

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

MODELADO EN 3D DE UNA CAJA REDUCTORA DE ENGRANAJES



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Enrique Balén Valerio

Sara Marcelino Sádaba y Marta Benito Amurrio

Pamplona, 28/5/2015

Agradecimientos,

Quisiera expresar mi agradecimiento a todas las personas que me han acompañado durante todos estos años y me han ayudado a superar cada obstáculo que ha podido aparecer en esta carrera.

Este proyecto es la finalización de una ilusión, y son muchas las personas a las que estoy agradecido por poder cumplir este sueño.

En primer lugar, a mis padres, a mi hermana y en general a toda mi familia, por expresarme todo su apoyo incondicional durante este tiempo, ya que sin él, esto no hubiera sido posible.

También quiero agradecer a todos los amigos que me han acompañado tanto en la carrera como fuera, por ofrecerme su ayuda sobre cualquier consulta y sus consejos.

Gracias a Sara Marcelino y Marta Benito, mis tutoras, por orientarme y ayudarme en todo momento durante la realización de este proyecto, teniendo que “aguantar” con paciencia fallos típicos de un novato.

Por último y no menos importante, quisiera agradecer de manera especial a Talleres F. Larrinaga, ya que sin su colaboración este proyecto no habría salido adelante.

A todas las personas nombradas y a los que no, pero que habéis formado parte de mi vida durante estos años de estudios universitarios, gracias.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES

“MODELADO EN 3D DE UNA CAJA
REDUCTORA DE ENGRANAJES”

DOCUMENTO 1. MEMORIA

Enrique Balén Valerio

Tutor: Sara Marcelino Sádaba y Marta Benito Amurrio

Pamplona, a 28 de Mayo, 2015.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE ILUSTRACIONES.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Antecedentes	8
1.2. Diseño. Técnicas CAD/CAM/CAE	9
1.3. Teoría de engranajes.....	14
1.4. Problemática a resolver	21
2. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	22
3. DISEÑO	23
3.1. Información técnica	23
3.2. Diseño	24
3.2.1. Conjunto reductor	25
3.2.2. Primera reducción	29
3.2.3. Segunda reducción	66
3.3.4. Unión entre reducciones.....	108
4. SIMULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.....	112
5. PRESUPUESTO.....	116
6. CONCLUSIONES.....	118
7. BIBLIOGRAFÍA.....	119

ANEXO I. Planos Talleres Larrinaga

ANEXO II. Archivos informáticos

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Exterior de la empresa Talleres F.Larrinaga	8
Ilustración 2. Esquema CAM, interfaz directa.	10
Ilustración 3. Carro que apunta hacia el Sur	15
Ilustración 4. Engranajes cilíndricos.....	17
Ilustración 5. Engranajes cónicos rectos y helicoidales	18
Ilustración 6. Engranajes hiperbólicos	18
Ilustración 7. Creación de envolvente	19
Ilustración 8. Nomenclatura engranajes.....	20
Ilustración 9. Primera reducción.....	26
Ilustración 10. Segunda reducción	27
Ilustración 11. Conjunto reductor	28
Ilustración 12. Visualización de piezas del conjunto reductor.....	28
Ilustración 13. Croquis de sección y revolución	30
Ilustración 14. Sketch circunferencia sobre el plano tangente.....	30
Ilustración 15. Extrusión del croquis.....	31
Ilustración 16. Eliminación de material interior del extrusionado anterior	31
Ilustración 17. Modificación en el interior de la pieza.....	32
Ilustración 18. Eliminación de material en la unión con la primera reducción	32
Ilustración 19. Croquis del nervio	33
Ilustración 20. Pieza con nervios creados.....	33
Ilustración 21. Creación del engrasador	34
Ilustración 22. Croquis y extrusionado de la unión con la base	34
Ilustración 23. Uniones con agujeros para tornillos	35
Ilustración 24. Creación segundo engrasador	36
Ilustración 25. Eliminación de material para acoplamiento auxiliar	36
Ilustración 26. Operación de ángulo de salida	37
Ilustración 27. Agujeros roscados para unión con segunda reducción	38
Ilustración 28. Línea y plano auxiliar	39
Ilustración 29. Sketch para eliminar material	39
Ilustración 30. Antes de eliminar el material del nervio y después	40
Ilustración 31. Carcasa de la primera reducción completa	40
Ilustración 32. Parte superior de la base.....	41
Ilustración 33. Creación de la pieza en bruto	42
Ilustración 34. Eliminación de material mediante Multi-Pocket.....	43
Ilustración 35. Croquis del material a eliminar	43
Ilustración 36. Eliminación del material	44
Ilustración 37. Creación de los agujeros roscados	45
Ilustración 38. Croquis del nervio	45
Ilustración 39. Creación de los nervios	46
Ilustración 40. Sketch de sección transversal de la junta tórica	46
Ilustración 41. Creación de la junta tórica	47
Ilustración 42. Croquis para creación de unión con la carcasa	48
Ilustración 43. Cuadro para definir la extrusión en ambas direcciones	48
Ilustración 44. Extrusión del croquis.....	49
Ilustración 45. Detalle del problema	49

Ilustración 46. Solución del problema	50
Ilustración 47. Uniones para la carcasa	50
Ilustración 48. Creación de agujeros roscados para tornillos de unión	51
Ilustración 49. Base de la primera reducción completa	52
Ilustración 50. Sketch de circunferencias concéntricas	53
Ilustración 51. Sketch para orificios.....	53
Ilustración 52. Cuadro para definir la matriz circular	54
Ilustración 53. Junta entre carcasa y base de la primera reducción	55
Ilustración 54. Sketch inicial con circunferencias concéntricas	55
Ilustración 55. Multi-Pad sobre el sketch	56
Ilustración 56. Guía de acoplamiento	57
Ilustración 57. Sketch del chavetero	58
Ilustración 58. Tuerca	58
Ilustración 59. Sketch y revolución	59
Ilustración 60. Planos auxiliares	60
Ilustración 61. Eliminación de material entre diente	60
Ilustración 62. Matriz circular con el número de dientes	60
Ilustración 63. Creación del chavetero interior	61
Ilustración 64. Creación de ranura inferior	62
Ilustración 65. Rueda cónica de la primera reducción	62
Ilustración 66. Sketch y revolución	63
Ilustración 67. Planos auxiliares con los croquis	63
Ilustración 68. Eliminación del material entre dientes	64
Ilustración 69. Matriz para creación de dientes	64
Ilustración 70. Creación del chavetero	65
Ilustración 71. Piñón cónico de la primera reducción	65
Ilustración 72. Sketch de la junta	67
Ilustración 73. Junta entre carcasa y base de la segunda reducción	68
Ilustración 74. Sketch inicial de la tapa	69
Ilustración 75. Extrusión del sketch inicial	69
Ilustración 76. Eliminación del material interior	70
Ilustración 77. Croquis del agujero inferior y posterior extrusión	70
Ilustración 78. Cuadro para definir el ángulo de salida	71
Ilustración 79. Creación de ángulo de salida	72
Ilustración 80. Creación de ángulo de salida	72
Ilustración 81. Tapa de la segunda reducción	73
Ilustración 82. Sketch inicial	74
Ilustración 83. Extrusión del sketch inicial	74
Ilustración 84. Eliminación de material interior	75
Ilustración 85. Croquis de circunferencias concéntricas	75
Ilustración 86. Multi-extrusión del croquis anterior	76
Ilustración 87. Croquis para agujeros	77
Ilustración 88. Cara exterior completamente definida (IZQ)	77
Ilustración 89. Croquis de circunferencias en cara interior	78
Ilustración 90. Eliminación de material del croquis anterior	78
Ilustración 91. Cuadro para definir las características de agujeros roscados	79
Ilustración 92. Creación de ángulo de salida	80
Ilustración 93. Creación de ángulo de salida	81

Ilustración 94. Carcasa de la segunda reducción	81
Ilustración 95. Comando New	82
Ilustración 96. Cuadro para seleccionar tipo de archivo	82
Ilustración 97. Paleta Knowledge	83
Ilustración 98. Cuadro para definir parámetros	84
Ilustración 99. Visualización de los parámetros introducidos en el árbol	86
Ilustración 100. Cuadro para definir relaciones entre variables	87
Ilustración 101. Croquis de las cuatro circunferencias principales	88
Ilustración 102. Cuadro para definir la extrusión.....	89
Ilustración 103. Bruto del engranaje extruído	89
Ilustración 104. Cuadro para editar leyes	90
Ilustración 105. Cuadro para creación de variables	90
Ilustración 106. Cuadro para definir puntos	91
Ilustración 107. Croquis de puntos pertenecientes a la curva involuta	92
Ilustración 108. Creación de croquis entre dientes	94
Ilustración 109. Sketch para eliminar material entre dientes	94
Ilustración 110. Corte del material entre dientes.....	95
Ilustración 111. Creación de todo el dentado.....	96
Ilustración 112. Cabeza dentada del piñón	97
Ilustración 113. Piñón dentado con eje de conducción.....	98
Ilustración 114. Cuadro para definir el agujero roscado	99
Ilustración 115. Piñón de entrada de la segunda reducción	99
Ilustración 116. Dentado de la rueda	100
Ilustración 117. Extrusión sobre una de las caras	101
Ilustración 118. Sketch con la forma del chavetero	101
Ilustración 119. Rueda intermedia de la segunda reducción	102
Ilustración 120. Cabeza dentada del piñón	103
Ilustración 121. Piñón con cabeza dentada y eje de conducción	103
Ilustración 122. Piñón intermedio de la segunda reducción	104
Ilustración 123. Rueda dentada	105
Ilustración 124. Extrusión sobre una de las caras	106
Ilustración 125. Creación del agujero del eje y chavetero	106
Ilustración 126. Eliminación de material en la superficie opuesta	107
Ilustración 127. Rueda de salida de la segunda reducción	107
Ilustración 128. Sketch y explosionado	108
Ilustración 129. Creación de los agujeros	109
Ilustración 130. Matriz de los agujeros.....	110
Ilustración 131. Casquillo para rodamientos	110
Ilustración 132. Extrusión del croquis inicial	111
Ilustración 133. Creación de agujero	111
Ilustración 134. Junta entre reducciones	112
Ilustración 135. Cuadro de relaciones de posición	113
Ilustración 136. Motor en el piñón de entrada de la segunda reducción	114
Ilustración 137. Conjunto real con volante acoplado	115

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Talleres F. Larrinaga es una compañía fundada en 1974 con una única sede situada en el Polígono Industrial Kalzadako de la localidad de Amurrio (Álava).



Ilustración 1. Exterior de la empresa Talleres F.Larrinaga

Se trata de una empresa especializada en la fabricación de una extensa gama de productos dirigidos, en general, al sector de valvulería, cubriendo ampliamente las necesidades de suministro de reductores de engranaje cónico, reductores de $\frac{1}{4}$ de vuelta y componentes para válvulas compuerta, globo, retención, bola, mariposa, macho, etc... , utilizadas en los sectores químico, petroquímico, hidráulico, etc.

El principal capital de Talleres F. Larrinaga es su equipo humano, formado en las diversas disciplinas empresariales y técnicas y cuya única filosofía de trabajo es la meticulosidad y exactitud en el producto final.

Gracias al trabajo profesional sobre su producto y sus controles de calidad tanto en el proceso como en el producto final, se garantizan las exigencias y especificaciones del cliente.

Como resultado de una evolución constante hacia la calidad, en 2010 Talleres F. Larrinaga obtiene el certificado oficial de calidad ISO 9001:2008.

1.2. Diseño. Técnicas CAD/CAM/CAE

Debido a que en el trabajo que se expone se han utilizado herramientas informáticas relacionadas con el diseño como son los programas CATIA V5 y SolidWorks, se considera necesaria una pequeña introducción al mundo de las técnicas de CAD/CAM/CAE y su desarrollo.

Así pues, en este apartado se expone de forma general la importancia de la utilización de las herramientas CAD/CAM/CAE para lograr una mayor eficacia, eficiencia y capacidad de innovación en el diseño y cómo estas técnicas pueden ser integradas en el campo de la ingeniería. Además se desarrolla brevemente la historia de estas técnicas.

El diseño y la fabricación asistidos por ordenador (CAD/CAM) es una rama del diseño que estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta principal en todos los procesos que tienen que ver con el diseño y la fabricación de cualquier tipo de producto. Esta disciplina se ha convertido en una prioridad para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, disminuir los costes y acortar tiempos de diseño y producción.

CAD es el acrónimo de '*Computer Aided Design*' o Diseño Asistido por Ordenador. Se basa en el uso de ordenadores para realizar tareas de creación, modificación, análisis y optimización de un diseño. De esta manera, cualquier aplicación que incluya una interfaz gráfica y realice alguna tarea de ingeniería se considera software de CAD.

Se habla también de Ingeniería Asistida por Ordenador o '*Computer Aided Engineering*' (CAE) para referirse a las tareas de análisis, evaluación, simulación y optimización desarrolladas a lo largo del ciclo de vida del producto. De hecho, este es el mayor de los beneficios de la tecnología CAD, la reutilización de la información creada en la etapa de síntesis, en las etapas de análisis y también en el proceso CAM.

El término CAM o ‘*Computer Aided Manufacturing*’ se puede definir como el uso de sistemas informáticos para la planificación, gestión y control de las operaciones de una planta de fabricación mediante una interfaz directa o indirecta entre el sistema informático y los recursos de producción.

Así pues, las aplicaciones del CAM se dividen en dos categorías:

- *Interfaz directa*: Son aplicaciones en las que el ordenador se conecta directamente con el proceso de producción para monitorizar su actividad y realizar tareas de supervisión y control. Estas aplicaciones se dividen en dos grupos: *supervisión*, que implica un flujo de datos del proceso de producción al ordenador con el fin de observar el proceso y los recursos asociados y recoger datos; y *control*, que supone un paso más allá que la supervisión, ya que no solo se observa el proceso, sino que se ejerce un control basándose en dichas observaciones.

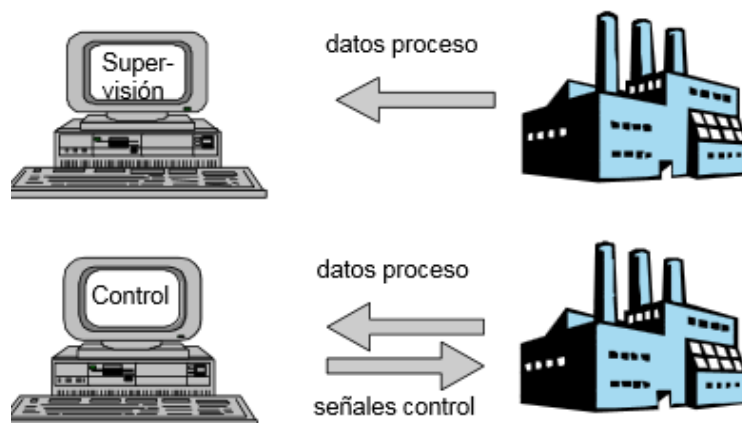


Ilustración 2. Esquema CAM, interfaz directa.

- *Interfaz indirecta*: aplicaciones en las que el ordenador se utiliza como la herramienta de ayuda para la fabricación, pero en las que no existe una conexión directa con el proceso de producción.

A continuación se muestran las diferentes prestaciones que cada técnica nos ofrece.

Sistemas CAD ('Computer Aided Design'):

- Modelado geométrico: 2D/3D tanto lineal, superficial y sólido.
- Dibujo técnico: realización de todo tipo de planos.
- Técnica de Render soportando: luz, color, texturas, etc...
- Animación y realidad virtual.
- Intercambio de ficheros.
- Diseño por feature CAD inteligente.
- Bases de datos gráficas y propiedades tecnológicas: materiales, tolerancias dimensionales y geométricas, acabados, etc.
- Diseño estético.

Sistema CAE ('Computer Aided Engineering'):

- Determinación de propiedades másicas de los diseños realizados como el volumen, masa, centro de gravedad, momento de inercia, radio de giro, entre otras.
- Análisis estructural a fin de determinar la rigidez, estabilidad de componentes mecánicos y resistencia.
- Análisis cinemático y dinámico para determinar los movimientos y las fuerzas asociadas en mecanismos.
- Análisis térmicos en régimen estacionario y transitorio de fenómenos de conducción y radiación de calor, para predecir el comportamiento frente a temperatura.
- Análisis tensional tanto estático como dinámico.

- Análisis vibracional, para determinar las vibraciones libres de componentes, vibraciones debidas a acciones externas y estudios de resonancia.
- Análisis de choque, impactos, roturas, grandes deformaciones para predecir el comportamiento de componentes en estado de servicio.
- Simulación de procesos de fabricación.

Sistema CAM ('Computer Aided Manufacturing'):

- Herramientas de programación y control numérico.
- Programaciones de Robots.
- Mantenimiento asistido por ordenador.
- Sistemas de prototipado rápido.

En relación de estas técnicas explicadas, hago uso de los programas CATIA V5 y SolidWorks, programas que utilizan herramientas CAD/CAM/CAE para desarrollar diferentes fases de los productos.

Para la realización de este trabajo fin de grado, haré uso de la parte de CAD con la que generaré la geometría de las piezas de la caja reductora de engranajes, y posteriormente realizaré el montaje del conjunto para simular su movilidad.

Desarrollo histórico

En la historia del CAD/CAM se pueden encontrar precursores de estas técnicas en civilizaciones antiguas como Egipto, Grecia o Roma. Por ejemplo, los trabajos de Leonardo da Vinci muestran técnicas CAD actuales como el uso de perspectivas. Sin embargo, el progreso de estas técnicas está ligado a la evolución de los ordenadores que se produce a partir de los años 50.

A principios de esta década aparece la primera pantalla gráfica en el MIT, *Massachusetts Institute of Technology*, mediante la cual se pueden representar dibujos simples. Es en esta época y también en el MIT, donde se desarrolla el concepto de programación de control numérico. A mediados de esta década aparece el lápiz óptico que supone el inicio de los gráficos interactivos, y a finales de la década aparecen las primeras máquinas herramienta. Es entonces cuando *General Motors* comienza a usar estas técnicas basadas en el uso interactivo de gráficos para sus diseños.

La década de los 60 representa un periodo decisivo para el desarrollo de los gráficos por ordenador. Aparece el término CAD y varios grupos de investigación dedican gran esfuerzo a estas técnicas, obteniendo como resultado la aparición de sistemas CAD. El hecho determinante de este periodo es la aparición comercial de pantallas de ordenador.

En la siguiente década, se consolidan las investigaciones anteriores y la industria se da cuenta del potencial de uso de estas técnicas, lo que impulsa definitivamente la implantación de estos sistemas, limitada por la capacidad de los ordenadores de la época. Aparecen los primeros sistemas 3D (prototipos), sistemas de modelado de elementos finitos, control numérico, etc. Un hecho relevante en esta década es la aparición de los IGES, '*Initial Graphics Exchange Specification*' (Especificación de intercambio inicial de gráficos), un formato de archivo informático neutral de datos que permite el intercambio de información entre diferentes sistemas de diseño asistido por ordenador (CAD).

En la década de los 80 se generaliza el uso de las técnicas CAD/CAM favorecida por los avances en hardware y la aparición de aplicaciones en 3D. Aparecen multitud de aplicaciones en todos los campos de la industria que usan técnicas CAD/CAM y se empieza a hablar de realidad virtual.

Los 90 se caracterizan por una automatización cada vez más completa de los procesos industriales en los que se va generalizando la integración de las diversas técnicas de diseño, análisis, simulación y fabricación. La evolución del hardware y las comunicaciones hacen posible que la aplicación de técnicas CAD/CAM este limitada tan solo por la imaginación de los usuarios.

En la actualidad, el uso de estas técnicas ha dejado de ser una opción dentro del ámbito industrial, para convertirse en la única opción existente. Se puede afirmar por tanto que el CAD/CAM es una tecnología de supervivencia. Solo aquellas empresas que lo usan de forma eficiente son capaces de mantenerse en un mercado cada vez más competitivo.

1.3. Teoría de engranajes

Al realizarse en el trabajo una caja reductora de engranajes, con diferentes tipos de engranajes, rectos y cónicos, veo la necesidad de realizar una pequeña explicación teórica sobre los engranajes y su funcionamiento para posteriormente entender mejor el trabajo realizado.

Desarrollo histórico

Los engranajes y las transmisiones de engranajes están presentes en muchas de las máquinas que podemos encontrar a nuestro alrededor.

Sin embargo, la tecnología asociada a los engranajes no es una cuestión novedosa. Para buscar su origen debemos remontarnos hasta la Grecia de la antigüedad, donde la primera referencia corresponde a Aristóteles, o a los discípulos de su escuela, en el libro *‘Problemas mecánicos de Aristóteles’* en el 280 a.C. Aun así, esta cita no es del todo correcta, ya que lo que contiene dicho libro es una reseña a un mecanismo constituido por ruedas de fricción. Para una referencia más acertada hay que trasladarse al 250 a.C., cuando Arquímedes desarrolló un mecanismo de tornillo sin-fin, en su diseño de máquinas de guerra.

Por otro lado, el mecanismo de engranajes más antiguo que se conserva es el mecanismo de *Antikythera*, descubierto en 1.900 en la isla griega con dicho nombre, en un barco hundido. El mecanismo que data alrededor del año 87 D.C, resultó ser extremadamente complejo ya que incluía trenes de engranajes epicicloides y podría tratarse de una especie de calendario solar y lunar.

Con anterioridad a este descubrimiento, se consideraba como la primera aplicación conocida de engranajes diferenciales epicicloides al llamado ‘carro que apunta hacia el Sur’ (120-250 D.C): un ingenioso mecanismo de origen chino que mantenía el brazo de una figura humana apuntando siempre hacia el Sur.



Ilustración 3. Carro que apunta hacia el Sur

Posteriormente, la tecnología de los engranajes apenas avanzó hasta llegar a los siglos XI-XIII con el resurgir de la cultura del islam y sus trabajos en astronomía. Asimismo, al poco tiempo, el desarrollo en Europa de sofisticados relojes para catedrales y abadías hacia el siglo XIV impulsó también de forma importante esta tecnología.

Sin embargo, sería un siglo más tarde (XV al XVII) cuando las teorías de engranes y las matemáticas de los perfiles de los dientes de los engranajes, los perfiles cicloides y los perfiles de envolvente comienzan a ser establecidas. Y es con la revolución industrial, a mediados del XIX, cuando los engranajes alcanzan su máximo esplendor.

En la actualidad, los métodos de desarrollo de mecanismos constituidos por engranajes han avanzado de forma considerable. Así, por ejemplo, podemos encontrar aplicaciones aéreas en las que se utilizan engranajes de materiales ligeros, sometidos a condiciones de gran velocidad y que a su vez deben soportar una carga importante.

Función de los engranajes y relación de transmisión

El objetivo de los engranajes es transmitir una rotación entre dos ejes con una relación de velocidades angulares constante. Así, se habla de par de engranajes, ruedas dentadas o engrane, para referirse al acoplamiento que se utiliza para transmitir potencia mecánica entre dos ejes mediante contacto directo entre dos cuerpos unidos rígidamente a cada uno de los ejes.

La relación de transmisión es el cociente entre la velocidad angular de salida y la de entrada. Si la relación de transmisión es mayor que uno, se hablará de mecanismo multiplicador, y si es menor que uno, se denomina mecanismo reductor.

La caja de engranaje diseñada en este proyecto se trata de un mecanismo reductor.

Clasificación de los engranajes según el eje de movimiento

Según que los ejes sean paralelos, se corten o se crucen, hablaremos de tres familias de engranajes: cilíndricos, cónicos o hiperbólicos.

Engranajes cilíndricos, cuyos ejes son paralelos:

- Dientes rectos exteriores: transmiten el movimiento de rotación en sentido contrario.
- Dientes rectos interiores: transmiten el movimiento de rotación en el mismo sentido.
- Rectos piñón cremallera: engranajes cilíndricos rectos con una de las circunferencias de radio ∞ . La rotación produce la traslación.
- Rectos escalonados: transmiten la potencia de forma más suave que los rectos simples.
- Dientes helicoidales: paso al límite de los escalonados. Aparecen menos golpes entre los dientes del piñón y rueda, con lo que pueden transmitir mayores potencias que los dientes rectos.



Ilustración 4. Engranajes cilíndricos

Los engranajes cónicos, cuyos ejes axiales se cortan, pueden ser rectos o helicoidales.



Ilustración 5. Engranajes cónicos rectos y helicoidales

Los engranajes hiperbólicos que son los que sus ejes se cruzan, pueden ser sin-fin corona, helicoidales de ejes cruzados o hipoidales.



Ilustración 6. Engranajes hiperbólicos

Dentro del proyecto llevado a cabo y teniendo en cuenta este tipo de clasificación, nos encontraremos engranajes cónicos rectos, situados en la primera reducción, y engranajes cilíndricos de dientes rectos exteriores, ubicados en la segunda reducción.

Perfiles de evolvente

El perfil de evolvente o también llamado curva involuta es la forma geométrica de los dientes de engrane.

La evolvente es una curva tal que el lugar geométrico de los centros de curvatura de todos sus puntos forma una circunferencia.

De forma intuitiva, el perfil de evolvente se obtiene al desarrollar, manteniéndolo tenso, un hilo de una circunferencia y dibujar la trayectoria de uno de sus puntos. La circunferencia sobre la que se desarrolla se denomina circunferencia base o también evoluta.

Conocido el punto por donde debe de pasar el perfil, se puede calcular por puntos el correspondiente perfil de evolvente. Se traza la tangente a la circunferencia base desde el punto (A), se divide en segmentos iguales y se avanza sobre la circunferencia base trasladando esos segmentos. Desde cada nuevo punto se traza la tangente (cada vez con un segmento menos), para acabar uniendo los extremos de las sucesivas tangentes.

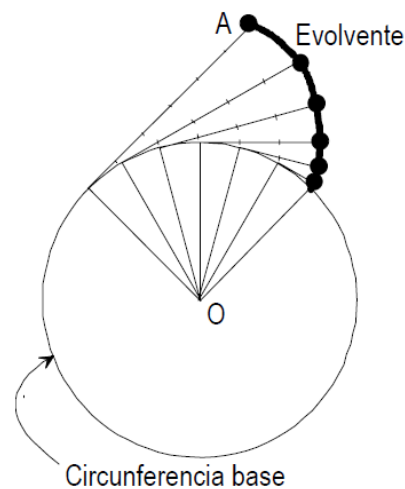


Ilustración 7. Creación de evolvente

Nomenclatura

Una vez introducida la teoría de los engranajes y como a lo largo del proyecto se harán continuas referencias a ellos, veo la necesidad de cumplimentar este capítulo con la nomenclatura técnica de engranajes y que se usará en diferentes partes del desarrollo del proyecto.

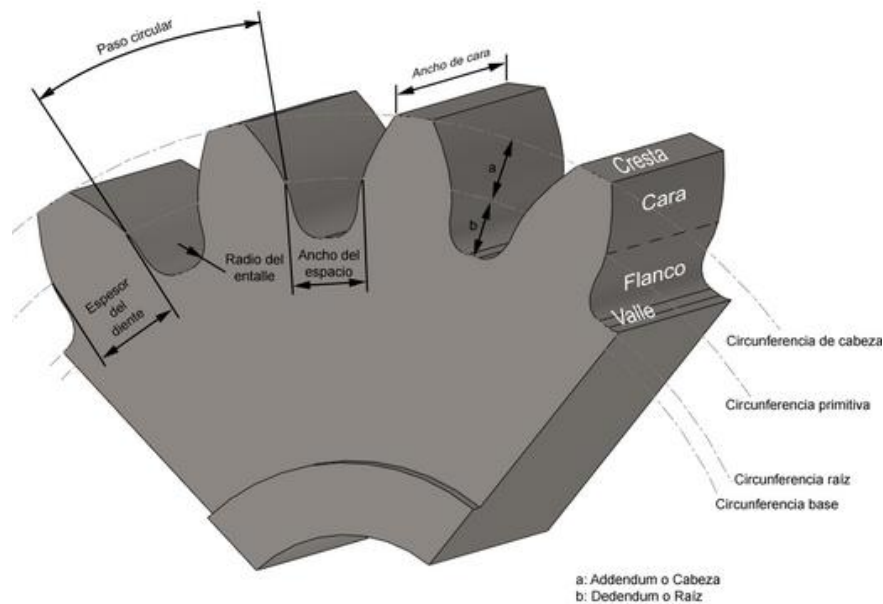


Ilustración 8. Nomenclatura engranajes

- Circunferencia primitiva (d), o de paso.
- Circunferencia exterior (d_e): llamada también de cabeza o de addendum.
- Circunferencia interior (d_f): llamada también de pie, de fondo o de dedendum.
- Anchura de cara o Longitud del diente (B): dimensión del diente en dirección axial.
- Altura de cabeza o Addendum (h_a): distancia radial entre la circunferencia primitiva y la de cabeza. ($h_a=r_a-r$).
- Altura de pie o Dedendum (h_f): distancia radial entre la circunferencia primitiva y la de pie ($h_f=r-r_a$).

- Altura del diente (h): distancia radial entre la circunferencia de pie y la de cabeza. ($h=h_a+h_f$)
- Hueco circunferencial entre dientes o espesor del diente (e): anchura hueco entre dientes sobre la circunferencia primitiva.
- N° de dientes (Z): n° de dientes que tiene un engranaje.
- Paso circunferencial (p): distancia entre puntos homólogos de dos dientes consecutivos, sobre la circunferencia primitiva. ($p=2*\pi*r/Z$)
- Paso angular (pa): ángulo entre puntos homólogos de dientes consecutivos. ($pa=2*\pi/Z$).
- Módulo (m): cociente entre el diámetro primitivo del engranaje y el n° de dientes. ($m=2*r/Z=p/\pi$)

1.4. Problemática a resolver

A partir de este proyecto se pretende dar una solución a la empresa colaboradora.

Talleres Larrinaga no dispone de una infraestructura suficiente como para realizar este tipo de trabajo, ya sea por no disponer de los softwares o del personal necesario.

Por ello, se pone en contacto con la Universidad Pública de Navarra, y más concretamente con el departamento de Ingeniería de Diseño, para en colaboración conjunta llevar a cabo este proyecto.

Dado que el uso de las técnicas utilizadas en el presente proyecto son tecnologías avanzadas empleadas por la mayoría de empresas, Talleres Larrinaga pretende conseguir con ello una mayor competitividad en el mercado mejorando su proceso productivo y consecuentemente su producto final.

Así pues, a la vez que la empresa facilita este trabajo a un alumno de la Universidad Pública de Navarra para que realice su proyecto fin de carrera y poder aprender diferentes conceptos acerca de cómo se trabaja en una empresa, Talleres Larrinaga puede llegar a obtener resultados sobre su producto que lo harán mejorar o en su caso si no es posible, tener una documentación útil.

De esta manera, ambas partes podrán llegar a beneficiarse mutuamente.

2. OBJETIVO DEL PROYECTO

El proyecto que se redacta consiste en realizar el modelado en 3D y la posterior simulación de movilidad de una caja reductora de engranajes para válvulas, a partir de los planos de diseño facilitados por la empresa F.Larrinaga, S.A (*Anexo I. Planos Talleres Larrinaga*), mediante los programas de diseño CATIA V5 y SolidWorks.

Durante el proyecto se han de diferenciar dos partes, una primera fase de diseño, en la cual se han reproducido los planos facilitados por la empresa (*ver Anexo I*) en los programas de diseño CATIA V5 y SolidWorks, y una segunda fase en la que mediante estos mismos programas se ha creado el conjunto para darle movilidad y simular su funcionalidad.

Se realizará una explicación de cómo se han modelado las piezas con los principales comandos utilizados en ambos programas, además de algunos problemas que se han podido encontrar a la hora de realizar las piezas.

Cabe destacar que la documentación obtenida en este proyecto podrá ser utilizada por la empresa Talleres F.Larrinaga en caso de obtener resultados que puedan ser favorables para la mejora de su producto.

3. DISEÑO

3.1. Información técnica

A continuación se desarrollará todo lo necesario para entender el proceso de modelado en 3D de la caja reductora así como su ensamblaje final y funcionamiento.

Dentro del diseño de la caja reductora para válvulas se diferenciarán tres tipos de piezas, aquellas cuya función es estructural (carcasa, tapas y juntas) que servirán para dar forma al conjunto y para alojar los engranajes, otras cuya misión es funcional (engranajes) y resto de piezas como rodamientos y tornillería que servirán para completar el conjunto.

A su vez, dentro del conjunto reductor se diferencian dos partes, que las denominaremos como primera y segunda reducción.

La primera reducción está formada por engranajes cónicos, más concretamente por una rueda dentada y un piñón que van apoyados sobre rodamientos para obtener un alto rendimiento.

Estos reductores se montan sobre válvulas multivuelta tales como compuertas, válvulas de esclusa, tajaderas, etc..., y en diversidad de industrias donde las válvulas son instaladas. Pueden ser aplicados en operación manual o eléctrica, y están diseñados para su uso en intemperie. Se pueden utilizar tanto en válvulas que requieren empuje como en las que solamente requieran par de giro.

En la segunda reducción el tipo de engranajes son rectos. Esta segunda reducción es opcional, y se coloca con el fin de reducir el valor de par de entrada y obtener un volante de fuerzas razonable de operación, para facilitar el cierre o apertura de la válvula de paso.

Un paso clave en el procedimiento del diseño de piezas ha sido a la hora de realizar el modelado de los engranajes rectos. Primeramente se ha realizado un engranaje tipo, con algunas acciones programadas, para que únicamente al introducir los parámetros característicos de las piezas engranadas se obtengan con una mayor rapidez y facilidad.

Se realizó de este modo con el fin de simplificar, ya que realizar un engranaje con CATIA es una tarea laboriosa. De esta manera en vez de realizar las 6 piezas engranadas cada una desde cero, se realizó un único engranaje base que pudiera ser modificado para cualquier pieza. Se podría decir que se trata de un diseño de engranaje estándar a partir del cual se diseña el requerido.

Con esta breve introducción acerca del diseño de la caja reductora, a continuación se explicará cómo se han ido creando las piezas paso a paso, hasta llegar al resultado final, el ensamblaje del mecanismo.

3.2. Diseño

Aunque el procedimiento para alcanzar el mecanismo final es ir creando cada pieza por separado para una vez diseñadas todas realizar el ensamblaje del conjunto, a la hora de explicar el diseño, se llevará el orden inverso, es decir, se partirá de lo más general como es el mecanismo global, pasando por diferenciar la primera y segunda reducción, hasta llegar a cada uno de los componentes de estas reducciones.

3.2.1. Conjunto reductor

El ensamblaje final del conjunto se ha llevado a cabo mediante el software de diseño SolidWorks, ya que para su posterior simulación de movimiento resultará más simple que mediante el otro software de diseño utilizado para crear las piezas, CATIA.

Como todas las piezas han sido diseñadas mediante el programa CATIA, se ha requerido de un paso intermedio para trabajar en SolidWorks, ya que estos programas trabajan con formatos de archivos informáticos diferentes.

Para ello, se ha realizado un guardado de las piezas en CATIA en formato *iges*, un formato que permite importar y exportar documentos de un software a otro sin ningún problema, mediante archivos neutros.

Así pues y ya con todas las piezas disponibles en SolidWorks, se ha llevado a cabo el montaje del conjunto mediante el módulo del programa *Ensamblaje*.

Durante el ensamblaje, se decidió primeramente crear cada una de las reducciones por separado, en vez de realizar directamente la unión total de todas las piezas, para así posteriormente facilitar el trabajo a la hora de crear los planos de estos subconjuntos.

De este modo y apoyándonos en planos generales facilitados por la empresa Talleres F. Larrinaga (*ver Anexo I*), se creó por un lado y en un archivo "*ensamblaje*" la primera reducción y a continuación la segunda reducción en otro archivo "*ensamblaje*".

Existe un tercer subconjunto, formado por las piezas de unión entre las dos reducciones.

Para realizar los montajes de cada una de las reducciones, se tenían diseñadas todas las piezas con anterioridad, pero además de estas piezas, son imprescindibles una serie de piezas auxiliares tanto para la unión del conjunto como para su funcionamiento, como es el caso de toda la tornillería, chavetas y rodamientos.

Estos elementos auxiliares están normalizados, y se pueden extraer de la biblioteca interna de SolidWorks, *Toolbox*, sin necesidad de crearlos.

Una vez se han obtenido todas las piezas necesarias, se procederá al ensamblaje de ambas reducciones por separado, insertando elemento a elemento y situándolos en su correspondiente posición, mediante las restricciones de relaciones de posición, siendo en la mayoría de los casos concentricidades y/o coincidencia de caras o aristas.

