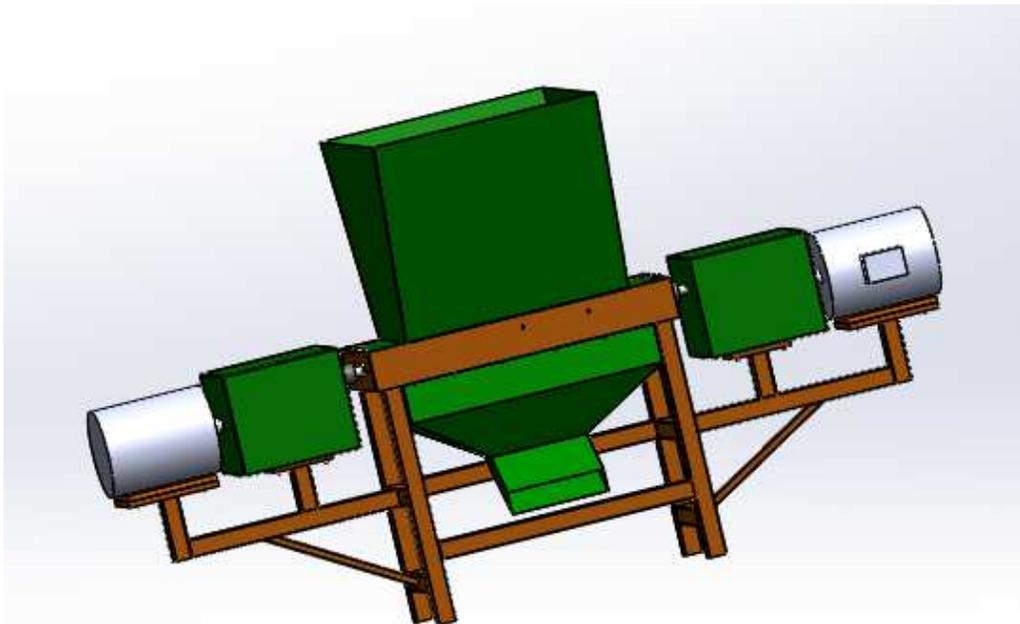


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA



Proyecto Final 2019

Máquina Trituradora de Poda



Docentes: Ing. DICOLA, Américo. Ing. COSTAMAGNA, Marcelo.

Alumno: ASNAL, Bruno.



Resumen

Luego de transitar la carrera de grado de Ingeniería Mecánica, en la cátedra Proyecto Final, hemos desarrollado el proyecto “Máquina Trituradora de Poda”, en el que se describe el proceso de diseño, cálculo y dimensionamiento de diferentes componentes de la máquina mencionada.

El objetivo principal del trabajo fue desarrollar un artefacto que contribuya con el cuidado del medio ambiente, más específicamente con los residuos urbanos; por lo que, en primer lugar, se recopiló información al respecto y se detectó que, en muchos lugares de nuestro país, la poda urbana no recibe un tratamiento adecuado.

Una vez establecido el punto de partida, se comenzó con el diseño de dicha máquina; para ello se aplicaron conocimientos adquiridos durante toda la carrera. Cabe señalar que la mayoría de los cálculos fueron manuales, algunos asistidos por software, por último, se confeccionaron los planos bajo las normas IRAM.

Palabras-clave: Ingeniería Mecánica, Proyecto Final, Máquina Trituradora de Poda, Medio Ambiente, Residuos Urbanos, IRAM.



Abstract

After completing the degree course in Mechanical Engineering, in the Final Project chair, we have developed the project "Pruning Crusher", which describes the process of design, calculation and sizing of different components of the machine.

The main objective of the work was to develop an artifact that contributes to the care of the environment, more specifically with urban waste. So, first of all, information was collected about it and it was detected that, in many places in our country, urban pruning does not receive adequate treatment.

Once the starting point was established, the design of the machine was started. For this we used knowledge acquired throughout the degree. It should be noted that most of the calculations were manual, some software assisted. Finally, the plans were made under the IRAM standards.

Key Words: Mechanical Engineering, Final Project, Pruning Crushing Machine, Environment, Urban Waste, IRAM.



Índice

Listado de figuras, tablas y gráficos	8
Capítulo I Introducción	11
1.1.1 Organización del Proyecto	12
1.1.2 Justificación del Proyecto	13
1.1.3 Objetivos	13
1.2 La máquina trituradora de poda	14
1.3 Los residuos sólidos urbanos	15
Capítulo II Cálculo Área de Corte	18
2.1 Área total de corte uno (A_{TC1})	19
2.2 Área total de corte dos (A_{TC2})	22
2.3 Área total de corte tres (A_{TC3})	25
Capítulo III Verificación de la Cuchilla	29
Capítulo IV Cálculo de Chaveta	35
4.1 Esfuerzo Cortante Máximo	37
4.2 Esfuerzo de Compresión Máximo	38
Capítulo V Potencia Efectiva	40
Capítulo VI Cálculo de Eje Principal de Corte	44
6.1 Estado de Carga 1	46
6.2 Estado de Carga 2	50
6.3 Estado de Carga 3	55



Máquina Trituradora de Poda

6.4 Estado de Carga 4	60
6.5 Estado de Carga 5	64
6.6 Estado de Carga 6	69
6.7 Cálculo del Eje por Fatiga	73
6.7.1 Dimensionamiento en el Apoyo A	76
6.7.2 Dimensionamiento en Posición 1	78
6.7.3 Dimensionamiento en Posición 8	81
Capítulo VII Selección de Rodamientos	86
7.1 Carga Combinada	87
7.2 Seguridad de Carga	88
Capítulo VIII Caja de Reducción	90
8.1 Engranaje 1	93
8.1.1 Carga Transmitida	94
8.1.2 Carga Dinámica	95
8.1.3 Resistencia del Diente	96
8.1.4 Carga Límite Respecto del Diente	98
8.2 Engranaje 2	100
8.2.1 Carga Transmitida	100
8.2.2 Carga Dinámica	101
8.2.3 Resistencia del Diente	101
8.2.4 Carga Límite Respecto del Diente	102



Máquina Trituradora de Poda

8.3 Engranaje 3	102
8.3.1 Carga Trasmitida	102
8.3.2 Carga Dinámica	103
8.3.3 Resistencia del Diente	103
8.3.4 Carga Límite Respecto del Diente	104
8.4 Engranaje 4	104
8.4.1 Carga Trasmitida	105
8.4.2 Carga Dinámica	105
8.4.3 Resistencia del Diente	106
8.4.4 Carga Límite Respecto del Diente	106
8.5 Engranaje 5	107
8.5.1 Carga Trasmitida	107
8.5.2 Carga Dinámica	108
8.5.3 Resistencia del Diente	108
8.5.4 Carga Límite Respecto del Diente	109
8.6 Engranaje 6	109
8.6.1 Carga Trasmitida	110
8.6.2 Carga Dinámica	110
8.6.3 Resistencia del Diente	111
8.6.4 Carga Límite Respecto del Diente	111
8.7 Acople Flexible	112



Máquina Trituradora de Poda

Capítulo IX Bancada	115
9.1 Cálculo de Uniones Soldadas	117
9.2 Determinación de Secciones	122
9.3 Determinación de Cargas	125
9.4 Cálculo de las Paredes 2.1 y 2.3	125
Capítulo X Sistema de Codificación	131
Capítulo XI Planos	133
Bibliografía	135
Anexos	137



Listado de figuras, tablas y gráficos

Figuras

Figura 1.1. Composición de RSU2	16
Figura 2.1. Área de corte lateral uno	19
Figura 2.2. Áreas de corte	20
Figura 2.3. Área lateral de corte 2	22
Figura 2.4. Área lateral de corte 3	25
Figura 3.1. Cuchilla Propuesta	30
Figura 3.2. Detalle Ángulos de Filo	33
Figura 4.1. Detalle chaveta de corte	36
Figura 5.1. Disposición de cuchillas	41
Figura 6.1. Eje Principal de Corte	45
Figura 6.2. Estado de Carga 1	46
Figura 6.3. Diagrama de Momentos, Estado de Carga 1.	50
Figura 6.4. Estado de Carga 2	51
Figura 6.5. Diagrama de Momentos, Estado de Carga 2.	55
Figura 6.6. Estado de Carga 3	55
Figura 6.7. Diagrama de Momentos, Estado de Carga 3.	59
Figura 6.8. Estado de Carga 4	60
Figura 6.9. Diagrama de Momentos, Estado de Carga 4.	64
Figura 6.10. Estado de Carga 5	64
Figura 6.11. Diagrama de Momentos, Estado de Carga 5.	68
Figura 6.12. Estado de Carga 6	69
Figura 6.13. Diagrama de Momentos, Estado de Carga 6.	73



Máquina Trituradora de Poda

Figura 6.14. Vista de Secciones	83
Figura 6.15. Simulación en Software de Tensiones del Eje de Corte.	84
Figura 6.16. Simulación en Software de las Deformaciones del Eje de Corte.	85
Figura 8.1. Motor Trifásico ABB	91
Figura 8.2. Esquema de Engranajes.	93
Figura 9.1. Bancada de Máquina	116
Figura 9.2. Diagrama cuerpo libre soporte Motor y Caja.	117
Figura 9.3. Soporte Ejes de Corte	119
Figura 9.4. Contenedores	120
Figura 9.5. Contenedores montados	120
Figura 9.6. Tolva Superior	121
Figura 9.7. Tolva Inferior	122
Figura 9.8. Tolva Inferior, lateral derecha	123
Figura 9.9. Tolva Inferior, frontal	123
Figura 9.10. Tolva Inferior, lateral izquierda	124
Figura 9.11. Tolva Inferior, anterior	124
Figura 9.12. Placa 2.1 acotada	127
Figura 9.13. Tensiones obtenidas en software ($h=0.3\text{ mm}$) Pared 2.1 y 2.3	129
Figura 9.14. Deformaciones obtenidas en software ($h=0.3\text{ mm}$) Pared 2.1 y 2.3	129

Tablas

Tabla 3.1. Valores Especificados y Módulos de Elasticidad de



Máquina Trituradora de Poda

Maderas en MPa y en (Kg/cm ²)	31
Tabla 6.1. Momentos Flectores	74
Tabla 6.2. AT13 Valores de K _F para chaveteros	75
Tabla 6.3. AF5 Terminación Superficial	76
Tabla 7.1. Coeficientes radial y axial de rodamientos	88
Tabla 7.2. Coeficientes de Seguridad de Carga	89
Tabla 8.1. Catálogo Motores Trifásicos ABB	92
Tabla 8.2. Errores probables en perfiles de dientes	96
Tabla 8.3. Factor de forma	97
Tabla 8.4. Valores del coeficiente del límite de carga de desgaste	99
Tabla 8.5. Resumen de Engranajes	112
Tabla 8.6. Acoplamientos Flexibles	113
Tabla 9.1. Espesor Chapas de Acero	129
Gráficos	
Gráfico 9.1. Curva de Westergaard para bordes empotrados	126



Capítulo I

Introducción



INTRODUCCIÓN

1.1.1 Organización del Proyecto

En este Capítulo se presenta la organización general del Proyecto, se sintetiza brevemente el contenido de cada uno de los capítulos, su justificación y los objetivos que persigue. Luego se realiza una introducción a la Máquina Trituradora de Poda y se detallan cada una de sus partes principales y sus funciones, como así también las aplicaciones que puede ser capaz de desarrollar. Finalmente se presenta una breve reseña sobre los residuos urbanos, su composición, haciendo hincapié en los de poda urbana y en la importancia de su tratamiento.

El capítulo II comienza con el diseño propiamente dicho de la máquina, específicamente con el cálculo de área de corte, dato que se utilizará en el capítulo siguiente; para ello se analizó el caso más desfavorable posible.

En el capítulo III se propone el diseño de las cuchillas que se encargarán de triturar el material. Se puede observar cómo verifican para los esfuerzos a las que van a estar sometidas; por cuestiones de rendimiento se justifican sus dimensiones y materiales.

En el capítulo IV se procede con el cálculo de las chavetas que transmitirán la potencia del eje a las distintas cuchillas.

En el capítulo V se determina la potencia que deberá ser entregada a los ejes para que se pueda desarrollar el proceso de trituración.

En el capítulo VI se dimensiona el eje principal de corte, una de las piezas más críticas de la máquina, dado que sobre él van montadas las cuchillas que transmiten la energía proveniente de los motores eléctricos.

En el capítulo VII se seleccionan los rodamientos donde van montados los dos ejes de corte; éstos se encuentran alojados en la bancada y son escogidos del manual de SKF.

El capítulo VIII describe la caja de reducción, esta tiene una entrada de 1000 rpm y debe entregar 100 rpm. Esto se logró a través de la intervención de 6 engranajes; la vinculación con los ejes de corte se consigue por medio de un acople flexible, que



Máquina Trituradora de Poda

cumple la función de fusible, en el caso de alguna obstrucción en la cámara de destrucción.

En el capítulo IX se presenta la bancada, estructura en la que van montados todos los subconjuntos del equipo; con la ayuda de un software de cálculo, se procedió a verificar el espesor de chapa de la tolva inferior, encargada de recolectar el material triturado.

En el capítulo X se describe un sistema de codificación, que ayudará a identificar los planos de las distintas piezas, también conjuntos y subconjuntos.

Finalmente, el capítulo final da cuenta de los planos de las distintas piezas que forman la Máquina Trituradora de Poda. Estos están realizados bajo normas IRAM para que puedan ser interpretados con claridad.

1.1.2 Justificación del Proyecto

Como se sabe, en el mundo en que vivimos se genera cada vez más cantidad de residuos de distinta índole; la mayoría de ellos son reciclables y aunque de a poco se está tomando conciencia del daño que se genera al planeta, aún queda mucho por hacer y esto es lo que nos llevó a desarrollar el proyecto.

La función principal de la Máquina Trituradora de Poda es convertir un residuo en materia prima para generar energía. A su vez optimiza el proceso de poda urbana ya que reduce considerablemente el volumen de las ramas, lo que economiza y agiliza su recolección y transporte.

1.1.3 Objetivos

Como objetivos, el Proyecto Final se propone:

- Estudiar la composición de los residuos urbanos, en particular, los que se generan de la poda de las plantas en los distintos espacios verdes.
- Formular estos conocimientos en un informe que sirva como insumo para la confección del proyecto.
- Comprender algunas de las problemáticas del mundo en el que vivimos e intentar concientizar al respecto.
- Aplicar los conocimientos teóricos adquiridos durante el cursado de las distintas asignaturas de la carrera, entre los que se pueden destacar aspectos



Máquina Trituradora de Poda

técnicos e ingenieriles, como cálculo y dimensionamiento de elementos mecánicos, a través de métodos analíticos y/o mediante software.

- Utilizar el lenguaje tecnológico pertinente, en lo que respecta a confección de planos y documentos bajo normas IRAM.

1.2. La máquina trituradora de poda

La Máquina Trituradora de poda es una herramienta cuya función es transformar ramas, hojas y residuos de madera en pequeños trozos, reduciendo considerablemente su volumen. Está compuesta por tres partes fundamentales, dos motores eléctricos, que son los encargados de entregar la potencia necesaria para romper los trozos de material que ingresen a la máquina, la caja reductora de velocidad, que es el nexo entre el motor y la última parte, la cámara de destrucción, formada por dos ejes y las cuchillas.

Los motores eléctricos, como se ha mencionado anteriormente, son los encargados de entregar la energía mecánica al sistema; lo hacen a través de una caja de reducción de velocidades, en donde baja considerablemente el número de revoluciones, ya que se necesita un buen par torsor para poder desarrollar el proceso de trituración.

Los ejes principales, en los que se montan las cuchillas se encuentran paralelos, a una cierta distancia y giran en sentido opuesto, de manera que al girar arrastren por medio de los dientes de las cuchillas el material a destruir. Los dientes cuentan con un diseño que permite extraer una porción de material de un tamaño específico, no muy pequeño para tener un buen rendimiento, pero tampoco muy grande ya que se estaría perdiendo su función principal, que es, reducir el volumen de residuo, sin que éste pierda su capacidad de utilidad.

En el mercado actual, no hay muchas empresas que desarrollen este tipo de máquinas, no obstante, las que están en el rubro se pueden dividir en dos grandes grupos: por un lado, existen las que se dedican a producir máquinas trituradoras de gran tamaño; por lo general, son instalaciones fijas o que dependen de un tractor para su manipulación y puesta en marcha; por otro lado, están las empresas que se dedican a la importación de este tipo de maquinaria. Hoy en día el país atraviesa una crisis económica muy importante y la diferencia cambiaria dificulta la entrada de



Máquina Trituradora de Poda

productos importados y, si estos ingresan, se paga un elevadísimo costo por ellos, ya que provienen de países tales como, Italia, Alemania, Estados Unidos, entre otros.

Una de las principales ventajas de esta trituradora es que permite un desmontaje rápido y práctico de algunos de sus componentes, como la tolva de carga, los motores, componente más pesado del conjunto; lo que posibilita el fácil transporte de la máquina. Al funcionar gracias a una fuente de corriente eléctrica y no depender de la toma de fuerza de un tractor, la máquina se puede instalar en donde se desee, incluso en una zona de trabajo inhóspita, en la que se cuente solo con un generador de corriente. De esta manera, se puede transportar el material triturado inmediatamente después de que sea podada la planta. Esto reduce considerablemente el volumen de carga y por ende, la cantidad de viajes.

1.3. Los residuos sólidos urbanos

Se vive en un mundo en donde la mano del hombre ha modificado de manera considerable sus características, con el fin de obtener confort y la simplificación de las tareas básicas para subsistir, como la obtención del alimento, la vestimenta y la vivienda. Una de las consecuencias de este proceso es la generación de residuos, tanto orgánicos como inorgánicos.

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son aquellos que se originan en la actividad doméstica y comercial en ciudades y pueblos. En los países desarrollados y en los que se extendió la costumbre de "usar y tirar" la gran cantidad de desperdicios que se generan, creció de manera impensada (González 2010). En promedio, una persona desecha 8 kilos de basura por semana, cuando hace 30 años una persona producía 0,40 Kg de basura por día, mientras que desde el 2000 la producción diaria por persona ascendió a 1,200 kg de basura. Con su labor, los recuperadores urbanos pueden reducir 1 kilo de lo desechado por cada ciudadano y "de lo que se tira" se puede rescatar: 20% de papeles y cartones; 16% de plásticos; 6% de vidrios; 2% de metales; y 3,65 % de poda y jardín.

Como se observa en González (2010: 21) la formación en porcentajes de los RSU, en la ciudad de Buenos Aires, se estima que para el 2020, será de 3.801,83 toneladas de basura por día. Conociendo la composición de estos residuos, se puede establecer cuánta cantidad de restante de poda y jardín se generan por día; este valor



Máquina Trituradora de Poda

es: 138.76 toneladas. Es un número grande y es por ello, que se planteó buscar una forma de procesar toda o parte de ella.

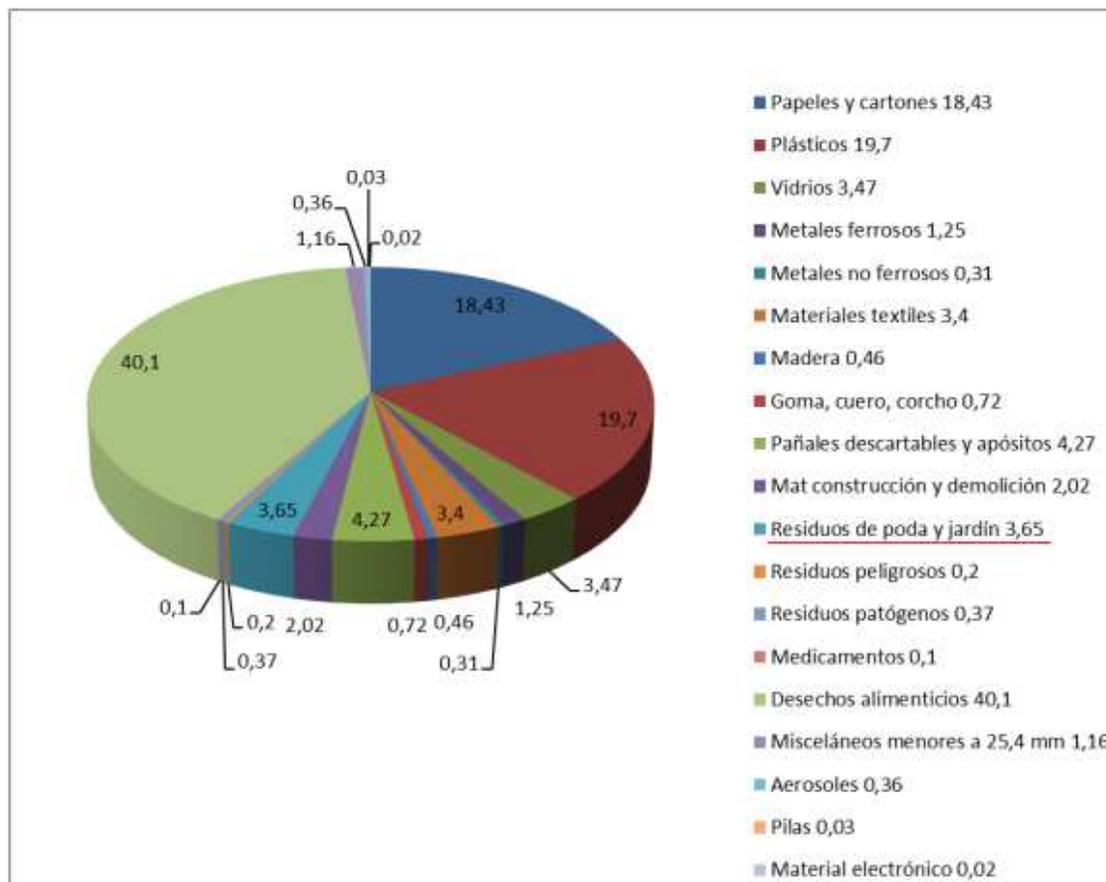


Figura 1.1. Composición de RSU.

Como se puede observar, la poda urbana es una de las consecuencias de la urbanización, y en las grandes ciudades se generan miles de kilos de este residuo. La recolección de los RSU y su transporte a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final, es responsabilidad de los municipios. Para que dicho servicio se lleve a cabo, es necesaria la intervención de los ciudadanos, quienes deben acondicionar los residuos adecuadamente y sacarlos a la calle en los días, sitios y horarios preestablecidos.

Por otro lado, ante la necesidad de poner en marcha políticas de separación y reciclaje, la experiencia ha demostrado que la calidad y cantidad de materiales reciclables y para compostaje mejora a medida que aumenta el nivel de separación en origen. Esto implica una disposición separada, por ejemplo, distintos contenedores



Máquina Trituradora de Poda

para cada grupo de residuos y un transporte diferenciado, ya sea con equipamiento compartimentado como con vehículos independientes, como se efectúa hoy en día en determinadas zonas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Según afirma González (2010:24), en el territorio nacional existe un interesante porcentaje, alrededor del 15%, de las localidades más pequeñas (entre 2.000 y 10.000 habitantes), que tiene recolección selectiva y plantas de recuperación para reciclado y compost. El número de comunidades que adhieren a este tipo de manejo es creciente, como así también, el alto nivel de participación de la población. Existe una importante fracción valorizable en los RSU de nuestro país. Si bien la lista de materiales potencialmente recuperables es importante, en general, en el país se trabaja, mayormente de manera informal, con papel y cartón, vidrio, plásticos, aluminio y chatarras, los residuos de poda y jardinería quedan fuera de estos procesos.

La recuperación y aprovechamiento de materiales de los residuos se vería favorecida si se implementaran políticas de manejo y segregación en origen por parte de la población. De esta forma, los materiales no cargarían con exceso de humedad ni se encontrarían contaminados con otros RSU, en algunos casos de características peligrosas.

La máquina trituradora es una de las herramientas disponibles para transformar un residuo en materia prima para quien la precise. Su funcionamiento es, esencialmente, el siguiente: toma ramas y hojas de diversos tamaños y mediante unas cuchillas las rompe y, lo que antes era una parva de ramas, se convierte en pequeñísimos trozos de material orgánico, que ocupa un volumen considerablemente menor. Este material orgánico puede ser utilizado para generar pellets, que industrialmente se emplean como combustible para calderas, hornos de secado de alimentos o abono natural. Se usa también para generar Biomasa, una fuente de energía renovable, que en los últimos tiempos ha tenido gran importancia; placas de madera aglomerada, calefacción domiciliaria; entre los usos más relevantes.



Capítulo II

Cálculo Área de Corte



CAPITULO II

Cálculo Área de Corte

En este capítulo se desarrollará un modelo para poder conocer el esfuerzo al cual las cuchillas van a estar sometidas, primero se consideró la peor de las condiciones a la cual se encontraría sometida la máquina, y se encontró que el esfuerzo al cual deben enfrentarse las cuchillas es a corte, para ello se creó un modelo y procedimiento de cálculo para determinar el área, y conociendo las propiedades de la madera llegar a calcular el esfuerzo.

De acuerdo con la disposición de las cuchillas se definen tres áreas de corte, una va a ser la mayor y a su vez la máxima a lo largo de todo el eje, luego se encontrará un área más pequeña y una tercera más pequeña aún.

2.1 Área total de corte uno (A_{TC1})

Luego de haber analizado las distintas alternativas, se encontró que la máxima área de corte se encuentra para esta disposición, en el lugar en que el trozo de madera debería tener una forma rectangular y estar dispuesto como indica la imagen.

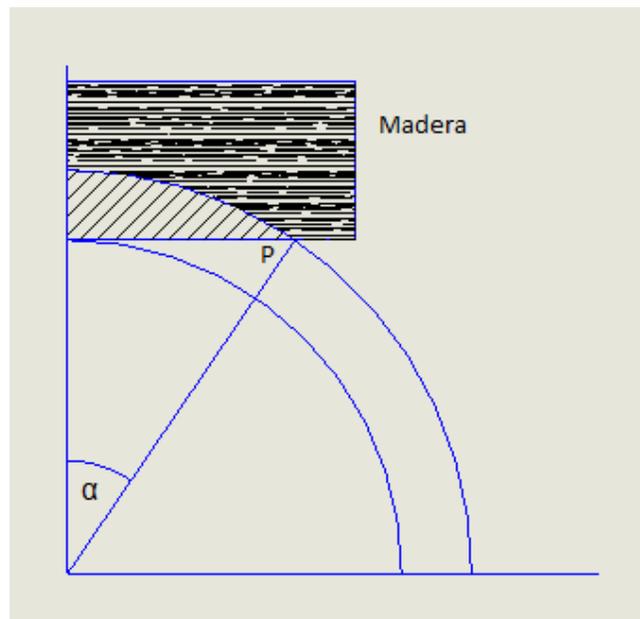


Figura 2.1. Área de corte lateral uno.



Máquina Trituradora de Poda

En la Figura se puede observar la porción de madera que se estaría extrayendo, la curva exterior representa la trayectoria que va describiendo el diente a medida que va girando, mientras que la curva interior describe la trayectoria de la base del diente.

Para conocer esta área se aplicará una metodología por partes, primero se calculará el área lateral (A_{LC1}) que es la que se puede observar en la figura, ésta se deberá multiplicar por dos, ya que constituye las dos caras del diente; luego se va a calcular el área debido a la punta del diente (A_{PC1}), para ello conviene aplicar algunos conceptos de geometría y análisis matemático como cálculo de área mediante integrales.

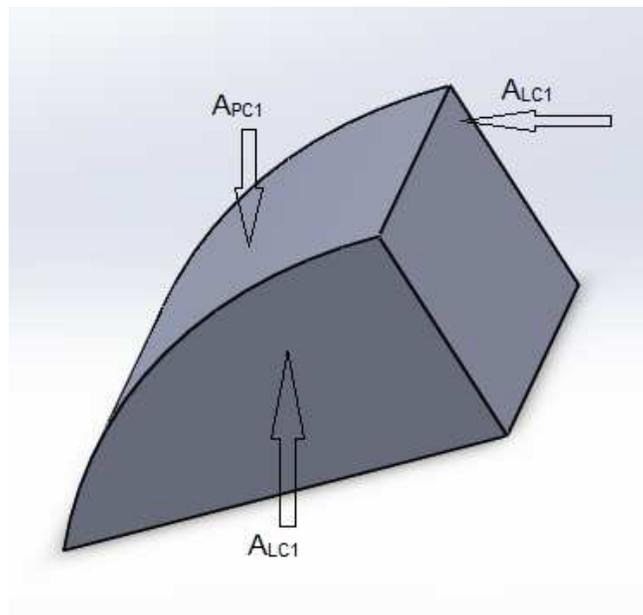


Figura 2.2. Áreas de corte.

Ecuación de la circunferencia

$$Y^2 + X^2 = R^2 \quad R = 4.25$$

$$\text{Para } y = 3.25 \text{ cm}$$

$$x = 2.7386 \text{ cm}$$



Máquina Trituradora de Poda

De esta manera queda definido el punto P que se indica en la imagen.

$$P = (2.7386 ; 3.25)$$

$$\alpha = \text{tg}^{-1} \frac{X}{Y} = 32^{\circ} 47''$$

Con estos datos obtenidos se definen dos funciones, una recta y la de la trayectoria de la punta del diente, y dos límites, de esta manera y aplicando la integral se puede conocer el área en cuestión.

$$\left. \begin{array}{l} Y_1 = \sqrt[2]{18.06 - X^2} \\ Y_2 = 3.25 \end{array} \right\} \text{Funciones}$$
$$\left. \begin{array}{l} x_1 = 0 \\ x_2 = 2.7386 \end{array} \right\} \text{Límites}$$

$$A_{LC1} = \int_{x_1}^{x_2} (Y_1 - Y_2) dx$$

$$A_{LC1} = \int_0^{2.7386} (\sqrt[2]{18.06 - X^2} - 3.25) dx$$

$$A_{LC1} = 1.87 \text{ cm}^2$$

Perímetro de la porción

Perímetro = ángulo en radianes x el radio.

$$\alpha = 32^{\circ} 47'' = 0.5721 \text{ radianes}$$

$$\text{Perímetro} = 0.5721 \text{ rad} \times 4.25 \text{ cm}$$

$$\text{Perímetro} = 2.4317 \text{ cm}$$



Máquina Trituradora de Poda

A_{PC1} = Perímetro x el espesor del diente.

$$A_{PC1} = 2.4317 \text{ cm} \times 1.5 \text{ cm}$$

$$A_{PC1} = 3.6476 \text{ cm}^2$$

$$A_{TC1} = 2 \times A_{LC1} + A_{PC1}$$

$$A_{TC1} = 7.38 \text{ cm}^2$$

2.2 Área total de corte dos (A_{TC2})

En la imagen a continuación, se muestra la segunda área de corte, que como se dijo, es menor que la anterior, para obtenerla se va a seguir una metodología similar, aunque se suma una nueva función, por lo que se aplicarán dos integrales a diferencia de A_{LC1} y cuya suma de las integrales dará A_{LC2} .

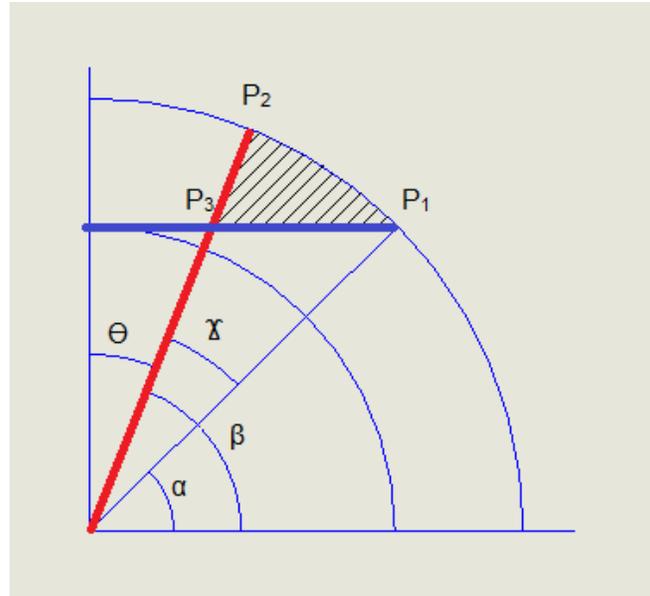


Figura 2.3. Área lateral de corte 2.

La función que describe la trayectoria de la punta del diente, en la imagen es la curva exterior, se conoce ya que es la misma que se utilizó en el A_{TC1} , al igual que la recta remarcada con azul, mientras que la recta que se puede observar en rojo es una nueva



Máquina Trituradora de Poda

función y está marcando el instante en que el diente comienza a cortar, dicho instante es el mismo que se tomó para calcular el A_{TC1} , solo que existe un desfase debido al paso entre los dientes.

$$Y_3 = m \times X$$

m = pendiente de la recta

$$m = \text{tg } \beta$$

$$m = 3.732$$

$$Y_3 = 3.732 X$$

$$Y_1 = \sqrt{18.06 - X^2}$$

$$Y_2 = 3.25$$

Funciones

Para conocer los puntos P_1 P_2 P_3 se deben ir igualando funciones que se cortan para poder despejar los distintos valores de x y así obtener los de y .

- Para P_1 , los conocidos ya del cálculo de A_{TC1} .

$$y_1 = 3.25$$

$$x_1 = 2.7386$$

$$P_1 = (2.7386 ; 3.25)$$

- Para P_2 :

Se igualan las funciones $Y_3 = Y_2$ para obtener x_2 el valor de y es conocido, ya que se encuentra sobre la función Y_2 .

$$3.732 X = 3.25$$



Máquina Trituradora de Poda

$$x_2 = 0.8662$$

- Para P_3 :

Se igualan las funciones $Y_3 = Y_1$ para obtener x_3 , el valor de y_3 se obtiene de darle el valor de x_3 a la función Y_3 .

$$3.732 X = \sqrt[2]{18.06 - X^2}$$

$$x_3 = 1.0999$$

$$y_3 = 4.1049$$

$$P_1 = (2.7386 ; 3.25)$$

$$P_2 = (0.8662 ; 3.25)$$

$$P_3 = (1.0999 ; 4.1049)$$

Una vez definidas las funciones y los puntos, mediante la integral se obtendrá el área.

$$A_{LC2} = \int_{x_2}^{x_3} (Y_3 - Y_2) dx + \int_{x_3}^{x_1} (Y_1 - Y_2) dx$$

$$A_{LC2} = \int_{0.8662}^{1.0999} (3.732 X - 3.25) dx + \int_{1.0999}^{2.7386} (\sqrt[2]{18.06 - X^2} - 3.25) dx$$

$$A_{LC2} = 0.9225 \text{ cm}^2$$

Perímetro de la porción entre P_3 y P_1

Perímetro = ángulo en radianes x el radio.

$$\Theta = 15^\circ \text{ (ángulo de desfase entre cuchillas)}$$



Máquina Trituradora de Poda

$$\chi = \alpha - \Theta = 32^\circ 47'' - 15^\circ = 17^\circ 47'' = 0.3103 \text{ radianes}$$

$$\text{Perímetro} = 0.3103 \text{ rad} \times 4.25 \text{ cm}$$

$$\text{Perímetro} = 1.3191 \text{ cm}$$

$$A_{PC2} = \text{Perímetro} \times \text{el espesor del diente.}$$

$$A_{PC2} = 1.3191 \text{ cm} \times 1.5 \text{ cm}$$

$$A_{PC2} = 1.9786 \text{ cm}^2$$

$$A_{TC2} = 2 \times A_{LC2} + A_{PC2}$$

$$A_{TC2} = 3.8236 \text{ cm}^2$$

2.3 Área total de corte tres (A_{TC3})

Por último, se deberá calcular la tercer área, esta es la más pequeña, se trabajará de la misma manera que para el A_{TC2} nada más que va a cambiar la pendiente, y por ende, la función Y_3 .

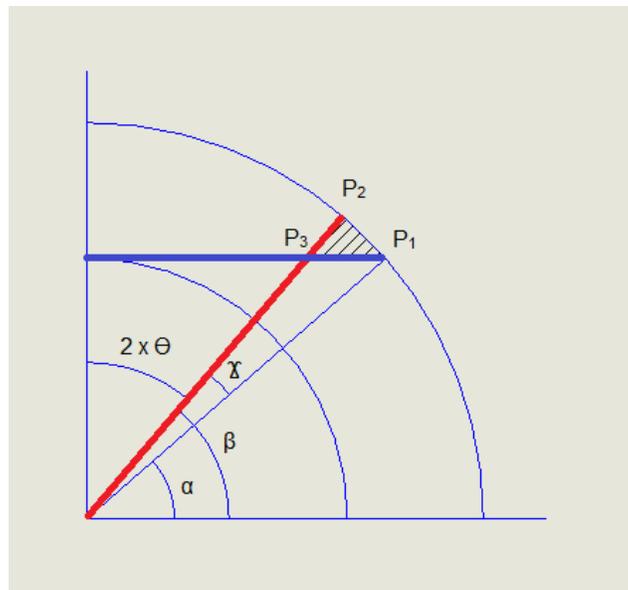


Figura 2.4. Área lateral de corte 3.



Máquina Trituradora de Poda

Una vez más se tienen dos funciones conocidas previamente, ellas son la de la trayectoria que describe la punta del diente (Y_1) y la recta en azul (Y_2). La recta en rojo se va a definir a continuación y es el comienzo de corte en el mismo instante en el que se viene trabajando.

$$Y_3 = m \times X$$

m = pendiente de la recta

$$m = \operatorname{tg} \beta$$

$$m = 1.732$$

$$Y_3 = 1.732 X$$

$$Y_1 = \sqrt[3]{18.06 - X^2}$$

$$Y_2 = 3.25$$

Funciones

Para conocer los puntos P_1 P_2 P_3 se deben ir igualando funciones que se cortan para poder despejar los distintos valores de x y así obtener los de y .

- Para P_1 , los conozco ya del cálculo de A_{TC1} .

$$y_1 = 3.25$$

$$x_1 = 2.7386$$

$$P_1 = (2.7386 ; 3.25)$$

- Para P_2 :

Se igualan las funciones $Y_3 = Y_2$ para obtener x_2 el valor de x que es conocido, ya que se encuentra sobre la función Y_2 .

$$1.732 X = 3.25$$

$$x_2 = 1.8764$$

- Para P_3 :



Máquina Trituradora de Poda

Se igualan las funciones $Y_3 = Y_1$ para obtener x_3 , el valor de y_3 se obtiene de darle el valor de x_3 a la función Y_3 .

$$1.732 X = \sqrt[2]{18.06 - X^2}$$

$$x_3 = 2.1221$$

$$y_3 = 3.6754$$

$$P_1 = (2.7386 ; 3.25)$$

$$P_2 = (1.8764 ; 3.25)$$

$$P_3 = (2.1221 ; 3.6754)$$

Una vez definidas las funciones y los puntos, mediante la integral se obtendrá el área.

$$A_{LC3} = \int_{x_2}^{x_3} (Y_3 - Y_2) dx + \int_{x_3}^{x_1} (Y_1 - Y_2) dx$$

$$A_{LC3} = \int_{1.8764}^{2.1221} (1.732 X - 3.25) dx + \int_{2.1221}^{2.7386} (\sqrt{18.06 - X^2} - 3.25) dx$$

$A_{LC3} = 0.1931 \text{ cm}^2$

Perímetro de la porción entre P_3 y P_1

Perímetro = ángulo en radianes x el radio.

$$\Theta = 15^\circ \text{ (ángulo de desfase entre cuchillas)}$$

$$\chi = \alpha - 2 \times \Theta = 32^\circ 47'' - 30^\circ = 2^\circ 47'' = 0.0485 \text{ radianes}$$

$$\text{Perímetro} = 0.0485 \text{ rad} \times 4.25 \text{ cm}$$



Máquina Trituradora de Poda

Perímetro = 0.2064 cm

A_{PC3} = Perímetro x el espesor del diente.

A_{PC3} = 0.2064 cm x 1.5 cm

$$A_{PC3} = 0.3096 \text{ cm}^2$$

$A_{TC3} = 2 \times A_{LC3} + A_{PC3}$

$$A_{TC3} = 0.6958 \text{ cm}^2$$

En síntesis, en este capítulo se calcularon las áreas de corte, a partir de un modelo y procedimiento de cálculo ideado para determinar el área, que tuvo en cuenta las propiedades de la madera para llegar a calcular el esfuerzo. En el capítulo siguiente se describirá la verificación de la cuchilla.



Capítulo III

Verificación de la Cuchilla



CAPITULO III

Verificación de la Cuchilla

En este capítulo, a partir de la cuchilla propuesta, se verificará si esta resiste el esfuerzo a la que será sometida por la fuerza necesaria para arrancar el trozo de madera. Cabe señalar que siempre se considera el peor de los escenarios.

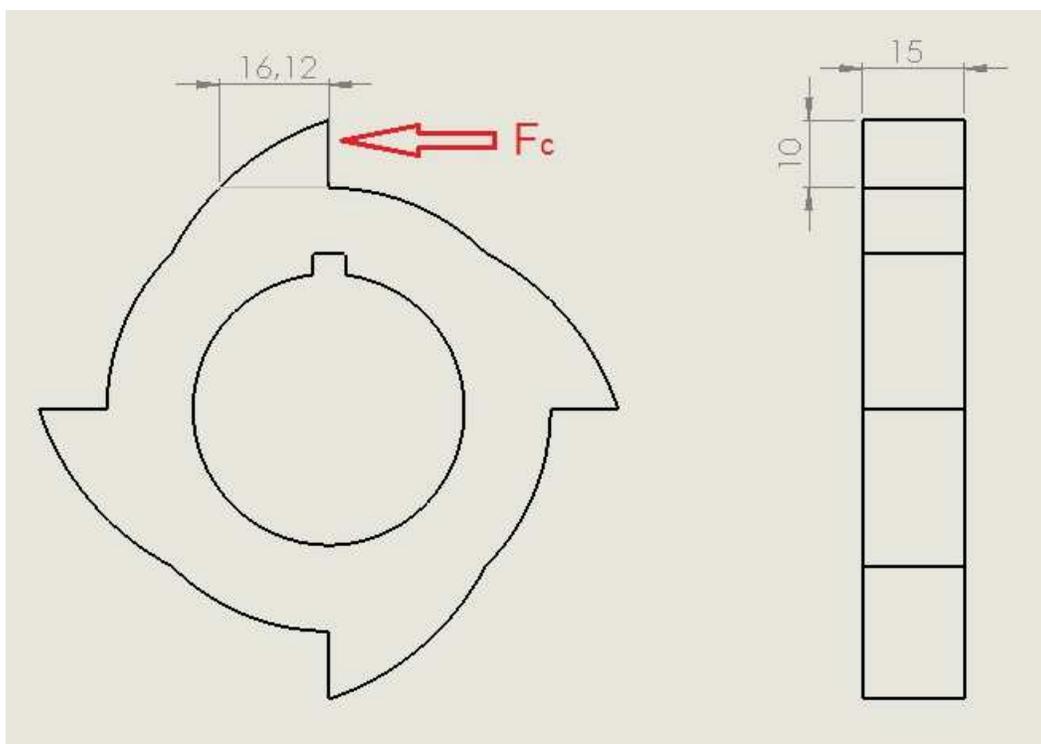


Figura 3.1. Cuchilla Propuesta.

Para poder obtener el esfuerzo de corte se necesita el área de corte y el módulo resistente al corte de la madera, para lo cual, el dato se obtuvo de [1].



Máquina Trituradora de Poda

Tabla 3.1. Valores Especificados y Módulos de Elasticidad de Maderas en MPa y en (Kgf/cm²)

		Grupo			
		I	II	III	IV
Flexión	f_{tu}'	30.4 (310)	22.6 (230)	15.7 (160)	7.8 (80)
Tensión paralela a la fibra	f_{tu}'	20.1 (205)	15.7 (160)	10.8 (110)	5.4 (55)
Compresión paralela a la fibra	f_{cu}'	22.1 (225)	16.7 (170)	12.3 (125)	5.9 (60)
Compresión perpendicular a la fibra	f_{tu}'	7.4 (75)	5.4 (55)	3.9 (40)	2 (20)
Cortante paralelo a la fibra	f_{vu}'	2.5 (25)	2 (20)	1.5 (15)	1 (10)
Módulo de elasticidad promedio	$E_{0.50}$	16 680 (170 000)	11 770 (120 000)	8 830 (90 000)	6 870 (70 000)
Módulo de elasticidad correspondiente al 5º percentil	$E_{0.05}$	11 770 (120 000)	8 830 (90 000)	7 360 (75 000)	4 400 (45 000)

$$F_C = A_{TC1} \times R_{CM}$$

$$F_C = 7.38 \text{ cm}^2 \times 25 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_C = 184.5 \text{ kgf}$$

Esta fuerza obtenida producirá un momento sobre el diente, que va a ser igual a la distancia desde la punta del diente, hasta la base del mismo. Esta distancia es igual a 1 cm.

$$MF_C = F_C \times 1 \text{ cm} = 184.5 \text{ kgf} \times 1 \text{ cm}$$

$$MF_C = 184.5 \text{ kgfcm}$$



Máquina Trituradora de Poda

El área que resiste dicho esfuerzo va a estar definida por la distancia desde la base del diente hasta donde este termina por su espesor.

$$A_R = 1.5 \text{ cm} \times 1.612 \text{ cm}$$

$$A_R = 2.418 \text{ cm}^2$$

Debido a la complejidad geométrica de la cuchilla, se buscó un material que fuera fácil de maquinar y al que luego se le pudiera realizar un tratamiento de cementado para endurecer la superficie del diente, ya que va a estar sometido a un impacto constante, se considera C. I. (coeficiente de impacto = 2). El material a utilizar es el AISI 8620 $S_y =$ Resistencia en fluencia de tracción, $S_y = 10475 \text{ kg/cm}^2$

$$\sigma = \frac{MFC}{W}$$

Dónde:

W = Módulo Resistente

$$W = \frac{J}{y}$$

J = Momento de Inercia

$$J = \frac{b \times h^3}{12}$$

$$h = 1.612 \text{ cm}$$

$$y = \frac{1}{2} h = 0.806 \text{ cm}$$

$$b = 1.5 \text{ cm}$$

$$J = 0.5236 \text{ cm}^4$$

$$W = 0.6496 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = 284.02 \text{ kg/cm}^2$$



Máquina Trituradora de Poda

$$(\sigma \times C.I.) = \frac{S_y}{C.S.}$$

C. I. = coeficiente de impacto (2)

C.S. = coeficiente de seguridad

$$C.S. = \frac{S_y}{(\sigma \times C.I.)}$$

$$C.S. = 18$$

Utilizando el material escogido con las dimensiones del diente, la pieza está sobredimensionada; de acuerdo con los requerimientos técnicos, las dimensiones del diente no se pueden modificar, ya que ellas determinan la porción de madera que se va a extraer. Si se disminuye el tamaño diente, se retirarán trozos muy pequeños y el rendimiento sería muy bajo.

A continuación, se muestra un detalle del diente luego de ser afilado, donde se detallan los ángulos principales de filo.

