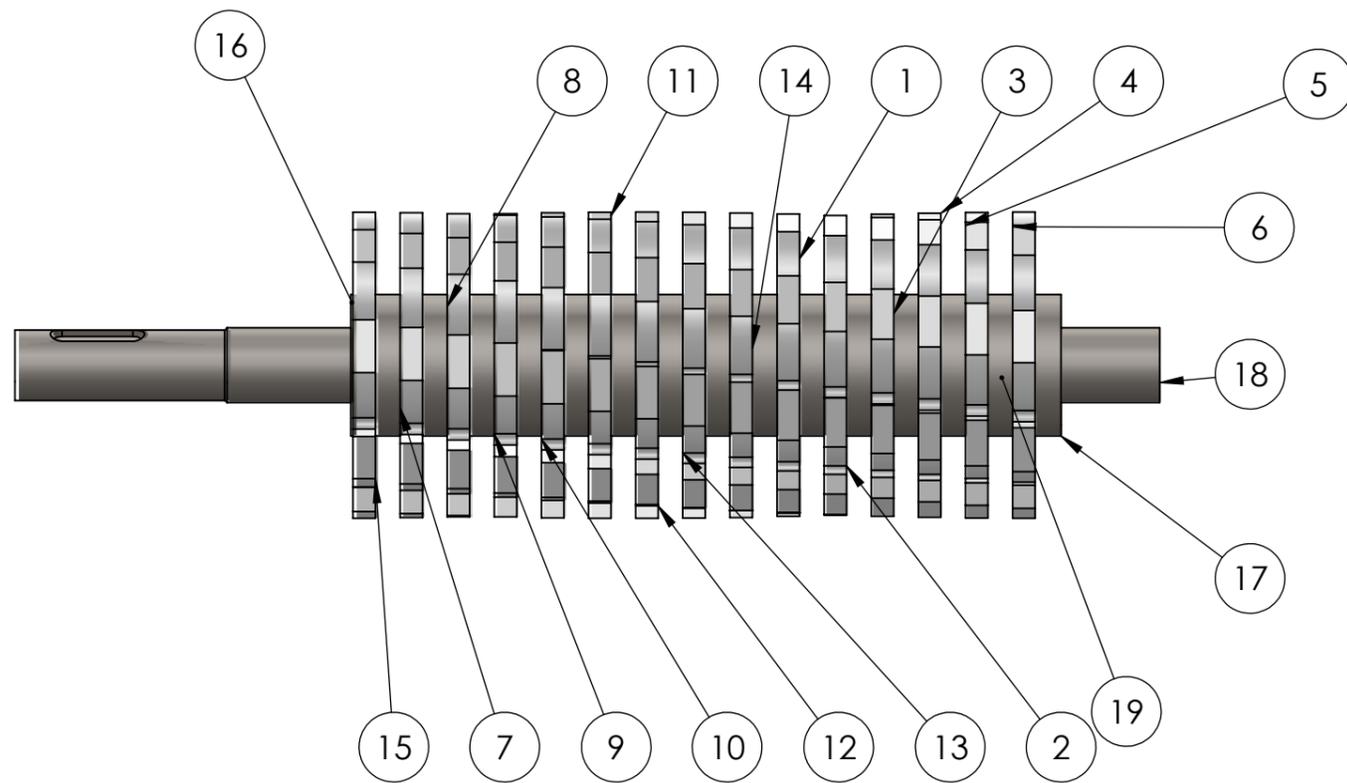
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
19	SEPARADOR DE PARED	ASTM A36	E-5	MTN 20 01-02-01-01-19	1	
18	SEPARADOR DOBLE	ASTM A36	E-8	MTN 20 01-02-01-01-18	1	
17	EJE MOTRIZ	AISI 4340	D-5	MTN 20 01-02-01-01-17	1	
16	SEPARADOR DE CUCHILLA	ASTM A36	E-6	MTN 20 01-02-01-01-16	14	
15	15-CUCHILLA	AISI D3	C-5	MTN 20 01-02-01-01-15	1	
14	14-CUCHILLA	AISI D3	C-5	MTN 20 01-02-01-01-14	1	
13	13-CUCHILLA	AISI D3	C-5	MTN 20 01-02-01-01-13	1	
12	12-CUCHILLA	AISI D3	E-5	MTN 20 01-02-01-01-12	1	
11	9-CUCHILLA	AISI D3	E-6	MTN 20 01-02-01-01-9	1	
10	8-CUCHILLA	AISI D3	C-6	MTN 20 01-02-01-01-8	1	
9	7-CUCHILLA	AISI D3	C-6	MTN 20 01-02-01-01-07	1	
8	6-CUCHILLA	AISI D3	C-7	MTN 20 01-02-01-01-06	1	
7	5-CUCHILLA	AISI D3	E-6	MTN 20 01-02-01-01-05	1	
6	4-CUCHILLA	AISI D3	C-7	MTN 20 01-02-01-01-04	1	
5	3-CUCHILLA	AISI D3	E-7	MTN 20 01-02-01-01-03	1	
4	2-CUCHILLA	AISI D3	C-7	MTN 20 01-02-01-01-02	1	
3	11-CUCHILLA	AISI D3	E-6	MTN 20 01-02-01-01-11	1	
2	10-CUCHILLA	AISI D3	C-6	MTN 20 01-02-01-01-10	1	
1	CUCHILLA	AISI D3	C-7	MTN 20 01-02-01-01-01	1	

	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:5
	CONJUNTO: 13. E-EJE.CENTRO1				
CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-01-00					HOJA 1/1 A3
PESO:	17.6 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
LARGO:	528 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
ANCHO:	130 mm	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
ALTO:	130 mm	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
FICA		CIME			



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
19	SEPARADOR DE CUCHILLA	ASTM A36	C-5	MTN 20 01-02-01-01-16	14	
18	EJE MOTRIZ	AISI 4340	D-8	MTN 20 01-02-01-01-17	1	
17	SEPARADOR DOBLE	ASTM A36	C-5	MTN 20 01-02-01-01-18	1	
16	SEPARADOR DE PARED	ASTM A36	E-8	MTN 20 01-02-01-01-19	1	
15	CUCHILLA	AISI D3	C-8	MTN 20 01-02-01-01-01	1	
14	9-CUCHILLA	AISI D3	C-6	MTN 20 01-02-01-01-09	1	
13	8-CUCHILLA	AISI D3	3-7	MTN 20 01-02-01-01-08	1	
12	7-CUCHILLA	AISI D3	C-7	MTN 20 01-02-01-01-07	1	
11	6-CUCHILLA	AISI D3	E-7	MTN 20 01-02-01-01-06	1	
10	5-CUCHILLA	AISI D3	C-7	MTN 20 01-02-01-01-05	1	
9	4-CUCHILLA	AISI D3	C-7	MTN 20 01-02-01-01-04	1	
8	3-CUCHILLA	AISI D3	E-8	MTN 20 01-02-01-01-03	1	
7	2-CUCHILLA	AISI D3	C-8	MTN 20 01-02-01-01-02	1	
6	15-CUCHILLA	AISI D3	E-5	MTN 20 01-02-01-01-15	1	
5	14-CUCHILLA	AISI D3	E-5	MTN 20 01-02-01-01-14	1	
4	13-CUCHILLA	AISI D3	E-6	MTN 20 01-02-01-01-13	1	
3	12-CUCHILLA	AISI D3	C-6	MTN 20 01-02-01-01-12	1	
2	11-CUCHILLA	AISI D3	E-6	MTN 20 01-02-01-01-11	1	
1	10-CUCHILLA	AISI D3	E-7	MTN 20 01-02-01-01-10	1	

	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:5
	CONJUNTO: E-EJE.CENTRO2				
CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-02-00					HOJA 1/1 A3
PESO:	17.6 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
LARGO:	528 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
ANCHO:	130 mm	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
ALTO:	130 mm	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
FICA	CIME				



19	SEPARADOR DE CUCHILLA	ASTM A36	C-5	MTN 20 01-02-01-01-16	14	
18	EJE SECUNDARIO	AISI 4340	D-5	MTN 20 01-02-01-03-01	1	
17	SEPARADOR DOBLE	ASTM A36	C-5	MTN 20 01-02-01-01-18	1	
16	SEPARADOR DE PARED	ASTM A36	E-8	MTN 20 01-02-01-01-19	1	
15	CUCHILLA	AISI D3	C-8	MTN 20 01-02-01-01-01	1	
14	9-CUCHILLA	AISI D3	E-6	MTN 20 01-02-01-01-09	1	
13	8-CUCHILLA	AISI D3	C-6	MTN 20 01-02-01-01-08	1	
12	7-CUCHILLA	AISI D3	C-6	MTN 20 01-02-01-01-07	1	
11	6-CUCHILLA	AISI D3	E-7	MTN 20 01-02-01-01-06	1	
10	5-CUCHILLA	AISI D3	C-6	MTN 20 01-02-01-01-05	1	
9	4-CUCHILLA	AISI D3	C-7	MTN 20 01-02-01-01-04	1	
8	3-CUCHILLA	AISI D3	E-7	MTN 20 01-02-01-01-03	1	
7	2-CUCHILLA	AISI D3	C-7	MTN 20 01-02-01-01-02	1	
6	15-CUCHILLA	AISI D3	D-5	MTN 20 01-02-01-01-15	1	
5	14-CUCHILLA	AISI D3	E-5	MTN 20 01-02-01-01-14	1	
4	13-CUCHILLA	AISI D3	E5	MTN 20 01-02-01-01-13	1	
3	12-CUCHILLA	AISI D3	E-6	MTN 20 01-02-01-01-12	1	
2	11-CUCHILLA	AISI D3	C-6	MTN 20 01-02-01-01-11	1	
1	10-CUCHILLA	AISI D3	C-5	MTN 20 01-02-01-01-10	1	
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN



FICA

CIME

PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS

CONJUNTO: E-EJE-EXTERNO1

CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-03-00

PESO: 17.4 Kg

LARGO: 486 mm

ANCHO: 130 mm

ALTO: 130 mm

DISEÑO VÁSCONEZ A.

DIBUJO VÁSCONEZ A.

REVISÓ ERAZO V.

APROBÓ ERAZO V.

5/7/2020

5/7/2020

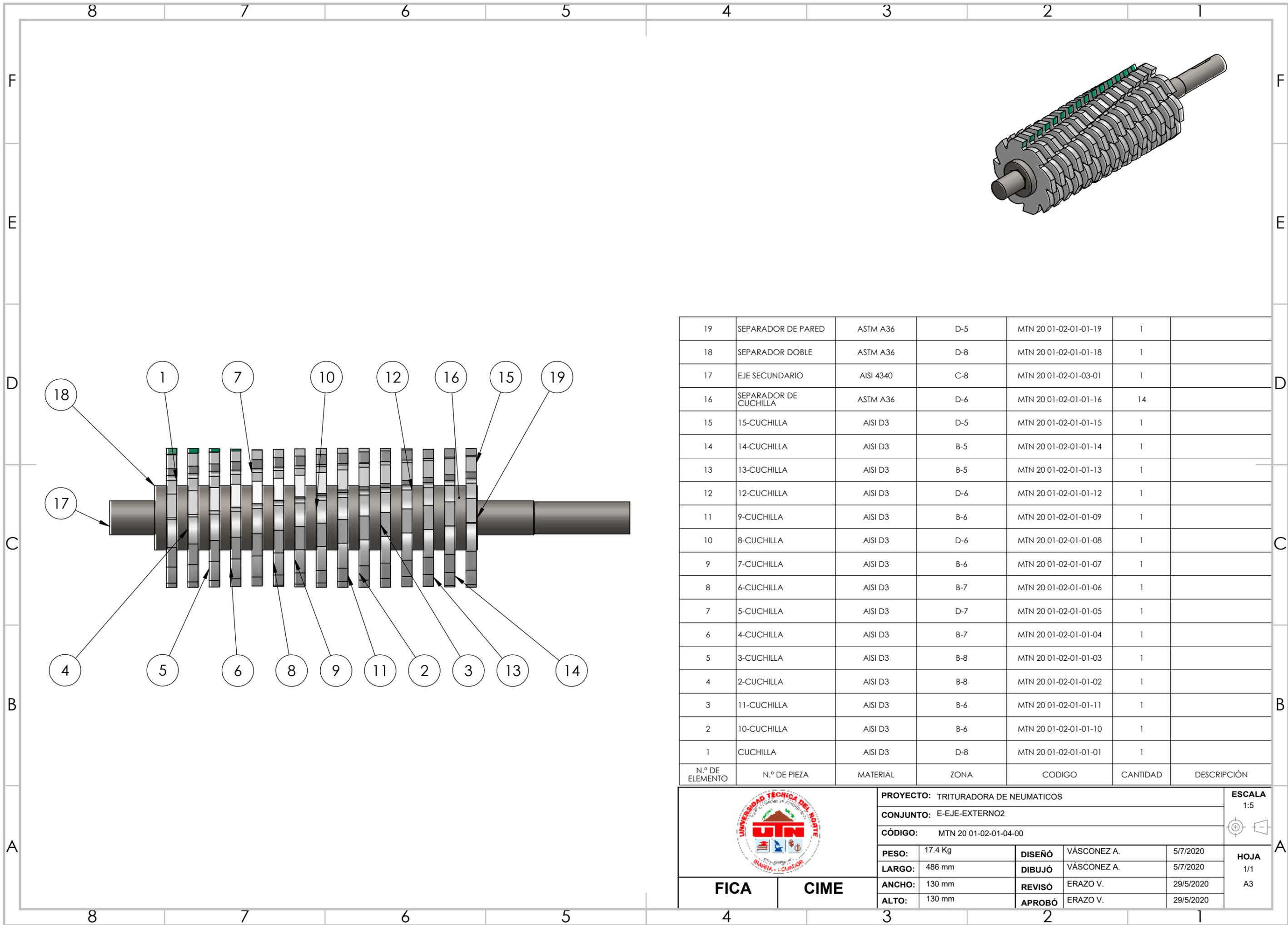
29/5/2020

29/5/2020

ESCALA
1:5

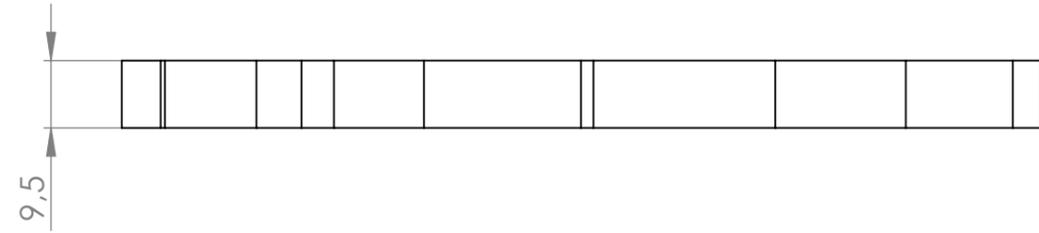


HOJA
1/1
A3

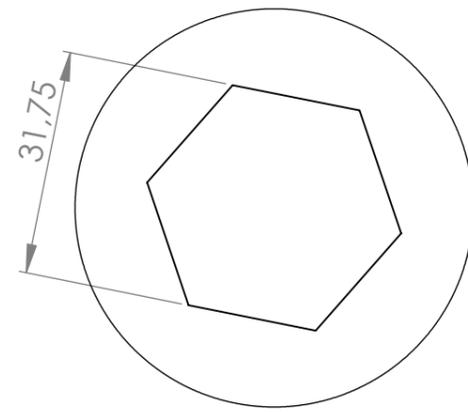


19	SEPARADOR DE PARED	ASTM A36	D-5	MTN 20 01-02-01-01-19	1	
18	SEPARADOR DOBLE	ASTM A36	D-8	MTN 20 01-02-01-01-18	1	
17	EJE SECUNDARIO	AISI 4340	C-8	MTN 20 01-02-01-03-01	1	
16	SEPARADOR DE CUCHILLA	ASTM A36	D-6	MTN 20 01-02-01-01-16	14	
15	15-CUCHILLA	AISI D3	D-5	MTN 20 01-02-01-01-15	1	
14	14-CUCHILLA	AISI D3	B-5	MTN 20 01-02-01-01-14	1	
13	13-CUCHILLA	AISI D3	B-5	MTN 20 01-02-01-01-13	1	
12	12-CUCHILLA	AISI D3	D-6	MTN 20 01-02-01-01-12	1	
11	9-CUCHILLA	AISI D3	B-6	MTN 20 01-02-01-01-09	1	
10	8-CUCHILLA	AISI D3	D-6	MTN 20 01-02-01-01-08	1	
9	7-CUCHILLA	AISI D3	B-6	MTN 20 01-02-01-01-07	1	
8	6-CUCHILLA	AISI D3	B-7	MTN 20 01-02-01-01-06	1	
7	5-CUCHILLA	AISI D3	D-7	MTN 20 01-02-01-01-05	1	
6	4-CUCHILLA	AISI D3	B-7	MTN 20 01-02-01-01-04	1	
5	3-CUCHILLA	AISI D3	B-8	MTN 20 01-02-01-01-03	1	
4	2-CUCHILLA	AISI D3	B-8	MTN 20 01-02-01-01-02	1	
3	11-CUCHILLA	AISI D3	B-6	MTN 20 01-02-01-01-11	1	
2	10-CUCHILLA	AISI D3	B-6	MTN 20 01-02-01-01-10	1	
1	CUCHILLA	AISI D3	D-8	MTN 20 01-02-01-01-01	1	
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN

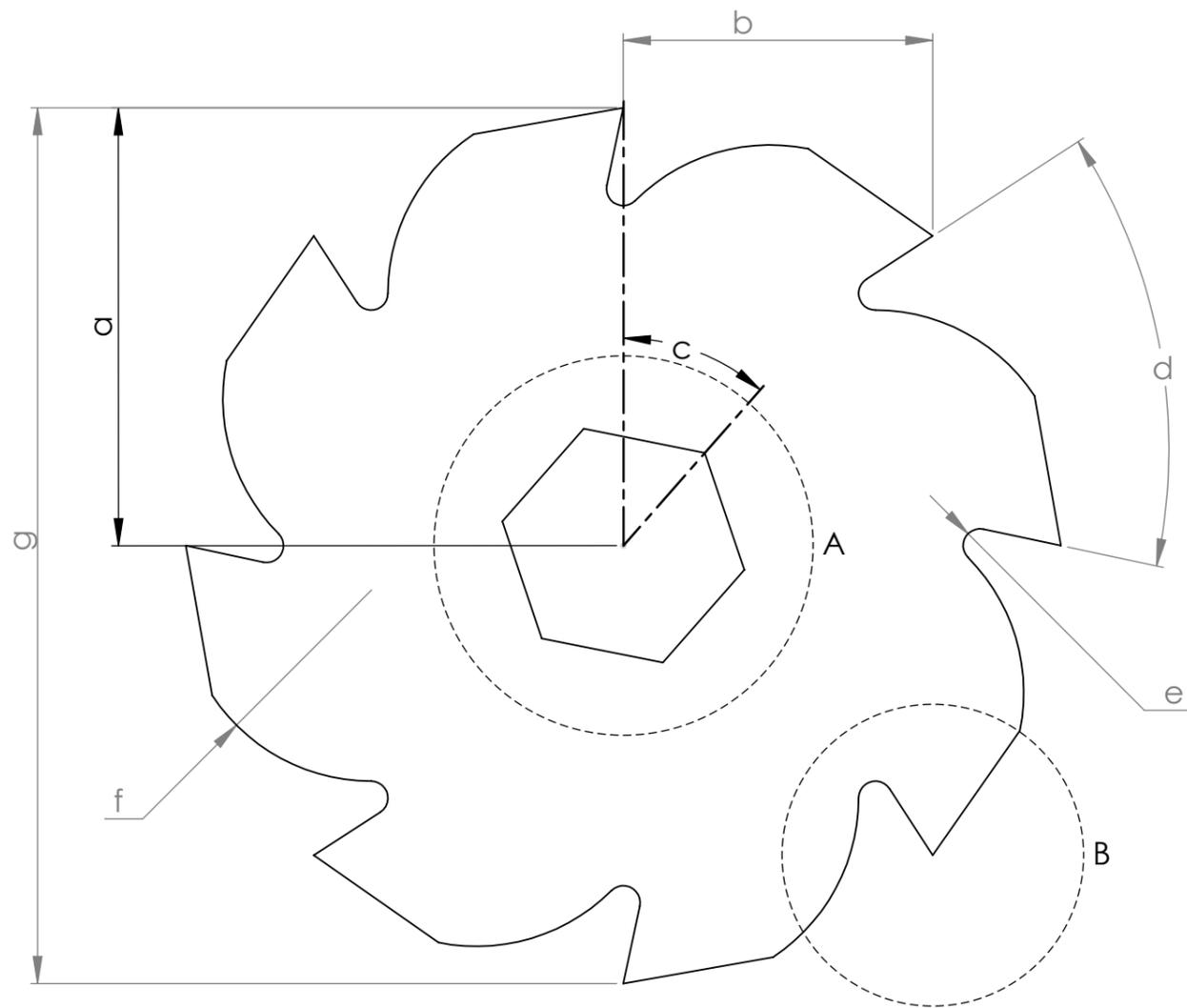
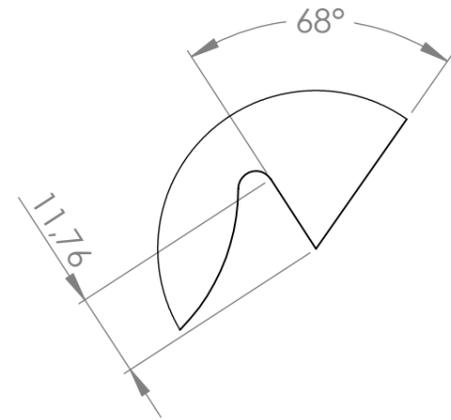
	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS			ESCALA 1:5
	CONJUNTO: E-EJE-EXTERNO2			
CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-04-00				HOJA 1/1 A3
PESO:	17.4 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A. 5/7/2020	
LARGO:	486 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A. 5/7/2020	
ANCHO:	130 mm	REVISÓ	ERAZO V. 29/5/2020	
ALTO:	130 mm	APROBÓ	ERAZO V. 29/5/2020	
FICA		CIME		