El resultado de cada subconjunto es el siguiente:

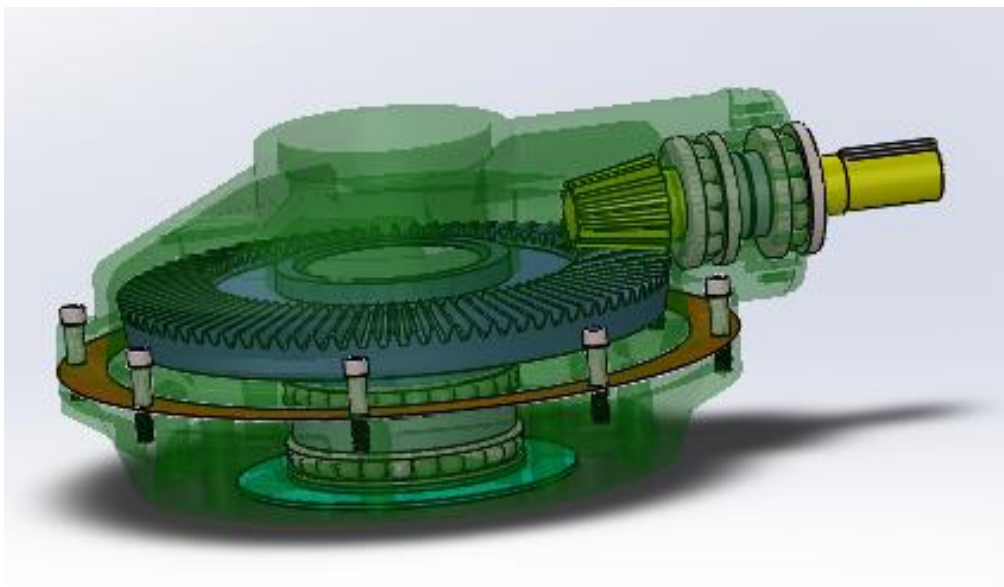


Ilustración 9. Primera reducción

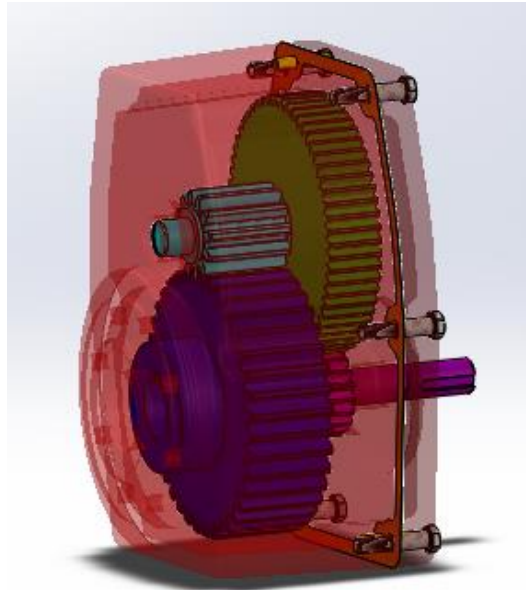


Ilustración 10. Segunda reducción

Tanto en la ilustración 9, como en la 10, se ha insertado cada componente en un color diferente para que se aprecien cada una de las piezas que forman los subconjuntos.

Para hacerse a la idea de cómo se realiza el montaje y las piezas que componen cada subconjunto, a continuación se vinculan cuatro videos, dos de cada reducción, en los cuales se observa el explosionado pieza a pieza a partir del subconjunto ensamblado y el montaje de los mismos.

[Archivos informáticos \(Videos\)\Video explosion primera reduccion.avi](#)

[Archivos informáticos \(Videos\)\Montaje primera reduccion.avi](#)

[Archivos informáticos \(Videos\)\Video explosion segunda reduccion.avi](#)

[Archivos informáticos \(Videos\)\Montaje segunda reduccion.avi](#)

Una vez creada la primera y segunda reducción por separado, se abrirá otro *ensamblaje* en el que se introducirán los dos subconjuntos y se unirán mediante las piezas y tornillos correspondientes del tercer subconjunto, dando como resultado final la caja reductora en su totalidad.

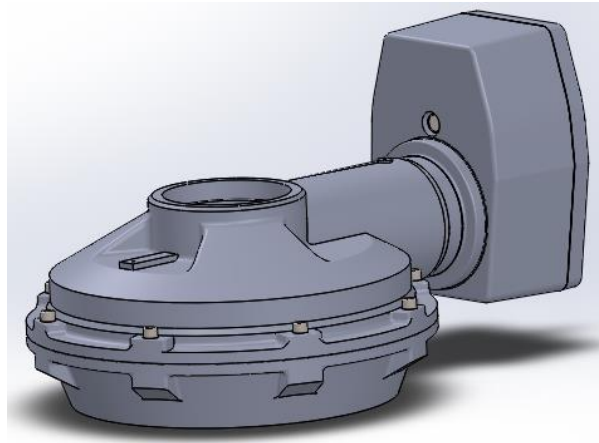


Ilustración 11. Conjunto reductor

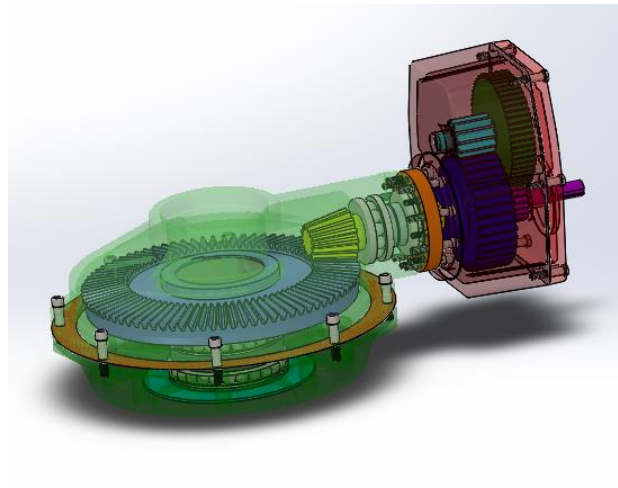


Ilustración 12. Visualización de piezas del conjunto reductor

También a continuación se vinculan dos videos en los que se puede observar el resultado del ensamblaje final, y su explosionado pieza a pieza.

[Archivos informáticos \(Videos\)\giro del conjunto.avi](#)

[Archivos informáticos \(Videos\)\explosionado conjunto.avi](#)

Con una pequeña introducción del diseño realizada, el siguiente paso es centrarse más en detalle en el procedimiento seguido para diseñar cada una de las piezas que componen cada subconjunto.

3.2.2. Primera reducción

La primera reducción está compuesta por una carcasa y una base que unidas mediante una junta y una serie de tornillos con sus correspondientes arandelas, dan forma a tal subconjunto.


En el interior de esta primera reducción y como elementos de transferencia de movimiento, se encuentran la rueda cónica y el piñón cónico.

Además de las piezas mencionadas, también forman parte de la primera reducción una guía de acoplamiento, una tuerca conductora, rodamientos, arandelas separadoras de rodamientos y chavetas.

A continuación se describen los pasos seguidos con el programa CATIA para el modelado de las principales piezas de esta reducción.

Carcasa de la primera reducción

La carcasa de la primera reducción es sin duda alguna la pieza de mayor complejidad del conjunto reductor, debido a su geometría, a las operaciones que hay que llevar a cabo para reproducirla y por la dificultad de interpretación del plano de referencia facilitado por la empresa Talleres Larrinaga. (Ver Anexo I).

Para comenzar con el diseño de la geometría se realizará un *sketch* que represente la sección de revolución, y así, sobre ese *sketch*, aplicar la operación *Shaft* , creando de esta manera la parte revolucionada de la pieza.

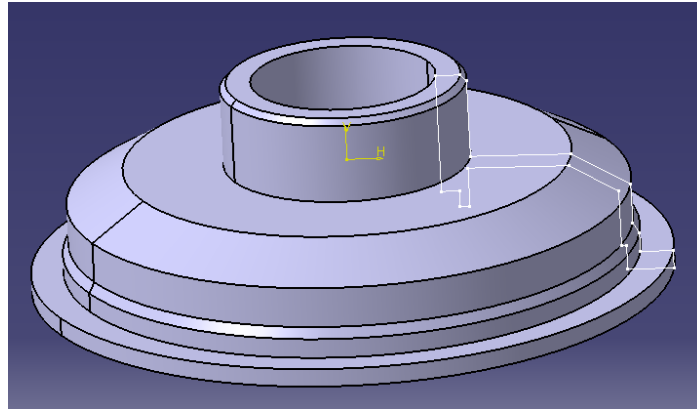


Ilustración 13. Croquis de sección y revolución

El siguiente paso será fundar la parte de la carcasa que aloja el piñón cónico y que a su vez une la primera reducción con la segunda reducción.

Para ello, se creará un plano tangente a la anterior revolución y a una distancia calculada a través del plano, y sobre este plano se diseñará un nuevo *sketch* de circunferencia, con diámetro y colocación de altura adecuada según el plano de referencia.

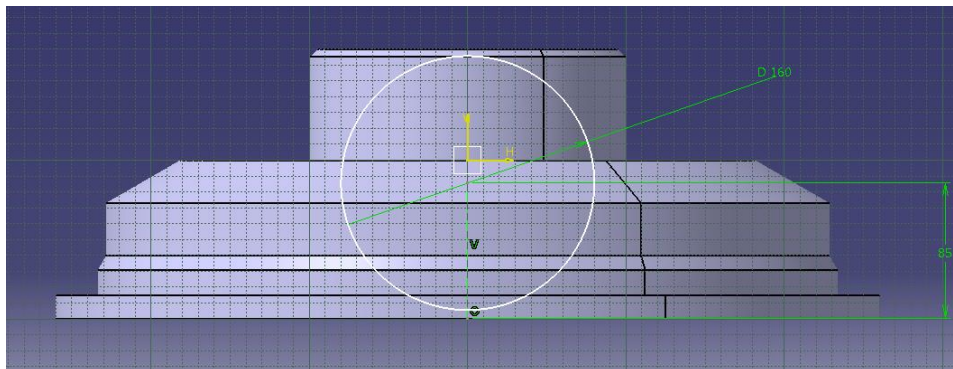


Ilustración 14. Sketch circunferencia sobre el plano tangente

Con el croquis definido, se realizará un *Pad*. En la operación no indicaremos la profundidad del extrusionado sino la superficie hasta que queramos que se extienda. Para ello en el cuadro de definición de la extrusión, se indicará en la pestaña *Type* la opción *Up to next*.

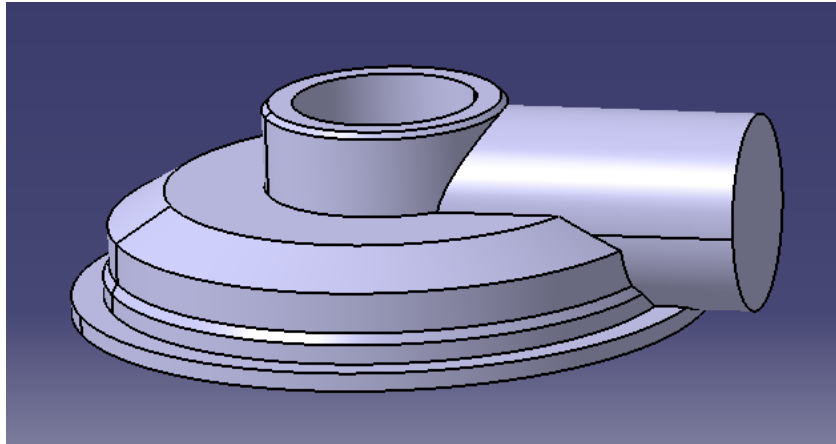


Ilustración 15. Extrusión del croquis

A continuación, eliminaremos material sobre el extrusionado anterior.

Se creará un nuevo croquis circular sobre el mismo plano de la extrusión y se le aplicará un *Pocket* de profundidad hasta el hueco de la revolución.

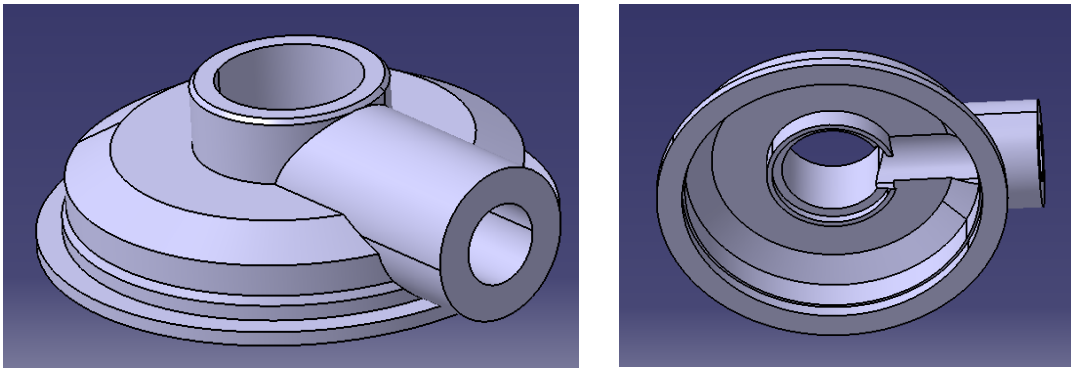


Ilustración 16. Eliminación de material interior del extrusionado anterior

El siguiente paso será una pequeña modificación en el agujero que se ha creado tras la revolución, donde mediante un *Multi-Pad* sobre un *sketch* de circunferencias concéntricas, se le dará la forma final a esta parte de la pieza, con sus diámetros y profundidades adecuadas.

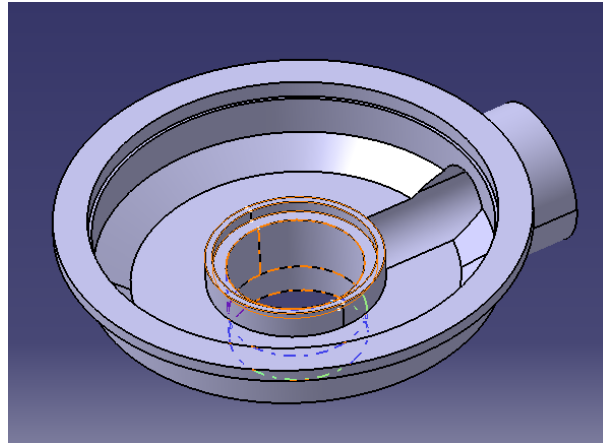


Ilustración 17. Modificación en el interior de la pieza

Volviendo sobre la parte de unión con la segunda reducción y alojamiento del piñón cónico, realizaremos alguna operación para detallar la geometría.

Sobre el plano auxiliar que en los primeros pasos hemos creado para realizar esta parte de la pieza, se hará un nuevo *sketch* con circunferencias concéntricas al que se le aplicará un *Multi-Pocket*.

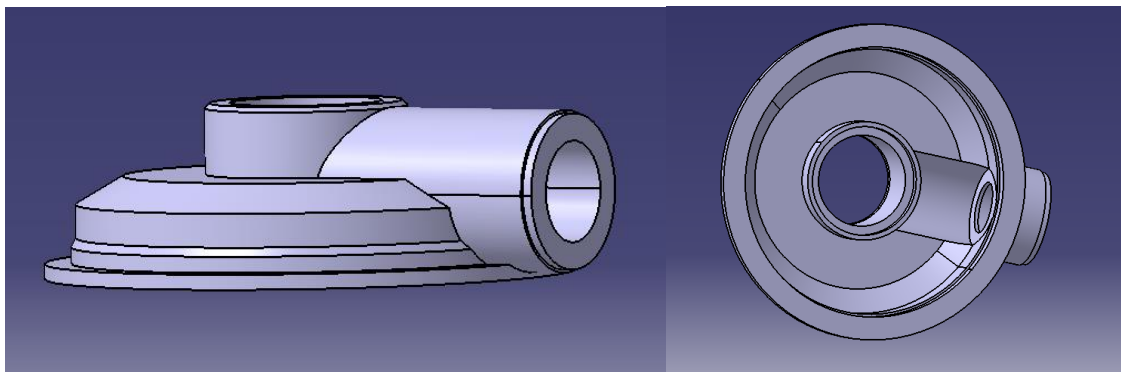


Ilustración 18. Eliminación de material en la unión con la primera reducción

A continuación y sobre la parte revolucionada en el primer paso, se crearán los nervios exteriores que se observan en los planos.

Para ello, se creará un croquis como el de la ilustración, y se le aplicará un *Shaft* con una amplitud de ángulo calculada según el plano.

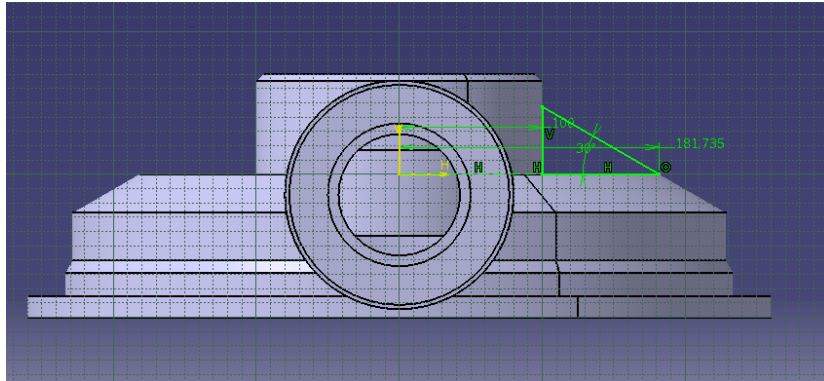


Ilustración 19. Croquis del nervio

Como existen dos nervios, el segundo se realizará mediante el comando *Circular Pattern* o matriz circular indicando la distancia angular a la que se encuentra.

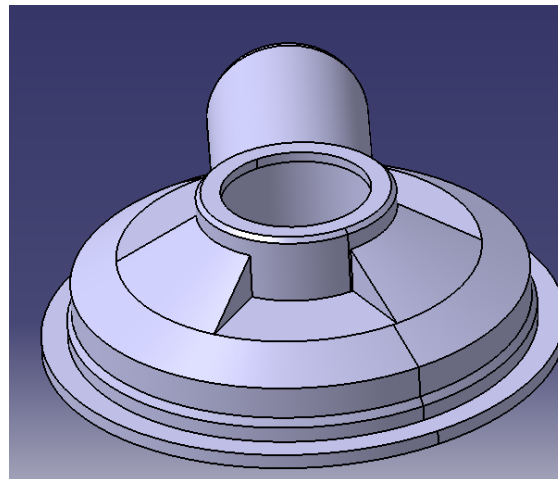


Ilustración 20. Pieza con nervios creados

Entre los dos nervios, existe un orificio con el fin de alojar un engrasador.

En la superficie de la carcasa y entre los nervios, se creará un croquis rectangular que será extruído, y sobre tal extrusión se realizará un agujero mediante la acción *Pocket*. Será ahí donde se aloje el engrasador.

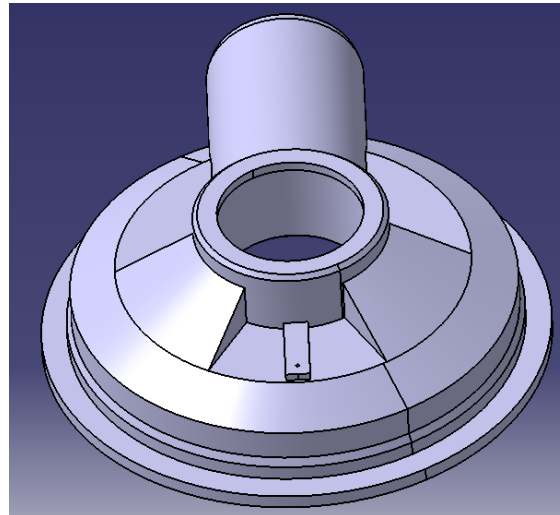


Ilustración 21. Creación del engrasador

En las siguientes operaciones se diseñarán las uniones de la carcasa con la base de la primera reducción.

Primetamente se realizará un *sketch* con la forma de la unión y posteriormente se extruirá.

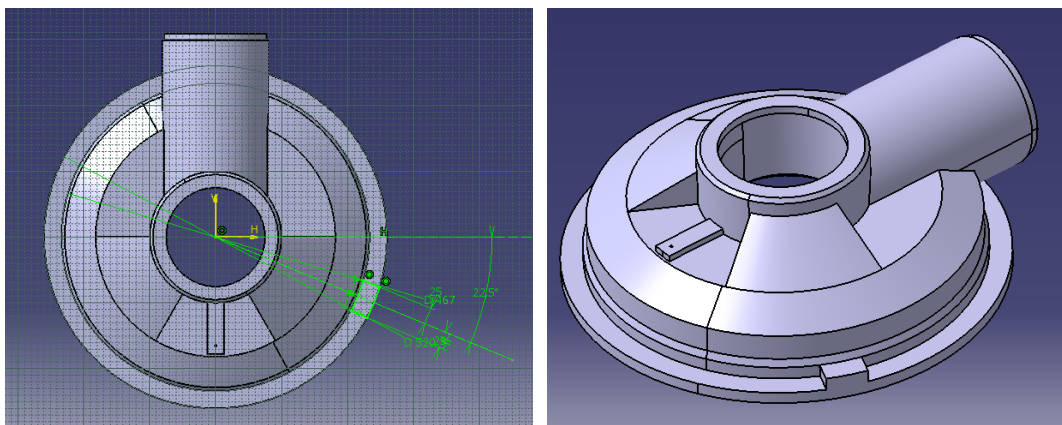


Ilustración 22. Croquis y extrusionado de la unión con la base

El siguiente paso será la creación de los agujeros donde se alojarán los tornillos que unirán ambas partes.

Para ello se realizará un *sketch* sobre la extrusión anterior. En el *sketch* se dibujará una circunferencia con el diámetro y posición adecuada del agujero y posteriormente se le aplicará un *Pocket* de profundidad infinita ya que debe atravesar el grueso de la pieza.

El último paso para terminar con estas uniones, será la aplicación de un *Circular Pattern*, con ocho repeticiones a lo largo de los 360° de la pieza.

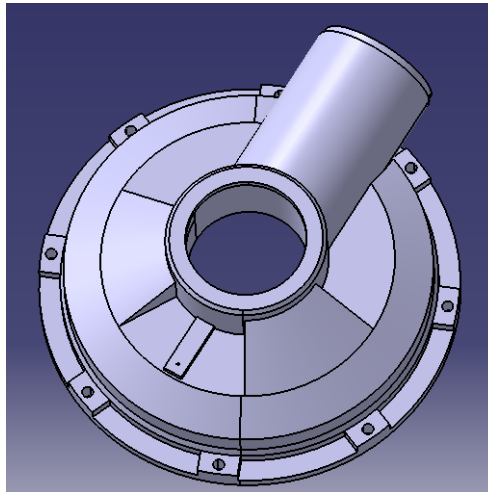


Ilustración 23. Uniones con agujeros para tornillos

Para continuar con el modelado de esta pieza laboriosa, se diseñará el orificio para un segundo engrasador. Este orificio se encuentra alojado en la parte de la pieza que aloja en su interior el piñón cónico.

Así pues, sobre esta superficie se creará un croquis circular correctamente ubicado según el plano, que posteriormente extruido nos dará la posición del engrasador.

Sobre esta extrusión se realizará el agujero en el que se introduce el engrasador y por el que el aceite para tal función accederá a las piezas internas del conjunto.

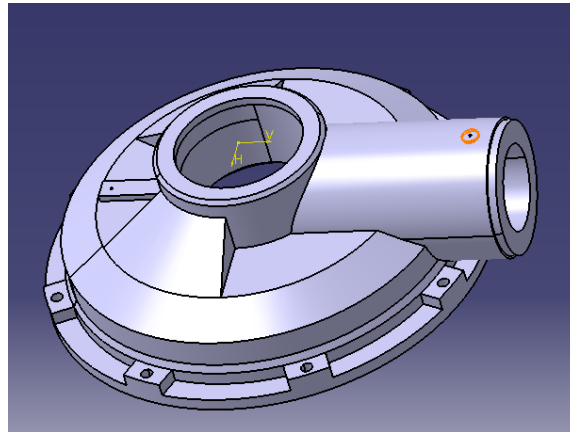


Ilustración 24. Creación segundo engrasador

El siguiente paso, dentro de la creación de la carcasa, es eliminar parte del material de la superficie superior de la carcasa que rodea al agujero ya que en esta parte puede acoplarse o bien un tapón o bien una posible tubería, en función de la instalación en la que se encuentre el conjunto reductor para válvulas.

De esta manera, sobre tal plano se creará un *sketch* circular de diámetro extraído del plano y se eliminará el material mediante un Pocket.

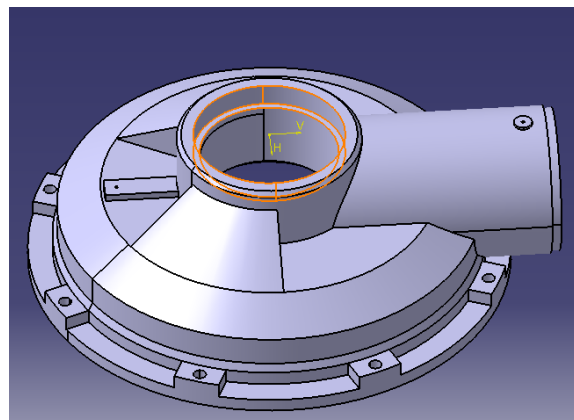


Ilustración 25. Eliminación de material para acoplamiento auxiliar

Continuando con el diseño de la pieza y observando el plano referente, el siguiente paso a realizar será la extrusión de una superficie con ángulo de salida. Esta superficie se encuentra en el interior de la parte que aloja el piñón cónico.

Para esta operación se usará el comando *Draft*, indicando correctamente cuál es la superficie neutra (*color azul en la ilustración 26*) y cuál la que se quiere extruir angularmente (*color naranja*), además de el ángulo deseado que se indica en el plano.

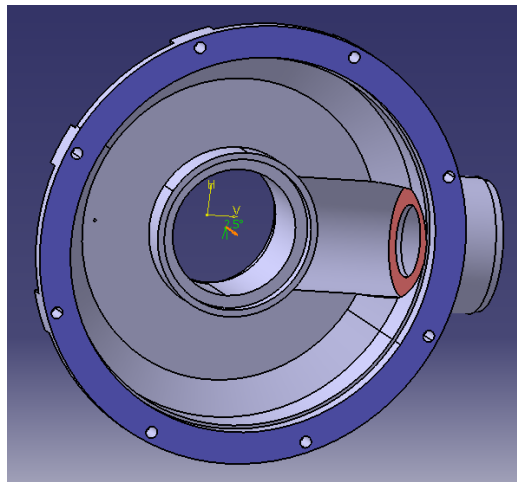



Ilustración 26. Operación de ángulo de salida

El siguiente paso será la creación de los agujeros roscados sobre la parte de unión con la segunda reducción.

Existen dos tipos de agujeros roscados con distintas métricas que se van alternando en toda la superficie de circunferencia, unos sirven de unión con el casquillo de rodamientos intermedio que se sitúa entre las dos reducciones, y los otros agujeros unen directamente ambas reducciones.

Para su creación, abrimos un *sketch* nuevo en el plano donde comienzan los agujeros y situamos los centros de las circunferencias sobre una circunferencia constructiva de diámetro específico para situar correctamente los

agujeros, teniendo en cuenta también la distancia angular entre los dos tipos de orificios.

Una vez situados los centros de los dos orificios, se aplicará la acción *Hole* , indicando en cada agujero roscado sus características que lo definan completamente; métrica, profundidad de agujero y profundidad de rosca.

Con un agujero de cada tipo realizado, es cuando sobre cada uno de ellos se realizará un *Circular Pattern* de ocho repeticiones a lo largo de los 360° de la circunferencia.

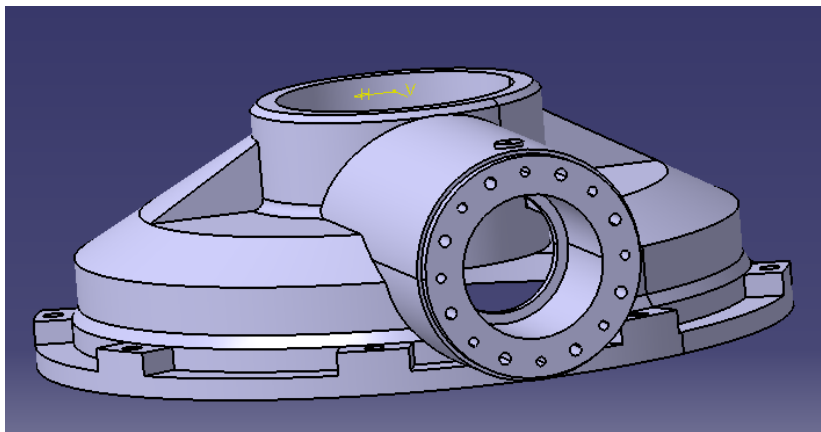


Ilustración 27. Agujeros roscados para unión con segunda reducción

Llegado a este punto de diseño de la geometría, exteriormente la pieza queda totalmente definida salvo detalles de redondeos, pero interiormente, aún queda una de las operaciones más difíciles de realizar, la eliminación de parte de material del interior de los nervios.

Como solución a este problema, se decidió crear un plano auxiliar que pasaría por el eje de revolución de la pieza y que también contendría una línea auxiliar situada a la distancia especificada en el plano donde comienza el vaciado del nervio.

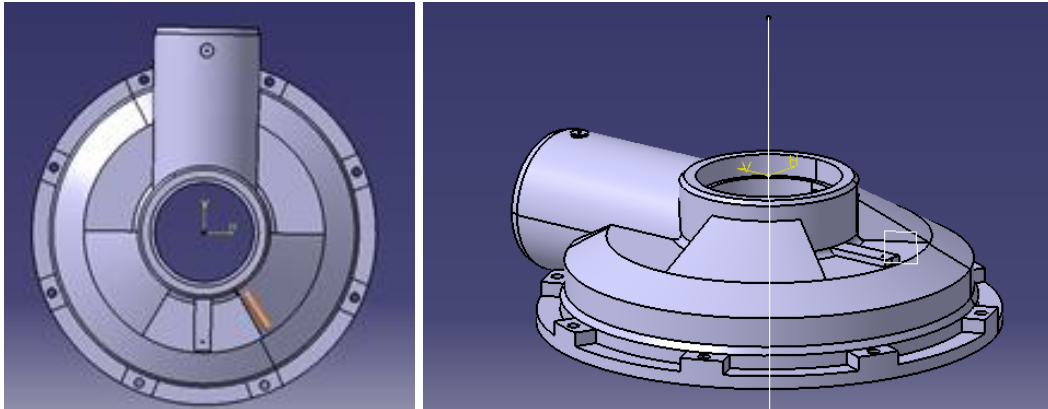


Ilustración 28. Línea y plano auxiliar

Sobre este plano, se creará un *sketch* con la sección transversal de material que se desea eliminar.

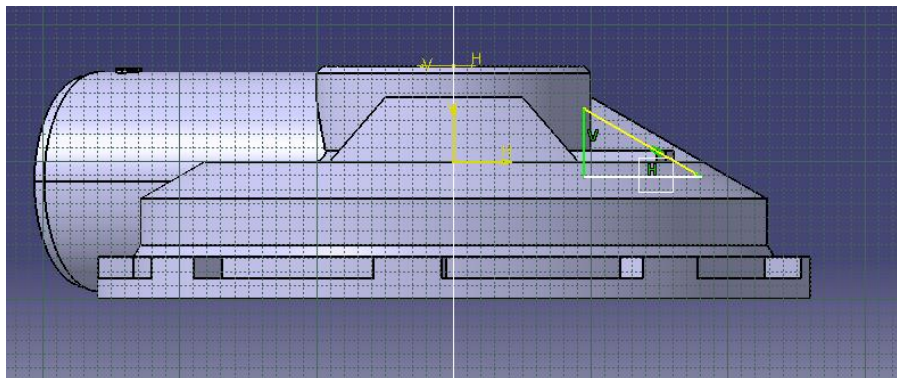



Ilustración 29. Sketch para eliminar material

Con el *sketch* definido correctamente, se aplicará un barrido de eliminación de materia mediante el comando *Grove* , indicando el ángulo total de barrido.

Como existen dos nervios, para eliminar el material sobrante interior del otro nervio, bastará con un *Circular Pattern*, con dos repeticiones distanciadas 120° .

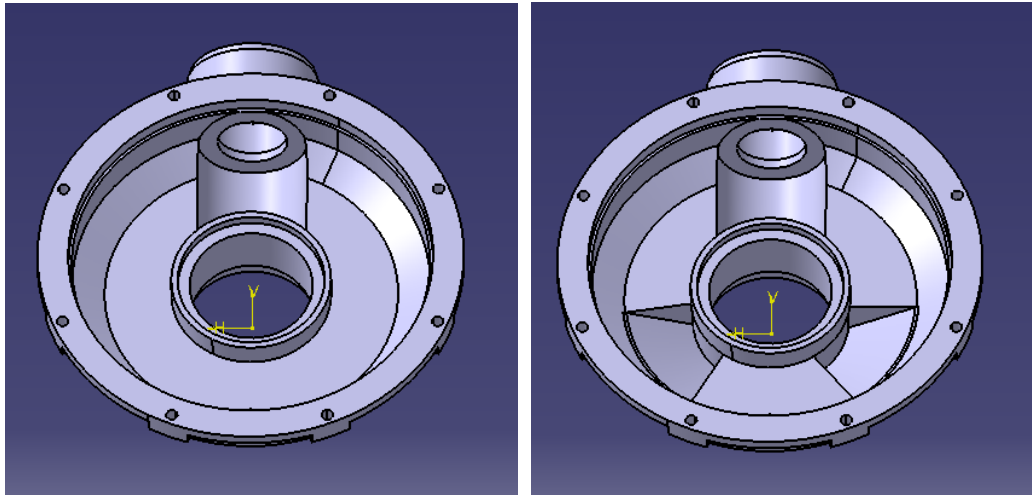



Ilustración 30. Antes de eliminar el material del nervio y después

Para finalizar la geometría de la pieza, se deberán realizar los redondeos de las aristas que lo precisen, con su radio de acuerdo apropiado, mediante el comando *Edge Fillet* .

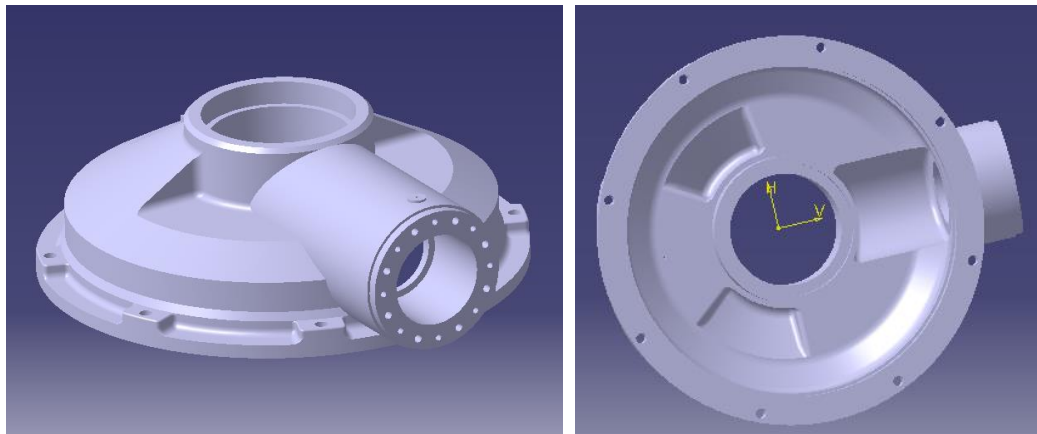


Ilustración 31. Carcasa de la primera reducción completa

Por último, se insertará el material a la carcasa con la acción *Apply Material*. Al igual que el resto de piezas que forman parte de la estructura del conjunto, su material será una aleación de hierro fundido.

Base ISO 5210 F35 de la primera reducción

A continuación se explicará el proceso de modelado en 3D de la base de la primera reducción, una pieza que junto con la carcasa de esta misma reducción puede ser la más compleja del conjunto de piezas que forman esta caja reductora.

Como en casi todas las piezas que se van a diseñar, se intentará empezar por lo más general, en cuanto geometría se refiere, para terminar por los detalles.

Se comenzará creando un *sketch* sobre uno de los planos principales una vez abierto un *Part*. En este primer *sketch* se realizarán dos circunferencias de diámetros extraídos del plano de referencia de Talleres Larrinaga, y posteriormente se extruirán mediante *Multi-Pad*. Esto supondrá la creación en bruto de la superficie superior de la pieza.

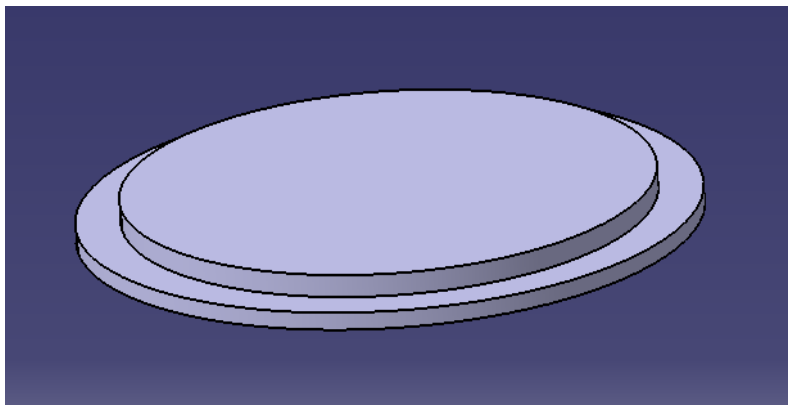



Ilustración 32. Parte superior de la base

En el siguiente paso se utilizará la operación *Multi-sections Solid*  para crear la parte inferior de la pieza.