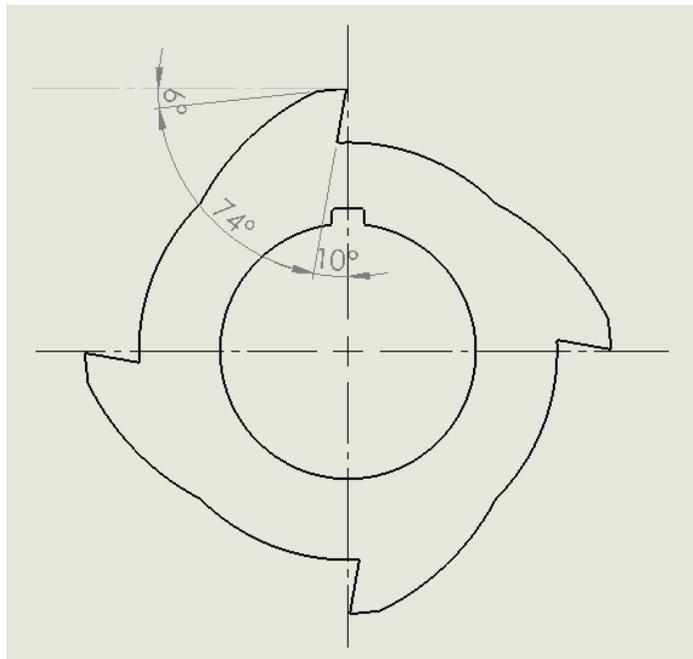


Figura 3.2. Detalle Ángulos de Filo.



Máquina Trituradora de Poda

Como se puede observar en el Figura anterior, se definen los siguientes ángulos de filo:

- Ángulo de Incidencia = 6°
- Ángulo de Filo = 74°
- Ángulo de Desprendimiento = 10°

En el capítulo IV se tratará el cálculo de las chavetas que transmitirán la potencia del eje a las distintas cuchillas.



Capítulo IV

Cálculo de Chaveta



CAPITULO IV

Cálculo de Chavetas

En este capítulo se procederá al cálculo de las chavetas que transmitirán la potencia del eje a las distintas cuchillas. En la figura siguiente se detalla la chaveta en la situación de trabajo más crítica, que es para el estado de carga 2, en donde son 5 las fuerzas que están actuando sobre la misma; esta fue diseñada en dos tramos debido a su longitud y para su fácil montaje en el eje. Para su verificación se recurrió una vez más a Faires.

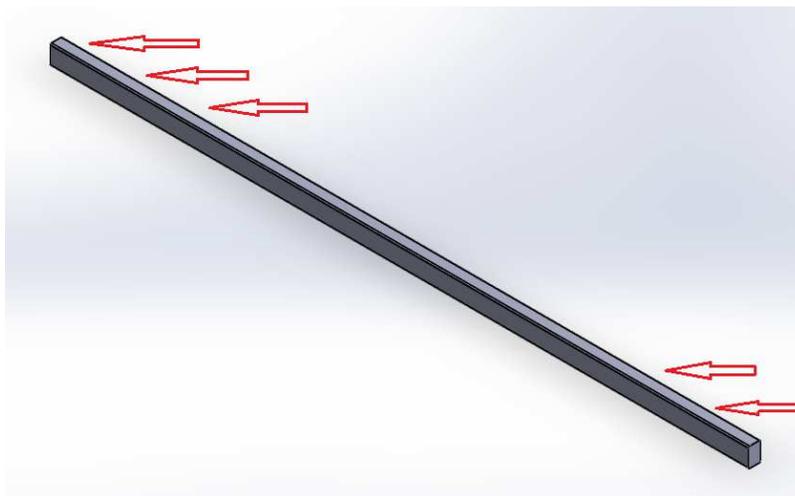


Figura 4.1. Detalle chaveta de corte.

Chavetas planas y cuadradas

L = definido por el largo del eje, se toma solo la mitad, ya que se colocarán dos chavetas = 28.77 cm

b = base, primer incógnita.

t = altura, segunda incógnita.



Máquina Trituradora de Poda

4.1 Esfuerzo Cortante Máximo

$$T = \frac{S_s \times b \times L \times D}{2}$$

$$T = F_C \times d$$

d = distancia del brazo de palanca = 2.25 cm

$$F_{C1} = 184.5 \text{ Kg}$$

$$F_{C2} = 95.6 \text{ Kg}$$

$$F_{C3} = 17.4 \text{ Kg}$$

$$F_C = (2 \times F_{C1} + 2 \times F_{C2} + F_{C3}) = 577.6 \text{ kg}$$

$$T = 1299.6 \text{ kgcm}$$

$$S_s = \text{Resistencia de fluencia} = 0.5 \times S_Y$$

$$D = \text{diámetro del eje} = 4.4 \text{ cm}$$

Material = AISI 1010

$$S_Y = 3867 \text{ kg/cm}^2$$

Ahora a la fórmula de T se le agrega un coeficiente de seguridad debido al impacto (C.I. = 2) y se despeja b que es la primer incógnita.

$$C.I. = 2$$

$$T \times C.I. = \frac{S_s \times b \times L \times D}{2}$$

$$b = \frac{T \times N \times 2}{S_s \times L \times D}$$

$$b = \frac{1299.6 \text{ kgcm} \times 2 \times 2}{1933.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 28.77 \text{ cm} \times 4.4 \text{ cm}}$$

$$b = 0.018 \text{ cm.}$$



Máquina Trituradora de Poda

4.2 Esfuerzo de Compresión Máximo

$$T = \frac{S_c \times t \times L \times D}{4}$$

$$T = F_C \times d$$

d = distancia del brazo de palanca = 2.25 cm

$$F_C = (2 \times F_{C1} + 2 \times F_{C2} + F_{C3}) = 577.6 \text{ kg}$$

$$T = 1299.6 \text{ kgcm.}$$

S_C = Resistencia a la compresión = S_S

D = diámetro del eje = 4.4 cm

Material = AISI 1010

$$S_S = 3867 \text{ kg/cm}^2$$

Ahora a la fórmula de T se le agrega un N, que es el coeficiente de seguridad, despejando t que es la segunda incógnita.

$$N = 2$$

$$T \times N = \frac{S_s \times b \times L \times D}{2}$$

$$t = \frac{T \times N \times 4}{S_c \times L \times D}$$

$$t = \frac{1299.6 \text{ kgcm} \times 2 \times 4}{3867 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 28.77 \text{ cm} \times 4.4 \text{ cm}}$$

$$t = 0.021 \text{ cm}$$



Máquina Trituradora de Poda

La chaveta se verificó para el estado de carga 2 del eje, (ver capítulo III) en el que se manifiesta el esfuerzo mayor; por otro lado, se verificó en el primer tramo del eje, ya que por el largo que posee se colocarán dos chavetas iguales. Cabe señalar que se tomó este primer tramo, porque las cargas son mayores. Las dimensiones obtenidas del cálculo son muy pequeñas, por lo que se decide construirlas sin tener en cuenta la resistencia, por lo que el tamaño de las mismas serán $b = 0.5 \text{ cm}$ y $t = 0.8 \text{ cm}$.

En el siguiente capítulo, se describirán la disposición y cantidad de las cuchillas para obtener la potencia necesaria para desarrollar el trabajo deseado.



Capítulo V

Potencia Efectiva



CAPITULO V

Potencia Efectiva

En este capítulo se calculará la potencia necesaria para desarrollar el trabajo deseado. Para ello, primero hay que dejar en claro la disposición de las cuchillas y la cantidad de ellas. Cada cuchilla se encuentra desplazada una de otra con un ángulo de 15° y son un total de 18 cuchillas de cuatro dientes cada una, por lo que a lo largo de todo el eje se contará con 6 posiciones de dientes. Como se señaló anteriormente, son 18 cuchillas, por lo que se van a generar 3 grupos de 6 posiciones.

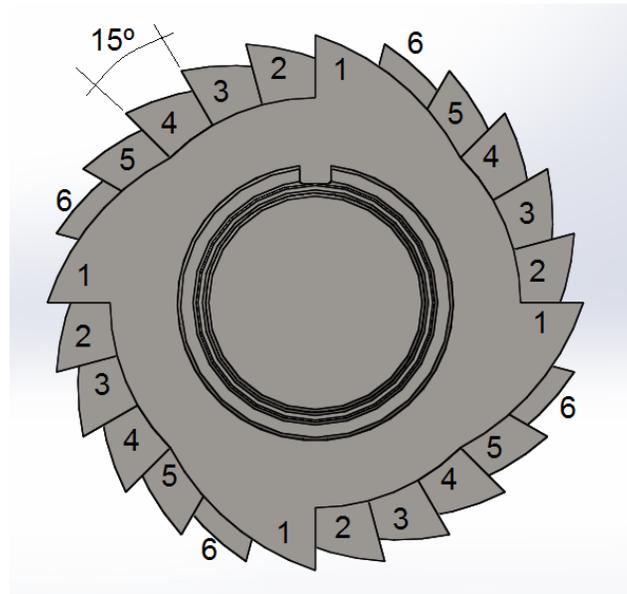


Figura 5.1. Disposición de cuchillas.

En el peor de los casos, luego de haber analizado las distintas posiciones de las cuchillas, se encontró que el mayor esfuerzo, y por ende, el mayor requerimiento de potencia se desarrolla en la posición que se observa en la Figura 5.1, donde el diente 1 está cortando el máximo trozo de material, el 2 una porción menor, y el 3 otro poco, 4, 5 y 6 no están trabajando. Esto se repite tres veces ya que se cuenta con 18 cuchillas.

T_{C1} = Torque debido a los dientes en posición 1



Máquina Trituradora de Poda

T_{C2} = Torque debido a los dientes en posición 2

T_{C3} = Torque debido a los dientes en posición 3

$$T_{C1} = N \times F_{C1} \times d$$

dónde:

N = número de dientes a lo largo del eje

F_{C1} = fuerza requerida para arrancar el trozo de material

d = distancia desde la punta del diente al eje

$$T_{C1} = 3 \times 184.5 \text{ kg} \times 4,25 \text{ cm.}$$

$$T_{C1} = 2352.37 \text{ kgcm.}$$

$$T_{C2} = N \times F_{C2} \times d$$

$$T_{C2} = 3 \times 95.58 \text{ kg} \times 4.1 \text{ cm.}$$

$$T_{C2} = 1175.75 \text{ kgcm.}$$

$$T_{C3} = N \times F_{C3} \times d$$

$$T_{C3} = 3 \times 17.39 \text{ kg} \times 3.67 \text{ cm.}$$

$$T_{C3} = 191.51 \text{ kgcm.}$$

T_T = Torque Total.

$$T_T = T_{C1} + T_{C2} + T_{C3}$$

$$T_T = 3719.63 \text{ kgcm.}$$

Se estableció que el régimen de vueltas de trabajo sea de 100 rpm, ya que si la máquina gira a revoluciones muy bajas su rendimiento será muy bajo, mientras que si se



Máquina Trituradora de Poda

aumentan las vueltas, el rendimiento mejorará considerablemente, aunque la máquina esté sometida a esfuerzos muy grandes.

CV = Potencia necesaria, en las unidades de caballo vapor.

$$CV = \frac{TT \times N^{\circ} \text{ de rpm}}{71620}$$

$$CV = \frac{3719.63 \text{ kgcm} \times 100 \text{ rpm}}{71620}$$

CV = 5.20

Una vez calculada la potencia efectiva, en el próximo capítulo se calculará el eje principal de corte.



Capítulo VI

Cálculo del Eje Principal de Corte



CAPITULO VI

Cálculo del Eje Principal de Corte

En este capítulo se presentará el dimensionamiento de la pieza más crítica de la máquina: el eje principal de corte. A través de esta pieza se trasmite la potencia necesaria para llevar a cabo el trabajo de trituración que desarrollarán las cuchillas montadas sobre él.

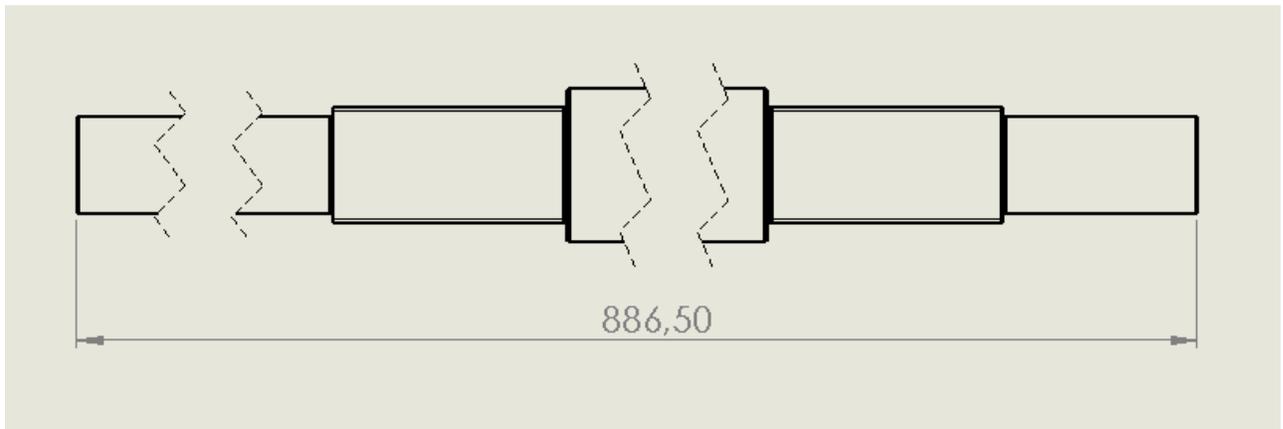


Figura 6.1. Eje Principal de Corte.

Para poder dimensionar el eje, se estudiaron todos los estados de cargas principales, es decir, aquellos en los que los esfuerzos son máximos, y no todos los estados posibles, ya que posee infinitas posiciones. Se establecieron 6 estados de cargas y se calcularon sección por sección, los esfuerzos por momento flector.

Antes de pasar a los distintos estados de carga, se debe definir la fuerza de transmisión del engranaje, es decir, el elemento por el cual se trasmite la potencia entregada de un motor eléctrico, pasando por una reducción de vueltas y llegando al eje.

F_E = Fuerza de Trasmisión, otorgada por el engranaje.

$$F_E = \frac{TT}{R}$$



Máquina Trituradora de Poda

Dónde:

$T_T = \text{Torque total} = 3719.63 \text{ kgcm}$

$R = \text{Radio del engranaje} = 4.5 \text{ cm}$

$$F_E = \frac{3719.63 \text{ kgcm}}{4.5 \text{ cm}}$$

$F_E = 826.58 \text{ kg}$

6.1 Estado de Carga 1

En la figura 6.2 se observa el diagrama de cuerpo libre correspondiente a este estado de cargas.

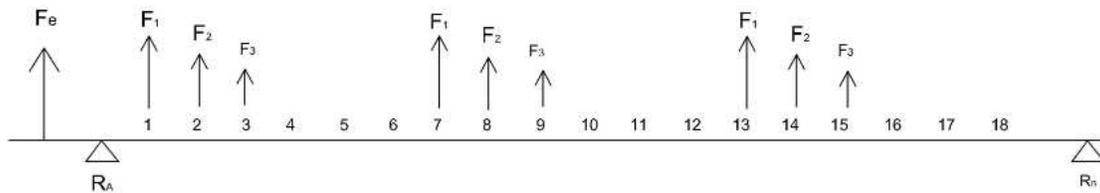


Figura 6.2. Estado de Carga 1.

$F_E = 826.58 \text{ kg}$

$F_{C1} = 184.5 \text{ kg}$

$F_{C2} = 95.6 \text{ kg}$

$F_{C3} = 17.4 \text{ kg}$



Máquina Trituradora de Poda

Reacciones:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_E \times d_1 + F_{C1} \times (d_1 + d_7 + d_{13}) + F_{C2} \times (d_2 + d_8 + d_{14}) + F_{C3} \times (d_3 + d_9 + d_{15}) - R_B \times d_{19} = 0$$

$$R_B = 435.98 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$F_E - 3 \times (F_{C1} + F_{C2} + F_{C3}) + R_B - R_A = 0$$

$$R_A = 370.06 \text{ kg}$$

Sección 1 $0 \leq X \leq 7 \text{ cm}$

Momento Flector = $F_E \times X$

Para $X = 0$ $\longrightarrow M_F = 0$

Para $X = 7 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 5786.06 \text{ kgcm}$

Sección 2 $7 \text{ cm} \leq X \leq 18.75 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm})$$

Para $X = 7 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 5786.06 \text{ kgcm}$

Para $X = 18.75 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 11150.17 \text{ kgcm}$

Sección 3 $18.75 \text{ cm} \leq X \leq 21.95 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 18.75 \text{ cm})$$

Para $X = 18.75 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 11150.17 \text{ kgcm}$

Para $X = 21.95 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 12020.63 \text{ kgcm}$



Máquina Trituradora de Poda

Sección 4 $21.95 \text{ cm} \leq X \leq 25.15 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 21.95 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 21.95 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 12020.63 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 25.15 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 12585.17 \text{ kgcm}$$

Sección 5 $25.15 \text{ cm} \leq X \leq 37.95 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 25.15 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 25.15 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 12585.17 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 37.95 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14620.63 \text{ kgcm}$$

Sección 6 $37.95 \text{ cm} \leq X \leq 41.15 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 37.95 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 37.95 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14620.63 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 41.15 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14539.09 \text{ kgcm}$$

Sección 7 $41.15 \text{ cm} \leq X \leq 44.35 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 41.15 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 41.15 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14539.09 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 44.35 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14151.64 \text{ kgcm}$$



Máquina Trituradora de Poda

Sección 8 $44.35 \text{ cm} \leq X \leq 57.15 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 41.15 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 44.35 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 44.35 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14151.64 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 57.15 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 12375.89 \text{ kgcm}$$

Sección 9 $57.15 \text{ cm} \leq X \leq 60.35 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 41.15 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 44.35 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 57.15 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 57.15 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 12375.89 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 60.35 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 11345.5 \text{ kgcm}$$

Sección 10 $60.35 \text{ cm} \leq X \leq 63.55 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 41.15 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 44.35 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 57.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 60.35 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 60.35 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 11345.5 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 63.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 10006.1 \text{ kgcm}$$

Sección 11 $63.55 \text{ cm} \leq X \leq 86.55 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 41.15 \text{ cm}) -$$



Máquina Trituradora de Poda

$$\begin{aligned} & - F_3 \times (X - 44.35 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 57.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 60.35 \text{ cm}) - \\ & - F_3 \times (X - 63.55 \text{ cm}) \end{aligned}$$

Para $X = 63.55 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 10006.1 \text{ kgcm}$

Para $X = 86.55 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = - 21.4 \text{ kgcm}$

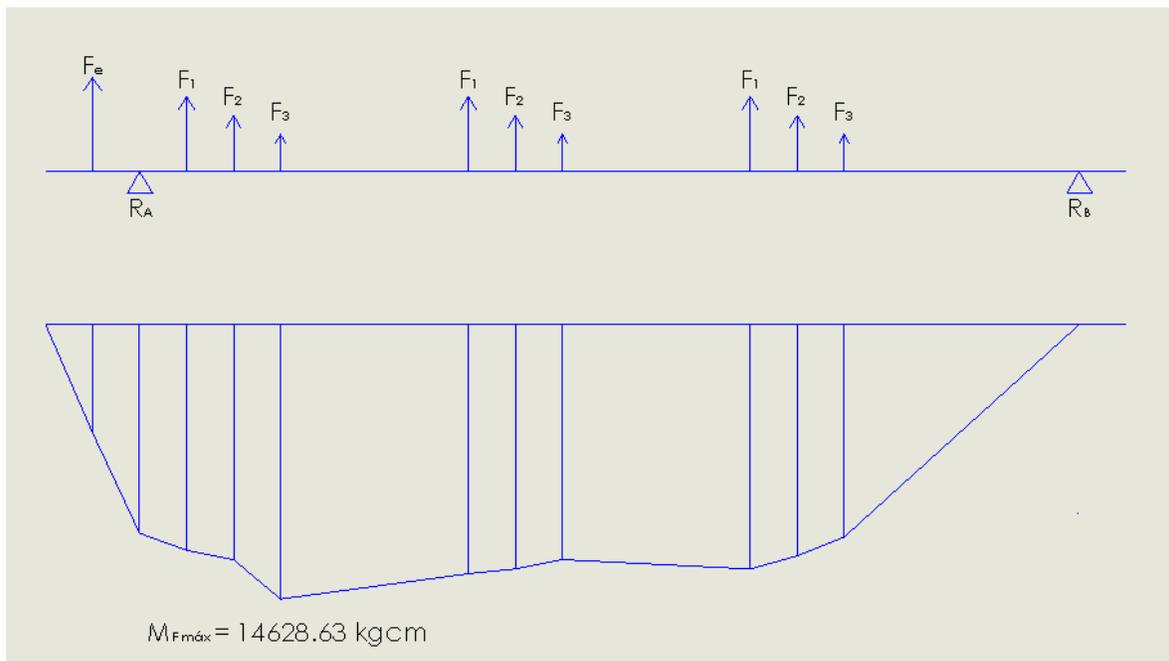


Figura 6.3. Diagrama de Momentos, Estado de Carga 1.

6.2 Estado de Carga 2

En la figura 6.4. se observa el diagrama de cuerpo libre correspondiente a este estado de cargas.



Máquina Trituradora de Poda

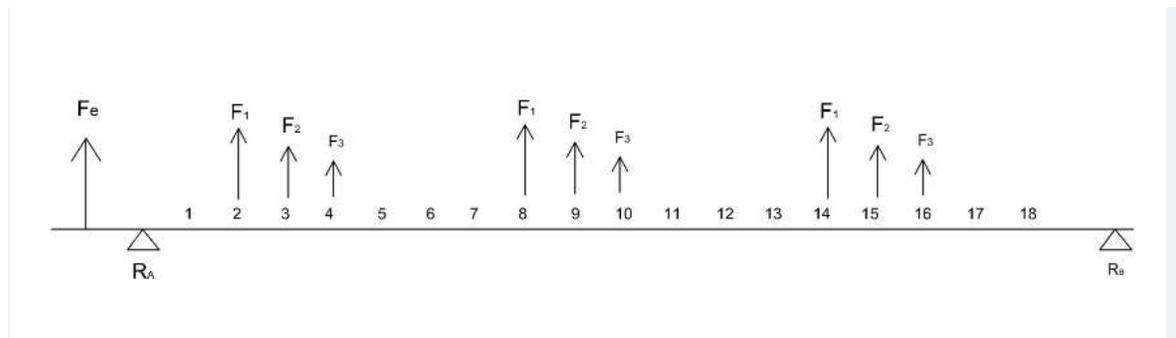


Figura 6.4. Estado de Carga 2.

$$F_E = 826.58 \text{ kg}$$

$$F_{C1} = 184.5 \text{ kg}$$

$$F_{C2} = 95.6 \text{ kg}$$

$$F_{C3} = 17.4 \text{ kg}$$

Reacciones:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_E \times d_1 + F_{C1} \times (d_2 + d_8 + d_{14}) + F_{C2} \times (d_3 + d_9 + d_{15}) + F_{C3} \times (d_4 + d_{10} + d_{16}) - R_B \times d_{19} = 0$$

$$R_B = 471.66 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$F_E - 3 \times (F_{C1} + F_{C2} + F_{C3}) + R_B - R_A = 0$$

$$R_A = 405.74 \text{ kg}$$

Sección 1 $0 \leq X \leq 7 \text{ cm}$

Momento Flector = $F_E \times X$



Máquina Trituradora de Poda

Para $X = 0$ \longrightarrow $M_F = 0$

Para $X = 7\text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 5786.06\text{ kgcm}$

Sección 2 $7\text{ cm} \leq X \leq 21.95\text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7\text{ cm})$$

Para $X = 7\text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 5786.06\text{ kgcm}$

Para $X = 21.95\text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 12077.6\text{ kgcm}$

Sección 3 $21.95\text{ cm} \leq X \leq 25.15\text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7\text{ cm}) - F_1 \times (X - 21.95\text{ cm})$$

Para $X = 21.95\text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 12077.6\text{ kgcm}$

Para $X = 25.15\text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 12833.9\text{ kgcm}$

Sección 4 $25.15\text{ cm} \leq X \leq 28.35\text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7\text{ cm}) - F_1 \times (X - 21.95\text{ cm}) - F_2 \times (X - 25.15\text{ cm})$$

Para $X = 25.15\text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 12833.9\text{ kgcm}$

Para $X = 28.35\text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 13173.36\text{ kgcm}$

Sección 5 $28.35\text{ cm} \leq X \leq 41.15\text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7\text{ cm}) - F_1 \times (X - 21.95\text{ cm}) - F_2 \times (X - 25.15\text{ cm}) - F_3 \times (X - 28.35\text{ cm})$$



Máquina Trituradora de Poda

Para $X = 28.35 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 13173.36 \text{ kgcm}$

Para $X = 41.15 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 14863.02 \text{ kgcm}$

Sección 6 $41.15 \text{ cm} \leq X \leq 44.35 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 28.35 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 41.15 \text{ cm})$$

Para $X = 41.15 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 14863.02 \text{ kgcm}$

Para $X = 44.35 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 14428.81 \text{ kgcm}$

Sección 7 $44.35 \text{ cm} \leq X \leq 47.55 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 28.35 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 41.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 44.35 \text{ cm})$$

Para $X = 44.35 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 14428.81 \text{ kgcm}$

Para $X = 47.55 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 14165.68 \text{ kgcm}$

Sección 8 $47.55 \text{ cm} \leq X \leq 60.35 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 28.35 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 41.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 44.35 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 47.55 \text{ cm})$$

Para $X = 47.55 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 14165.68 \text{ kgcm}$

Para $X = 60.35 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 11936.43 \text{ kgcm}$



Máquina Trituradora de Poda

Sección 9 $60.35 \text{ cm} \leq X \leq 63.55 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 28.35 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 41.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 44.35 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 47.55 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 60.35 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 60.35 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 11936.43 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 63.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 11011.44 \text{ kgcm}$$

Sección 10 $63.55 \text{ cm} \leq X \leq 66.75 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 28.35 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 41.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 44.35 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 47.55 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 60.35 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 63.55 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 63.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 11011.44 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 66.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 9326 \text{ kgcm}$$

Sección 11 $66.75 \text{ cm} \leq X \leq 86.55 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 28.35 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 41.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 44.35 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 47.55 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 60.35 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 63.55 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 66.75 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 66.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 9326 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 86.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 0.35 \text{ kgcm}$$



Máquina Trituradora de Poda

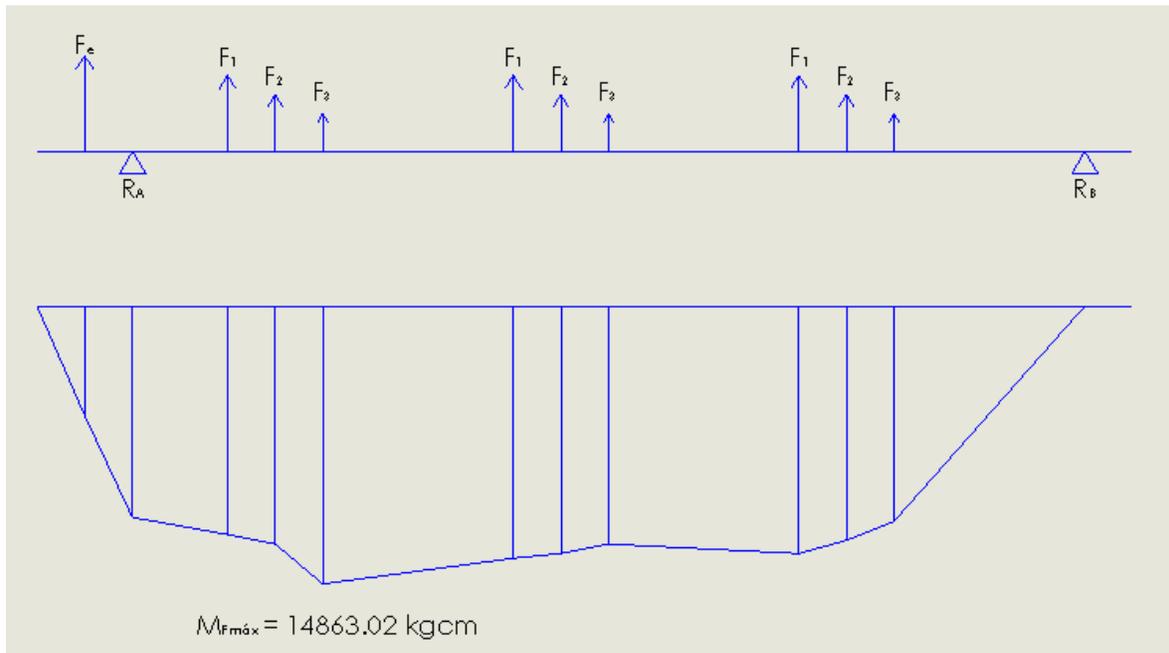


Figura 6.5. Diagrama de Momentos, Estado de Carga 2.

6.3 Estado de Carga 3

En la figura 6.6 se observa el diagrama de cuerpo libre correspondiente a este estado de cargas.

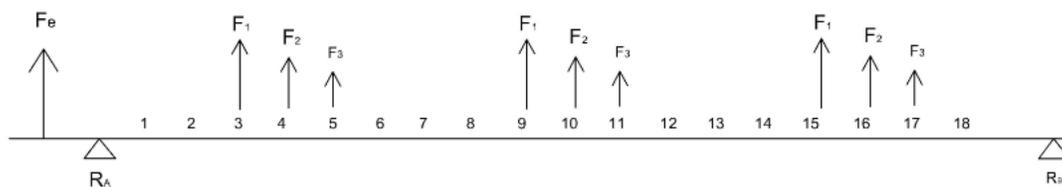


Figura 6.6. Estado de Carga 3.



Máquina Trituradora de Poda

$$F_E = 826.58 \text{ kg}$$

$$F_{C1} = 184.5 \text{ kg}$$

$$F_{C2} = 95.6 \text{ kg}$$

$$F_{C3} = 17.4 \text{ kg}$$

Reacciones:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_E \times d_1 + F_{C1} \times (d_3 + d_9 + d_{15}) + F_{C2} \times (d_4 + d_{10} + d_{16}) + F_{C3} \times (d_5 + d_{11} + d_{17}) - R_B \times d_{19} = 0$$

$$R_B = 507.83 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$F_E - 3 \times (F_{C1} + F_{C2} + F_{C3}) + R_B - R_A = 0$$

$$R_A = 441.9 \text{ kg}$$

Sección 1 $0 \leq X \leq 7 \text{ cm}$

Momento Flector = $F_E \times X$

$$\text{Para } X = 0 \quad \longrightarrow \quad M_F = 0$$

$$\text{Para } X = 7 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 5786.06 \text{ kgcm}$$

Sección 2 $7 \text{ cm} \leq X \leq 25.15 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 7 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 5786.06 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 25.15 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 12768 \text{ kgcm}$$



Máquina Trituradora de Poda

Sección 3 $25.15 \text{ cm} \leq X \leq 28.35 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 25.15 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 25.15 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 12768 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 28.35 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13408.5 \text{ kgcm}$$

Sección 4 $28.35 \text{ cm} \leq X \leq 31.55 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 28.35 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 28.35 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13408.5 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 31.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13743.2 \text{ kgcm}$$

Sección 5 $31.55 \text{ cm} \leq X \leq 44.35 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 28.35 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 31.55 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 31.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13743.2 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 44.35 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14859.1 \text{ kgcm}$$

Sección 6 $44.35 \text{ cm} \leq X \leq 47.55 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 28.35 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - F_4 \times (X - 44.35 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 44.35 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14859.1 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 47.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14547.7 \text{ kgcm}$$



Máquina Trituradora de Poda

Sección 7 $47.55 \text{ cm} \leq X \leq 50.75 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 28.35 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 44.35 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 47.55 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 47.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14547.7 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 50.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13930.3 \text{ kgcm}$$

Sección 8 $50.75 \text{ cm} \leq X \leq 63.55 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 28.35 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 44.35 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 47.55 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 50.75 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 50.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13930.3 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 63.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 11238.2 \text{ kgcm}$$

Sección 9 $63.55 \text{ cm} \leq X \leq 66.75 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 28.35 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 44.35 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 47.55 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 50.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 63.55 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 63.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 11238.2 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 66.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 9974.8 \text{ kgcm}$$

Sección 10 $66.75 \text{ cm} \leq X \leq 69.95 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 28.35 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 44.35 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 47.55 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 50.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 63.55 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 66.75 \text{ cm})$$



Máquina Trituradora de Poda

Para $X = 66.75\text{cm}$ \longrightarrow $M_F = 9974.8 \text{ kgcm}$

Para $X = 69.95 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 8405.5 \text{ kgcm}$

Sección 11 $69.95 \text{ cm} \leq X \leq 86.55 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} M_F = & F_E \times X - F_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 25.15 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 28.35 \text{ cm}) - \\ & - F_3 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 44.35 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 47.55 \text{ cm}) - \\ & - F_3 \times (X - 50.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 63.55 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 66.75\text{cm}) - \\ & - F_3 \times (X - 69.95 \text{ cm}) \end{aligned}$$

Para $X = 69.95 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 8405.5 \text{ kgcm}$

Para $X = 86.55 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 13.3 \text{ kgcm}$

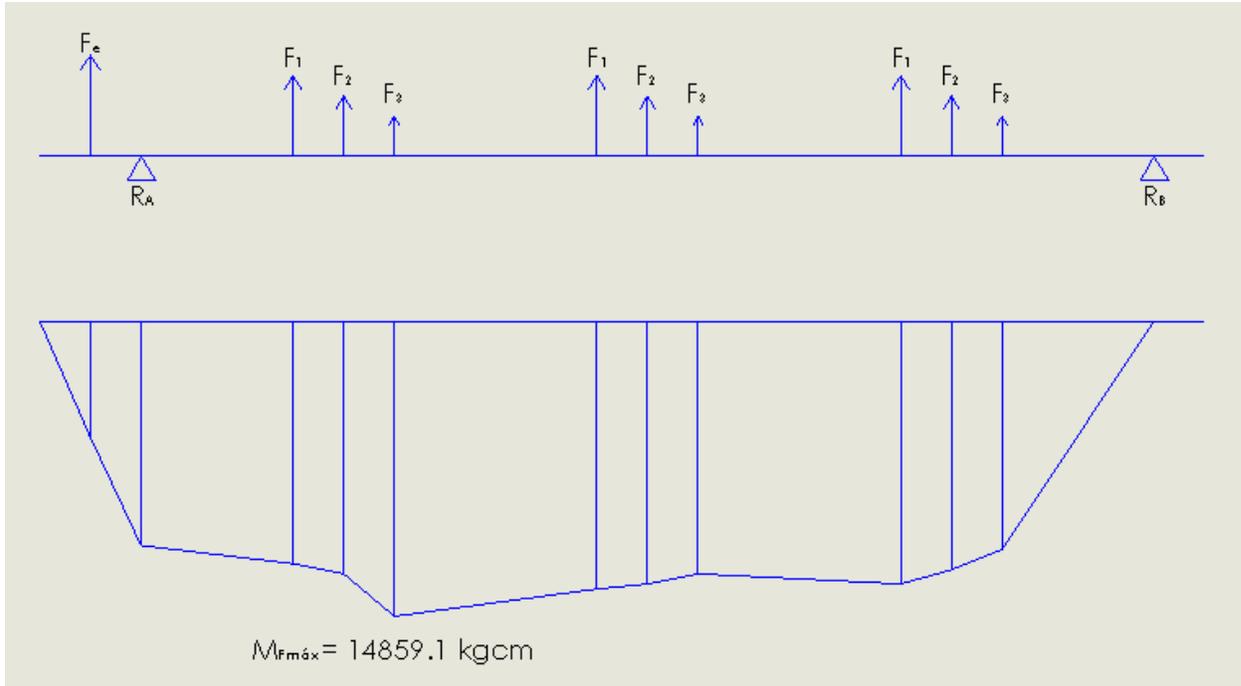


Figura 6.7. Diagrama de Momentos, Estado de Carga 3.



Máquina Trituradora de Poda

6.4 Estado de Carga 4

En la figura 6.8 a continuación se observa el diagrama de cuerpo libre correspondiente a este estado de cargas.

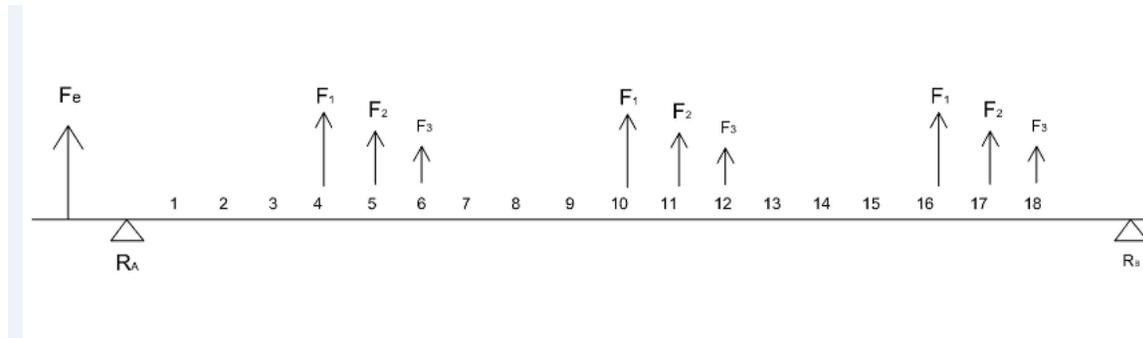


Figura 6.8. Estado de Carga 4.

$$F_E = 826.58 \text{ kg}$$

$$F_{C1} = 184.5 \text{ kg}$$

$$F_{C2} = 95.6 \text{ kg}$$

$$F_{C3} = 17.4 \text{ kg}$$

Reacciones:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_E \times d_1 + F_{C1} \times (d_4 + d_{10} + d_{16}) + F_{C2} \times (d_5 + d_{11} + d_{17}) + F_{C3} \times (d_6 + d_{12} + d_{18}) - R_B \times d_{19} = 0$$

$$R_B = 543.75 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$F_E - 3 \times (F_{C1} + F_{C2} + F_{C3}) + R_B - R_A = 0$$

$$R_A = 477.83 \text{ kg}$$



Máquina Trituradora de Poda

Sección 1 $0 \leq X \leq 7 \text{ cm}$

$$\text{Momento Flector} = F_E \times X$$

$$\text{Para } X = 0 \quad \longrightarrow \quad M_F = 0$$

$$\text{Para } X = 7 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 5786.06 \text{ kgcm}$$

Sección 2 $7 \text{ cm} \leq X \leq 28.75 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 7 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 5786.06 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 28.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13231.87 \text{ kgcm}$$

Sección 3 $28.75 \text{ cm} \leq X \leq 31.55 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 28.75 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 28.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13231.87 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 31.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13757.47 \text{ kgcm}$$

Sección 4 $31.55 \text{ cm} \leq X \leq 34.75 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 28.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 31.55 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 31.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13757.47 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 34.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13977.15 \text{ kgcm}$$



Máquina Trituradora de Poda

Sección 5 $34.75 \text{ cm} \leq X \leq 47.55 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 28.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 34.75 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 25.15 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13977.15 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 47.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14633.15 \text{ kgcm}$$

Sección 6 $47.55 \text{ cm} \leq X \leq 50.75 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 28.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 47.55 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 47.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14633.15 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 50.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14206.75 \text{ kgcm}$$

Sección 7 $50.75 \text{ cm} \leq X \leq 53.95 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 28.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 47.55 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 50.75 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 50.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14206.75 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 53.95 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13474.43 \text{ kgcm}$$

Sección 8 $53.95 \text{ cm} \leq X \leq 66.75 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 28.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 47.55 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 50.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 53.95 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 53.95 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13474.43 \text{ kgcm}$$



Máquina Trituradora de Poda

Para $X = 66.75 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 10322.43 \text{ kgcm}$

Sección 9 $66.75 \text{ cm} \leq X \leq 69.95 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 28.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 47.55 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 50.75 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 53.95 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 66.75 \text{ cm})$$

Para $X = 66.75 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 10322.43 \text{ kgcm}$

Para $X = 69.95 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 8945.87 \text{ kgcm}$

Sección 10 $69.95 \text{ cm} \leq X \leq 73.15 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 28.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 47.55 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 50.75 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 53.95 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 66.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 69.95 \text{ cm})$$

Para $X = 69.95 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 8945.87 \text{ kgcm}$

Para $X = 73.15 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 7259.71 \text{ kgcm}$

Sección 11 $73.15 \text{ cm} \leq X \leq 86.55 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 28.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 47.55 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 50.75 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 53.95 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 66.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 69.95 \text{ cm}) - \\ - F_3 \times (X - 73.15 \text{ cm})$$

Para $X = 73.15 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 7259.71 \text{ kgcm}$

Para $X = 86.55 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = -8.17 \text{ kgcm}$



Máquina Trituradora de Poda

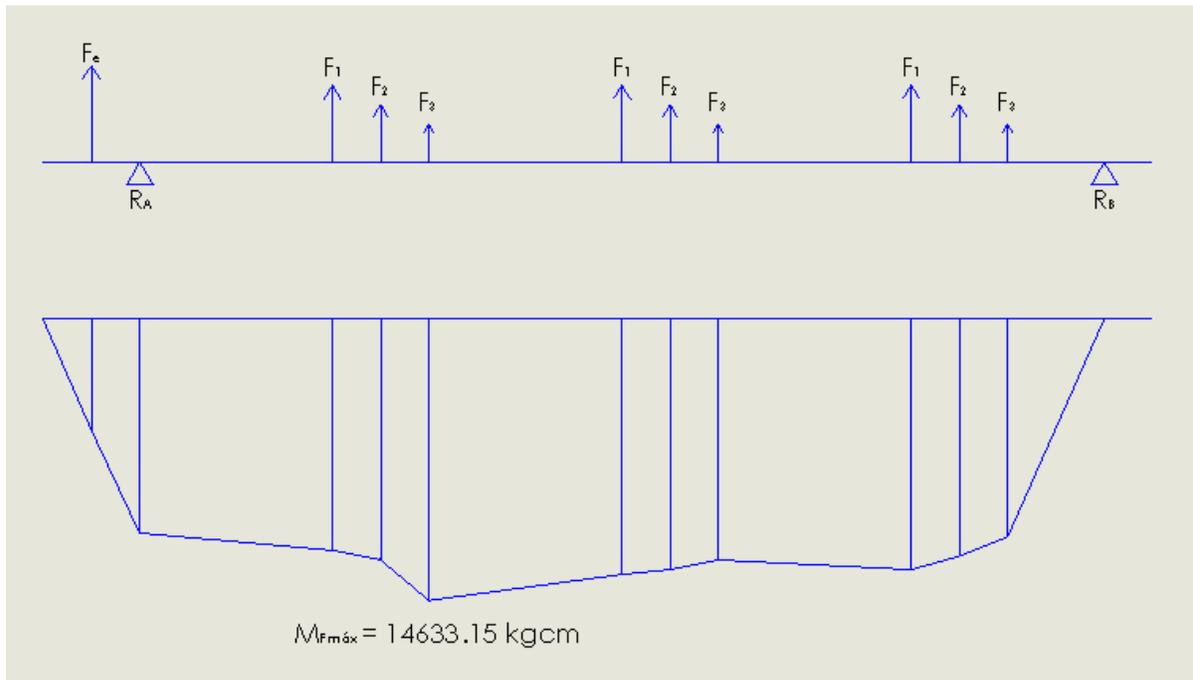


Figura 6.9. Diagrama de Momentos, Estado de Carga 4.

6.5 Estado de Carga 5

En la figura 6.10 se observa el diagrama de cuerpo libre correspondiente a este estado de cargas.

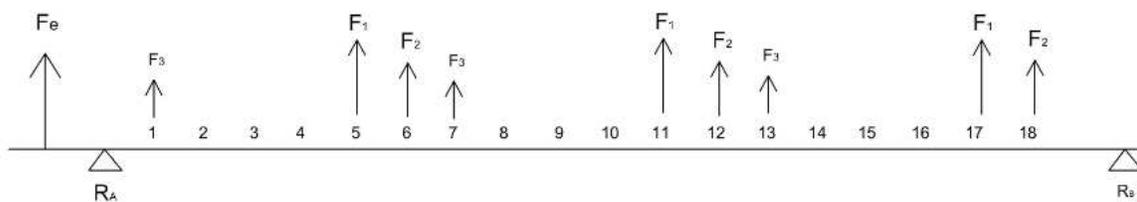


Figura 6.10. Estado de Carga 5.