DETALLE A
ESCALA 1 : 1



DETALLE B
ESCALA 1 : 1



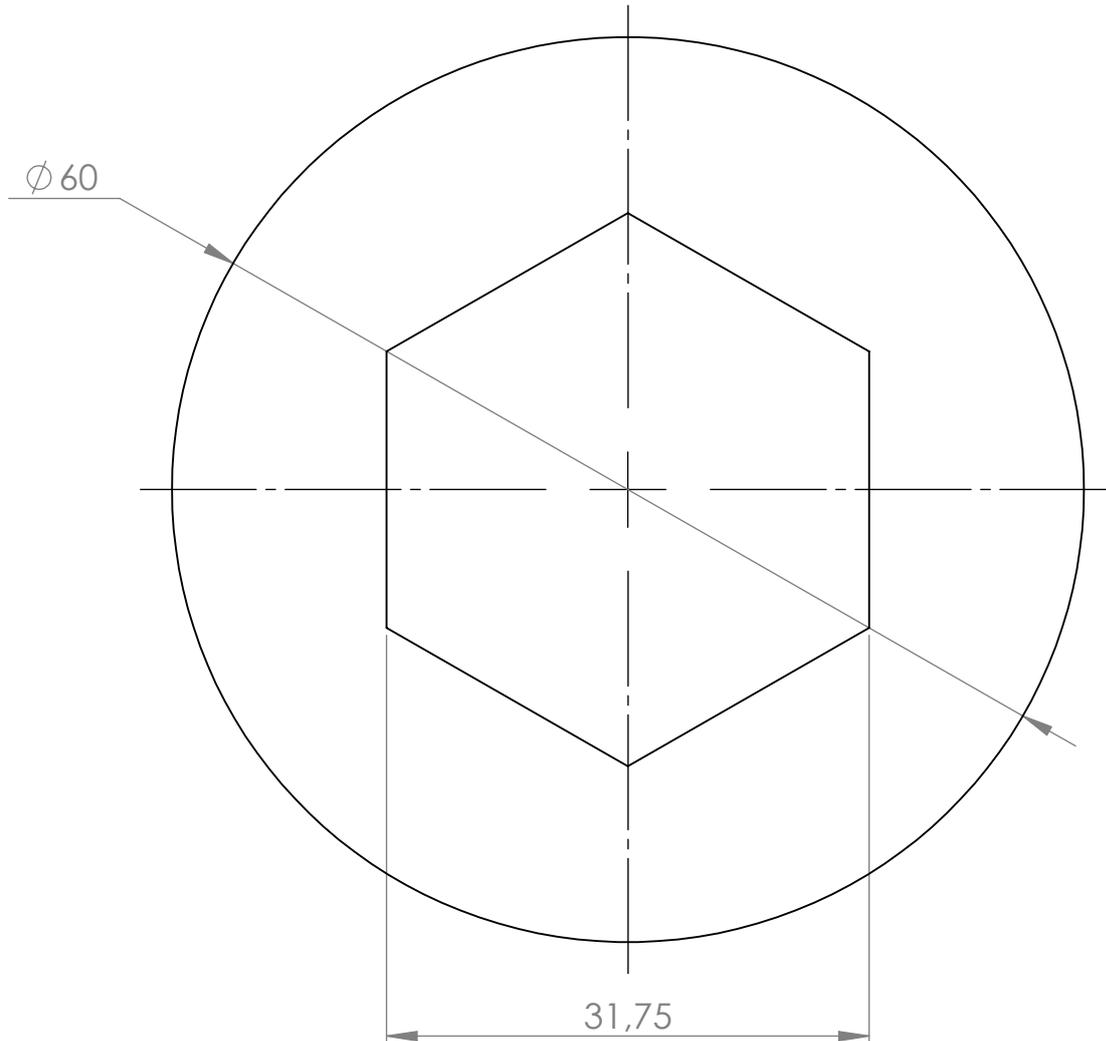
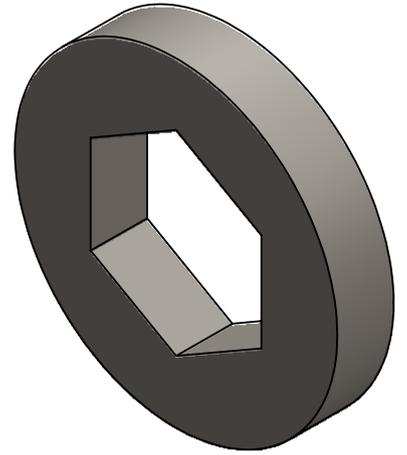
# Cuchilla	a	b	c	d	e	f	g
1	65	45,96	0°	45°	R2,5	R28.26	130
2	65	45,96	2,95°	45°	R2,5	R28.26	130
3	65	45,96	5,9°	45°	R2,5	R28.26	130
4	65	45,96	8,85°	45°	R2,5	R28.26	130
5	65	45,96	11,8°	45°	R2,5	R28.26	130
6	65	45,96	14,75°	45°	R2,5	R28.26	130
7	65	45,96	17,7°	45°	R2,5	R28.26	130
8	65	45,96	20,65°	45°	R2,5	R28.26	130
9	65	45,96	23,6°	45°	R2,5	R28.26	130
10	65	45,96	26,55°	45°	R2,5	R28.26	130
11	65	45,96	29,5°	45°	R2,5	R28.26	130
12	65	45,96	32,45°	45°	R2,5	R28.26	130
13	65	45,96	35,4°	45°	R2,5	R28.26	130
14	65	45,96	38,35°	45°	R2,5	R28.26	130
15	65	45,96	41,3°	45°	R2,5	R28.26	130



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:2		
PARTE: CUCHILLA				TOLERANCIA: ±0,05		
CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-01-01						HOJA 1/1 A3
MATERIAL:	AISI D3	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020		
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020		
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020		
CANTIDAD:	4	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020		

FICA

CIME



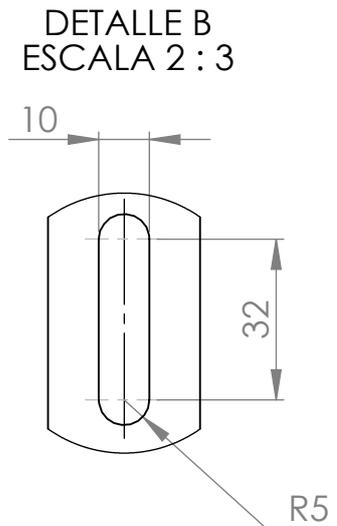
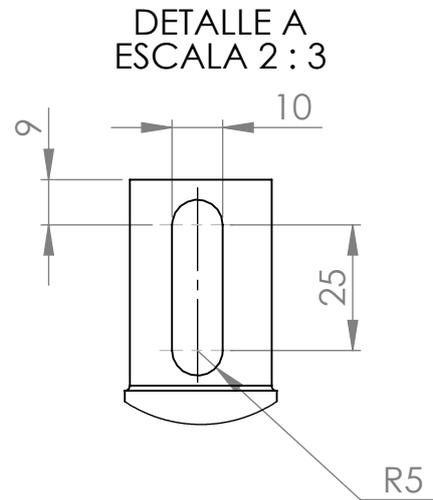
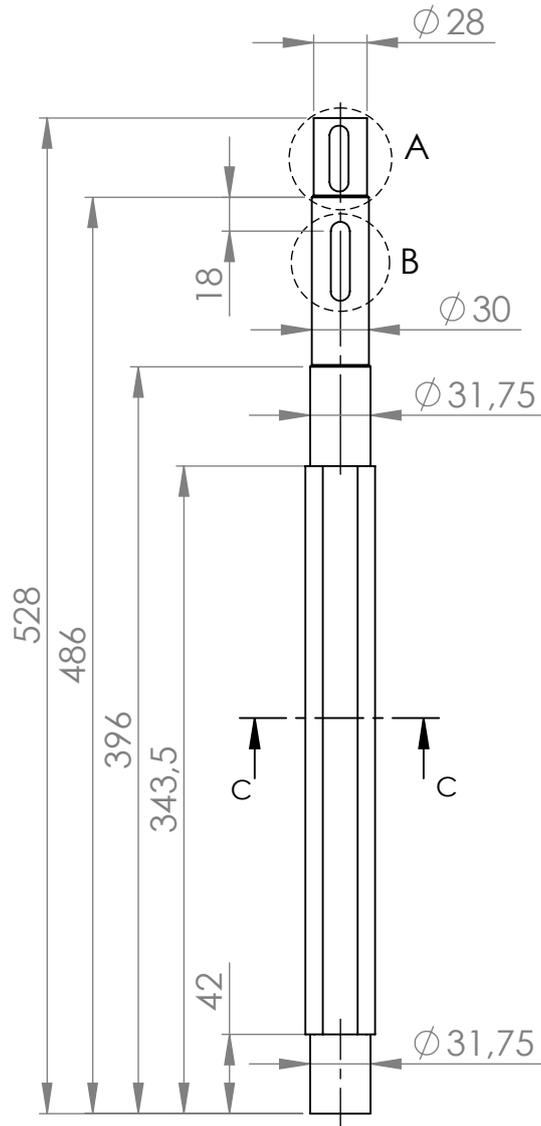
NOTA: ESPESOR 10.5MM



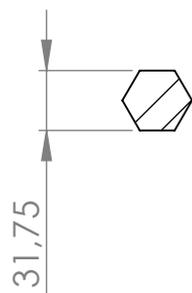
PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 2:1	
PARTE: SEPARADOR DE CUCHILLA					
CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-01-16				TOLERANCIA: $\pm 0,05$	
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/1 A4
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
CANTIDAD:	56	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	

FICA

CIME



SECCIÓN C-C

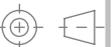


NOTA: PROFUNDIDAD DE CHAVETERO 3MM



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS

ESCALA
1:4



PARTE: EJE MOTRIZ

CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-01-17

TOLERANCIA:
±0,05

MATERIAL: AISI 4340

DISEÑO VÁSCONEZ A. 5/7/2020

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ VÁSCONEZ A. 5/7/2020

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ ERAZO V. 29/5/2020

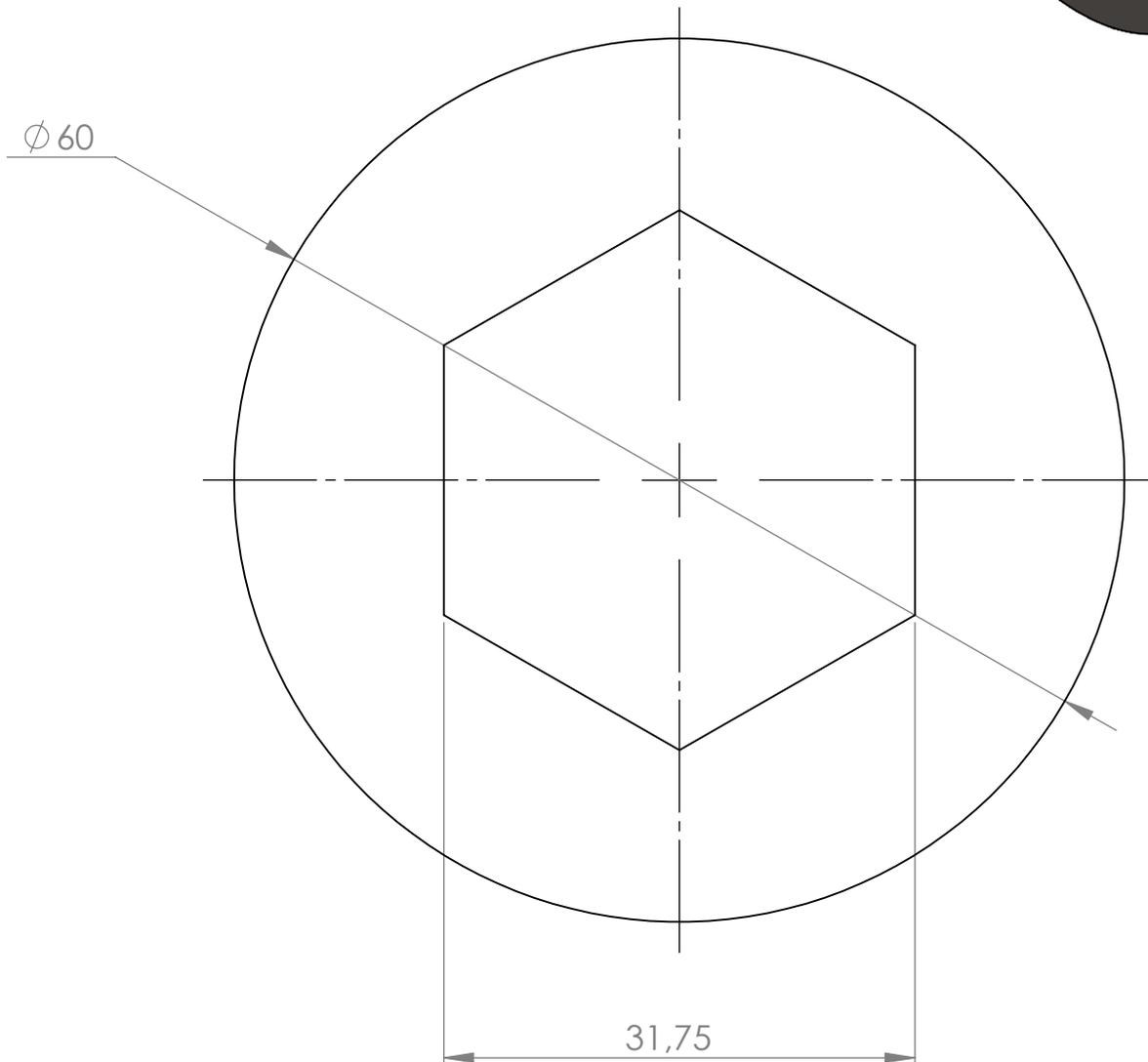
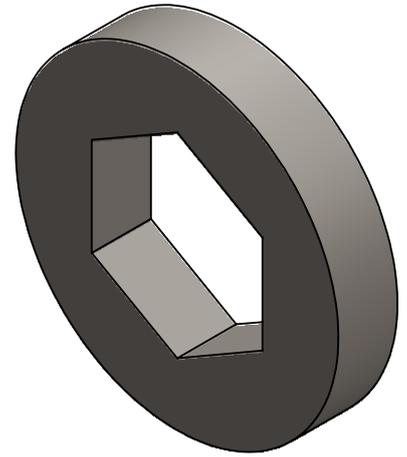
CANTIDAD: 2

APROBÓ ERAZO V. 29/5/2020

HOJA
1/1
A4

FICA

CIME



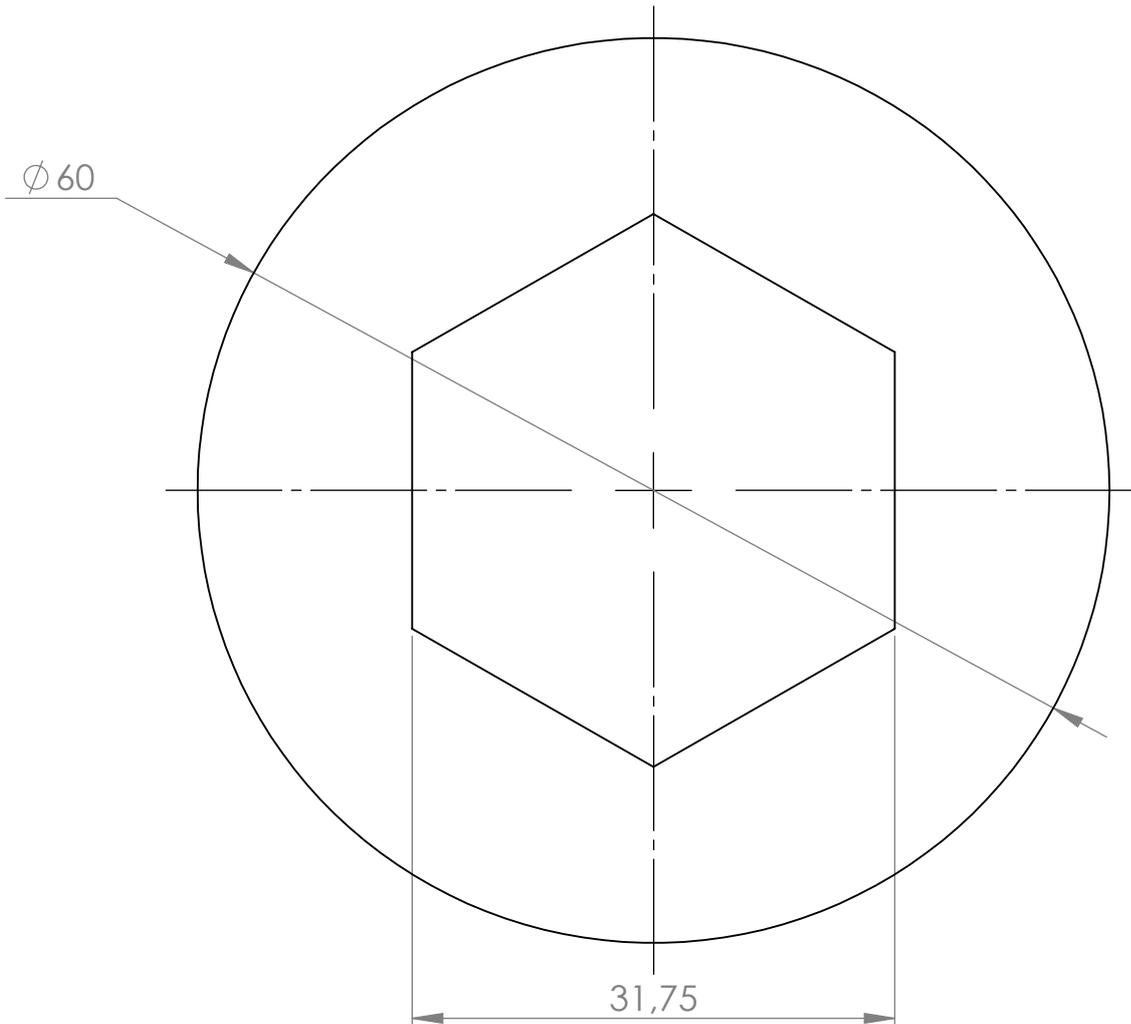
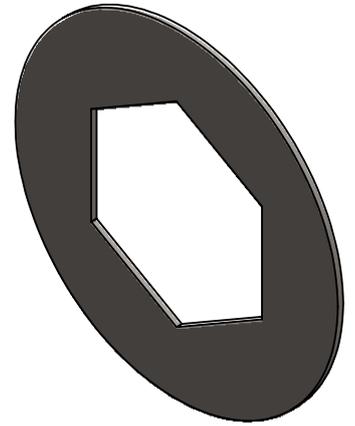
NOTA: ESPESOR 11MM