Para aplicar este comando, hay que realizar dos croquis, el primero de ellos sobre la superficie inferior de la pieza hasta ahora creada. Este primer croquis constará de una circunferencia concéntrica a las circunferencias de la

pieza y cuya longitud de diámetro será un dato de nuevo extraído del plano. El segundo croquis también será una circunferencia concéntrica a la del primer croquis y se realizará sobre un plano nuevo que hay que crear. Este plano, será un plano paralelo a la superficie inferior de la pieza hasta ahora diseñada, con una distancia igual a la distancia entre esta superficie y la superficie inferior de la pieza, distancia que se deducirá del plano.

Con estos dos croquis creados, es hora de utilizar el comando *Multi-Sections Solid*. Seleccionando ambos *sketchers* se producirá la acción deseada, un barrido entre ambas superficies como se puede ver en la imagen.

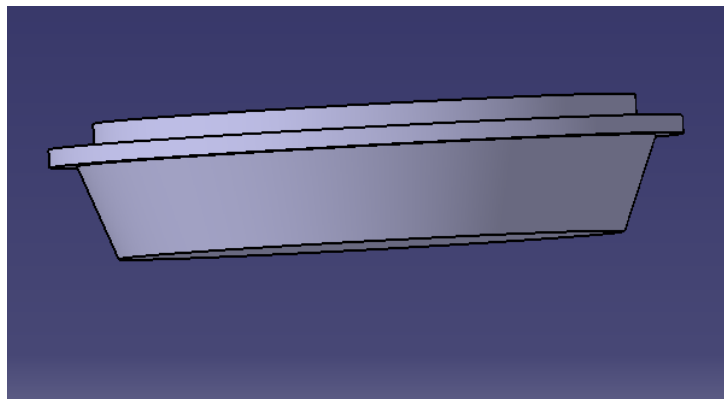


Ilustración 33. Creación de la pieza en bruto

Con la pieza diseñada en bruto se procederá a la eliminación de parte del material. Para ello y sobre la superficie superior se creará un nuevo *sketch* con circunferencias concéntricas y diámetros adecuados, sobre las que se aplicarán el comando *Multi-Pocket*, poniendo especial cuidado en las profundidades de cada circunferencia que componen el croquis.

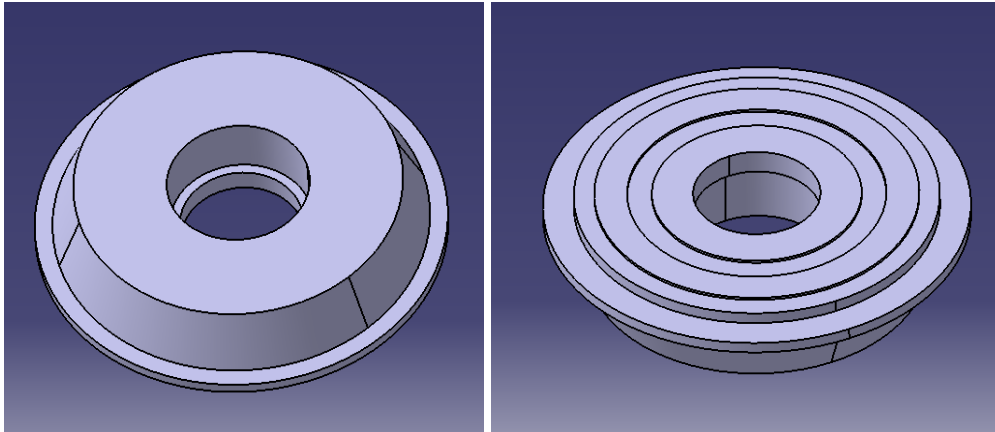


Ilustración 34. Eliminación de material mediante Multi-Pocket

A continuación se seguirá eliminando material de la pieza. En este paso se eliminará parte del material de la superficie inferior de la pieza. Para ello se creará un croquis nuevo con la forma del material que se desea eliminar. Este croquis es una reproducción de la vista en planta inferior del plano realizado por la empresa Talleres Larrinaga.

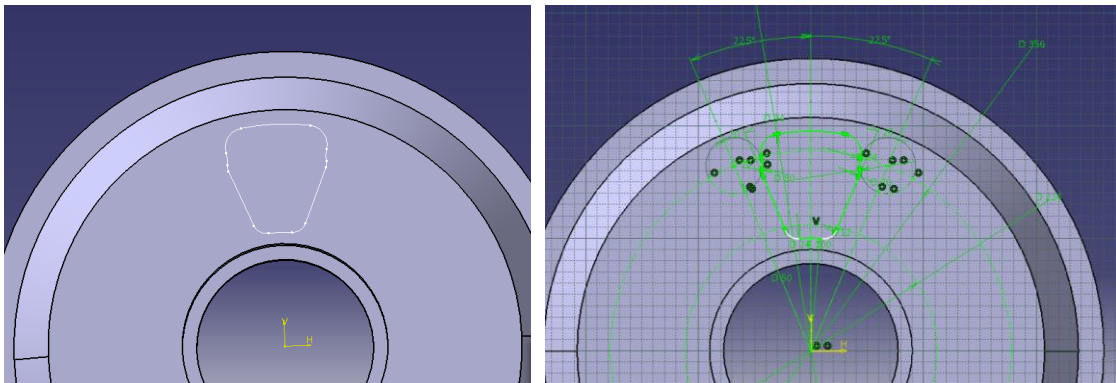


Ilustración 35. Croquis del material a eliminar

Sobre este croquis se realizará un *Pocket* y a continuación una matriz circular, *Circular Pattern*, con ocho agujeros equidistantes alrededor de la superficie circular.

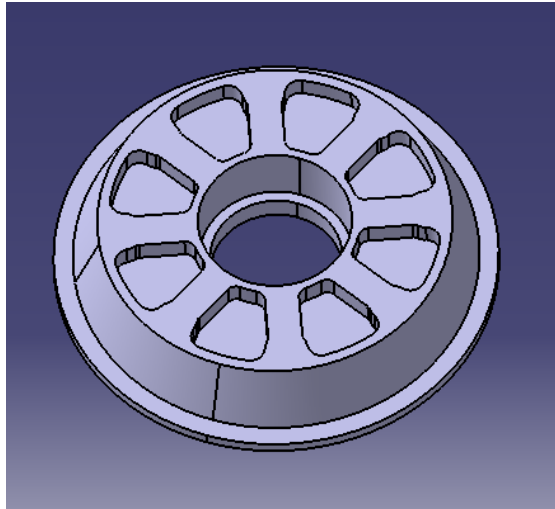


Ilustración 36. Eliminación del material

También sobre esta superficie se realizarán los agujeros roscados que se muestran en el plano. Por lo tanto se llevará a cabo la creación de un nuevo croquis en la superficie inferior en el que se introducirá una circunferencia de diámetro igual al agujero roscado. Habrá que poner especial atención a la ubicación del agujero, ya que se encuentran entre los agujeros anteriormente creados.

Con el croquis circular correctamente situado, se procederá mediante el comando *Hole* a crear el agujero roscado.

Definido el agujero roscado, se le aplicará una matriz circular, *Circular Pattern*, de ocho agujeros equidistantes sobre la superficie inferior, al igual que en el anterior paso.

El resultado de estas operaciones será el siguiente:

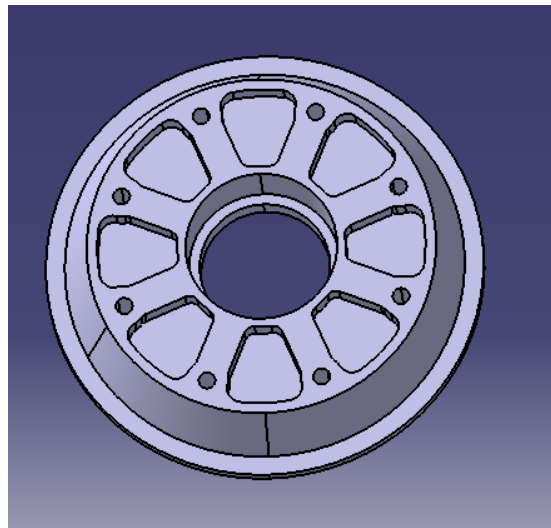


Ilustración 37. Creación de los agujeros roscados

Sobre esta misma cara se realizará la operación consistente en el rebaje o eliminación de material en los nervios que a la vista quedan. Para ello hay que realizar un croquis con la forma de estos nervios.

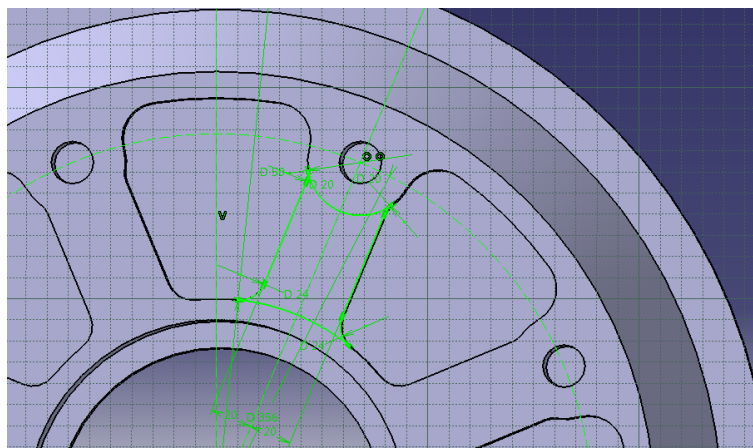


Ilustración 38. Croquis del nervio

Con el croquis definido correctamente, se procederá a eliminar material mediante el comando *Pocket*, una profundidad cuyo dato se conoce por una de las secciones realizadas en el plano de referencia a partir del cual se está diseñando la pieza.

Con el Pocket creado, faltaría operar mediante un *Circular Pattern*, igual que en los dos pasos anteriores.

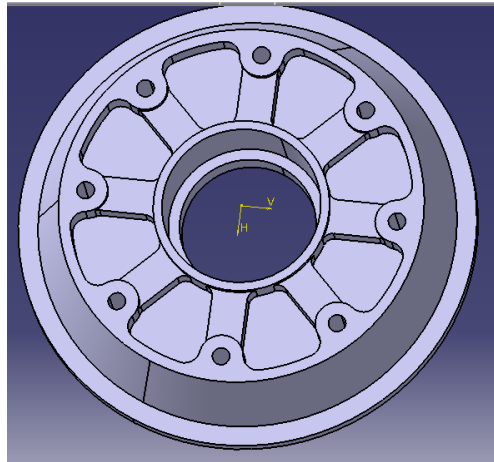


Ilustración 39. Creación de los nervios

Con la geometría inferior de la pieza realizada salvo detalles, volvemos a la parte superior de la pieza.

Hay que crear la hendidura de alojamiento para una junta tórica existente entre la base y la rueda cónica.

Sobre un plano perpendicular a las superficies cilíndricas, se crea un croquis con la sección transversal del agujero de la junta, a la distancia del centro de la pieza correspondiente.

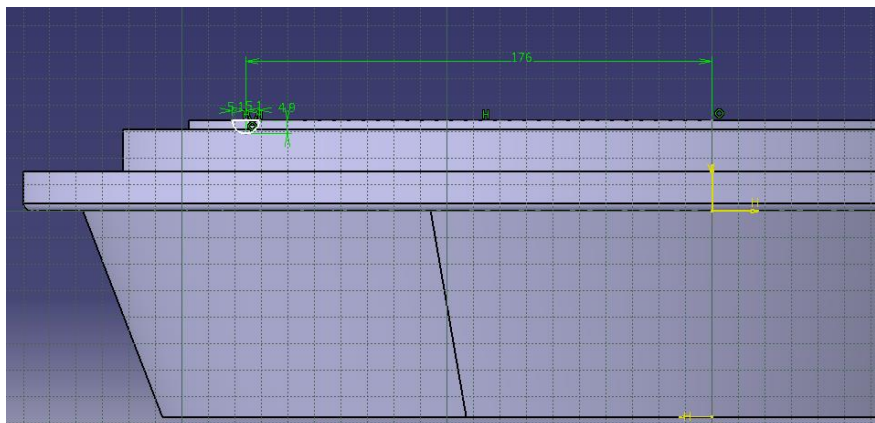



Ilustración 40. Sketch de sección transversal de la junta tórica

Con este croquis se utilizará el comando *Grove* , con el que se consigue un barrido circular eliminado el material correspondiente a esta junta.

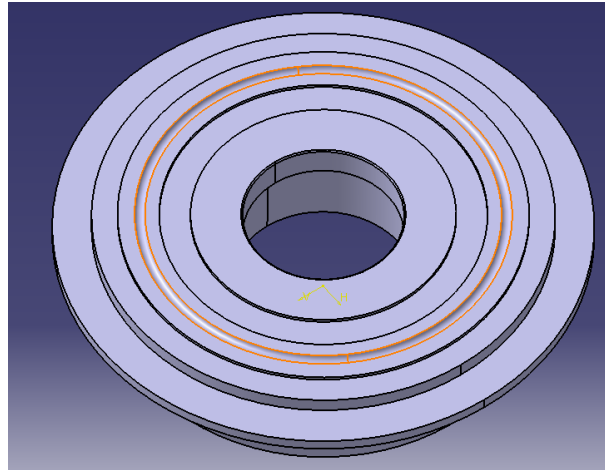


Ilustración 41. Creación de la junta tórica

A continuación se crearán las partes correspondientes diseñadas para la unión de la base con la carcasa de la primera reducción.

Para su creación, se comenzarán con un *sketch* con la forma de la sección transversal de esta parte de la pieza en un plano perpendicular a las cara superior e inferior de la pieza. Este plano también pasará por el eje de revolución de la pieza y hay que tener en cuenta su posición respecto a la geometría creada, ya que esta parte de unión coincide con los nervios creados anteriormente en la cara inferior, como se puede observar en la vista en planta inferior del plano nº 17 de la empresa.

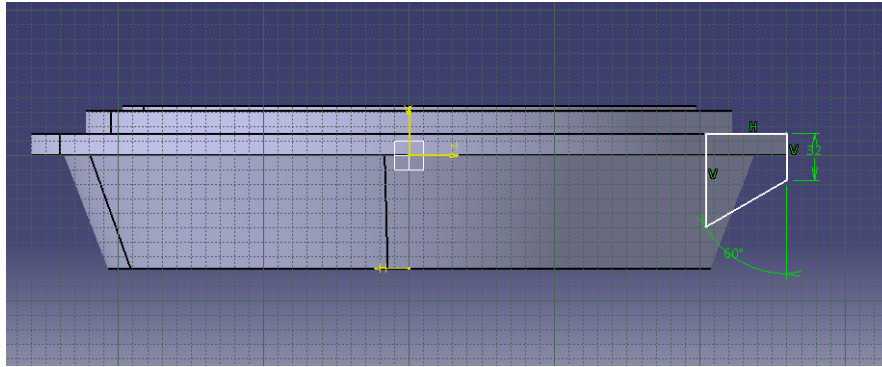


Ilustración 42. Croquis para creación de unión con la carcasa

Con el *sketch* definido, se realizará con la acción *Pad* el aporte de material necesario. En este caso, tomando como centro el plano del sketch, se extruirá simétricamente hacia ambos lados la profundidad correcta activando la pestaña de *Mirrored Exent* del cuadro de definición de la extrusión como ve en a continuación:

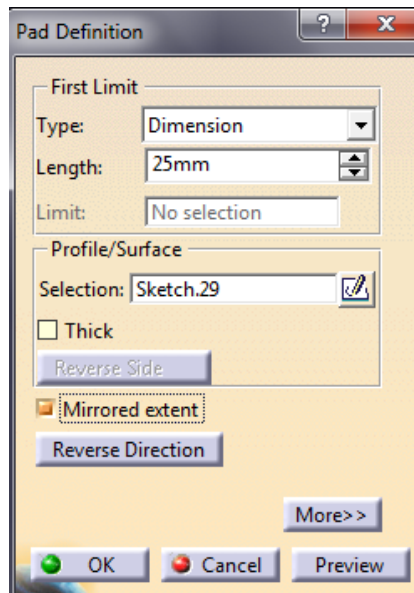


Ilustración 43. Cuadro para definir la extrusión en ambas direcciones

El resultado de la operación sería el siguiente:

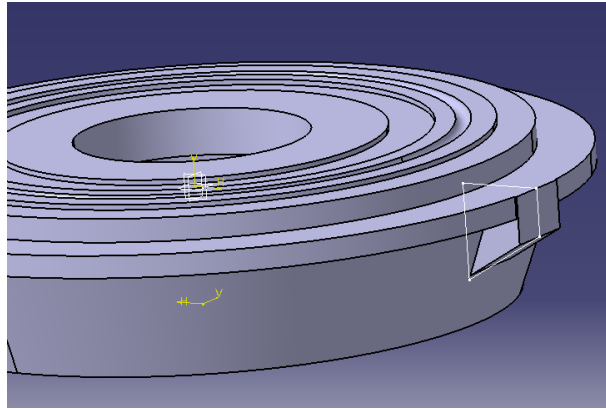


Ilustración 44. Extrusión del croquis

Existe un problema al haber realizado este paso mediante el comando *Pad*. Ampliando sobre la zona se puede observar como la extrusión al llegar al extremo de la superficie cilíndrica de la pieza, no sigue la curva sino que es recta.

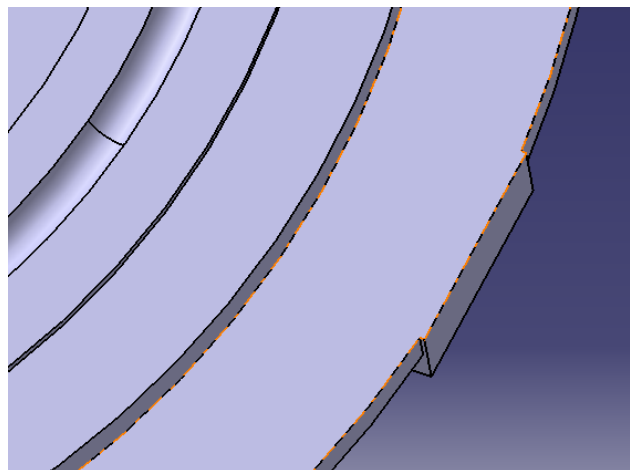


Ilustración 45. Detalle del problema

Este pequeño problema se solucionará creando sobre la superficie superior un *sketch* de circunferencia con diámetro igual al diámetro exterior hasta donde debe llegar la extrusión anterior y realizando un corte del material sobrante con el comando *Pocket*.

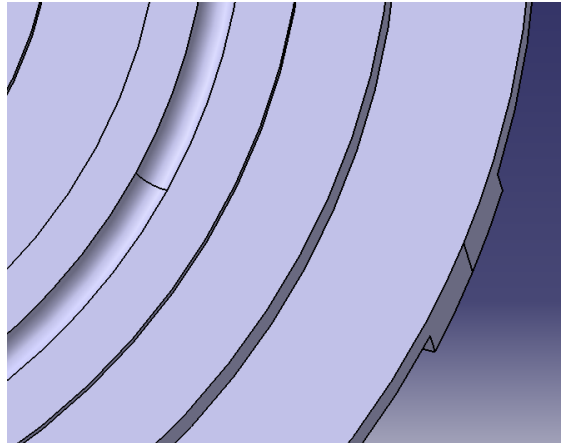


Ilustración 46. Solución del problema

Como esta parte de la pieza se repite a lo largo de toda su circunferencia, mediante el comando *Circular Pattern* crearemos la matriz circular con ocho repeticiones equidistantes alrededor de los 360 grados de la pieza.

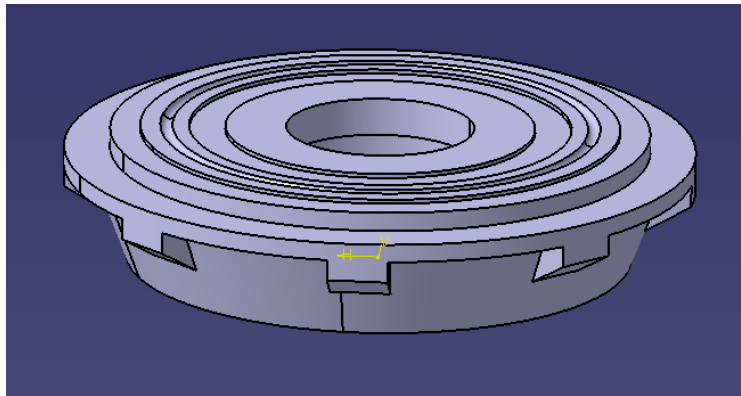


Ilustración 47. Uniones para la carcasa

Sobre este paso, se diseñarán los agujeros roscados, cuya finalidad es la unión con la carcasa.

Se creará un croquis con un círculo de diámetro igual al diámetro del agujero roscado y en la posición adecuada y se le aplicará la acción *Hole*, donde se especificarán los detalles del roscado como se ha venido haciendo hasta el momento.

Con uno de los agujeros creados será hora de aplicarle una matriz circular de ocho agujeros equidistantes, obteniendo como solución a estas operaciones la pieza que se observa en la imagen:

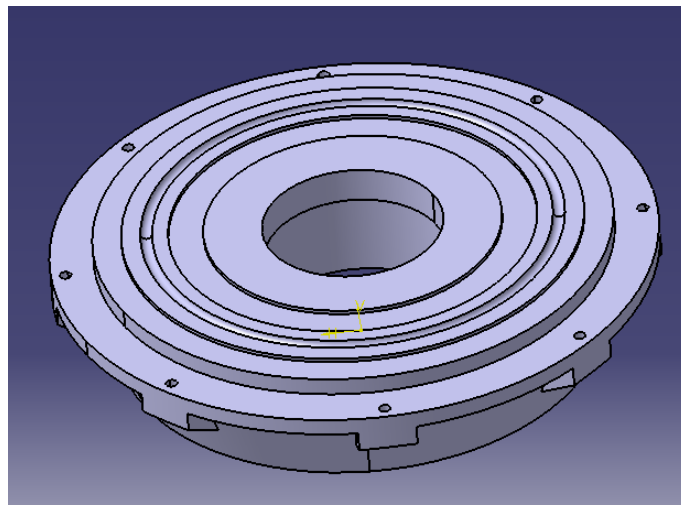


Ilustración 48. Creación de agujeros roscados para tornillos de unión

Con todas las operaciones definidas y explicadas anteriormente, se obtiene la geometría principal de la base de la primera reducción.

Es con la geometría creada, cuando se comenzarán con los detalles que definirán completamente la pieza. Algunos de estos detalles son los redondeos de aristas, chaflanes y ángulos de salida sobre superficies.

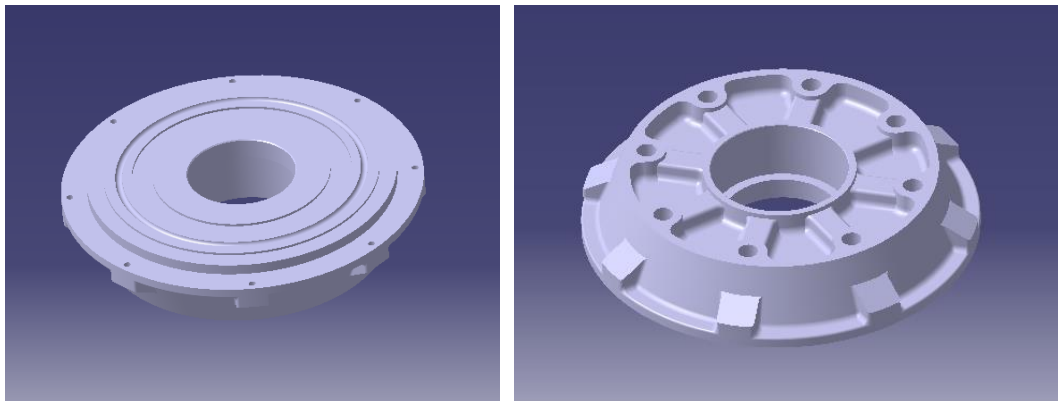


Ilustración 49. Base de la primera reducción completa

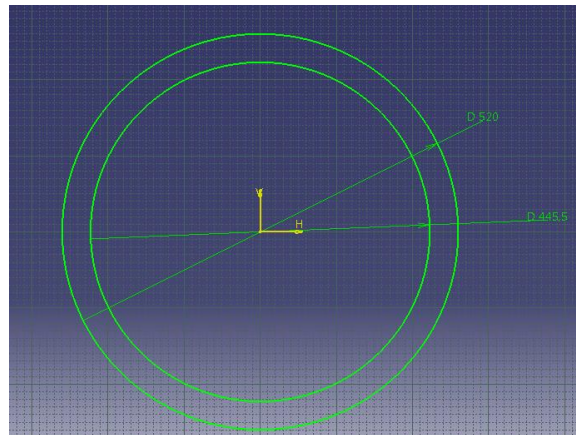
Por último y mediante el comando *Apply Material*, se procederá a introducir el material correspondiente a la pieza, en este caso, una aleación de hierro fundido.

Junta entre la carcasa y base de la primera reducción

Esta pieza se puede considerar como una de las piezas más sencillas del conjunto reductor, al igual que el resto de juntas, y además, el procedimiento de diseño es muy similar.

Al igual que todas las piezas, excepto los engranajes, se diseñará a partir de un *Part*.

Una vez nos encontremos dentro del módulo de *Part Design* escogeremos cualquiera de los planos principales para realizar un primer *sketch*. En este primer sketch se realizarán las dos circunferencias que forman el sólido de la junta, con la restricción de concentricidad entre ellas y acotándolas según las indicaciones del plano nº 3 facilitado por la empresa Talleres Larrinaga.

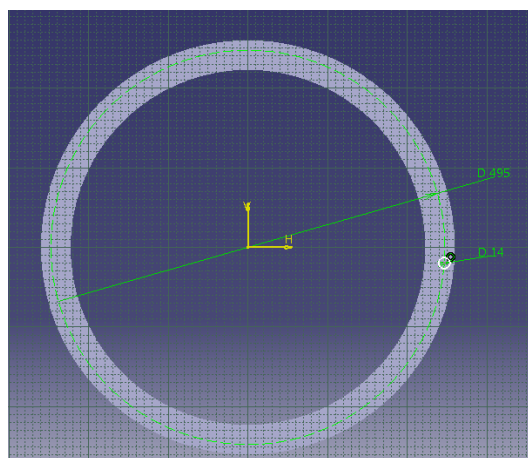
**Ilustración 50. Sketch de circunferencias concéntricas**


Saliendo de este sketch, se realizará la operación de *Pad* para darle espesor.

Con el anillo extruido, es hora de realizar los agujeros.

Para ello se realizará otro *sketch* sobre una de las superficies. En él se creará una circunferencia de referencia o *construction element*, es decir, no formará parte del sketch, sino únicamente como guía para conocer la distancia a la cual se encuentran los centros de los agujeros.

Sobre esa circunferencia que será concéntrica a las circunferencias del primer *sketch*, se situará el centro de la circunferencia de uno de los agujeros.

**Ilustración 51. Sketch para orificios**

El siguiente paso será salir del sketch y realizar la operación de *Pocket* , para eliminar el material del agujero.

Con el material del agujero eliminado, la última operación antes de aplicar material a la pieza será realizar una matriz circular al tratarse de 8 agujeros equidistantes. Con el agujero seleccionado y al pinchar sobre *Circular Pattern*, se abrirá una ventana en la que se introducirá el número de agujeros que se quieren realizar, *Instance*, en este caso 8. También se indicará la distancia angular entre cada agujero, *Angular spacing* que será 45° . Y por último en *Reference element* se seleccionará la dirección de referencia sobre la cual se quiere realizar la matriz.

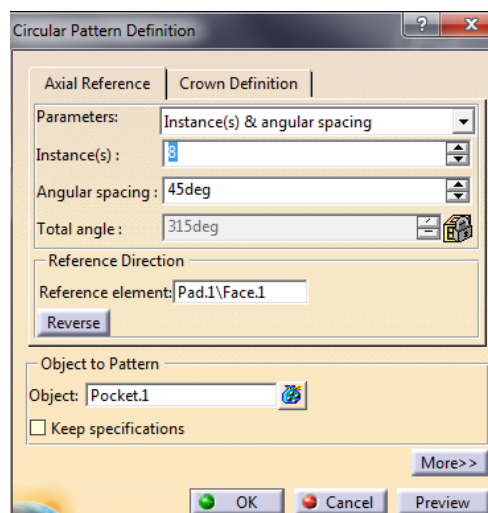


Ilustración 52. Cuadro para definir la matriz circular

Como resultado a esta serie de acciones, se obtiene la junta entre la carcasa y la tapa de la primera reducción:

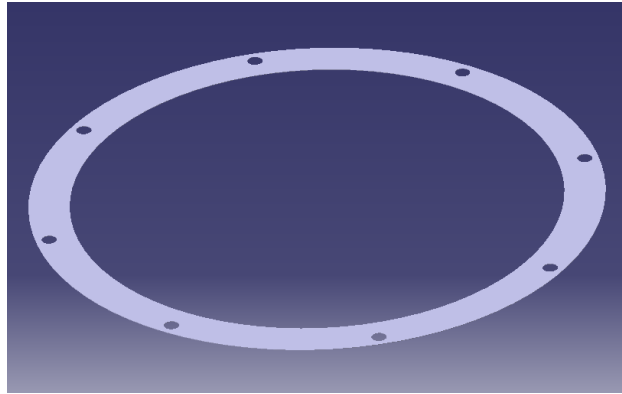


Ilustración 53. Junta entre carcasa y base de la primera reducción

Por último y con la pieza ya realizada, se llevará a cabo la aplicación de material, que al igual que el resto de juntas será de un material epoxy.

Guía de acoplamiento para ISO 5210 F35

La guía de acoplamiento puede catalogarse, al igual que las juntas, de piezas sencillas de diseñar debido a que con 3 ó 4 operaciones sobre croquis sencillos se pueden obtener.

Se comenzará dibujando un *sketch* sobre cualquiera de los planos de referencia. En este primer *sketch* se dibujarán dos circunferencias concéntricas con cotas extraídas del plano nº 22 de referencia.

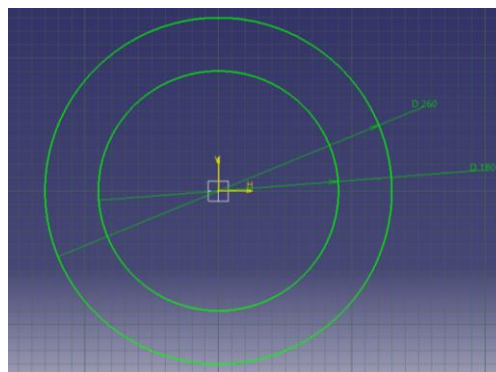



Ilustración 54. Sketch inicial con circunferencias concéntricas

Con el primer sketch dibujado, y saliendo de él se realizará la operación de multiextrusión, *Multi-Pad* , en la cuál indicaremos la longitud de extrusión deseada de cada una de las circunferencias en función de lo indicado en el plano.

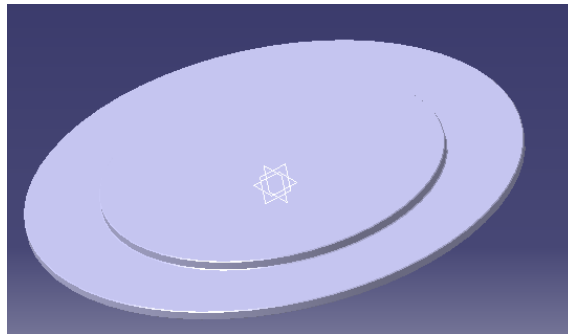



Ilustración 55. Multi-Pad sobre el sketch

Una vez realizada la multi-extrusión, sobre cualquiera de las dos superficies exteriores se realizará un segundo *sketch* con una circunferencia concéntrica a las circunferencias extruidas, con la dimensión adecuada, para realizar el agujero de la guía mediante un *Pocket*.

Con la forma de la guía ya diseñada, quedan los detalles de matar las aristas. Mediante la acción Chamfer  y seleccionando cada una de las aristas, se realizarán los chaflanes con las características de longitud y ángulo indicadas en el plano.

Por último se llevará a cabo la aplicación de material mediante *Apply Material*, en este caso será una aleación de acero ,F35.

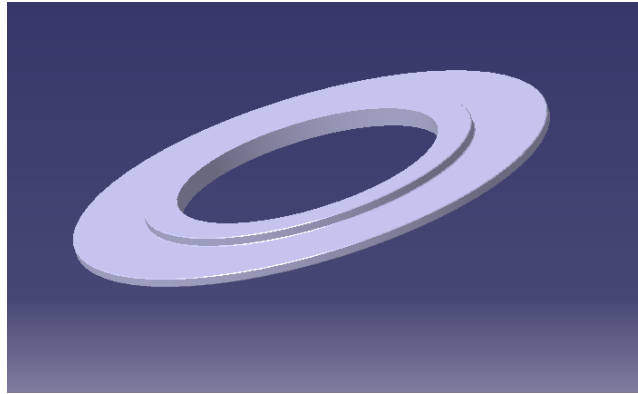


Ilustración 56. Guia de acoplamiento

Tuerca de la primera reducción

La tuerca es una pieza no más complicada que las catalogadas como sencillas, como han podido ser las juntas, pero si algo más laboriosa por requerir de mayor un número de operaciones.

Existen diferentes formas de realizar la geometría de esta pieza. Una posibilidad será realizando un perfil de giro que al revolucionarlo se obtenga su forma, y la otra, que es la que se a llevado a cabo, mediante diferentes extrusiones de distintas circunferencias.

Lo primero una vez abierto el *Part* será crear un sketch en el que se encuentren concéntricamente todas las circunferencias, con sus correspondientes cotas de diámetro.

Una vez esto, se procederá a aplicar la acción *Multi-Pad* mediante la cuál se extruirá cada circunferencia la profuncidad indicada en el plano nº18 de la empresa Talleres Larrinaga, obteniendo así la tuerca en bruto.

Quedará, por tanto, eliminar el material de las aristas para realizar los chaflanes y el agujero correspondiente a la chaveta.

Para eliminar el material correspondiente al chavetero, primero se creará un plano tangente a la superficie en la que se encuentra tal agujero, para realizar sobre él un *sketch* con la forma de la chaveta.

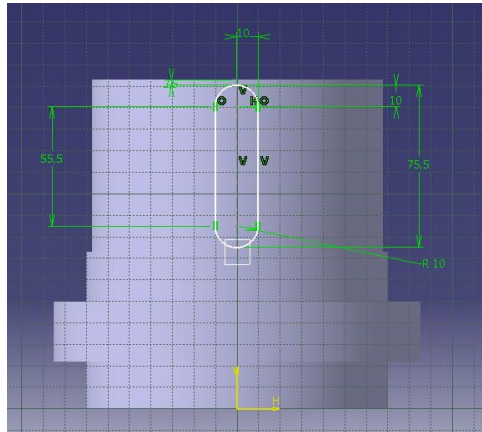


Ilustración 57. Sketch del chavetero

Saliendo del croquis, se aplicará el comando *Pocket* para eliminar ese material, con la profundidad que se indica en el plano.

Por último en cuanto a la geometría de esta pieza, solo queda realizar los chaflanes en todas sus aristas. Para ello se usará el comando *Chamfer*, introduciendo en el recuadro habilitado las características de longitud y ángulo deseado.

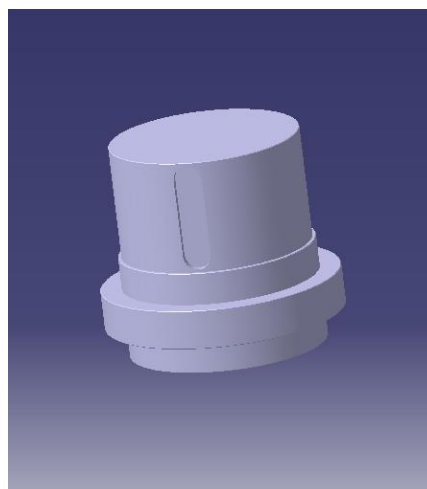


Ilustración 58. Tuerca

Después de generar la pieza a partir de su plano correspondiente, solo quedará aplicarle el material mediante *Apply Material*. En este caso, la tuerca está fabricada en bronce alumínico.

Rueda cónica de la primera reducción

La creación de la geometría de la rueda cónica consistirá en realizar una revolución de la pieza en bruto para posteriormente ir eliminando el material sobrante.

Así pues, el primer paso será la creación de un *sketch* que represente una sección de revolución de la pieza para a continuación, mediante el comando *Shaft* crear la revolución.