Máquina Trituradora de Poda

$$F_E = 826.58 \text{ kg}$$

$$F_{C1} = 184.5 \text{ kg}$$

$$F_{C2} = 95.6 \text{ kg}$$

$$F_{C3} = 17.4 \text{ kg}$$

Reacciones:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_E \times d_1 + F_{C1} \times (d_5 + d_{11} + d_{17}) + F_{C2} \times (d_6 + d_{12} + d_{18}) + F_{C3} \times (d_1 + d_7 + d_{13}) - R_B \times d_{19} = 0$$

$$R_B = 567.07 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$F_E - 3 \times (F_{C1} + F_{C2} + F_{C3}) + R_B - R_A = 0$$

$$R_A = 501.15 \text{ kg}$$

Sección 1 $0 \leq X \leq 7 \text{ cm}$

$$\text{Momento Flector} = F_E \times X$$

$$\text{Para } X = 0 \quad \longrightarrow \quad M_F = 0$$

$$\text{Para } X = 7 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 5786.06 \text{ kgcm}$$

Sección 2 $7 \text{ cm} \leq X \leq 18.75 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 7 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 5786.06 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 18.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 9609.87 \text{ kgcm}$$



Máquina Trituradora de Poda

Sección 3 $18.75 \text{ cm} \leq X \leq 31.55 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 18.75 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 18.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 9609.87 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 31.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13552.64 \text{ kgcm}$$

Sección 4 $31.55 \text{ cm} \leq X \leq 34.75 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 31.55 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 31.55 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13552.64 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 34.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13947.94 \text{ kgcm}$$

Sección 5 $34.75 \text{ cm} \leq X \leq 37.95 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 34.75 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 34.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13947.94 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 37.95 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14037.31 \text{ kgcm}$$

Sección 6 $37.95 \text{ cm} \leq X \leq 50.75 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 37.95 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 37.95 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14037.31 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 50.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14172.1 \text{ kgcm}$$



Máquina Trituradora de Poda

Sección 7 $50.75 \text{ cm} \leq X \leq 53.95 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - \\ - F_2 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 50.75 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 50.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 14172.1 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 53.95 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13615.39 \text{ kgcm}$$

Sección 8 $53.95 \text{ cm} \leq X \leq 57.15 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - \\ - F_2 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 50.75 \text{ cm}) - \\ - F_2 \times (X - 53.95 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 53.95 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13615.39 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 57.15 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 12752.77 \text{ kgcm}$$

Sección 9 $57.15 \text{ cm} \leq X \leq 71.95 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - \\ - F_2 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 50.75 \text{ cm}) - \\ - F_2 \times (X - 53.95 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 57.15 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 57.15 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 12752.77 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 71.95 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 8505.61 \text{ kgcm}$$

Sección 10 $71.95 \text{ cm} \leq X \leq 75.15 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - \\ - F_2 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 50.75 \text{ cm}) - \\ - F_2 \times (X - 53.95 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 57.15 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 71.95 \text{ cm})$$



Máquina Trituradora de Poda

Para $X = 71.95 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 8505.61 \text{ kgcm}$

Para $X = 75.15 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 6992.1 \text{ kgcm}$

Sección 11 $75.15 \text{ cm} \leq X \leq 86.55 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} M_F = & F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 31.55 \text{ cm}) - \\ & - F_2 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 50.75 \text{ cm}) - \\ & - F_2 \times (X - 53.95 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 57.15 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 71.95 \text{ cm}) - \\ & - F_2 \times (X - 75.15 \text{ cm}) \end{aligned}$$

Para $X = 75.15 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 6992.1 \text{ kgcm}$

Para $X = 86.55 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = -17.33 \text{ kgcm}$

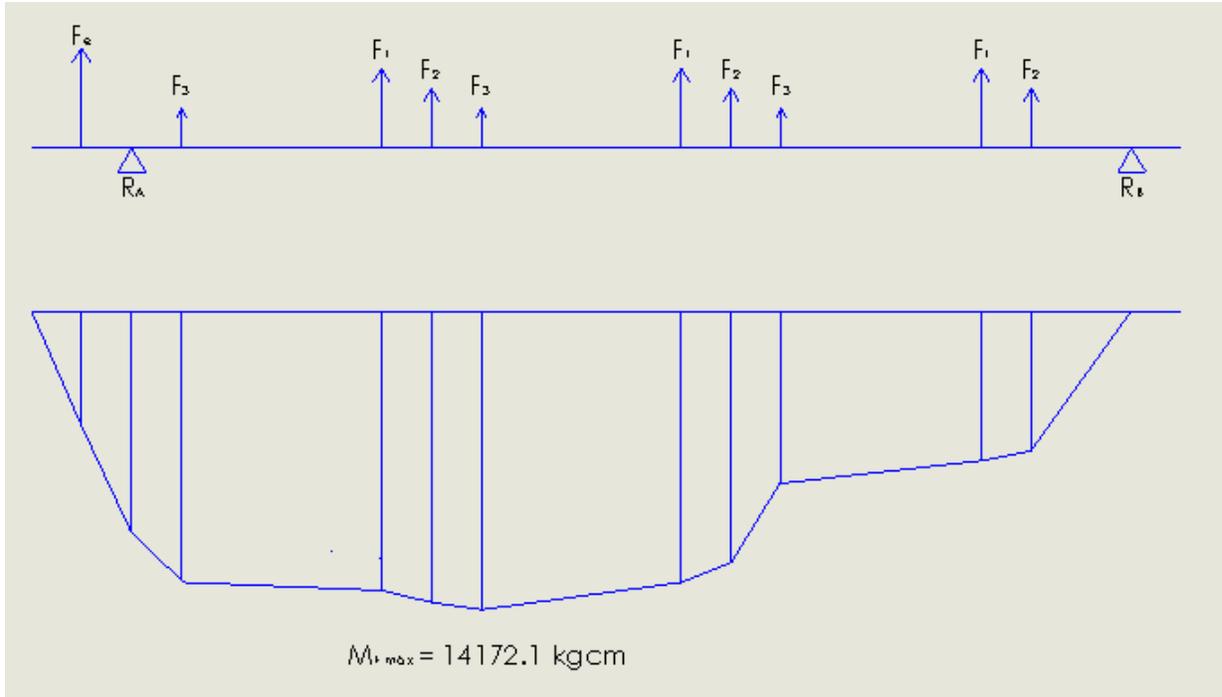


Figura 6.11. Diagrama de Momentos, Estado de Carga 5.



Máquina Trituradora de Poda

6.6 Estado de Carga 6

En la figura 6.12 se muestra el diagrama de cuerpo libre correspondiente a este estado de cargas.

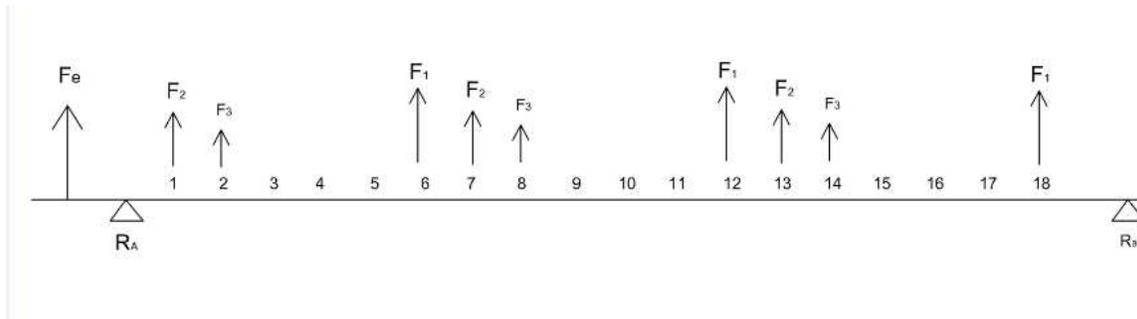


Figura 6.12. Estado de Carga 6.

$$F_E = 826.58 \text{ kg}$$

$$F_{C1} = 184.5 \text{ kg}$$

$$F_{C2} = 95.6 \text{ kg}$$

$$F_{C3} = 17.4 \text{ kg}$$

Reacciones:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_E \times d_1 + F_{C1} \times (d_6 + d_{12} + d_{18}) + F_{C2} \times (d_1 + d_7 + d_{13}) + F_{C3} \times (d_2 + d_8 + d_{14}) - R_B \times d_{19} = 0$$

$$R_B = 533.73 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$F_E - 3 \times (F_{C1} + F_{C2} + F_{C3}) + R_B - R_A = 0$$

$$R_A = 467.81 \text{ kg}$$



Máquina Trituradora de Poda

Sección 1 $0 \leq X \leq 7 \text{ cm}$

$$\text{Momento Flector} = F_E \times X$$

$$\text{Para } X = 0 \quad \longrightarrow \quad M_F = 0$$

$$\text{Para } X = 7 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 5786.06 \text{ kgcm}$$

Sección 2 $7 \text{ cm} \leq X \leq 18.75 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 7 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 5786.06 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 18.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 10001.6 \text{ kgcm}$$

Sección 3 $18.75 \text{ cm} \leq X \leq 21.95 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 18.75 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 18.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 10001.6 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 21.95 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 10843.75 \text{ kgcm}$$

Sección 4 $21.95 \text{ cm} \leq X \leq 34.75 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 21.95 \text{ cm})$$

$$\text{Para } X = 21.95 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 10843.75 \text{ kgcm}$$

$$\text{Para } X = 34.75 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad M_F = 13739.87 \text{ kgcm}$$



Máquina Trituradora de Poda

Sección 5 $34.75 \text{ cm} \leq X \leq 37.95 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 34.75 \text{ cm})$$

Para $X = 34.75 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 13739.87 \text{ kgcm}$

Para $X = 37.95 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 14185.67 \text{ kgcm}$

Sección 6 $37.95 \text{ cm} \leq X \leq 41.15 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 37.95 \text{ cm})$$

Para $X = 37.95 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 14185.67 \text{ kgcm}$

Para $X = 41.15 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 14075.81 \text{ kgcm}$

Sección 7 $41.15 \text{ cm} \leq X \leq 53.95 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 41.15 \text{ cm})$$

Para $X = 41.15 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 14075.81 \text{ kgcm}$

Para $X = 53.95 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 13413.67 \text{ kgcm}$

Sección 8 $53.95 \text{ cm} \leq X \leq 57.15 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 41.15 \text{ cm}) - F_1 \times (X - 53.95 \text{ cm})$$

Para $X = 53.95 \text{ cm}$ \longrightarrow $M_F = 13413.67 \text{ kgcm}$



Máquina Trituradora de Poda

Para $X = 57.15 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 12657.73 \text{ kgcm}$

Sección 9 $57.15 \text{ cm} \leq X \leq 60.35 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - \\ - F_1 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 41.15 \text{ cm}) - \\ - F_1 \times (X - 53.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 57.15 \text{ cm})$$

Para $X = 57.15 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 12657.73 \text{ kgcm}$

Para $X = 60.35 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 10415.07 \text{ kgcm}$

Sección 10 $60.35 \text{ cm} \leq X \leq 73.15 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - \\ - F_1 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 41.15 \text{ cm}) - \\ - F_1 \times (X - 53.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 57.15 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 60.35 \text{ cm})$$

Para $X = 60.35 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 10415.07 \text{ kgcm}$

Para $X = 73.15 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 7125.73 \text{ kgcm}$

Sección 11 $73.15 \text{ cm} \leq X \leq 86.55 \text{ cm}$

$$M_F = F_E \times X - R_A \times (X - 7 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 18.75 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 21.95 \text{ cm}) - \\ - F_1 \times (X - 34.75 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 37.95 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 41.15 \text{ cm}) - \\ - F_1 \times (X - 53.95 \text{ cm}) - F_2 \times (X - 57.15 \text{ cm}) - F_3 \times (X - 60.35 \text{ cm}) - \\ - F_1 \times (X - 73.15 \text{ cm})$$

Para $X = 73.15 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = 7125.73 \text{ kgcm}$

Para $X = 86.55 \text{ cm}$ $\longrightarrow M_F = -26.24 \text{ kgcm}$



Máquina Trituradora de Poda

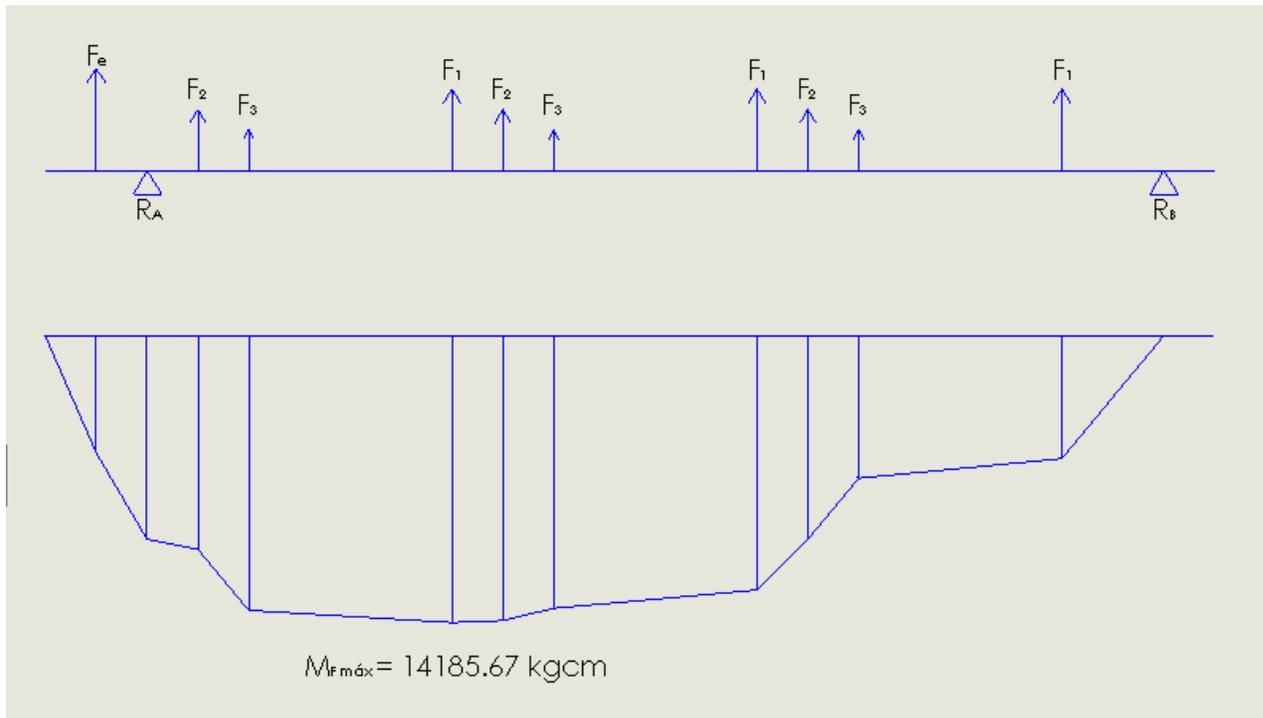


Figura 6.13. Diagrama de Momentos, Estado de Carga 6.

Se debe aclarar que para dimensionar el eje no se tuvo en cuenta el peso de las cuchillas ni de los separadores, ya que el peso total de todos ellos es alrededor de 7 kg.

6.7 Cálculo del eje por Fatiga

A continuación, se muestra una tabla, en la que están ordenados los momentos flectores en las distintas posiciones de cuchilla y estado de carga del eje.



Máquina Trituradora de Poda

Tabla 6.1. Momentos Flectores.

Posición de Cuchilla	Estado de carga 1	Estado de carga 2	Estado de carga 3	Estado de carga 4	Estado de carga 5	Estado de carga 6	Máxima diferencia
Apoyo A	5786.06	5786.06	5786.06	5786.06	5786.06	5786.06	0
Posición 1	11150.17				9609.87	10001.6	1540.3
Posición 2	12020.63	12077.6				10843.75	1233.85
Posición 3	12585.17	12833.9	12768				248.73
Posición 4		13173.36	13408.5	13231.87			176.63
Posición 5			13743.2	13757.47	13552.64		204.83
Posición 6				13977.15	13947.94	13739.85	237.3
Posición 7	14620.63	14037.31	14185.67				583.32
Posición 8	14539.09	14863.02				14075.81	787.21
Posición 9	14151.64	14482.81	14859.1				707.43
Posición 10		14165.68	14547.7	14633.15			467.47
Posición 11			13930.3	14206.75	14172.1		276.45
Posición 12				13474.43	13615.39	13413.67	201.72
Posición 13	12375.89				12752.77	12657.73	376.88
Posición 14	11345.5	11936.43				10495.07	1521.36
Posición 15	10006.1	11011.44	11238.2				1232.1
Posición 16		9326	9974.8	10322.43			996.43
Posición 17			8405.5	8947.87	8505.61		542.37
Posición 18				7259.71	6992.1	7125.73	267.61
Apoyo B	- 21.4	0.35	13.3	- 8.17	- 17.33	-26.24	12.94

En la tabla anterior hay dos recuadros, el que puede observarse resaltado en azul, corresponde a la máxima diferencia de momentos en el mismo punto, mientras que el rojo hace referencia al máximo momento flector a lo largo de todo el eje y de todos los estados de carga. A continuación, se verificará el diámetro del eje, mediante las ecuaciones de fatiga en ambos puntos, como así también en el apoyo A, ya que el eje posee más de un diámetro y se tendrá en cuenta para dimensionarlo el punto en el que el eje se vea más solicitado.

Como se observó en la figura 6.1, el eje tiene distintos diámetros a lo largo de su desarrollo, esto se debe a que, en el primer tramo, se monta el engranaje que transmitirá la potencia y el rodamiento que lo mantendrá unido a la estructura de la máquina. El esfuerzo



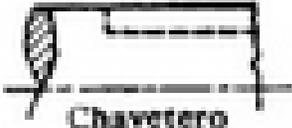
Máquina Trituradora de Poda

más grande que existe en este primer trayecto es constante y se encuentra precisamente en el apoyo, es decir, en el rodamiento.

Se propone utilizar el acero AISI 4140 con temple y revenido en aceite a 260°C, ya que es un acero al cromo molibdeno bonificado de alta resistencia mecánica. Si bien es un material difícil de mecanizar, se justifica su empleo para poder disminuir el diámetro y de esta manera bajar la cantidad de material necesario, además es un requerimiento geométrico que hace al conjunto.

$$\sigma_U = 18980 \text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_Y = 16943 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 6.2. AT13 Valores de K_F para chaveteros.



Chavetero de perfil



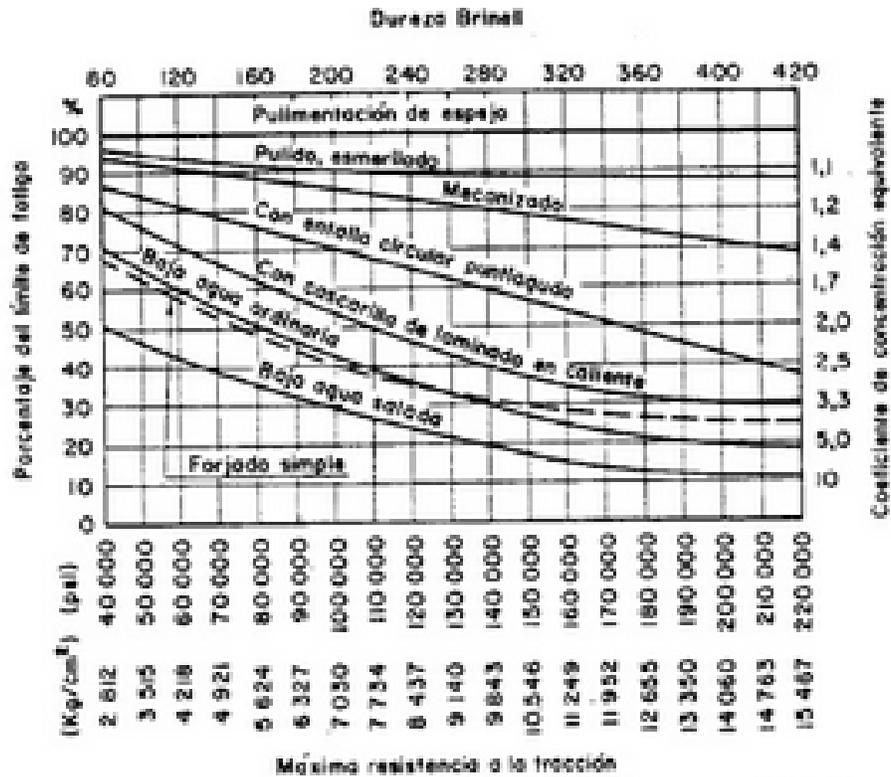
Chavetero de patín

CLASE DE CHAVETERO	RECOCIDO		ENDURECIDO	
	Flección	Torsión	Flección	Torsión
Perfil	1,6	1,3	2,0	1,6
De patín	1,3	1,3	1,6	1,6



Máquina Trituradora de Poda

Tabla 6.3. AF5 Terminación Superficial.



6.7.1 Dimensionamiento en el Apoyo A.

$$\sigma = \frac{MFC}{W}$$

Dónde:

D = Diámetro del Eje

W = Módulo Resistente

$$W = \frac{\pi \times D^3}{32}$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{5786.06 \times 32}{\pi \times D^3}$$



Máquina Trituradora de Poda

$$\sigma_{MAX} = \frac{58936.32}{D^3}$$

$$\sigma_{MIN} = \frac{5786.06 \times 32}{\pi \times D^3}$$

$$\sigma_{MIN} = \frac{58936.32}{D^3}$$

$$\sigma_M = \frac{\sigma_{MAX} - \sigma_{MIN}}{2} = \text{Tensión Media}$$

$$\sigma_A = \frac{\sigma_{MAX} + \sigma_{MIN}}{2} = \text{Tensión Alterna}$$

$$\sigma_M = 0$$

$$\sigma_A = \frac{58936.32}{D^3}$$

$$\sigma_E = \frac{\sigma_N}{\sigma_Y} \times \sigma_M + K_f \times \sigma_A = \text{Esfuerzo Equivalente}$$

Dónde:

$$\sigma_N = \sigma_N'' \times K_1 \times K_2 \times K_3$$

$$\sigma_N'' = 0.5 \times \sigma_U = 9490 \text{ kg/cm}^2$$

K_1 = Tabla AF5 Faires; Acabado = AFS Pulido Esmerilado = 1.1

K_2 = Diámetro $\geq 1/2''$ = 0.85

K_3 = Tipo de esfuerzo, flexión = 1

K_F = 1, ya que no tengo chaveta.

$$\sigma_N = 8873.15 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_E = \frac{58936.32}{D^3}$$

$$\sigma_S = \frac{T}{W_0} = \text{Esfuerzo por torsión}$$

$$W_0 = \frac{\pi \times D^3}{16} = \text{Resistencia por torsión}$$



Máquina Trituradora de Poda

$$T = 3719.63 \text{ kgcm}$$

$$\sigma_S = \frac{18943.92}{D^3}$$

σ_{MS} = Esfuerzo Medio por Torsión

$$\sigma_{MS} = \frac{\sigma_{SMAX} - \sigma_{SMIN}}{2} = 0, \text{ ya que no varía el torque } \sigma_{SMAX} = \sigma_{SMIN} = \sigma_S$$

$$\sigma_{AS} = \frac{\sigma_{SMAX} + \sigma_{SMIN}}{2} = \text{Esfuerzo Alterno por Torsión}$$

$$\sigma_{AS} = \frac{18943.92}{D^3}$$

$$\sigma_{ES} = \frac{\sigma_{NS}}{\sigma_{YS}} \times \sigma_{MS} + K_f \times \sigma_{AS} = \text{Esfuerzo Equivalente por Torsión.}$$

$$\sigma_{ES} = \frac{18943.92}{D^3}$$

Determinación del Diámetro

$$\frac{1}{N^2} = \left(\frac{\sigma_E}{\sigma_N}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{ES}}{\sigma_{NS}}\right)^2$$

$$\sigma_{NS} = 0.5 \times 0.6 \times \sigma_U = 5694 \text{ kg/cm}^2$$

N = Coeficiente de Seguridad = 1.5

$$D = 2.34 \text{ cm}$$

6.7.2 Dimensionamiento en Posición 1.

$$\sigma = \frac{MFC}{W}$$

Dónde:



Máquina Trituradora de Poda

D = Diámetro del Eje

W = Módulo Resistente

$$W = \frac{\pi \times D^3}{32}$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{11150.17 \times 32}{\pi \times D^3}$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{113574.69}{D^3}$$

$$\sigma_{MIN} = \frac{9609.87 \times 32}{\pi \times D^3}$$

$$\sigma_{MIN} = \frac{97885.33}{D^3}$$

$$\sigma_M = \frac{\sigma_{MAX} - \sigma_{MIN}}{2} = \text{Tensión Media}$$

$$\sigma_A = \frac{\sigma_{MAX} + \sigma_{MIN}}{2} = \text{Tensión Alterna}$$

$$\sigma_M = \frac{7844.68}{D^3}$$

$$\sigma_A = \frac{105730.01}{D^3}$$

$$\sigma_E = \frac{\sigma_N}{\sigma_Y} \times \sigma_M + K_f \times \sigma_A = \text{Esfuerzo Equivalente}$$

Dónde:

$$\sigma_N = \sigma_N'' \times K_1 \times K_2 \times K_3$$

$$\sigma_N'' = 0.5 \times \sigma_U = 9490 \text{ kg/cm}^2$$

K₁ = Tabla AF5 Faires; Acabado = AFS Pulido Esmerilado = 1.1

K₂ = Diámetro ≥ ½" = 0.85

K₃ = Tipo de esfuerzo, flexión = 1

K_F = Tabla AT13 Faires; Perfil, Recocido = 1.6



Máquina Trituradora de Poda

$$\sigma_N = 8873.15 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_E = \frac{173276.3}{D^3}$$

$$\sigma_S = \frac{T}{W_0} = \text{Esfuerzo por torsión}$$

$$W_0 = \frac{\pi \times D^3}{16} = \text{Resistencia por torsión}$$

$$T = 3719.63 \text{ kgcm.}$$

$$\sigma_S = \frac{18943.92}{D^3}$$

σ_{MS} = Esfuerzo Medio por Torsión

$$\sigma_{MS} = \frac{\sigma_{SMAX} - \sigma_{SMIN}}{2} = 0, \text{ ya que no varía el torque } \sigma_{SMAX} = \sigma_{SMIN} = \sigma_S$$

$$\sigma_{AS} = \frac{\sigma_{SMAX} + \sigma_{SMIN}}{2} = \text{Esfuerzo Alterno por Torsión}$$

$$\sigma_{AS} = \frac{18943.92}{D^3}$$

$$\sigma_{ES} = \frac{\sigma_{NS}}{\sigma_{YS}} \times \sigma_{MS} + K_f \times \sigma_{AS} = \text{Esfuerzo Equivalente por Torsión.}$$

$$\sigma_{ES} = \frac{30310.27}{D^3}$$

Determinación del Diámetro

$$\frac{1}{N^2} = \left(\frac{\sigma_E}{\sigma_N}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{ES}}{\sigma_{NS}}\right)^2$$

$$\sigma_{NS} = 0.5 \times 0.6 \times \sigma_U = 5694 \text{ kg/cm}^2$$

N = Coeficiente de Seguridad = 1.5

$$D = 3.12 \text{ cm.}$$



Máquina Trituradora de Poda

6.7.3 Dimensionamiento en Posición 8.

$$\sigma_{MAX} = \frac{14863.02 \times 32}{\pi \times D^3}$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{151393.47}{D^3}$$

$$\sigma_{MIN} = \frac{14075.81 \times 32}{\pi \times D^3}$$

$$\sigma_{MIN} = \frac{143375.02}{D^3}$$

$$\sigma_M = \frac{\sigma_{MAX} - \sigma_{MIN}}{2} = \text{Tensión Media}$$

$$\sigma_A = \frac{\sigma_{MAX} + \sigma_{MIN}}{2} = \text{Tensión Alterna}$$

$$\sigma_M = \frac{4009.13}{D^3}$$

$$\sigma_A = \frac{147384.24}{D^3}$$

$$\sigma_E = \frac{\sigma_N}{\sigma_Y} \times \sigma_M + K_f \times \sigma_A = \text{Esfuerzo Equivalente}$$

Dónde:

$$\sigma_N = \sigma_N'' \times K_1 \times K_2 \times K_3$$

$$\sigma_N'' = 0.5 \times \sigma_U = 9490 \text{ kg/cm}^2$$

K_1 = Tabla AF5 Faires; Acabado = AFS Pulido Esmerilado = 1.1

K_2 = Diámetro $\geq 1/2''$ = 0.85

K_3 = Tipo de esfuerzo, flexión = 1

K_f = Tabla AT13 Faires; Perfil, Recocido = 1.6

$$\sigma_N = 8873.15 \text{ kg/cm}^2$$



Máquina Trituradora de Poda

$$\sigma_E = \frac{237914.38}{D^3}$$

$$\sigma_S = \frac{T}{W_0} = \text{Esfuerzo por torsión}$$

$$W_0 = \frac{\pi \times D^3}{16} = \text{Resistencia por torsión}$$

$$T = 3719.63 \text{ kgcm.}$$

$$\sigma_S = \frac{18943.92}{D^3}$$

σ_{MS} = Esfuerzo Medio por Torsión

$$\sigma_{MS} = \frac{\sigma_{SMAX} - \sigma_{SMIN}}{2} = 0, \text{ ya que no varía el torque } \sigma_{SMAX} = \sigma_{SMIN} = \sigma_S$$

$$\sigma_{AS} = \frac{\sigma_{SMAX} + \sigma_{SMIN}}{2} = \text{Esfuerzo Alterno por Torsión}$$

$$\sigma_{AS} = \frac{18943.92}{D^3}$$

$$\sigma_{ES} = \frac{\sigma_{NS}}{\sigma_{YS}} \times \sigma_{MS} + K_f \times \sigma_{AS} = \text{Esfuerzo Equivalente por Torsión.}$$

$$\sigma_{ES} = \frac{30310.27}{D^3}$$

Determinación del Diámetro

$$\frac{1}{N^2} = \left(\frac{\sigma_E}{\sigma_N}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{ES}}{\sigma_{NS}}\right)^2$$

$$\sigma_{NS} = 0.5 \times 0.6 \times \sigma_U = 5694 \text{ kg/cm}^2$$

N = Coeficiente de Seguridad = 1.5

$$D = 3.45 \text{ cm.}$$



Máquina Trituradora de Poda

Como se puede observar, el diámetro mayor da en la posición 8, es decir, este es el punto en que más solicitado está el eje.

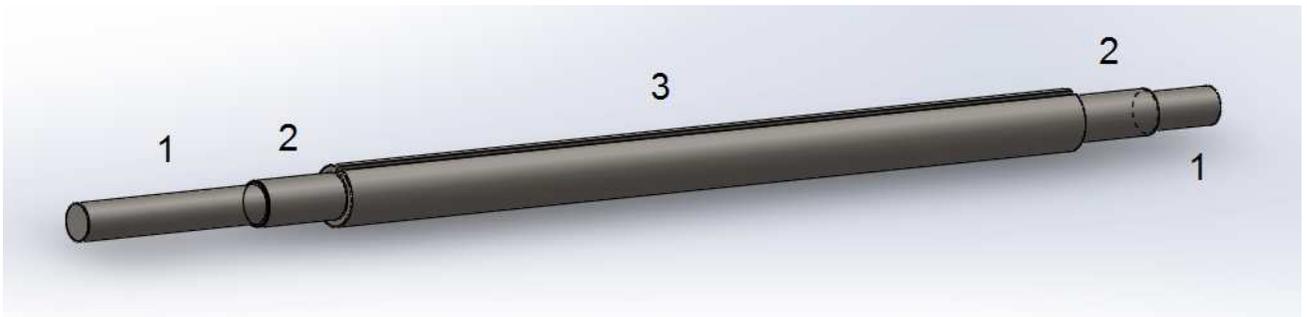


Figura 6.14. Vista de Secciones.

Por cuestiones de diseño, el eje va a contar con cinco secciones, la primera corresponde a la fijación del engranaje y del rodamiento, que fue dimensionada anteriormente y es igual a 25 mm, como puede observarse en la figura 6.14. La última sección, en la que va montado el otro rodamiento, tiene también un número 1 ya y el diámetro es el mismo. Luego se encuentra un segundo tramo, (2) el mismo está roscado con M30 x 3.5 para poder colocar tuerca y contratuerca, cuya función es mantener las cuchillas y separadores en su lugar; no existen esfuerzos axiales, pero sí puede haber pequeños desplazamientos, esto se repite en el eje y se puede observar mediante el segundo número 2 en la figura.

La sección 3 es el trecho más crítico del eje; los cálculos por fatiga, tomando un coeficiente de seguridad de 1.5, indican que el diámetro debe ser 34,5 mm. Sobre este tramo se debe realizar una ranura de 5 mm de profundidad, en la que se va a alojar la chaveta que vincula el eje con las cuchillas; debido a esto, se define como diámetro del eje en el tramo 40 mm. De esta manera, se mantiene la zona de seguridad.

A continuación, se agrega estudio de eje en Solid Works, el mismo se realizó simulando el estado de carga para la posición 8 que como se demostró en párrafos anteriores, corresponde a la más solicitada por el eje.



Máquina Trituradora de Poda

En la primer Figura observamos un detalle de las tensiones las cuales no superan el límite elástico admisible, por lo que corrobora los cálculos realizados a mano.

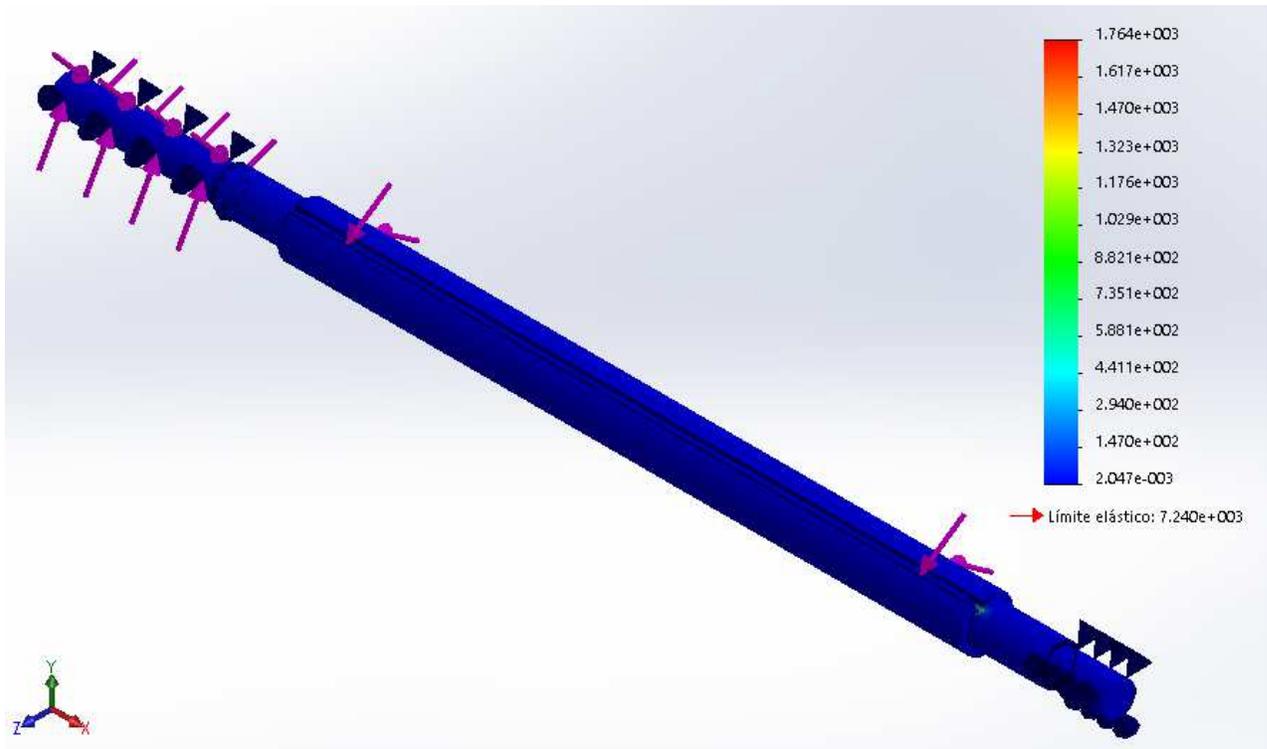


Figura 6.15. Simulación en Software de Tensiones del Eje de Corte.

En la Figura a continuación, se detallan las deformaciones obtenidas del ensayo, donde se puede observar que existe una deformación máxima de 2.63 mm, se considera que la misma está dentro de los parámetros aceptados ya que esta deformación no impide que la pieza pueda desarrollar su normal desempeño.



Máquina Trituradora de Poda

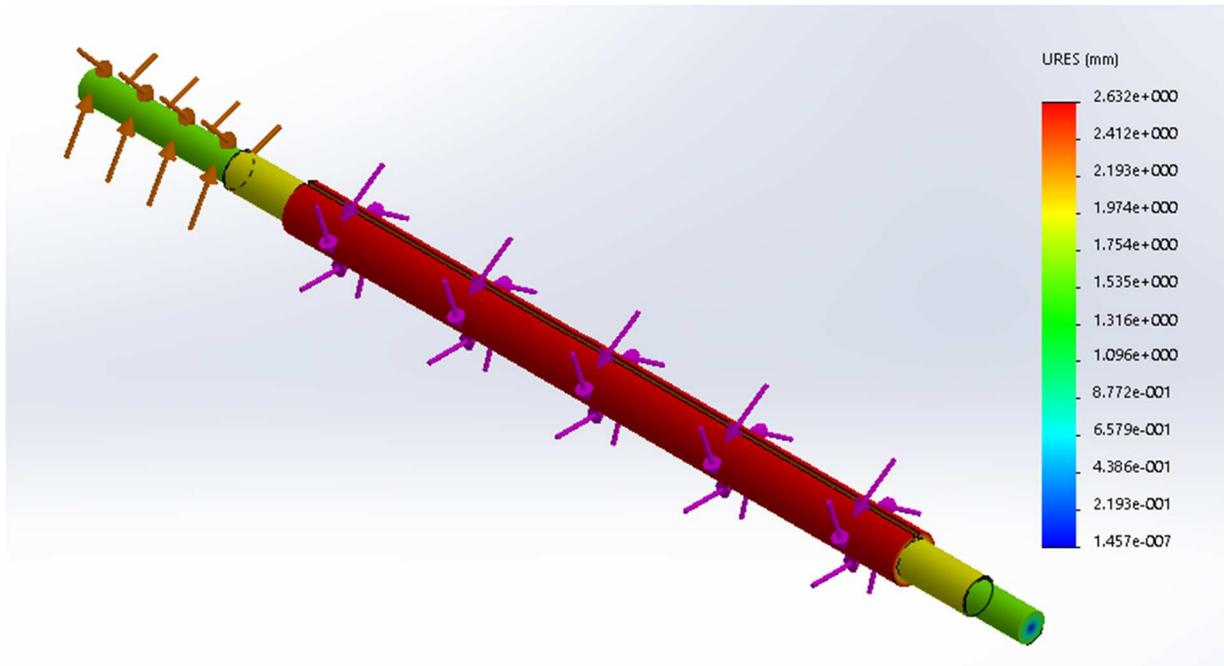


Figura 6.16. Simulación en Software de las Deformaciones del Eje de Corte.

Una vez calculado el eje principal de corte, en el capítulo siguiente se presentará la selección de rodamientos.



Capítulo VII

Selección de Rodamientos



CAPITULO VII

Selección de rodamientos

En este capítulo se presenta la selección de los rodamientos que se alojan en el eje principal de corte, vinculándolo con la bancada de la máquina. Para determinar el rodamiento se siguió el procedimiento que presenta el manual de SKF (Copyright SKF 2005). Primero se deben establecer dos cargas: por un lado, la carga combinada, y por otro, la carga estática. Esta última no se considera, ya que es muy pequeña. Luego, se establece la seguridad de carga y con el diámetro del eje se selecciona del catálogo el rodamiento adecuado.

7.1 Carga Combinada

Una carga combinada consta de una carga radial y una carga axial que actúan simultáneamente, afectadas de un coeficiente.

$P = X \times F_R + Y \times F_A =$ Carga Equivalente.

Dónde:

$F_R =$ Fuerzas Radiales = 576.07 Kg.

$F_A =$ Fuerzas Axiales = 0, ya que no existen esfuerzos axiales.

X e Y = Coeficientes.

X = 1, ya que se utilizará un rodamiento rígido de bolas. (ver tabla)

P = 576.07 Kg.



Máquina Trituradora de Poda

Tabla 7.1. Coeficientes radial y axial de rodamientos.

Rodamientos de bolas					
Tipos de rodamientos	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$ $\frac{F_a}{F_r} > e$				e
	X	Y	X	Y	
Rodamientos rígidos de bolas Series EL, R, 160,60, 62, 63, 64, $\frac{F_a}{C_o} = 0'025$ $= 0'04$ $= 0'07$ $= 0'13$ $= 0'25$ $= 0'5$				2	0'22
				1'8	0'24
				1'6	0'27
	1	0	0'56	1'4	0'31
				1'2	0'37
				1	0'44
Rodamiento de bolas a rótula 135, 126, 127, 108, 129 1200-1203 04-05 06-07 08-09 10-12 13-22 24-30 2200-2204 05-07 08-09 10-13 14-20	1	1'8	0'65	2'8	0'34
		2		3'1	0'31
		2'3		3'6	0'27
		2'7		4'2	0'23
	1	2'9	0'65	4'5	0'21
		3'4		5'2	0'19
		3'6		5'6	0'17
		3'3		5	0'2
		1'3		2	0'5
		1'7		2'6	0'37
		2		3'1	0'31
	1	2'3	0'65	3'5	0'28
		2'4		3'8	0'26

7.2 Seguridad de Carga

Se decidió que la vida útil del rodamiento sea de 8 hs. diarias durante 10 años, lo que es igual a 32000 hs. a lo que le corresponde un coeficiente de seguridad de carga de 6.20, para las 120 rpm a las que va a estar siendo solicitado el rodamiento. En la tabla 7.2.a continuación, se puede observar este dato.



Máquina Trituradora de Poda

Tabla 7.2. Coeficientes de Seguridad de Carga.

Duración L_{10h}	Velocidad de giro n [min^{-1}]													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
h														
100	-	-	-	-	-	-	-	-	1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500	-	-	-	1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1 000	-	-	1,15	1,34	1,56	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1 250	-	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63
1 600	-	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91
2 000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23
2 500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
3 200	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93
4 000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5 000	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6 300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8 000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10 000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23
12 500	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81
16 000	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	4,93	5,23	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43
20 000	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11
25 000	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83
32 000	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6
40 000	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5
50 000	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
63 000	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
80 000	3,36	4,23	4,93	5,75	6,70	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
100 000	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
200 000	4,93	5,75	6,70	7,81	9,11	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6

$$S_c = \frac{C}{P}$$

C = Carga Combinada.

$$C = S_c \times P = 3515.83 \text{ kg.}$$

$$C = 0.35 \text{ KN.}$$

Con el dato obtenido y sabiendo que el diámetro interno del rodamiento debe ser de 25 mm, se consulta el catálogo de SKF y se selecciona rodamiento W 6005 2RS; este admite una carga combinada de 8.52 KN y cuenta con ambas caras protegidas, ya que el ambiente en el que van a trabajar se encuentra lleno de polvo, lo que es determinante en la vida útil de los rodamientos.

Una vez seleccionados los rodamientos, en el capítulo siguiente se describe la caja de reducción de velocidad del eje de corte.



Capítulo VIII

Caja de Reducción



CAPITULO VIII

Caja de Reducción

Este capítulo describe el cálculo de los engranajes que combinados van a reducir diez veces la velocidad entregada por el motor. Los motores eléctricos que existen en el mercado tienen una cierta cantidad de revoluciones por minutos (rpm), que son elevadas para los requerimientos de la máquina trituradora de poda, por lo que se optó por instalar una caja reductora de revoluciones como nexo entre la fuente de energía mecánica y el eje de corte.

Primero se debe conocer el motor seleccionado y en base a su velocidad de giro hacer la reducción adecuada para el trabajo deseado. El motor seleccionado es de la marca ABB, trifásico, de 5.4 hp, ya que lo requerido es de 5.20 hp, 6 polos lo que va a girar a 1000 rpm, totalmente cerrado con ventilación exterior, con aislamiento clase F (<http://www2.electron.frba.utn.edu.ar/archivos/Motores.pdf>).



Figura 8.1. Motor Trifásico ABB.



Máquina Trituradora de Poda

En la tabla siguiente se puede observar el catálogo de Siemens de donde se realizó la elección del motor.

Tabla 8.1. Catálogo Motores Trifásicos ABB.

Potencia			Eficiencia [%]				Factor de potencia				Corriente			Torque			Momento de inercia	Peso	Ruido
[kW]	[HP]	Tipo	% de la potencia nominal		% de la potencia nominal		FS		In	Is	Ivacio	Tn	Ts	Tmax	J=1/4GD2	[kg]	[dBA]		
6 polos = 1000 r/min			400 V		50 Hz		Diseño básico												
r/min	50	75	100	50	75	100	FS	[A]	In	[A]	[Nm]	Tn	Tn	Tn	[kgm2]	[kg]	[dBA]		
0,18	0,24	M2QA 71 M6A	910	43,6	50,1	55,0	0,41	0,53	0,65	1,15	0,73	4,0	0,7	1,9	1,8	2,4	0,00056	10	42
0,25	0,34	M2QA 71 M6B	890	50,0	58,3	60,0	0,47	0,61	0,65	1,15	0,93	4,0	0,8	2,7	1,8	2,5	0,00074	11	42
0,37	0,5	M2QA 80 M6A	930	58,6	63,2	63,0	0,46	0,58	0,66	1,15	1,3	5,0	1,0	3,8	1,9	2,0	0,00159	17	45
0,55	0,74	M2QA 80 M6B	925	60,0	65,1	65,0	0,48	0,59	0,68	1,15	1,8	5,0	1,4	5,7	1,9	1,8	0,00196	18	45
0,75	1	M2QA 90 S6A	920	66,4	70,2	71,0	0,52	0,65	0,72	1,15	2,1	5,0	1,5	7,8	2,0	2,3	0,00292	21	48
1,1	1,5	M2QA 90 L6A	920	71,2	73,1	73,0	0,53	0,67	0,74	1,15	2,9	5,0	2,1	11,4	2,0	2,6	0,00379	25	48
1,5	2	M2QA 100 L6A	940	71,6	75,3	76,0	0,55	0,68	0,77	1,15	3,8	5,5	2,3	15,2	2,0	2,4	0,00999	32	51
2,2	2,9	M2QA 112 M6A	940	76,9	81,2	80,0	0,60	0,72	0,76	1,15	5,2	5,5	3,1	22,3	2,0	2,3	0,03116	40	54
3	4	M2QA 132 S6A	960	82,1	83,5	82,5	0,60	0,73	0,78	1,15	6,7	6,5	3,8	29,8	2,0	2,4	0,03116	55	56
4	5,4	M2QA 132 M6A	960	80,7	84,2	84,0	0,63	0,76	0,77	1,15	8,9	6,5	6,0	40	2,0	2,9	0,04074	65	56
5,5	7,4	M2QA 132 M6B	960	84,7	85,6	86,0	0,66	0,77	0,79	1,15	11,7	6,5	6,0	55	2,0	3,0	0,05332	75	56
7,5	10	M2QA 160 M6A	970	85,7	88,3	88,0	0,61	0,74	0,78	1,15	15,8	6,0	8,6	74	2,0	2,3	0,09231	119	61
11	15	M2QA 160 L6A	970	86,3	88,6	88,5	0,61	0,73	0,78	1,15	23,0	6,0	12,3	108	2,2	2,4	0,12970	140	62
15	20	M2QA 180 L6A	980	88,3	89,1	89,0	0,67	0,77	0,82	1,15	29,7	6,0	13,9	146	2,3	2,9	0,24180	180	63
18,5	25	M2QA 200 L6A	980	89,6	90,2	90,3	0,71	0,79	0,82	1,15	36	6,0	16,4	180	2,2	2,5	0,34174	231	64
22	29	M2QA 200 L6B	980	89,0	90,3	90,4	0,72	0,80	0,83	1,15	42	6,0	18,6	214	2,1	3,2	0,46837	254	64
30	40	M2QA 225 M6A	985	86,3	89,9	91,5	0,69	0,80	0,81	1,15	58	7,0	16,3	291	2,2	2,9	0,62691	308	66
37	50	M2QA 250 M6A	980	91,7	92,4	92,2	0,77	0,83	0,88	1,15	66	6,8	19,1	361	2,3	2,6	0,97000	382	68
45	60	M2QA 280 S6A	982	90,0	91,2	92,6	0,70	0,78	0,86	1,15	82	6,5	23,8	438	2,3	2,2	1,25000	482	69
55	74	M2QA 280 M6A	982	91,0	91,2	93,0	0,78	0,83	0,87	1,15	98	7,0	32	535	2,3	2,5	1,48500	532	70
75	101	M2QA 315 S6A	990	90,6	93,2	93,5	0,76	0,84	0,86	1,15	135	7,4	41	723	2,0	2,7	31,9420	920	70
90	121	M2QA 315 M6A	990	90,1	91,9	93,8	0,80	0,84	0,86	1,15	162	7,4	51	868	2,0	2,7	0,37230	1010	70
110	147	M2QA 315 L6A	990	92,6	93,5	94,3	0,82	0,86	0,87	1,15	194	6,8	54	1061	2,0	2,9	4,25640	1060	70
132	177	M2QA 315 L6B	990	92,9	93,8	94,5	0,82	0,86	0,87	1,15	232	6,8	66	1273	2,0	2,7	5,15770	1120	70
160	214	M2QA 355 M6A*	990	92,7	93,9	94,7	0,81	0,87	0,89	1,15	274	6,8	104	1543	2,1	2,4	0,00078	1360	75
200	268	M2QA 355 M6B*	990	92,9	94,0	94,9	0,81	0,87	0,89	1,15	341	6,7	130	1929	2,0	2,3	9,10000	1551	75
250	335	M2QA 355 L6A*	990	93,1	94,2	95,1	0,81	0,87	0,89	1,15	421	6,7	160	2411	2,0	2,4	11,40000	2057	75
6 polos = 1000 r/min			400 V		50 Hz		Diseño de alta potencia												
3	4	M2QA 112 M6B*	950	73,0	77,0	77,0	0,54	0,68	0,76	1	740	6,5	407	30	1,9	2,1	0,01990	45	56
6,5	8,7	M2QA 132 M6C*	970	80,0	84,0	83,0	0,58	0,71	0,78	1	14,5	6,5	7,2	64	1,9	2,1	0,06110	75	59

En la siguiente Figura podemos observar el esquema de los engranajes propuestos y su combinación.