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 2:1	
PARTE: SEPARADOR DOBLE					
CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-01-18				TOLERANCIA: ±0,05	
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/1 A4
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
CANTIDAD:	4	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	

FICA

CIME



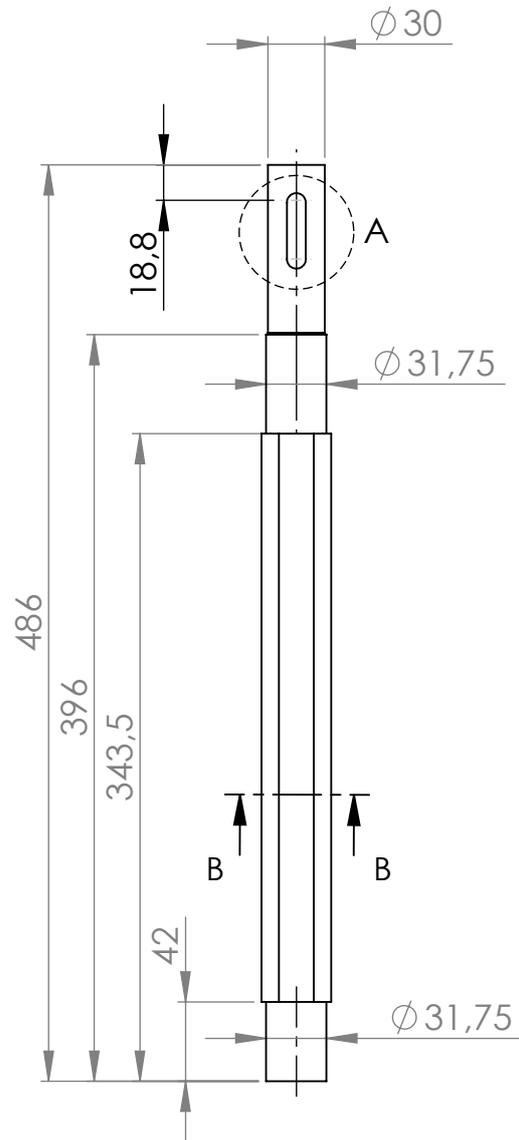
NOTA: ESPESOR 1MM



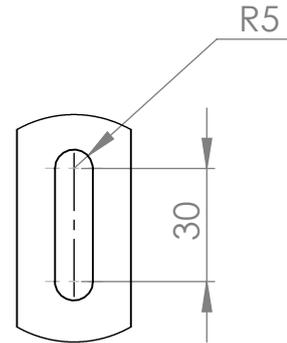
PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 2:1	
PARTE: SEPARADOR DE PARED					
CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-01-19				TOLERANCIA: ±0,05	
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/1 A4
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
CANTIDAD:	4	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	

FICA

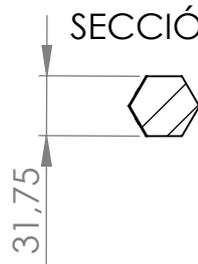
CIME



DETALLE A
ESCALA 1 : 2



SECCIÓN B-B

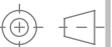


NOTA: PROFUNDIDAD DE CHAVETERO 3MM



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS

ESCALA
1:4



PARTE: EJE SECUNDARIO

CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-03-01

TOLERANCIA:
±0,05

MATERIAL: AISI 4340

DISEÑO VÁSCONEZ A. 5/7/2020

5/7/2020

HOJA

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ VÁSCONEZ A. 5/7/2020

29/5/2020

1/1

FICA

CIME

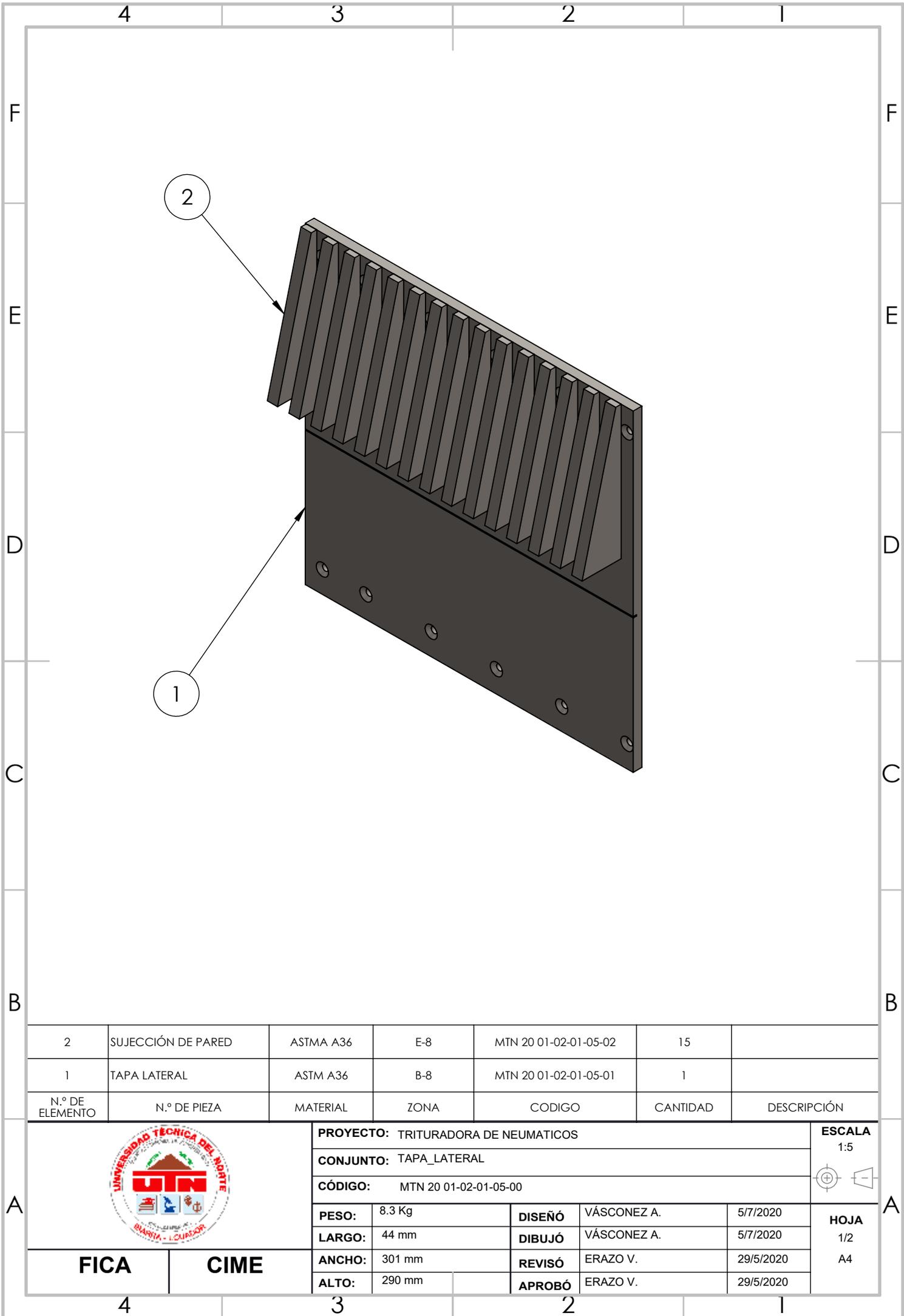
RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ ERAZO V. 29/5/2020

A4

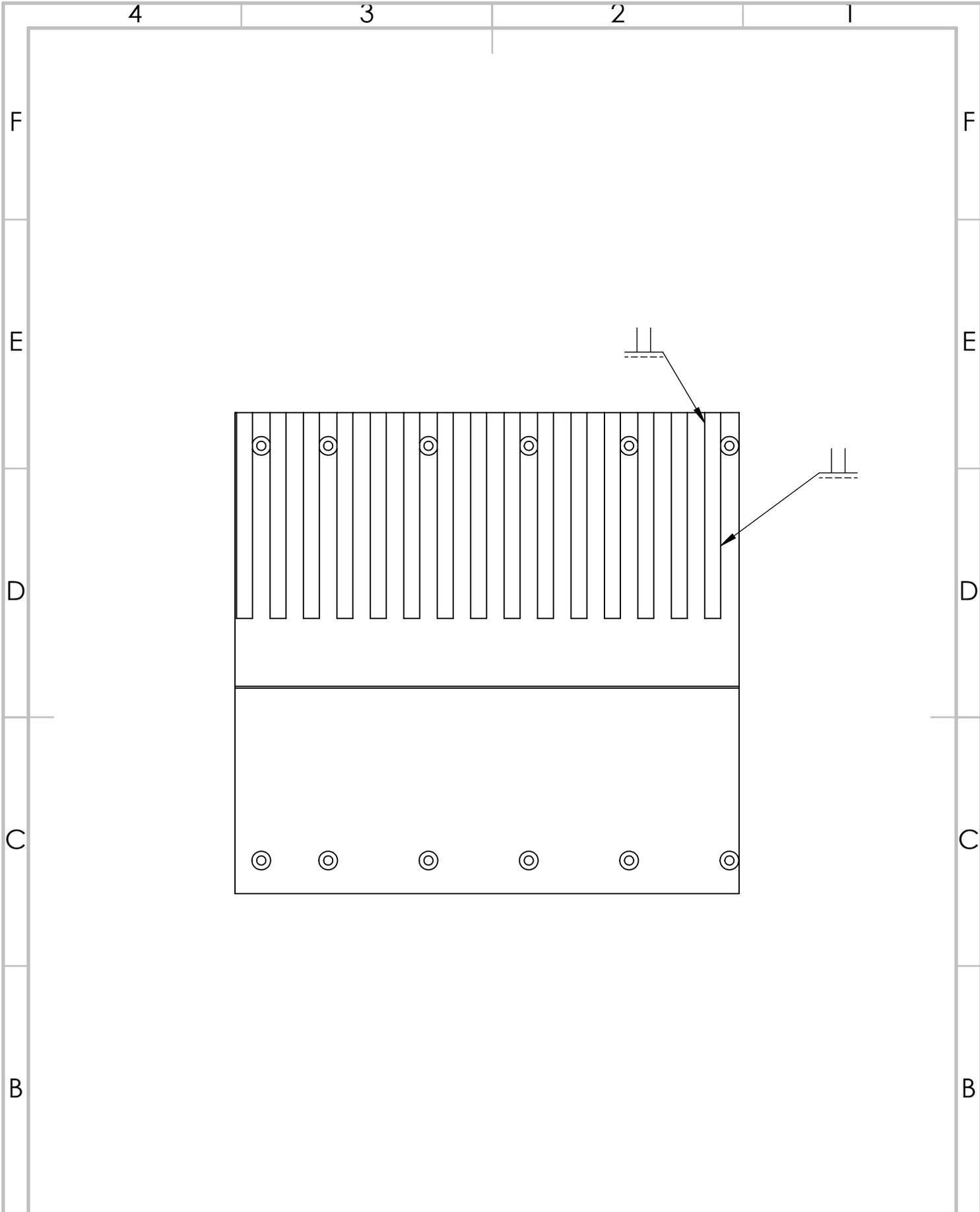
CANTIDAD: 2

APROBÓ ERAZO V. 29/5/2020



2	SUJECCIÓN DE PARED	ASTMA A36	E-8	MTN 20 01-02-01-05-02	15	
1	TAPA LATERAL	ASTM A36	B-8	MTN 20 01-02-01-05-01	1	
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN

	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:5 	
	CONJUNTO: TAPA_LATERAL					
	CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-05-00					
	PESO:	8.3 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/2 A4
	LARGO:	44 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
ANCHO:	301 mm	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020		
ALTO:	290 mm	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020		
FICA	CIME					



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS		ESCALA 1:5	
CONJUNTO: TAPA_LATERAL			
CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-05-00			
PESO:	8.3 Kg	DISEÑÓ	VÁSCONEZ A. 5/7/2020
LARGO:	44 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A. 5/7/2020
ANCHO:	301 mm	REVISÓ	ERAZO V. 29/5/2020
ALTO:	290 mm	APROBÓ	ERAZO V. 29/5/2020

FICA

CIME

HOJA
2/2
A4

A

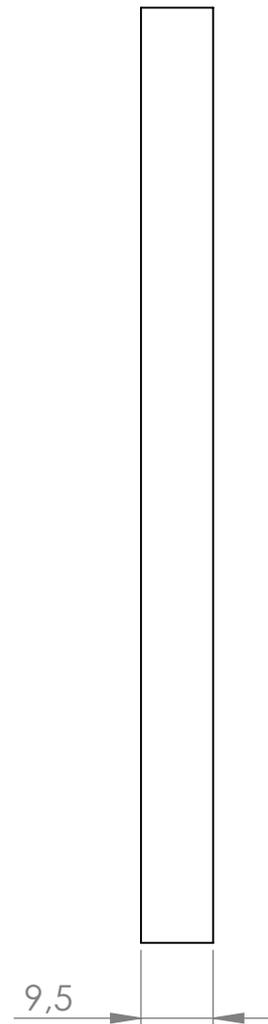
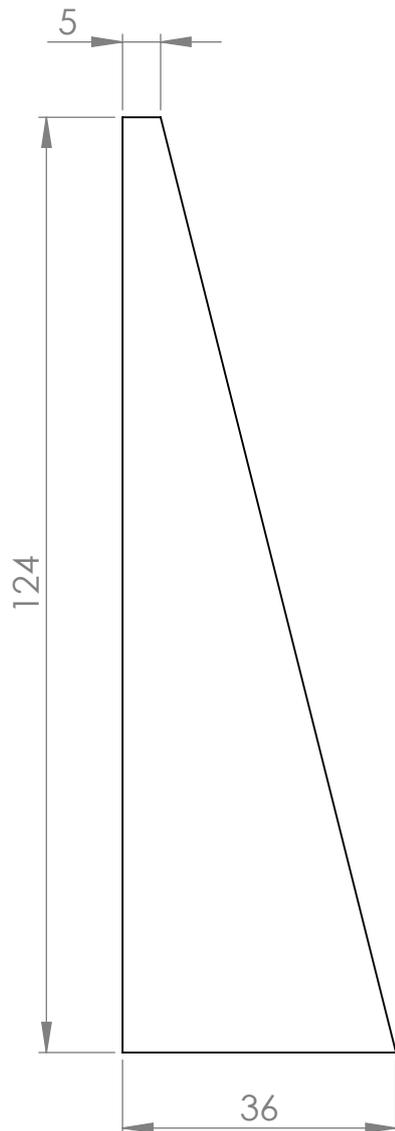
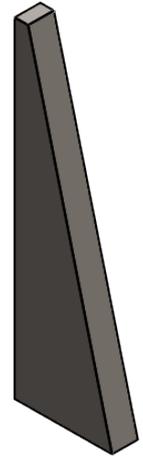
A

4

3

2

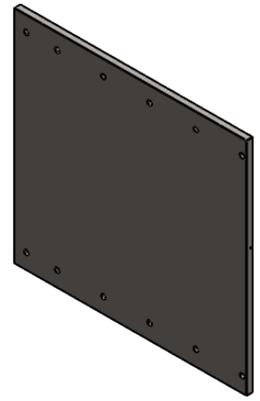
1



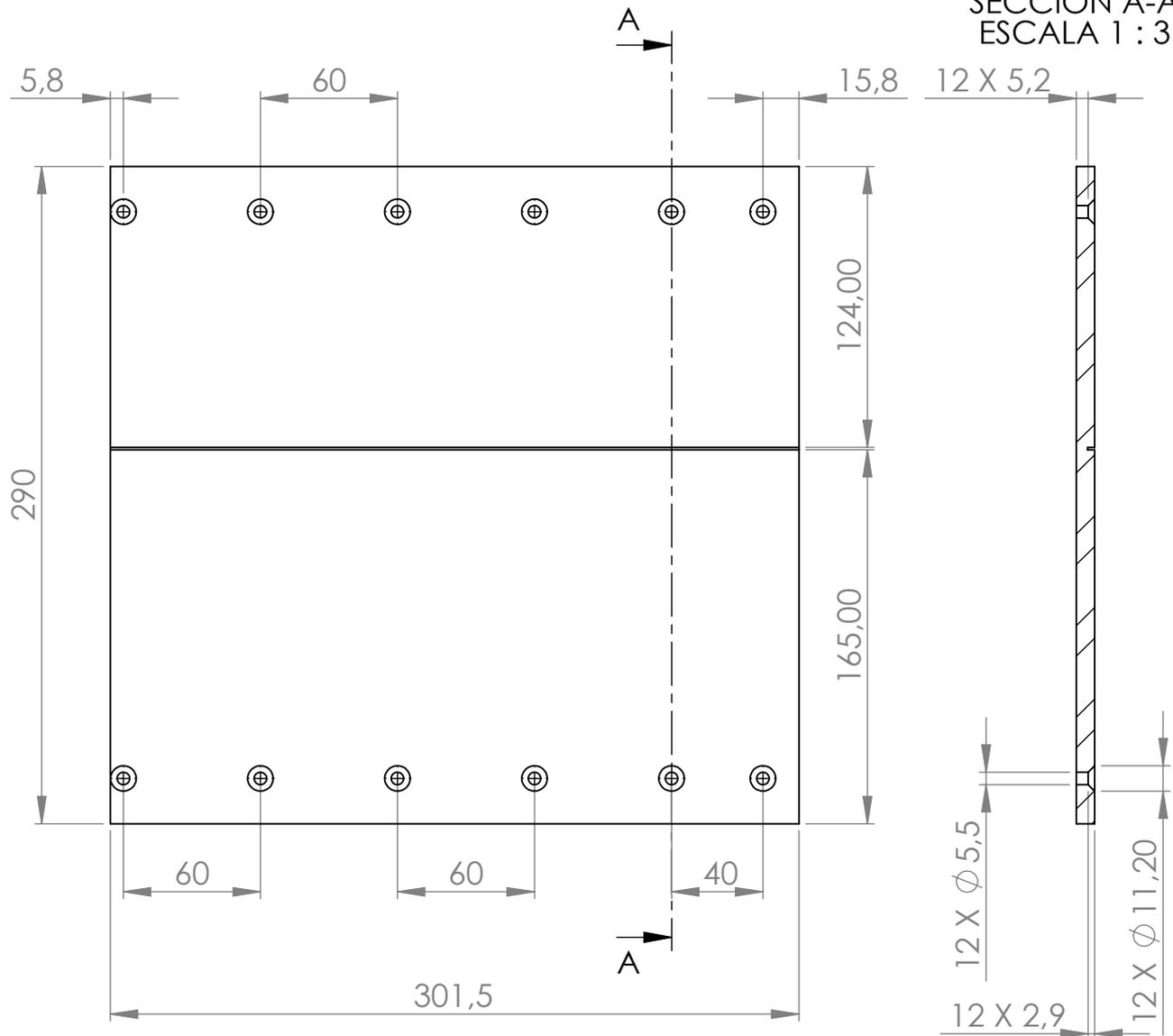
PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:1	
PARTE: SUJECCIÓN DE PARED					
CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-05-01				TOLERANCIA: ±0,05	
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/1 A4
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
CANTIDAD:	30	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	