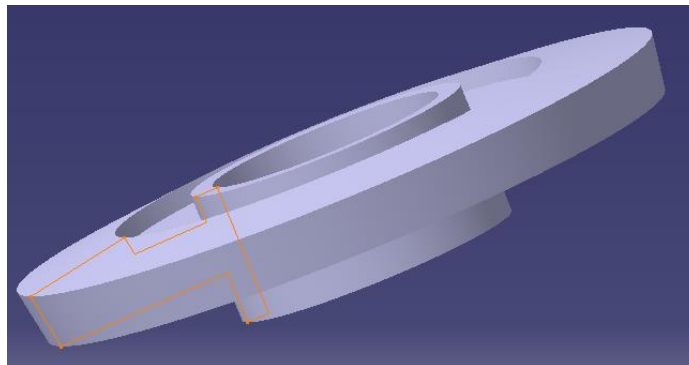


Ilustración 59. Sketch y revolución

Con el bruto de la pieza creado, se procederá a la realización de la parte dentada de la rueda cónica.

Para ello, primeramente se introducirán dos planos auxiliares, uno tangente a la superficie desde la que comienza el diente y el otro tangente a la superficie donde termina el diente, y entre ellos a su vez paralelos.

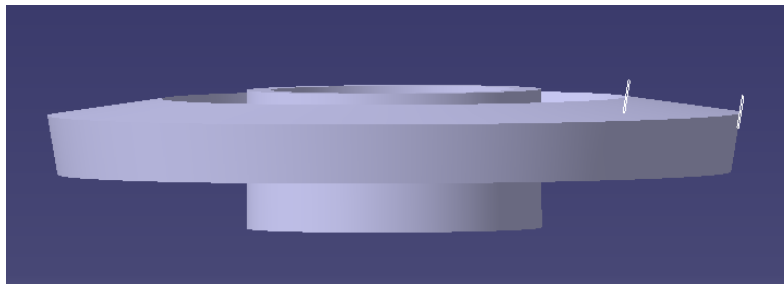



Ilustración 60. Planos auxiliares

Sobre cada uno de estos planos se creará un *sketch* que represente la sección transversal entre dos dientes, y mediante la acción *Removed Multi-Sections* , se eliminará el material existente entre ambos croquis.

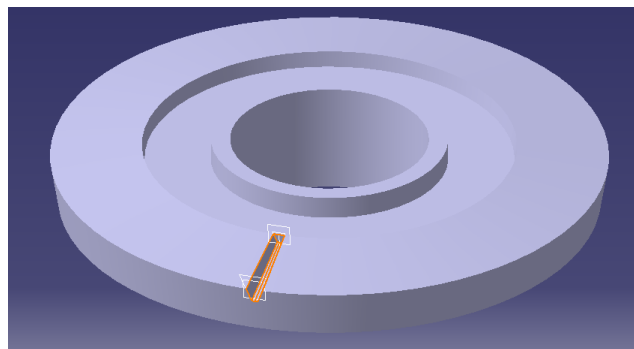


Ilustración 61. Eliminación de material entre diente

El siguiente paso es aplicar una matriz circular mediante *Circular Pattern* sobre toda la circunferencia y con el número de dientes determinado.

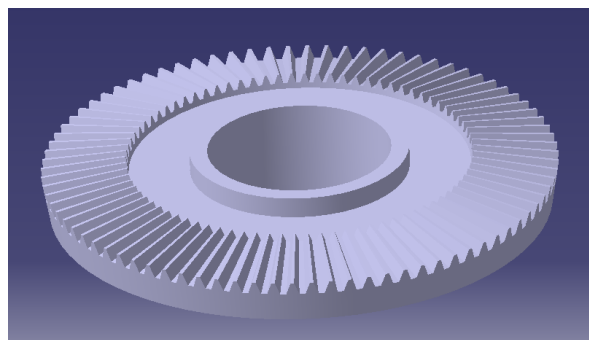


Ilustración 62. Matriz circular con el número de dientes

Con la parte de la pieza dentada realizada, la siguiente acción será crear el chavetero interior.

Se realizará un *sketch* sobre la superficie superior de la pieza que limita con el agujero y se eliminará material mediante un *Pocket*, con profundidad igual a toda la pieza.

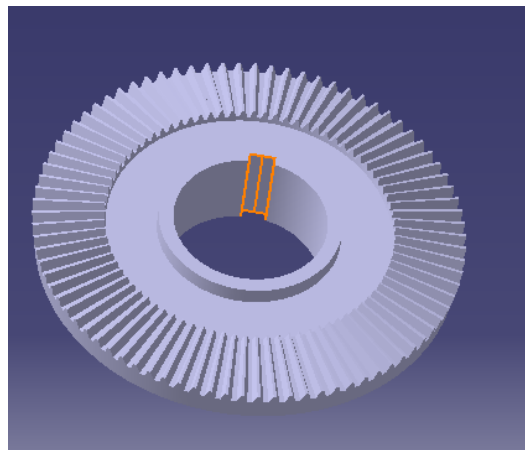



Ilustración 63. Creación del chavetero interior

El ultimo detalle de construcción es la ranura inferior para alojar las bolas de rodadura que permitirán el deslizamiento entre la rueda cónica y la base de la primera reducción.

Se utilizará el comando *Slot* . Consiste en la eliminación de material con la forma del *sketch* creado, recorriendo una línea que se indique.

Por tanto, se creará un *sketch* con la forma del orificio, y otro *sketch* circunferencia por la que se realizará el barrido y eliminación de material.

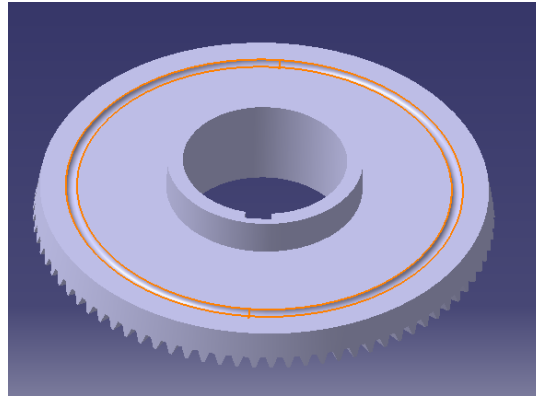


Ilustración 64. Creación de ranura inferior

Para finalizar y como con el resto de piezas, se aplicará el material. En este caso y al igual que todos los engranajes, el material será una aleación de acero, más concretamente F-1580.

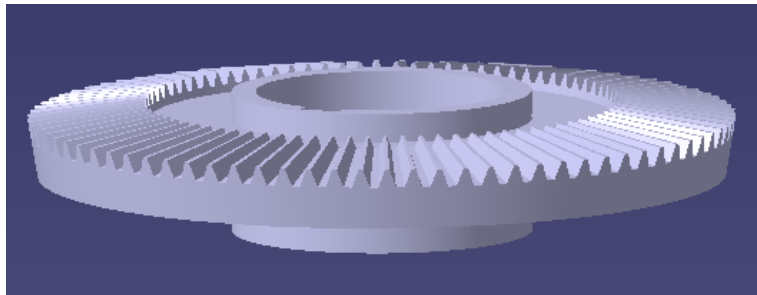


Ilustración 65. Rueda cónica de la primera reducción

Piñón cónico de la primera reducción

El piñón cónico es una pieza fundamental en el funcionamiento del sistema, ya que es la pieza que se encarga de transmitir el movimiento desde la primera reducción hasta la segunda.

Para la creación del piñón cónico de la primera reducción se seguirá un procedimiento similar al realizado en la rueda cónica.

El primer paso será realizar un *sketch* que represente la sección transversal de todo el piñón en bruto, para que posteriormente mediante el comando *Shaft*, se revolucione creando así la pieza en bruto.

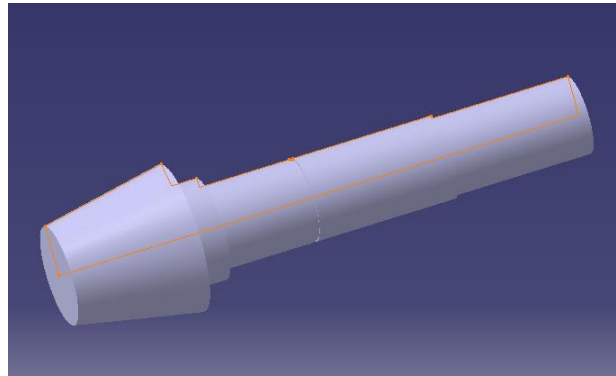


Ilustración 66. Sketch y revolución

A continuación, se procederá a la eliminación de material en la cabeza cónica del piñón para la creación de sus dientes cónicos.

Para ello, primeramente se crearán dos planos auxiliares sobre los que se realizarán los *sketchers* de los dientes.

El primer plano se situará en la cara donde comienza en engranaje, y el segundo plano en la cara en la que termina, siendo paralelos entre ellos.

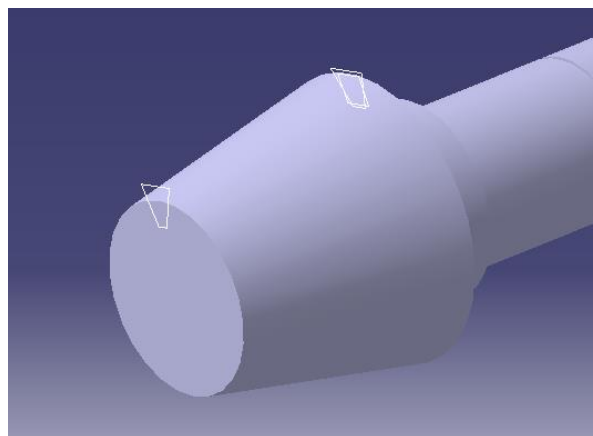


Ilustración 67. Planos auxiliares con los croquis

Con los dos croquis del agujero entre dientes definidos, se aplicará el comando *Multi-sections Solid*, con el que se conseguirá eliminar el material comprendido entre dos dientes consecutivos mediante un barrido entre los dos *sketchers*.

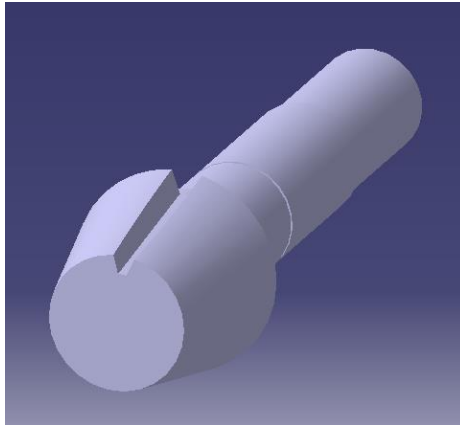


Ilustración 68. Eliminación del material entre dientes

Una vez eliminado el material entre dos dientes consecutivos, mediante el comando *Circular Pattern* se conseguirá crear el dentado de la cabeza del piñón.

Como el piñón tiene 14 dientes, se realizará una matriz circular de 14 repeticiones en los 360° del engranaje.

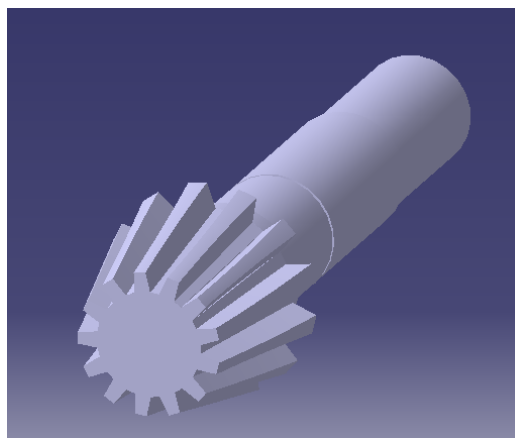


Ilustración 69. Matriz para creación de dientes

Llegados a este punto y para finalizar con la geometría de la pieza, queda eliminar el material correspondiente al chavetero.

Para su creación, se introducirá un plano auxiliar tangente a la superficie en la que se encuentra el chavetero y sobre este plano se realizará un *sketch* que defina correctamente su geometría, para que finalmente, mediante un *Pocket* y la profundidad adecuada se elimine el material correspondiente.

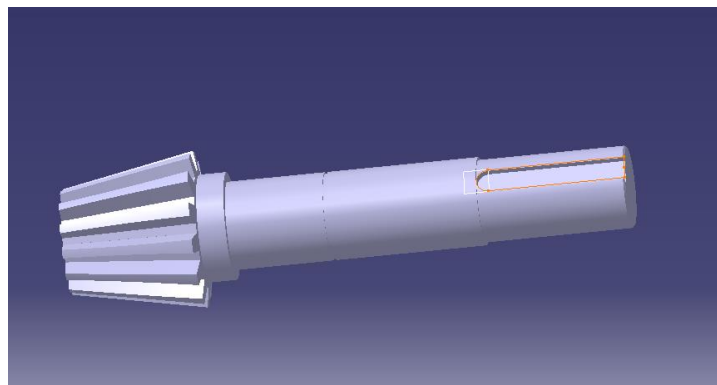


Ilustración 70. Creación del chavetero

Por último y para que el piñón adopte sus propiedades reales, se le introducirá el material indicado mediante la acción *Apply Material*.

Como el resto de componentes engranados del conjunto se fabricará con una aleación de acero, F-1580.

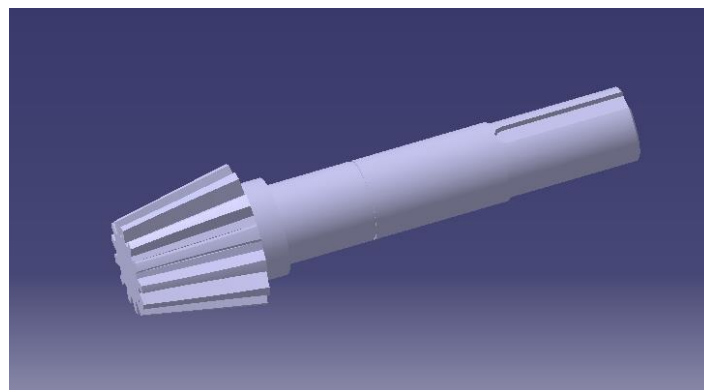


Ilustración 71. Piñón cónico de la primera reducción

3.2.3. Segunda reducción

La segunda reducción está compuesta básicamente de elementos similares a los de la primera reducción.

También existe una carcasa y una tapa que dan forma al subconjunto, unidas por una junta y sus tornillos correspondientes.

En su interior se alojan dos pares de engranajes rectos, que transmiten el movimiento de la primera reducción, para dar lugar a un par de salida reducido.

A continuación se explicará el procedimiento seguido para el diseño de cada pieza, y además se mostrará la manera de realizar el engranaje recto estándar para el posterior diseño del resto de engranajes.

Junta entre la tapa y la carcasa de la segunda reducción

Se trata de una pieza simple de diseñar en cuanto al tipo de operaciones a realizar sobre la misma. La única dificultad que puede presentar es la correcta realización del *sketch*, ya que existen multitud de restricciones, ya sean de paralelismo, concentricidades, distancias, etc... Además, hasta que el *sketch* no quede completamente y correctamente definido, no se podrá realizar sobre él ningún tipo de operación.

Así pues esta junta ha sido diseñada como un *Part*, iniciando con un *sketch* en cualquiera de los planos principales. Sobre el *sketch* se ha plasmado su vista en planta a partir del plano nº 12 facilitado por la empresa Talleres Larrinaga.

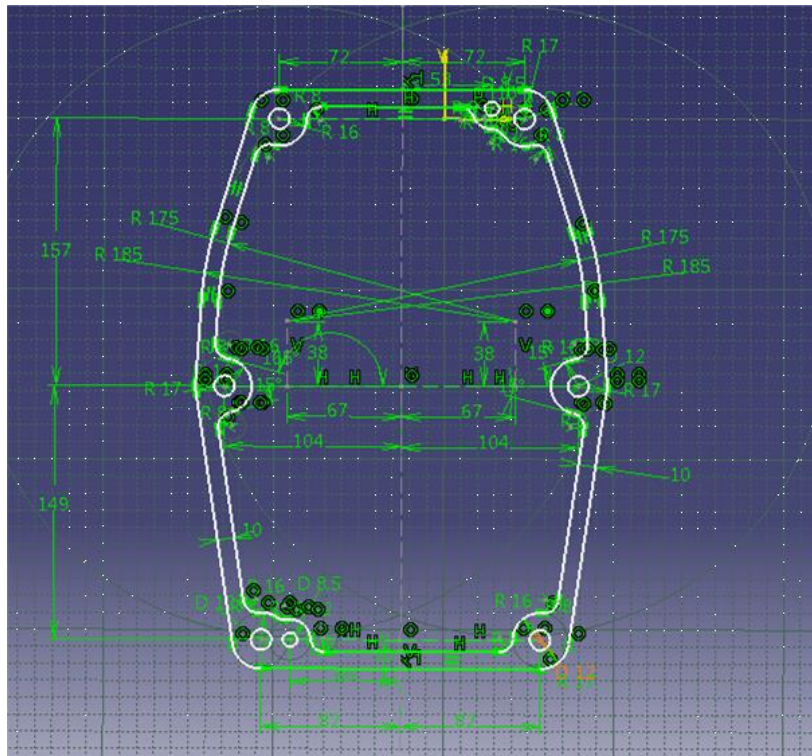





Ilustración 72. Sketch de la junta

Una vez definido correctamente el *sketch* salimos de este mediante el comando *Exit workbench* .

Para finalizar el diseño de esta pieza, únicamente faltaría darle espesor mediante la operación *Pad* . Al pinchar sobre *Pad* se abrirá un cuadro en el que se deberán definir las características de la operación, introduciendo en *Length* el espesor de la junta y en *Profile/Surface* el sketch realizado anteriormente.

Unicamente faltaría dar material a la pieza mediante el comando *Apply Material* .

En este caso al tratarse de una junta se le a aplicado un material epoxy, ya que sus propiedades permiten una máxima estanqueidad y un correcto cierre entre la tapa y la carcasa de esta reducción.

El resultado de estas operaciones es la junta entre la carcasa y la base de la segunda reducción:

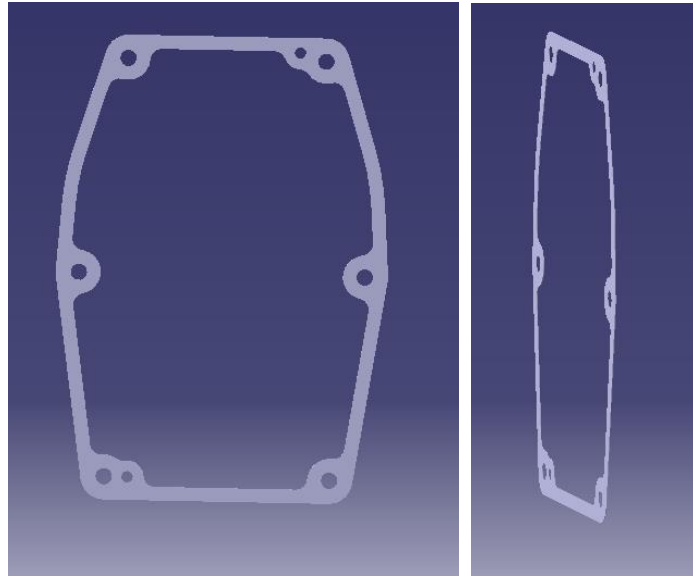


Ilustración 73. Junta entre carcasa y base de la segunda reducción

Tapa de la segunda reducción

La tapa de la segunda reducción es una pieza que se podría considerar algo más compleja que la junta anteriormente explicada, ya que contiene un mayor número de operaciones y pequeños detalles.

Lo primero será realizar un *sketch* sobre cualquiera de los planos principales. En este *sketch* se representará la vista en planta del plano nº 11 de la pieza. Se trata de un *sketch* complejo por su cantidad de restricciones y cotas, aunque se puede partir del *sketch* utilizado en la junta anterior, ya que su geometría es muy similar salvo en pequeñas diferencias.

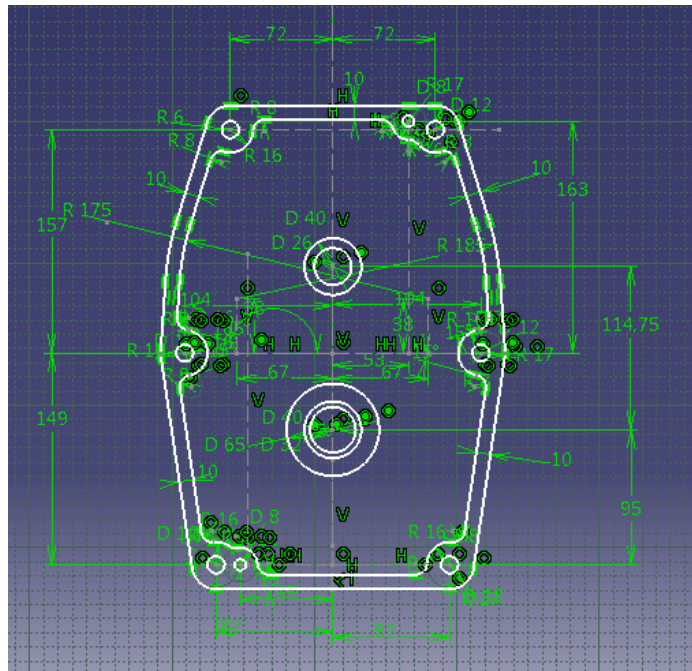


Ilustración 74. Sketch inicial de la tapa

Con el *sketch* completamente definido se saldrá de él mediante el comando *Exit workbench*.

Sobre este *sketch* se procederá a realizar un *Multi-Pad*, en el que se extruirá todo el contorno salvo los orificios.

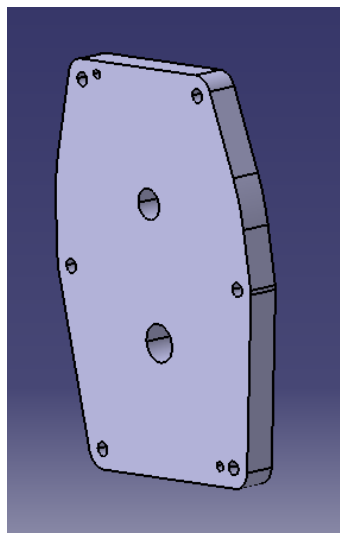


Ilustración 75. Extrusión del sketch inicial

A continuación y con este mismo *sketch* se realizará la eliminación de material mediante un *Multi-Pocket*, escogiendo cada contorno perfectamente para eliminar la profundidad indicada en el plano de referencia.

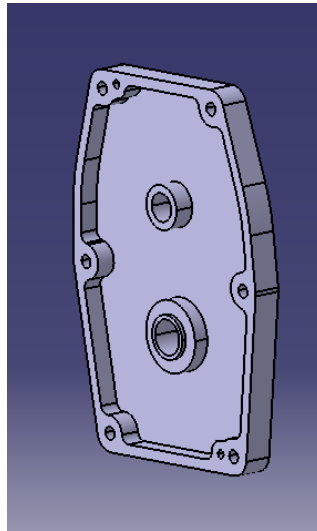


Ilustración 76. Eliminación del material interior

El siguiente paso será realizar un nuevo *sketch* de circunferencias concéntricas al agujero inferior con los diámetros que se indican en el plano, para extruirlos mediante la acción *Multi-Pad*.

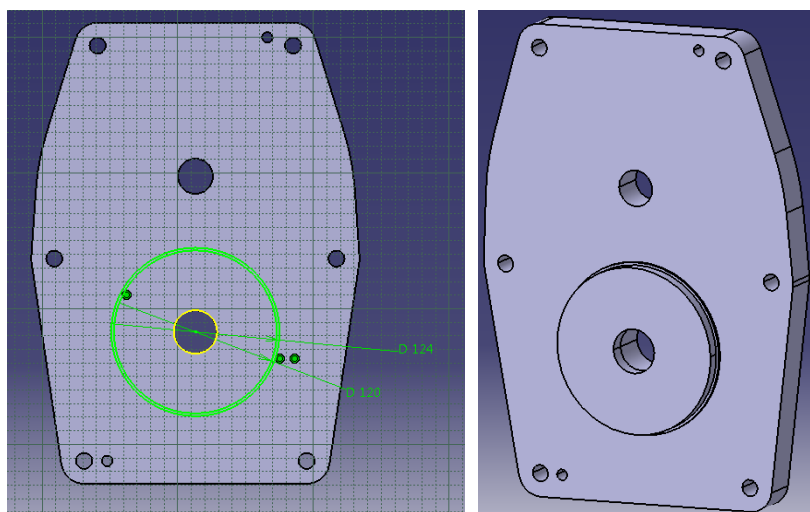



Ilustración 77. Croquis del agujero inferior y posterior extrusión

Después se procederá a aportar los ángulos de salida que sobre algunas caras se detallan en el plano.

El primer ángulo de salida será el de la cara exterior extruida, como se observa en la *figura 79* en color naranja. Para realizar esta operación se utilizará el comando *Draft Angle* .

Al pinchar sobre ella se abrirá un cuadro para definir las características del *Draft*. En este cuadro se indicará el ángulo de salida en la pestaña *Angle*, la cara sobre la que se quiere aplicar el ángulo en *Face to draft*, y el elemento neutral a partir del cuál se quiere comenzar el ángulo en el recuadro de *Neutral Element*.

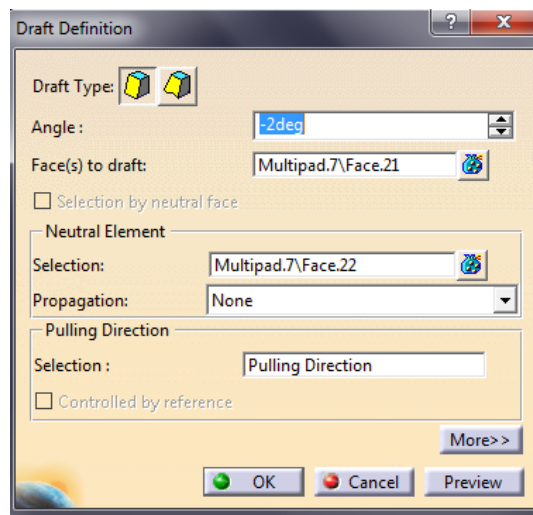


Ilustración 78. Cuadro para definir el ángulo de salida

En la pieza que se está diseñando, el ángulo de salida es 2° y la cara sobre la que se realiza el draft es la cara que recorre el perímetro de la pieza (*en color marrón en la figura 79*). Como cara neutral a partir de la cuál se inicia el ángulo, se toma la cara interior de la pieza (*en color azul*), ya que posteriormente en el ensamblaje tiene que coincidir con la tapa de la segunda reducción.

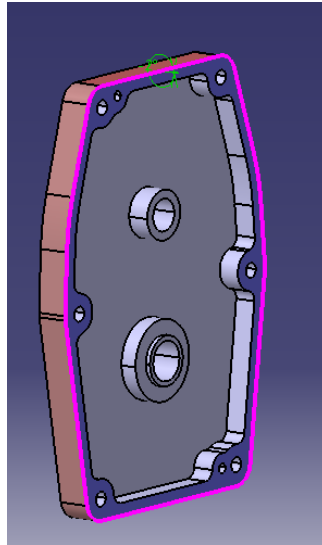


Ilustración 79. Creación de ángulo de salida

El siguiente *Draft* se realiza sobre el orificio superior en la cara interna de la pieza. En este caso el ángulo de salida es de 15° . La superficie neutral y la superficie que se le aporta un ángulo de salida son la superficie en color azul y en color marrón respectivamente, tal y como se observa en la siguiente imagen.

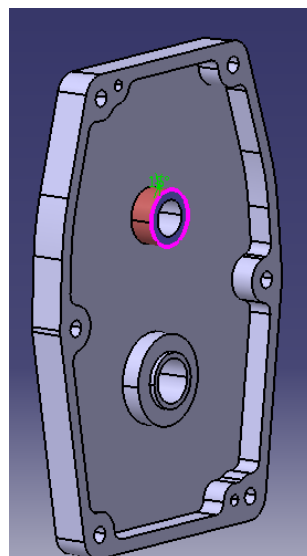



Ilustración 80. Creación de ángulo de salida

Para terminar con la geometría de la pieza se aplicarán los redondeos mediante la acción *Edge Fillet* , sobre las aristas que se indiquen en el plano y con el radio de acuerdo correspondiente.

El ultimo paso es aportar material a la pieza mediante *Apply Material*. En este caso y como en todas las piezas que componen la estructura de la caja reductora de engranajes se le aplicará una aleación de hierro fundido.

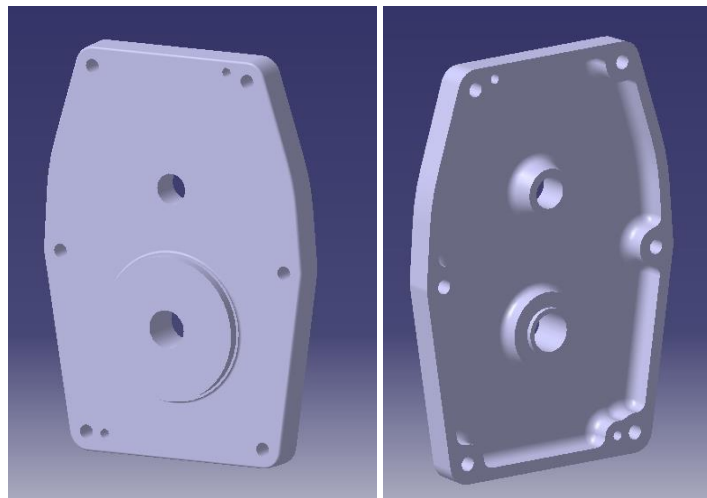


Ilustración 81. Tapa de la segunda reducción

Carcasa de la segunda reducción

Esta es la tercera pieza del conjunto de la estructura de la segunda reducción. Tiene un diseño muy similar al de la tapa y sus operaciones salvo detalles son parecidas.

A continuación se explicará paso a paso el procedimiento de diseño de la carcasa a partir del plano de referencia correspondiente.

Lo primero y como en todas las piezas, será abrir un *Part*. A partir de aquí y con el modulo *Part Design* abierto, se escogerá uno de los planos principales para realizar el primer *sketch*.

En este primer sketch se plasmará la planta de la pieza que aparece en el plano nº10 facilitado por la empresa Talleres Larrinaga. En este caso se puede utilizar el *sketch* realizado en la tapa de la segunda reducción, ya que es muy similar, y de este modo ahorrar trabajo y tiempo.

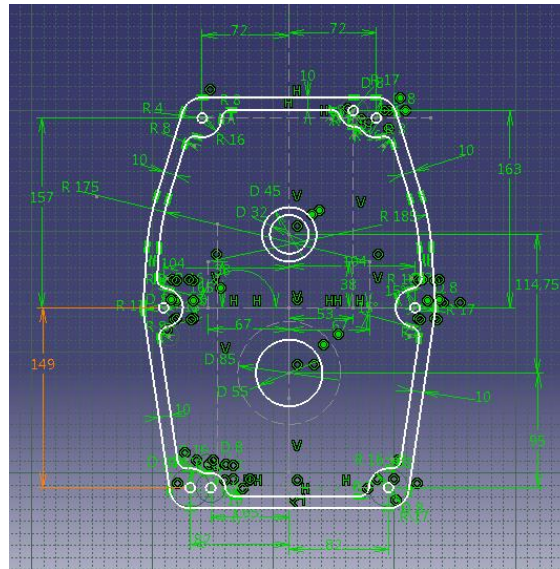


Ilustración 82. Sketch inicial

Una vez realizado el sketch completamente, se saldrá de él para aplicarle *Multi-Pad*. Mediante esta acción se extruirá una longitud determinada todo el croquis, salvo los agujeros.

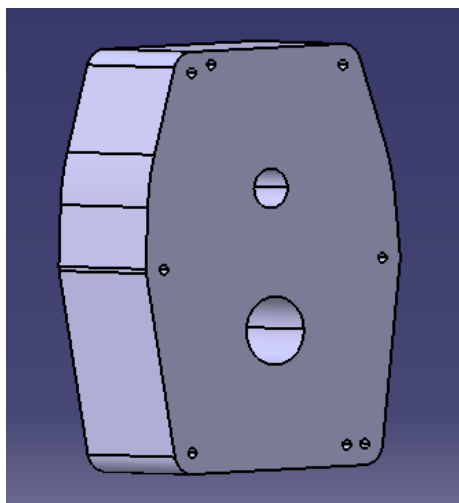


Ilustración 83. Extrusión del sketch inicial

A continuación y utilizando el mismo *sketch*, se procederá al vaciado de material por una de las caras mediante el comando *Multi-Pocket*, escogiendo en esta acción cuidadosamente los contornos sobre los que se eliminará el material.

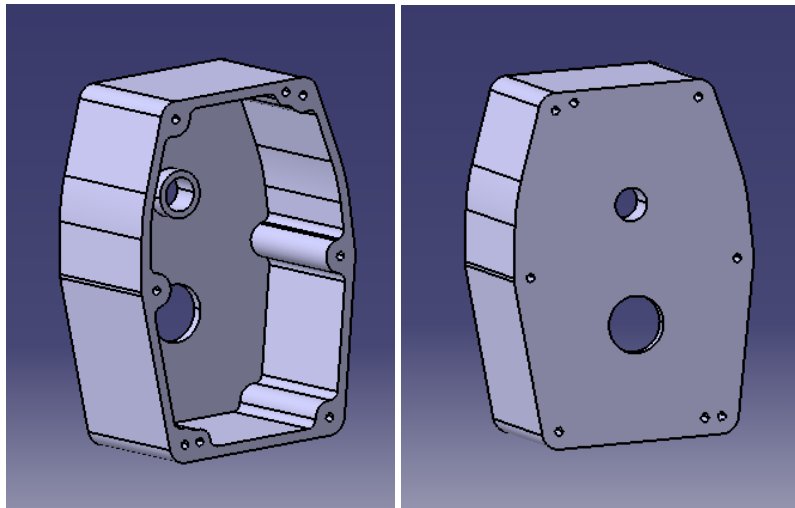


Ilustración 84. Eliminación de material interior

El siguiente paso será realizar otro *sketch* sobre la cara plana de la pieza. Este croquis estará formado por circunferencias concéntricas al agujero inferior.

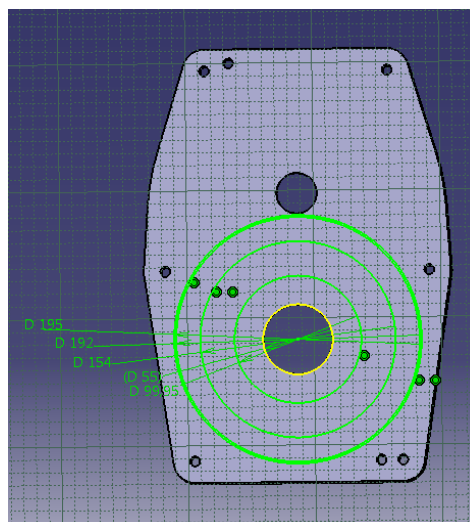


Ilustración 85. Croquis de circunferencias concéntricas

Con el *sketch* finalizado y saliendo de él, se realizará la acción *Multi-Pad*, extruyendo la profundidad adecuada cada circunferencia según el plano de diseño.

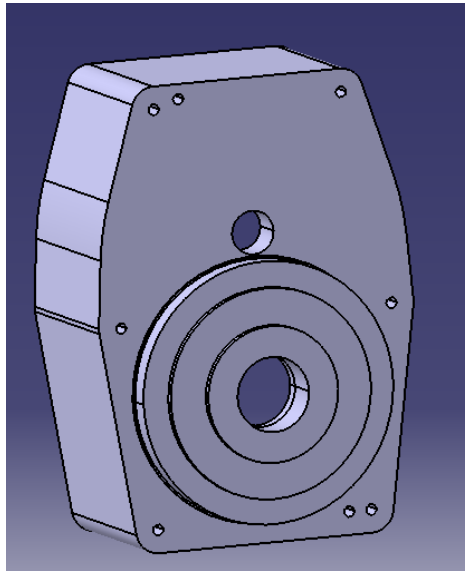


Ilustración 86. Multi-extrusión del croquis anterior

Para terminar con la geometría de esta parte de la pieza, que corresponde con la unión a la primera reducción, hay que crear los agujeros para los tornillos de unión.

A partir de un nuevo *sketch* sobre el plano de la circunferencia correspondiente, se creará un círculo de diámetro igual al diámetro de los tornillos, colocando el centro de tal círculo sobre una circunferencia anteriormente creada como elemento de construcción y concéntrica al agujero inferior de la carcasa.

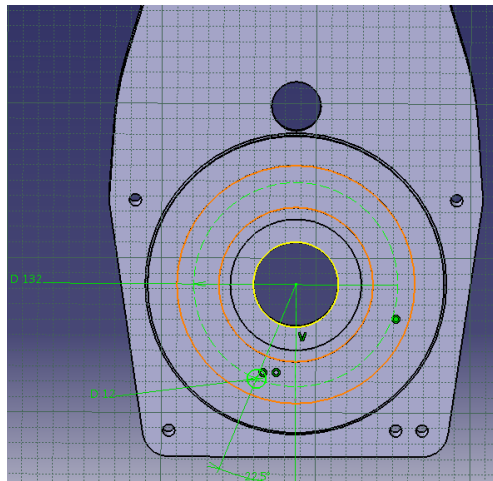


Ilustración 87. Croquis para agujeros

Sobre este croquis se realizará un *Pocket* que atraviese todo el material, y seguidamente sobre el *Pocket* se aplicará una matriz circular, *Circular Pattern*



. Se trata de ocho agujeros equidistantes.