Máquina Trituradora de Poda

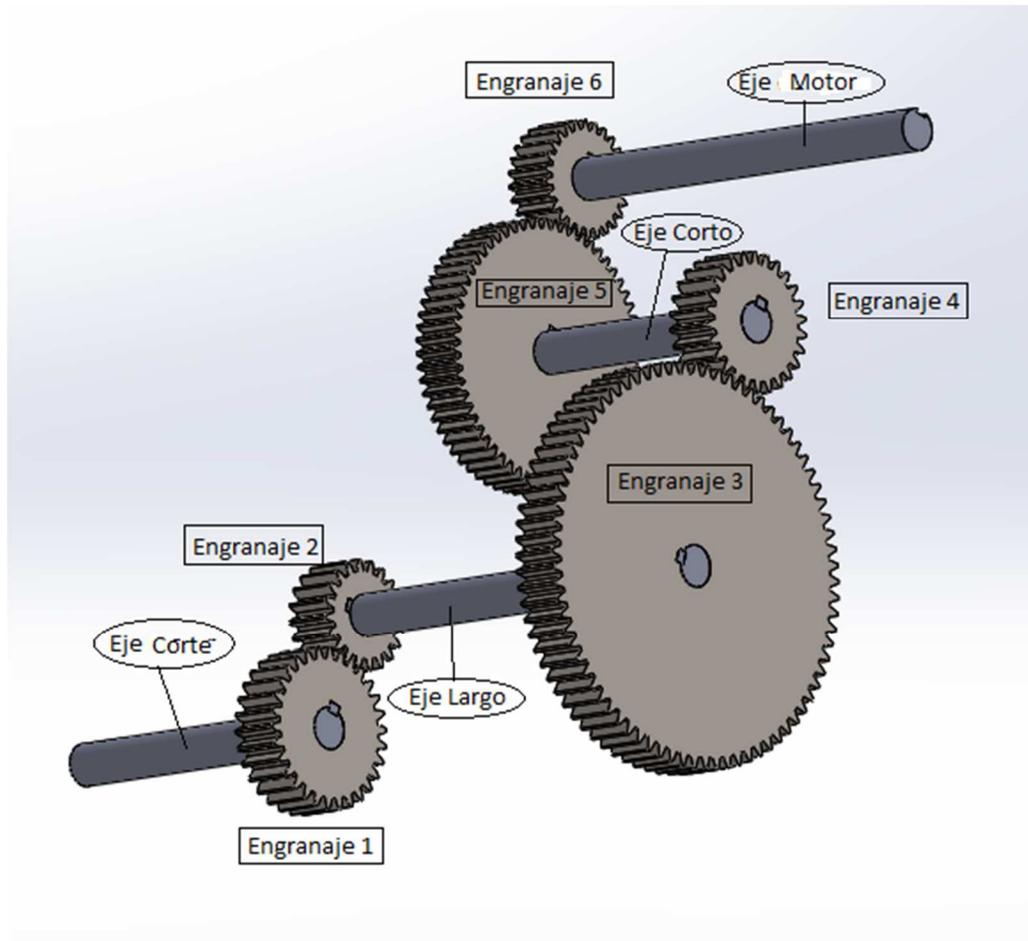


Figura 8.2. Esquema de Engranajes.

A continuación, se describe el cálculo de los seis engranajes que combinados efectuarán la reducción de velocidad necesaria para el funcionamiento correcto de la máquina.

8.1 Engranaje 1

Este engranaje es el que va montado sobre el Eje de Corte, que a través del acople flexible se vincula al Eje Principal de Corte; este se verificará siguiendo los pasos



Máquina Trituradora de Poda

establecidos en Faires (1997). Se comienza estableciendo algunos parámetros y se los verificará.

b = base del engranaje.

D = diámetro primitivo.

CV = es la potencia que deberá transmitir.

M = módulo del engranaje.

Existe una relación entre el módulo y la base, es decir al establecer uno, por defecto, se obtiene el otro.

$$8 M \leq b \leq 12.5 M$$

$$b = 30 \text{ mm.}$$

$$M = 3 \text{ m.}$$

$$D = 90 \text{ mm.}$$

$$CV = 5.2$$

$$M = \frac{D}{N^{\circ} \text{ Dientes}}$$

$$N^{\circ} \text{ Dientes} = \frac{D}{M} = 30 \text{ dientes.}$$

8.1.1 Carga Transmitida

La carga transmitida es la fuerza tangencial media en los dientes. Se obtiene por la potencia o por el momento torsional aplicado. Aunque la fuerza aplicada varía una cierta cantidad cuando el punto de aplicación se desplaza desde la parte superior al fondo del diente, o viceversa; en el proyecto se utiliza la fuerza nominal actuante en la circunferencia primitiva.

$$F_T = \frac{4500 \times CV}{V_m}$$



Máquina Trituradora de Poda

V_M = velocidad media en la circunferencia primitiva en metros por minutos.

$$V_M = \pi \times D \times n_M$$

n_M = número de revoluciones por minuto = 111 rpm

$$V_M = \pi \times 0.09 \text{ m.} \times 111 \text{ rpm}$$

$$V_M = 31.66 \text{ mpm.}$$

$$F_T = \frac{4500 \times 5,2 \text{ CV}}{31.66 \text{ mpm}}$$

$$F_T = 885.5 \text{ kg.}$$

8.1.2 Carga Dinámica

Se considera que la carga dinámica está constituida por la carga transmitida, más un incremento dinámico de carga, consecuencia de las diversas inexactitudes y correspondientes aceleraciones que intervienen.

$$F_D = F_T + \frac{0.164 \times V_m \times (b \times C + F_T)}{0.164 \times V_m + 1.484 \times (b \times C + F_T)^{1/2}}$$

C = función (en kg por centímetro) de la magnitud del error y de los módulos de elasticidad en (kg / cm²) de los materiales de los engranajes.

$$C = \frac{K \times E_g \times E_p}{E_g \times E_p}$$

K = constante, para dientes de 20° y altura completa = 0.111 x e

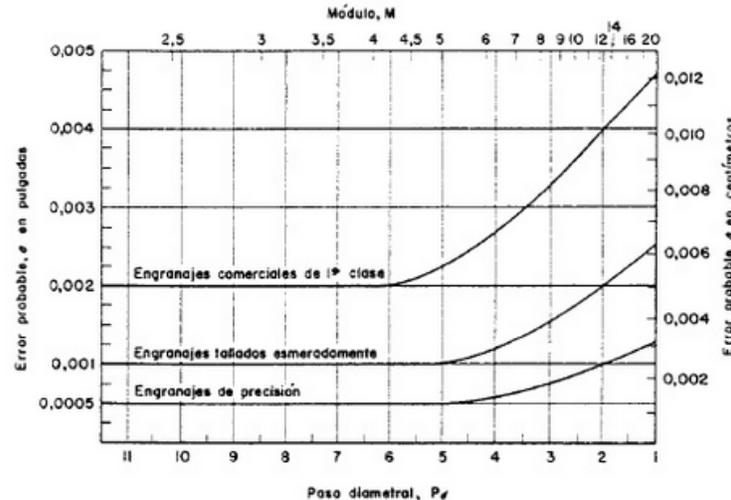
e = error efectivo o total compuesto del diente. (ver tabla 10.2)

$$K = 5.55 \times 10^{-4} \text{ cm.}$$



Máquina Trituradora de Poda

Tabla 8.2. Errores probables en perfiles de dientes.



E_g = Módulo de elasticidad de la Corona.

E_p = Módulo de elasticidad del Piñón.

$$C = \frac{5.55 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2}{2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 + 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2}$$

$C = 582.75 \text{ kg/cm}$.

$$F_D = 885.5 \text{ kg} + \frac{0.164 \times 31.66 \text{ mpm} \times (3 \text{ cm} \times 582.75 \text{ kg/cm} + 885.5 \text{ kg})}{0.164 \times 31.66 \text{ mpm} + 1.484 \times (3 \text{ cm} \times 582.75 \text{ kg/cm} + 885.5 \text{ kg})^{1/2}}$$

$$F_D = 973.96 \text{ kg}$$

8.1.3 Resistencia del Diente

En ausencia de rozamiento, la fuerza resultante F_s que actúa sobre el diente del engranaje está situada sobre la línea generatriz o línea de presión en un engranaje envolvente y su línea de aplicación se desplaza desde la parte superior a la parte inferior del mismo. Se supone que la carga está distribuida uniformemente en voladizo.



Máquina Trituradora de Poda

$$F_s = \frac{S \times b \times Y \times M}{10 \times K_f}$$

Dónde:

Y = valores del factor de forma (ver tabla 10.3) = 0.399

S = Resistencia del material = 0.5 x S_U

AISI 8620; S_U = 13217 kg/cm².

S = 13217 kg/cm² x 0.5 = 6608,5 kg/cm²

K_f= coeficiente de reducción de resistencia, cuando la carga es aplicada en la punta del diente, el valor de K_f debe estar en entre 1.2 y 1.7

Tabla 8.3. Factor de forma.

FD = altura completa («full depth»)

NÚM. DE DIENTES	CARGA EN LA PUNTA			CARGA CERCA DEL CENTRO		NÚM. DE DIENTES	CARGA EN LA PUNTA			CARGA CERCA DEL CENTRO	
	14½° FD	20° FD	20° Corto	14½° FD	20° FD		14½° FD	20° FD	20° Corto	14½° FD	20° FD
10	0,176	0,201	0,261			32	0,322	0,364	0,443	0,547	0,617
11	0,192	0,226	0,289			33	0,324	0,367	0,445	0,550	0,623
12	0,210	0,245	0,311	0,355	0,415	35	0,327	0,373	0,449	0,556	0,633
13	0,223	0,264	0,324	0,377	0,443	37	0,330	0,380	0,454	0,563	0,645
14	0,236	0,276	0,339	0,399	0,468	39	0,335	0,386	0,457	0,568	0,655
15	0,245	0,289	0,349	0,415	0,490	40	0,336	0,389	0,459	0,570	0,659
16	0,255	0,295	0,360	0,430	0,503	45	0,340	0,399	0,468	0,579	0,678
17	0,264	0,302	0,368	0,446	0,512	50	0,346	0,408	0,474	0,588	0,694
18	0,270	0,308	0,377	0,459	0,522	55	0,352	0,415	0,480	0,596	0,704
19	0,277	0,314	0,386	0,471	0,534	60	0,355	0,421	0,484	0,603	0,713
20	0,283	0,320	0,393	0,481	0,544	65	0,358	0,425	0,488	0,607	0,721
21	0,289	0,326	0,399	0,490	0,553	70	0,360	0,429	0,493	0,610	0,728
22	0,292	0,330	0,404	0,496	0,559	75	0,361	0,433	0,496	0,613	0,735
23	0,296	0,333	0,408	0,502	0,565	80	0,363	0,436	0,499	0,615	0,739
24	0,302	0,337	0,411	0,509	0,572	90	0,366	0,442	0,503	0,619	0,747
25	0,305	0,340	0,416	0,515	0,580	100	0,368	0,446	0,506	0,622	0,755
26	0,308	0,344	0,421	0,522	0,588	150	0,375	0,458	0,518	0,635	0,779
27	0,311	0,348	0,426	0,528	0,592	200	0,378	0,463	0,524	0,640	0,787
28	0,314	0,352	0,430	0,534	0,597	300	0,382	0,471	0,534	0,650	0,801
29	0,316	0,355	0,434	0,537	0,602	Crema-					
30	0,318	0,358	0,437	0,540	0,606	llera	0,390	0,484	0,550	0,660	0,823



Máquina Trituradora de Poda

$$F_S = \frac{6608,5 \text{ kg/cm}^2 \times 3 \text{ cm} \times 0.358 \times 3}{10 \times 1.5}$$

$$F_S = 1419,5 \text{ kg.}$$

8.1.4 Carga Límite Respecto al Desgaste

El tipo de desgaste que aquí se señala es el que se producirá a causa de un fallo por fatiga del material de la superficie, a consecuencia de elevados esfuerzos de contacto, fenómeno llamado “picado”.

$$F_w = D_p \times b \times Q \times K_g$$

Dónde:

$$Q = \frac{2 \times D_g}{D_g + D_p} = 1.2$$

D_g = diámetro primitivo de la corona.

D_p = diámetro primitivo del piñón.

K_g = coeficiente de desgaste para el engranaje. (ver tabla 10.4).



Máquina Trituradora de Poda

Tabla 8.4. Valores del coeficiente del límite de carga de desgaste.

COMBINACIONES DE MATERIALES (BHN) Y DURACIÓN	PARA ECUACIONES EN UNIDADES MÉTRICAS		PARA ECUACIONES EN UNIDADES INGLÉSAS	
	F_w superficial kg/cm ²	K_g 14 $\frac{1}{2}$ " 20"	F_w superficial ksi	K_g 14 $\frac{1}{2}$ " 20"
<i>Ambas ruedas dentadas de acero:</i>				
Suma de BHN = 300, 10 ⁶ ciclos		4,43 6,04		63 86
Ditto, 10 ⁷ ciclos		2,81 3,79		40 54
Ditto, 4 × 10 ⁷ ciclos o más	3 515	2,11 2,88	50	30 41
Suma de BHN = 350	4 218	3,02 4,07	60	43 58
Suma de BHN = 400, 10 ⁶ ciclos		8,36 11,38		119 162
Ditto, 10 ⁷ ciclos		5,27 7,17		75 102
Ditto, 4 × 10 ⁷ ciclos o más	4 921	4,07 5,55	70	58 79
Suma de BHN = 450	5 624	5,34 7,24	80	76 103
Suma de BHN = 500	6 327	6,75 9,21	90	96 131
Suma de BHN = 550	7 030	8,36 11,38	100	119 162
Suma de BHN = 600, 10 ⁶ ciclos		20,52 28,12		292 400
Ditto, 10 ⁷ ciclos		13,00 17,71		185 252
Ditto, 4 × 10 ⁷ ciclos o más	7 734	10,12 13,78	110	144 196
Suma de BHN = 650	8 437	12,02 16,38	120	171 233
Suma de BHN = 700	9 140	13,78 18,98	130	196 270
Suma de BHN = 750	9 843	16,38 22,35	140	233 318
Suma de BHN = 800	10 546	18,84 25,73	150	268 366
Acero (500) y acero (350)	10 194	17,57 24,04	145	250 342
Acero (450) y el mismo	11 952	24,18 33,04	170	344 470
Acero (500), endurecido por inducción, y el mismo, 10 ⁷ ciclos		61,87 83,66		880 1190
Ditto, 10 ⁶ ciclos		47,10 64,68		670 920
Ditto, 10 ⁸ ciclos		28,47 39,01		405 555
Acero (600), superficie endurecida cementada, y el mismo, 10 ⁷ ciclos		86,48 118,11		1230 1680
Ditto, 10 ⁶ ciclos		66,09 89,99		940 1280
Ditto, 10 ⁸ ciclos		38,67 52,73		550 750
Acero (150) y hierro fundido	3 515	3,09 4,21	50	44 60
Acero (250) y hierro fundido al Ni, con tratamiento térmico	6 327	10,54 14,41	90	150 205
Acero (630) y bronce fosforoso SAE 65 (67) *		3,72 5,06		53 72
Acero (250 y más) y bronce fosforoso endurecido	5 835	9,00 12,30	83	128 175
Acero (630) y laminado fenólico *		3,23 4,50		46 64
Hierro fundido, clase 20, y el mismo *		5,69 7,87		81 112
Hierro fundido y el mismo, 10 ⁶ ciclos		26,43 36,20		376 515
Ditto, 10 ⁷ ciclos		14,90 20,38		212 290
Ditto, 4 × 10 ⁷ ciclos **		10,54 14,41		150 205
Hierro fundido con chatarra de acero y el mismo		11,95 16,17		170 230
Hierro fundido, clase 30, bainíticamente templado (270) y el mismo *		15,74 21,51		224 306
G. M. Meehanite (190) y el mismo *		7,31 9,98		104 142
Fundición de hierro nodular 80-60-03 (210) y el mismo *		12,65 17,43		180 248
Hierro fundido y bronce fosforoso	5 835	11,95 16,45	83	170 234
Hierro fundido, clase 30 (340) y aluminio fundido, SAE, 39 (60) *		1,12 1,54		16 22

* Estos valores son adaptados de Cram [13,12].

$K_g = 64,68 \text{ kg/cm}^2$ ya que el material es endurecido a 388 BHN.

$F_w = 9 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 1.2 \times 64,68 \text{ kg/cm}^2$

$F_w = 2095,63 \text{ kg.}$



Máquina Trituradora de Poda

$$F_s > F_D$$

$$F_w > F_D$$

Dado que ambas condiciones se cumplen, se puede afirmar que el engranaje propuesto será capaz de realizar el trabajo requerido.

8.2 Engranaje 2

Este engranaje está montado sobre el Eje Largo, y se encuentra hermando con el Engranaje 1, con lo cual la velocidad media en la circunferencia primitiva en la misma, con el diámetro propuesto, calculo el número de rpm del Eje Largo (n_{EL}).

$$b = 30 \text{ mm.}$$

$$M = 3 \text{ m.}$$

$$D = 60 \text{ mm.}$$

$$CV = 5.2$$

$$N^{\circ} \text{ Dientes} = 20 \text{ dientes.}$$

8.2.1 Carga Transmitida

$$F_T = \frac{4500 \times CV}{V_m}$$

$$V_M = \pi \times 0.06 \text{ m.} \times n_{EL} = 31.66 \text{ mpm}$$

$$n_{EL} = \text{rpm del eje largo.}$$

$$n_{EL} = 166.66 \text{ rpm}$$

$$F_T = \frac{4500 \times 5.2 \text{ CV}}{31.66 \text{ mpm}}$$

$$F_T = 885.5 \text{ kg.}$$



Máquina Trituradora de Poda

8.2.2 Carga Dinámica

$$F_D = F_T + \frac{0.164 \times V_m \times (b \times C + FT)}{0.164 \times V_m + 1.484 \times (b \times C + FT)^{1/2}}$$

$$C = \frac{K \times E_g \times E_p}{E_g \times E_p}$$

K = constante, para dientes de 20° y altura completa = 0.111 x e

$$K = 5.55 \times 10^{-4} \text{ cm.}$$

E_g = Módulo de elasticidad de la Corona.

E_p = Módulo de elasticidad del Piñón.

$$C = \frac{5.55 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2}{2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 + 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2}$$

$$C = 582.75 \text{ kg/cm.}$$

$$F_D = 885.5 \text{ kg} + \frac{0.164 \times 31.66 \text{ mpm} \times (3 \text{ cm} \times 582.75 \text{ kg/cm} + 885.5 \text{ kg})}{0.164 \times 31.66 \text{ mpm} + 1.484 \times (3 \text{ cm} \times 582.75 \text{ kg/cm} + 885.5 \text{ kg})^{1/2}}$$

$$F_D = 973.96 \text{ kg}$$

8.2.3 Resistencia del Diente

$$F_S = \frac{S \times b \times Y \times M}{10 \times K_f}$$

Dónde:

$$Y = 0.32$$

$$S = 13217 \text{ kg/cm}^2 \times 0.5 = 6608,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_f = 1.5$$

$$F_S = \frac{6608.5 \text{ kg/cm}^2 \times 3 \text{ cm} \times 0.32 \times 3}{10 \times 1.5}$$

$$F_S = 1268,83 \text{ kg.}$$



Máquina Trituradora de Poda

8.2.4 Carga Límite Respecto al Desgaste

$$F_w = D_p \times b \times Q \times K_g$$

$$Q = 1.2$$

$K_g = 64.68 \text{ kg/cm}^2$ ya que el material es endurecido a 388 BHN.

$$F_w = 6 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 1.2 \times 64.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_w = 1397.08 \text{ kg}$$

$$F_s > F_D$$

$$F_w > F_D$$

Dado que ambas condiciones se cumplen, se puede afirmar que el engranaje propuesto será capaz de realizar el trabajo requerido.

8.3 Engranaje 3

Este engranaje está montado sobre el Eje Largo, es decir comparte el eje con el Engranaje 2.

$$b = 30 \text{ mm.}$$

$$M = 2.5 \text{ m.}$$

$$D = 195 \text{ mm.}$$

$$CV = 5.2$$

$$N^\circ \text{ Dientes} = 78 \text{ dientes.}$$

8.3.1 Carga Transmitida

$$F_T = \frac{4500 \times CV}{V_m}$$

$$V_M = \pi \times 0.195 \text{ m.} \times 166.66 \text{ rpm}$$



Máquina Trituradora de Poda

$$V_M = 102.09 \text{ mpm.}$$

$$F_T = \frac{4500 \times 5.2 \text{ CV}}{102.09 \text{ mpm}}$$

$$F_T = 274.57 \text{ kg.}$$

8.3.2 Carga Dinámica

$$F_D = F_T + \frac{0.164 \times V_m \times (b \times C + F_T)}{0.164 \times V_m + 1.484 \times (b \times C + F_T)^{1/2}}$$

$$C = \frac{K \times E_g \times E_p}{E_g \times E_p}$$

K = constante, para dientes de 20° y altura completa = 0.111 x e

$$K = 5.55 \times 10^{-4} \text{ cm.}$$

E_g = Módulo de elasticidad de la Corona.

E_p = Módulo de elasticidad del Piñón.

$$C = \frac{5.55 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2}{2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 + 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2}$$

$$C = 582.75 \text{ kg/cm.}$$

$$F_D = 274.57 \text{ kg} + \frac{0.164 \times 102.09 \text{ mpm} \times (3 \text{ cm} \times 582.75 \text{ kg/cm} + 274.57 \text{ kg})}{0.164 \times 102.09 \text{ mpm} + 1.484 \times (3 \text{ cm} \times 582.75 \text{ kg/cm} + 274.57 \text{ kg})^{1/2}}$$

$$F_D = 680.25 \text{ kg}$$

8.3.3 Resistencia del Diente

$$F_S = \frac{S \times b \times Y \times M}{10 \times K_f}$$

Dónde:

$$Y = 0.429$$



Máquina Trituradora de Poda

AISI 1095; $S_U = 12373 \text{ kg/cm}^2$.

$$S = 12373 \text{ kg/cm}^2 \times 0.5 = 6186.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_f = 1.5$$

$$F_S = \frac{6186.5 \text{ kg/cm}^2 \times 3 \text{ cm} \times 0.429 \times 2.5}{10 \times 1.5}$$

$$F_S = 1327 \text{ kg.}$$

8.3.4 Carga Límite Respecto al Desgaste

$$F_W = D_p \times b \times Q \times K_g$$

$$Q = 1.5$$

$K_g = 64,68 \text{ kg/cm}^2$ ya que el material es endurecido a 388 BHN.

$$F_W = 19.5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 1.5 \times 64,68 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_W = 5675,6 \text{ kg.}$$

$$F_S > F_D$$

$$F_W > F_D$$

Dado que ambas condiciones se cumplen, se puede afirmar que el engranaje propuesto será capaz de realizar el trabajo requerido.

8.4 Engranaje 4

Este engranaje está montado sobre el Eje Corto, y se encuentra hermando con el Engranaje 3, con lo cual la velocidad media en la circunferencia primitiva en la misma, con el diámetro propuesto, calculo el número de rpm del Eje Corto (n_{EC}).



Máquina Trituradora de Poda

$$b = 30 \text{ mm.}$$

$$M = 2.5 \text{ m.}$$

$$D = 65 \text{ mm.}$$

$$CV = 5.2$$

$$N^{\circ} \text{ Dientes} = 26 \text{ dientes.}$$

8.4.1 Carga Transmitida

$$F_T = \frac{4500 \times CV}{V_m}$$

$$V_M = \pi \times 0.065 \text{ m.} \times n_{EC} \text{ rpm} = 102.09 \text{ mpm.}$$

$$n_{EC} = 500 \text{ rpm}$$

$$F_T = \frac{4500 \times 5.2 \text{ CV}}{102.09 \text{ mpm}}$$

$$F_T = 274.57 \text{ kg.}$$

8.4.2 Carga Dinámica

$$F_D = F_T + \frac{0.164 \times V_m \times (b \times C + FT)}{0.164 \times V_m + 1.484 \times (b \times C + FT)^{1/2}}$$

$$C = \frac{K \times E_g \times E_p}{E_g \times E_p}$$

K = constante, para dientes de 20° y altura completa = 0.111 x e

$$K = 5.55 \times 10^{-4} \text{ cm.}$$

E_g = Módulo de elasticidad de la Corona.

E_p = Módulo de elasticidad del Piñón.



Máquina Trituradora de Poda

$$C = \frac{5.55 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2}{2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 + 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2}$$

$$C = 582.75 \text{ kg/cm.}$$

$$F_D = 274.57 \text{ kg} + \frac{0.164 \times 102.09 \text{ mpm} \times (3 \text{ cm} \times 582.75 \text{ kg/cm} + 274.57 \text{ kg})}{0.164 \times 102.09 \text{ mpm} + 1.484 \times (3 \text{ cm} \times 582.75 \text{ kg/cm} + 274.57 \text{ kg})^{1/2}}$$

$$F_D = 680.25 \text{ kg}$$

8.4.3 Resistencia del Diente

$$F_S = \frac{S \times b \times Y \times M}{10 \times K_f}$$

Dónde:

$$Y = 0.344$$

$$\text{AISI 8620; } S_U = 13217 \text{ kg/cm}^2.$$

$$S = 13217 \text{ kg/cm}^2 \times 0.5 = 6608,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_f = 1.5$$

$$F_S = \frac{6608.5 \text{ kg/cm}^2 \times 3 \text{ cm} \times 0.344 \times 2.5}{10 \times 1.5}$$

$$F_S = 1136,66 \text{ kg.}$$

8.4.4 Carga Límite Respecto al Desgaste

$$F_W = D_p \times b \times Q \times K_g$$

$$Q = 1.5$$

$$K_g = 64,68 \text{ kg/cm}^2 \text{ ya que el material es endurecido a 388 BHN.}$$

$$F_W = 6.5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 1.5 \times 64,68 \text{ kg/cm}^2$$



Máquina Trituradora de Poda

$$F_W = 1891,9 \text{ kg.}$$

$$F_S > F_D$$

$$F_W > F_D$$

Dado que ambas condiciones se cumplen, se puede afirmar que el engranaje propuesto será capaz de realizar el trabajo requerido.

8.5 Engranaje 5

Este engranaje está montado sobre el Eje Corto, es decir comparte el eje con el Engranaje 4.

$$b = 30 \text{ mm.}$$

$$M = 2.5 \text{ m.}$$

$$D = 156 \text{ mm.}$$

$$CV = 5.2$$

$$N^{\circ} \text{ Dientes} = 62 \text{ dientes.}$$

8.5.1 Carga Transmitida

$$F_T = \frac{4500 \times CV}{V_m}$$

$$V_M = \pi \times 0.156 \text{ m.} \times 500 \text{ rpm}$$

$$V_M = 245.04 \text{ mpm.}$$

$$F_T = \frac{4500 \times 5.2 \text{ CV}}{245.04 \text{ mpm}}$$



Máquina Trituradora de Poda

$$F_T = 114.4 \text{ kg.}$$

8.5.2 Carga Dinámica

$$F_D = F_T + \frac{0.164 \times V_m \times (b \times C + F_T)}{0.164 \times V_m + 1.484 \times (b \times C + F_T)^{1/2}}$$

$$C = \frac{K \times E_g \times E_p}{E_g \times E_p}$$

K = constante, para dientes de 20° y altura completa = 0.111 x e

$$K = 5.55 \times 10^{-4} \text{ cm.}$$

E_g = Módulo de elasticidad de la Corona.

E_p = Módulo de elasticidad del Piñón.

$$C = \frac{5.55 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2}{2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 + 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2}$$

$$C = 582.75 \text{ kg/cm.}$$

$$F_D = 114.4 \text{ kg} + \frac{0.164 \times 245.04 \text{ mpm} \times (3 \text{ cm} \times 582.75 \text{ kg/cm} + 114.4 \text{ kg})}{0.164 \times 245.04 \text{ mpm} + 1.484 \times (3 \text{ cm} \times 582.75 \text{ kg/cm} + 114.4 \text{ kg})^{1/2}}$$

$$F_D = 218.26 \text{ kg}$$

8.5.3 Resistencia del Diente

$$F_S = \frac{S \times b \times Y \times M}{10 \times K_f}$$

Dónde:

$$Y = 0.421$$

AISI 8620; S_U = 13217 kg/cm².

$$S = 13217 \text{ kg/cm}^2 \times 0.5 = 6608,5 \text{ kg/cm}^2$$



Máquina Trituradora de Poda

$$K_f = 1.5$$

$$F_S = \frac{6608,5 \text{ kg/cm}^2 \times 3 \text{ cm} \times 0.421 \times 2.5}{10 \times 1.5}$$

$$F_S = 1391,08 \text{ kg.}$$

8.5.4 Carga Límite Respecto al Desgaste

$$F_W = D_p \times b \times Q \times K_g$$

$$Q = 1.41$$

$K_g = 64,68 \text{ kg/cm}^2$ ya que el material es endurecido a 388 BHN.

$$F_W = 156 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 1.41 \times 64,68 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_W = 42681 \text{ kg.}$$

$$F_S > F_D$$

$$F_W > F_D$$

Dado que ambas condiciones se cumplen, se puede afirmar que el engranaje propuesto será capaz de realizar el trabajo requerido.

8.6 Engranaje 6

Este engranaje está montado sobre el Eje Motor, y se encuentra hermando con el Engranaje 3.

$$b = 30 \text{ mm.}$$

$$M = 2.5 \text{ m.}$$

$$D = 65 \text{ mm.}$$



Máquina Trituradora de Poda

$$CV = 5.2$$

Nº Dientes = 26 dientes.

8.6.1 Carga Transmitida

$$F_T = \frac{4500 \times CV}{V_M}$$

$$V_M = \pi \times 0.065 \text{ m.} \times 1000 \text{ rpm}$$

$$V_M = 245.04 \text{ mpm.}$$

$$F_T = \frac{4500 \times 5.2 \text{ CV}}{245.04 \text{ mpm}}$$

$$F_T = 114.4 \text{ kg.}$$

8.6.2 Carga Dinámica

$$F_D = F_T + \frac{0.164 \times V_M \times (b \times C + F_T)}{0.164 \times V_M + 1.484 \times (b \times C + F_T)^{1/2}}$$

$$C = \frac{K \times E_g \times E_p}{E_g \times E_p}$$

K = constante, para dientes de 20º y altura completa = 0.111 x e

$$K = 5.55 \times 10^{-4} \text{ cm.}$$

E_g = Módulo de elasticidad de la Corona.

E_p = Módulo de elasticidad del Piñón.

$$C = \frac{5.55 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2}{2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 + 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2}$$

$$C = 582.75 \text{ kg/cm.}$$

$$F_D = 114.4 \text{ kg} + \frac{0.164 \times 245.04 \text{ mpm} \times (3 \text{ cm} \times 582.75 \text{ kg/cm} + 114.4 \text{ kg})}{0.164 \times 245.04 \text{ mpm} + 1.484 \times (3 \text{ cm} \times 582.75 \text{ kg/cm} + 114.4 \text{ kg})^{1/2}}$$

$$F_D = 218.26 \text{ kg}$$



Máquina Trituradora de Poda

8.6.3 Resistencia del Diente

$$F_S = \frac{S \times b \times Y \times M}{10 \times K_f}$$

Dónde:

$$Y = 0.344$$

AISI 8620; $S_U = 13217 \text{ kg/cm}^2$.

$$S = 13217 \text{ kg/cm}^2 \times 0.5 = 6608,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_f = 1.5$$

$$F_S = \frac{6608.5 \text{ kg/cm}^2 \times 3 \text{ cm} \times 0.344 \times 2.5}{10 \times 1.5}$$

$$F_S = 1136,66 \text{ kg.}$$

8.6.4 Carga Límite Respecto al Desgaste

$$F_W = D_p \times b \times Q \times K_g$$

$$Q = 1.41$$

$K_g = 64,68 \text{ kg/cm}^2$ ya que el material es endurecido a 388 BHN.

$$F_W = 65 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 1.41 \times 64,68 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_W = 17783 \text{ kg.}$$

$$F_S > F_D$$

$$F_W > F_D$$

Dado que ambas condiciones se cumplen, se puede afirmar que el engranaje propuesto será capaz de realizar el trabajo requerido.



Máquina Trituradora de Poda

En la Tabla 8.5 se observa un resumen de los engranajes que han sido calculados previamente para hacer la correcta reducción de rpm; se reciben 1000 rpm del eje del motor y se entregan las 100 rpm deseadas en el eje de corte.

Tabla 8.5. Resumen de Engranajes.

Nombre	Diámetro	Nº Dientes	Material	Ángulo de Presión	Dureza
1	90 mm	30	AISI 8620	20°	388 BHN
2	60 mm	20	AISI 8620	20°	388 BHN
3	195 mm	78	AISI 8620	20°	388 BHN
4	65 mm	26	AISI 8620	20°	388 BHN
5	156 mm	62	AISI 8620	20°	388 BHN
6	65 mm	26	AISI 8620	20°	388 BHN

Los engranajes van a ser fabricados por la empresa Serena Engranajes, establecida en la localidad de San Francisco, Córdoba.

8.7 Acople Flexible

Como medida de seguridad ante la existencia de un esfuerzo muy grande experimentado en el subconjunto eje de corte, como puede ser la presencia de un trozo de metal en el material a procesar, una piedra o algún otro elemento que obstruya el normal funcionamiento de la máquina y genere un consumo extra de potencia por parte del motor, que no está preparado para soportar, que dará como resultado su destrucción por exceso de carga, proponemos un acoplamiento flexible, que funcione como un fusible, que ante un determinado par torsor se destruya, desacoplando por completo el eje motor de la máquina en sí.

Otra de las ventajas de la colocación de este elemento es que es capaz de absorber desalineaciones entre la caja de reducción y el motor, lo cual es muy importante para proteger rodamientos, tanto de la caja reductora, como del eje de corte y del motor.



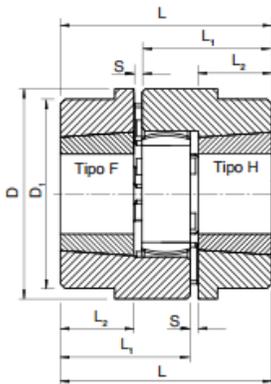
Máquina Trituradora de Poda

Un acople flexible es un elemento mecánico, que como se mencionó con anterioridad funciona de fusible ante un par torsor determinado, este cuenta con un elemento elástico que vincula dos ejes; para este proyecto, un eje va a ser el del motor, y el otro, el de la caja de reducción.

En la tabla que se presenta a continuación se puede observar un corte de un plano del acoplamiento para entender su funcionamiento y junto a él, se observan datos técnicos.

Tabla 8.6. Acoplamientos Flexibles.

SERIE TAPER											
Tipo	Velocidad Máxima rev/min	Par nominal 92 sh 98 sh Nm Nm		Taper N°	Agujero Máx.	D	D ₁	S	L ₁	L ₂	L
24 F	14000	35	60	1008	25	56	-	1.0	39.0	23.0	63.0
H				1008	25	56	-	1.0	39.0	23.0	63.0
28 F	11800	95	160	1108	28	65	-	1.5	40.5	23.0	65.0
H				1108	28	65	-	1.5	40.5	23.0	65.0
38 F	9500	190	325	1108	28	80	78	1.0	44.0	23.0	68.0
H				1108	28	80	78	1.0	44.0	23.0	68.0
42 F	8000	265	450	1610	42	95	94	1.0	49.0	26.0	76.0
H				1610	42	95	94	1.0	49.0	26.0	76.0
48 F	7100	310	525	1615	42	105	104	1.5	63.5	39.0	104.0
H				1615	42	105	104	1.5	63.5	39.0	104.0
55 F	6300	410	685	2012	50	120	118	2.0	59.0	33.0	94.0
H				2012	50	120	118	2.0	59.0	33.0	94.0
65 F	5600	625	940	2012	50	135	133	1.5	63.5	33.0	98.0
H				2517	65	135	133	1.5	75.5	45.0	122.0
75 F	4750	1280	1920	2517	65	160	135	1.0	81.0	46.0	128.0
H				3020	75	160	135	1.0	87.0	52.0	140.0
90 F	3750	2400	3600	3020	75	200	160	1.5	91.5	52.0	145.0
H				3525	100	200	160	1.5	103.5	64.0	169.0



De acuerdo al par máximo admisible de cálculo que es de 364.83 Nm (ver capítulo V) el acople seleccionado es el Tipo 38 F, este admite un par nominal de 190 Nm y un máximo de 325 Nm, por lo que nunca estaría llegando al par máximo. De esta manera se protege a los engranajes de la caja reductora. Cabe destacar que es muy difícil llegar a esta condición, sólo que para la realización de los cálculos se debió plantear la peor de las situaciones; para ello, se debió basar el cálculo en una varilla de sección cuadrada que se deposite perfectamente entre los dientes de corte. En la práctica esta máquina fue diseñada



Máquina Trituradora de Poda

para la poda urbana, es decir, ramas de sección circular, por lo que el área de corte disminuye considerablemente, obteniendo valores que no superan los 100 Nm.

En el capítulo siguiente se describe la columna vertebral de la instalación, sobre ella se montan y se vinculan todos los subconjuntos que permiten el funcionamiento de la máquina.



Máquina Trituradora de Poda

Capítulo IX

Bancada



CAPITULO IX

Bancada

En este capítulo se describe la bancada, el elemento estructural que sostiene y conecta todos los elementos y subconjuntos de la máquina trituradora. La rigidez es un factor determinante en este conjunto de piezas, ya que una de sus funciones es soportar vibraciones, esfuerzos combinados, cargas dinámicas y estáticas, entre otras. Está formada principalmente con caño estructural de (45 x 45 x 2) mm y chapa de 19.05 mm SAE 1010.

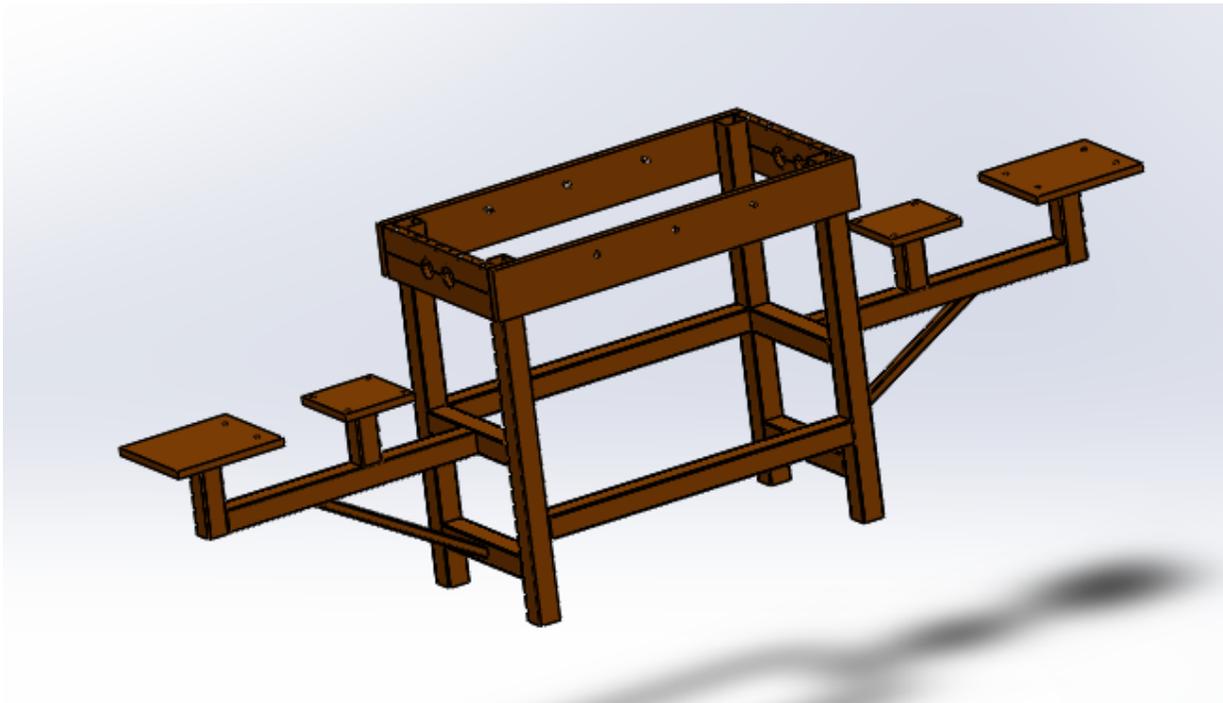


Figura 9.1. Bancada de Máquina

En la figura anterior se pueden observar los soportes para el motor, caja de reducción, cámara de destrucción, que se vincula a la bancada a través de los rodamientos (Ver Capítulo VII).



9.1 Cálculo de Uniones Soldadas

A continuación, se presenta el cálculo realizado para verificar si el cordón de soldadura va a resistir los esfuerzos a los cuáles se encuentra sometido.

Para el cálculo se tomó que el soporte motor y caja son los más comprometidos, con lo cual, el cálculo se centró en el punto P.C. que se puede ver en la siguiente Figura.

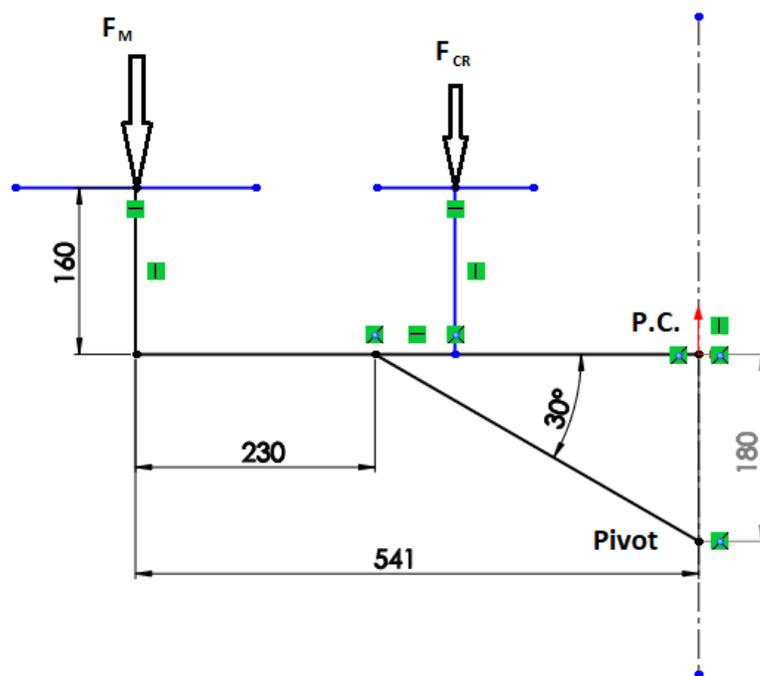


Figura 9.2. Diagrama cuerpo libre soporte Motor y Caja.

De la Figura anterior se puede determinar que el cordón deberá resistir un esfuerzo de corte y otro de tracción.

Para determinar el esfuerzo de corte se procedió de la siguiente manera:

$$F_M = \text{Peso del Motor} = 65 \text{ Kg.}$$

$$F_{CR} = \text{Peso de la Caja Reductora} = 20 \text{ Kg.}$$

$$F_{RE} = \text{Fuerza del Refuerzo}$$



Máquina Trituradora de Poda

F_{PCC} = Fuerza de Corte en P.C.

F_{PCT} = Fuerza de Tracción en P.C.

$$\Sigma M_{PC} = 0$$

$$F_M \times 54,1 \text{ cm} + F_{CR} \times 16 \text{ cm} - F_{RE} \times 31,1 \text{ cm} = 0$$

$$F_{RE} = 43.72 \text{ kg.}$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$- F_M - F_{CR} + F_{RE} + F_{PCC} = 0$$

$$F_{PCC} = 41.28 \text{ Kg.}$$

Se propone un cordón de soldadura de 2 mm alrededor de todo el caño.

L_{CS} = Longitud del cordón de soldadura.

$$L_{CS} = 4.5 \text{ cm} \times 4 \text{ (lados)}$$

$$L_{CS} = 18 \text{ cm}$$

$$A_{CS} = 18 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm} = 3.6 \text{ cm}^2$$

σ_C = Tensión de Corte

$$\sigma_C = \frac{41.25 \text{ kg}}{3.6 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_C = 11.45 \text{ kg/cm}^2$$

Para el esfuerzo de Tracción se procedió de la siguiente manera:

$$\Sigma M_{Pivot} = 0$$

$$F_M \times 54,1 \text{ cm} + F_{CR} \times 23 \text{ cm} - F_{PCT} \times 18 \text{ cm} = 0$$

$$F_{PCT} = 221 \text{ kg.}$$



Máquina Trituradora de Poda

σ_T = Tensión de Tracción

$$\sigma_T = \frac{221 \text{ kg}}{3.6 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_T = 61.38 \text{ kg/cm}^2$$

Como se observa las tensiones obtenidas son muy pequeñas, con lo cual ninguna soldadura de la estructura se verá comprometida.

El alojamiento de los rodamientos se hace entre las piezas Soporte Eje de Corte Inferior y Soporte Eje de corte superior; existe una ranura cuya función es restringir el movimiento axial del eje. La primera de las piezas va soldada a los laterales y patas de la bancada, al mismo tiempo se encuentran alojados 5 espárragos M6 de 80 mm de longitud, que sirven de fijación a la segunda pieza.