FICA

CIME



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 3



NOTA: PLANCHA METALICA ESPESOR 8MM



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS

ESCALA
1:5



PARTE: TAPA LATERAL

CÓDIGO: MTN 20 01-02-01-05-02

TOLERANCIA:
±0,05

MATERIAL: ASTM A36

DISEÑO VÁSCONEZ A. 5/7/2020

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJO VÁSCONEZ A. 5/7/2020

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ ERAZO V. 29/5/2020

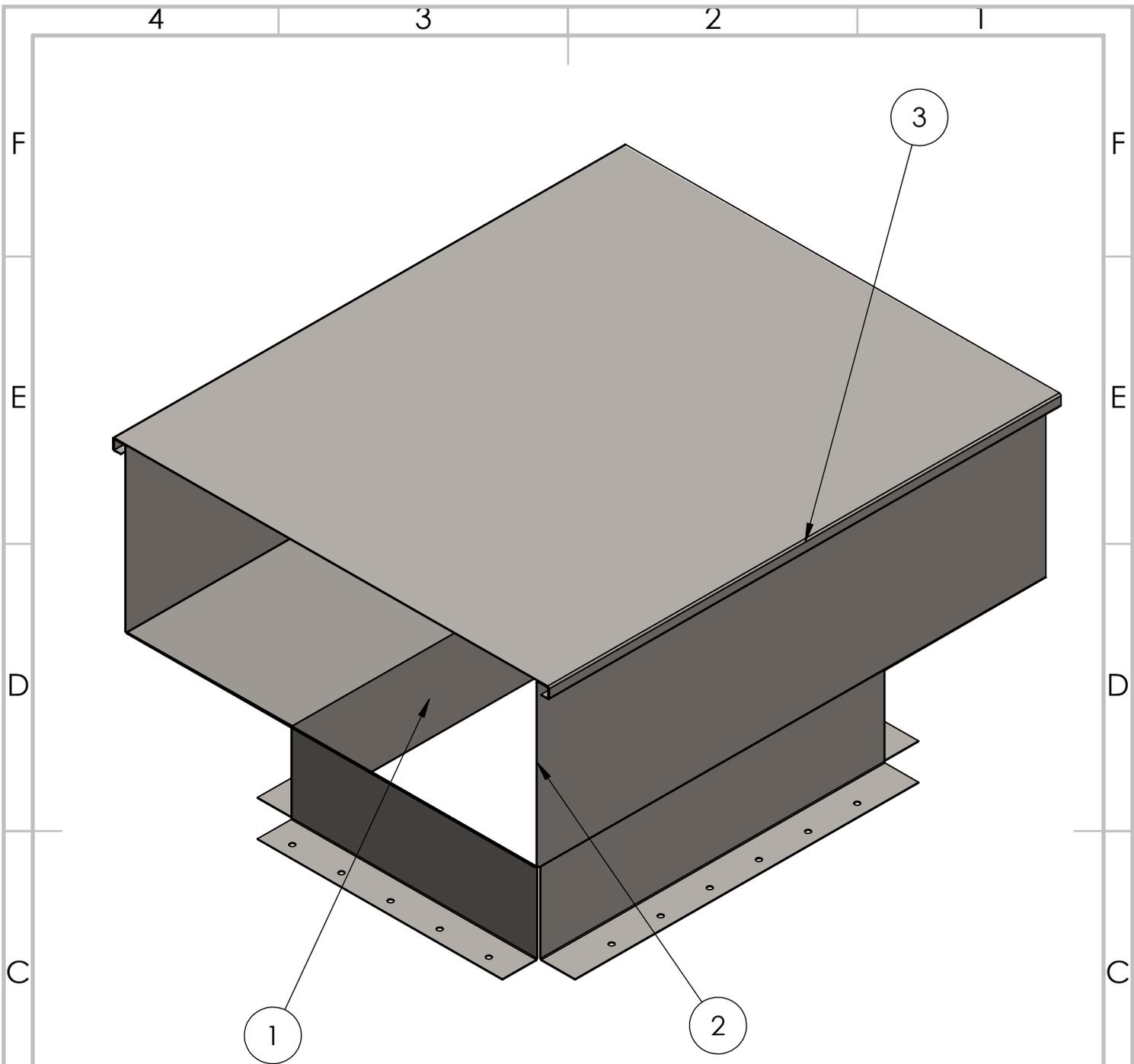
CANTIDAD: 2

APROBÓ ERAZO V. 29/5/2020

HOJA
1/1
A4

FICA

CIME



3	TAPA TOLVA SUPERIOR	ASTM A36	F-1	MTN 20-01-02-02-00-03	1	
2	TOLVA SUPERIOR1	ASTM A36	C-2	MTN 20-01-02-02-00-02	1	
1	TOLVA SUPERIOR2	ASTM A36	C-4	MTN 20-01-02-02-00-01	1	
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN

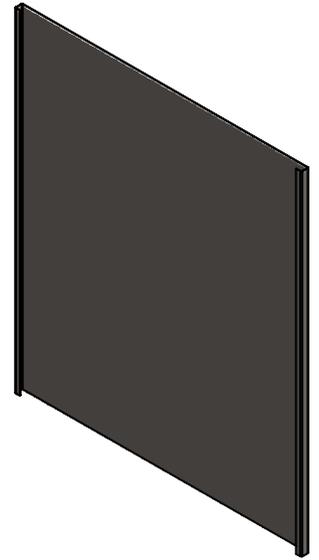
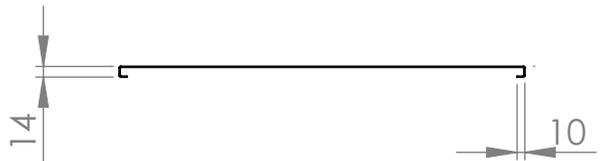
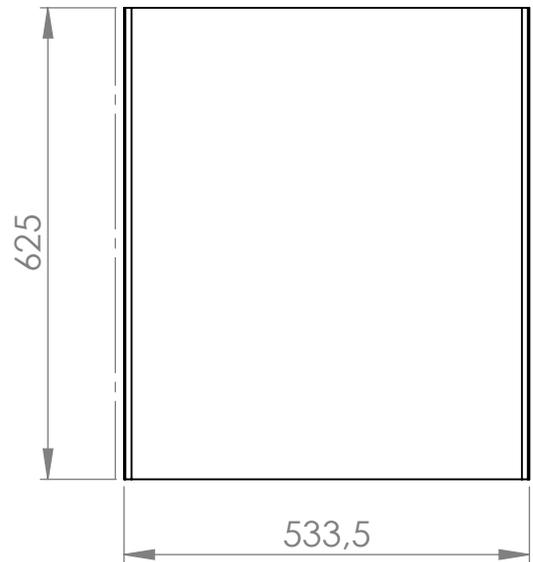
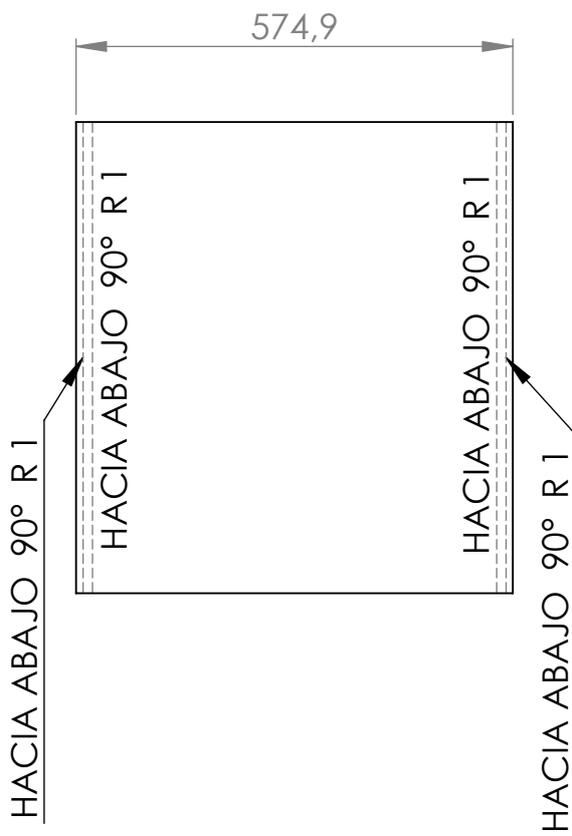
	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:20 	
	CONJUNTO: TOLVA SUPERIOR					
	CÓDIGO: MTN 20 01-02-02-00-00					
	PESO:	9.43 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/1 A4
	LARGO:	503 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
	ANCHO:	625 mm	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
ALTO:	400 mm	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020		
FICA	CIME					

4

3

2

1



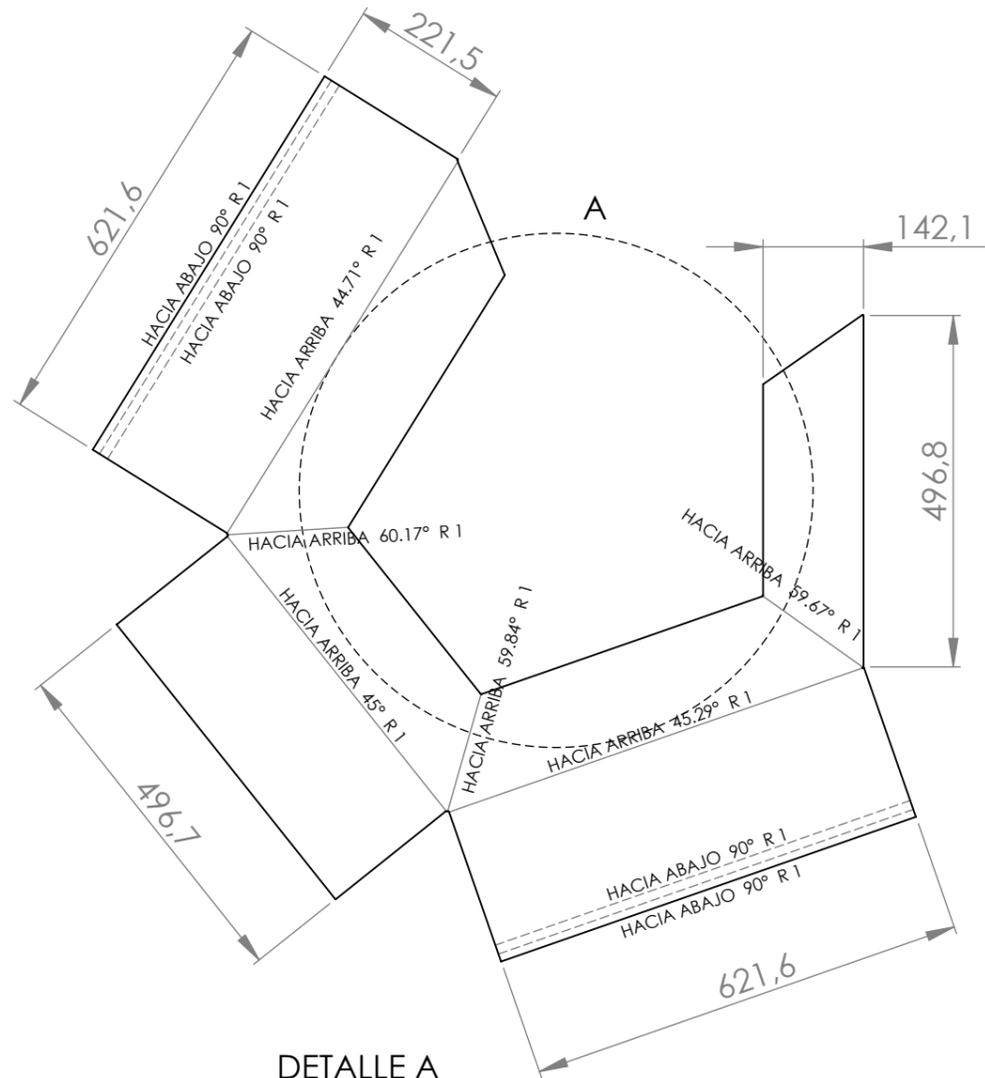
NOTA: PLANCHA METALICA ESPESOR 1MM



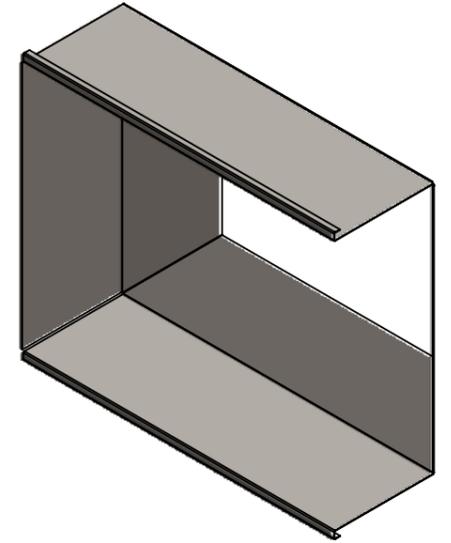
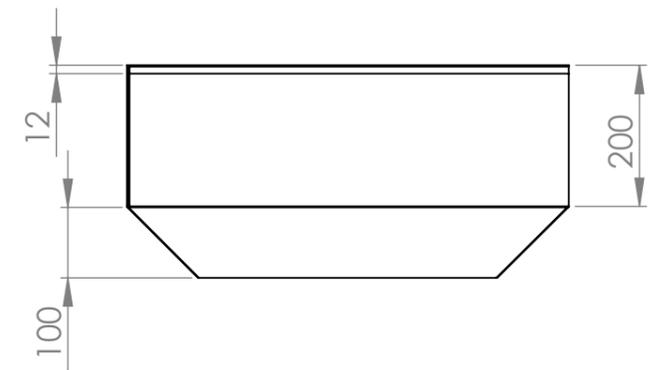
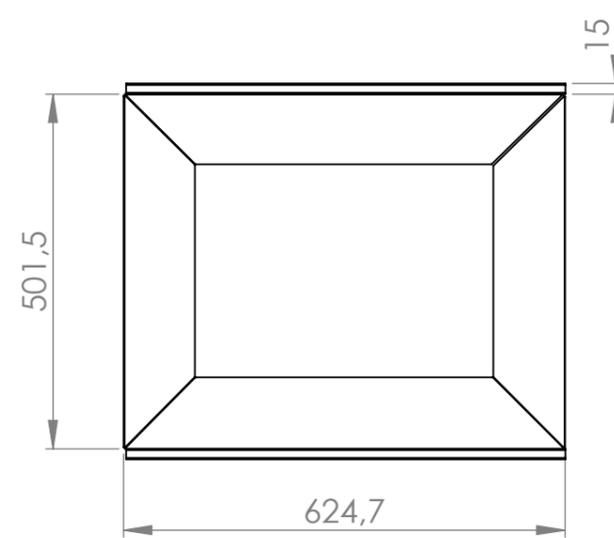
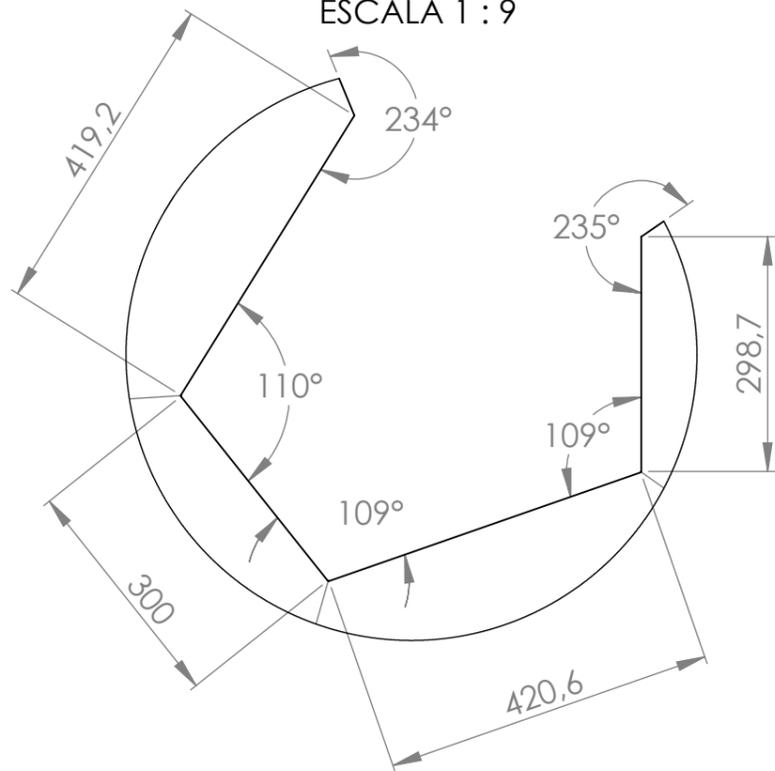
PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:5	
PARTE: TAPA TOLVA SUPERIOR					
CÓDIGO: MTN 20 01-02-02-00-01				TOLERANCIA: ±0,05	
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/1 A4
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
CANTIDAD:	1	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	

FICA

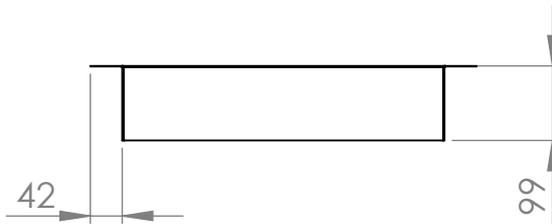
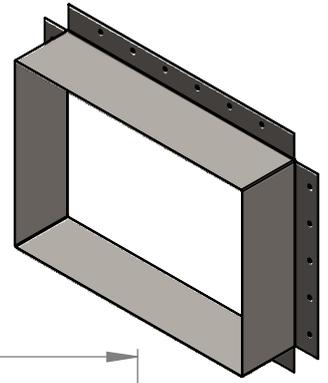
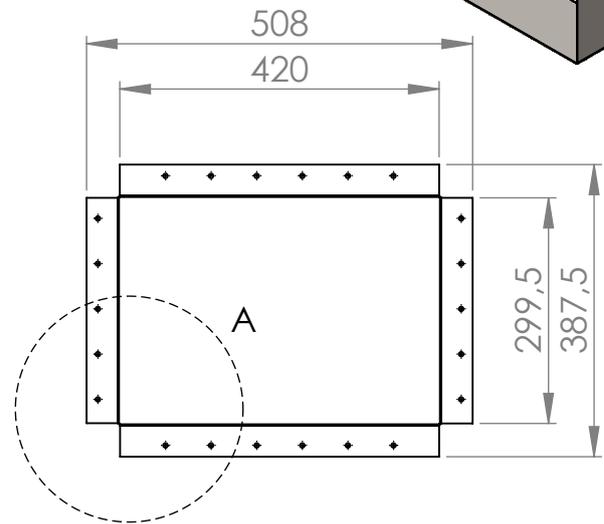
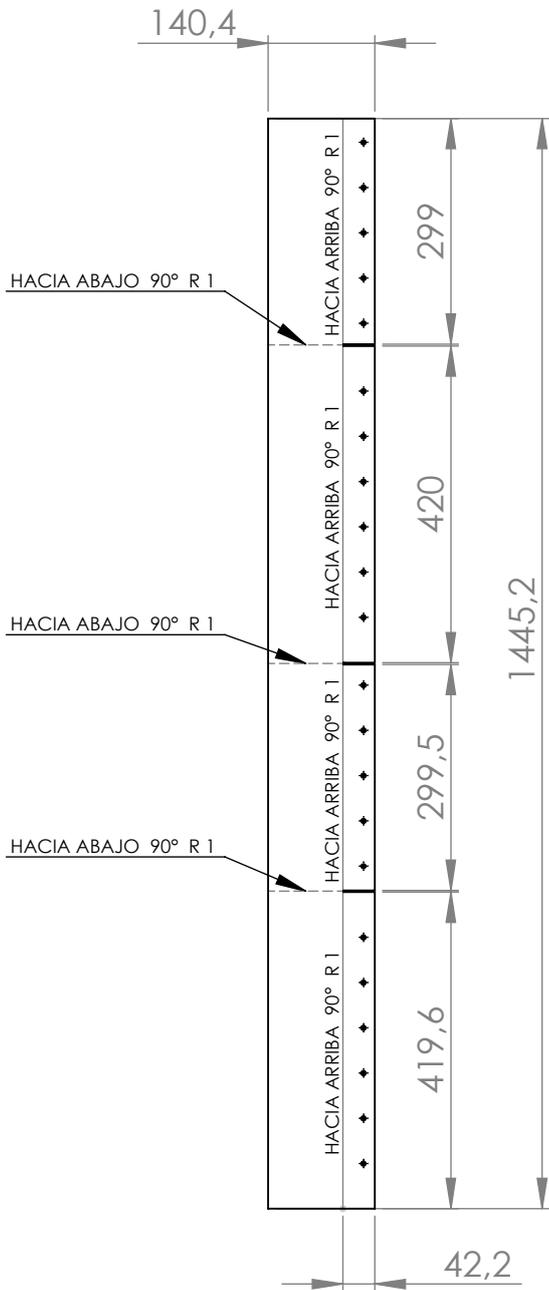
CIME