Con esta operación queda finalizada una de las caras de la carcasa de la segunda reducción, exceptuando pequeños detalles como chaflanes y redondeos que se realizarán cuando toda la geometría de la pieza este completa.

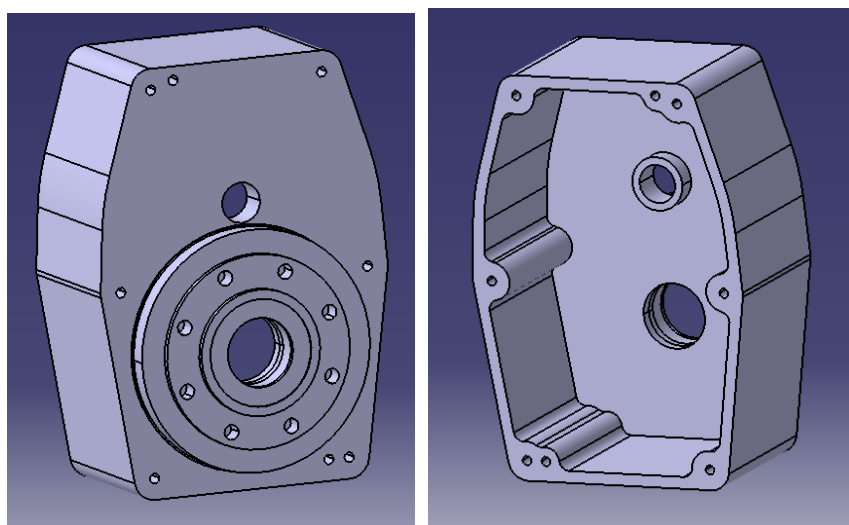


Ilustración 88. Cara exterior completamente definida (IZQ)

A continuación se determinará la geometría de la otra cara de la pieza.

Para ello se creará un nuevo *sketch* sobre esta cara, que contendrá dos circunferencias concéntricas al agujero inferior como se observa en la siguiente imagen:

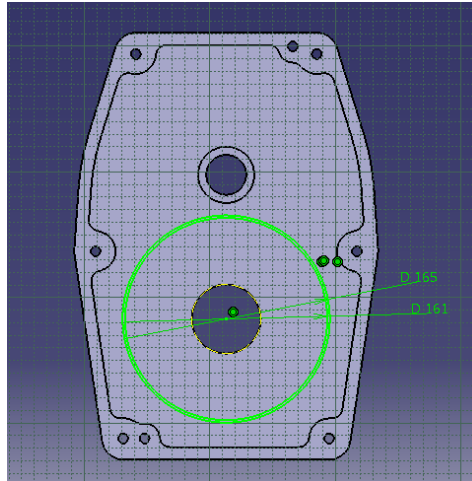


Ilustración 89. Croquis de circunferencias en cara interior

Una vez acotadas e introducidas las relaciones de posición de concetricidad, se saldrá del croquis para realizar la acción de *Multi-Pocket* sobre ellas para la eliminación de material.

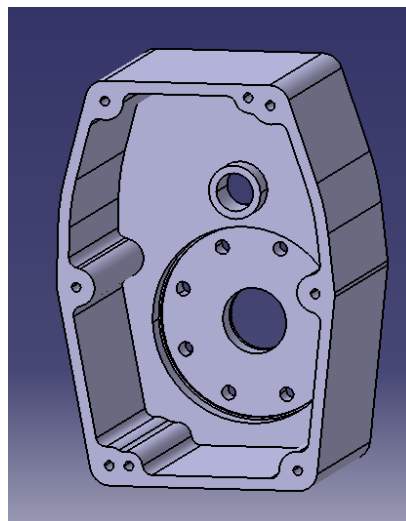



Ilustración 90. Eliminación de material del croquis anterior

Anteriormente, se habían creado los orificios de unión con la tapa, con una profundidad igual a la profundidad de la carcasa como se puede observar en la *figura 88*, cosa que atendiendo al plano de diseño no es así, por lo que se procederá mediante a un *Pad* a crear correctamente estos agujeros proporcionándoles la profundidad correcta.

Además, estos agujeros no son orificios normales, sino que se trata de agujeros roscados.

Por lo tanto, es ahora cuando se utilizará el comando *Hole*, introduciendo en cada agujero las características de la rosca, es decir, la métrica, la profundidad de rosca y la profundidad del agujero.

Teniendo seleccionado el agujero que se quiere roscar, se pinchará sobre el comando *Hole*  y se abrirá un cuadro para definir dicho agujero como el que se muestra a continuación:

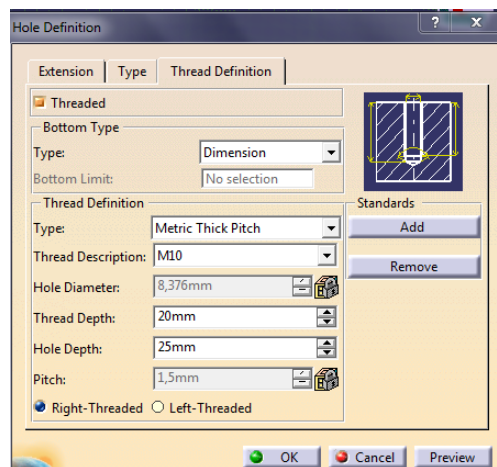



Ilustración 91. Cuadro para definir las características de agujeros roscados

Como el agujero es roscado se activará la pestaña *Threaded*. En la ventana de *Thread Description* se introducirá la métrica del agujero, dato que se extrae del plano de diseño. Para concluir con las características del agujero, hay que introducir la profundidad de la rosca en *Thread Depth* y la profundidad del agujero en *Hole Depth*.

De esta manera queda totalmente definido el agujero roscado, por lo que con el resto de agujeros de unión con la tapa de la segunda reducción habrá que realizar la misma operación.

Una vez realizado el roscado de los agujeros, se procederá a proporcionar los ángulos de salida sobre algunas de las superficies indicadas en el plano facilitado por la empresa, al igual que se ha realizado anteriormente con la tapa.

Una de las superficies sobre las que hay que proporcionar ángulo de salida son sobre las caras laterales de la pieza, tanto interna como externamente.

Así pues, se realizará de la misma forma que se realizó con la tapa de la segunda reducción, utilizando el comando *Draft Angle* . Como al realizar el montaje de la estructura, las caras de unión deben coincidir, hay que tomar como cara neutra, la cara que se une con la junta de esta segunda reducción.

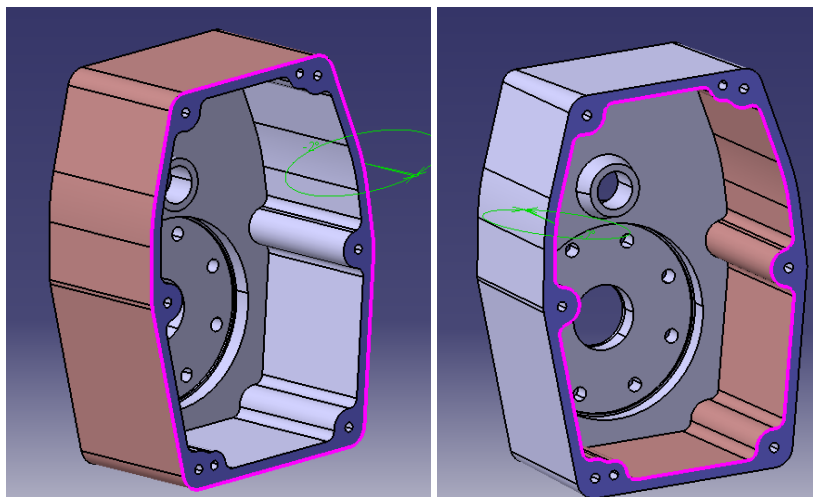


Ilustración 92. Creación de ángulo de salida

En estas imágenes se muestra en azul la cara neutra sobre la que se ha realizado *el Draft*, con un ángulo de 2^0 , y en color marrón las caras sobre las que se aplicó el ángulo de salida.

Además de sobre estas superficies, también hay que realizar un *Draft Angle* sobre la extrusión interior del agujero superior. En este caso el ángulo de salida es de 15° , tomando como superficie neutra la cara superior de la circunferencia como se observa en la imagen.

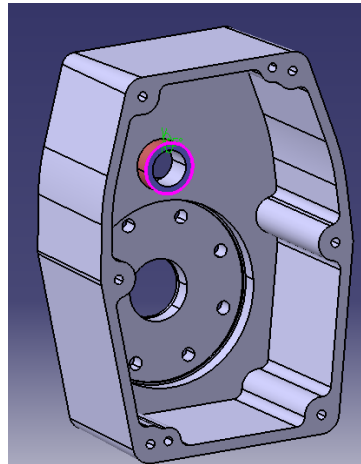


Ilustración 93. Creación de ángulo de salida

El último de los pasos en cuanto a la creación de la geometría es realizar los redondeos sobre las aristas pertinentes mediante la acción *Edge Fillet* y teniendo en cuenta en cada arista su radio de redondeo.

Con toda esta serie de operaciones, se llegará a la geometría final de la pieza que se observa en las siguientes imágenes:

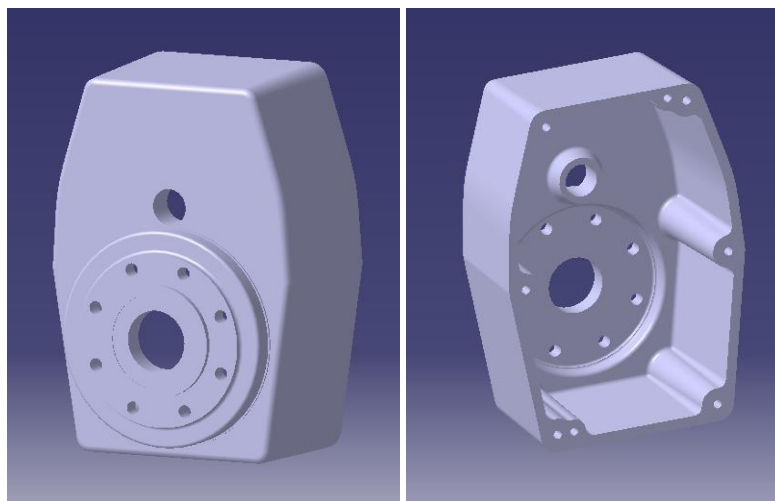


Ilustración 94. Carcasa de la segunda reducción

Antes de continuar con la siguiente pieza y para que la carcasa de la segunda reducción quede completamente realizada, quedará aplicarle material. En este caso y como en todas las piezas que componen la estructura de las reducciones, con una aleación de hierro fundido.

Engranajes rectos de la segunda reducción

A la hora de realizar el diseño de los engranajes rectos, se ha procedido a diseñar un engranaje base, que reúna la característica de que únicamente cambiando los parámetros fundamentales de un engranaje, tales como diámetro primitivo, número de dientes y ángulo de presión, se puedan obtener los engranajes deseados.

A continuación se explicará paso a paso dicho procedimiento.

Lo primero al iniciar CATIA, es pulsar el comando *New*.

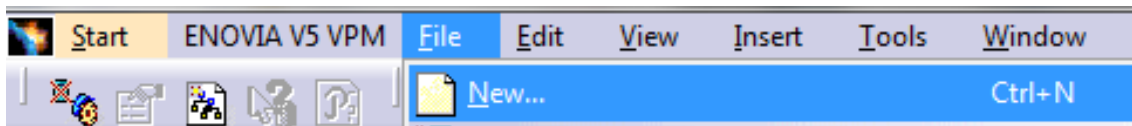


Ilustración 95. Comando New

De este modo se abrirá un cuadro para elegir el tipo de archivo. Seleccionamos un archivo de tipo *Product* y pulsamos *OK*.

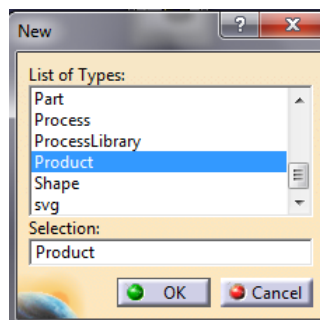



Ilustración 96. Cuadro para seleccionar tipo de archivo

El programa entra directamente en el submódulo *Assembly Design* del módulo *Mechanical Design*.

El siguiente paso es crear un *Part* dentro del *Product*, para lo cual se pulsará el icono *Part* . Con esto conseguimos introducir en el árbol de acciones un *Part* sobre el que realizaremos todas las operaciones.

Para la construcción de engranajes estándar es muy importante la creación de parámetros de los que depende el engrane. Los más importantes son:


- Módulo (m)
- Número de dientes (Z)
- Ángulo de presión (α)
- Ángulo de hélice (β)
- Diámetro del eje (d_j)

Estas variables son variables básicas y serán los parámetros iniciales para la construcción del engranaje. Los demás parámetros que a continuación se definirán están relacionados con estas cinco variables mediante fórmulas o leyes.

La definición de estas variables se hace utilizando la paleta llamada *Knowledge* y de la siguiente manera:



Ilustración 97. Paleta Knowledge

Al pinchar sobre  aparecerá el siguiente cuadro de parámetros:

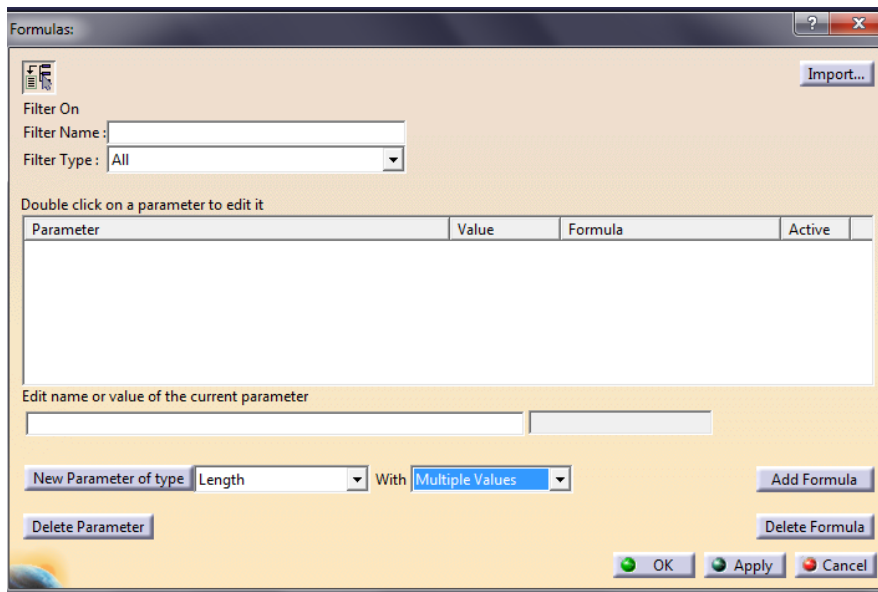


Ilustración 98. Cuadro para definir parámetros

Para definir cualquier variable se actúa en el siguiente orden:

- a) Tipo de medida : Selección de la medida para el parámetro en la primera paleta desplegable inferior.(Longitud, ángulo...)
- b) Multiplicidad del valor: *Simple value* o *multiple values*
- c) A continuación se pulsa el botón *New parameter of type*; si antes hemos seleccionado *multiple value* se nos abrirá una ventana para escribir la serie de valores y si por el contrario hemos elegido *simple value* continuamos al siguiente punto.
- d) Introducir el nombre de la variable en la ventana *Edit name value of the current parameter*.
- e) Por último, pulsamos *Apply* y para terminar con la definición de los datos *OK*.

Para nuestro conjunto de variables tenemos:

1. Módulo

Tipo de medida: *length*

Multiplicidad del valor: *multiple values*

New parameter of type: valores según la norma UNE-18-005-84 basada en la ISO 54, los valores normalizados de los módulos.

Nombre: modulo (m)

2. Número de dientes

Tipo de medida: *real*

Multiplicidad de valor: *multiple values*

New parameter of type: valores desde 23, hasta 90 en números enteros.

Nombre: numero de dientes (Z)

3. Ángulo de presión

Tipo de medida: *angle*

Multiplicidad de valor: *multiple values*

New parameter of type; valores más utilizados: 14.5⁰, 20⁰, 22.5⁰, 25⁰.

Nombre: ángulo de presión (α)

4. Ángulo de hélice

Tipo de medida: *angle*

Multiplicidad de valor: *multiple values*

New parameter of type: 0⁰, 5⁰, 10⁰, 15⁰, 20⁰, 23⁰, 25⁰, 30⁰, 35⁰, 40⁰, 45⁰.

Nombre: ángulo hélice (β)

5. Tipo de hélice

Tipo de medida: *real*

Multiplicidad de valor: *multiple values*

New parameter of type: 1, 2 ó 3 dependiendo del tipo de hélice.

Nombre: tipo hélice

6. Diámetro del eje

Tipo de medida: *length*

Multiplicidad de valor: *simple value*

New parameter of type

Nombre: diámetro eje (dj)

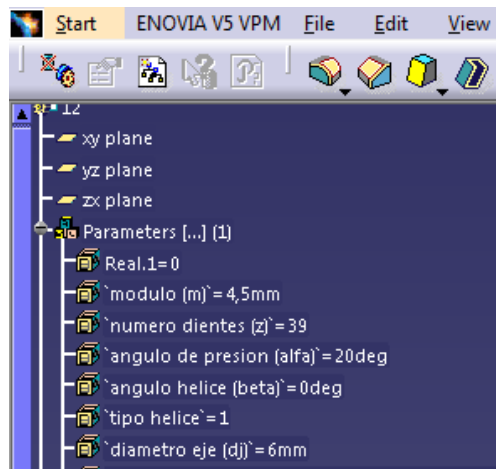


Ilustración 99. Visualización de los parámetros introducidos en el árbol

A continuación se definirán las variables secundarias de las que dependen los engranajes. Estos parámetros junto con los principales definen la geometría básica del engrane:

- Diámetro primitivo (d)
- Diámetro base (db)
- Diámetro exterior (de)
- Diámetro de fondo (df)
- Paso normal (pn)
- Paso aparente (pa)
- Addendum (ha)
- Dedendum (hf)
- Espacio libre de fondo (c)
- Profundidad diente (h)
- Radio de pie (r)
- Ancho de pie (B)
- Diámetro de cubo (dc)
- Diámetro auxiliar (da)

Estas variables secundarias se introducen de manera análoga que las principales, teniendo en cuenta que todas ellas son de tipo *length* y *simple value*. Una vez definidas aparecerán en el árbol.


Para comenzar con la geometría es necesario relacionar las variables secundarias con las primarias.

Primeramente se formularán los diámetros de las circunferencias más importantes:

$$\text{Diámetro primitivo (d)} = \text{modulo (m)} * \text{numero dientes (Z)} / \cos(\text{angulo hélice } (\beta))$$

$$\text{Diámetro base (db)} = \text{diametro primitivo (d)} * \cos(\text{angulo presión } (\alpha))$$

$$\text{Diámetro exterior (de)} = \text{diámetro primitivo (d)} + 2 * \text{modulo (m)}$$

Para introducir estas fórmulas hay que pulsar el icono *formula* , seleccionar la variable que quiere definirse y pulsar en *add formula*.

En el segundo recuadro en blanco se escribirá la fórmula que relaciona las variables.

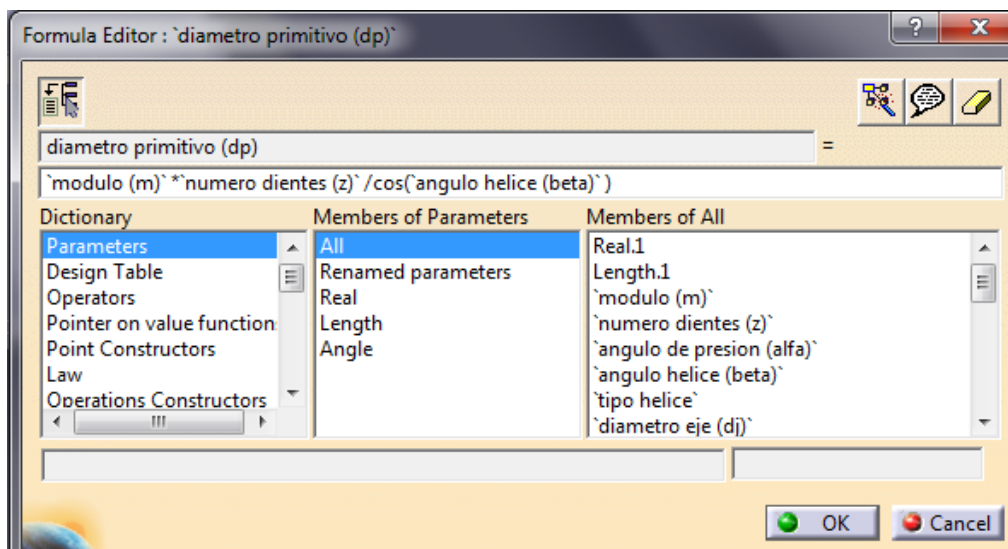


Ilustración 100. Cuadro para definir relaciones entre variables

Además de estos diámetros, se deberán introducir el resto de fórmulas que relacionen todas las variables para que la geometría del engranaje sea completa siguiendo la teoría de engranajes.

Una vez definidos todos los parámetros y sus relaciones ya se puede iniciar su creación.

Para comenzar dibujaremos las cuatro circunferencias más importantes para tener referencia de las dimensiones del engranaje.

El procedimiento tiene tres pasos; primero dibujar la circunferencia, segundo acotarla y por último asignar a la cota el parámetro u operaciones.

De esta manera se crearán las cuatro circunferencias principales: diámetro primitivo (d), diámetro base (db), diámetro exterior (de) y diámetro de fondo(df).

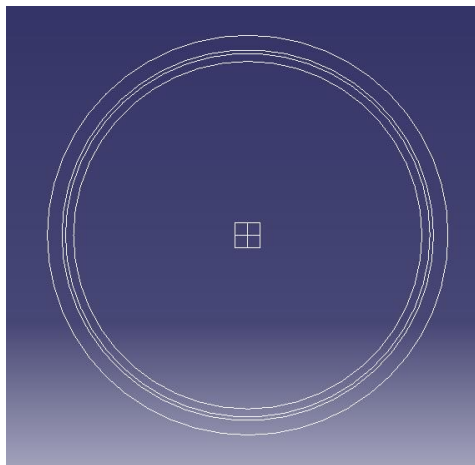



Ilustración 101. Croquis de las cuatro circunferencias principales

Los dientes de los engranajes se crearán como lo haría una máquina fresadora, partiendo de un trozo de material y eliminando parte de éste según la forma de la herramienta, por lo que se deberá crear una extrusión para después eliminar el material.

Para crear el material hay que recurrir al submodulo *Part Design* del módulo *Mechanical Design*.

En la barra de herramientas, se pulsará el comando *Pad* , que nos abrirá el siguiente cuadro:

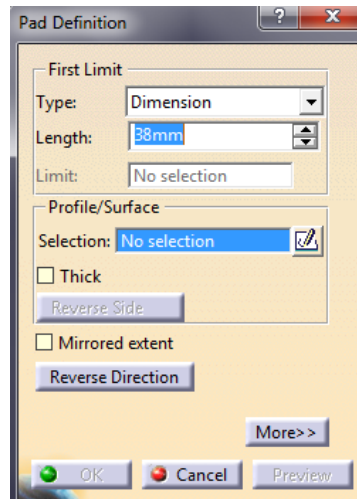


Ilustración 102. Cuadro para definir la extrusión

donde en *Length* se asignará el ancho de diente (B) y en *Profile/Surface* la circunferencia de diámetro exterior (d_e).

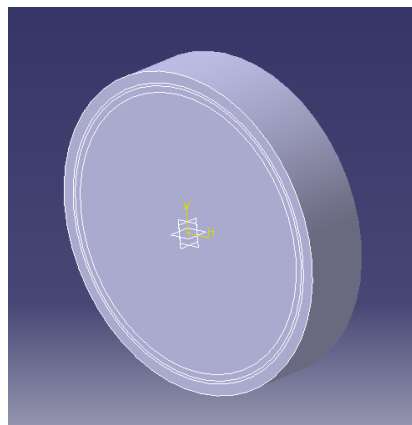



Ilustración 103. Bruto del engranaje extruído

Lo siguiente en la creación del engranaje es realizar su dentado. Se usará una ley para introducir en CATIA las ecuaciones paramétricas de la involuta, (forma geométrica de los dientes de engranajes).

Para ello se pulsará el botón *law*  de la paleta *Knowledge*.

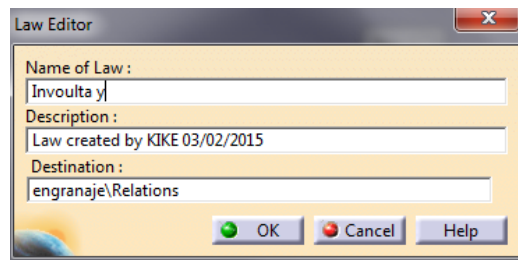


Ilustración 104. Cuadro para editar leyes

En el cuadro *Name of law* escribiremos el nombre de la primera ley, “*Involuta y*” y pulsaremos OK.

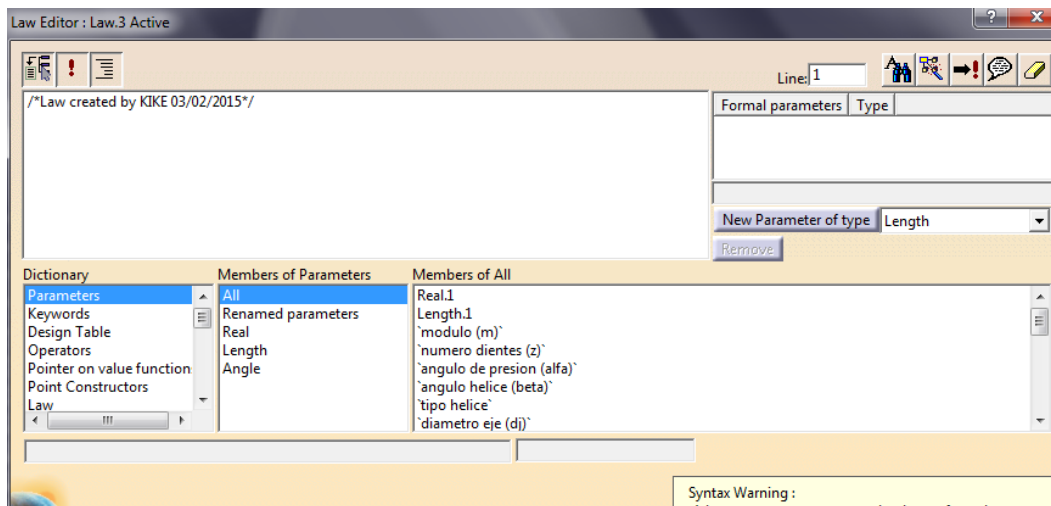


Ilustración 105. Cuadro para creación de variables

En este cuadro se crearán dos variables nuevas, la variable “*x*” de tipo *length* y la “*t*” de tipo *real* y se introducirá la primera ecuación paramétrica:

$$Y=0.5*diametro\ base(db)*(cos(t*1deg)+t*PI/180*sin(t*1deg))$$


De la misma manera se introducirá la segunda ecuación paramétrica:

Name of law: “Involuta z”

Se crearán las variables “z” de tipo *length* y “t” de tipo *real* con la ecuación:

$$Z = 0.5 * \text{diametro base (db)} * (\sin(t * 1 \text{deg}) - t * \text{PI} / 180 * \sin(t * 1 \text{deg}))$$

A continuación se evaluarán estas dos ecuaciones para t=0, 10, 15, 20 y 25.

En el submódulo *Part Design* pulsaremos sobre el botón *point* , donde trabajaremos con el siguiente cuadro:

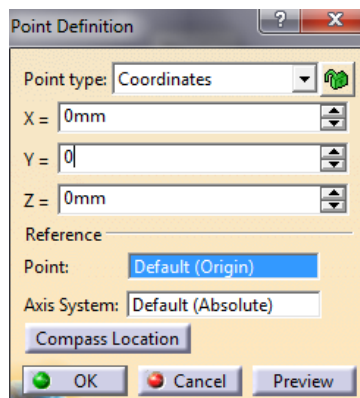


Ilustración 106. Cuadro para definir puntos

Para las coordenadas Y y Z se pulsa el botón derecho del ratón para elegir *edit formula*.

Para cada coordenada escribimos respectivamente:

‘Relations/Involuta y’.Evaluate (0)

‘Relations/Involuta z’.Evaluate (0)

Y el punto quedará definido. De la misma forma evaluaremos los puntos para 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40.

De esta manera obtenemos los puntos pertenecientes a la involuta, que representan el hueco que la máquina herramienta dejará para mecanizar los dientes.

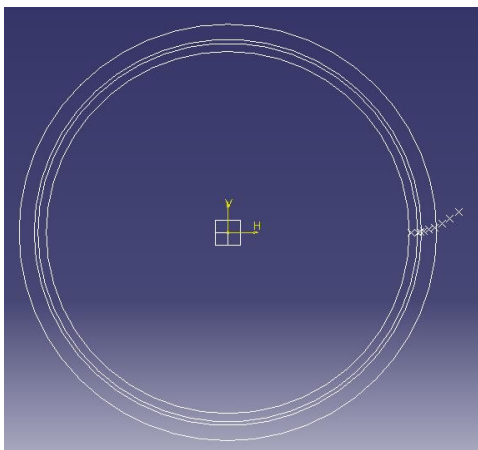







Ilustración 107. Croquis de puntos pertenecientes a la curva involuta

Sobre el plano de una de las caras de la extrusión, pulsamos *Sketcher*  y seguidamente proyectamos los puntos de la involuta que acabamos de dibujar con la *herramienta Project 3D Elements*  para trabajar con ellos en el plano.

A continuación se unirán mediante un *Spline*  para conseguir una aproximación de la curva involuta.

Una vez trazada la curva, hay que saber por donde pasará la simetría de la curva. Para ello se usará la circunferencia primitiva y el paso aparente.

Pulsando el botón *Arc*  de la paleta de circunferencias, se trazará un arco de longitud arbitraria con centro el centro del plano y se acotará el radio con un valor de $0.5 \cdot \text{diámetro primitivo}$.

Este arco será de referencia, así que se construirá de manera discontinua pulsando el botón *Construction/Standard Elements* . También se trazarán en discontinuas dos rectas que van desde el origen de coordenadas del plano hasta los extremos del arco. Estas dos rectas acotarán el ángulo que definirá la longitud del arco que debe ser la cuarta parte del paso aparente (pa).


$$\text{Longitud del arco} = \text{radio} * \text{angulo en radianes}$$

De esta manera la longitud de arco es $\frac{pa}{4}$ y por tanto, su ángulo en grados será:


$$\gamma = \frac{180}{\pi} * \frac{pa}{2d}$$

Sobre la cota pulsamos dos veces y posteriormente pulsamos el botón derecho del ratón eligiendo *Edit formula*, escribiendo lo siguiente para que exista coherencia en las unidades:

$$0.5 * \text{paso aparente}(pa) / \text{diámetro primitivo}(d) * 1 \text{deg} * 180 / \pi$$

Lo siguientes es realizar una simetría  del spline pero ya en línea continua, tomando como eje la segunda recta que se a trazado anteriormente, es decir, la recta que tiene como extremos el origen de coordenadas y el extremo del arco que no toca el spline.

Con la simetría realizada se trazarán dos arcos, uno de ellos con centro en el origen de coordenadas y su longitud la determinan los dos puntos más exteriores del spline y su simetría; y el otro arco, tiene por radio la mitad del diámetro de fondo.

Luego mediante la herramienta *Corner*  hacemos dos radios entre el spline, su simetría y el arco que mide la mitad del diámetro de fondo.

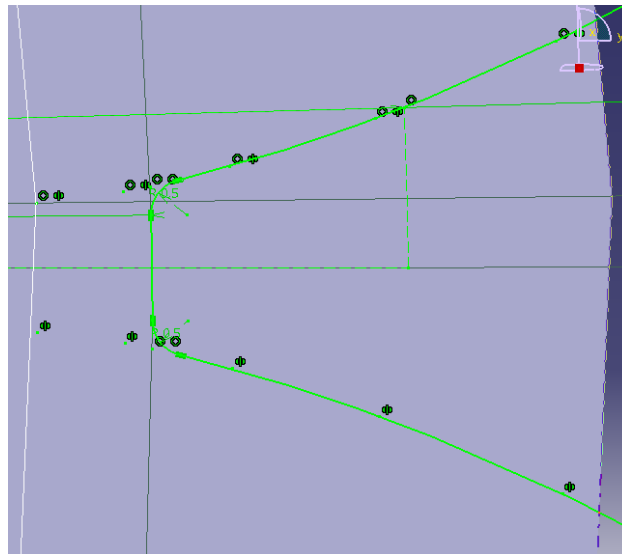


Ilustración 108. Creación de croquis entre dientes

Por último en cuanto al *sketcher* se refiere, se deberán poner en línea discontinua los puntos proyectados al principio ya que pueden dar problemas a la hora de trabajar con el croquis.

El *Sketcher* creado es el hueco que debe haber entre dientes y queda de la siguiente manera:

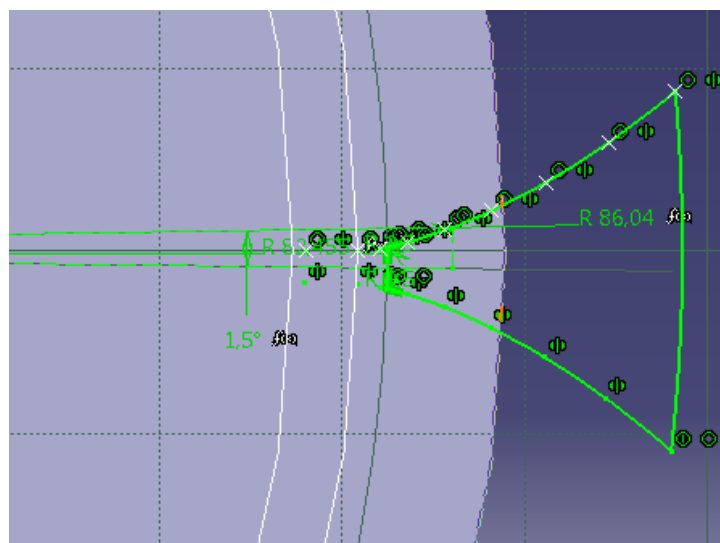



Ilustración 109. Sketch para eliminar material entre dientes

Se pulsa *Exit workbench*  para salir del *Sketcher*.

El siguiente paso será crear el hueco entre dientes sobre el material en bruto, para lo que se utilizará *Pocket* , con una profundidad suficiente para que atravesase el espesor de la pieza a dentar.

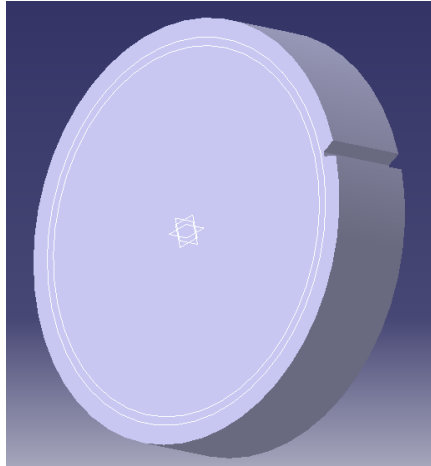



Ilustración 110. Corte del material entre dientes

Lo último es realizar ese corte en todo el perímetro del futuro engranaje.

Para ello, se pinchará primero sobre la operación en el árbol y después sobre *Circular Pattern* . En el cuadro que aparecerá se debe asignar en *Instance(s)* la variable “numero de dientes (*Z*)” y en *Angular spacing* el valor de $\frac{de}{2*pa} * \frac{180}{\pi}$. Esta ecuación deberá ser introducida en CATIA de la siguiente manera:

$$2 * \text{paso aparente (pa)} / \text{diametro primitivo} * 180 / \text{PI} * 1 \text{deg}$$

Además en *Reference element* se pinchará sobre la línea que antes nos sirvió de eje de simetría.

De esta manera queda determinado un engranaje recto estándar.

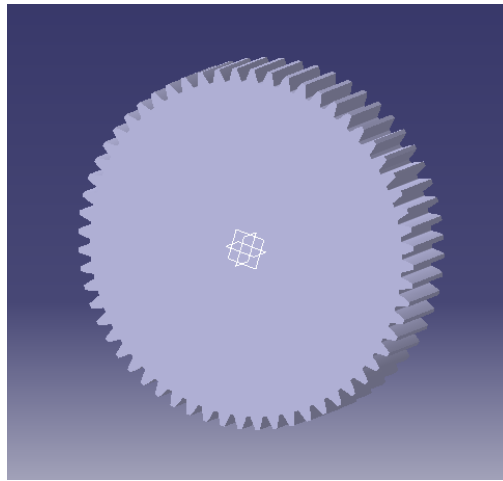


Ilustración 111. Creación de todo el dentado

Posteriormente, cambiando en el árbol los parámetros principales como número de dientes, módulo y ángulo de presión se podrá obtener el engranaje recto que se desee si necesidad de realizar todas las operaciones explicadas anteriormente.