El Soporte Eje Superior se monta a la bancada por medio de los espárragos y es ajustada por 5 tuercas, M6. Sobre estas piezas se vinculan las tolvas. En la siguiente figura podemos ver este proceso de armado.

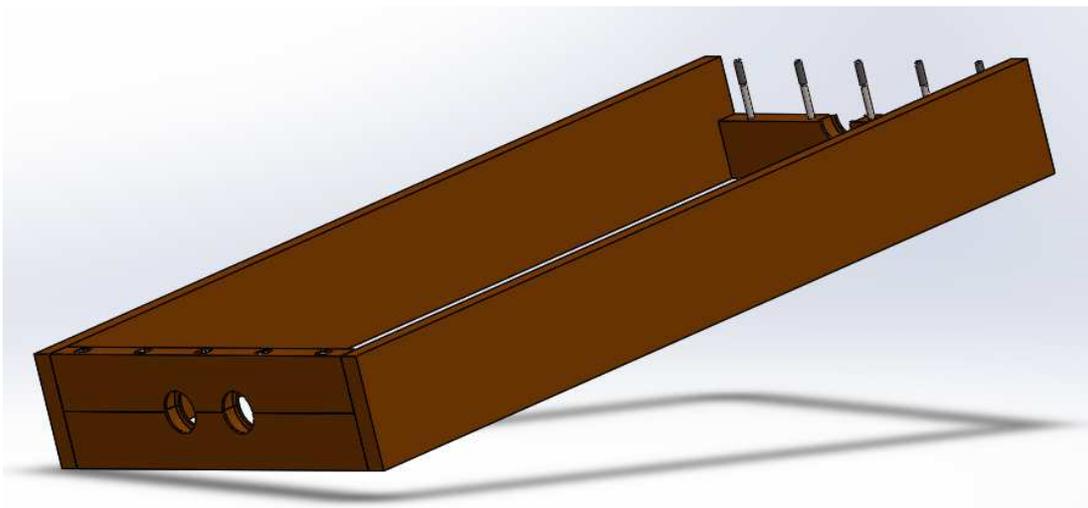


Figura 9.3. Soporte Ejes de Corte.



Máquina Trituradora de Poda

A la bancada se acoplan mediante bulones dos piezas llamadas contenedores, constituidas de fundición gris, las mismas se encargan de contener y guiar el material a triturar hacia las cuchillas. En la figura a continuación se detallan los contenedores.

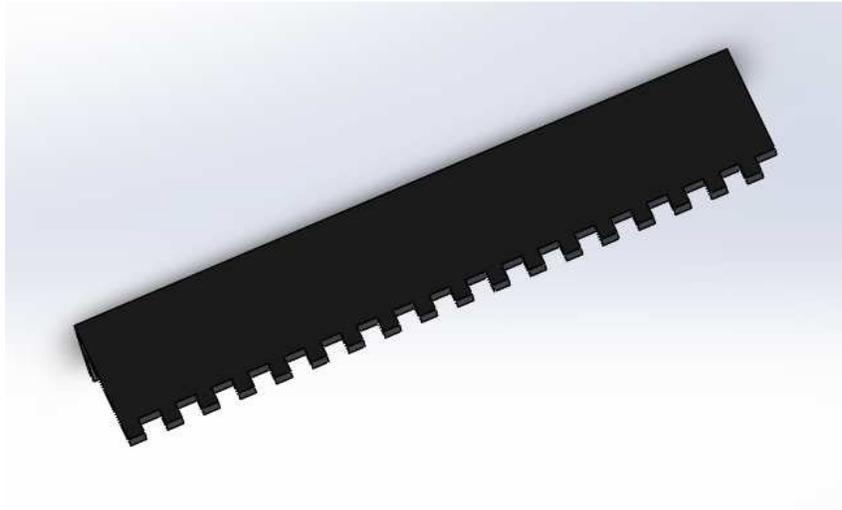


Figura 9.4. Contenedores.

Ambos contenedores quedan montados como se detalla en la figura siguiente.

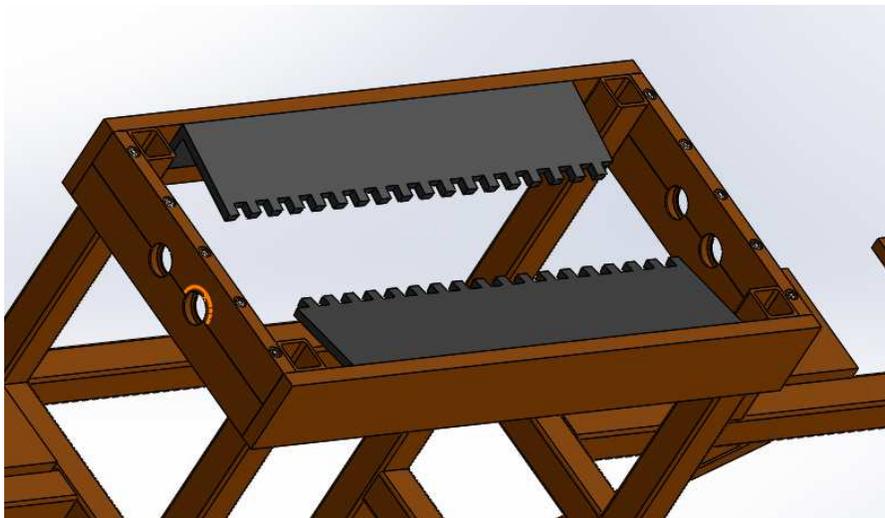


Figura 9.5. Contenedores montados.



Máquina Trituradora de Poda

Dentro de lo que se denomina bancada, existen dos piezas de gran tamaño, conformadas con chapa SAE 1010 plegada y soldada, vinculada a la bancada por medio de bulones. En la parte superior de la máquina se encuentra la tolva superior, cuya función es depositar en ella el material a triturar; el operario que estará a cargo del uso de la máquina se encargará de abastecer el proceso mediante esta tolva.

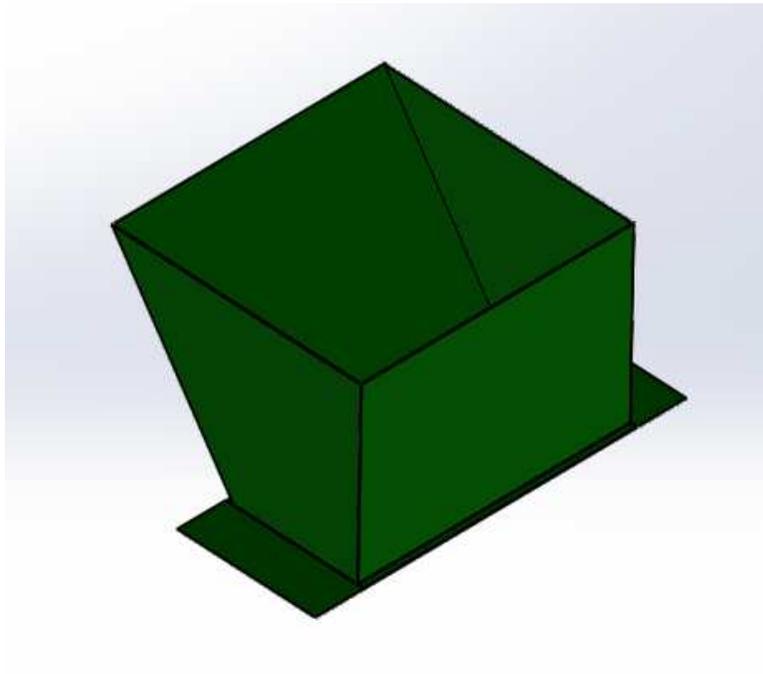


Figura 9.6. Tolva Superior

En la parte inferior de la cámara de destrucción, se encuentra la tolva inferior, su principal función junto a la tolva superior es proteger a los operarios de las cuchillas, ya que si estas quedan descubiertas podrían ocasionar muchos accidentes. La otra función importante es la de recolectar el material procesado, cuenta para ello con un volumen máximo de 0.041 m^3 , y luego descargarlo por la boca de descarga a otro recipiente externo a la máquina, ya sea un cajón, bolsa o donde se quiera almacenar.

La tolva inferior está conformada con chapa SAE 1010 plegada y soldada, ésta, al igual que la tolva superior, se encuentra vinculada a la bancada mediante bulones.

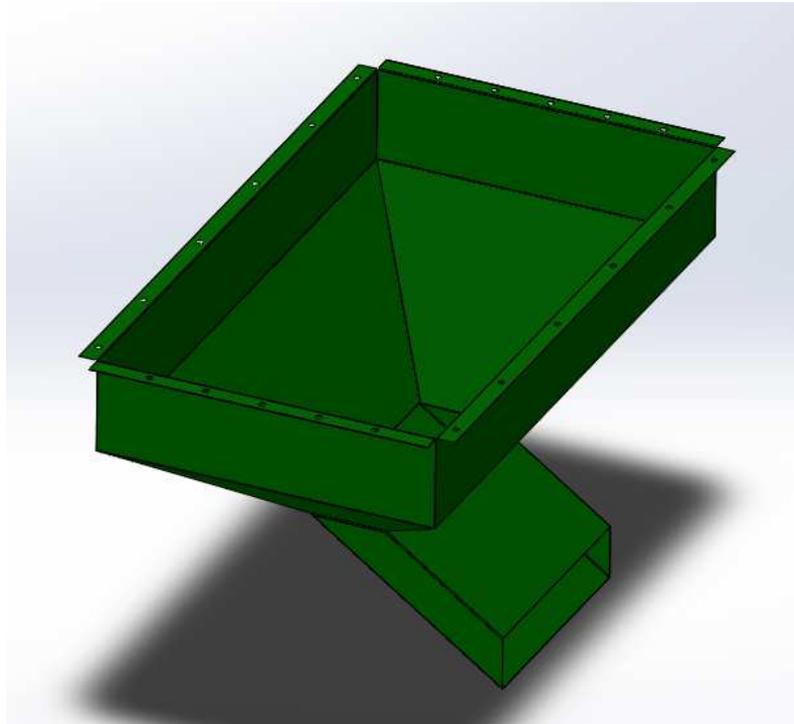


Figura 9.7. Tolva Inferior

Dado que la tolva inferior será la más solicitada, se procedió a calcular mediante la herramienta Solid Works, utilizando elementos finitos, el cálculo del espesor de la chapa.

9.2 Determinación de Secciones

La tolva describe una forma particular y, de acuerdo con las distintas secciones, se cuenta con 12 placas planas. Algunas son equivalentes entre sí ya que están sometidas a los mismos esfuerzos, o directamente no reciben ningún tipo de esfuerzo; por lo que se procedió a detectar dichas particularidades. En las siguientes figuras se muestran distintas vistas con cada una de las secciones numeradas.



Máquina Trituradora de Poda

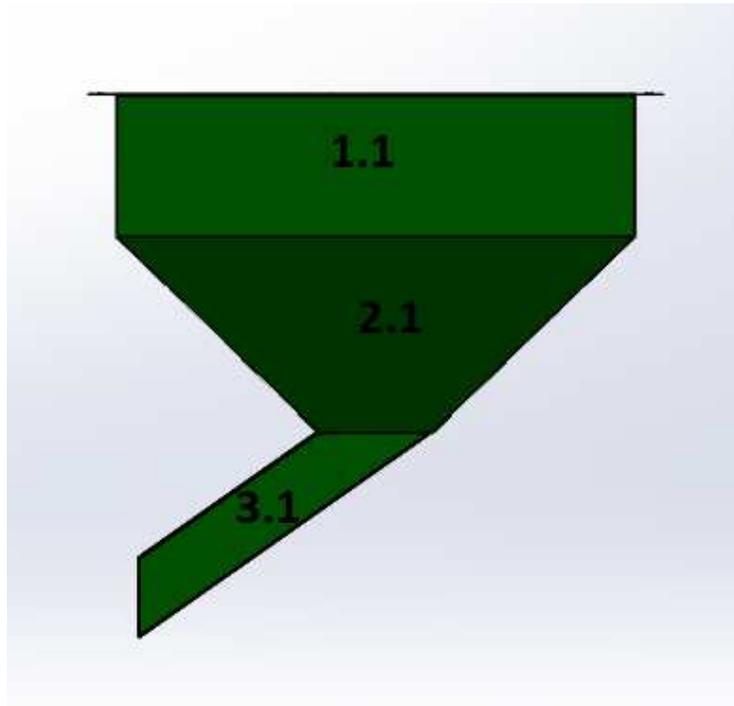


Figura 9.8. Tolva Inferior, lateral derecha.

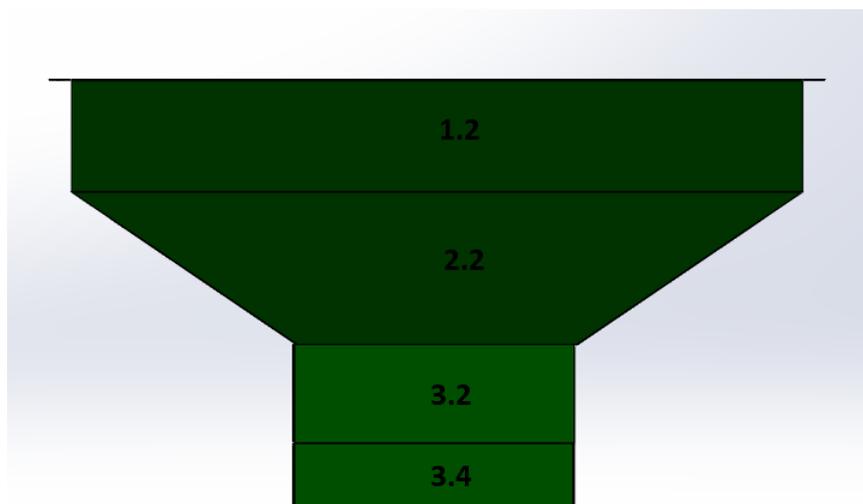


Figura 9.9. Tolva Inferior, frontal.



Máquina Trituradora de Poda

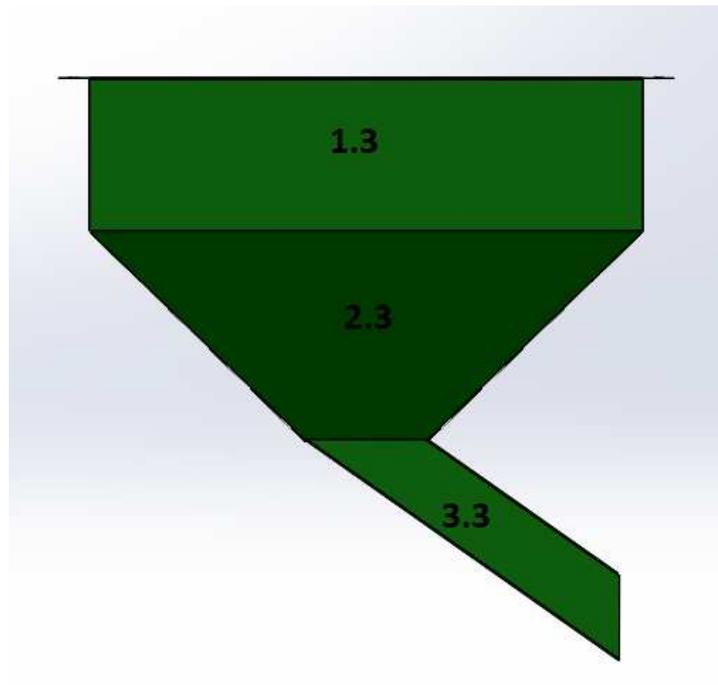


Figura 9.10. Tolva Inferior, lateral izquierda.

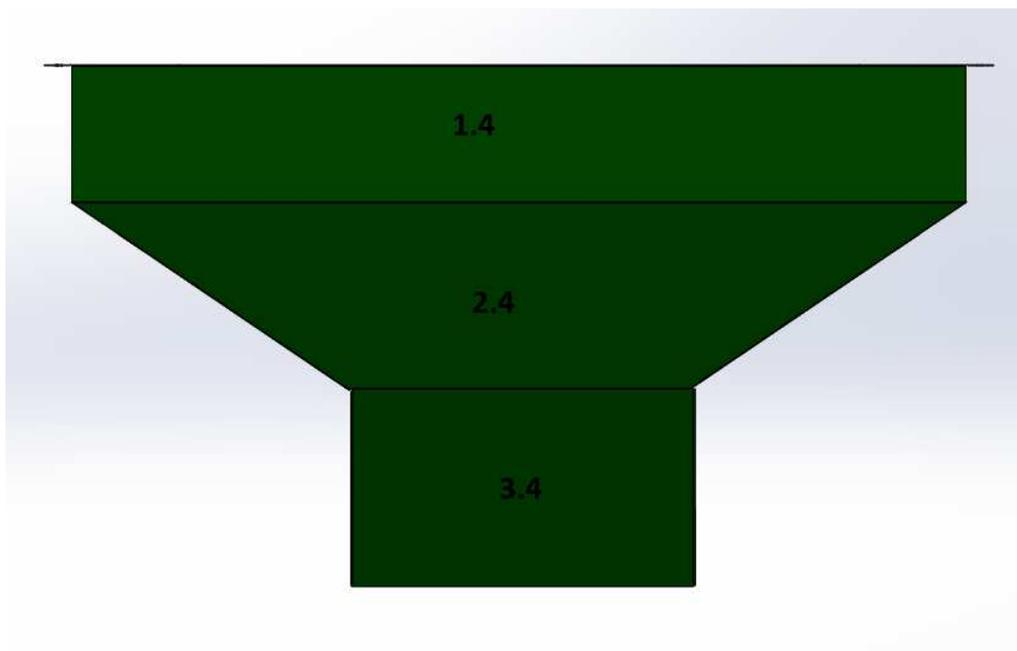


Figura 9.11. Tolva Inferior, anterior.



Máquina Trituradora de Poda

Las caras que son iguales y que reciben el mismo esfuerzo son las siguientes:

- 1.1 y 1.3
- 1.2 y 1.4
- 2.1 y 2.3
- 2.4 y 2.2
- 3.1 y 3.3
- 3.2 no recibe esfuerzos

De acuerdo con lo observado anteriormente se llega a la conclusión de que se deben soportar 7 esfuerzos distintos, y de ellos elegir el más solicitado (2.1 y 2.3) para realizar los cálculos para determinar tensiones y deformaciones admisibles.

9.3 Determinación de Carga

Para poder establecer el espesor de la chapa primero se detectó cuál será la carga que ésta deberá soportar, y para ello, se calculó el volumen total de tolva y, al conocer la densidad del material se determinó el peso.

$$P = \delta \times V_T$$

$$P = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.1922 \text{ m}^3$$

$$P = 230.64 \text{ Kg} = 2262,57 \text{ N.}$$

9.4 Cálculo de las Paredes 2.1 y 2.3

Material = chapa de acero laminada en frío calibre 30 ($\sigma = 2549 \text{ Kgcm}^2 = 250 \text{ MPa}$)

Cada uno de los distintos tramos van soldados en los extremos, por lo que se consideran como si estuvieran empotrados; según la curva de Westergaard para bordes empotrados, el momento máximo se obtiene en el borde.



Máquina Trituradora de Poda

Tabla 9.1. Espesor Chapas de Acero.

Chapas de Acero LAMINADAS EN FRIO		
Tabla de Pesos y Medidas		
ESPESOR		PESO
Nº Calibre	mm	x m ²
12	2,50	19,80
14	2,00	15,84
16	1,60	12,60
18	1,25	9,90
19	1,07	8,47
20	0,90	7,12
21	0,80	6,35
22	0,70	5,54
23	0,65	5,15
24	0,56	4,35
25	0,50	3,96
26	0,45	3,56
27	0,40	3,16
28	0,35	2,77
30	0,30	2,38

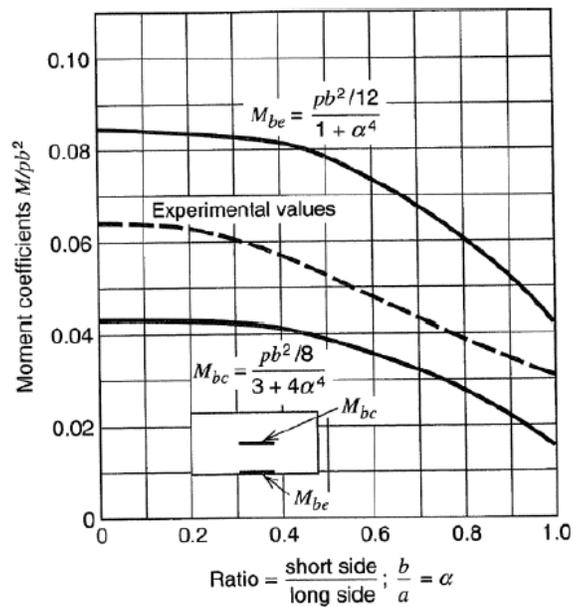


Gráfico 9.1. Curva de Westergaard para bordes empotrados.



Máquina Trituradora de Poda

Del gráfico anterior se obtiene el coeficiente de momento (β), entrando con $\alpha = \frac{b}{a}$ en donde b es el lado menor de la placa y a es el mayor, cortando la curva superior Mbe .

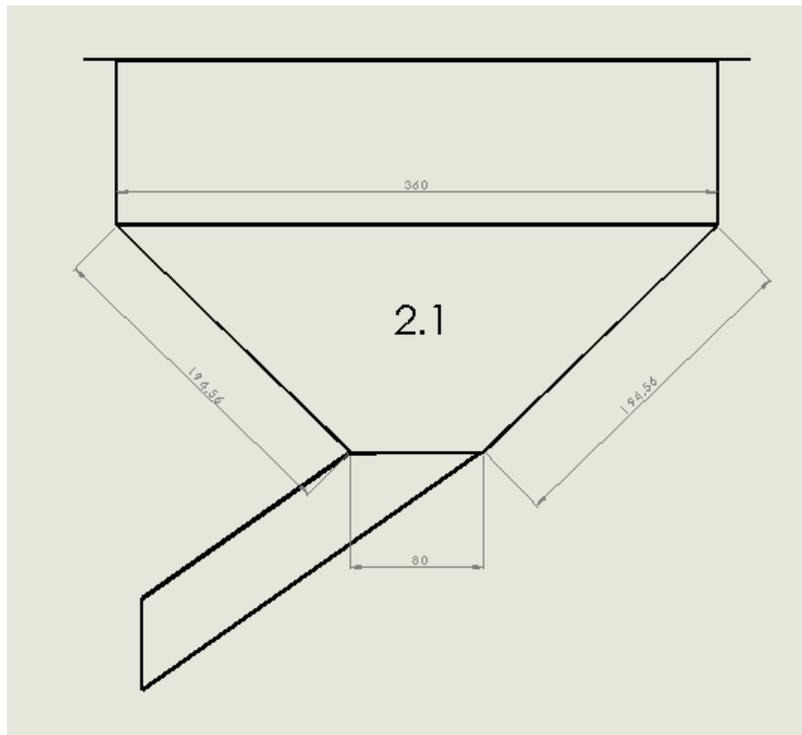


Figura 9.12. Placa 2.1 acotada.

Entonces:

$$\alpha = \frac{b}{a} = \frac{0.08}{0.36} = 0.22$$

El coeficiente obtenido es $\beta = 0.084$

Como $\beta = \frac{M}{P \cdot b^2}$ donde M es el momento por unidad de anchura de P , b^2 , P es la presión que actúa sobre la placa y b es el lado menor de la misma.

Suponiendo que la tolva se encuentra llena, para poder determinar el momento, la presión sobre dicha placa será igual al peso del material dividida su área.



Máquina Trituradora de Poda

Placa 2.1 y 2.3 la presión sobre dicha placa es = $2659.59 \frac{Kg}{m^3}$

Despejando M :

$$M = 1.47 N.$$

El espesor de la placa será:

$$h = \sqrt{\frac{6 M}{\sigma w}}$$

En donde σw es la tensión de fluencia del material afectado por el coeficiente de seguridad (N). Se aplicará $N = 4$, por lo tanto: $\sigma w = 62.5 MPa = 637 Kg/cm^2$

El espesor obtenido es:

$$h = 0.29 mm.$$

Se verificará la deformación (w_{max}) obtenida con el espesor calculado:

$$w_{max} = C (1 - \nu^2) x \left(\frac{P . b^4}{E . h^3} \right)$$

Dónde:

$$C = \frac{0.0321}{\alpha^4} = 1.9118$$

$$\nu = \text{coeficiente de poisson} = 0.3$$

$$E = \text{modulo de elasticidad} = 2.06 \times 10^{11} Pa$$

Por lo tanto

$$w_{max} = 1.59 mm.$$

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos con la asistencia del software de cálculo Solidworks:



Máquina Trituradora de Poda

En la figura 9.13 se observan las tensiones:

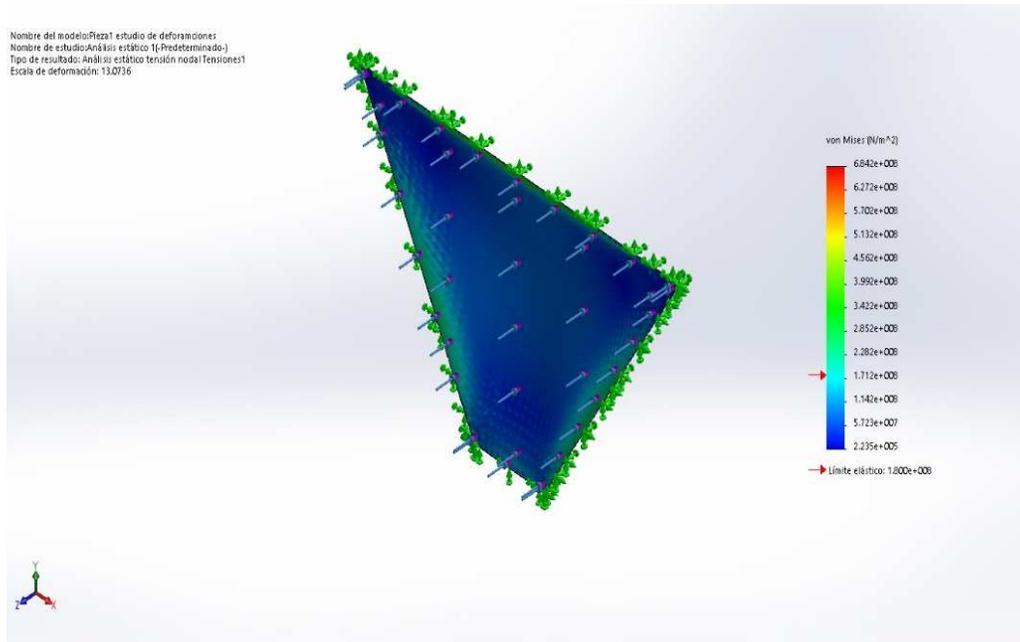


Figura 9.13. Tensiones obtenidas en software ($h=0.3 \text{ mm}$) Pared 2.1 y 2.3

En la figura 9.14 se encuentran las deformaciones:

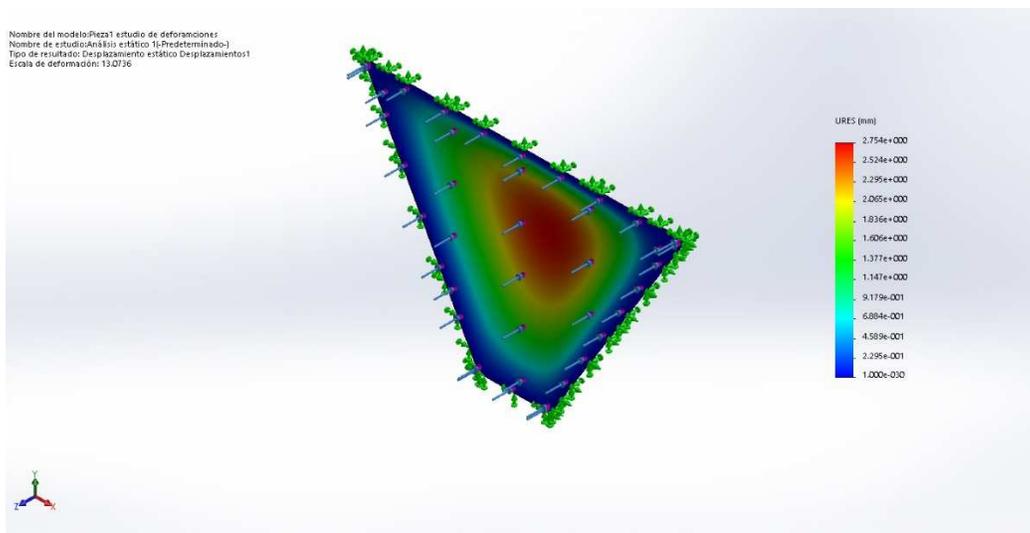


Figura 9.14. Deformaciones obtenidas en software ($h=0.3 \text{ mm}$) Pared 2.1 y 2.3



Máquina Trituradora de Poda

Una vez realizados los cálculos en forma manual aplicando el método de placas planas, se obtuvieron tensiones de trabajo muy pequeñas, lo que daban como resultado espesores en el orden de los 0.29 mm, constructivamente no sería posible ya que estructuralmente la tolva va estar soldada y si bien los espesores estándar comienzan con 0.3 mm, según catálogo comercial de la empresa “Aceros Giliberto” por cuestiones de diseño se procedió a utilizar chapa calibre 19, 1,07 mm.

Por otro lado, las deformaciones que se obtuvieron de los cálculos ya mencionados también son muy pequeñas, en el orden de 1,59 mm. Esto no sería un inconveniente estructural para lo que se lo está proponiendo.

Una vez corroborado estos datos, se procedió a simular mediante un software específico, “Solid Works”. Se dibujaron cada una de las piezas, se les asignó el material, acero estirado en frío y se le dio de espesor a cada una de las piezas, 0.3 mm, ya que es el espesor comercial más pequeño. Los datos que arrojó dicha simulación corroboran los hechos a mano, ya que las deformaciones (desplazamiento máximo 2,75 mm) y tensiones resultantes fueron aún más pequeñas. Es lo esperable, dado que en los cálculos a mano se obtuvieron los espesores límites.

No obstante, como se mencionó en párrafos anteriores, por cuestiones de diseño y considerando la posibilidad de abolladura por impactos se estableció que el espesor de la chapa para las tolvas fuese de 2 mm (calibre 14) con lo cual estamos aún en valores muy seguros.

En la parte final de la tesis se presentan el sistema de codificación y los planos de la máquina.



Capítulo X

Sistema de Codificación



CAPITULO X

Sistema de Codificación

Con el propósito de identificar cada una de las piezas de la Máquina Trituradora, se procedió a confeccionar un sistema de codificación, este debe contemplar los distintos subconjuntos. Tiene por objeto simplificar la comunicación entre las distintas personas que intervendrán en la construcción de cada una de las piezas, desde el operario que realizará un proceso de torneado, hasta el encargado de compras, por lo cual, es muy importante que sea fácil de comprender y todos los miembros de la empresa se familiaricen con él.

El código consiste en una serie de cifras y letras, que indican diferentes características de la pieza, como, por ejemplo, a qué máquina pertenece o si se trata de un conjunto, subconjunto o componente individual. El formato utilizado y lo que indica cada elemento en el código, se muestra a continuación:

XXXX – XX – XX – XXXX

Los primeros cuatro elementos están formados por dos letras que corresponden a la máquina y los restantes al modelo de esta. En el caso de la Máquina Trituradora, todas las piezas llevarán MT01 (Máquina Trituradora 01). Los dos elementos siguientes corresponden al conjunto al que pertenecen. Los dos terceros corresponden al subconjunto. Por último, los restantes corresponden al número de pieza dentro del subconjunto. Cabe aclarar que dicho sistema está pensado para una empresa que se dedica a producir más de una máquina.



Máquina Trituradora de Poda

Capítulo XI

Planos



CAPITULO XI

Planos

En todo proceso productivo es fundamental la repetitividad en la construcción de las distintas piezas, ya sean piezas individuales, o que deban ser ensambladas con otras para formar un conjunto o subconjunto.

Para poder unificar criterios existen normas que regulan la confección de estos documentos, en este caso se aplicó el lenguaje utilizado por la norma IRAM de dibujo técnico. En el rótulo se dispone de información clave, tal como nombre de la empresa, código de la pieza, material, acabado superficial, tratamiento térmico, escala, norma de proyecciones, título del plano, datos del dibujante y quien aprueba el mismo, fecha.

En el Anexo se encuentran los planos correspondientes a las distintas piezas, conjuntos y subconjuntos de la Máquina Trituradora.



Máquina Trituradora de Poda

Bibliografía



Bibliografía

<https://www.untha.com>

https://www.inti.gob.ar/maderaymuebles/pdf/densidad_comun.pdf

<http://www.igc.org.ar/megaciudad/N3/Residuos%20Solidos%20Urbanos%20CAMARCO.pdf>

https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/estructuras_madera/DFNORM09.pdf

http://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_40_mecanicaEstructural.pdf

<http://descom.jmc.utfsm.cl/proi/FUNDAMENTOS/EJESyARBOLES.doc>

<https://lindis.com/es/docs/doc/3HxbXXnTNfu00WvfMXgLx2IPHpR4k6itvSCv6JC4DYfmhGUe7MCjfqNt6lClnmvG6n1asyM2LTodP6yqyUMkA>

<http://www.gilibertohnos.com.ar/>

<http://www.serenasrl.com.ar/company.php>

Diseño de Elementos de Máquinas V. M. Faires. 4 ta Edición 1997.

Catálogo de Rodamientos SKF. Copyright SKF 2005

<http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/15.pdf>

http://materias.fi.uba.ar/6715/Material_archivos/Apuntes%20Ing.%20Castro/67.15%20Unidad%202.pdf

<https://matensayos.webcindario.com/acerosiram/8620.pdf>

<https://www.pintureriasrex.com/>

<http://www2.electron.frba.utn.edu.ar/archivos/Motores.pdf>

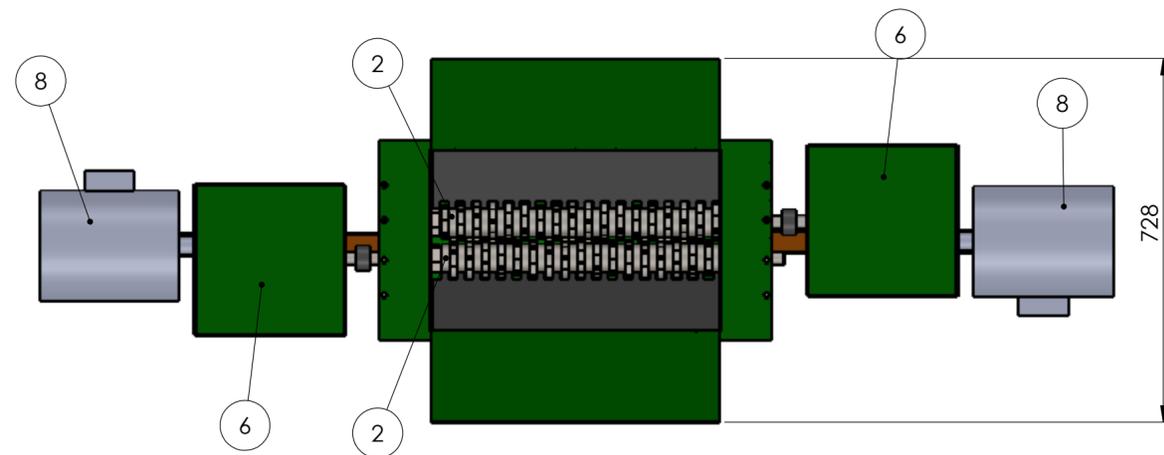
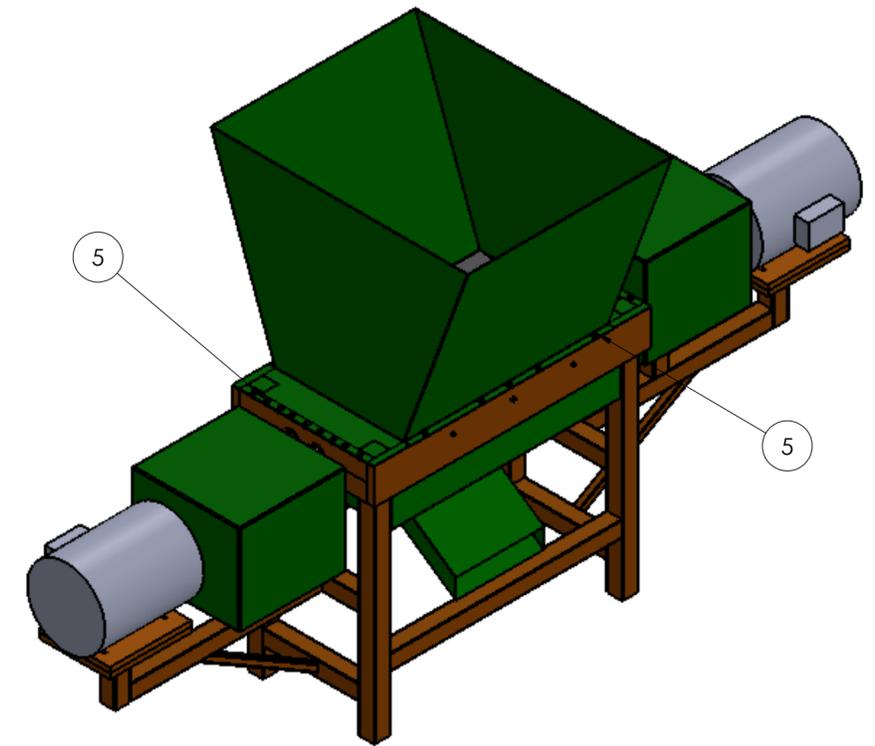
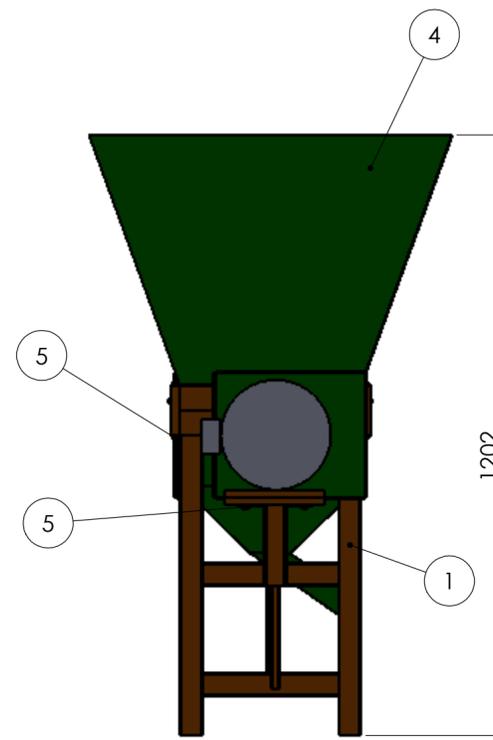
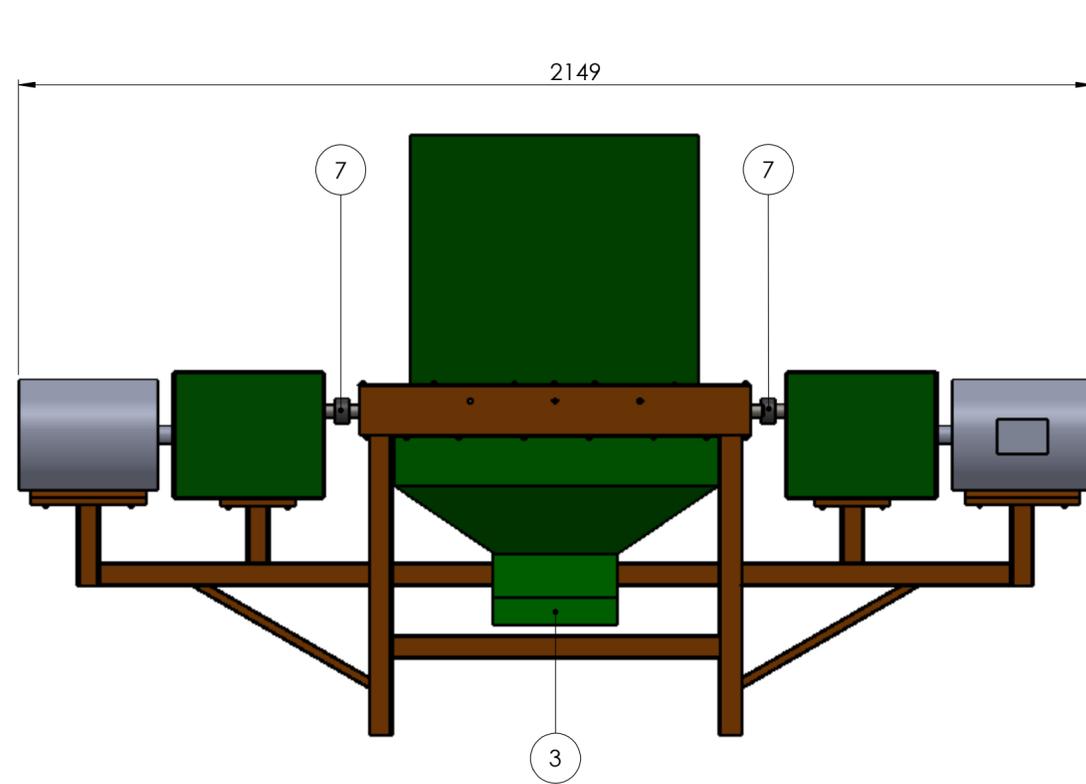
<https://matensayos.webcindario.com/acerosiram/4140.pdf>

<http://sisa1.com.mx/pdf/Acero%20SISA%208620.pdf>



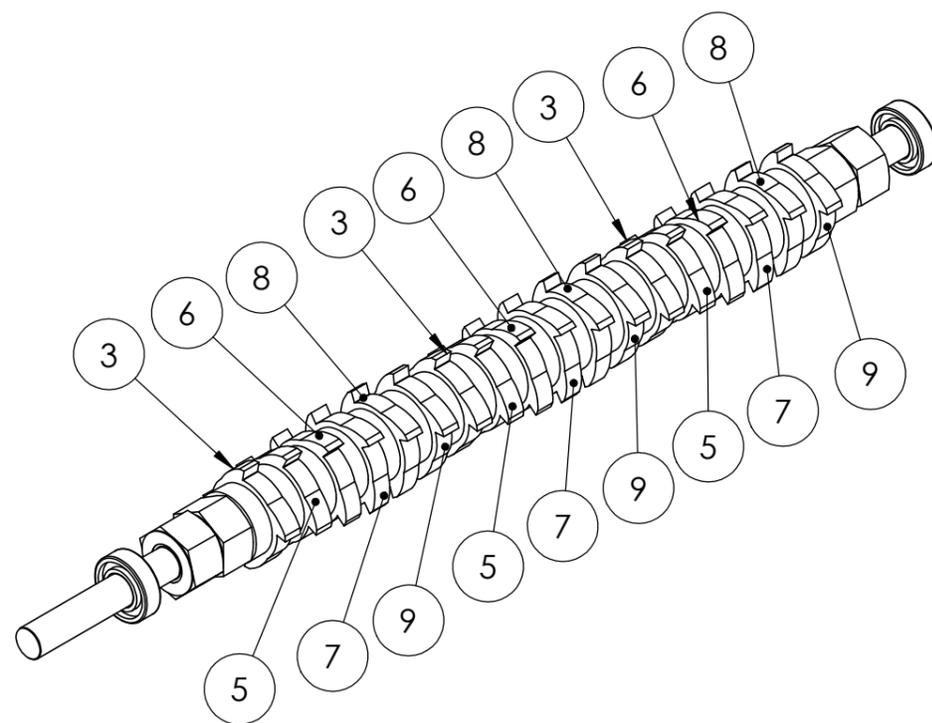
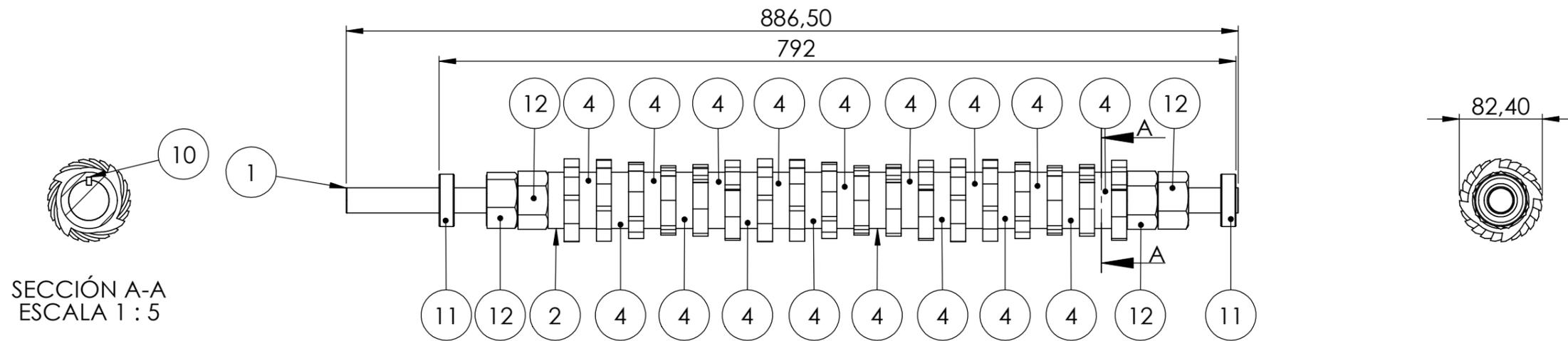
Máquina Trituradora de Poda

Anexo



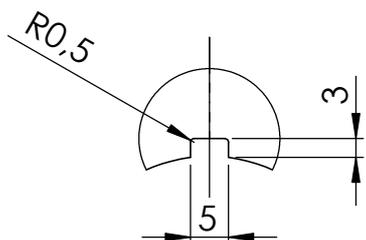
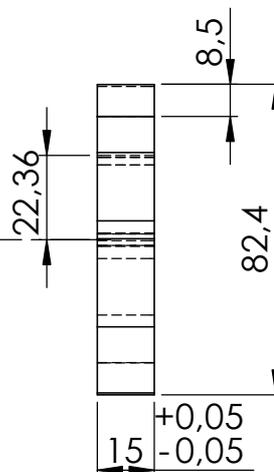
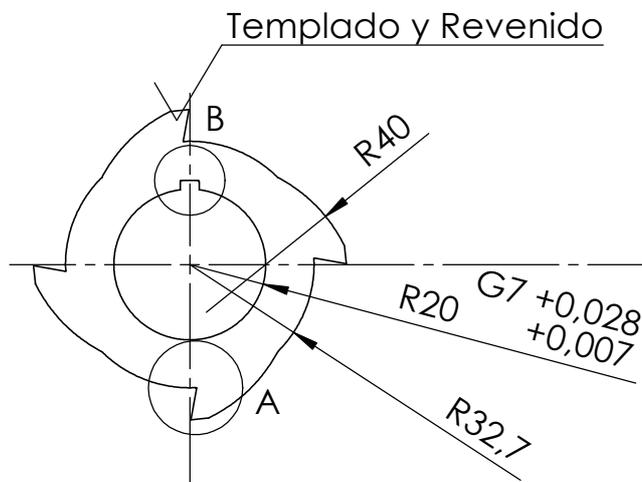
N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Subconjunto Bancada	MT01 - 01 - 02 - 0000	1
2	Subconjunto Eje de Corte	MT01 - 01 - 01 - 0000	2
3	Subconjunto Tolva Inferior	MT01 - 01 - 03 - 0000	1
4	Subconjunto Tolva Superior	MT01 - 01 - 04 - 0000	1
5	Bulón M6 x 1.0 x 16	Comercial	54
6	Subconjunto Caja de Reducción	MT01 - 01 - 05 - 0000	2
7	Acople Flexible	Comercial	2
8	Motor Trifásico	Comercial	2