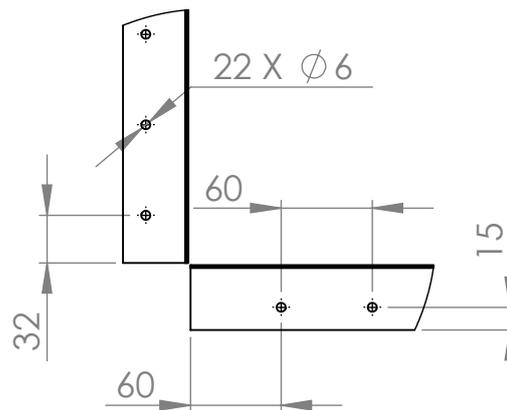
DETALLE A
ESCALA 1 : 9



	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:10	
	PARTE: 42. TOLVA SUPERIOR1					
CÓDIGO: MTN 20 01-02-02-00-02				TOLERANCIA: ±0,05		
FICA CIME	MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	11/6/2020	HOJA 1/1 A3
	TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
	RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
	CANTIDAD:	1	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	



DETALLE A
ESCALA 1 : 5



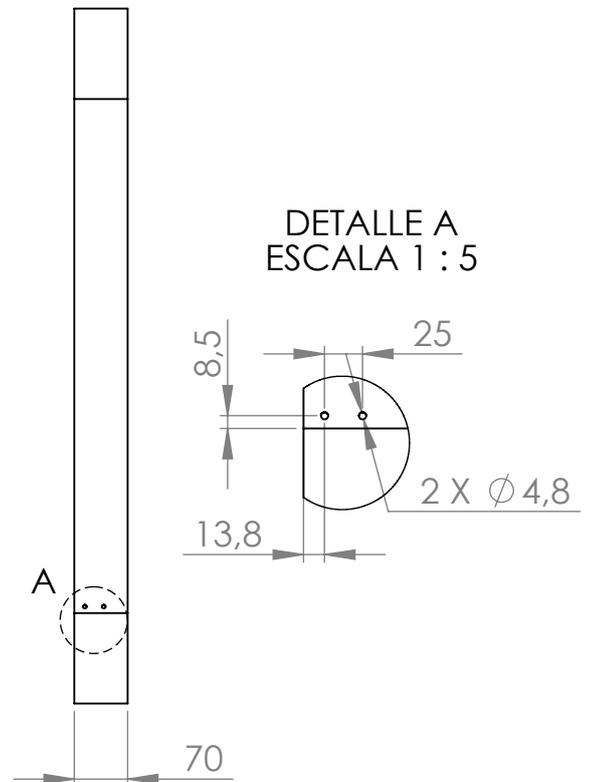
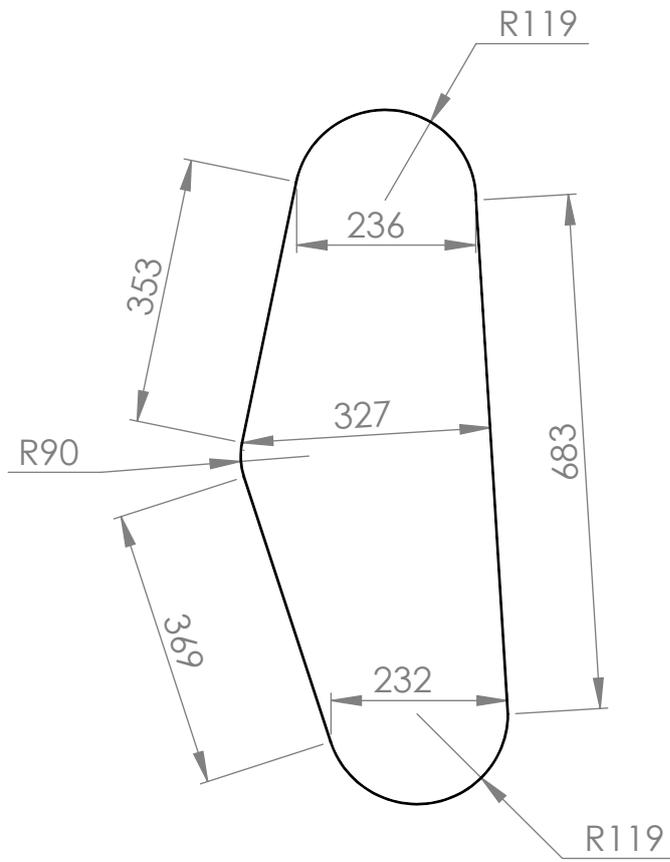
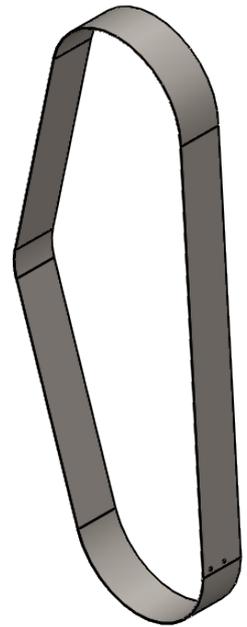
NOTA: PLANCHA METALICA ESPESOR 1MM
*PERFORACIONES EQUIDISTANTES



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:10	
PARTE: TOLVA SUPERIOR2					
CÓDIGO: MTN 20 01-02-02-00-03				TOLERANCIA: ±0,05	
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/1 A4
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
CANTIDAD:	1	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	

FICA

CIME



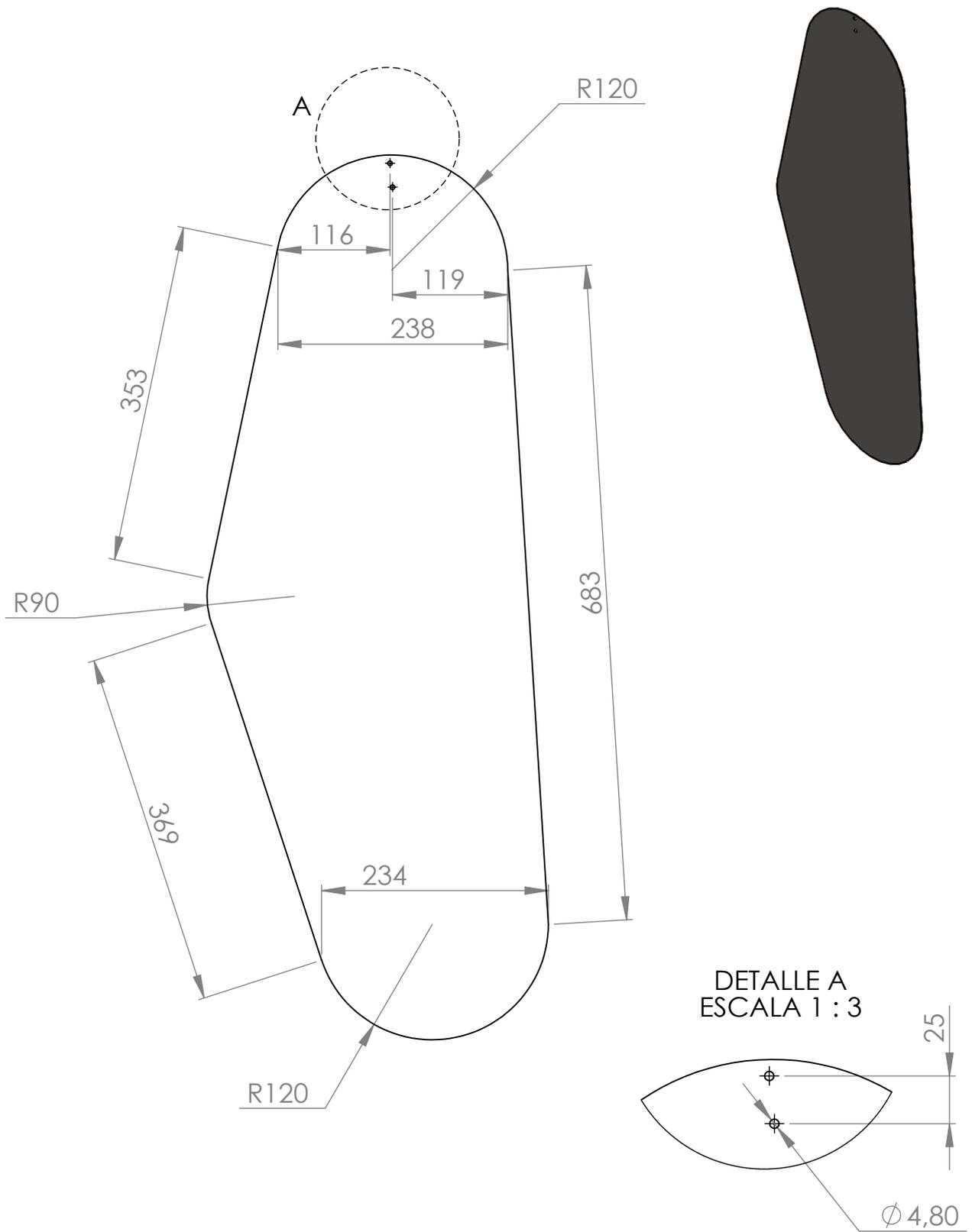
NOTA: PLANCHA METALICA ESPESOR 1MM



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS PARA GRANULOMETRIA FINA				ESCALA 1:10	
PARTE: CUBRE CADENA1					
CÓDIGO: MTN 20 01-03-00-00-01				TOLERANCIA: ±0,05	
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	31/5/2020	HOJA 1/1 A4
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	11/6/2020	
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
CANTIDAD:	2	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	

FICA

CIME

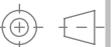


NOTA: PLANCHA METALICA ESPESOR 1MM



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS

ESCALA
1:6



PARTE: CUBRE CADENA2

CÓDIGO: MTN 20 01-03-00-00-02

TOLERANCIA:
±0,05

MATERIAL: ASTM A36

DISEÑO VÁSCONEZ A. 5/7/2020

5/7/2020

HOJA

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ VÁSCONEZ A. 5/7/2020

5/7/2020

1/1

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ ERAZO V. 29/5/2020

29/5/2020

A4

CANTIDAD: 2

APROBÓ ERAZO V. 29/5/2020

29/5/2020

FICA

CIME



N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCION	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
5	GABINETE DE CONTROL	-	F-5	MTN 20 02-02-00-00-00	1	
4	ISO - 4034 - M10 - N	-			4	
3	WASHER ISO 7091 - 10	-			4	
2	ISO 8765 - M10X1.0 X 45 X 26-N	-	E-5		4	
1	TRIPODE	-	B-5	MTN 20 02-01-00-00-00	1	

	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:20
	CONJUNTO: SISTEMA DE CONTROL				
	CÓDIGO: MTN 20 02-00-00-00-00				HOJA 1/1 A3
	PESO:	18.5 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A. 5/7/2020	
LARGO:	621 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A. 5/7/2020		
ANCHO:	500 mm	REVISÓ	ERAZO V. 29/5/2020		
ALTO:	1120 mm	APROBÓ	ERAZO V. 29/5/2020		

FICA

CIME

PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS

CONJUNTO: SISTEMA DE CONTROL

CÓDIGO: MTN 20 02-00-00-00-00

PESO: 18.5 Kg

DISEÑO: VÁSCONEZ A. 5/7/2020

ESCALA: 1:20

LARGO: 621 mm

DIBUJÓ: VÁSCONEZ A. 5/7/2020

HOJA: 1/1

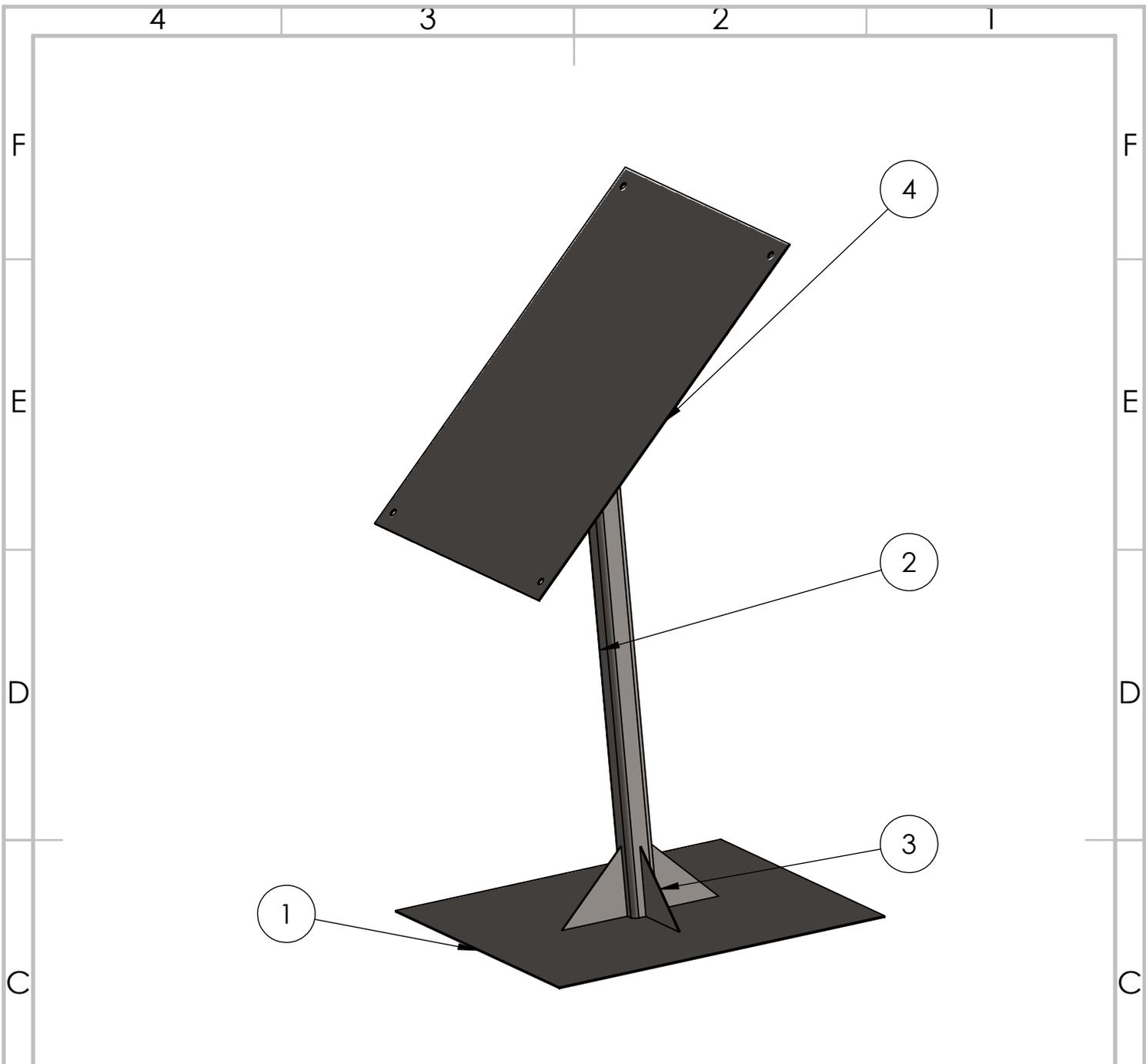
ANCHO: 500 mm

REVISÓ: ERAZO V. 29/5/2020

A3

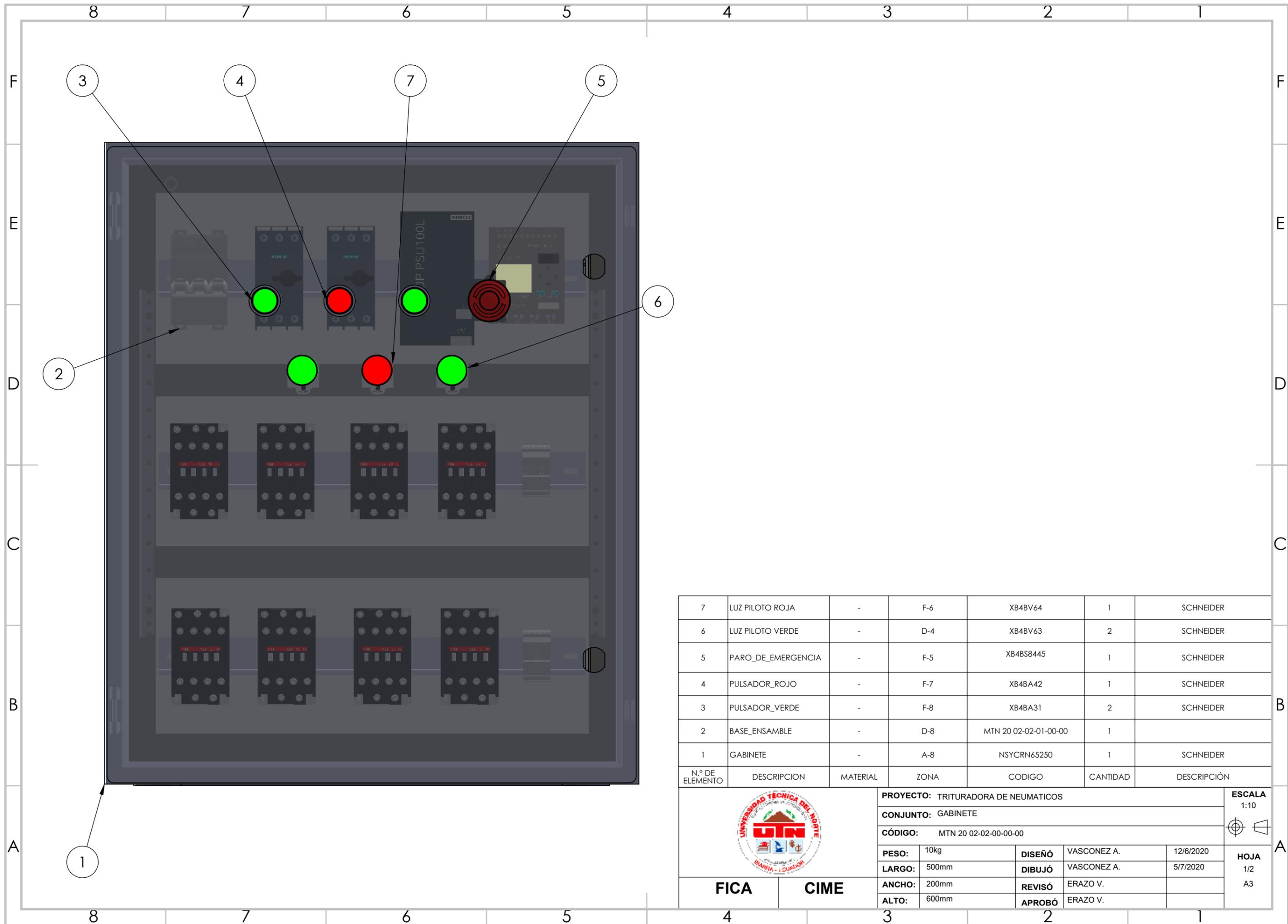
ALTO: 1120 mm

APROBÓ: ERAZO V. 29/5/2020



4	BASE 2	ASTM A36		F-1	1	PLANCHA METALICA 600X500X2MM
3	APOYO	ASTM A36		C-1	4	
2	TUBO	ASTM A36		D-1	1	TUBO CUADRADO 1.5" X 2MM, 800MM LARGO
1	BASE 1	ASTM A36		C-4	1	PLANCHA METALICA 500X500X2MM
N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCION	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN

	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:20 	
	CONJUNTO: 48. TRIPODE					
	CÓDIGO: MTN 20 02-01-00-00-00					
	PESO:	12.3 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	31/5/2020	HOJA 1/1 A4
	LARGO:	500 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
ANCHO:	480 mm	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020		
ALTO:	980 mm	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020		
FICA	CIME					



7	LUZ PILOTO ROJA	-	F-6	XB4BV64	1	SCHNEIDER
6	LUZ PILOTO VERDE	-	D-4	XB4BV63	2	SCHNEIDER
5	PARO_DE_EMERGENCIA	-	F-5	XB4BS8445	1	SCHNEIDER
4	PULSADOR_ROJO	-	F-7	XB4BA42	1	SCHNEIDER
3	PULSADOR_VERDE	-	F-8	XB4BA31	2	SCHNEIDER
2	BASE_ENSAMBLE	-	D-8	MTN 20 02-02-01-00-00	1	
1	GABINETE	-	A-8	NSYCRN65250	1	SCHNEIDER
N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCION	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN



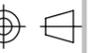
PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS

CONJUNTO: GABINETE

CÓDIGO: MTN 20 02-02-00-00-00

PESO:	10kg	DISEÑO	VASCONEZ A.	12/6/2020
LARGO:	500mm	DIBUJÓ	VASCONEZ A.	5/7/2020
ANCHO:	200mm	REVISÓ	ERAZO V.	
ALTO:	600mm	APROBÓ	ERAZO V.	