Piñón de entrada de la segunda reducción

Con el procedimiento del diseño estándar de engranajes rectos explicado anteriormente, la creación de la geometría ya solo es cuestión de modificaciones y de operaciones simples.

Lo primero, y a partir del engranaje recto estándar diseñado, será cambiar las características y los parámetros según se refleje en el plano nº 21 facilitado por la empresa Talleres Larrinaga.

Esta modificación se realizará desde el árbol del engranaje, en la rama *Parameters*.

Se deberán introducir los siguientes datos:

- N° de dientes: 20
- Módulo: 2.868
- Ángulo de presión=20°

Otra modificación que se llevará a cabo será la profundidad o espesor del engranaje. Para ello, en la rama de *PartBody* se definirá la longitud del *Pad* del engranaje y el *Pocket* de los dientes. Estas longitudes serán iguales.

Con estos parámetros queda el engranaje perfectamente definido, ya que el resto de parámetros son función de estos.

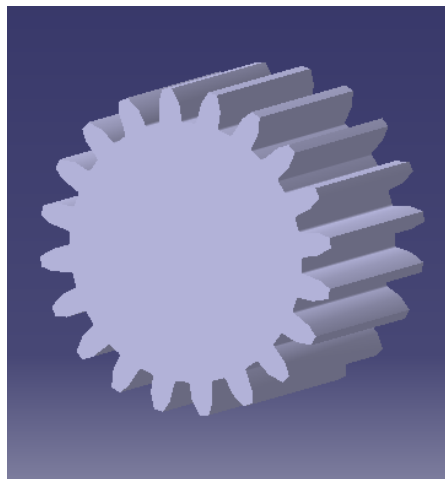


Ilustración 112. Cabeza dentada del piñón

A continuación, y con la geometría de los dientes realizada, se completará la pieza con la parte del eje de conducción.

Sobre las superficies del engranaje, se crearán *sketchers* con circunferencias concéntricas y con sus correspondientes diámetros, para posteriormente realizar un *Multi-pad* con las longitudes y direcciones indicadas en el plano.

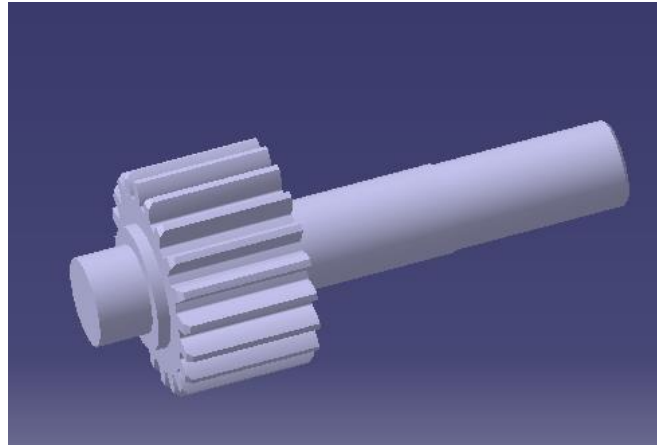



Ilustración 113. Piñón dentado con eje de conducción

El siguiente paso será la creación del chavetero. Para ello se creará un plano tangente a la superficie cilíndrica en la que se alojará la chaveta. Sobre este plano, se realizará un *sketch* con la forma de la chaveta, con el que posteriormente se hará un *Pocket* con la profundidad que se especifica en el plano.

Después se realizará el agujero roscado de métrica 8 sobre el extremo del eje mediante el comando *Hole* . Al pinchar sobre este comando se abrirá un cuadro para definir dicho agujero. Se indicará que el agujero es roscado activando el botón de *Threaded*. También se definirá el tipo de métrica, en este caso *Metric Thick Pitch* y el valor de la métrica, M8. Para finalizar con el agujero, se definirán las profundidades de rosca y de agujero, *Thread Depth* y *Hole Depth* respectivamente.

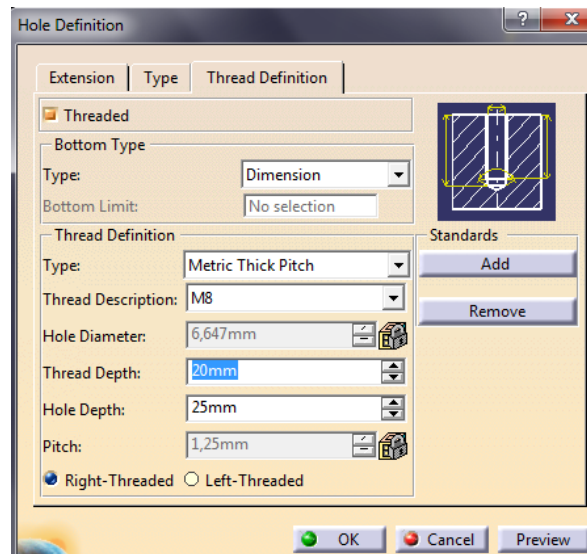


Ilustración 114. Cuadro para definir el agujero roscado

El último paso para finalizar con la geometría es crear los chaflanes sobre las aristas que se indiquen en el plano mediante la función *Chamfer*.

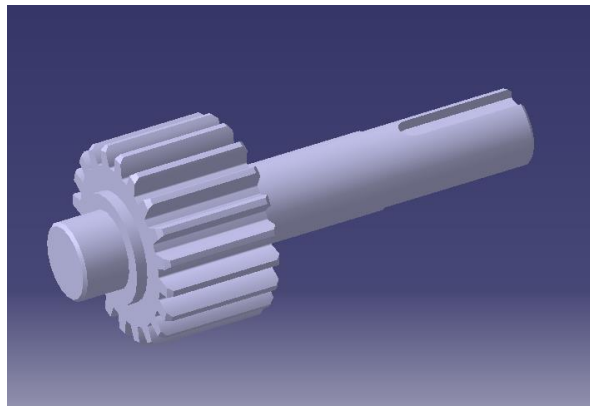


Ilustración 115. Piñón de entrada de la segunda reducción

Con la geometría del piñón de entrada de la segunda reducción definida por completo, se aplicará el material correspondiente. Como en el caso de todos los engranajes del conjunto se le aplicará una aleación de acero F-1580.

Rueda intermedia de la segunda reducción

Lo primero, al igual que en el piñón anterior, será modificar en el engranaje estándar los parámetros que caracterizan esta rueda intermedia, en el árbol de operaciones.

En *Parameters* se cambiarán los parámetros de nº de dientes, que en este caso serán 60, el módulo que será 2.868, y el ángulo de presión, 20° .

A su vez, en la rama de *PartBody*, se modificará la anchura del engranaje y la profundidad del diente en las operaciones de *Pad* y *Pocket* según la cota de anchura que indique el plano nº 20 referente de la pieza.

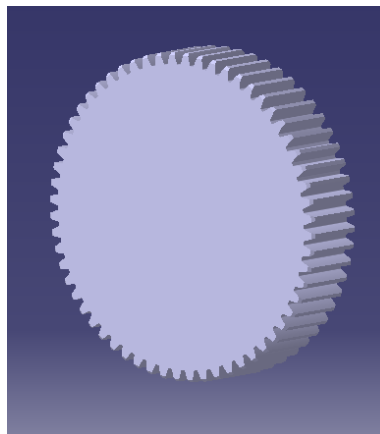


Ilustración 116. Dentado de la rueda

Con la parte engranada de la rueda ya creada, solo quedará eliminar el material correspondiente al agujero en el que se introducirá el eje de conducción del piñón y el chavetero, operaciones muy sencillas de realizar.

Sobre una de las caras del engranaje se realizará una pequeña extrusión de circunferencia concéntrica a las circunferencias características del engranaje, como se observa en la imagen 117. Los valores de diámetro y altura de la extrusión se extraen de los planos facilitados por la empresa Talleres Larrinaga.

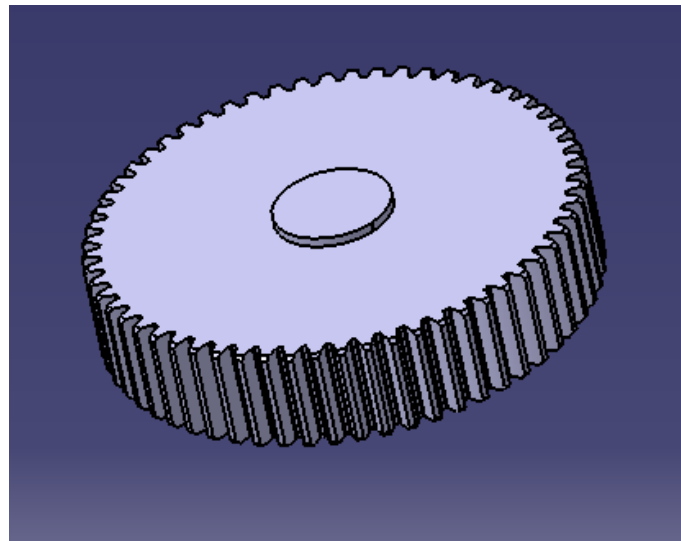


Ilustración 117. Extrusión sobre una de las caras

A continuación, sobre la superficie extruida en el paso anterior, se realizará un sketch con la forma del agujero y chavetero, sobre el que posteriormente se realizará un *Pocket* de profundidad igual a la distancia entre las caras.

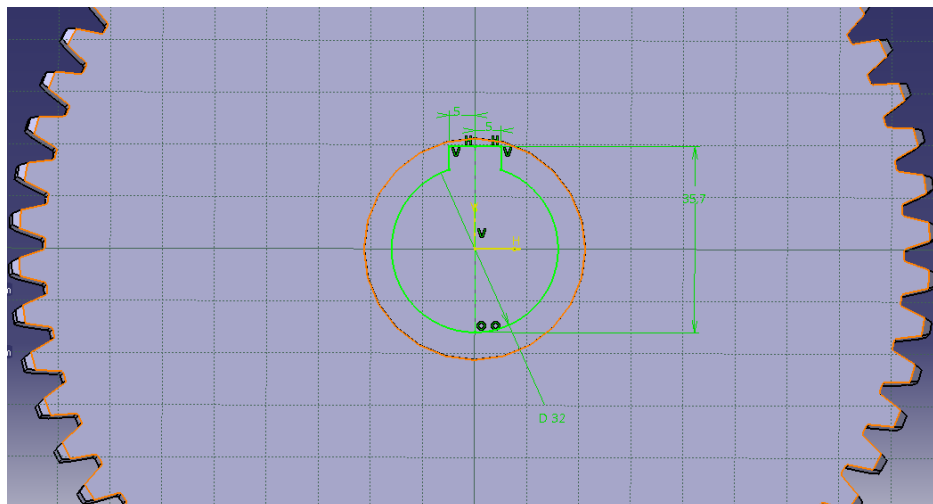


Ilustración 118. Sketch con la forma del chavetero

El resultado final de la geometría de la rueda dentada es el siguiente:

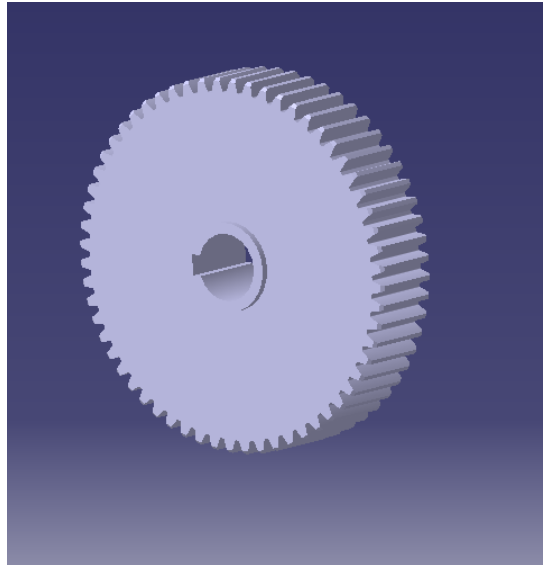


Ilustración 119. Rueda intermedia de la segunda reducción

El último paso será aplicarle el material mediante el comando *Apply Material*. Como el resto de componentes engranados, se le aplicará una aleación de acero, F-1580.

Piñón intermedio de la segunda reducción

Se trata de un componente muy similar al piñón de entrada de la segunda reducción.

Como en todos los engranajes rectos, se comenzará realizando las modificaciones de las características del engranaje estándar. Primeramente en *Parameters* se introducirá el nº de dientes que en este caso son 12, el módulo que es 4.5 y el ángulo de presión 20° , y posteriormente en *PartBody* se cambiarán las longitudes del *Pad* y *Pocket* del espesor del engranaje y dientes.

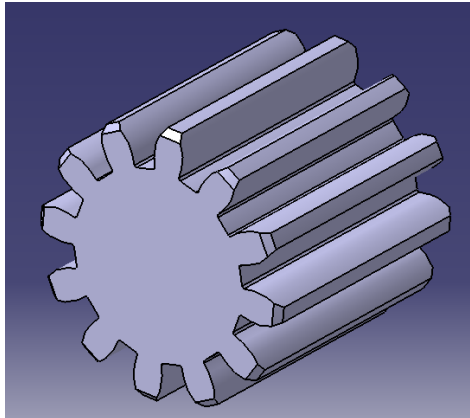


Ilustración 120. Cabeza dentada del piñón

A partir de la parte engranada realizada se construirá el eje de conducción del piñón.

Sobre cada una de las caras del engranaje se realizarán *sketchers* con las circunferencias requeridas y diámetros indicados en el plano nº 6 de la empresa, para posteriormente realizar un *Multi-Pad* con las longitudes y direcciones correspondientes.

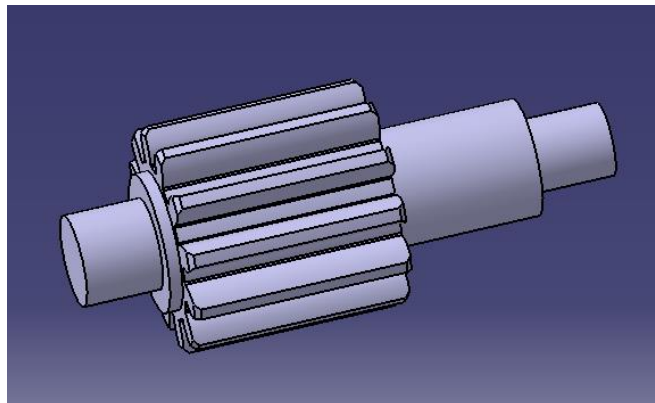


Ilustración 121. Piñón con cabeza dentada y eje de conducción

Con la geometría del piñón creada quedarán los detalles como el chavetero y los chaflanes.

Para realizar el chavetero se creará un plano auxiliar tangente al cilindro en el que se aloja la chaveta. Sobre este plano se efectuará un *sketch* con la forma de la chaveta y posteriormente se realizará un *Pocket* con la profundidad correspondiente.

Finalmente, mediante la operación *Chamfer* se realizarán los chaflanes de las aristas de los extremos, indicando en el cuadro de características distancia y ángulo.

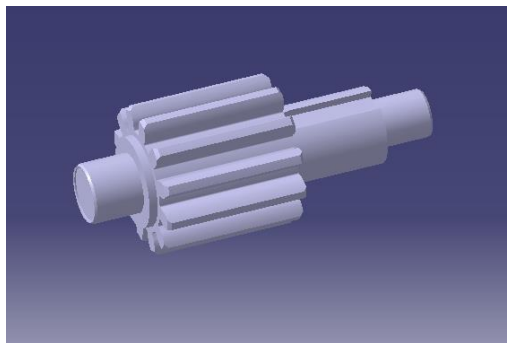


Ilustración 122. Piñón intermedio de la segunda reducción

Ya con la geometría de la pieza definida completamente, se le aplicará el material mediante *Apply Material* como en el resto de componentes engranados, una aleación de acero, concretamente F-1580.

Rueda de salida de la segunda reducción

El procedimiento de creación de la rueda de salida es el mismo que el diseño de la rueda intermedia, con idénticas operaciones pero distintas medidas.

Partiendo del engranaje recto estándar se procederá a la modificación de los datos característicos de este engranaje.

Como en todos los anteriores engranajes rectos, primero se introducirá el nº de dientes, en este caso 39; el módulo que es 4.5 y el ángulo de presión, 20° ; desde el árbol de operaciones en la rama *Parameters*.

También se introducirán los valores de espesor del engranaje y profundidad del dientes, desde la rama *PartBody*, modificando las especificaciones de las operaciones *Pad* y *Pocket* según las cotas del plano nº 7 de referencia.

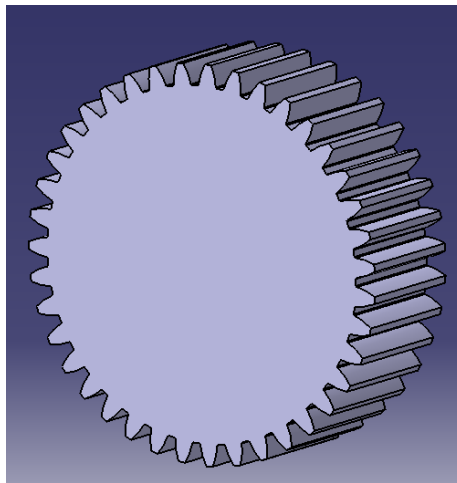


Ilustración 123. Rueda dentada

Con la parte dentada de la rueda ya diseñada, únicamente faltaría la creación del agujero en el que se introducirá el eje del piñón y el chavetero.

Para ello, sobre una de las caras del engranaje se realizará un *sketch* con una circunferencia concéntrica a las circunferencias características del engranaje, que posteriormente será extruida mediante *Pad*, una profundidad específica indicada en el plano.

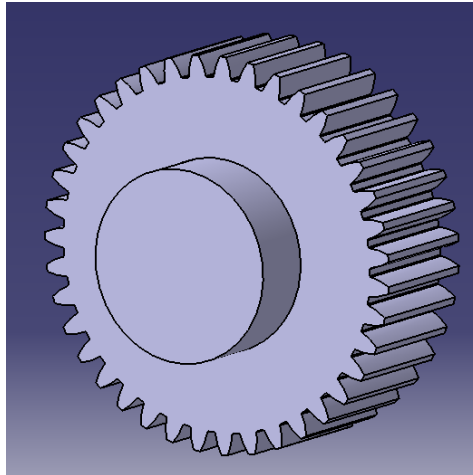


Ilustración 124. Extrusión sobre una de las caras

Con la extrusión ya realizada, se creará un nuevo *sketch* sobre la cara de la extrusión, con la forma del agujero del eje y el chavetero, para posteriormente mediante un *Pocket* eliminar el material.

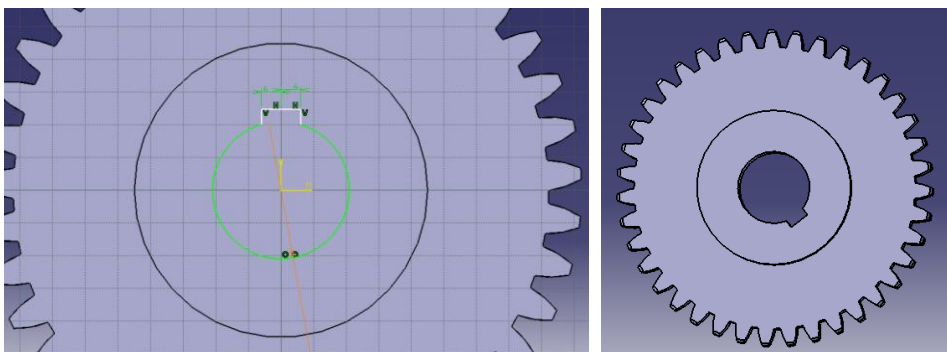


Ilustración 125. Creación del agujero del eje y chavetero

Para finalizar la geometría de la rueda, en la otra cara del engranaje, se realizará otro *sketch* de circunferencia concéntrica al engranaje, que a continuación será sometido a la operación de *Pocket*.

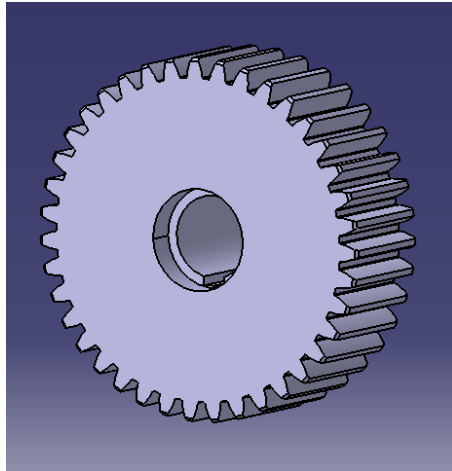


Ilustración 126. Eliminación de material en la superficie opuesta

Ya con la pieza totalmente definida, mediante *Apply Material* se le aportará el material específico de los engranajes de esta caja reductora, en este caso una aleación de acero F-1580, al igual que todos los engranajes.

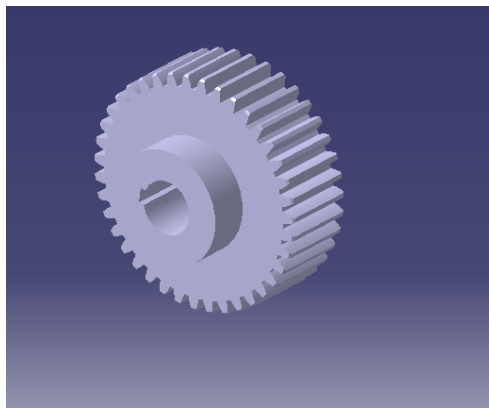


Ilustración 127. Rueda de salida de la segunda reducción

3.3.4. Unión entre reducciones

Llegados este punto, quedan totalmente definidas las dos reducciones por separado, pero aún queda el paso de su unión, mediante una junta de caucho natural, una pieza llamada casquillo de rodamientos ya que en su interior se alojarán los rodamientos del piñón cónico y una serie de tornillos que permitirán la unión de todo el conjunto.

Casquillo de rodamientos

Lo primero para diseñar esta pieza será crear un *sketch* sobre cualquiera de los planos principales, un *sketch* con dos circunferencias concéntricas en forma de “anillo”, y que posteriormente será extruido la altura adecuada según indicaciones de planos.

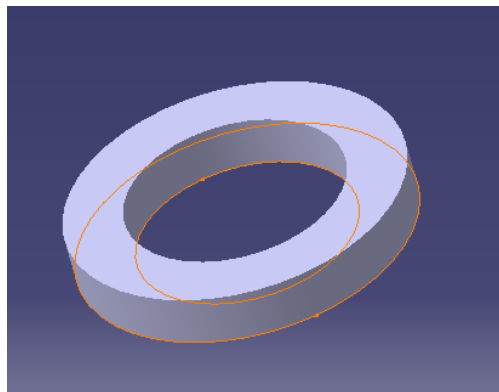


Ilustración 128. Sketch y explosionado

Con la operación de extrusión realizada se obtiene la forma de la pieza en bruto como se observa en la anterior ilustración. Así los siguientes pasos consistirán en la eliminación de material.

El casquillo está taladrado por agujeros de dos tipos en orden alternos, unos sirven de fijación con la primera reducción y los otros con la segunda reducción.

Para realizar estos agujeros abriremos un nuevo *sketch* sobre una de las caras del casquillo y se crearán los croquis circulares colocando su centro correctamente y con los diámetros alternos, teniendo en cuenta que un tipo de agujero atraviesa el casquillo con diámetro constante y el otro cambia de diámetro, ya que la cabeza del tornillo se aloja en su interior.

Con los croquis de los agujeros diseñados, se utilizará la operación *Multi-Pocket* para eliminar el material correspondiente.

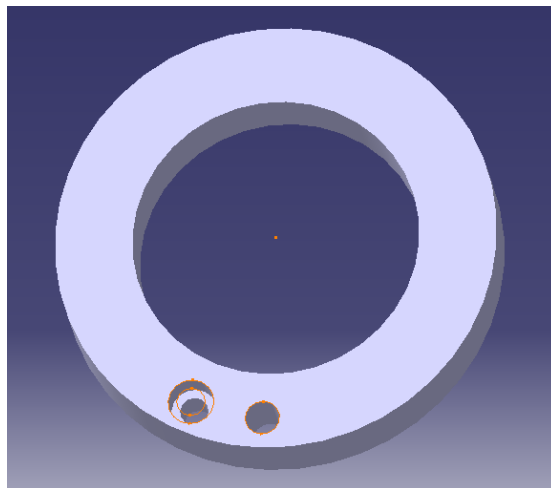


Ilustración 129. Creación de los agujeros

Para terminar con los agujeros, mediante la operación *Circular Pattern* se realizará una matriz de ocho repeticiones a lo largo de toda la circunferencia para cada uno de los orificios.

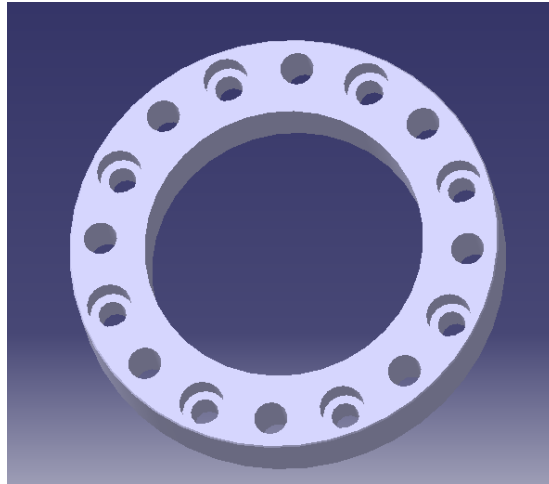


Ilustración 130. Matriz de los agujeros

Por la cara opuesta sobre la que se han creado los croquis de los agujeros se creará un nuevo sketch, formado por dos circunferencias concéntricas y que mediante un *Pocket* se eliminará el material correspondiente a una ranura existente en la pieza.

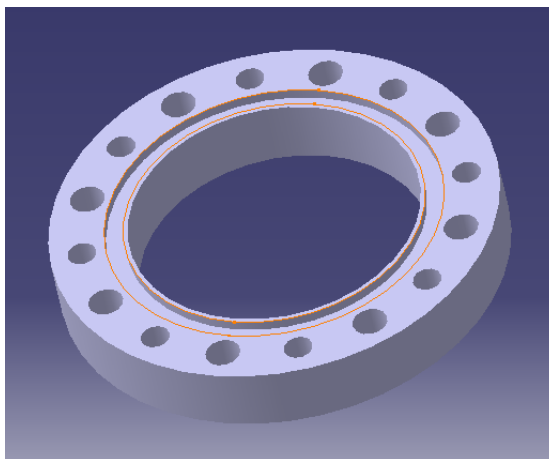


Ilustración 131. Casquillo para rodamientos

Con la geometría totalmente definida, quedará aportar el material a la pieza para que acoja sus propiedades tanto físicas como mecánicas. Así pues, mediante el comando *Apply Material* se aplicará una aleación de hierro fundido.

Junta entre reducciones

La junta entre reducciones es una de las piezas más sencillas de todo el conjunto y sigue el mismo procedimiento que las otras dos juntas explicadas en la primera y segunda reducción.

Primeramente se creará un *sketch* con dos circunferencias concéntricas que serán extruidas la altura equivalente al espesor de la junta.

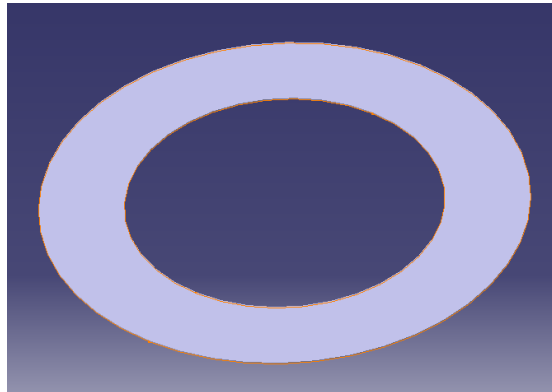


Ilustración 132. Extrusión del croquis inicial

Sobre una de las caras, se abrirá un nuevo croquis en el que se realizará una circunferencia que equivaldrá a uno de los agujeros tras su posterior eliminación de material mediante el comando *Pocket*.

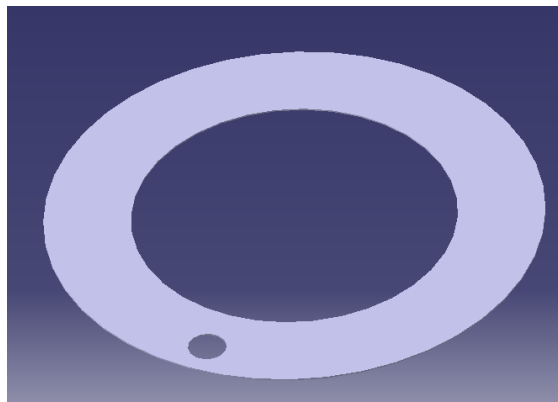


Ilustración 133. Creación de agujero

Para terminar con el diseño de la junta, con la operación *Circular Pattern* se creará la matriz circular del agujero, con ocho repeticiones sobre toda la circunferencia.

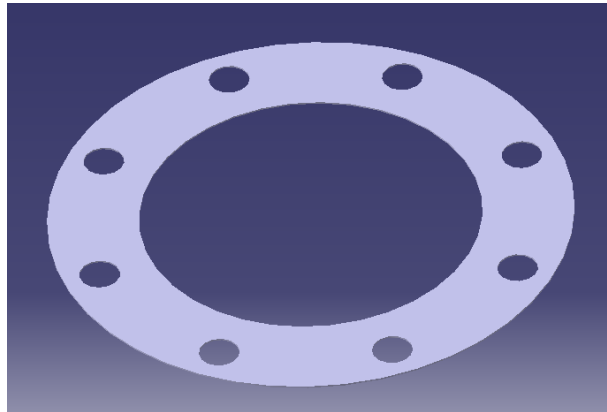


Ilustración 134. Junta entre reducciones

Al tratarse de una junta, el material que aportaremos a la pieza será un caucho natural o epoxy.

4. SIMULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

Partiendo del conjunto reductor ensamblado, con todas y cada una de las piezas que lo componen en su posición adecuada y con sus restricciones correspondientes, se procederá a proporcionar el movimiento real al que está sometido la caja reductora.

Antes de introducir el movimiento hay que asegurarse de que las piezas engranadas, que son las encargadas de transmitir el movimiento, se encuentren correctamente ensambladas para que no se produzca interferencia entre ellas.

Para ello, en el módulo de ensamblaje del programa SolidWorks, utilizaremos el comando relación de posición. Dentro de este comando encontraremos las relaciones de posición mecánicas entre las que se encuentra el engranaje.

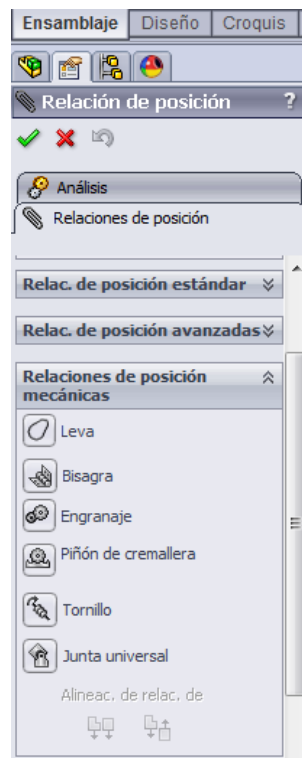



Ilustración 135. Cuadro de relaciones de posición

Activando este comando de *Engranaje*, se deberá seleccionar una arista de un diente de cada uno de los dos engranajes que forman el par de engrane, y a continuación se introducirá la relación de engrane mediante el número de dientes de cada pieza.

Para que todo el conjunto engrane correctamente, habrá que realizar esta operación con cada par de engranajes. En esta caja reductora se realizará una vez en la primera reducción entre los engranajes cónicos y dos veces en la segunda reducción entre los engranajes rectos.

A continuación se procederá a simular el movimiento real de la caja reductora que se ha modelado en 3D mediante el submódulo de *Estudio de movimiento*.

Dentro de este submódulo, encontraremos el comando *Motor rotatorio* , que permite mover un componente como si actuara sobre él un motor rotatorio. De esta manera seleccionaremos el componente sobre el que queremos introducir este motor rotatorio. En este caso, será el piñón de entrada de la segunda reducción, y además se introducirá la velocidad de giro que deseemos en RPM.

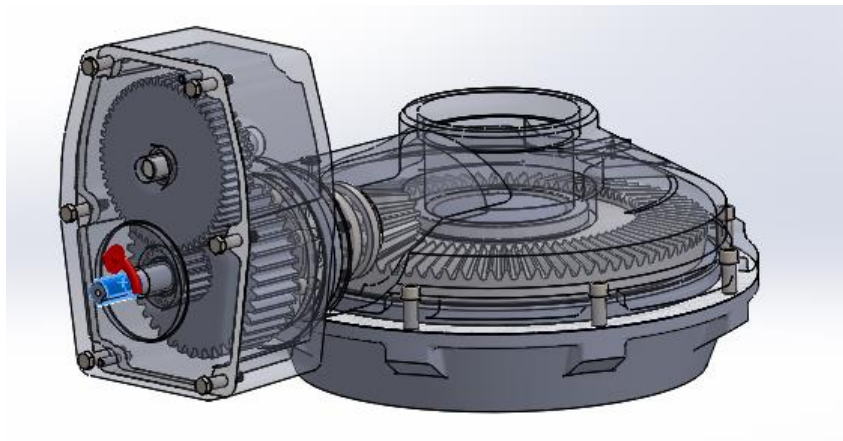



Ilustración 136. Motor en el piñón de entrada de la segunda reducción

En este caso se escoge un motor rotatorio ya que es una simplificación del movimiento real al que se somete el conjunto reductor de válvulas, ya que en el piñón de entrada a la segunda reducción se le puede acoplar un volante de cierre de válvulas, como se puede observar en la siguiente imagen extraída de la página web de la empresa Talleres Larrinaga.



Ilustración 137. Conjunto real con volante acoplado

Para finalizar con el proceso de simulación y observar como es el movimiento que hemos introducido, se pinchará sobre la acción *Reproducir* .

Será importante prestar atención en que sentido se produce cada engrane, ya que en caso de producirse erróneamente, habrá que realizar la inversión del sentido de engrane en las relaciones de posición mecánicas de engranaje que anteriormente se han realizado.

Para hacerse a la idea del funcionamiento del conjunto diseñado, se adjunta un video demostrativo de esta simulación del funcionamiento.

[Archivos informáticos \(Videos\)\Video simulacion.avi](#)

5. PRESUPUESTO

En este apartado se desglosan los costes necesarios para la realización del proyecto, costes en su totalidad relacionados con la mano de obra en el trabajo de diseño.

El cálculo del presupuesto se ha desglosado en cuatro capítulos principales, teniendo en cuenta todo el trabajo realizado: ingeniería analista, ingeniería gráfica, documentación técnica y amortizaciones.

Capítulo	Resumen	Cantidad	Precio	Importe
1.	Ingeniería analista			
	Horas invertidas en la búsqueda de información, su análisis y síntesis, y datos recopilados para el modelado en 3-D (teoría de engranajes, técnicas de diseño...). Además de las horas invertidas en la búsqueda de tutoriales de ayuda para resolver problemas encontrados en los programas informáticos SolidWorks y CATIA V5.			
		30 horas	20€/hora	600,00€
2.	Ingeniería gráfica			
	Horas invertidas en la confección del modelado en 3-D de la caja reductora de engranajes, tanto modelos individuales de cada pieza, como su ensamblaje final, y su posterior simulación de funcionamiento.			
		210 horas	30€/hora	6300,00€

3. Documentación técnica

Horas invertidas en la creación de los nuevos planos a partir del modelado de cada pieza y de los diferentes subconjuntos que forman la caja reductora de engranajes cónicos.

50 horas 30€/hora 1500,00€

4. Amortizaciones

Amortización de ordenador, impresora, softwares SolidWorks y CATIA V5 y Microsoft Office. Además de papel, tinta, fotocopias, emplazamiento, electricidad, etc...

1 450,00€ 450,00€

TOTAL EJECUCIÓN

8850,00 €

I.V.A. (21%)

1858,50€

TOTAL PRESUPUESTO GENERAL

10708,50€

El presupuesto general asciende a la expresada cantidad de **DIEZ MIL SETECIENTOS OCHO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS.**

Firmado:

6. CONCLUSIONES

Inicialmente, la idea del proyecto no solo era modelar la caja reductora a partir de los planos facilitados por Talleres Larrinaga, sino además, realizar un análisis sobre cada una de las piezas que componen tal conjunto, para conocer si alguna de ellas presentaba algún fallo o sobreesfuerzo, y en tal caso, modificarla para aumentar el rendimiento o la calidad del producto.

Finalmente, esta segunda parte de diseño no se ha podido llevar a cabo debido a la cantidad de horas invertidas en la ingeniería gráfica y documentación técnica, ya que superaban con creces las horas necesarias y resultaba inadecuado para el número de créditos que el trabajo de fin de grado exige.