Observaciones:		Trat. Térmico:		Metalúrgica Córdoba
		Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:	Título:
Dibujado:	Asnal Bruno	03/2019		Conjunto Máquina Trituradora de Poda
Revisado:				
Aprobado:				
Escała:	Norma:	Material:		Código:
1 : 10		Tolerancia:		MT01 - 01 - 00 - 0000
				Formato: A2
				Revisión N°:

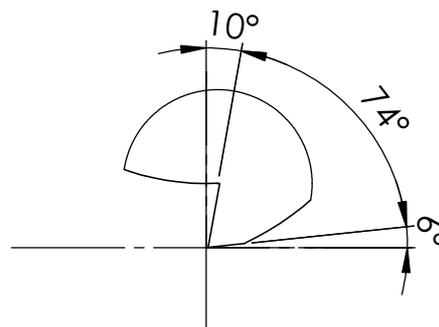


N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Eje de Corte	MT01 - 01 - 01 - 0020	1
2	Separador Fino	MT01 - 01 - 01 - 0030	1
3	Cuchilla Poción 1	MT01 - 01 - 01 - 0001	3
4	Separador Gueso	MT01 - 01 - 01 - 0035	17
5	Cuchilla Poción 2	MT01 - 01 - 01 - 0002	3
6	Cuchilla Poción 3	MT01 - 01 - 01 - 0003	3
7	Cuchilla Poción 4	MT01 - 01 - 01 - 0004	3
8	Cuchilla Poción 5	MT01 - 01 - 01 - 0005	3
9	Cuchilla Poción 6	MT01 - 01 - 01 - 0006	3
10	Chaveta	MT01 - 01 - 01 - 0040	2
11	SKF - W 6005 2RS	Comercial	2
12	Tuerca M30 x 3,5	Comercial	4

Observaciones:		Trat. Térmico:		Metalúrgica Córdoba
		Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:	Título: Subconjunto Eje de Corte
Dibujado:	Asnal Bruno	03/2019		
Revisado:				
Aprobado:				Código: MT01 - 01 - 01 - 0000
Escala:	Norma:	Material:		
1 : 5				Formato: A3 Revisión N°:



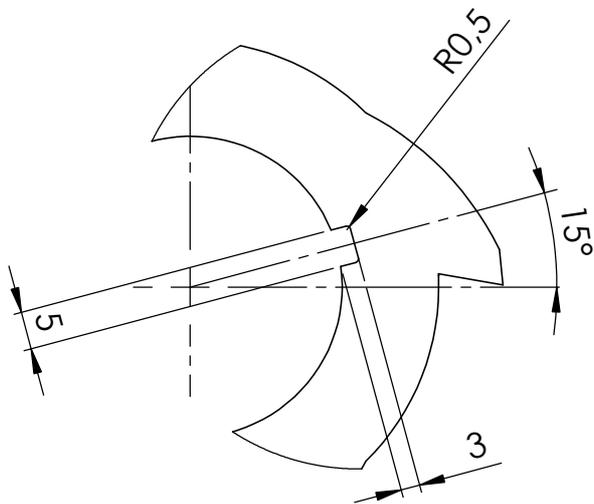
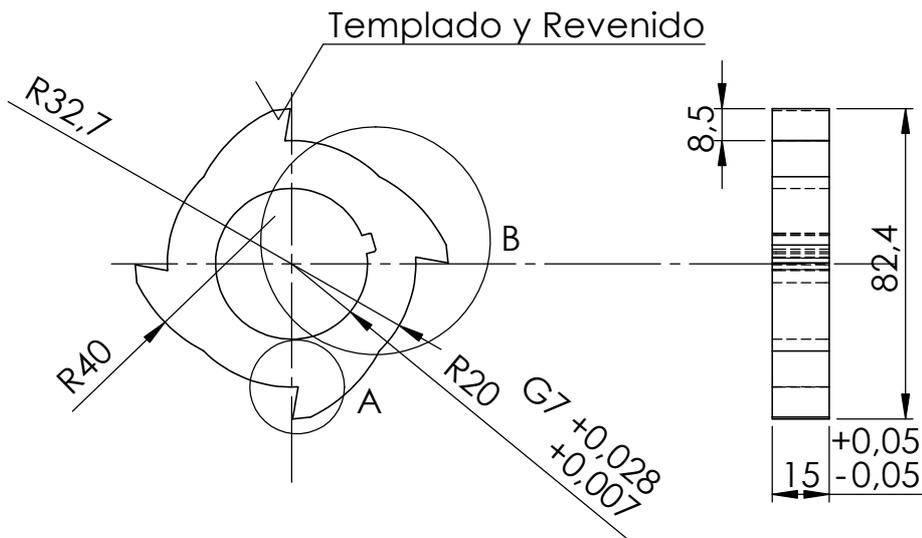
Detalle Posición de Chavetero (B)



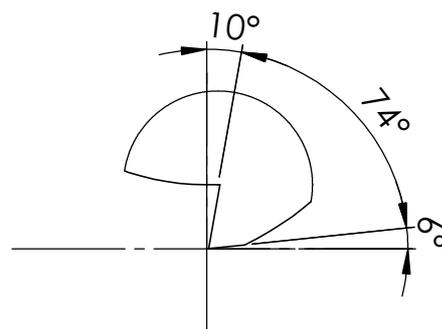
Detalle Ángulos de Filo (A)

Carburizado a 900 °C y Revenido 1 hora a 200 °C

Observaciones: Ajuste Juego Libre Justo, Sistema de eje único			Trat. Térmico: Acabado:		<h1>Metalúrgica Córdoba</h1>
	Nombre:	Fecha:	Firma:		<h2>Título:</h2> Cuchilla Posición 1
Dibujado:	Asnal Bruno	01/2019			
Revisado:					
Aprobado:					<h2>Código:</h2> MT01 - 01 - 01 - 0001
Escala:	Norma:	Material: AISI 8620		Formato: A4	
1 : 2		Tolerancia:		Revisión N°:	



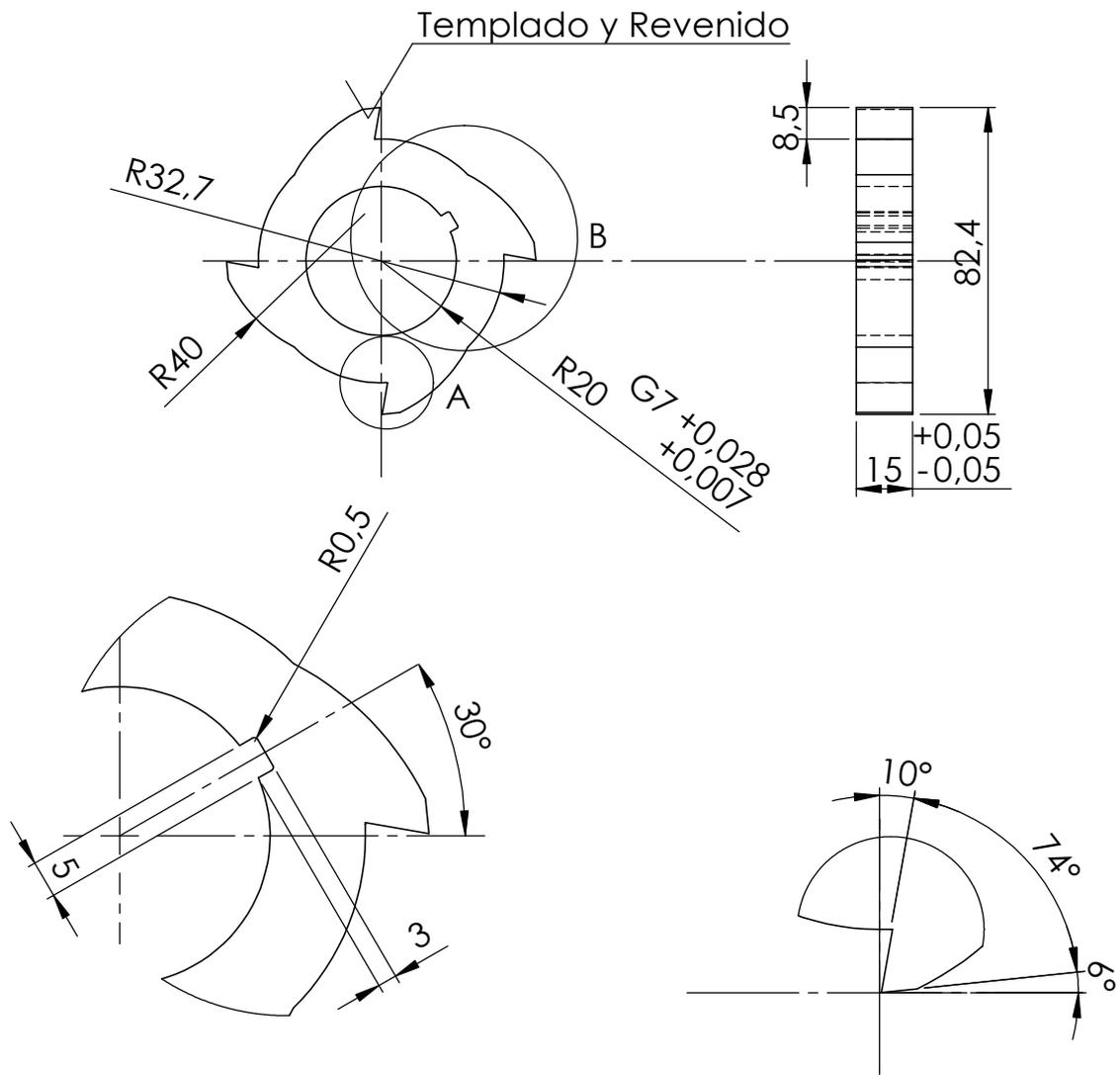
Detalle Posición de Chavetero (B)



Detalle Ángulos de Filo (A)

Carburizado a 900 °C y Revenido 1 hora a 200 °C

Observaciones:		Trat. Térmico:		<h1>Metalúrgica Córdoba</h1>
Ajuste Juego Libre Justo, Sistema de eje único		Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:	<h2>Título:</h2> Cuchilla Posición 2
Dibujado:	ASNAL, Bruno	01/2019		
Revisado:				
Aprobado:				<h2>Código:</h2> MT01 - 01 - 01 - 0002
Escala:	Norma:	Material: AISI 8620		
1 : 2		Tolerancia:		Revisión N°:

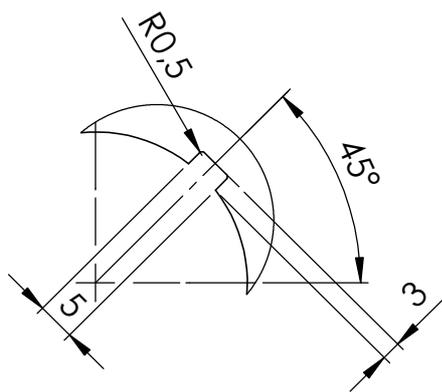
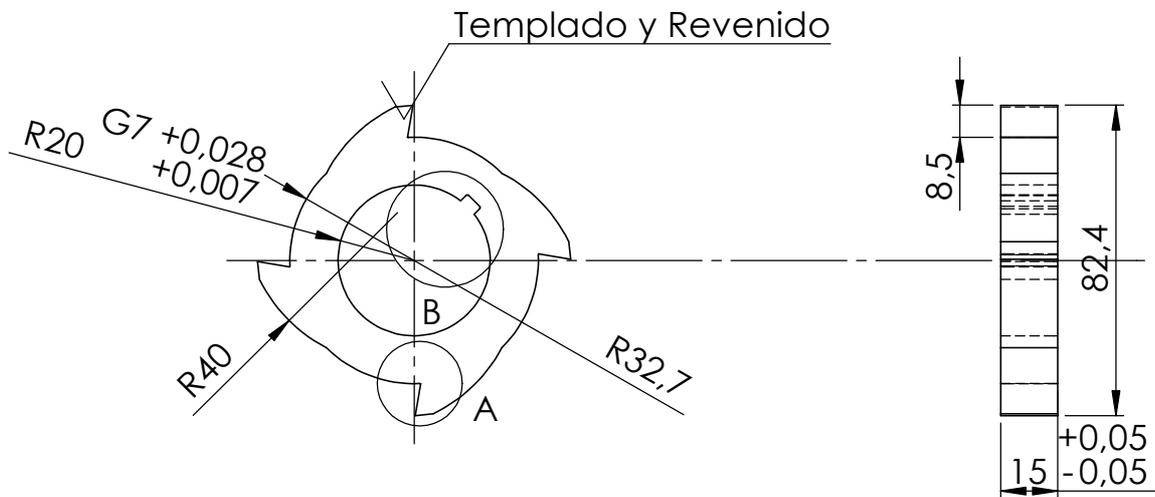


Detalle Posición de Chavetero (B)

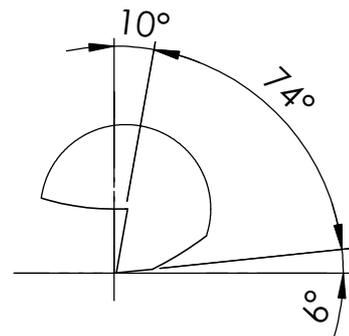
Detalle Ángulos de Filo (A)

Carburizado a 900 °C y Revenido 1 hora a 200 °C

Observaciones:			Trat. Térmico:		<h1>Metalúrgica Córdoba</h1>
Ajuste Juego Libre Justo, Sistema de eje único			Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:		<h2>Título:</h2> <h3>Cuchilla Posición 3</h3>
Dibujado:	Asnal Bruno	01/2019			
Revisado:					
Aprobado:					<h2>Código:</h2> <h3>MT01 - 01 - 01 - 0003</h3>
Escala:	Norma:	Material: AISI 8620		Formato:	
1 : 2		Tolerancia:		Revisión N°:	



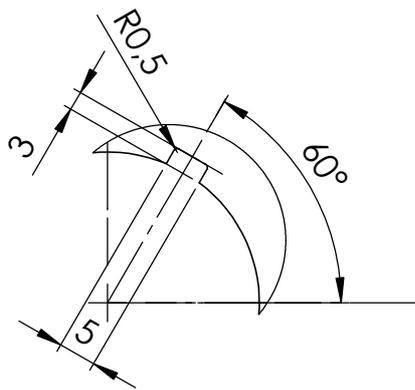
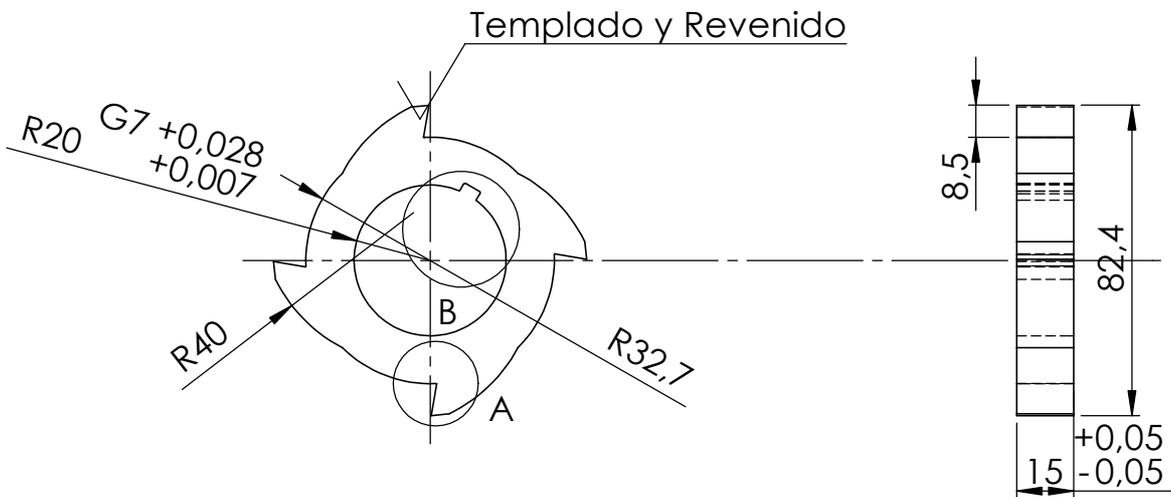
Detalle Posición de Chavetero (B)



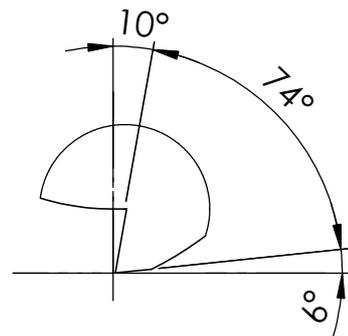
Detalle Ángulos de Filo (A)

Carburizado a 900 °C y Revenido 1 hora a 200 °C

Observaciones: Ajuste Juego Libre Justo, Sistema de eje único			Trat. Térmico:		<h1>Metalúrgica Córdoba</h1>
			Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:		<h2>Título:</h2> Cuchilla Posición 4
Dibujado:	Asnal Bruno	01/2019			
Revisado:					
Aprobado:					<h2>Código:</h2> MT01 - 01 - 01 - 0004
Escala:	Norma:	Material: AISI 8620		Formato: A4	
1 : 2		Tolerancia:		Revisión N°:	



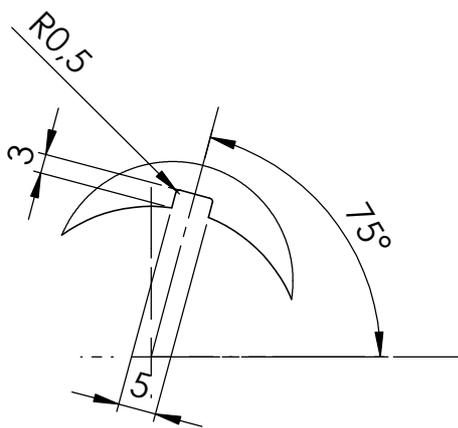
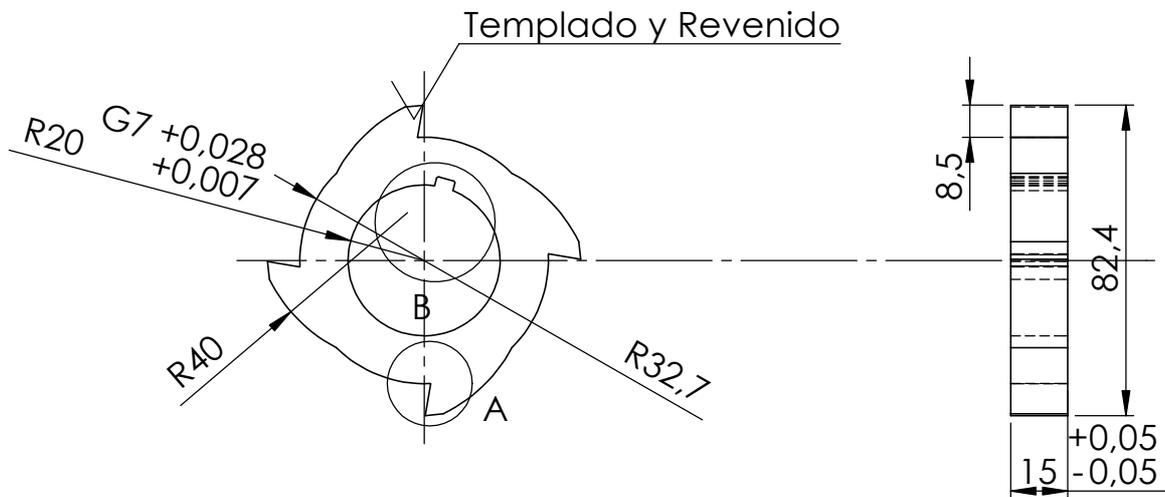
Detalle Posición de Chavetero (B)



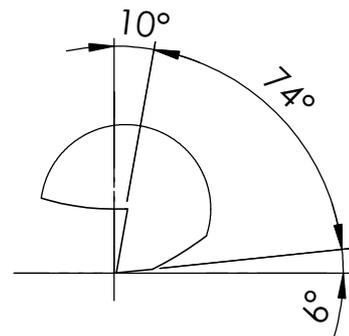
Detalle Ángulos de Filo (A)

Carburizado a 900 °C y Revenido 1 hora a 200 °C

Observaciones:			Trat. Térmico:		<h1>Metalúrgica Córdoba</h1>
Ajuste Juego Libre Justo, Sistema de eje único			Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:		<h2>Título:</h2> Cuchilla Posición 5
Dibujado:	Asnal Bruno	01/2019			
Revisado:					
Aprobado:					<h2>Código:</h2> MT01 - 01 - 01 - 0005
Escala:	Norma:	Material: AISI 8620		Formato: A4	
1 : 2		Tolerancia:		Revisión N°:	



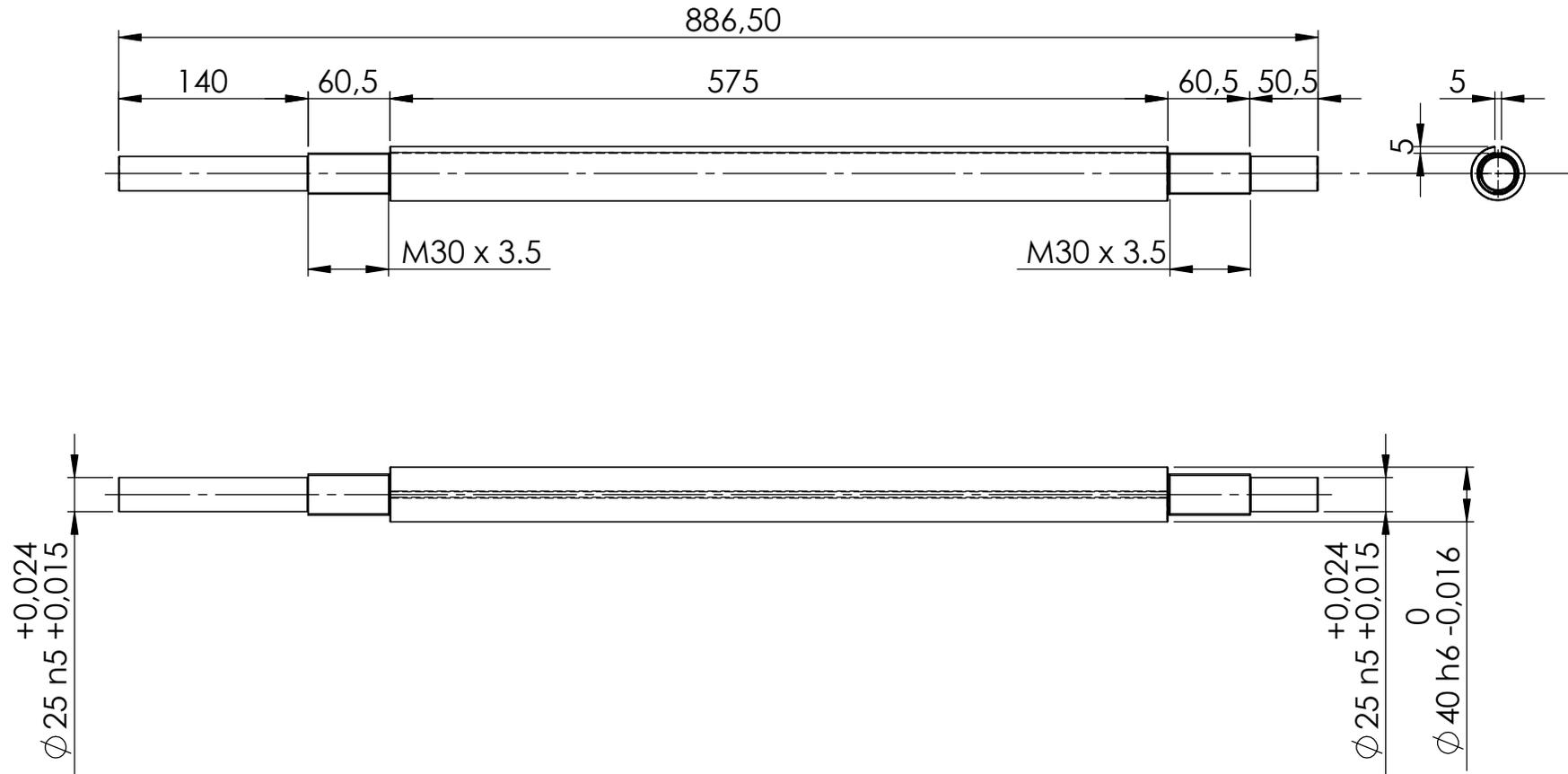
Detalle Posición de Chavetero (B)



Detalle Ángulos de Filo (A)

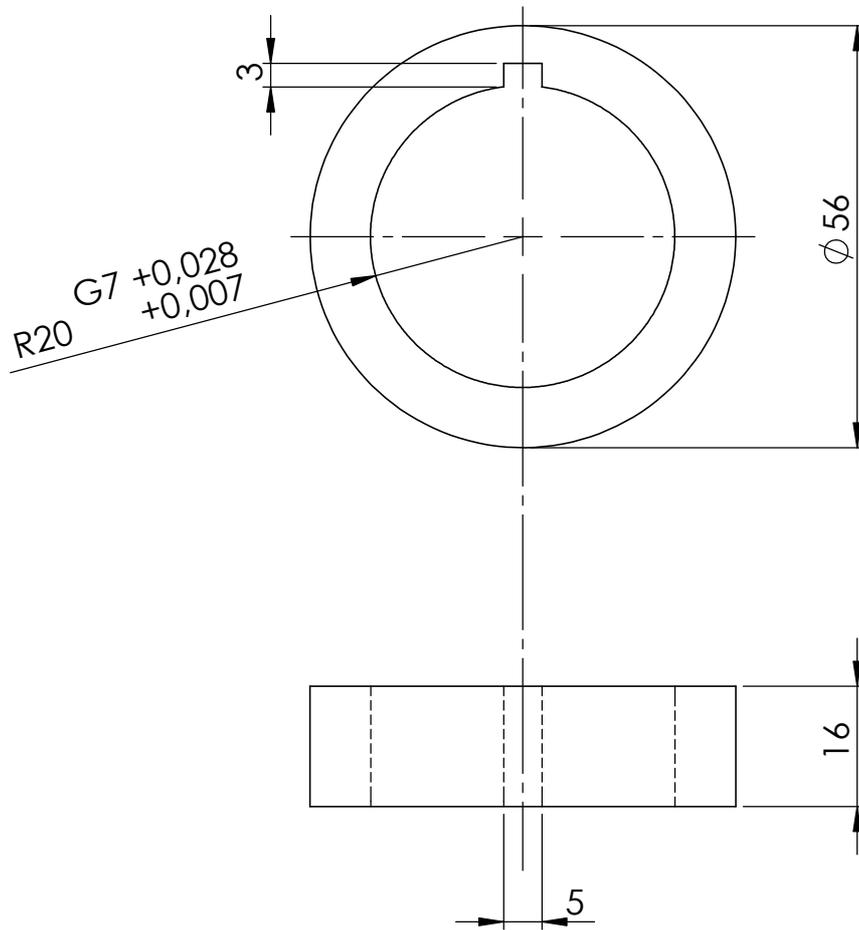
Carburizado a 900 °C y Revenido 1 hora a 200 °C

Observaciones:		Trat. Térmico:		<h1>Metalúrgica Córdoba</h1>
Ajuste Juego Libre Justo, Sistema de eje único		Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:	<h2>Título:</h2> Cuchilla Posición 6
Dibujado:	Asnal Bruno	01/2019		
Revisado:				
Aprobado:				<h2>Código:</h2> MT01 - 01 - 01 - 0006
Escala:	Norma:	Material: AISI 8620		
1 : 2		Tolerancia:		Revisión N°:

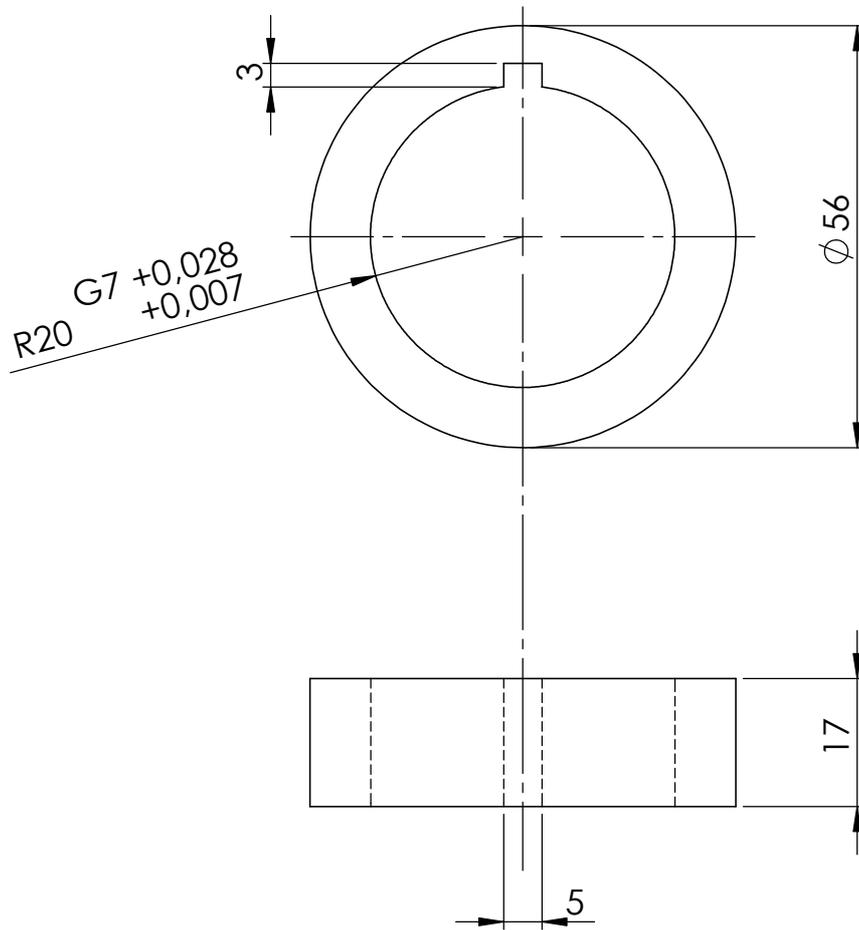


Observaciones:		Trat. Térmico:	
Todos los radios de los chaflanes son de 0.5 mm.		Acabado:	
Nombre:	Fecha:	Firma:	
Dibujado: Asnal Bruno	01/2019		
Revisado:			
Aprobado:			
Escala: 1 : 5	Norma:	Material: AISI 4140	
		Tolerancia:	

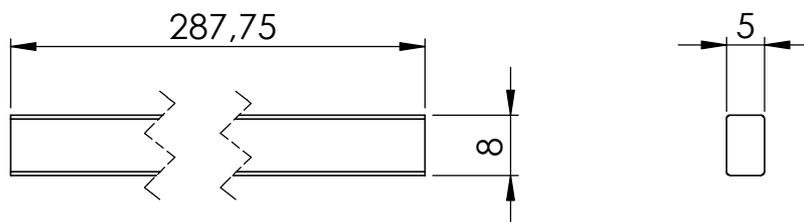
Metalúrgica Córdoba		
		Título: Eje Principal de Corte
Código: MT01 - 01 - 01 - 0020		Formato: A4
		Revisión N°:



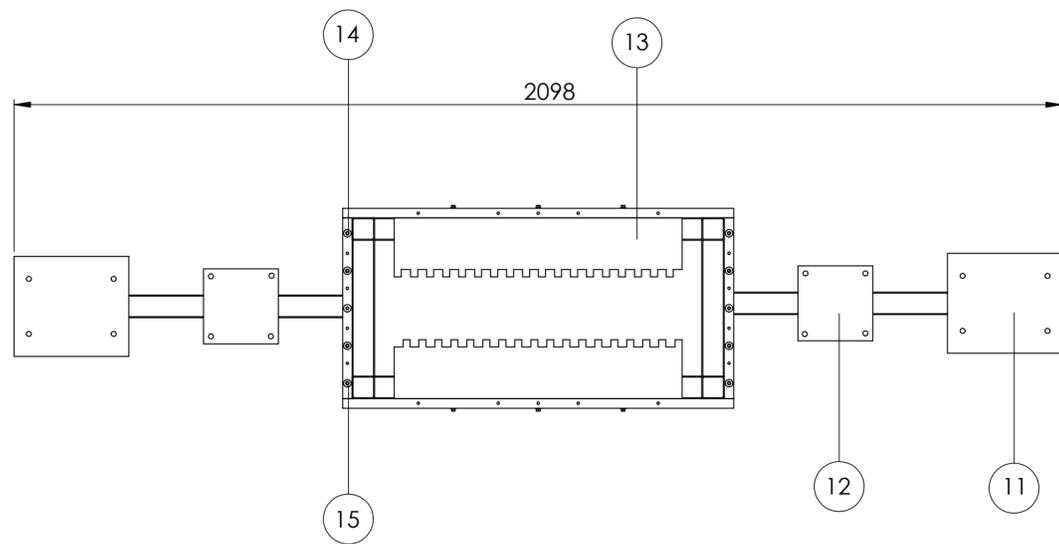
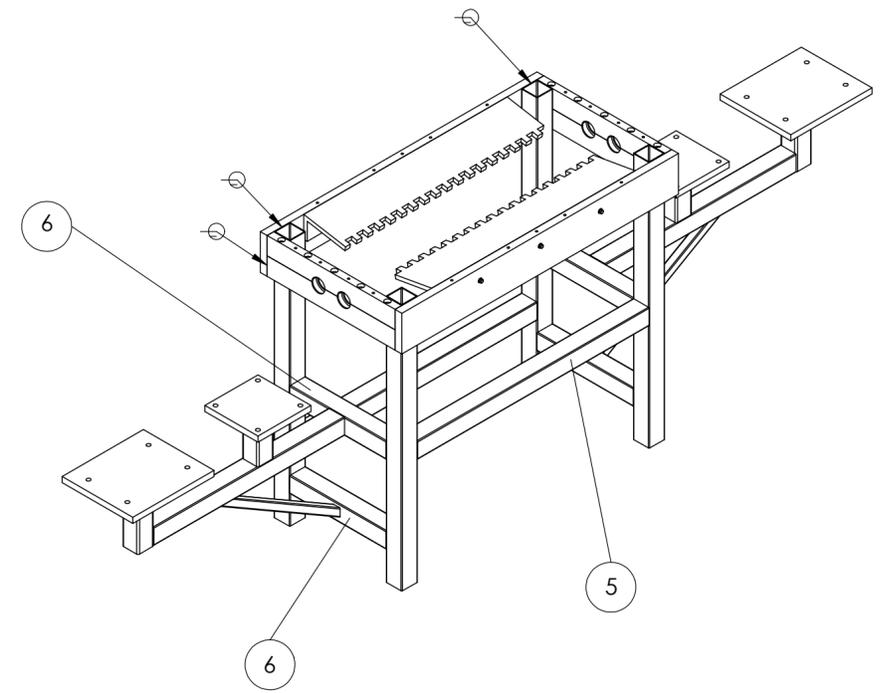
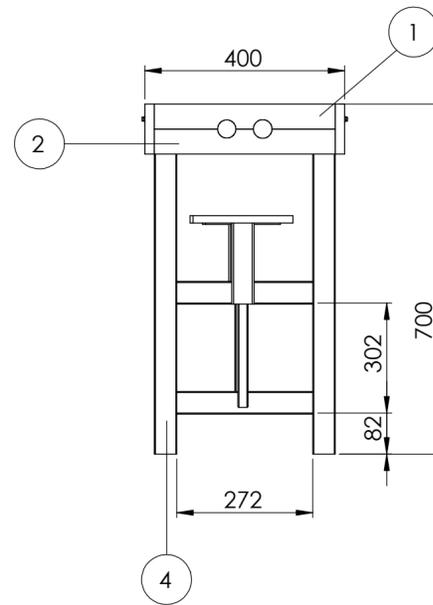
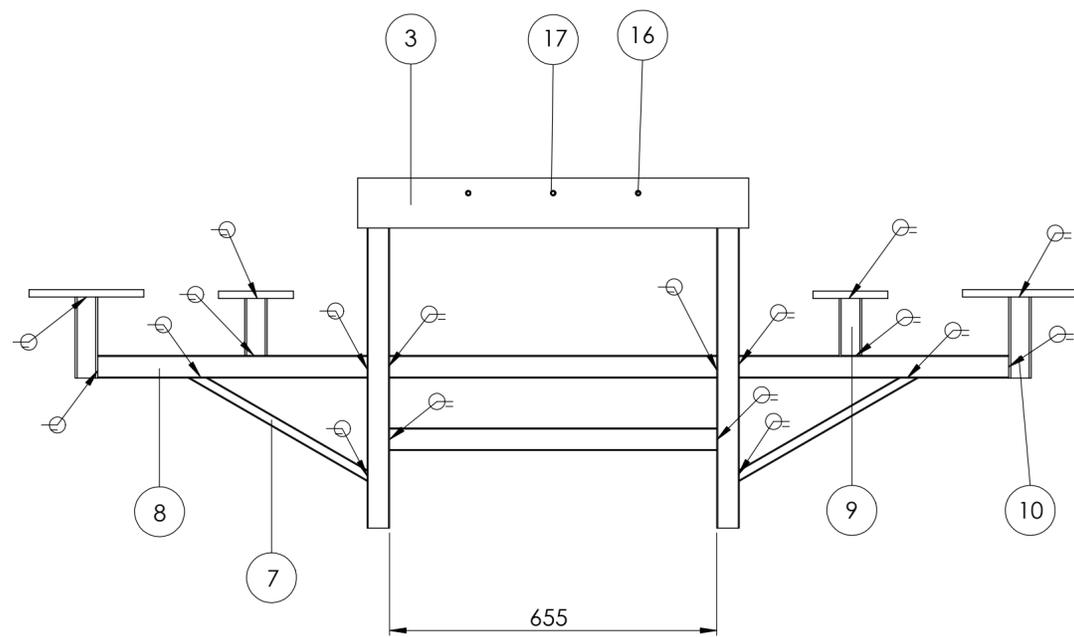
Observaciones:			Trat. Térmico:		<h1>Metalúrgica Córdoba</h1>
			Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:		<h2>Separador Fino</h2>
Dibujado:	Asnal Bruno	01/2019			
Revisado:					
Aprobado:					Código: MT01 - 01 - 01 - 0030
Escala:	Norma:	Material: Al-Cu 2011		Formato: A4	
1 : 1		Tolerancia:		Revisión N°:	



Observaciones:			Trat. Térmico:	Metalúrgica Córdoba
			Acabado:	
	Nombre:	Fecha:	Firma:	Separador Grueso
Dibujado:	Asnal Bruno	01/2019		
Revisado:				
Aprobado:				Código: MT01 - 01 - 01 - 0035
Escala:	Norma:	Material: Al-Cu 2011		
1 : 1		Tolerancia:		Revisión N°:

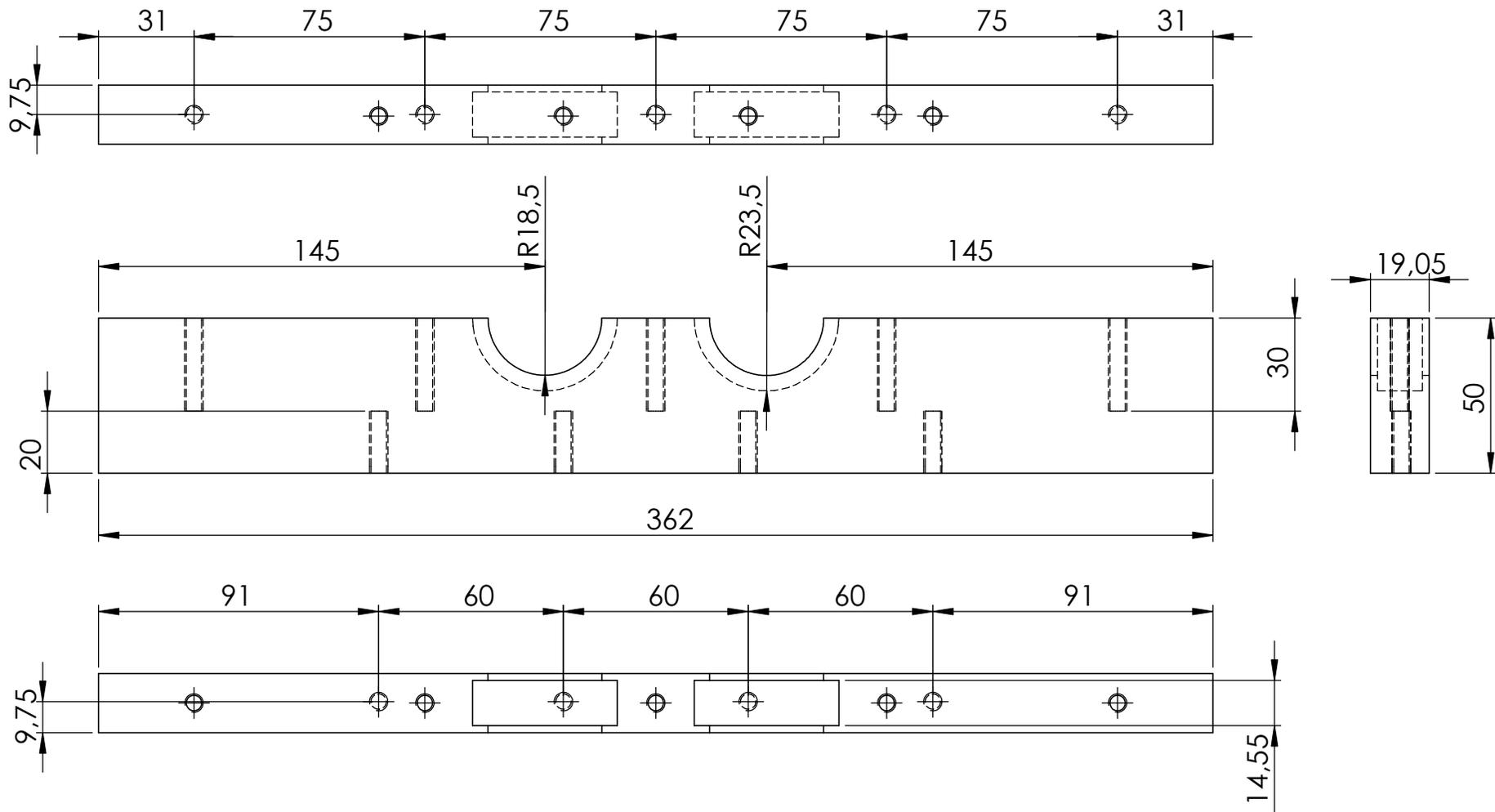


Observaciones:		Trat. Térmico:		<h1>Metalúrgica Córdoba</h1>
Todos los cantos llevan chaflan de 0.5 mm.		Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:	<h2>Título:</h2> <h3>Chaveta Eje de Corte</h3>
Dibujado:	Asnal Bruno	01/2019		
Revisado:				
Aprobado:				<h2>Código:</h2> MT01 - 01 - 01 - 0040
Escala:	Norma:	Material: SAE 1010		
1 : 1		Tolerancia: ± 0,5		Revisión N°:



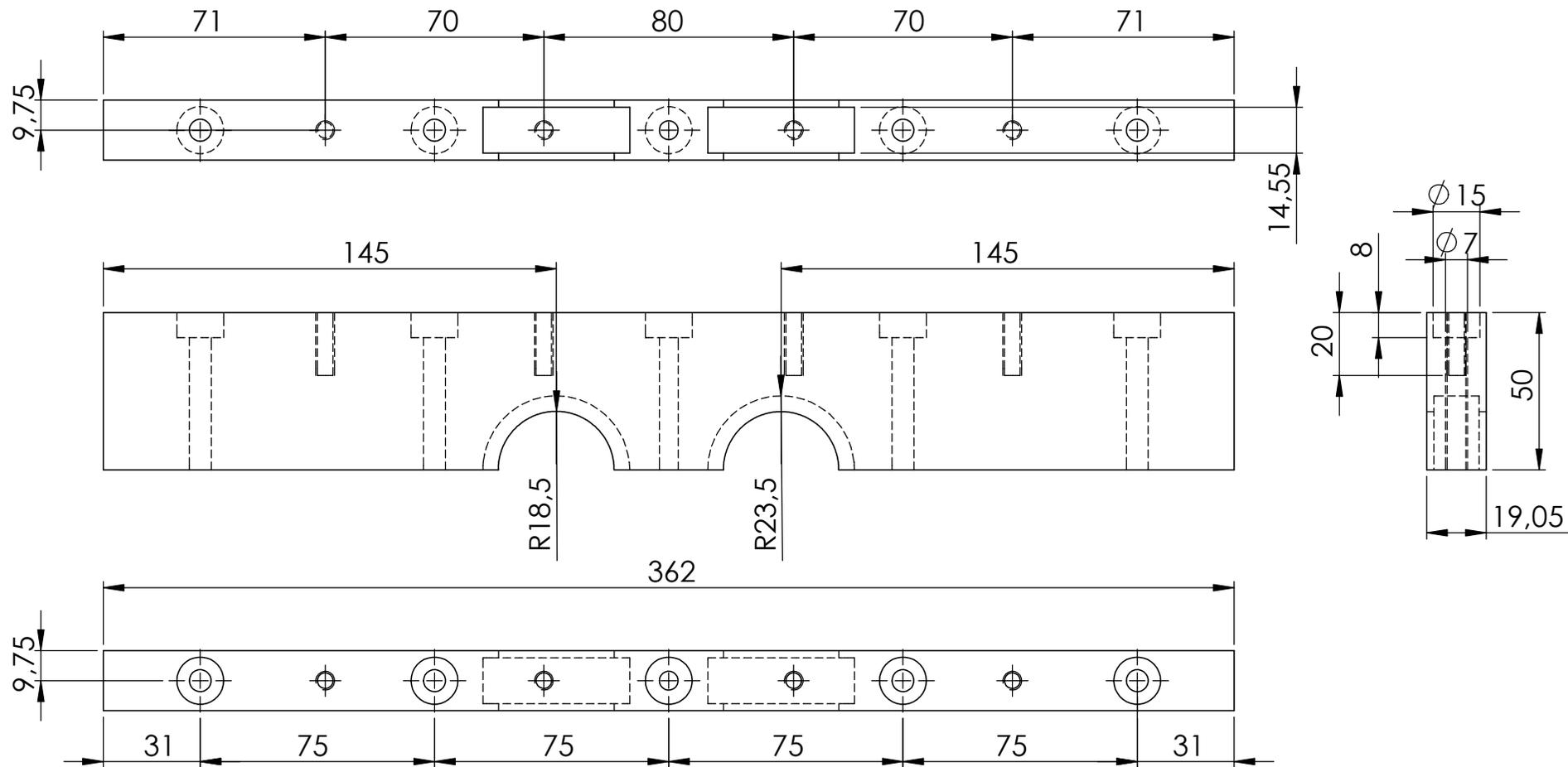
N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Superior Eje de Corte	MT01 - 01 - 02 - 0020	2
2	Inferior Soporte Eje de Corte	MT01 - 01 - 02 - 0010	2
3	Lateral Soporte Eje de Corte	MT01 - 01 - 02 - 0030	2
4	Pata Máquina Trituradora	MT01 - 01 - 02 - 0040	4
5	Travesaño Largo Pata	MT01 - 01 - 02 - 0050	2
6	Travesaño Corto Pata	MT01 - 01 - 02 - 0060	4
7	Refuerzo Soporte Motor	MT01 - 01 - 02 - 0070	2
8	Soporte Motor y Caja Reducción	MT01 - 01 - 02 - 0080	2
9	Apoyo Caja Reducción	MT01 - 01 - 02 - 0090	2
10	Apoyo Motor	MT01 - 01 - 02 - 0110	2
11	Base Motor	MT01 - 01 - 02 - 0120	2
12	Base Caja Reducción	MT01 - 01 - 02 - 0100	2
13	Contenedor	MT01 - 01 - 02 - 0130	2
14	Espárrago M6 x 1 x 80	Comercial	10
15	Tuerca M6 x 1 C	Comercial	10
16	Bulón M5 x 0.8 x 40C	Comercial	6
17	Tuerca M5 x 0.8 C	Comercial	6