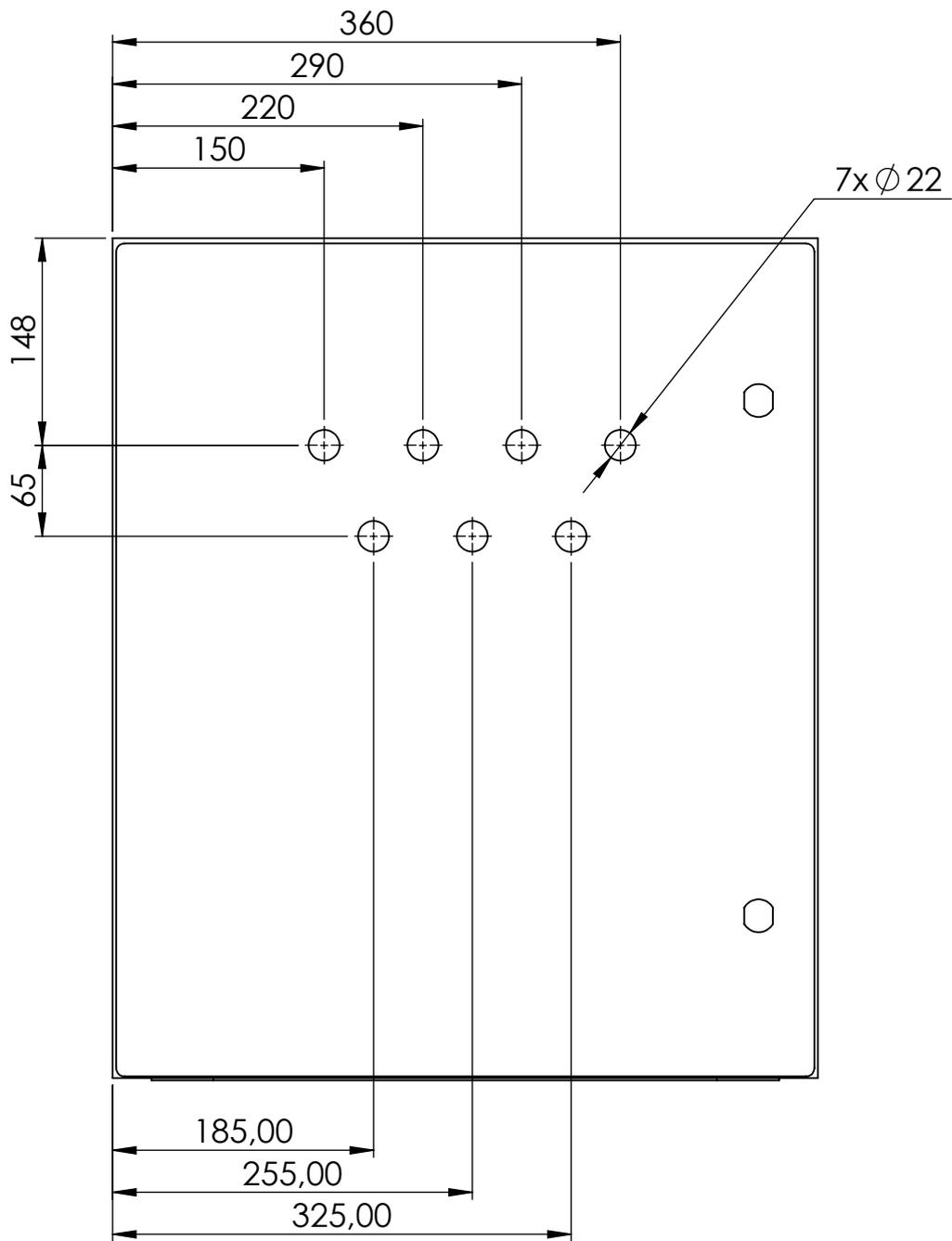
ESCALA
1:10



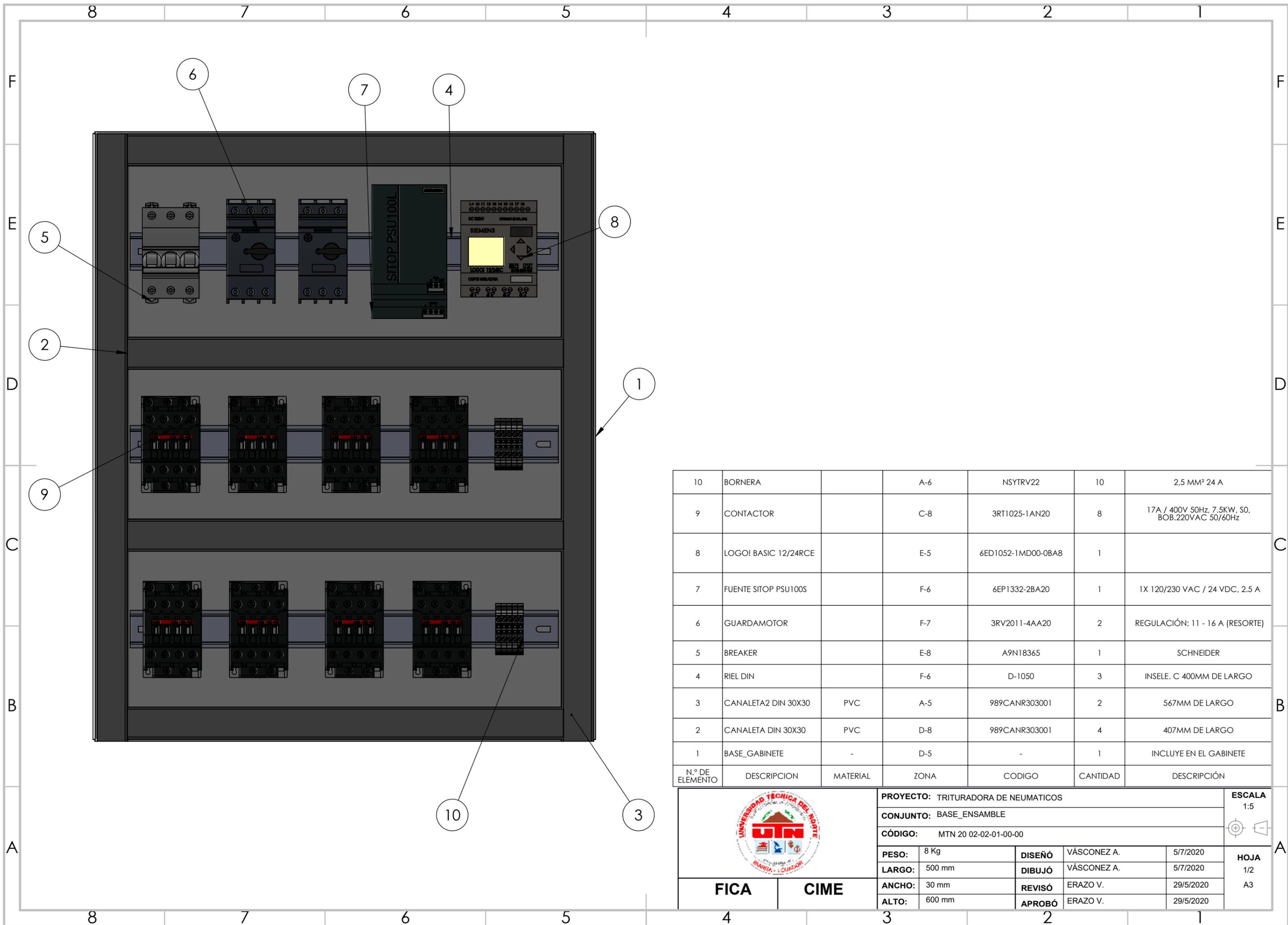
HOJA
1/2
A3

FICA

CIME



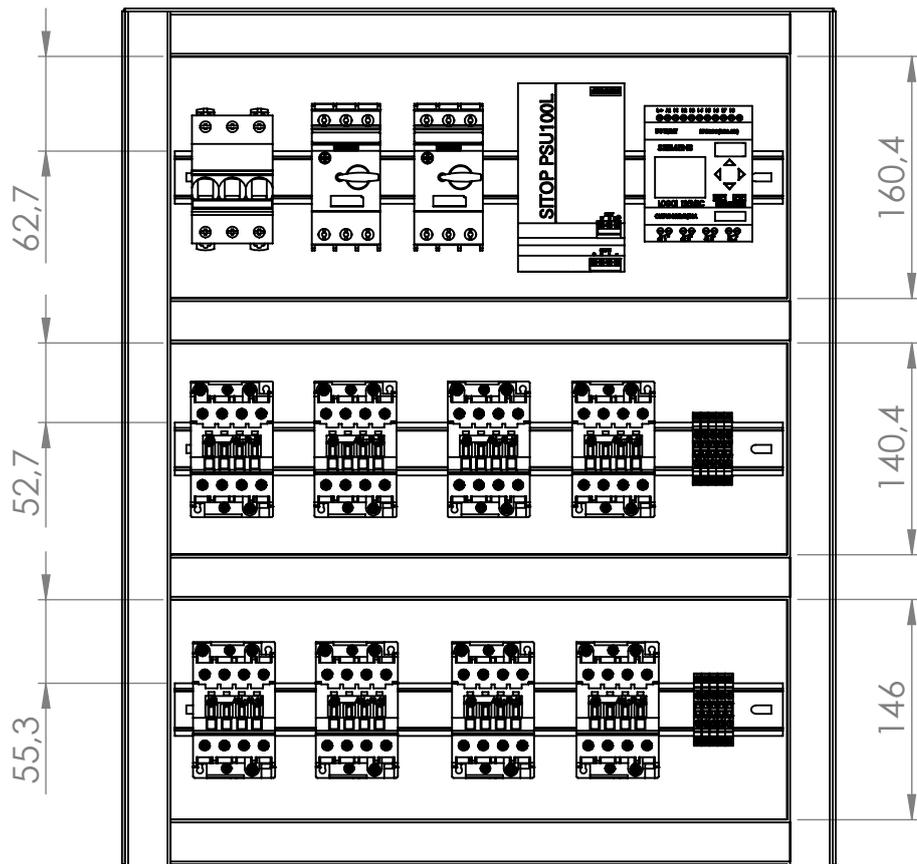
		PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:10		
		PARTE: GABINETE DE CONTROL						
		CÓDIGO: MTN 20 02-02-00-00-00				TOLERANCIA: ±		
		MATERIAL:	NINGUNO	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 2/2 A4	
TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020				
RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020				
CANTIDAD:	1	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020				
FICA	CIME							



N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCION	MATERIAL	ZONA	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
10	BORNERA		A-6	NSYTRV22	10	2,5 MM² 24 A
9	CONTACTOR		C-8	3RT1025-1AN20	8	17A / 400V 50Hz, 7.5KW, SO, BOB.220VAC 50/60Hz
8	LOGO! BASIC 12/24RCE		E-5	6ED1052-1MD00-0BA8	1	
7	FUENTE SITOP PSU100S		F-6	6EP1332-2BA20	1	1X 120/230 VAC / 24 VDC, 2,5 A
6	GUARDAMOTOR		F-7	3RV2011-4AA20	2	REGULACIÓN: 11 - 16 A (RESORTE)
5	BREAKER		E-8	A9N18365	1	SCHNEIDER
4	RIEL DIN		F-6	D-1050	3	INSELE. C 400MM DE LARGO
3	CANALETA2 DIN 30X30	PVC	A-5	989CANR303001	2	567MM DE LARGO
2	CANALETA DIN 30X30	PVC	D-8	989CANR303001	4	407MM DE LARGO
1	BASE_GABINETE	-	D-5	-	1	INCLUYE EN EL GABINETE

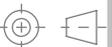


PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS				ESCALA 1:5	
CONJUNTO: BASE_ENSAMBLE					
CÓDIGO: MTN 20 02-02-01-00-00					
PESO:	8 Kg	DISEÑO	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	HOJA 1/2 A3
LARGO:	500 mm	DIBUJÓ	VÁSCONEZ A.	5/7/2020	
ANCHO:	30 mm	REVISÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
ALTO:	600 mm	APROBÓ	ERAZO V.	29/5/2020	
FICA		CIME			



PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS

ESCALA
1:10



PARTE: BASE_ENSAMBLE

CÓDIGO: MTN 20 02-02-01-00-00

TOLERANCIA:
±

MATERIAL: NINGUNO

DISEÑO VÁSCONEZ A. 5/7/2020

TRATAMIENTO: NINGUNO

DIBUJÓ VÁSCONEZ A. 5/7/2020

RECUBRIMIENTO: NINGUNO

REVISÓ ERAZO V. 29/5/2020

CANTIDAD: 1

APROBÓ ERAZO V. 29/5/2020

HOJA
2/2
A4

FICA

CIME

E. Motor Varvel

Input data

System of measurement		Metric
Input type		Gear motor
Input speed	[rpm]	1680
Output speed	[rpm]	168
Ratio (i=)		10
Frequency	[Hz]	60
Input options		IEC
Requested input power	[kW]	7.5
Service factor		1.4
Rated Power P1	[kW]	8.96

Output data

Gear unit M RT 110 B3 10 132 B5 AC 42 MT 7.5 kW 132 M4 B5 X3

Type		RT - Worm speed reducers
Input type		M
Size		110
Ratio (i=)		10
Input flange		B5
Input speed	[rpm]	1680
Output speed	[rpm]	168
Rated output torque	[Nm]	370.92
Service Factor		1.4
Efficiency		0.87
Inertia moment	[kgm ²]	0.001942

Gear unit configuration

Output shaft		Hollow output shaft
Fixing		Universal
Version		B3

Output radial and axial loads

Ball bearings output radial load	[N]	4150
Taper bearings output radial load	[N]	5400
Ball bearings output axial load	[N]	830
Taper bearings output axial load	[N]	1080

Accessories

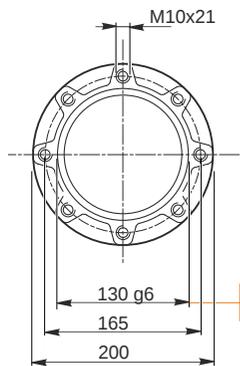
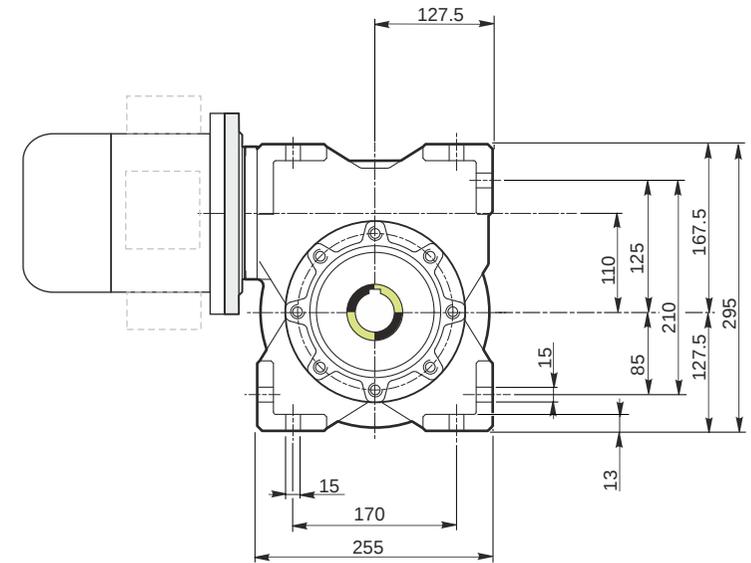
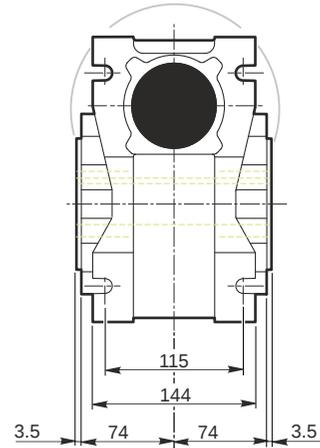
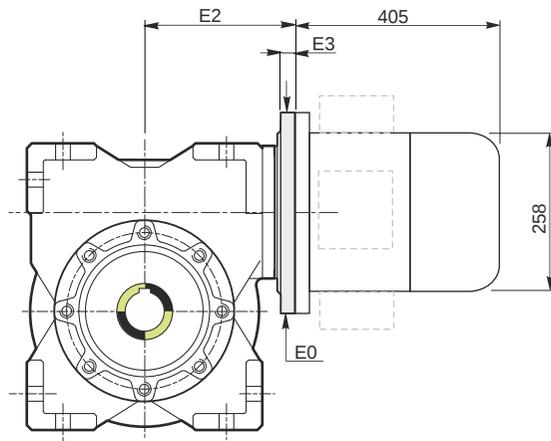
Hollow output shaft		AC 42
---------------------	--	-------