No obstante, el proyecto realizado servirá a la empresa Talleres F. Larrinaga para proseguir con el mismo trabajo de documentación sobre sus diferentes productos y alcanzar así una mayor calidad y competencia como empresa, cumpliendo con el objetivo principal de este trabajo.

A nivel personal, este proyecto me ha servido de ayuda para asentar la base de conocimientos de los programas informáticos utilizados, tanto Catia como Solidworks.

Además considero que el trabajo realizado y el aprendizaje sobre estas técnicas, pueden ser de gran ayuda para trabajar en un futuro en este campo del diseño.

7. BIBLIOGRAFÍA

LIBROS Y DOCUMENTACIONES

- J.E. Shigley, J.J. Uicker, Jr. *Teoría de Máquinas y Mecanismos*, Prentice-Hall, 1998.
- J.E. Shigley. *Diseño en Ingeniería Mecánica*, McGraw-Hill
- Justo Albarrán Ligero. *Fundamentos del Know Based Engineering. Aplicación al diseño de engranajes de ejes paralelos con Catia V5*.
- Documentación existente de la empresa *Talleres F. Larrinaga*

REFERENCIAS WEBS

- <http://www.muchoctia.es/> (5/2/2015)
- <http://www.nivac.es/int/index.php/es/informacion-tecnica/20> (27/2/2015)
- <https://lenguajedeingenieria.files.wordpress.com> (10/3/2015)
- www.wikipedia.com (25/4/2015)
- <http://www.talleres-flarrinaga.com/empresa.html> (30/4/2015)
- <http://revistas.unavarra.es/bibreve/v2/bbdd.htm#normas> (18/05/2015)



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES

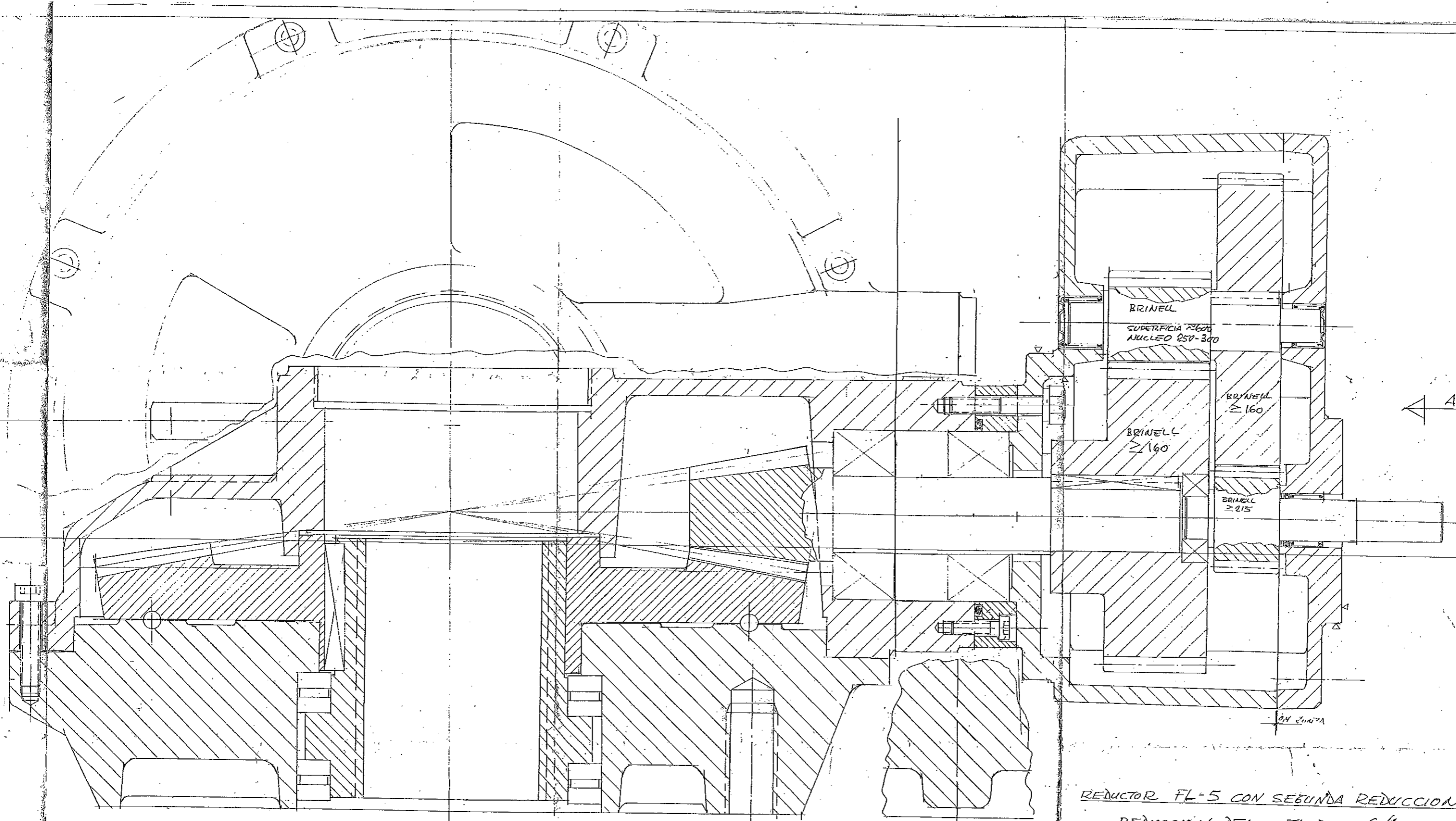
“MODELADO EN 3D DE UNA CAJA
REDUCTORA DE ENGRANAJES”

ANEXO I. PLANOS TALLERES LARRINAGA

Enrique Balén Valerio

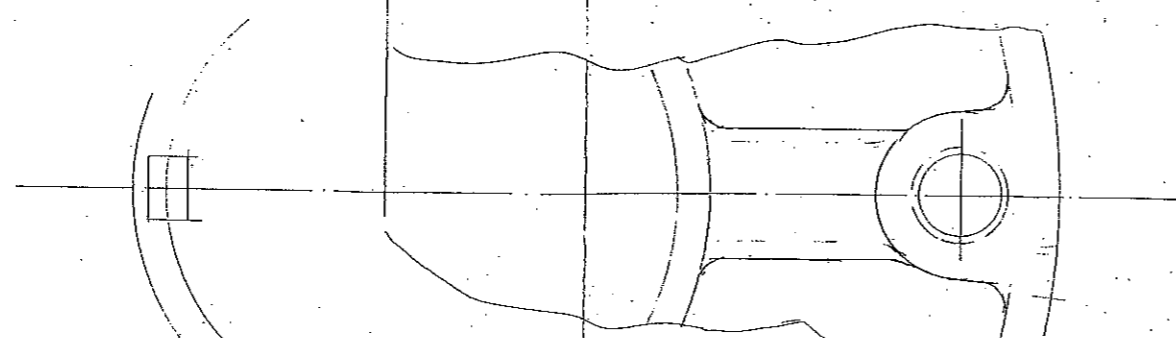
Tutor: Sara Marcelino Sádaba y Marta Benito Amurrio

Pamplona, a 28 de Mayo, 2015.

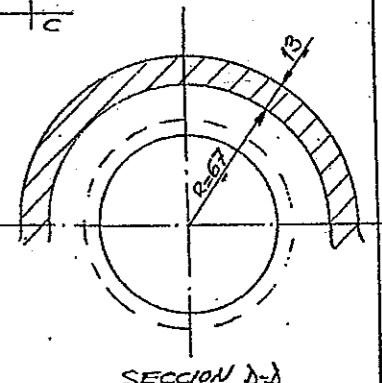
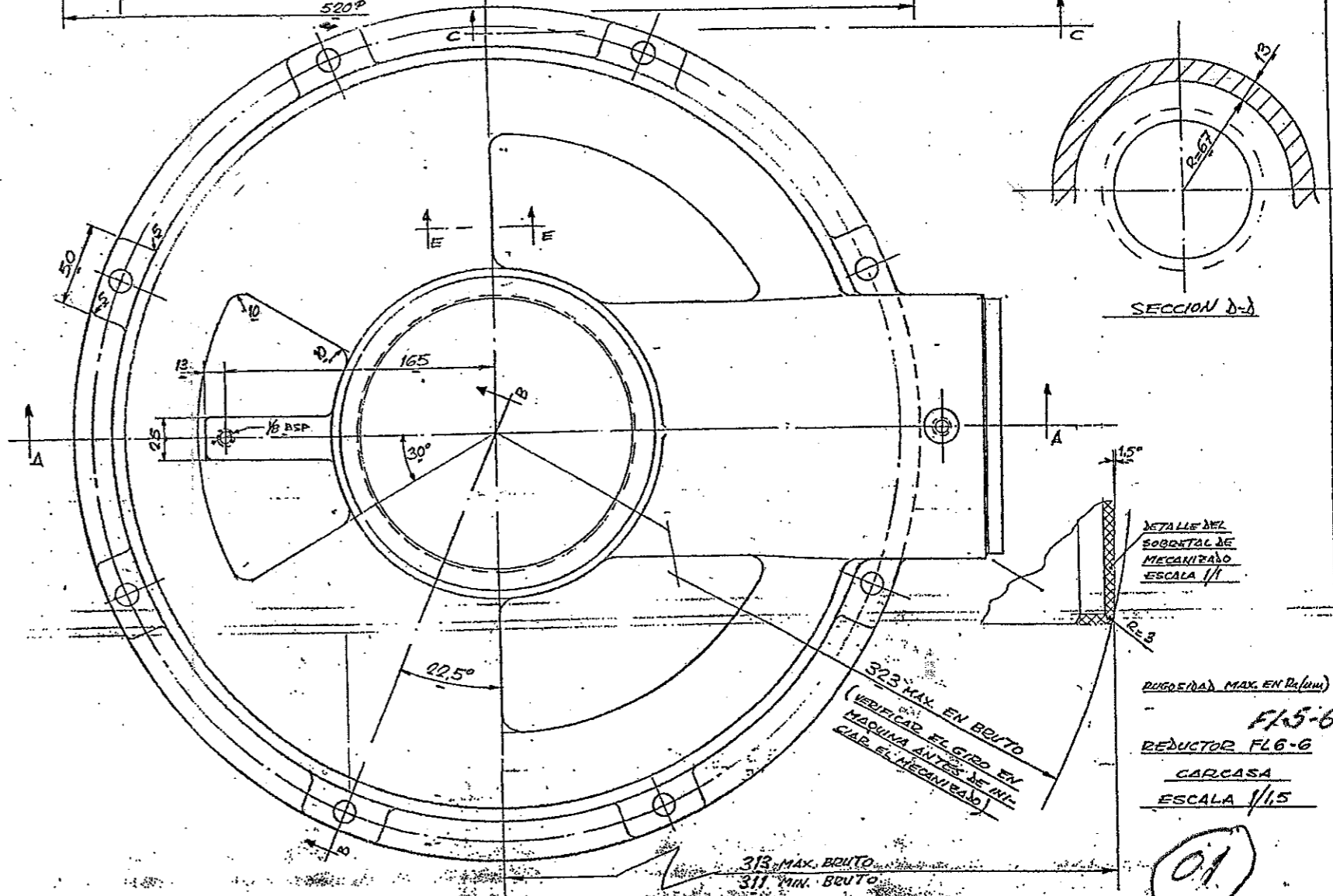
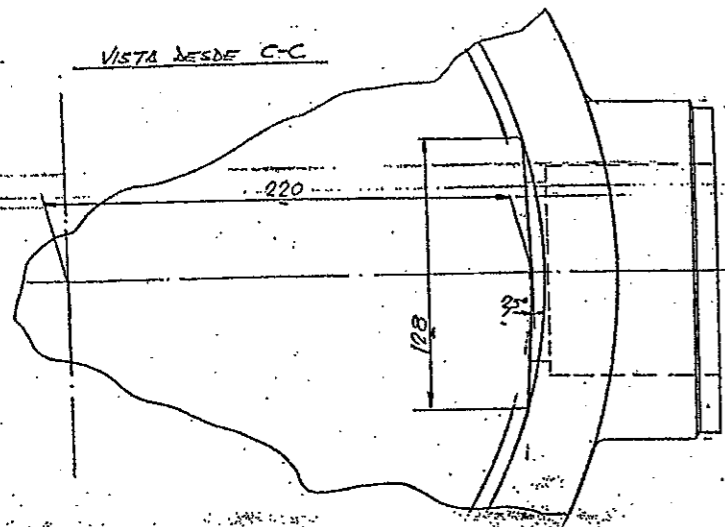
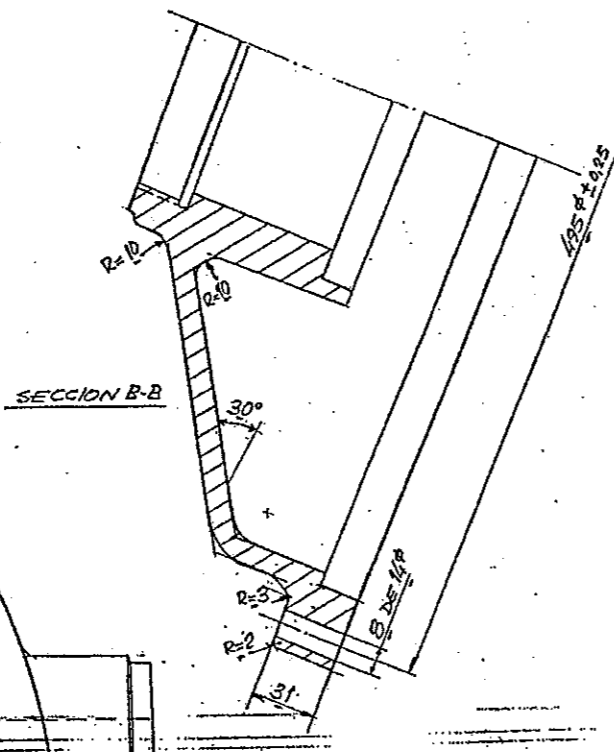
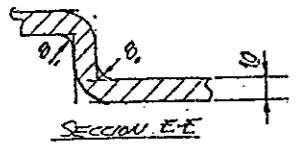
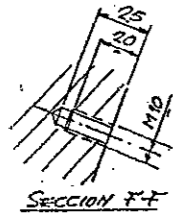
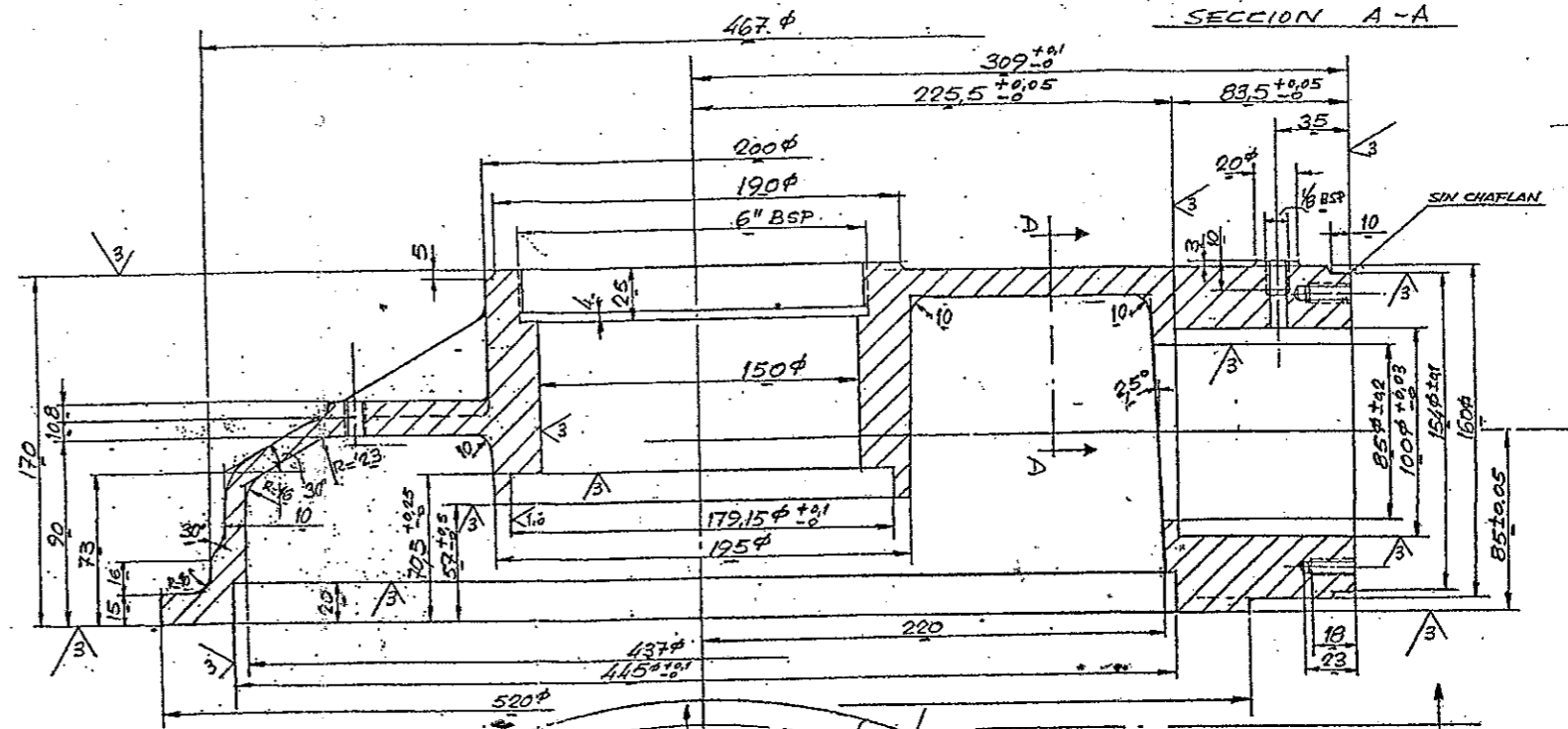
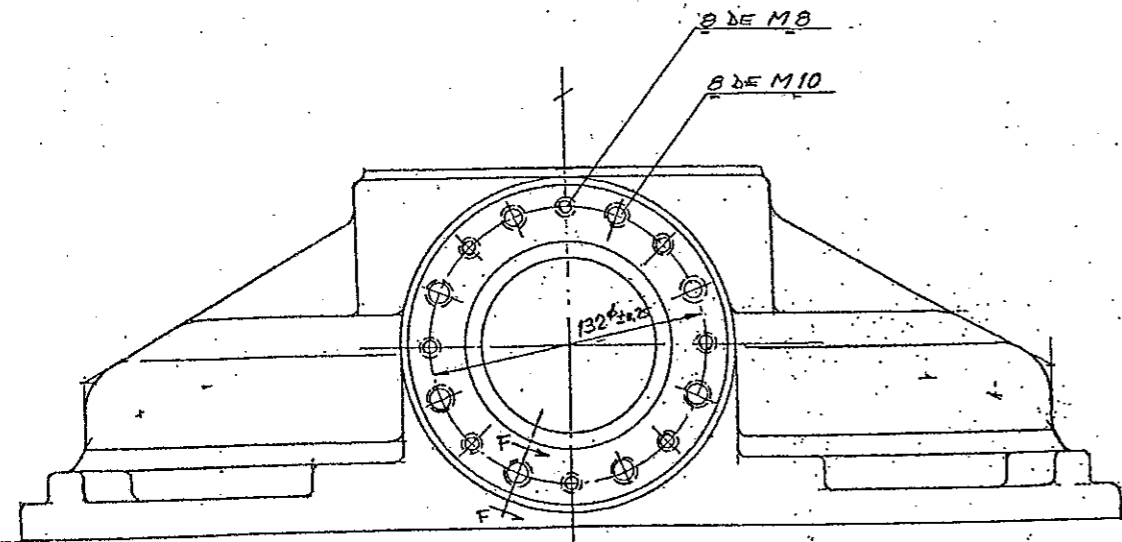


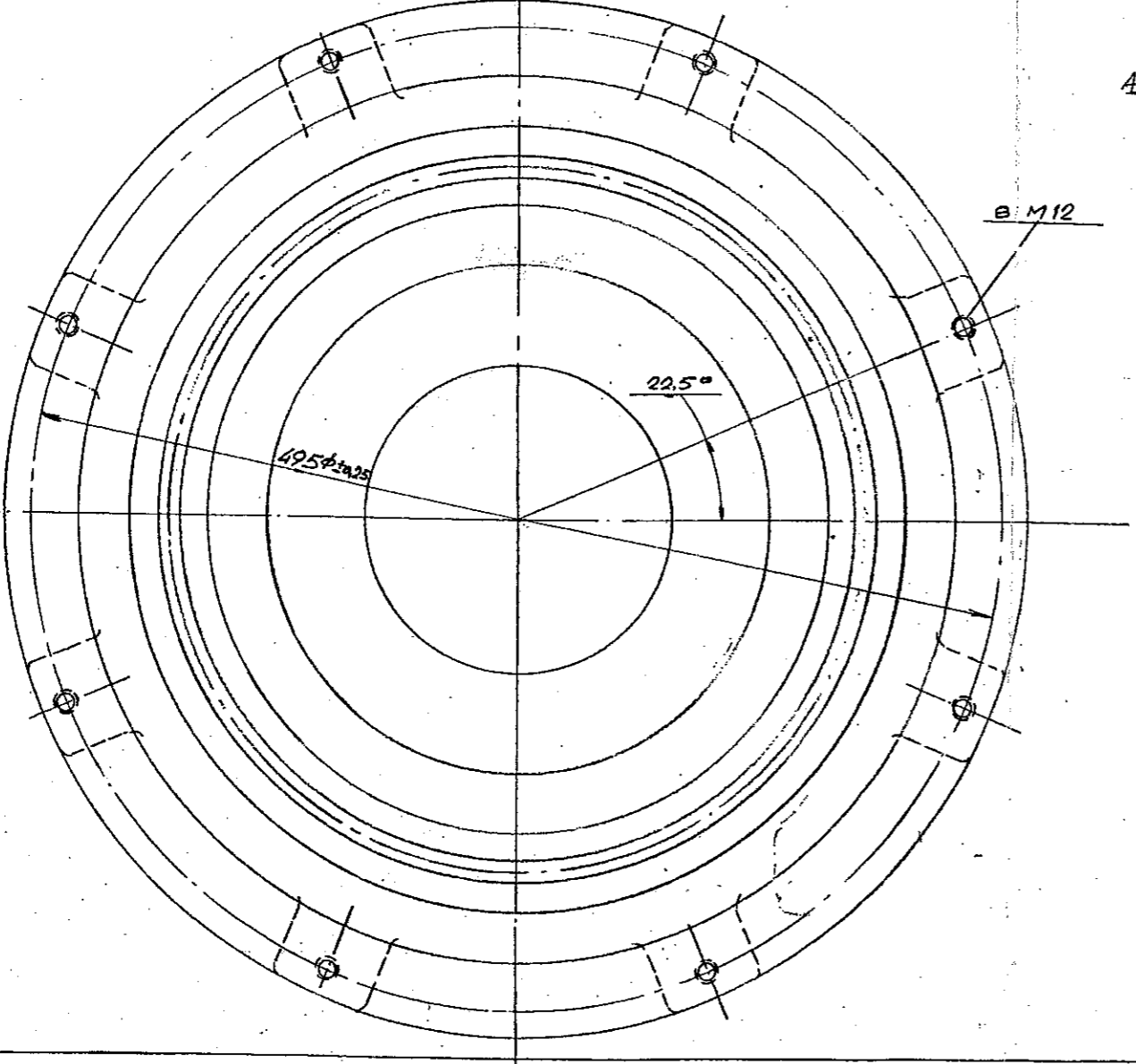
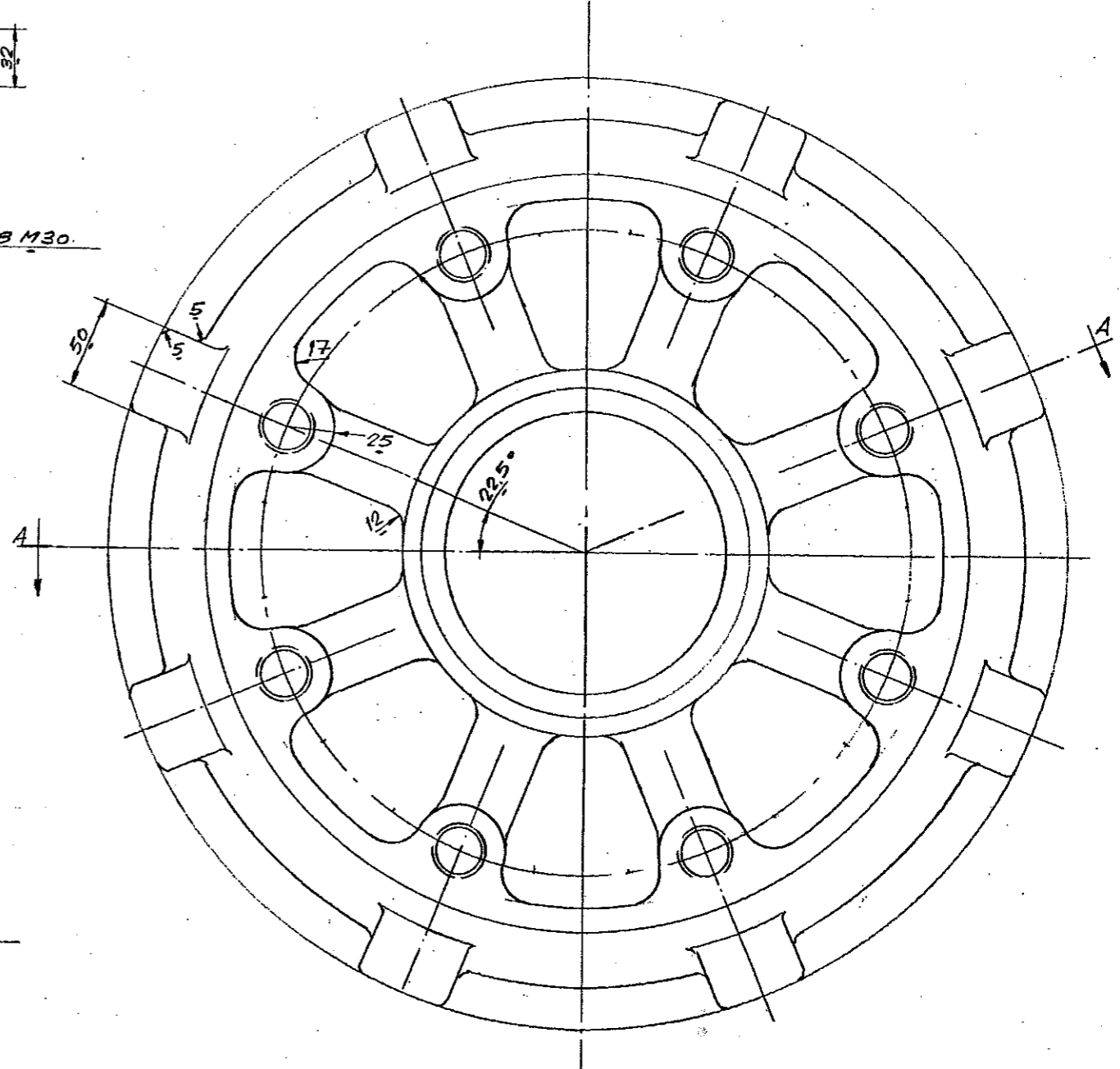
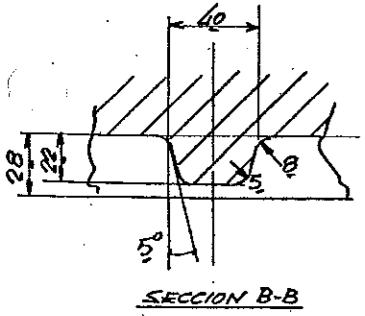
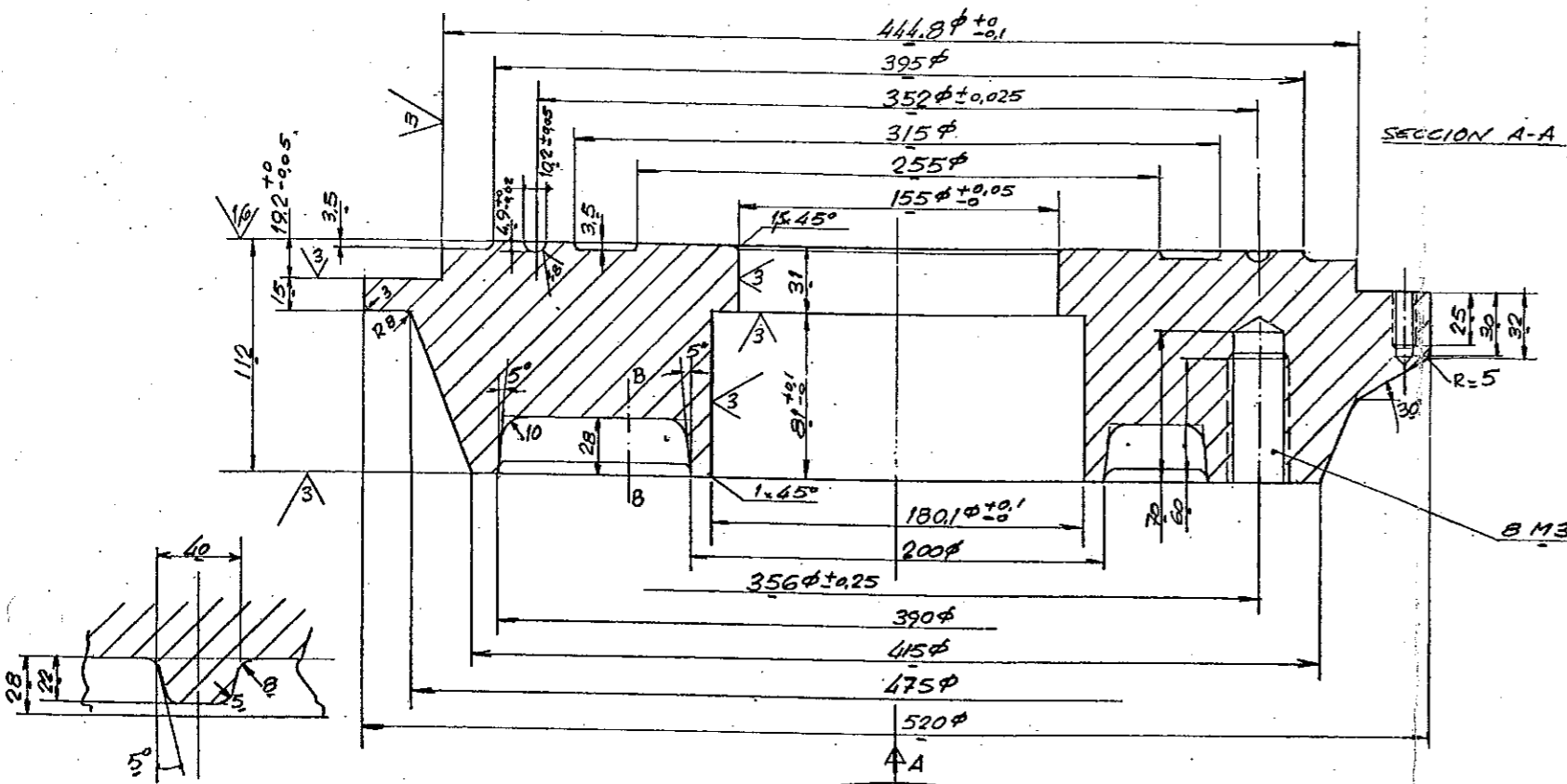
REDUCTOR FL-5 CON SEGUNDA REDUCCION

REDUCCION DEL FL-5 : 6/1
 REDUCCION DE LA SEGUNDA REDUCCION : 9.75/1
 REDUCCION TOTAL : 58.5/1
 FACTOR DE EFICIENCIA TOTAL : 42.12
 MAXIMO PAR DE SALIDA = 1250 m.kg.
 MAXIMO PAR DE ENTRADA = 30 m.kg.
 MAXIMO EMPUJE = 120000 Kg.
 MAXIMO DIAMETRO DE VASTAGO = 110mm.
 BRIDA DE ACOPLAMIENTO : ISO 5210 F3
 ESCALA : 1/1



8

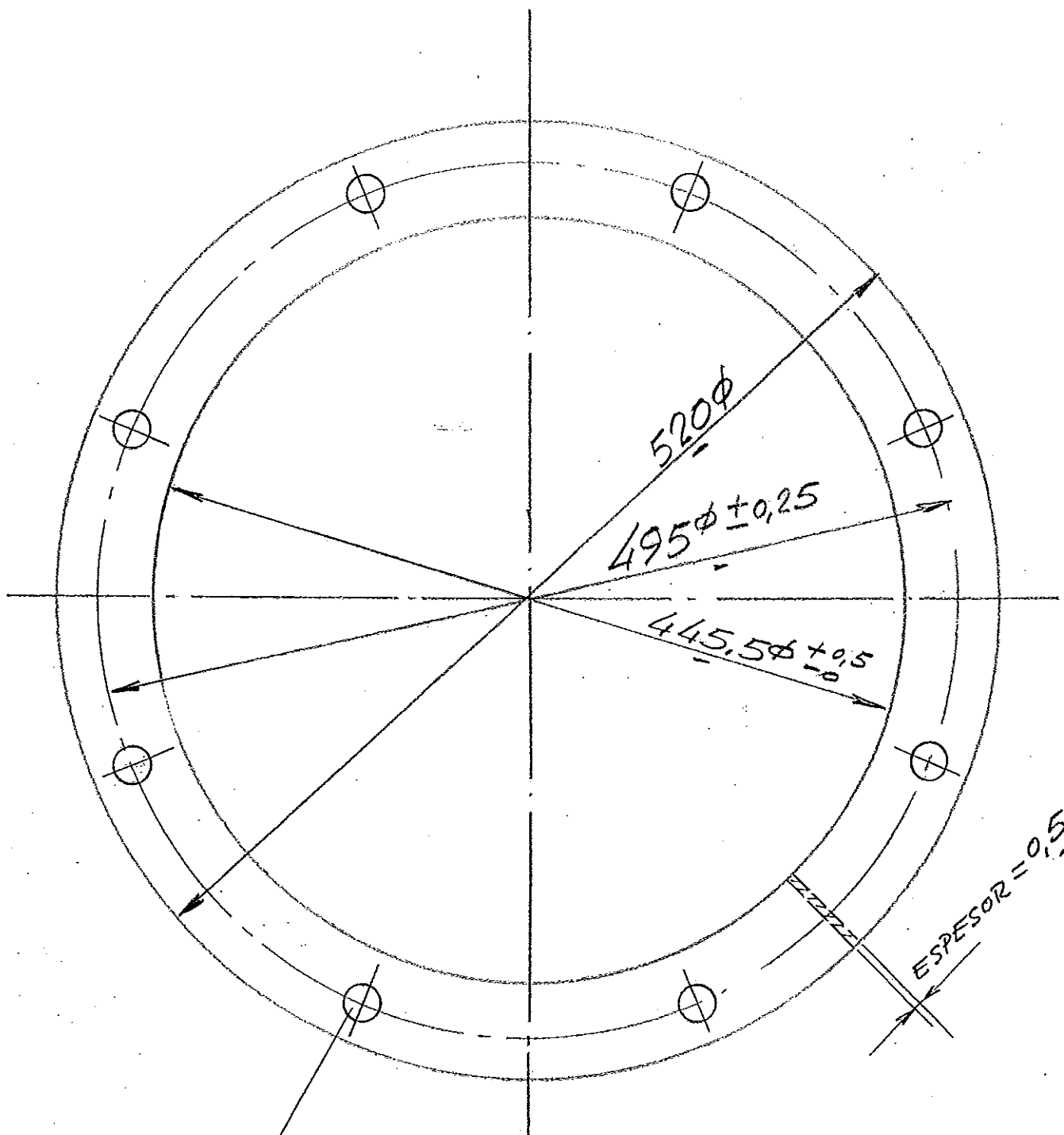




RUGOSIDAD MAX. EN Ra (µm)