Observaciones:		Trat. Térmico:		Metalúrgica Córdoba
Pintura Ocre Alba Código AST 0457		Acabado: Pintura Sintética		
Nombre:	Fecha:	Firma:		Título:
Dibujado: Asnal Bruno	02/2019			Subconjunto Bancada
Revisado:				Código:
Aprobado:				MT01 - 01 - 02 - 0000
Escała: 1 : 10	Norma:	Material:	Tolerancia:	Formato: A2
				Revisión N°:



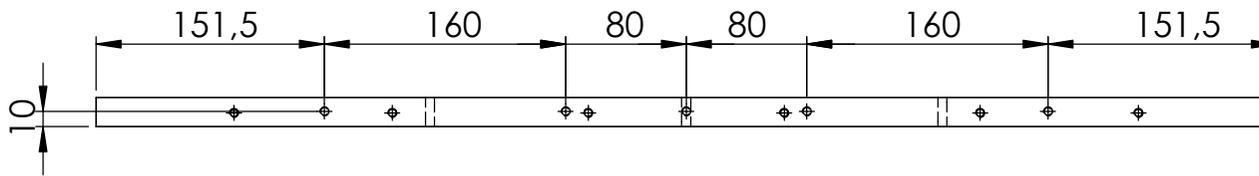
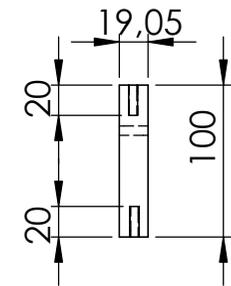
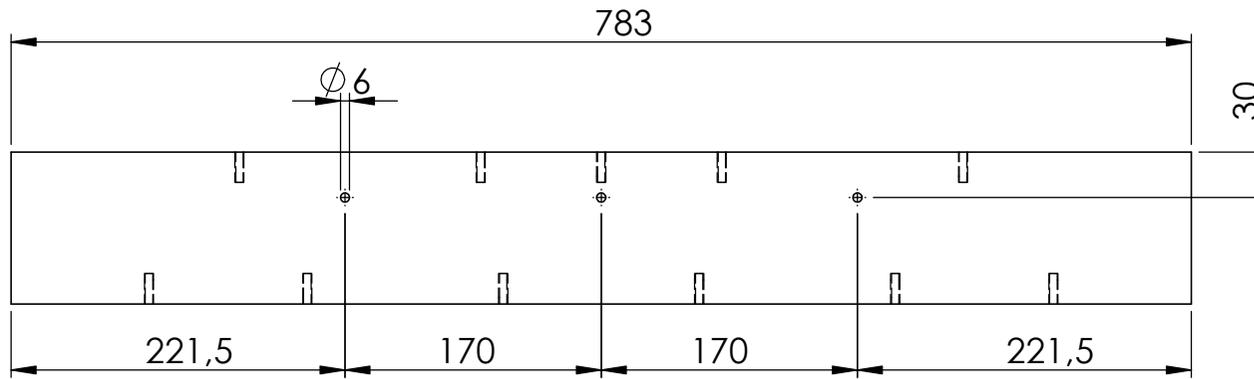
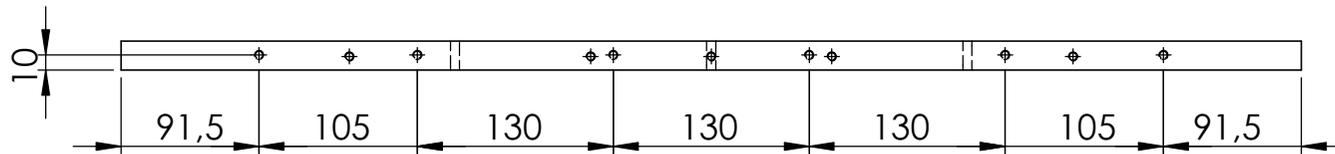
Todas las roscas de este plano son M6 x 1

Observaciones:		Trat. Térmico:		Metalúrgica Córdoba	
Chapa Comercial de 19,05 mm.		Acabado:			
	Nombre:	Fecha:	Firma:	Título: Inferior Soporte Eje de Corte	
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019			
Revisado:					
Aprobado:				Código: MT01 - 01 - 02 - 0010	
Escala:	Norma:	Material: Chapa SAE 1010			Formato: A4
1 : 2		Tolerancia: ± 0,5			Revisión N°:

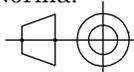


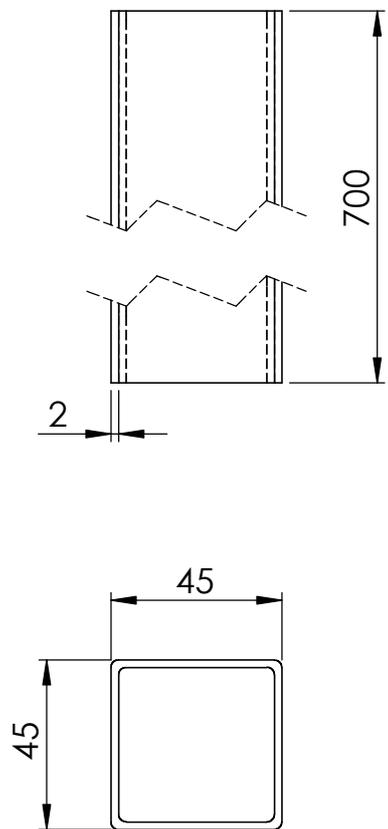
Todas las roscas de este plano son M6 x 1

Observaciones:		Trat. Térmico:		Metalúrgica Córdoba
Chapa Comercial de 19,05 mm.		Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:	Título: Superior Soporte Eje de Corte
Dibujado:	Asnal Bruno	03/2019		
Revisado:				
Aprobado:				Código: MT01 - 01 - 02 - 0020
Escala:	Norma:	Material: Chapa SAE 1010		
1 : 2		Tolerancia: ± 0,5		Revisión N°:



Todas las roscas de este plano son M6 x 1

Observaciones: Chapa Comercial de 19,05 mm.		Trat. Térmico:		Metalúrgica Córdoba
		Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:	Título: Lateral Soporte Eje de Corte
Dibujado:	Asnal Bruno	01/2019		
Revisado:				
Aprobado:				Código: MT01 - 01 - 02 - 0030
Escala: 1 : 5	Norma: 	Material: SAE 1010 Tolerancia: ± 0,5		



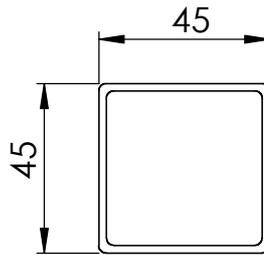
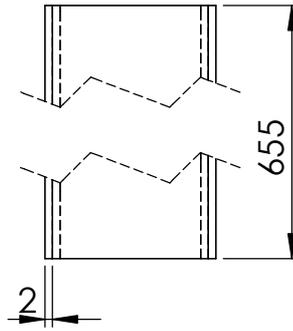
Observaciones:
Caño Estructural de 45 x 45 x 2 mm.

Trat. Térmico:
Acabado:

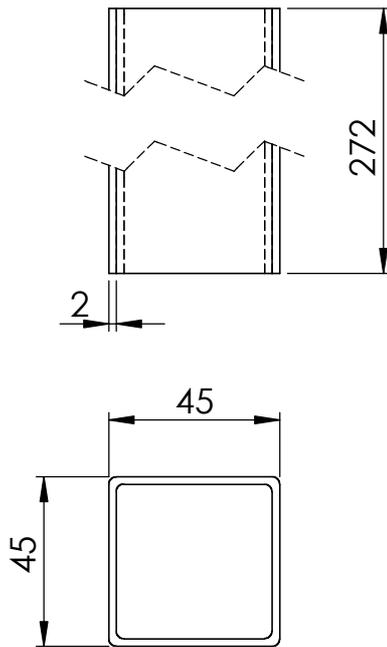
Metalúrgica Córdoba

	Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019	
Revisado:			
Aprobado:			
Escala:	Norma:	Material: SAE 1010	
1 : 2		Tolerancia: ± 1	

Título: Pata Maquina Trituradora	
Código: MT01 - 01 - 02 - 0040	Formato: A4
	Revisión N°:



Observaciones:			Trat. Térmico:		<h1>Metalúrgica Córdoba</h1>
Caño Estructural de 45 x 45 x 2 mm.			Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:		<h2>Travesaño Largo Pata</h2>
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019			
Revisado:					
Aprobado:					<h3>Código:</h3> MT01 - 01 - 02 - 0050
Escala:	Norma:	Material: SAE 1010		Formato:	
1 : 2		Tolerancia: ± 1		A4	
				Revisión N°:	



Observaciones:	Trat. Térmico:
Caño Estructural de 45 x 45 x 2 mm.	Acabado:

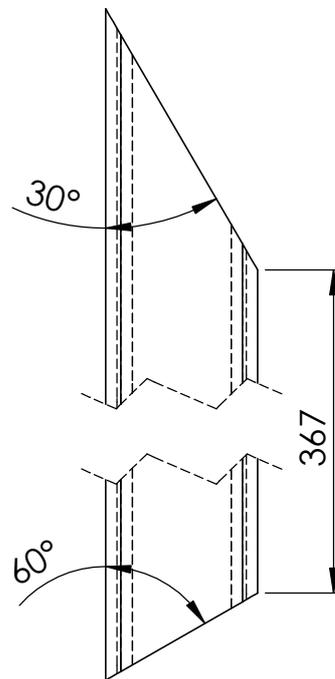
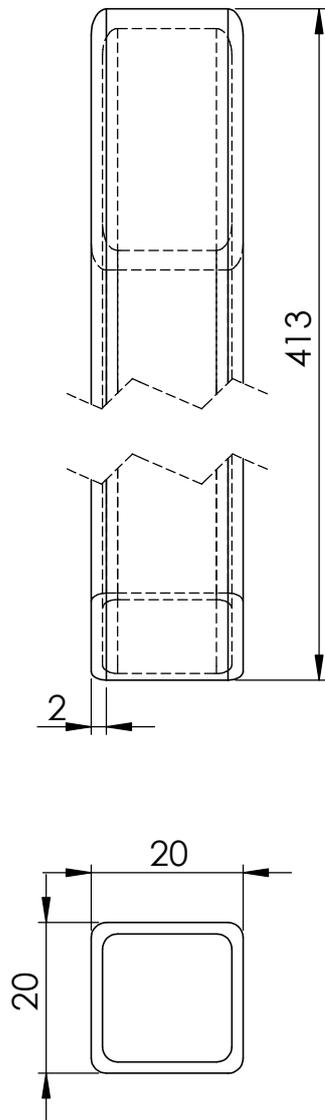
Metalúrgica Córdoba

	Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019	
Revisado:			
Aprobado:			
Escala:	Norma:	Material: SAE 1010	
1 : 2		Tolerancia: ± 1	

Título:
Travesaño Corto Pata

Código:
MT01 - 01 - 02 - 0060

Formato:
A4
Revisión N°:



Observaciones:
Caño Estructural de 20 x 20 x 2 mm.

Trat. Térmico:
Acabado:

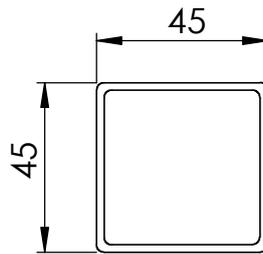
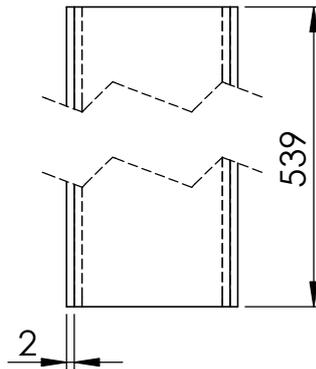
Metalúrgica Córdoba

	Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado:	Asnal Bruno	04/2019	
Revisado:			
Aprobado:			
Escala:	Norma:	Material: SAE 1010	
1 : 1		Tolerancia: ± 1	

Título:
Refuerzo Soporte Motor

Código:
MT01 - 01 - 02 - 0070

Formato:
A4
Revisión N°:

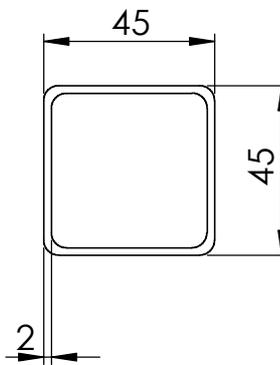
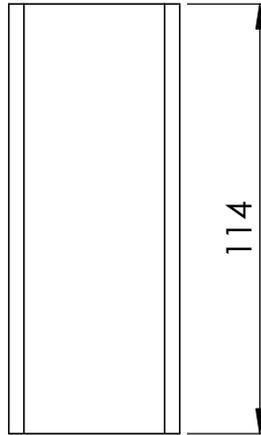


Observaciones:	Trat. Térmico:
Caño Estructural de 45 x 45 x 2 mm.	Acabado:

Metalúrgica Córdoba

	Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019	
Revisado:			
Aprobado:			
Escala:	Norma:	Material: SAE 1010	
1 : 2		Tolerancia: ± 1	

Título:	
Soporte Motor y Caja Reducción	
Código:	Formato:
MT01 - 01 - 02 - 0080	A4
	Revisión N°:



Observaciones:	Trat. Térmico:
Caño Estructural de 45 x 45 x 2 mm.	Acabado:

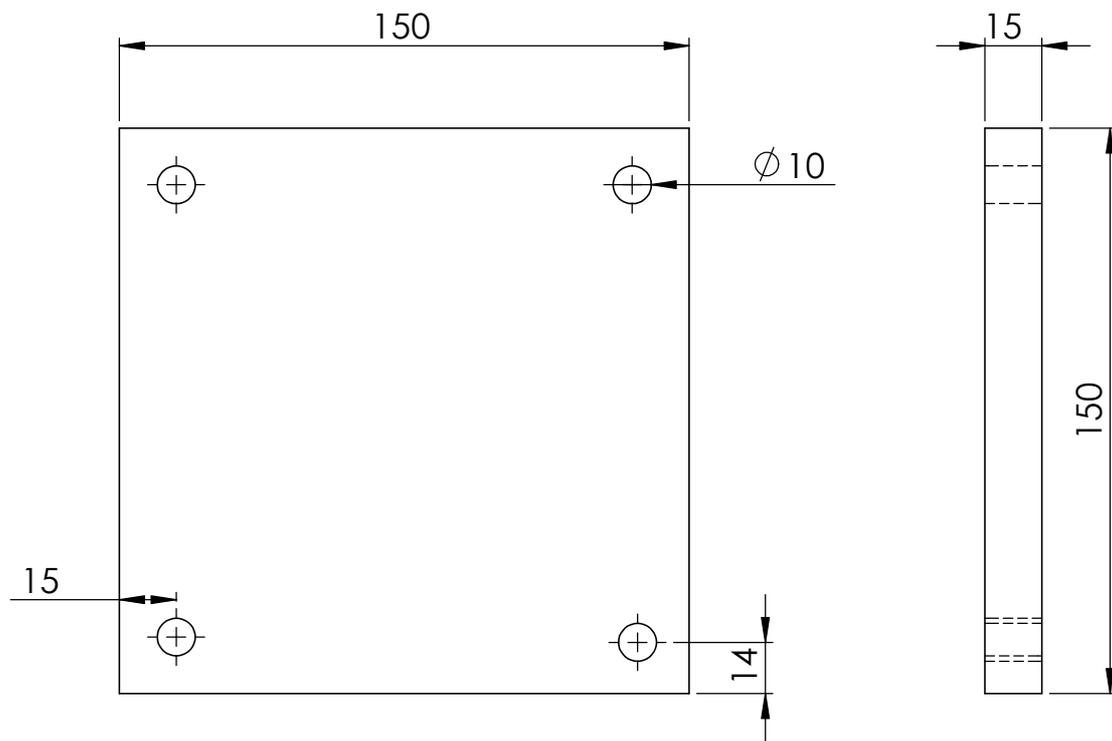
Metalúrgica Córdoba

	Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019	
Revisado:			
Aprobado:			
Escala:	Norma:	Material: SAE 1010	
1 : 2		Tolerancia: ± 1	

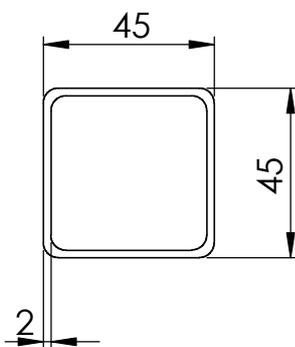
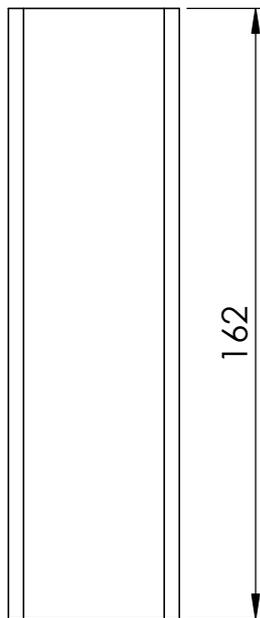
Título:
Apoyo Caja Reducción

Código:
MT01 - 01 - 02 - 0090

Formato:
A4
Revisión N°:



Observaciones:		Trat. Térmico:		<h1>Metalúrgica Córdoba</h1>
Chapa Comercial de 15 mm.		Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:	<h2>Título:</h2> <h3>Base Caja Reducción</h3>
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019		
Revisado:				
Aprobado:				<h2>Código:</h2> <h3>MT01 - 01 - 02 - 0100</h3>
Escala:	Norma:	Material: Chapa SAE 1010		
1 : 2		Tolerancia: ± 1		Revisión N°:



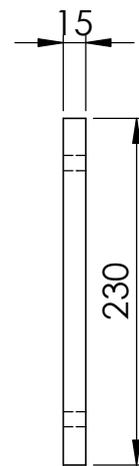
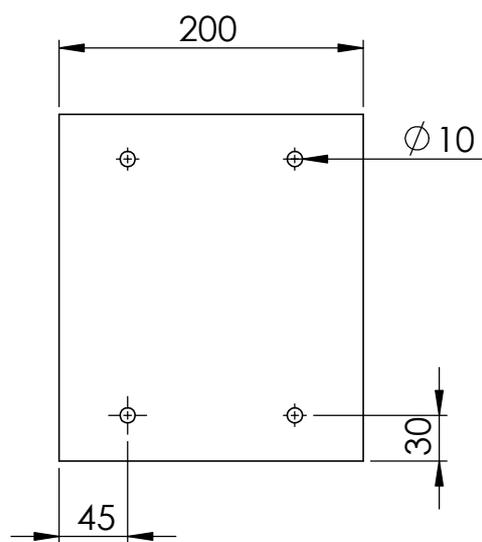
Observaciones:
Caño Estructural de 45 x 45 x 2 mm.

Trat. Térmico:
Acabado:

Metalúrgica Córdoba

	Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019	
Revisado:			
Aprobado:			
Escala:	Norma:	Material: SAE 1010	
1 : 2		Tolerancia: ± 1	

Título: Apoyo Motor	
Código: MT01 - 01 - 02 - 0110	Formato: A4
	Revisión N°:



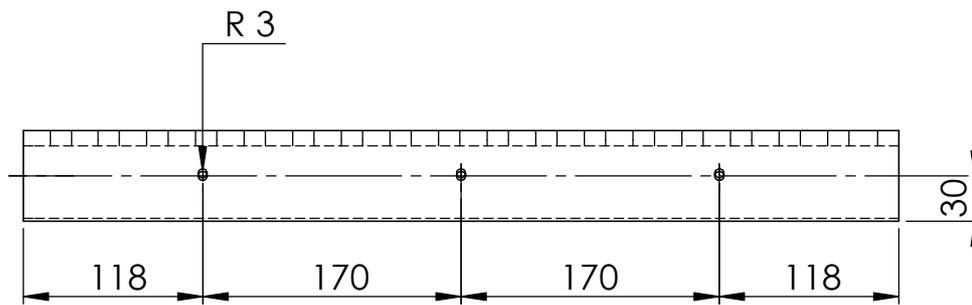
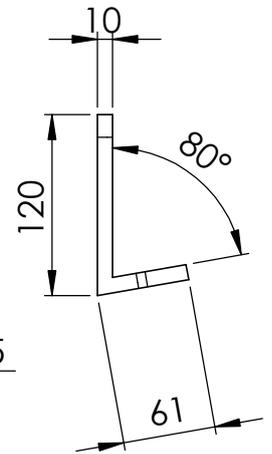
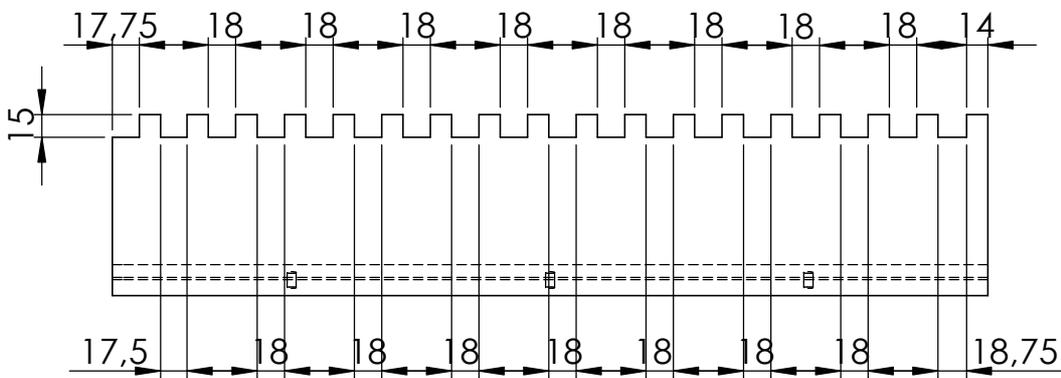
Observaciones:
Chapa Comercial de 15 mm.

Trat. Térmico:
Acabado:

Metalúrgica Córdoba

	Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019	
Revisado:			
Aprobado:			
Escala:	Norma:	Material: Chapa SAE 1010	
1 : 5		Tolerancia: ± 1	

Título:	Base Motor
Código:	MT01 - 01 - 02 - 0120
Formato:	A4
Revisión N°:	



Observaciones:

Trat. Térmico:

Acabado:

Metalúrgica Córdoba

	Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado:	Asnal Bruno	01/2019	
Revisado:			
Aprobado:			
Escala:	Norma:	Material: Fundición Gris	
1 : 5		Tolerancia: ± 0,5	

Título:

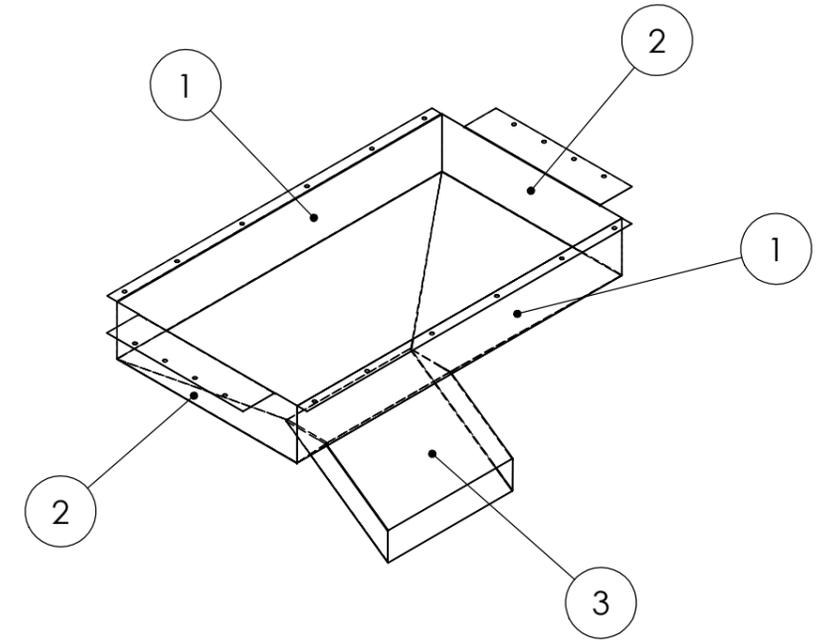
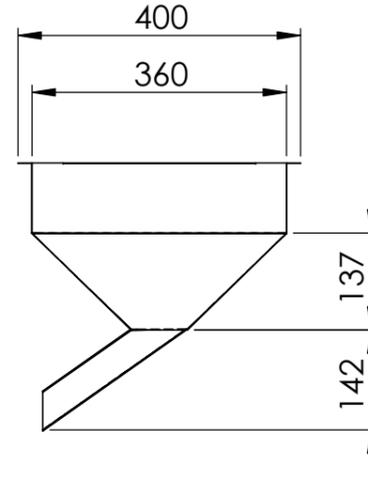
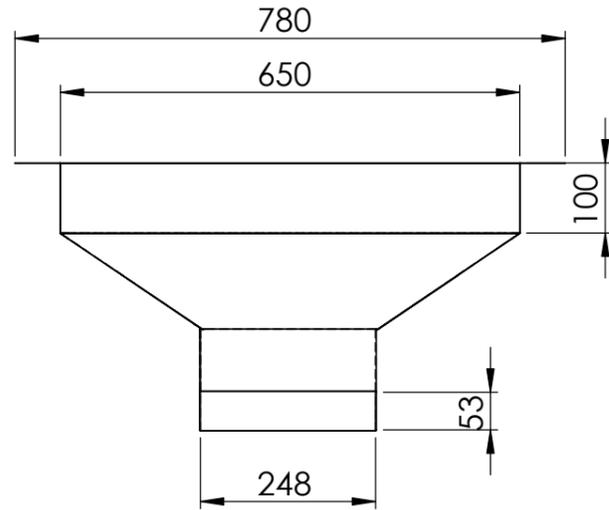
Contenedor

Código:

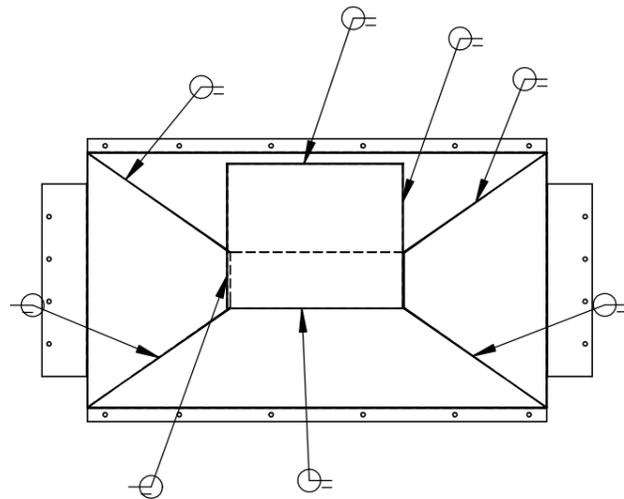
MT01 - 01 - 02 - 0130

Formato: A4

Revisión N°:



Cordones de Soldadura



N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Posterior Tolva Inferior	MT01 - 01 - 03 - 0010	2
2	Lateral Tolva Inferior	MT01 - 01 - 03 - 0020	2
3	Descarga Tolva Inferior	MT01 - 01 - 03 - 0030	1

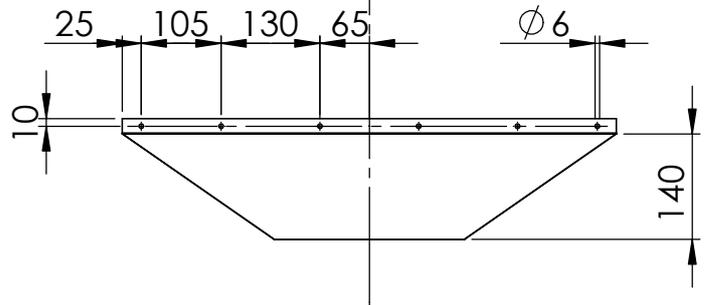
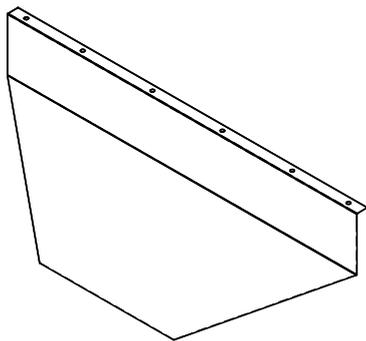
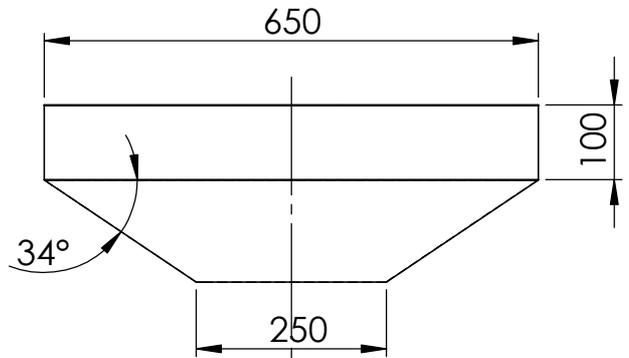
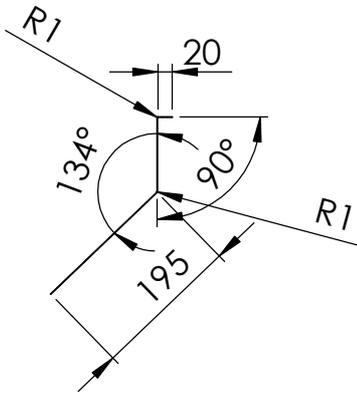
Observaciones:		Trat. Térmico:	
Pintura Sintética Verde Alba Código 30GY 27/514		Acabado: Pintura Sintética	
Nombre:	Fecha:	Firma:	
Dibujado: Asnal Bruno	03/2019		
Revisado:			
Aprobado:			
Escala: 1 : 10	Norma:	Material:	

Metalúrgia Córdoba

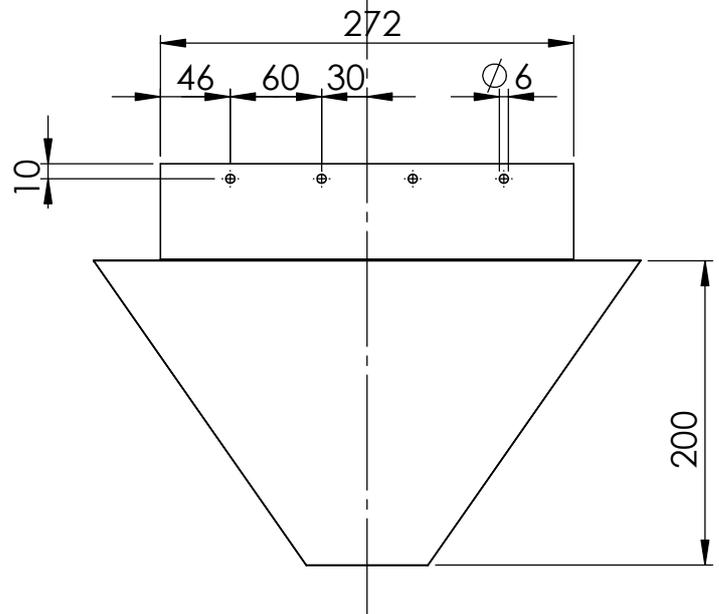
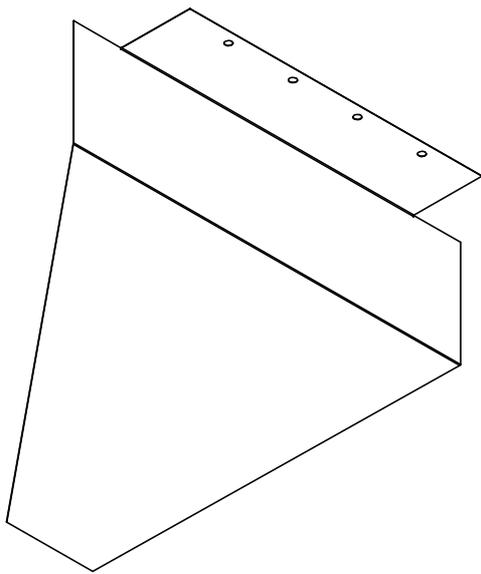
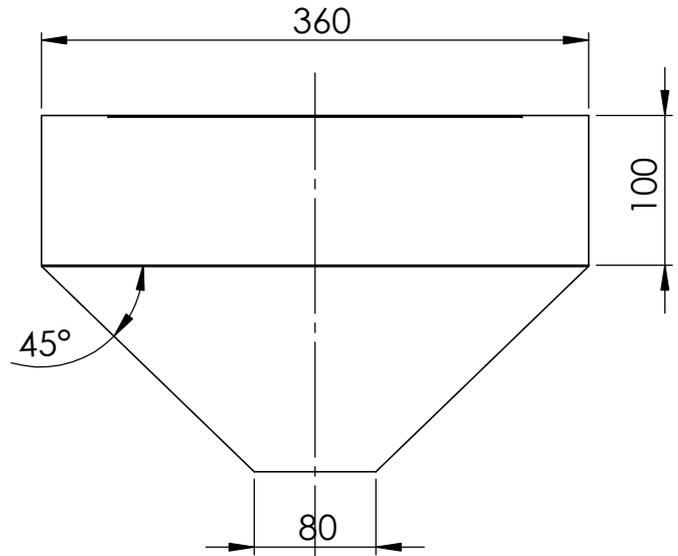
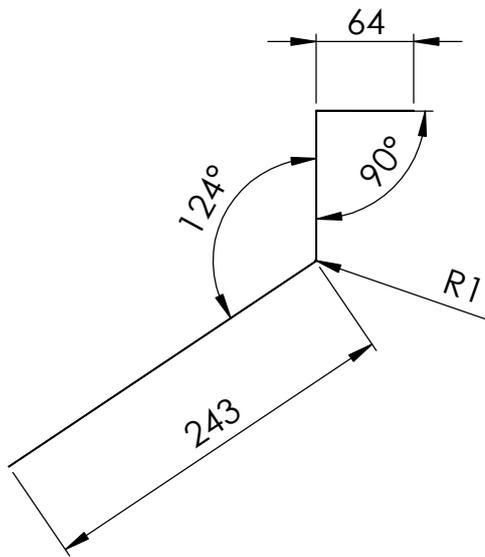
Título:
Subconjunto Tolva Inferior

Código:
MT01 - 01 - 03 - 0000

Formato:
A3
Revisión N°:



Observaciones:		Trat. Térmico:		Metalúrgica Córdoba
Chapa de 2 mm plegada y soldada		Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:	Título: Posterior Tolva Inferior
Dibujado:	Asnal Bruno	03/2019		
Revisado:				
Aprobado:				Código: MT01 - 01 - 03 - 0010
Escala:	Norma:	Material: Chapa SAE 1010		
1 : 10		Tolerancia: ± 1		Revisión N°:



Observaciones:

Chapa de 2 mm plegada.

Trat. Térmico:

Acabado:

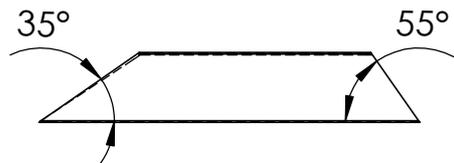
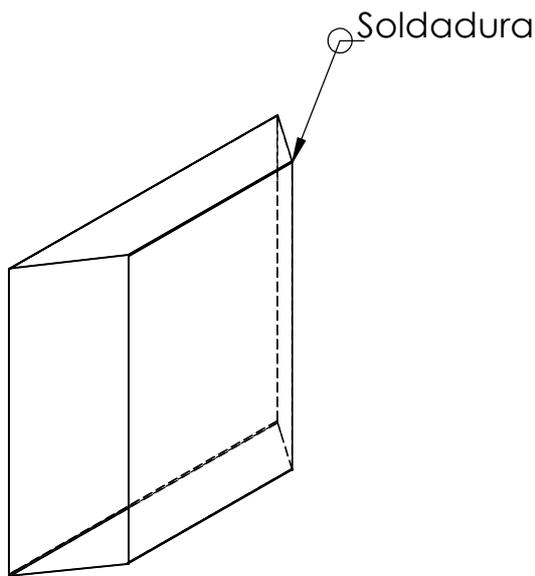
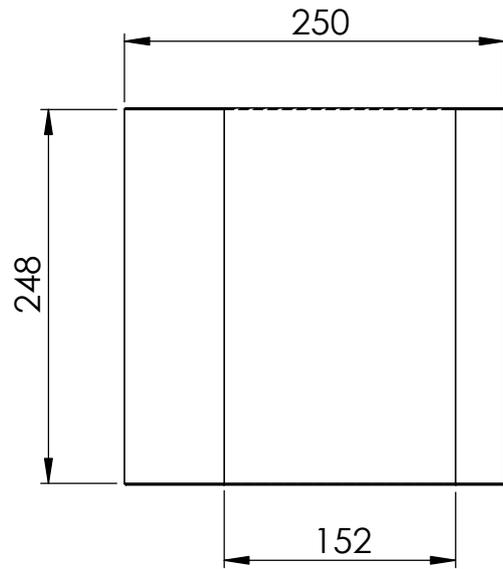
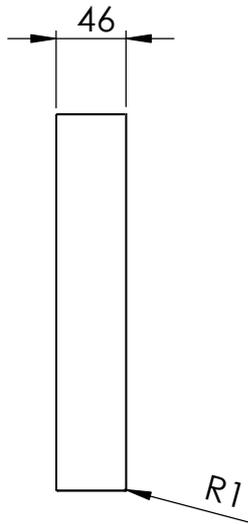
Metalúrgica Córdoba

	Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019	
Revisado:			
Aprobado:			
Escala:	Norma:	Material: Chapa SAE 1010	
1 : 5		Tolerancia: ± 1	

Título:
Lateral Tolva Inferior

Código:
MT01 - 01 - 03 - 0020

Formato:
A4
Revisión N°:



Observaciones:

Chapa de 2 mm plegada y soldada.

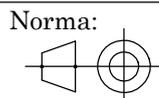
Trat. Térmico:

Acabado:

Metalúrgica Córdoba

	Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado:	Asnal Bruno	03/2019	
Revisado:			
Aprobado:			

Escala:
1 : 5

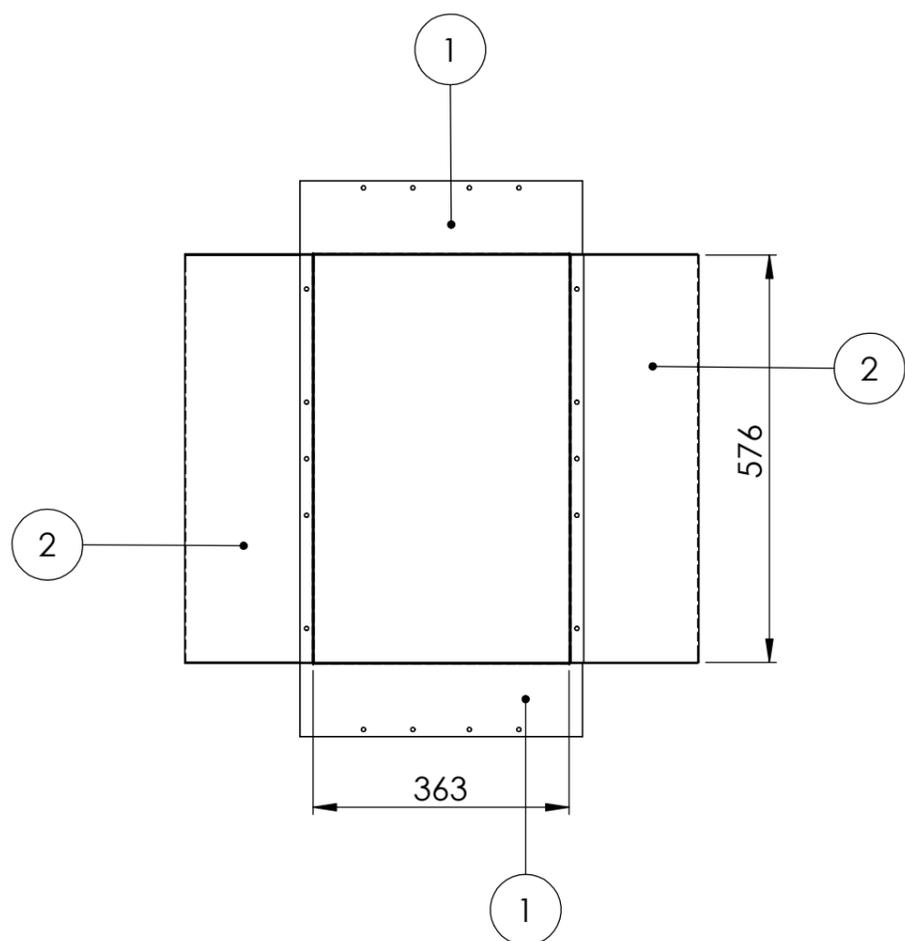
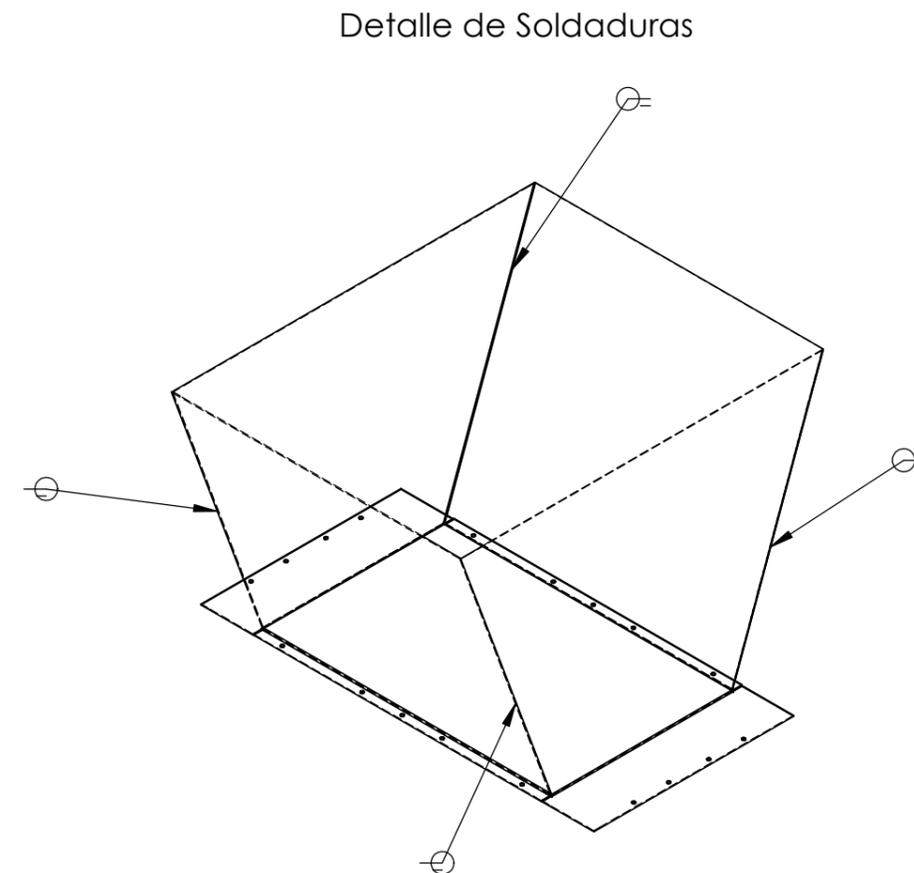
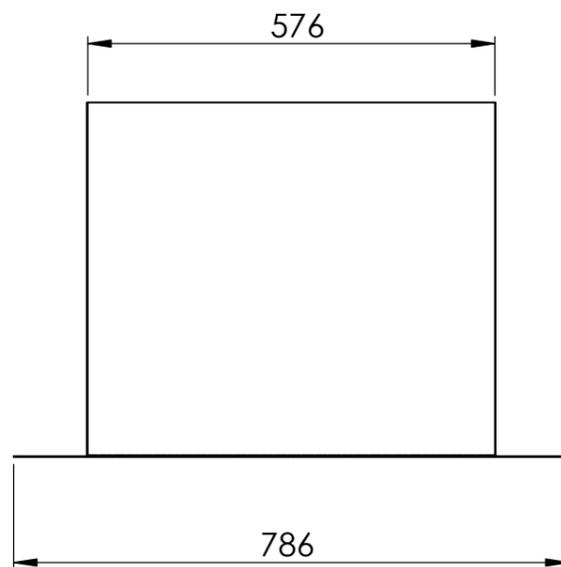
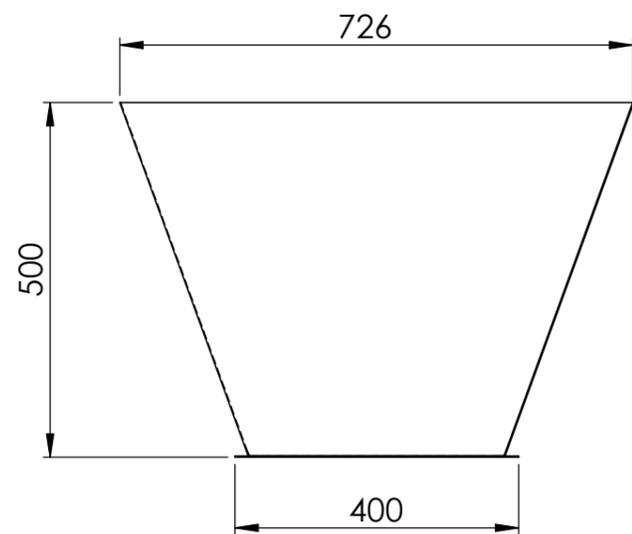