Electric motor

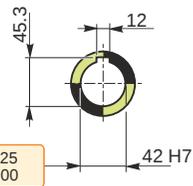
Size		132 M4
Poles		4
Power	[kW]	7.5

Electric motor configuration

Motor flange		B5
Terminal box position		X3

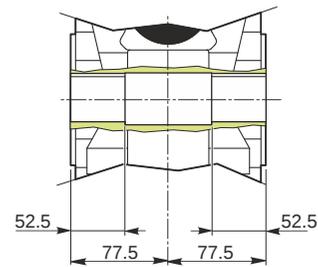


Hollow output shaft

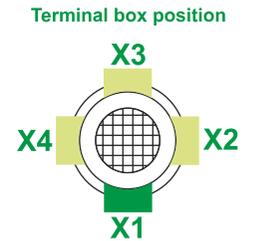
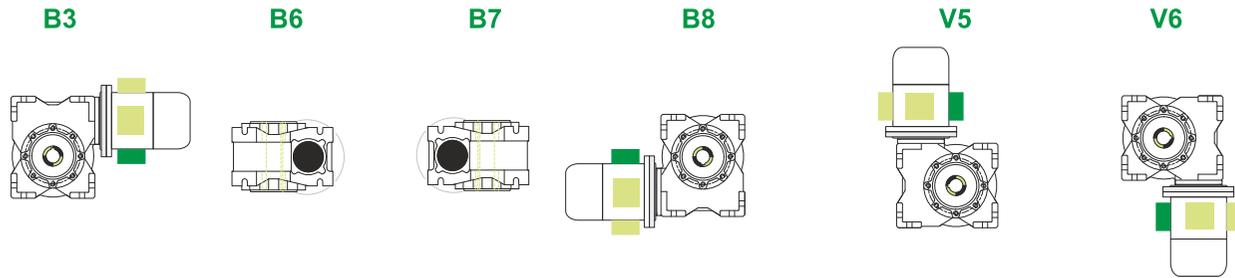


129.986
129.961

42.025
42.000



Mounting positions



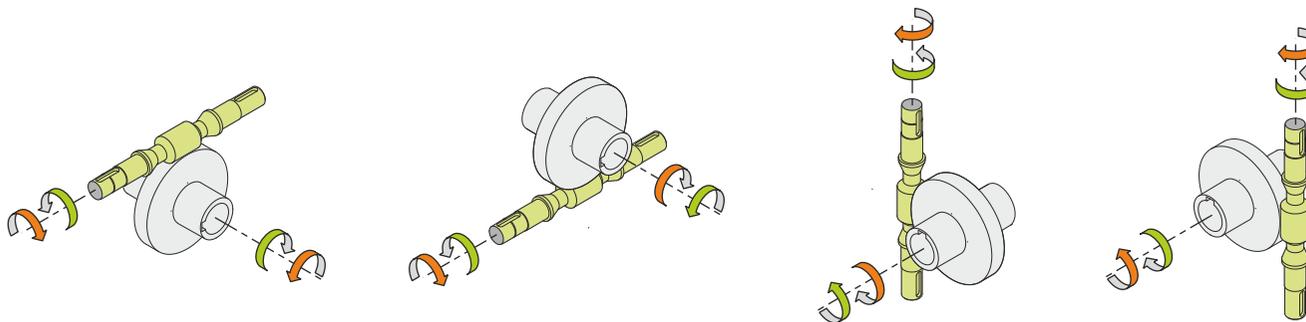
1.5



← Oil quantity [litres]

Lubricant type: Long life synthetic oil ISO VG320

Direction of rotation



Weight

Gear unit [kg]	39
Electric motor [kg]	52

Gearing data

Axial module	5.8
Number of starts	3
Lead angle	20° 43'
Pressure angle	20°

Backdriving

- Static back-driving
- Quick back-driving
- Dynamic back-driving

F. Cadena Reinold

METODO DE SELECCION

INTRODUCCION

La cadena seleccionada utilizando este método, debidamente instalada y lubricada, debería tener una vida útil de 15000 horas.

Las Tablas de Selección (páginas 39-40) exceden los límites standard, por lo que los valores indicados solo serán válidos para CADENAS RENOLD.

SIMBOLOS, TERMINOLOGIA Y UNIDADES

- Z₁ = Número de dientes del piñón motriz.
- Z₂ = Número de dientes del piñón conducido.
- C = Distancia entre centros (mm).
- P = Paso de la cadena (mm).
- i = Relación de transmisión.
- L = Largo de cadena (en pasos).

METODO DE SELECCION PARA CADENAS BS/DIN Y ANSI

Para seleccionar una transmisión por cadena es necesario conocer la siguiente información básica:

- Potencia a transmitir en kilovatios.
- Velocidad de los ejes motriz y conducido.
- Características del grupo motriz.
- Distancia entre centros.

De esta información básica se deriva la selección de potencia que se obtendrá de la Tablas.

RESUMEN DE LA SELECCION

		Página
1	Seleccionar relación y piñones Z ₁ = 19 dientes mínimo	36
2	Establecer el factor f ₁ tomando en cuenta las cargas dinámicas Factor de dientes f ₂ (19/Z ₁)	37
3	Calcular la selección de potencia = potencia x f ₁ x f ₂ (kw)	38
4	Seleccionar cadena Utilizando Tablas de valores	39-40
5	Calcular el largo de la cadena utilizando la correspondiente fórmula	38
6	Calcular la distancia exacta entre centros	38
POR ULTIMO	Seleccionar sistema de lubricación	41

1 SELECCIONAR LA RELACION DE TRANSMISION Y PIÑONES

Utilíces la Tabla 1 para seleccionar un ratio en base a los piñones standard que haya disponibles. Se recomienda utilizar un número impar de dientes combinado a un número par de pasos de cadena.

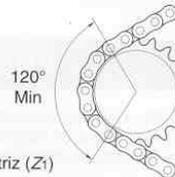
Para un buen funcionamiento, deberán utilizarse piñones con un mínimo de 19 dientes. Si la cadena trabaja a alta velocidad o está sometida a cargas impulsivas, el piñón pequeño debería tener un mínimo de 25 dientes y ser tratado termicamente.

El máximo de dientes recomendado es 114.

La relación de transmisión puede calcularse de la siguiente manera:

$$i = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Para relaciones muy altas, comprobar que el ángulo de contacto con Z₁ no es inferior a 120 grados.

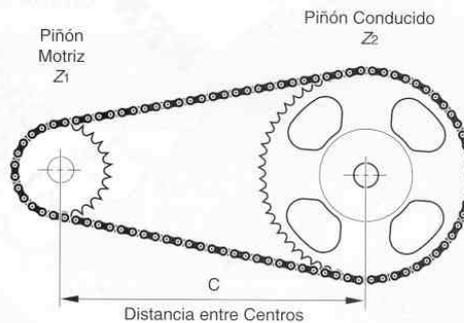


SELECCIONAR LA RELACION Y LOS PIÑONES - $\frac{Z_2}{Z_1}$

RELACION DE REDUCCION DE LA TRANSMISION UTILIZANDO LOS PIÑONES SELECCIONADOS

TABLA 1

No de dientes del Piñón Conducido Z ₂	No de dientes del Piñón Motriz Z ₁					
	15	17	19	21	23	25
25	-	-	-	-	-	1.00
38	2.53	2.23	2.00	1.80	1.65	1.52
57	3.80	3.35	3.00	2.71	2.48	2.28
76	5.07	4.47	4.00	3.62	3.30	3.04
95	6.33	5.59	5.00	4.52	4.13	3.80
114	7.60	6.70	6.00	5.43	4.96	4.56



2 DETERMINAR EL FACTOR DE SELECCION

Los siguientes factores se utilizarán más adelante para determinar la selección de potencia.

FACTOR DE APLICACION f_1

El factor f_1 toma en consideración cualquier sobrecarga dinámica en el funcionamiento de la cadena. El valor del factor f_1 puede seleccionarse directamente o por analogía utilizando la tabla 2.

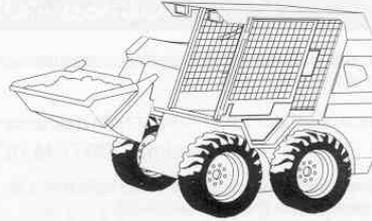


CHART 2

CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA A MOVER		CARACTERISTICAS DEL PROPULSOR		
		FUNCIONAMIENTO SUAVE Motores eléctricos, Turbinas a vapor y gas, Motores de explosión con acoplamiento hidráulico	LIGERAMENTE IMPULSIVO Motores de explosión de 6 o más cilindros con acoplamiento mecánico, Motores eléctricos con arrancadas frecuentes	MEDIANAMENTE IMPULSIVO Motores de explosión de menos de 6 cilindros con acoplamiento mecánico
FUNCIONAMIENTO SUAVE	Bombas centrífugas y Compresores, Máquinas de Imprenta, Calandras de papel Cintas transportadoras con cargas uniformes, Escaleras, Agitadores de líquidos y Mezcladores, Secadores rotativos, Ventiladores.	1	1.1	1.3
MEDIANAMENTE IMPULSIVA	Bombas y compresores (3 cil+) Hormigoneras, Cintas transportadoras con cargas no uniformes, Agitadores y Mezcladores de sólidos.	1.4	1.5	1.7
ALTAMENTE IMPULSIVA	Aplanadoras, Excavadoras, Molinos de bolas, Molinos mezcladores de caucho, Prensas y Cizallas, Bombas y Compresores de 1 & 2 cil.	1.8	1.9	2.1

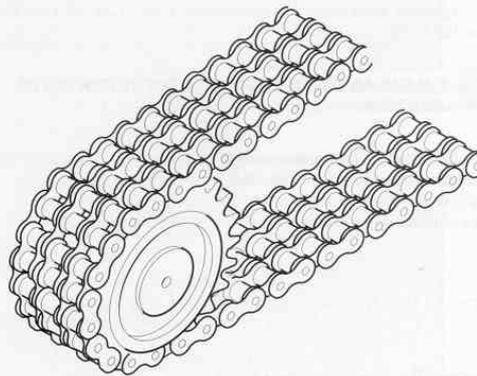
EL FACTOR DIENTE f_2

La utilización de un factor relacionado con el número de dientes influirá sobre la potencia final a seleccionar. La selección de un piñón de diámetro pequeño reducirá la capacidad máxima de potencia a transmitir, al aumentar la carga en la cadena.

El factor diente f_2 se calcula utilizando la ecuación $f_2 = \frac{19}{Z_1}$

Debemos recordar que esta ecuación viene del hecho que las curvas de selección en las Tablas BS/ANSI están basadas en piñones de 19 dientes (ver páginas 39-40).

Factores f_2 para piñones de medidas standard	
Z_1	f_2
15	1.27
17	1.12
19	1.00
21	0.91
23	0.83
25	0.76



RENOLD

3 CALCULO PARA LA SELECCION DE POTENCIA

Multiplicar la potencia a transmitir por los factores obtenidos en el PASO 2.

POTENCIA A SELECCIONAR = POTENCIA a transmitir x f₁ x f₂ (kw).

La potencia seleccionada puede ahora aplicarse a la TABLA que corresponda (ver páginas 39-40).

4 SELECCION DE LA CADENA

Seleccionar de la correspondiente TABLA, la cadena simple de paso más pequeño que pueda transmitir la POTENCIA SELECCIONADA a la velocidad del piñón motriz Z₁.

Esta sería la transmisión más económica. Si la POTENCIA SELECCIONADA fuera mayor que la indicada para una cadena simple, se puede ir a una cadena múltiple del mismo paso, de acuerdo con las indicaciones de la TABLA.

5 CALCULAR EL LARGO DE LA CADENA

Para determinar el largo de la cadena en pasos (L) en base a la distancia entre centros de los dos ejes, utilícese la siguiente fórmula:

$$\text{Largo (L)} = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2C}{P} + \frac{\left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi}\right)^2 \times P}{C}$$

El número de pasos resultante debe redondearse a un número par de eslabones. Debe evitarse el uso de eslabones impares para no tener que utilizar un eslabón acodado, que no es recomendable. Si por razones de ajuste se utiliza un tensor, añadir dos pasos a la longitud obtenida (L).

C es la distancia prevista entre centros en mm, que debería ser normalmente entre 30 y 50 pasos.

ejemplo. para una cadena de paso 1 1/2 " C = 1.5 x 25.4 x 40 = 1524mm.

6 CALCULAR EXACTAMENTE LA DISTANCIA ENTRE CENTROS

La distancia real entre centros para un largo de cadena (L) calculado según la anterior fórmula, normalmente será algo mayor que la contemplada originalmente. La nueva distancia entre centros puede calcularse con la siguiente fórmula

$$C = \frac{P}{8} \left[2L - Z_2 - Z_1 + \sqrt{(2L - Z_2 - Z_1)^2 - \left(\frac{\pi}{3.88}\right)^2 (Z_2 - Z_1)^2} \right]$$

En la que P = Paso de cadena (mm)

L = Largo de cadena (pasos)

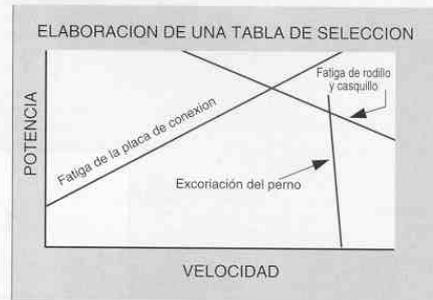
Z₁ = Número de dientes del piñón motriz

Z₂ = Número de dientes del piñón conducido

ELABORACION DE LAS TABLAS DE SELECCION

A primera vista una tabla de selección puede parecer complicada. No obstante, se compone de solo tres simples líneas. En ella puede verse que a bajas velocidades el fallo más probable puede ser fatiga de las placas si se excede la potencia máxima recomendada.

Por otro lado, puede haber excoiración del perno debido a la rotura de la película de lubricante alrededor del mismo, a muy altas velocidades. En la intersección de estas dos líneas entra en juego la curva de fatiga del rodillo y casquillo, que se identifica en el redondeado de los extremos de las curvas de selección.



PRESION EN LAS SUPERFICIES DE CONTACTO

Cuando una cadena ha sido correctamente seleccionada, con el paso del tiempo, el fallo más probable será por desgaste.

El tema de desgaste, que ya ha sido mencionado anteriormente, depende de muchos factores, pero un indicador del rendimiento que se puede esperar es la magnitud de la presión entre las principales superficies en contacto, es decir, el casquillo y el perno.

Esta presión se conoce como presión de áreas de contacto, que se obtiene dividiendo la carga aplicada a la cadena dividida por la superficie de contacto. Las superficies de contacto de cadenas standard, pueden obtenerse de la Guía del Diseñador.

La siguiente tabla es una indicación de las consecuencias de aplicar diferentes presiones, aunque no debe utilizarse sin tener en cuenta los métodos de selección antes mencionados.

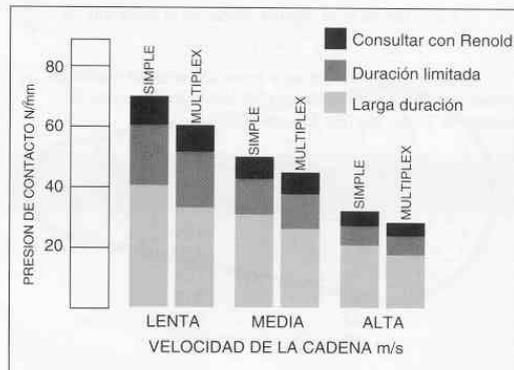
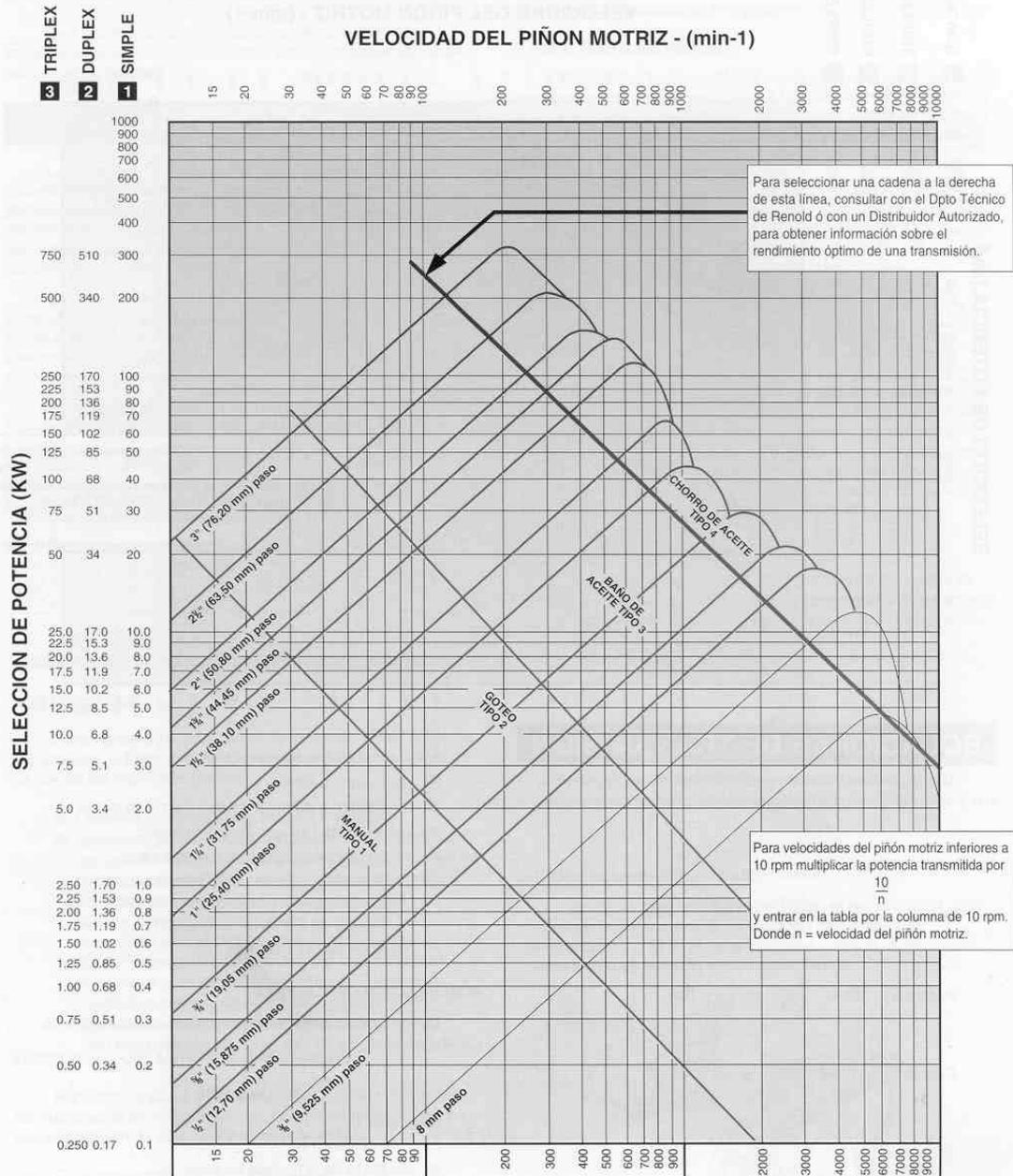


TABLA DE SELECCION BS/ISO

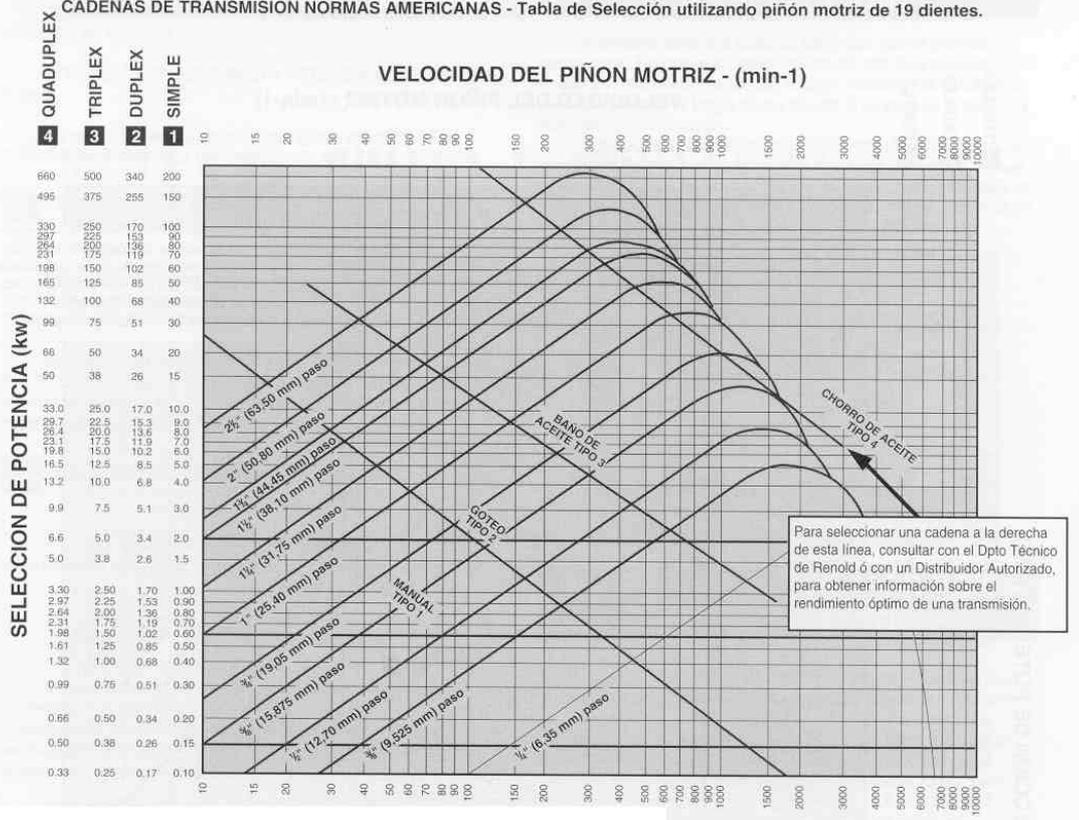
CADENAS DE TRANSMISION NORMAS EUROPEAS - Tabla de Selección utilizando piñón motriz de 19 dientes



1 Kilowatt = 1.34 hp.

TABLA DE SELECCION ANSI

CADENAS DE TRANSMISION NORMAS AMERICANAS - Tabla de Selección utilizando piñón motriz de 19 dientes.