Norma:
Material: Chapa SAE 1010
Tolerancia: ± 1

Título:
Descarga Tolva Inferior

Código:
MT01 - 01 - 03 - 0030

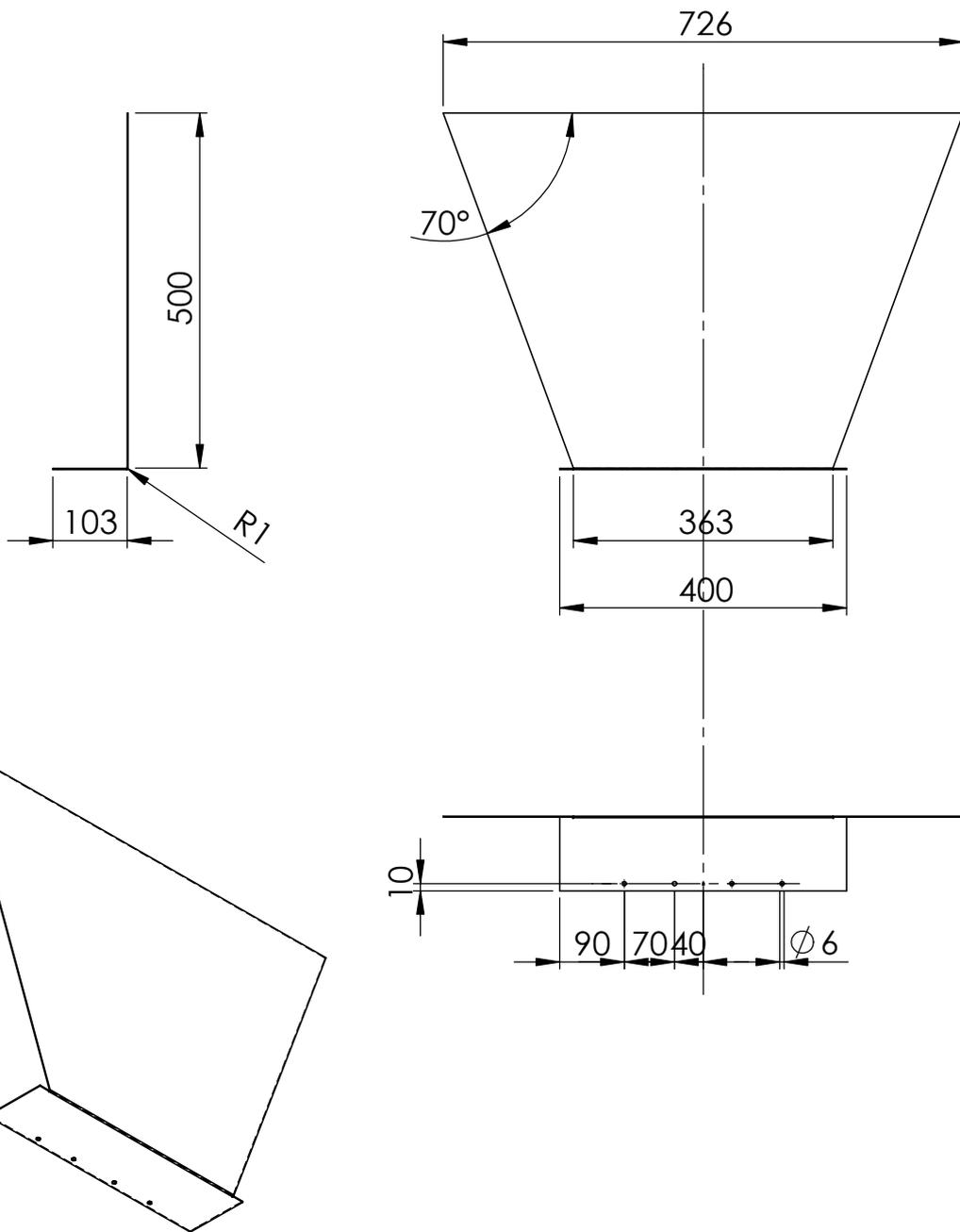
Formato:
A4
Revisión N°:



N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Lateral Corto Tolva Superior	MT01 - 01 - 04 - 0010	2
2	Lateral Largo Tolva Superior	MT01 - 01 - 04 - 0020	2

Observaciones: Pintura Sintética Verde Alba Código 30GY 27/514		Trat. Térmico:	
		Acabado: Pintura Sintética	
	Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado:	Asnal Bruno	03/2019	
Revisado:			
Aprobado:			
Escala:	Norma:	Material:	
1 : 10			

Metalúrgica Córdoba	
Título: Subconjunto Tolva Superior	
Código: MT01 - 01 - 04 - 0000	Formato: A3
	Revisión N°:



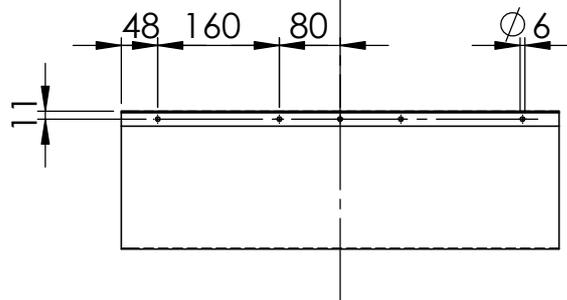
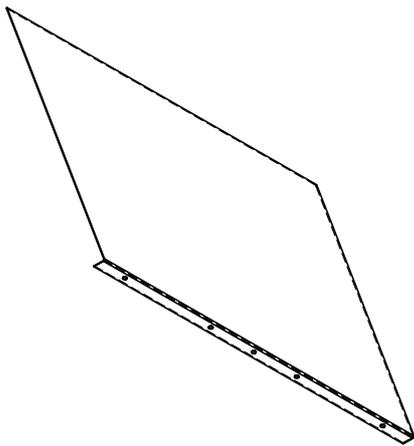
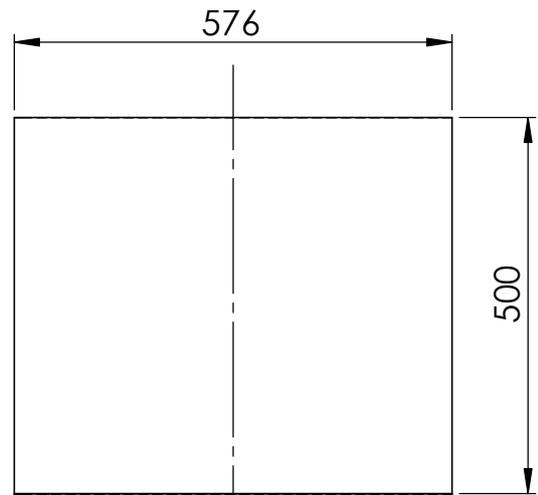
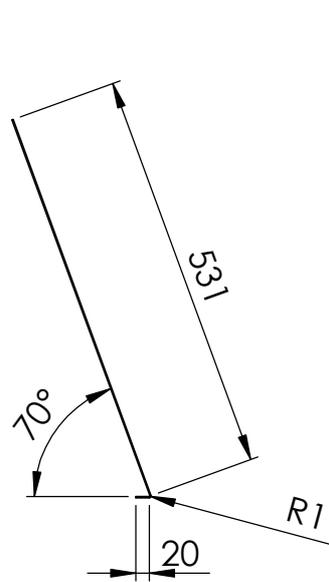
Observaciones:
Chapa de 2 mm plegada y soldada.

Trat. Térmico:
Acabado:

Metalúrgica Córdoba

	Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado:	Asnal Bruno	03/2019	
Revisado:			
Aprobado:			
Escala:	Norma:	Material: Chapa SAE 1010	
1 : 10		Tolerancia: ± 1	

Título: Lateral Corto Tolva Superior	
Código: MT01 - 01 - 04 - 0010	Formato: A4
	Revisión N°:



Observaciones:

Chapa de 2 mm plegada y soldada.

Trat. Térmico:

Acabado:

Metalúrgica Córdoba

	Nombre:	Fecha:	Firma:
--	---------	--------	--------

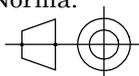
Dibujado:	Asnal Bruno	03/2019	
-----------	-------------	---------	--

Revisado:			
-----------	--	--	--

Aprobado:			
-----------	--	--	--

Escala:	Norma:	Material: Chapa SAE 1010
---------	--------	--------------------------

1 : 10



Tolerancia: ± 1

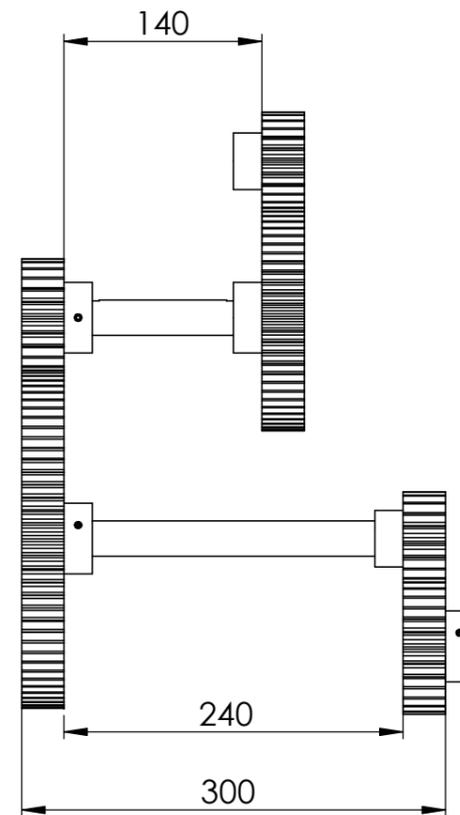
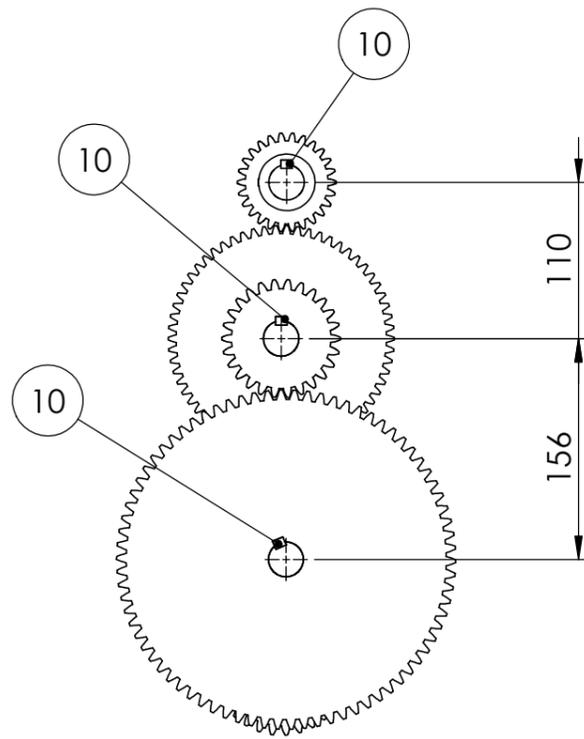
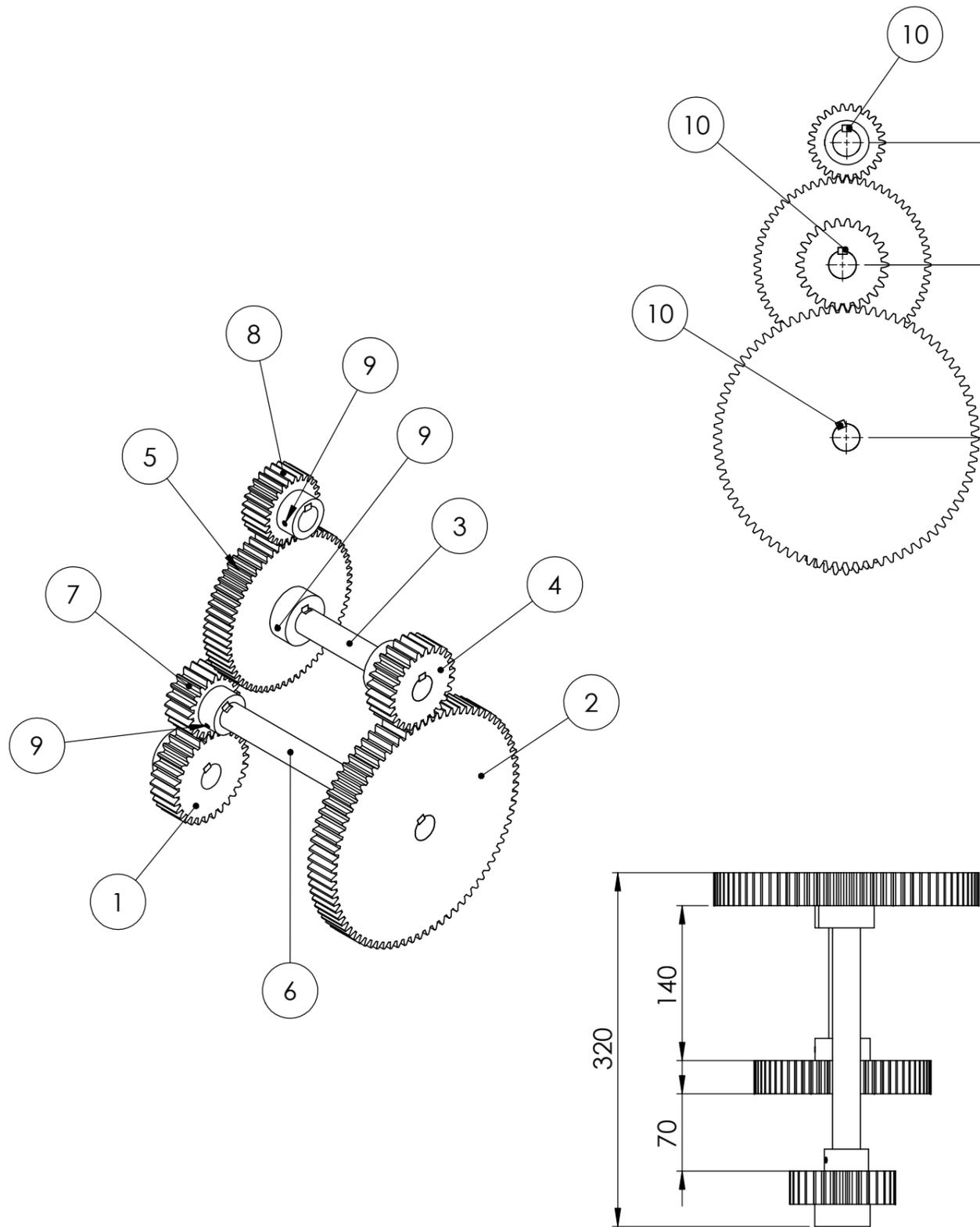
Título:
Lateral Largo Tolva Superior

Código:

MT01 - 01 - 04 - 0020

Formato:
A4

Revisión N°:



N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Engranaje 6	MT01 - 01 - 05 - 0060	1
2	Engranaje 5	MT01 - 01 - 05 - 0050	1
3	Eje Corto Caja Reductora	MT01 - 01 - 05 - 0080	1
4	Engranaje 4	MT01 - 01 - 05 - 0040	1
5	Engranaje 3	MT01 - 01 - 05 - 0030	1
6	Eje Largo Caja Reductora	MT01 - 01 - 05 - 0070	1
7	Engranaje 2	MT01 - 01 - 05 - 0020	1
8	Engranaje 1	MT01 - 01 - 05 - 0010	1
9	Prisionero - M5 x 0.8 x 8	Comercial	6
10	Chaveta Caja de Reducción	MT01 - 01 - 05 - 0090	6

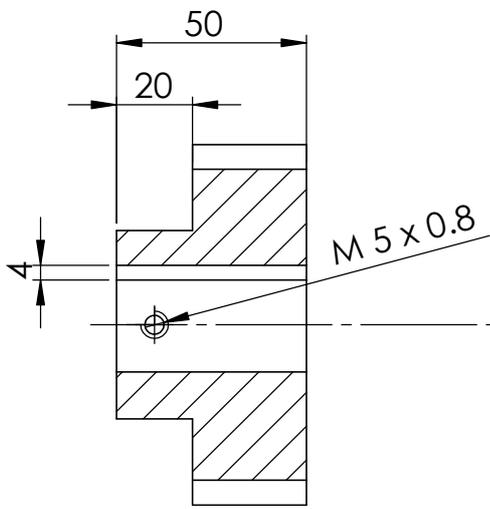
Observaciones: Trat. Térmico:
Acabado:

Metalúrgica Córdoba

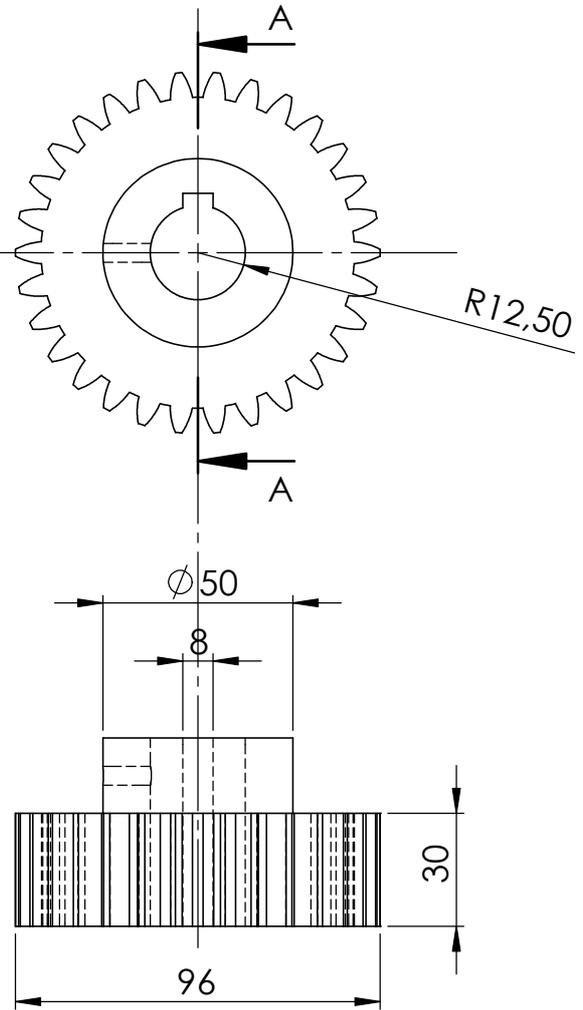
Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado: Asnal Bruno	03/2019	
Revisado:		
Aprobado:		
Escala: 1 : 5	Norma:	Material:

Título:
Subconjunto Caja Reductora

Código: MT01 - 01 - 05 - 0000 Formato: A3
Revisión N°:

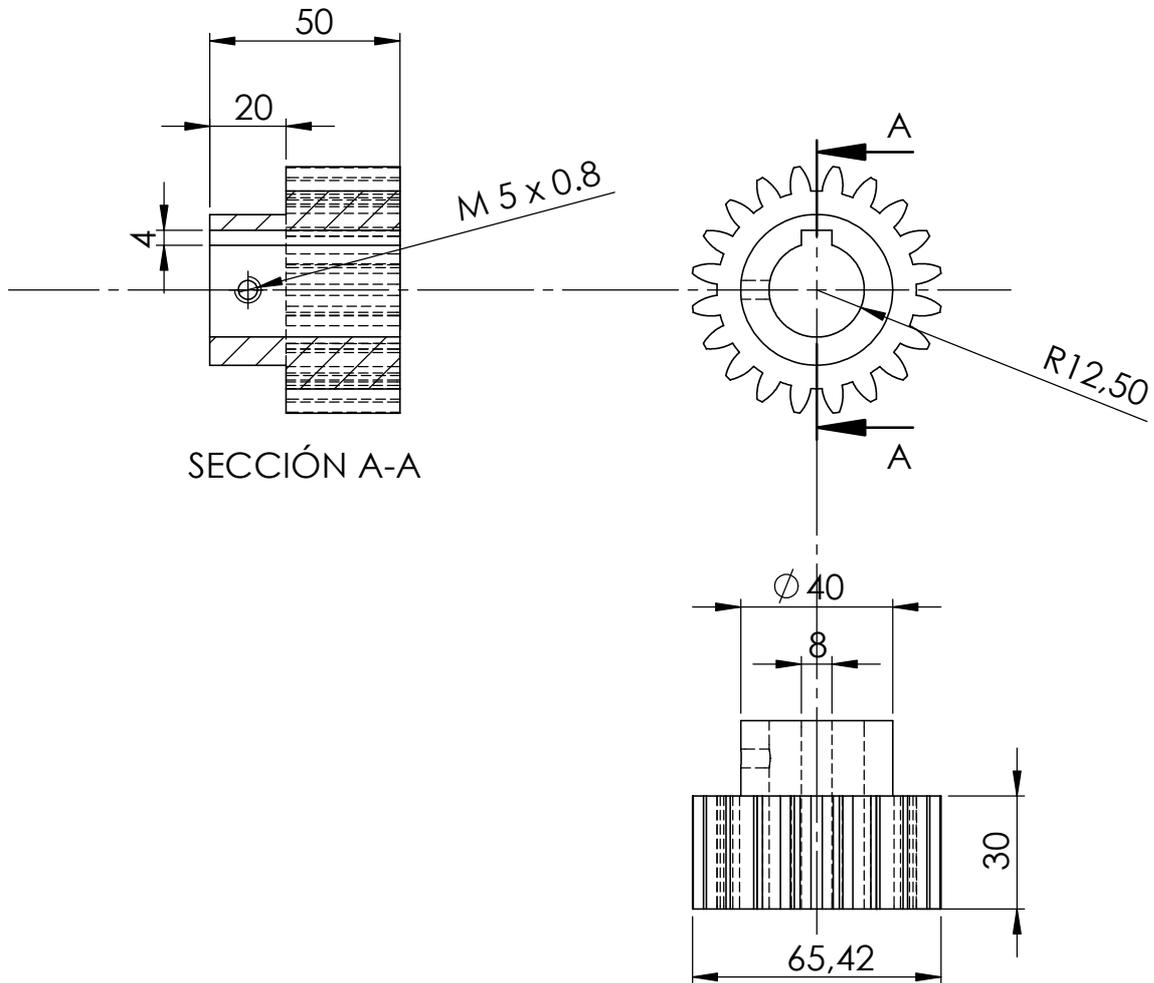


SECCIÓN A-A



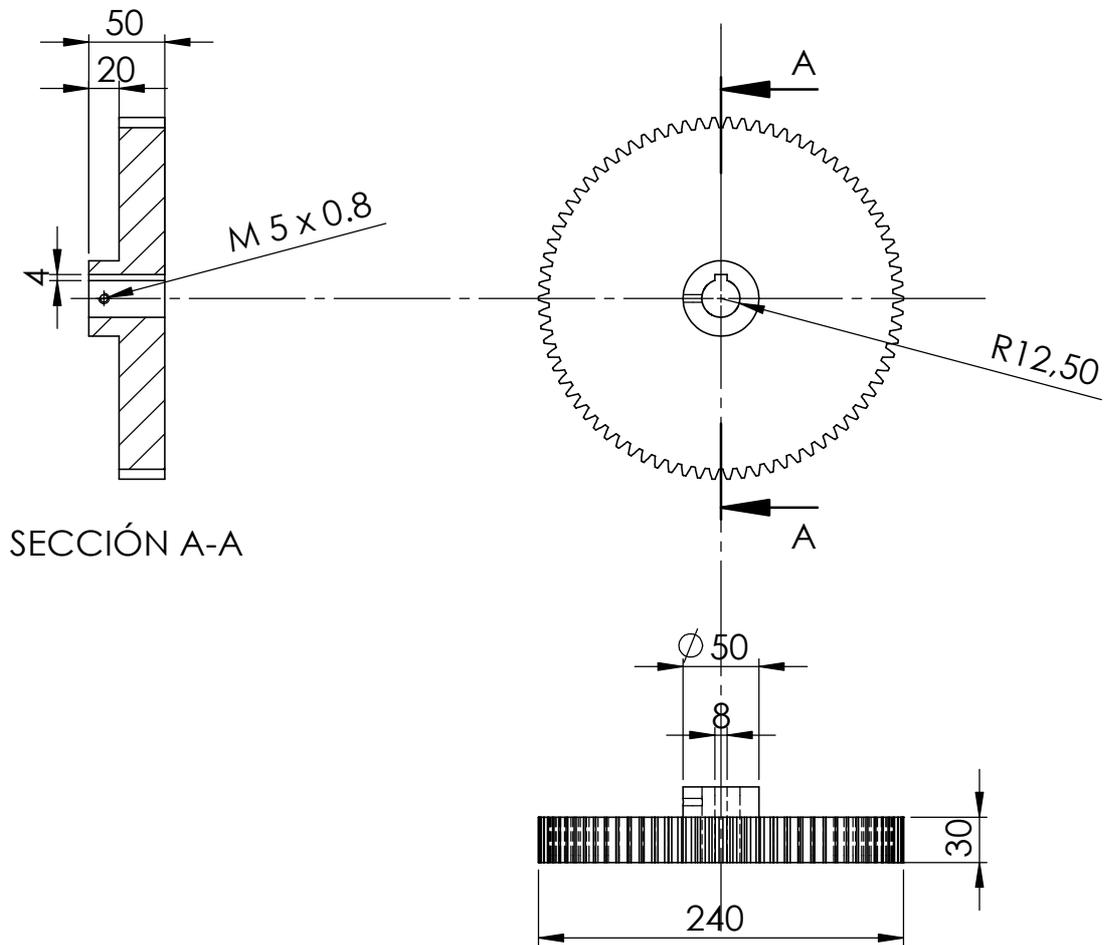
Diámetro Primitivo 90 mm, 30 dientes, módulo 3.

Observaciones:			Trat. Térmico:	Metalúrgica Córdoba
			Acabado: Cementado BHN 388	
	Nombre:	Fecha:	Firma:	Título: Engranaje 1
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019		
Revisado:				
Aprobado:				Código: MT01 - 01 - 05 - 0010
Escala: 1 : 2	Norma: 	Material: AISI 8620 Tolerancia: ± 0,5		



Diámetro Primitivo 60 mm, 20 dientes, módulo 3.

Observaciones:		Trat. Térmico:		Metalúrgica Córdoba
		Acabado: Cementado BHN 388		
	Nombre:	Fecha:	Firma:	Título: Engranaje 2
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019		
Revisado:				
Aprobado:				Código: MT01 - 01 - 05 - 0020
Escala: 1 : 2	Norma: 	Material: AISI 8620 Tolerancia: ± 0,5		



Diámetro Primitivo 195 mm, 78 dientes, módulo 3.

Observaciones:

Trat. Térmico:

Acabado:
Cementado BHN 388

Metalúrgica Córdoba

Título:

Engranaje 3

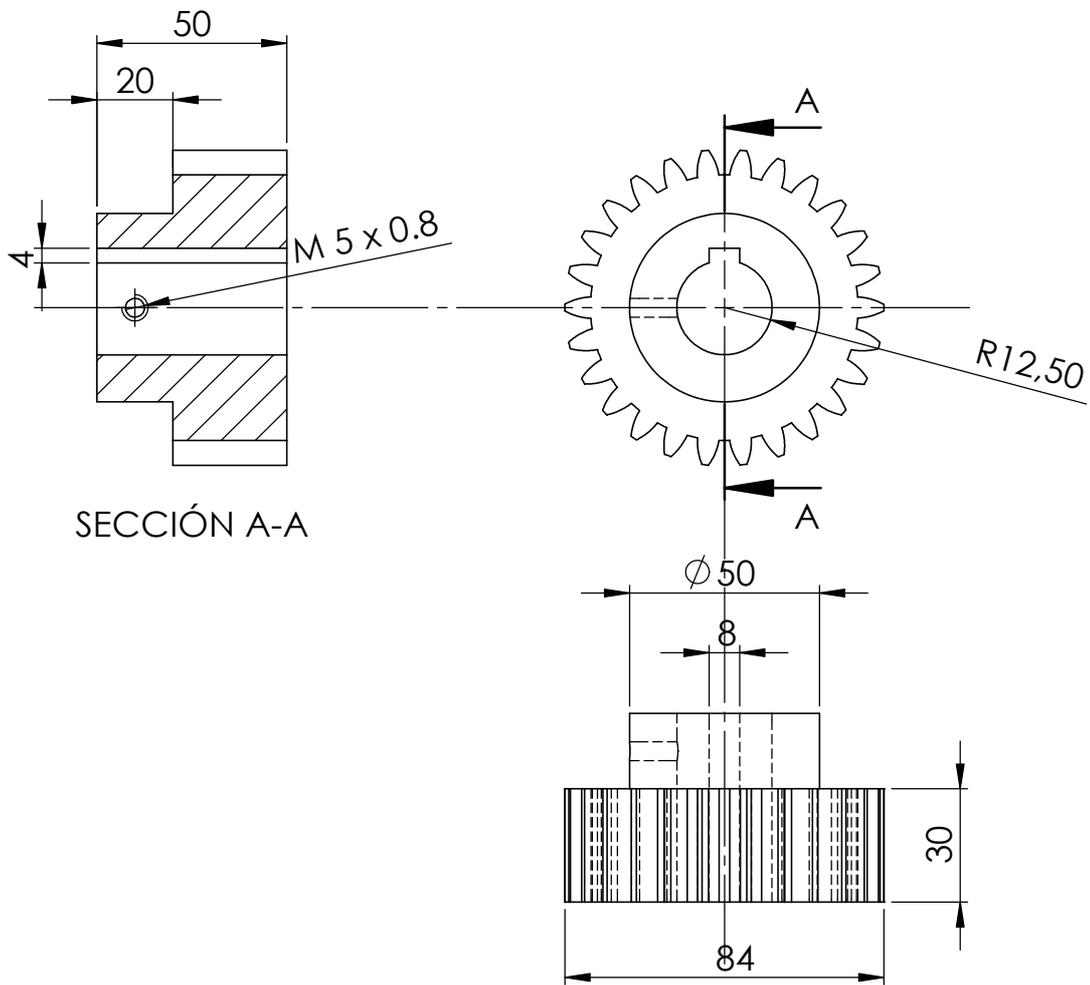
Código:

MT01 - 01 - 05 - 0030

Formato:
A4

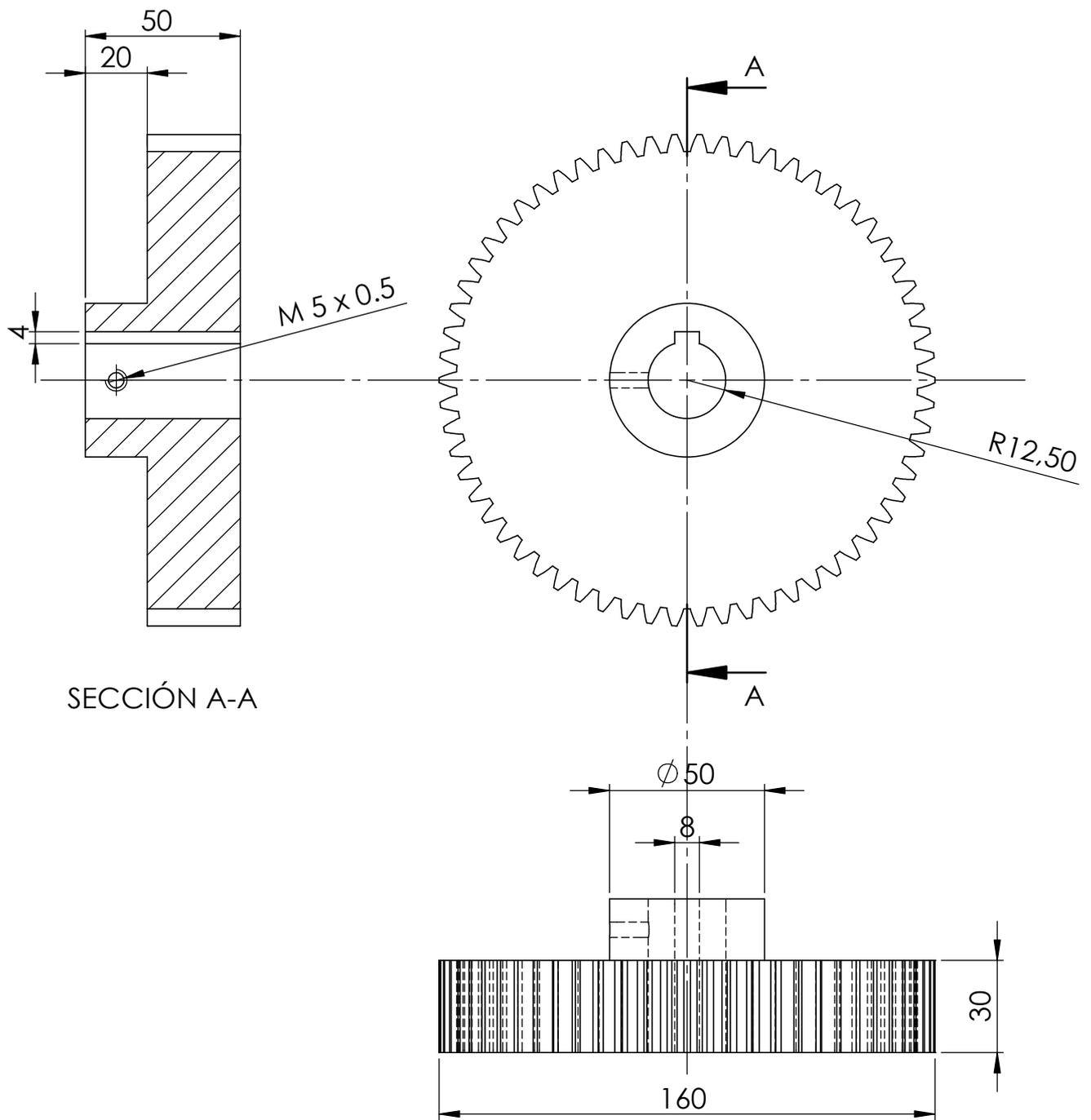
Revisión N°:

	Nombre:	Fecha:	Firma:
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019	
Revisado:			
Aprobado:			
Escala:	Norma:	Material: AISI 8620	
1 : 5		Tolerancia: ± 0,5	



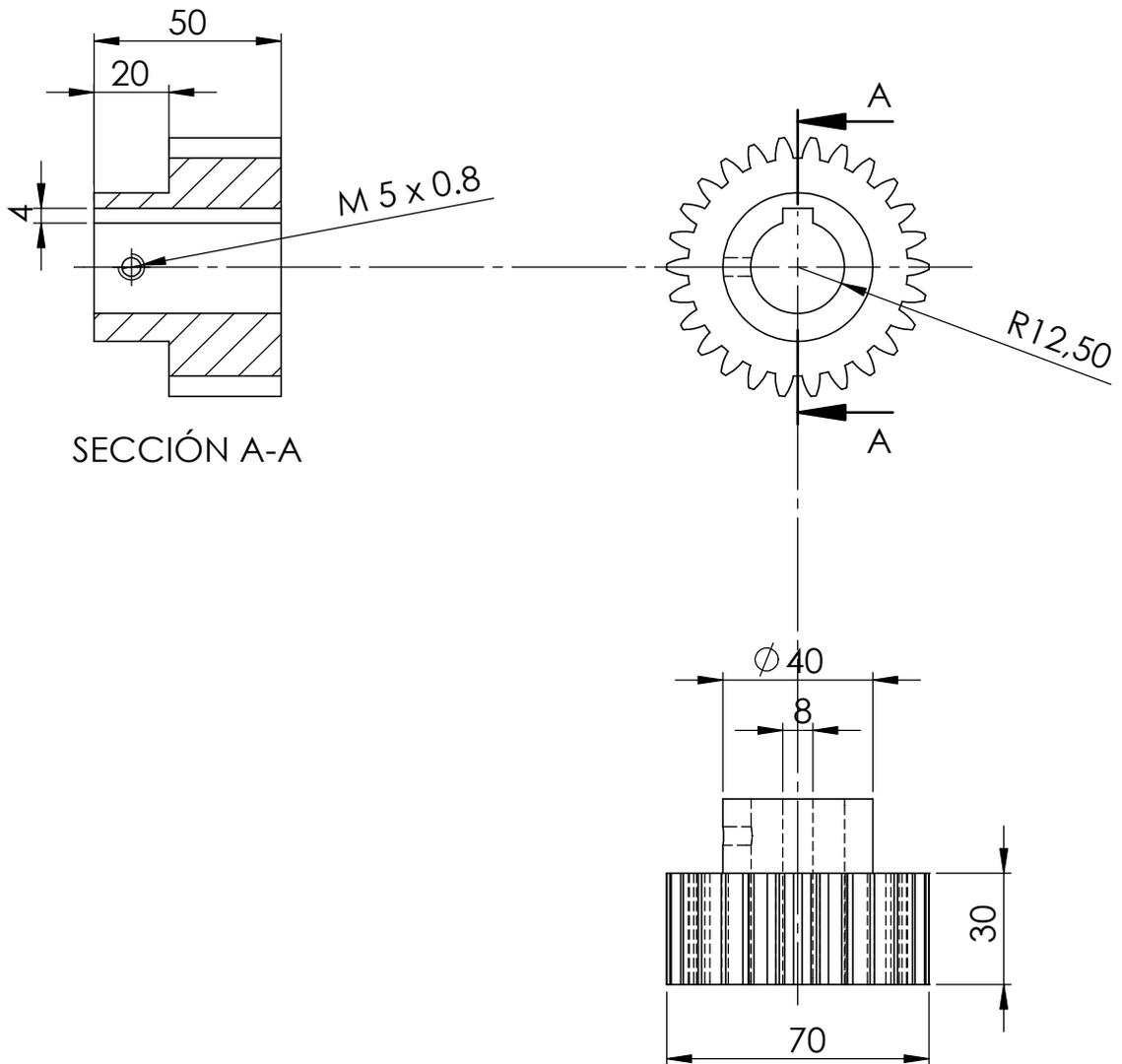
Diámetro Primitivo 65 mm, 26 dientes, módulo 3.

Observaciones:			Trat. Térmico:	Metalúrgica Córdoba
			Acabado: Cementado BHN 388	
	Nombre:	Fecha:	Firma:	Título: Engranaje 4
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019		
Revisado:				
Aprobado:				Código: MT01 - 01 - 05 - 0040
Escala:	Norma: 	Material: AISI 8620 Tolerancia: ± 0,5		



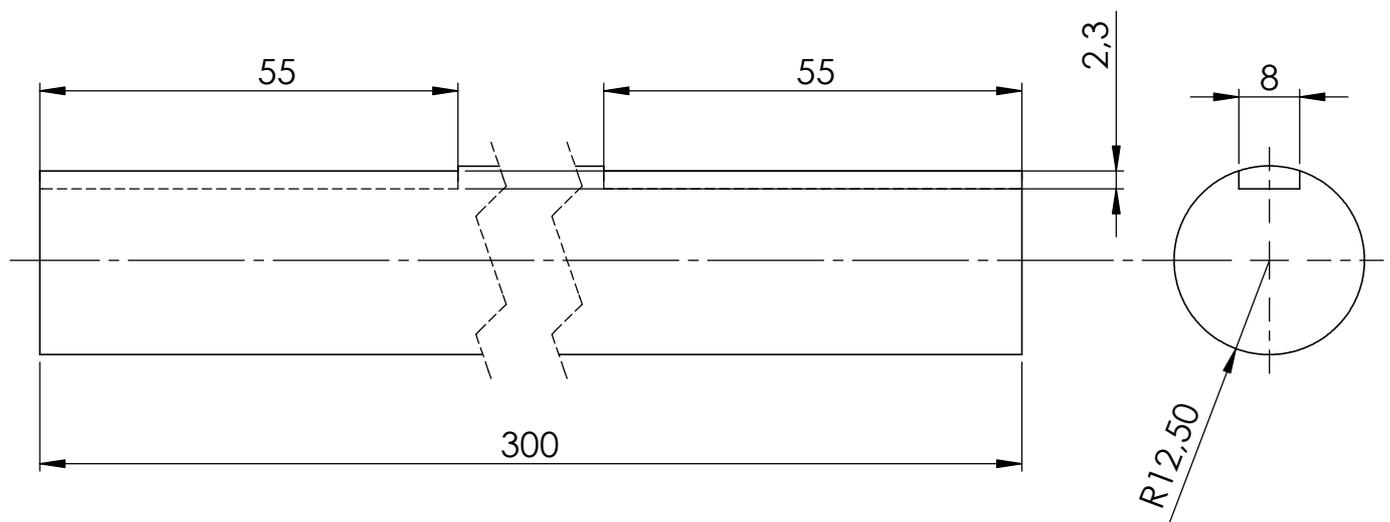
Diámetro Primitivo 156 mm, 62 dientes, módulo 3.

Observaciones:			Trat. Térmico:	Metalúrgica Córdoba
			Acabado: Cementado BHN 388	
	Nombre:	Fecha:	Firma:	Título: Engranaje 5
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019		
Revisado:				
Aprobado:				Código: MT01 - 01 - 05 - 0050
Escala: 1 : 2	Norma: 	Material: AISI 8620 Tolerancia: ± 0,5		

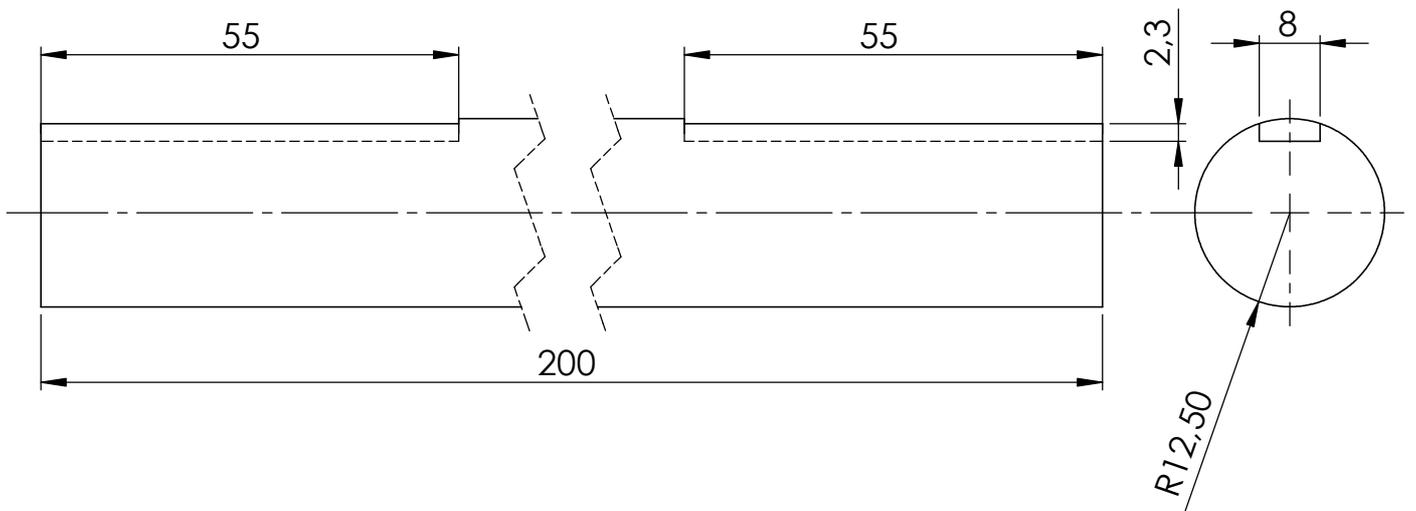


Diámetro Primitivo 65 mm, 26 dientes, módulo 3.

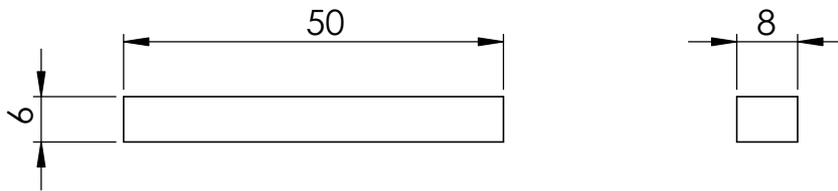
Observaciones:			Trat. Térmico:	Metalúrgica Córdoba
			Acabado: Cementado BHN 388	
	Nombre:	Fecha:	Firma:	Título: Engranaje 6
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019		
Revisado:				
Aprobado:				Código: MT01 - 01 - 05 - 0060
Escala:	Norma:	Material: AISI 8620		
1 : 2		Tolerancia: ± 0,5		Revisión N°:



Observaciones:			Trat. Térmico:	Metalúrgica Córdoba
			Acabado:	
	Nombre:	Fecha:	Firma:	Título: Eje Largo Caja Reductora
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019		
Revisado:				
Aprobado:				Código: MT01 - 01 - 05 - 0070
Escala:	Norma:	Material: SAE 1010		
1 : 1		Tolerancia: ± 0,5		Revisión N°:



Observaciones:			Trat. Térmico:		Metalúrgica Córdoba
			Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:		Título: Eje Corto Caja Reductora
Dibujado:	Asnal Bruno	02/2019			
Revisado:					
Aprobado:					Código: MT01 - 01 - 05 - 0080
Escala:	Norma:	Material: SAE 1010		Formato:	
1 : 1		Tolerancia: ± 0,5		A4	
					Revisión N°:



Observaciones:		Trat. Térmico:		<h1>Metalúrgica Córdoba</h1>
Todos los cantos llevan chaflan de 0,5 mm		Acabado:		
	Nombre:	Fecha:	Firma:	<h2>Título:</h2> <h3>Chaveta Caja Reducción</h3>
Dibujado:	Asnal Bruno	03/2019		
Revisado:				
Aprobado:				<h2>Código:</h2> MT01 - 01 - 05- 0090
Escala:	Norma:	Material: SAE 1010		
1 : 1		Tolerancia: ± 0.5		Revisión N°:



Máquina Trituradora de Poda

Villa María, 12 de diciembre de 2019-11-06

En la mesa de examen del día de la fecha, el alumno Asnal Bruno, presentó el trabajo final de grado correspondiente a la carrera de Ingeniería Mecánica. El tribunal examinador estuvo compuesto por el profesor titular de la cátedra Proyecto Final, Ingeniero Américo Di Cola, el profesor jefe de trabajos prácticos, Ingeniero Marcelo Costamagna y por el jefe de Departamento de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Huber Fernández.

El tribunal examinador determinó que el alumno aprobó el examen con la siguiente calificación. _____

Ing. Américo Di Cola

Titular de Cátedra

Ing. Marcelo Costamagna

Jefe de Trabajos Prácticos

Ing. Huber Fernández

Jefe de Departamento