G. Soporte de rodamiento

FYTB 1.1/4 TF

Compliance with standard

ISO

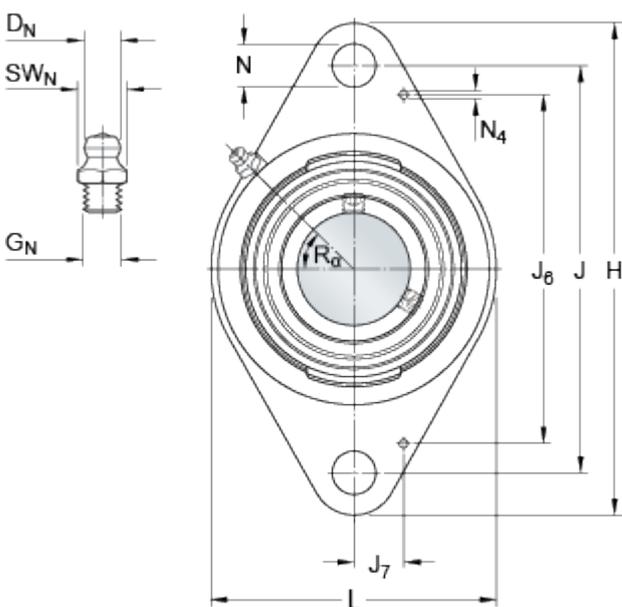
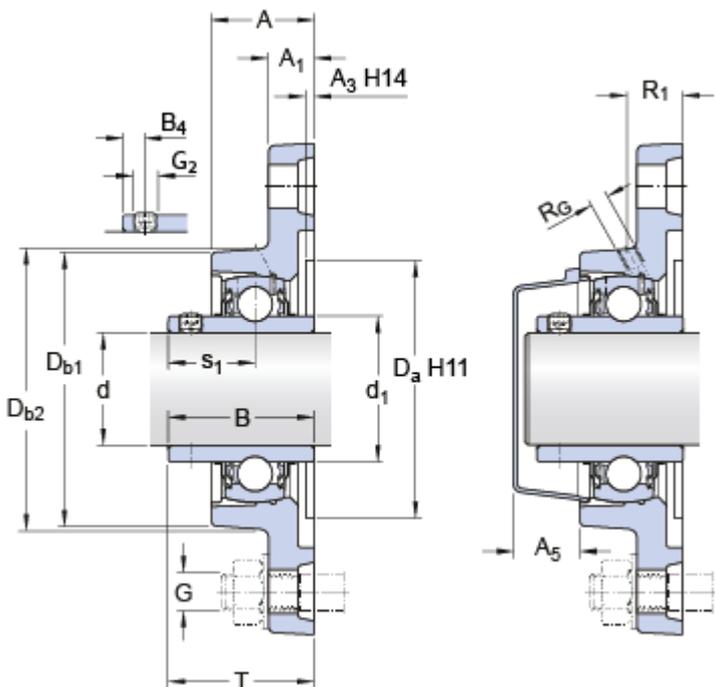
Material del soporte

Fundición

Sealing solution

Standard seals with additional flingers

Dimensiones



d		31.75	mm
d ₁	≈	46.1	mm
D _a		88.9	mm
D _{b1}		88	mm
D _{b2}		96	mm
A		34.5	mm
A ₁		13	mm
A ₃		3.2	mm
A ₅		24.5	mm
B		42.9	mm
B ₄		6	mm
J		130	mm
H		156	mm
L		96	mm
N		14	mm
s ₁		25.4	mm
T		46.4	mm

Orificio roscado

R _G		1/4-28 UNF	
R ₁		22	mm
R _α		45	°

Boquilla engrasadora

D _N		6.5	mm
SW _N		7	mm

G_N

1/4-28 SAE-LT

Fijas de situación

J ₆	106	mm
J ₇	15	mm
N ₄	2	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	25.5	kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	15.3	kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.655	kN
Velocidad límite (con tolerancia de eje h6)		5300	r/min

Masa

Unidad de rodamientos de masa		1.25	kg
-------------------------------	--	------	----

Información de montaje

Rosca del prisionero	G ₂	5/16-24 UNF	
Tamaño de llave hexagonal para prisionero	N	3.969	mm
Par de apriete recomendado para el prisionero		6.5	N·m
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm	G	12	mm
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas	G	0.5	in

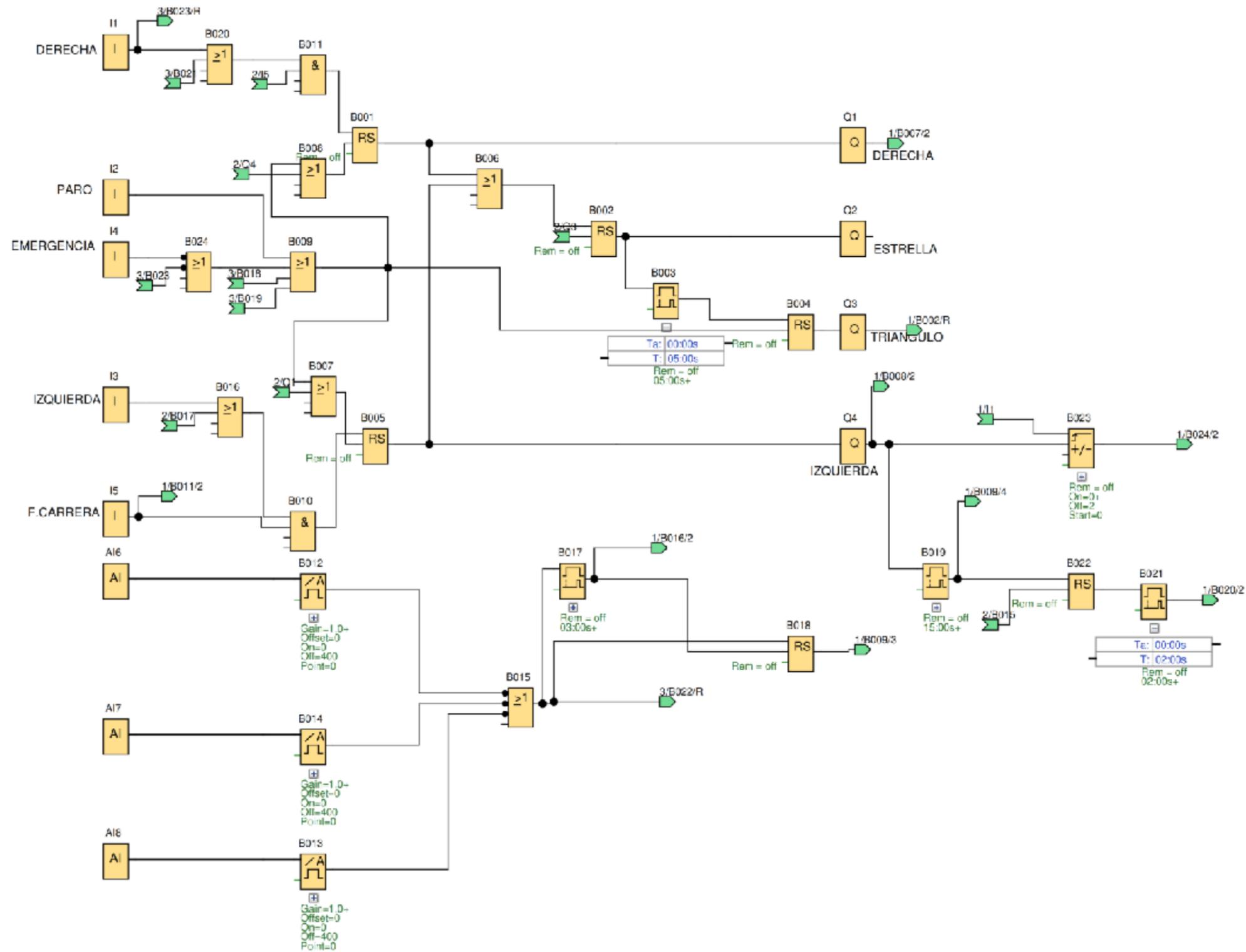
Productos correspondientes

Soporte		FYTB 507 M
Rodamiento		YAR 207-104-2F

Productos adecuados

Tapa lateral		ECY 207
--------------	--	---------

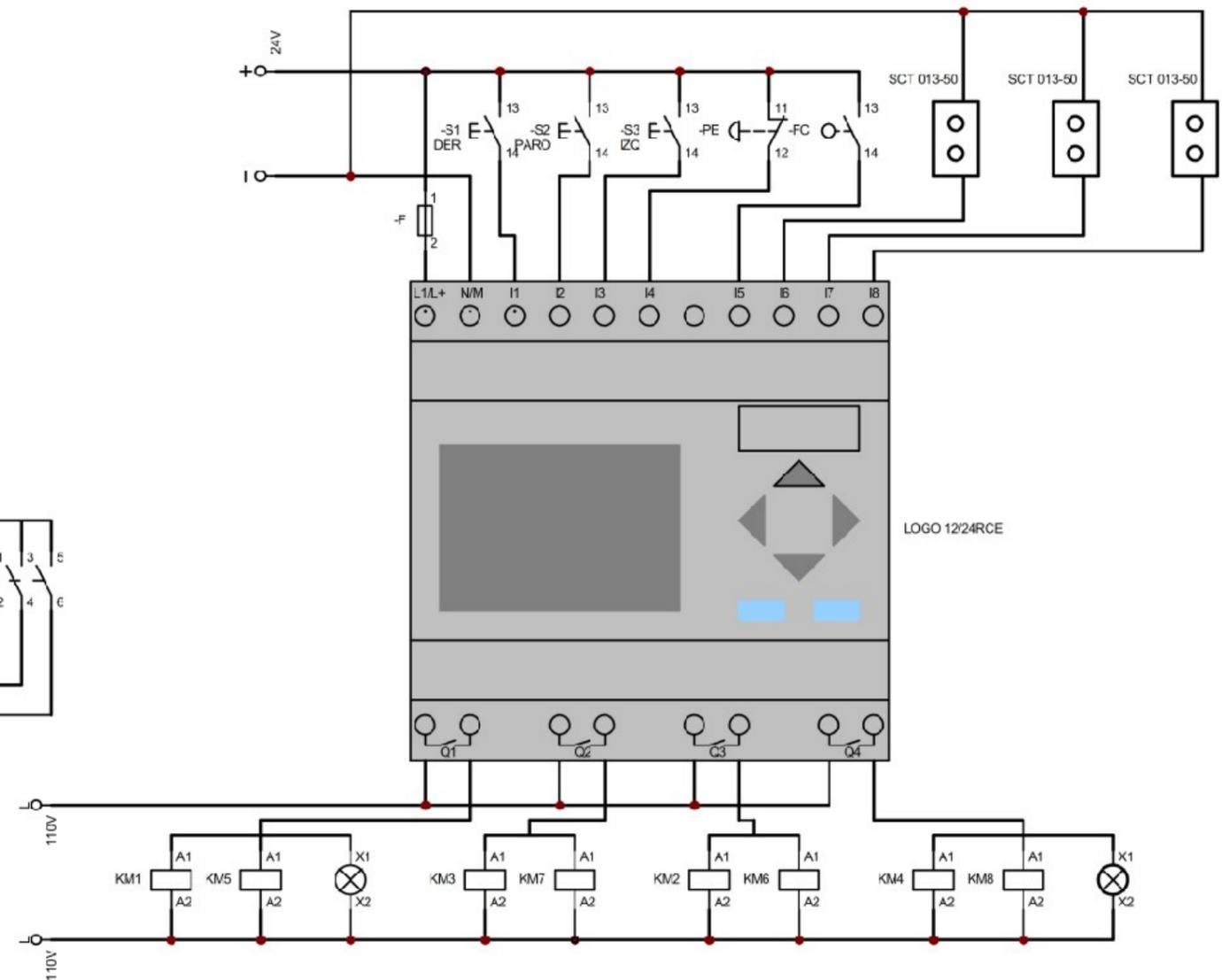
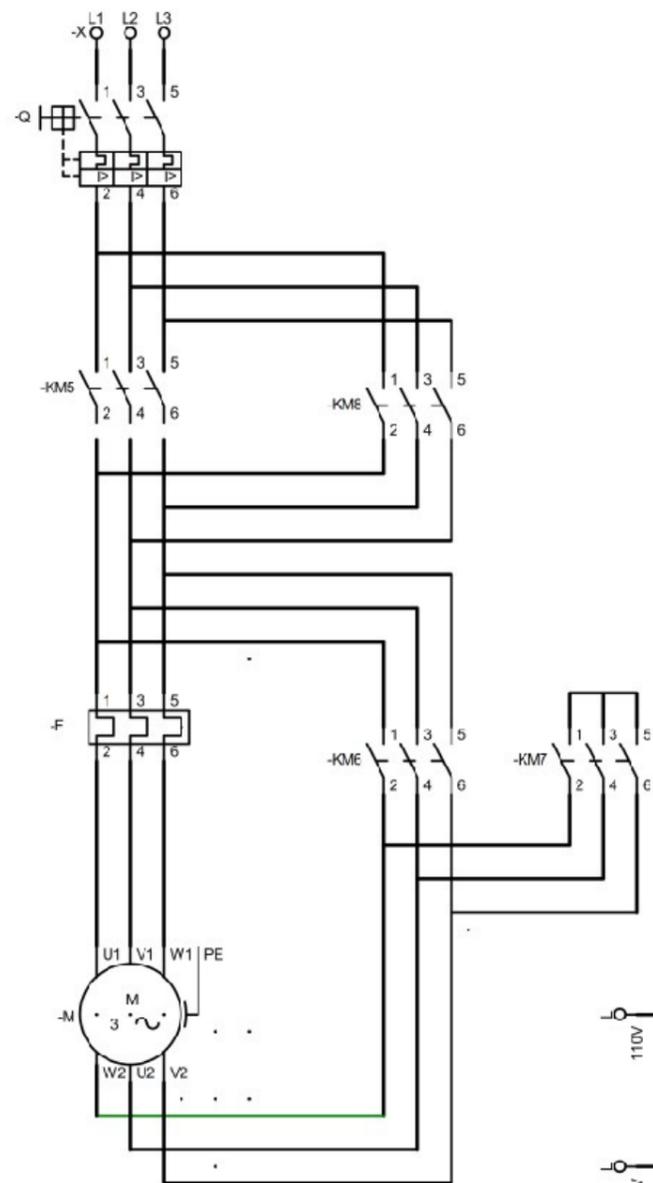
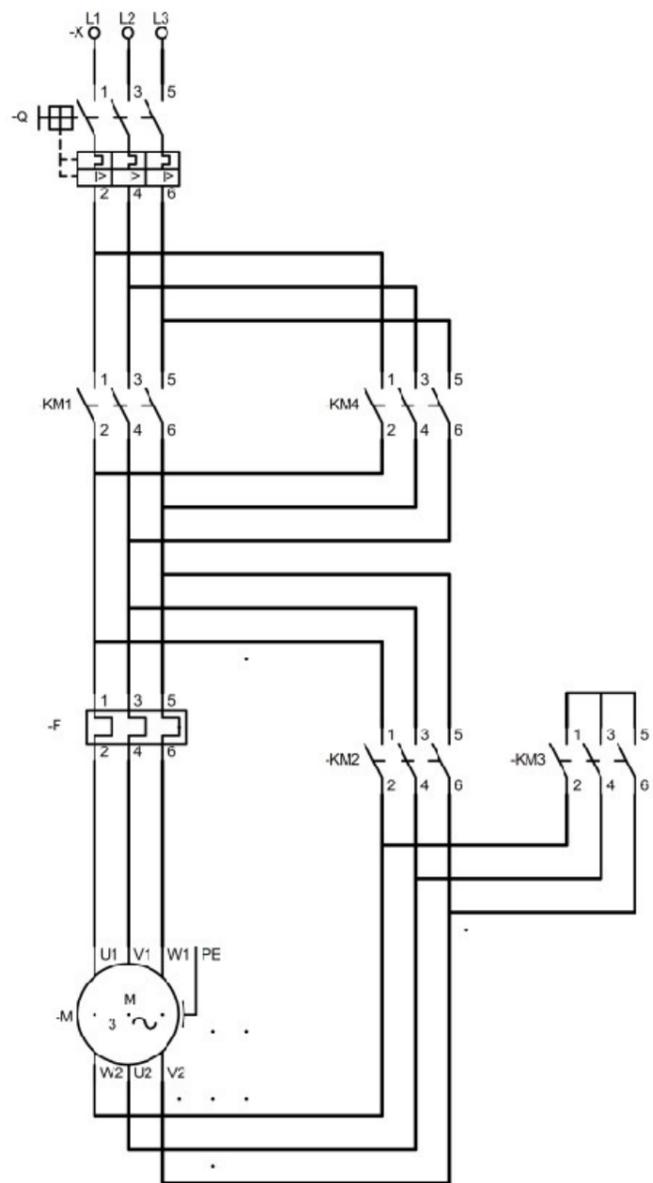
H. Diagrama de control



FICA CIME

PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS		ESCALA: 1:1	
PARTE: Dibujo1		TOLERANCIA: ±0,05	
CÓDIGO: MTN 20 04-00-00-00		MATERIAL: NINGUNO	HOJA 1/1 A3
		DISEÑO: VÁSCONEZ A. 5/7/2020	
		DIBUJÓ: VÁSCONEZ A. 5/7/2020	
CANTIDAD: 1		REVISÓ: ERAZO V. 29/5/2020	
		APROBÓ: ERAZO V. 29/5/2020	

I. Diagrama de potencia



	PROYECTO: TRITURADORA DE NEUMATICOS PARA GRANULOMETRIA FINA				ESCALA: 1:1
	PARTE: PLANO ELECTRICO				
CÓDIGO: MTN 20 03-00-00-00				TOLERANCIA: ±0,05	
FICA CIME	MATERIAL:	NINGUNO	DISEÑO:	VÁSCONEZ A.	7/6/2020
	TRATAMIENTO:	NINGUNO	DIBUJÓ:	VÁSCONEZ A.	7/6/2020
	RECUBRIMIENTO:	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO V.	29/5/2020
	CANTIDAD:	1	APROBÓ:	ERAZO V.	29/5/2020
					HOJA 1/1 A3