REDUCTOR FL5-6
 BASE ISO 5210 F35
 ESCALA 1/15

17

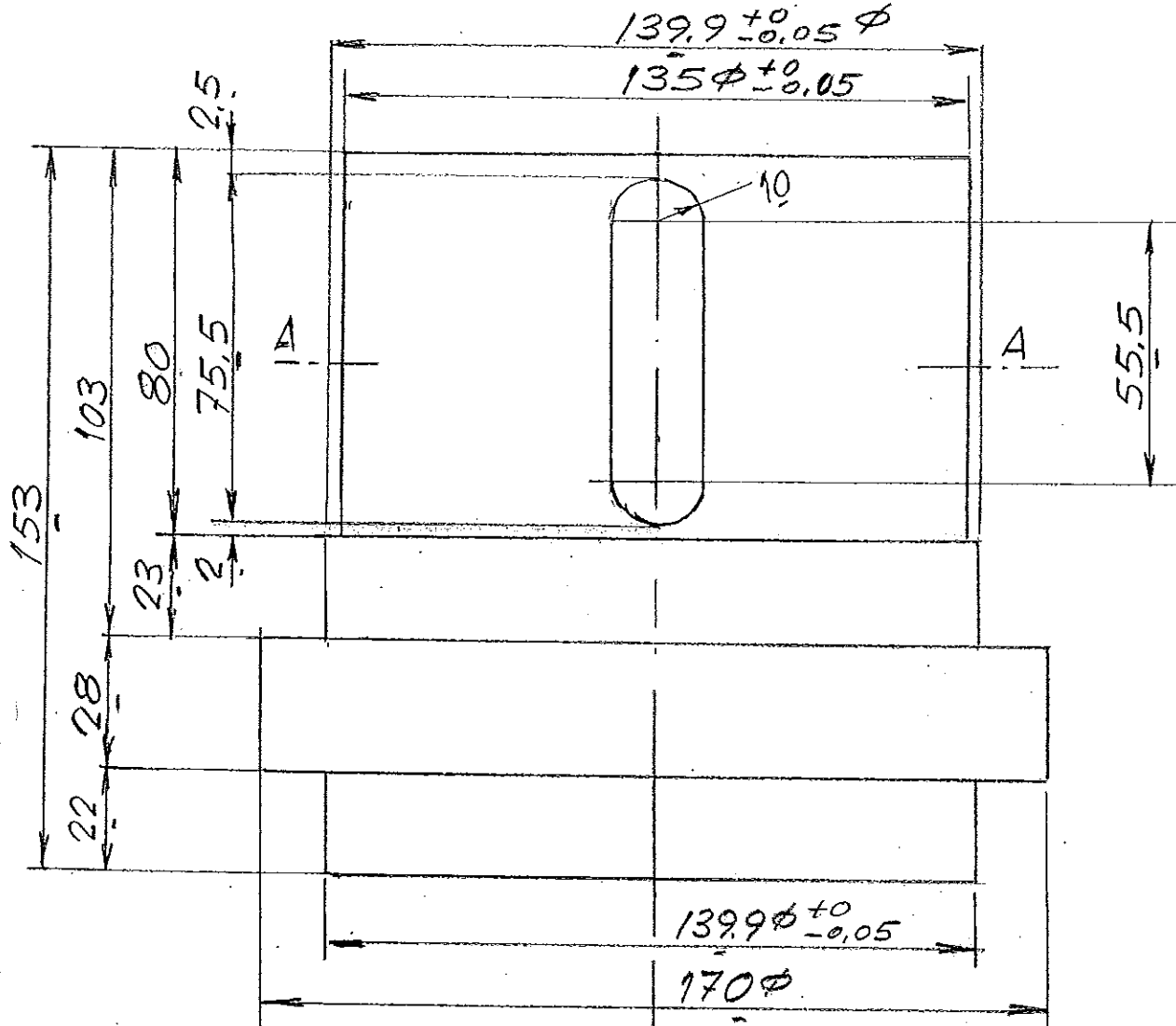


8 DE 14 ϕ EQUIDISTANTES

REDUCTORES FL-6 Y
FL-5

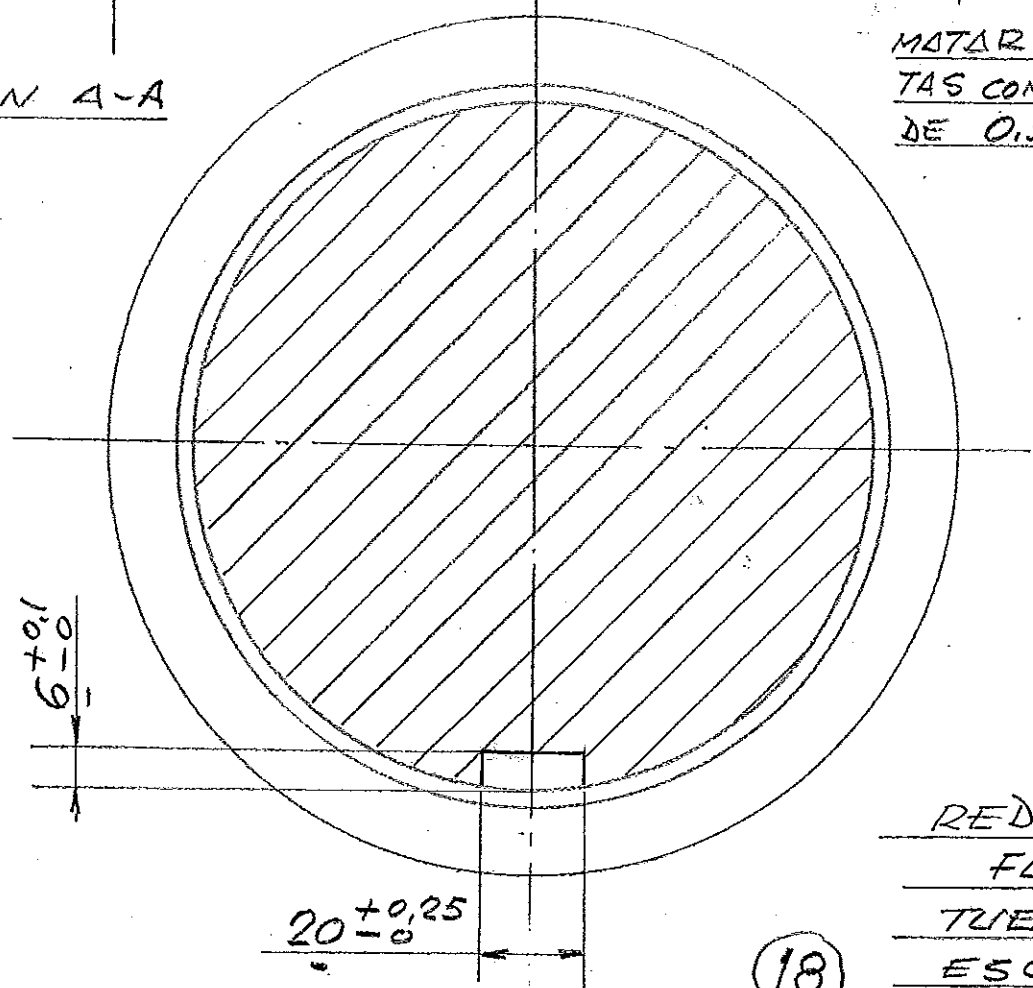
JUNTA ENTRE CARCASA
Y BASE

SIN ESCALA



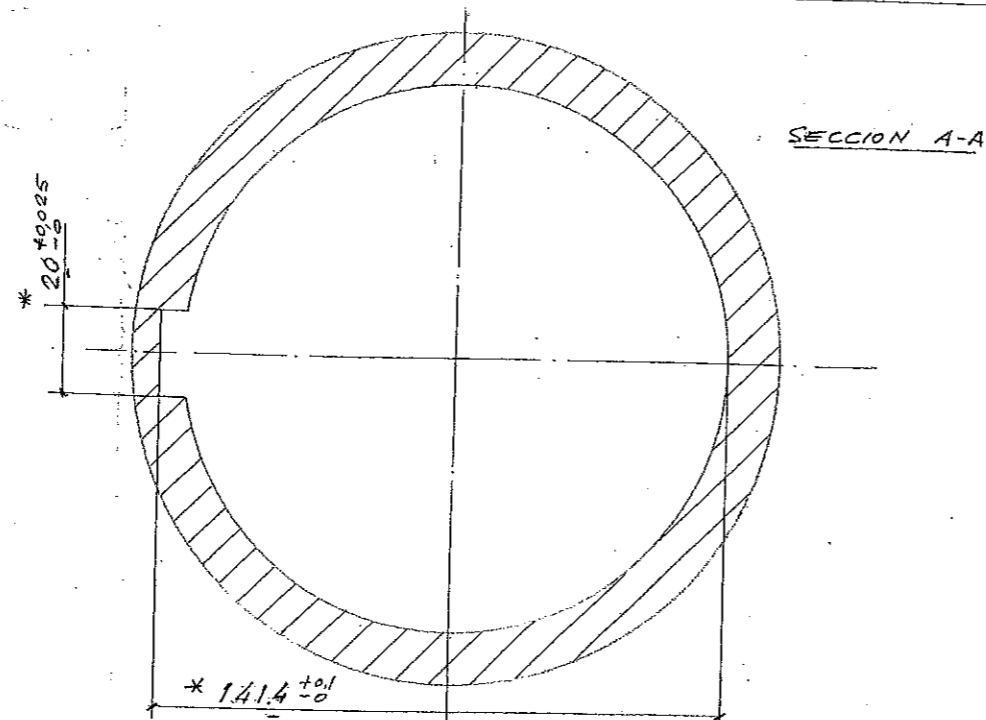
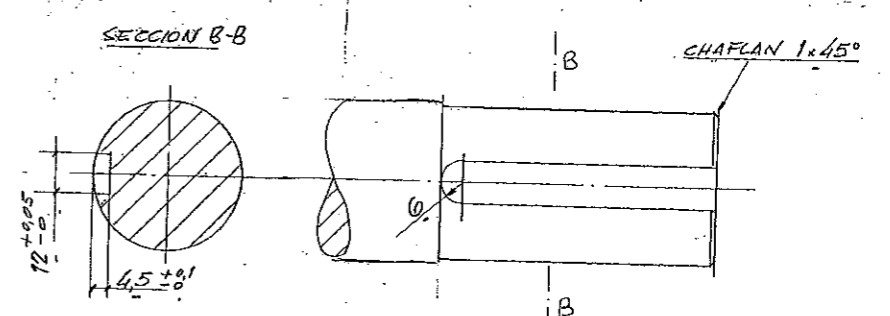
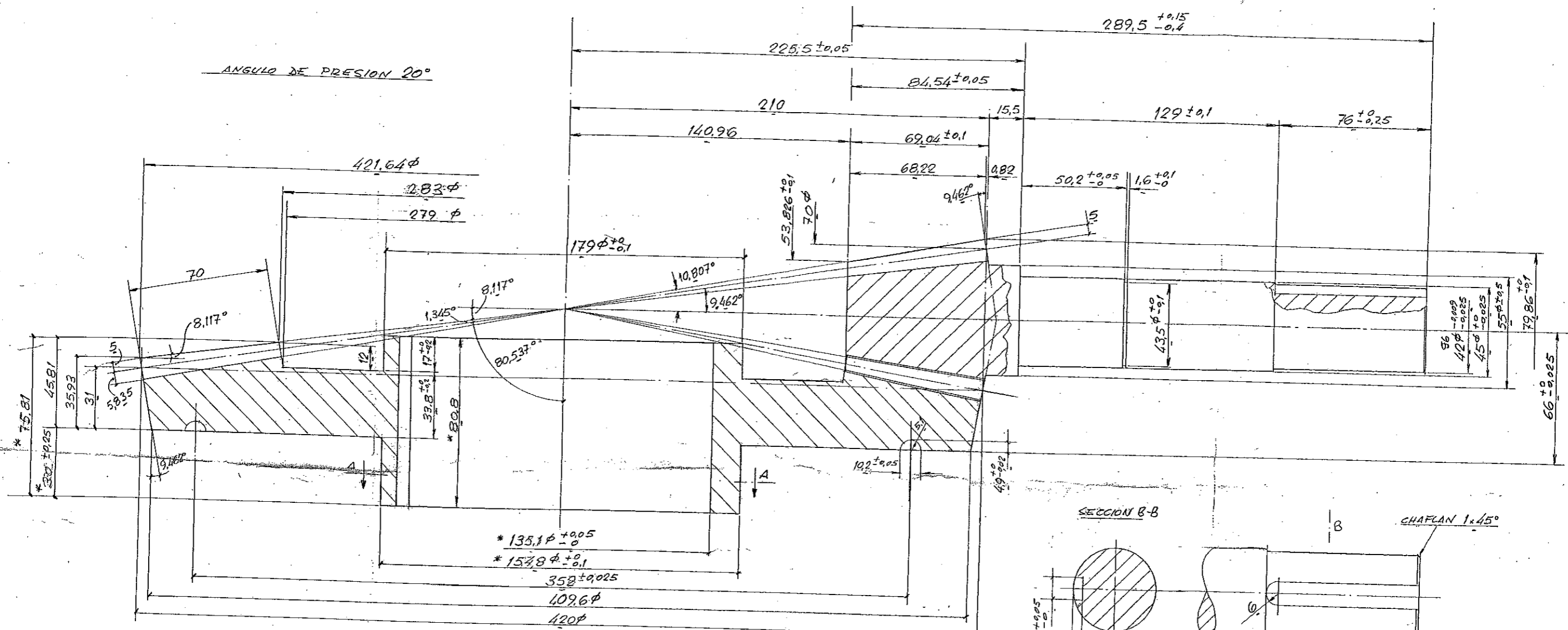
SECCION A-A

MATAR LA ARIS-
TAS CON CHAFLAN
DE 0.5 x 45°



REDUCTOR
FL-5
TIERCA
ESCALA 1/2

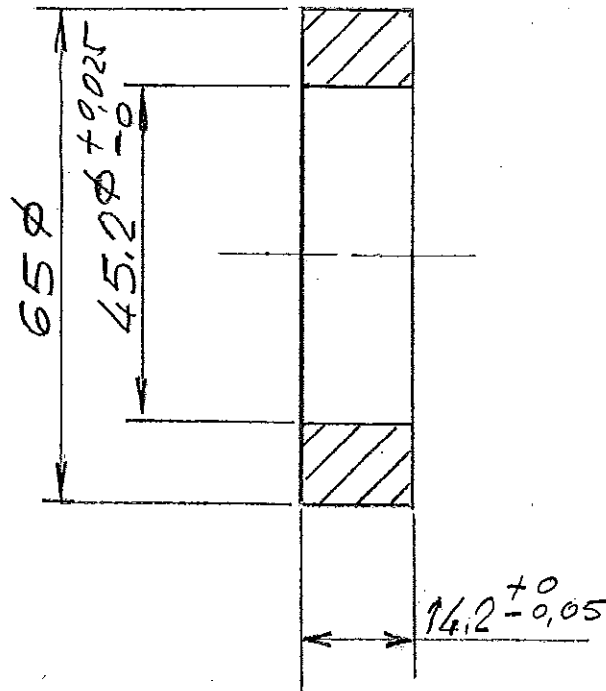
(18)



	RUEDA	PIÑON
DIAMETRO PRIMITIVO	420	70
Nº DE DIENTES	84	14
MODULO	5	5
DUREZA BRINELL SUPERFICIAL	600	600
DUREZA BRINELL NUCLEO	300	300

REDUCTOR FL5-6
 RUEDA Y PIÑON
 RELACION 6/1
 ESCALA 1/1
 * COTAS FUERA DE ESCALA

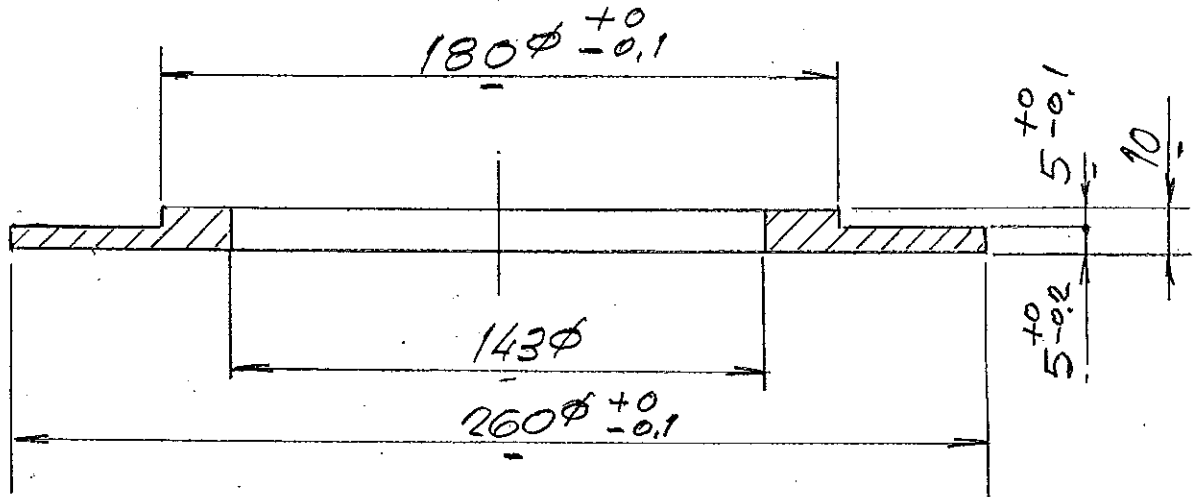
MATAR LAS ARISTAS
CON CHAFLAN DE $0,5 \times 45^\circ$



REDUCTORES FL-6 Y
FL-5

BRANDELA SEPARADORA
DE RODAMIENTOS

ESCALA 1/1



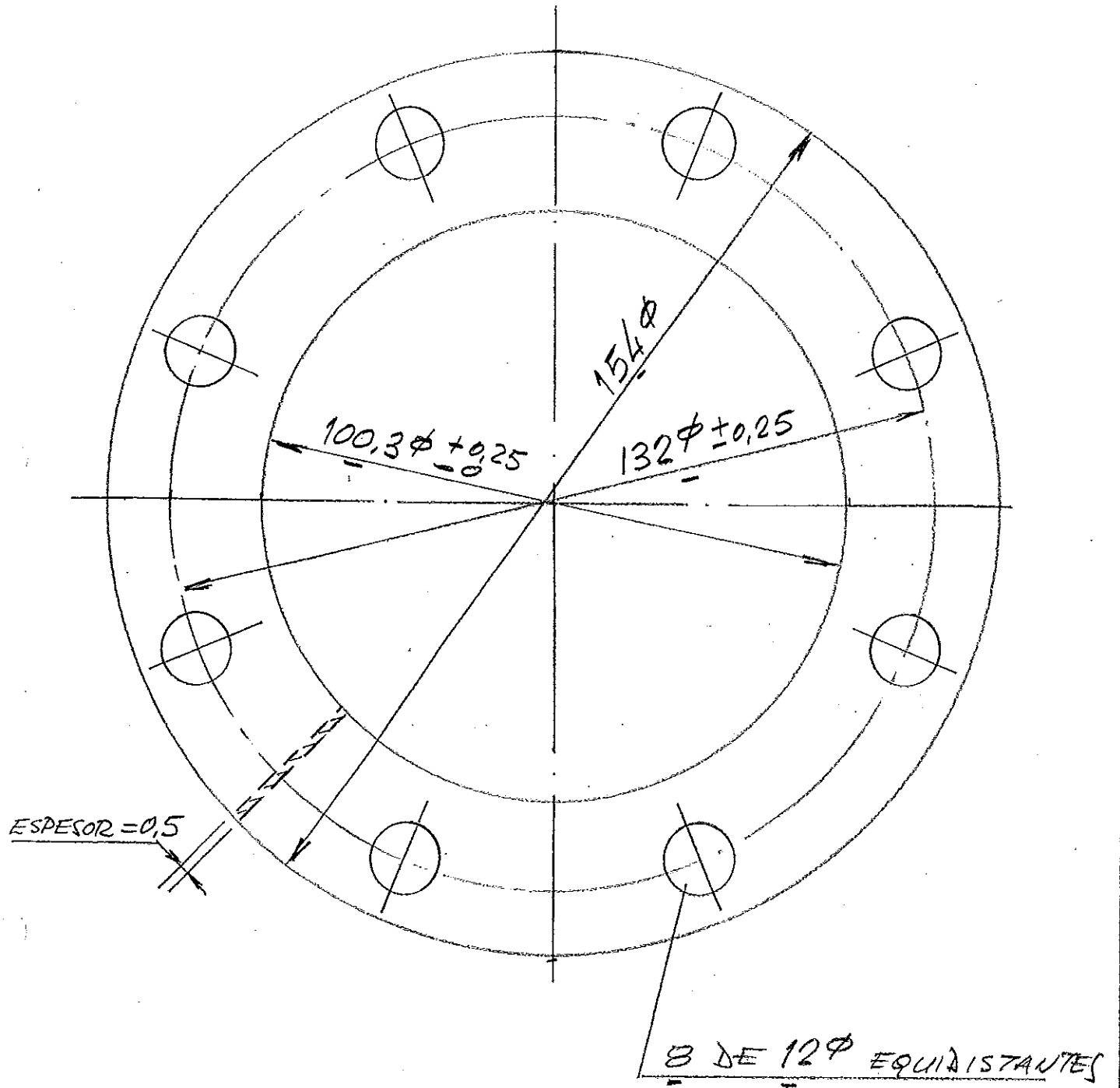
MATAR LAS ARISTAS CON CHAFLAN $0,5 \times 45^\circ$

REDUCTOR FL5-6

GUIA DE ACOPLAMIENTO PARA

ISO 5210 F35

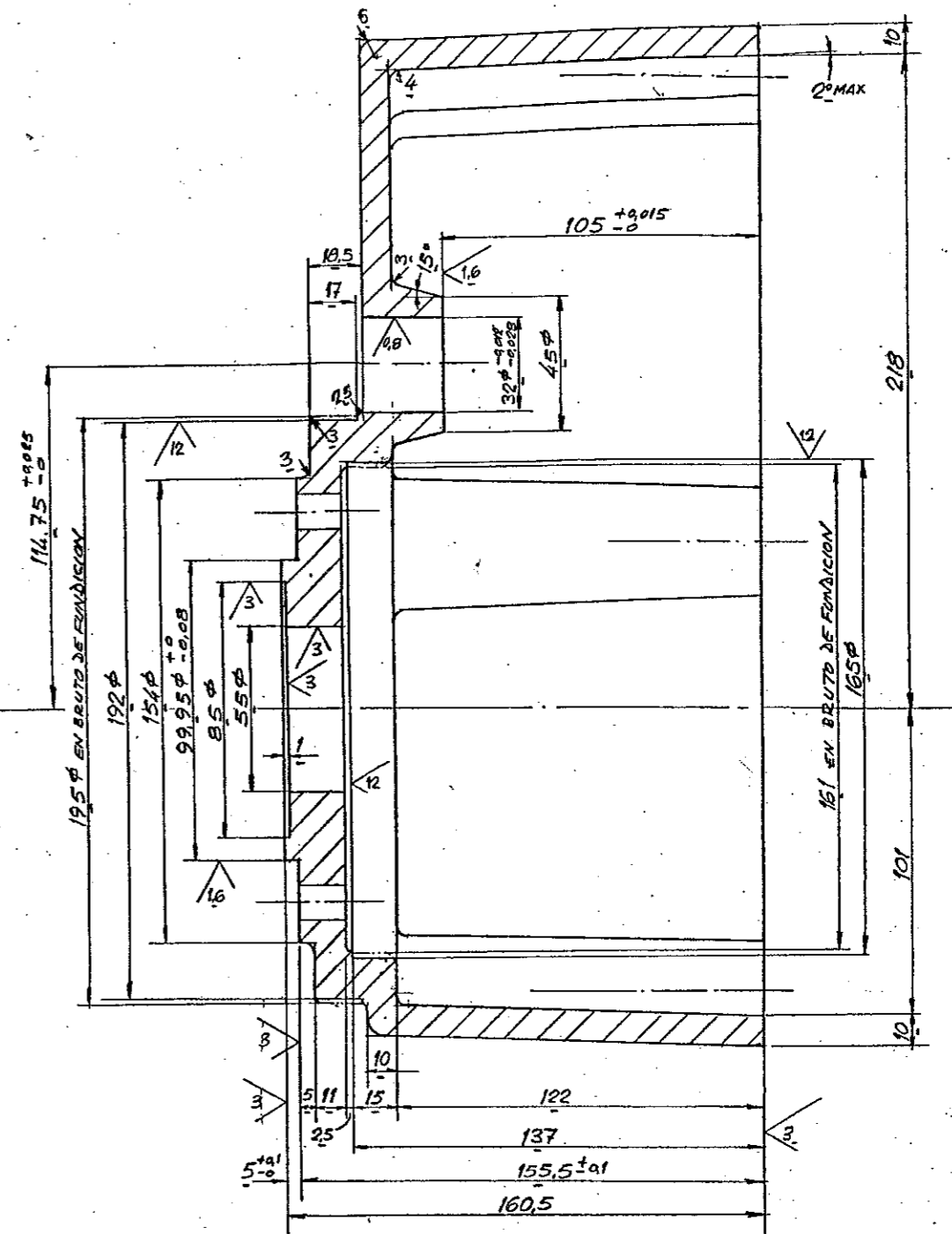
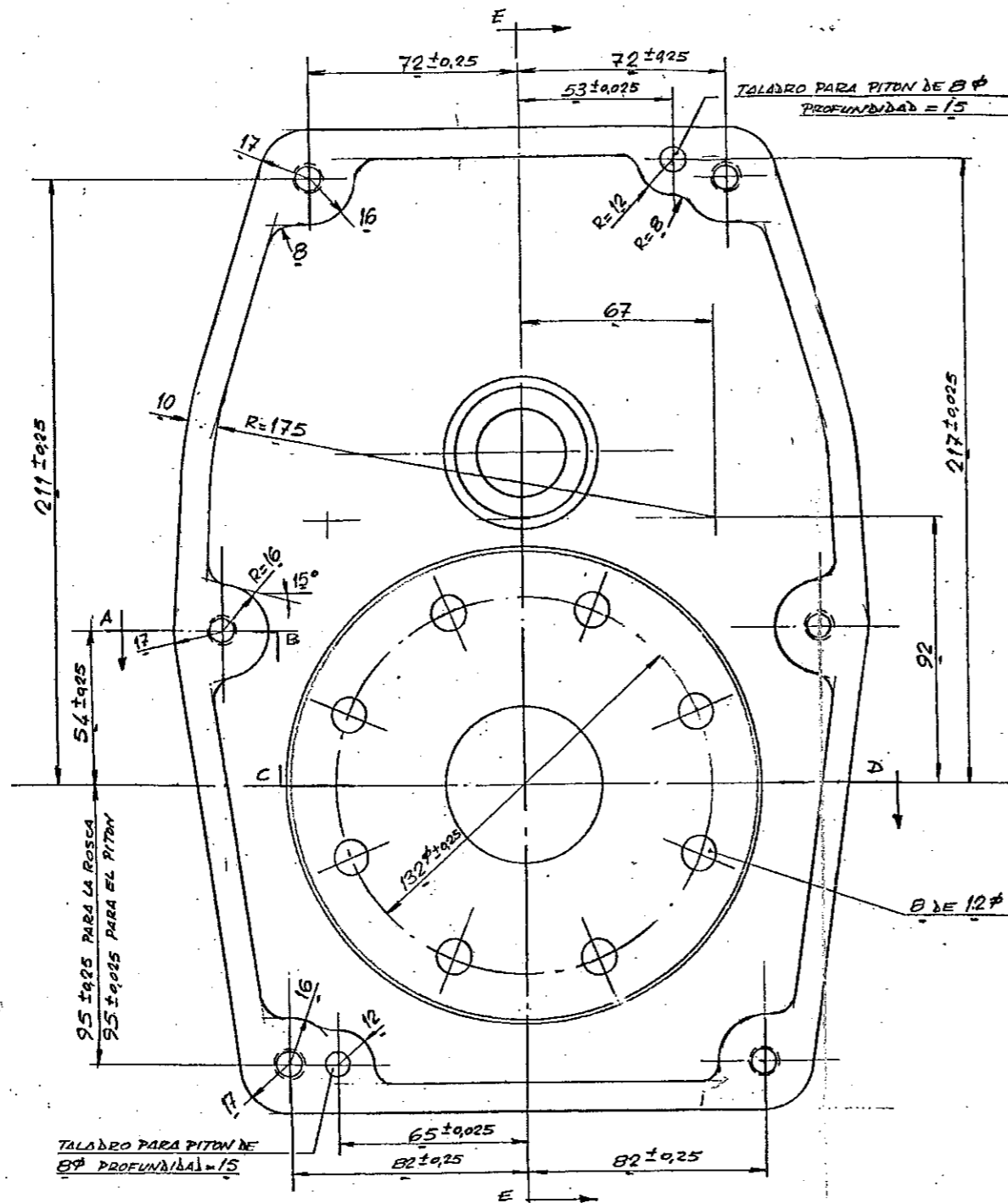
ESCALA 1/1



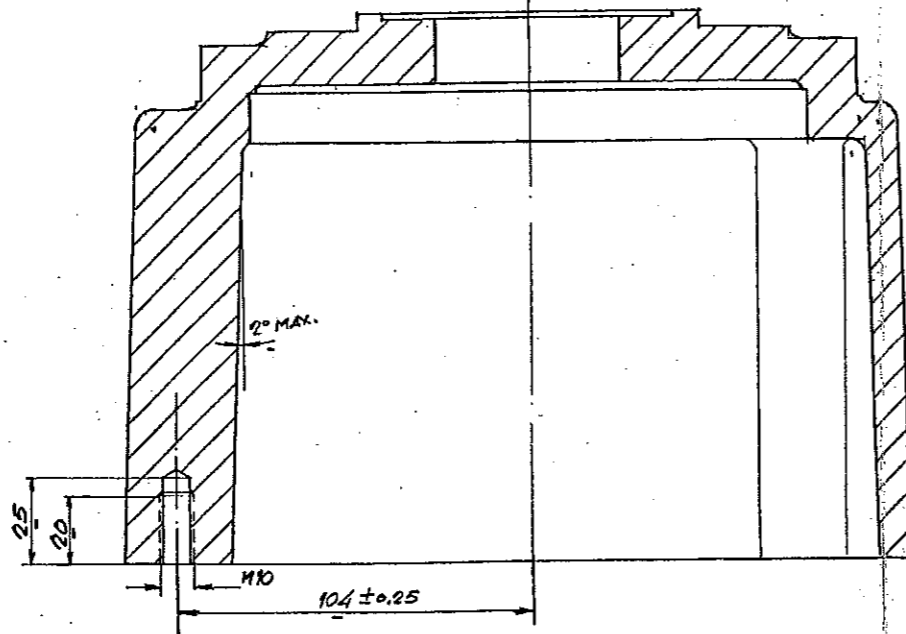
REDUCTORES FL-6 Y FL-5
CON SEGUNDA REDUCCION

JUNTA

ESCALA 1/1



SECCION E-E



SECCION A-B-C-D

RUGOSIDAD EN Ra (mm.) MAX.

SEGUNDA REDUCCION

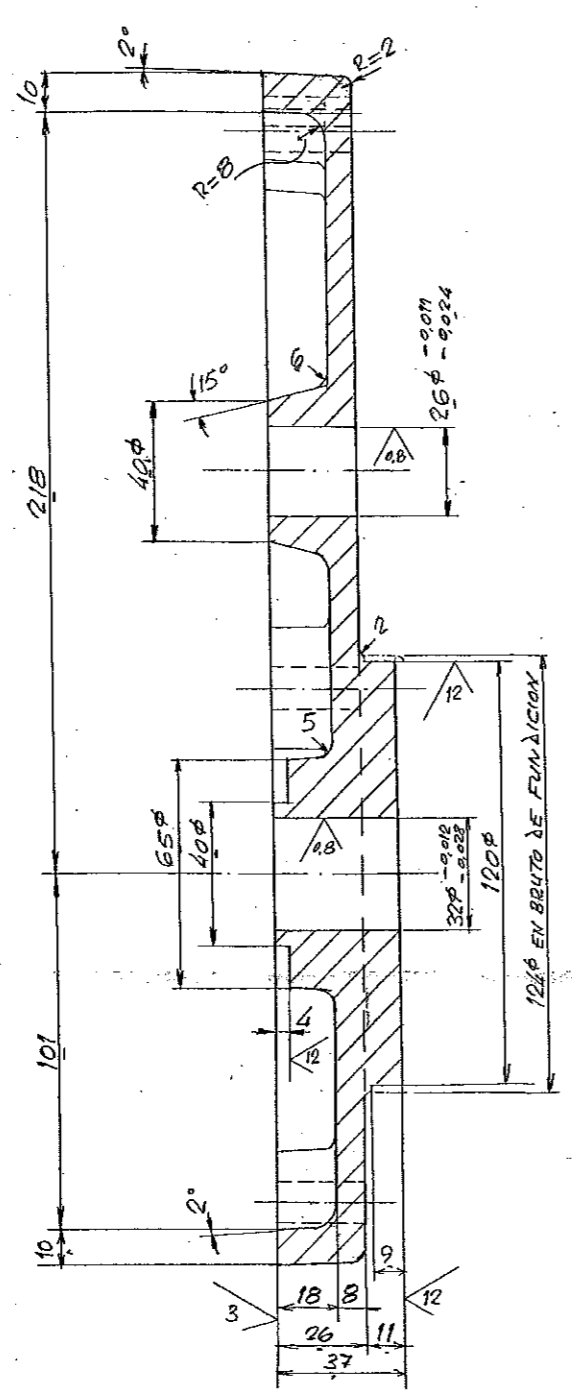
SFL-5 Y SFL-6

CARCASA

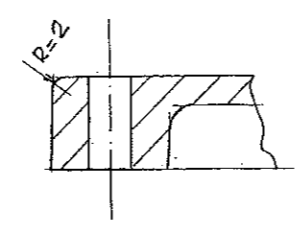
ESCALA 1/1

10

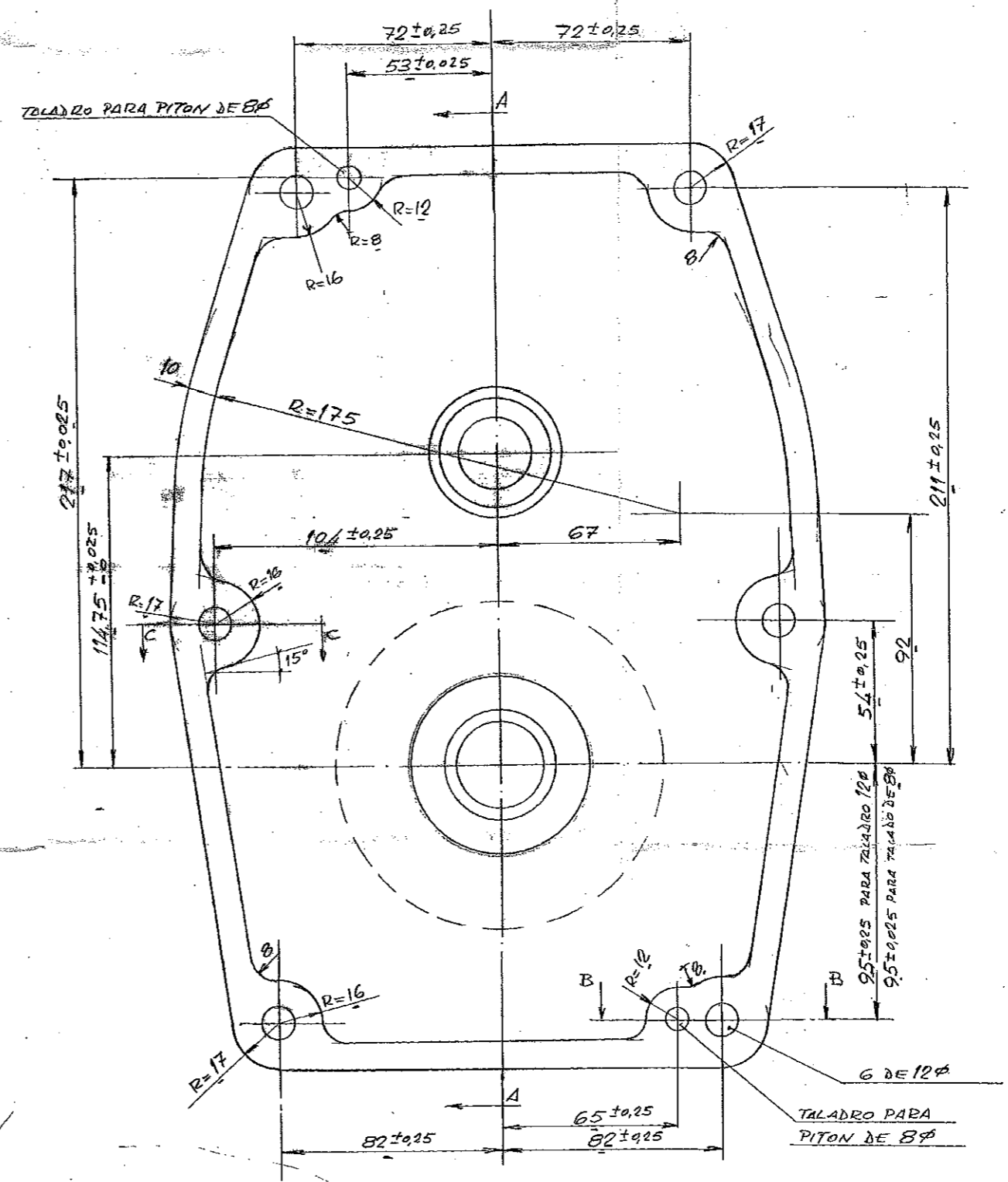
5



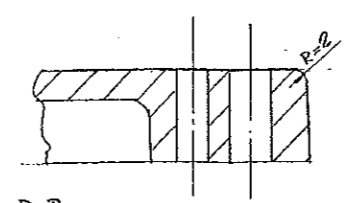
SECCION A-A



SECCION C-C



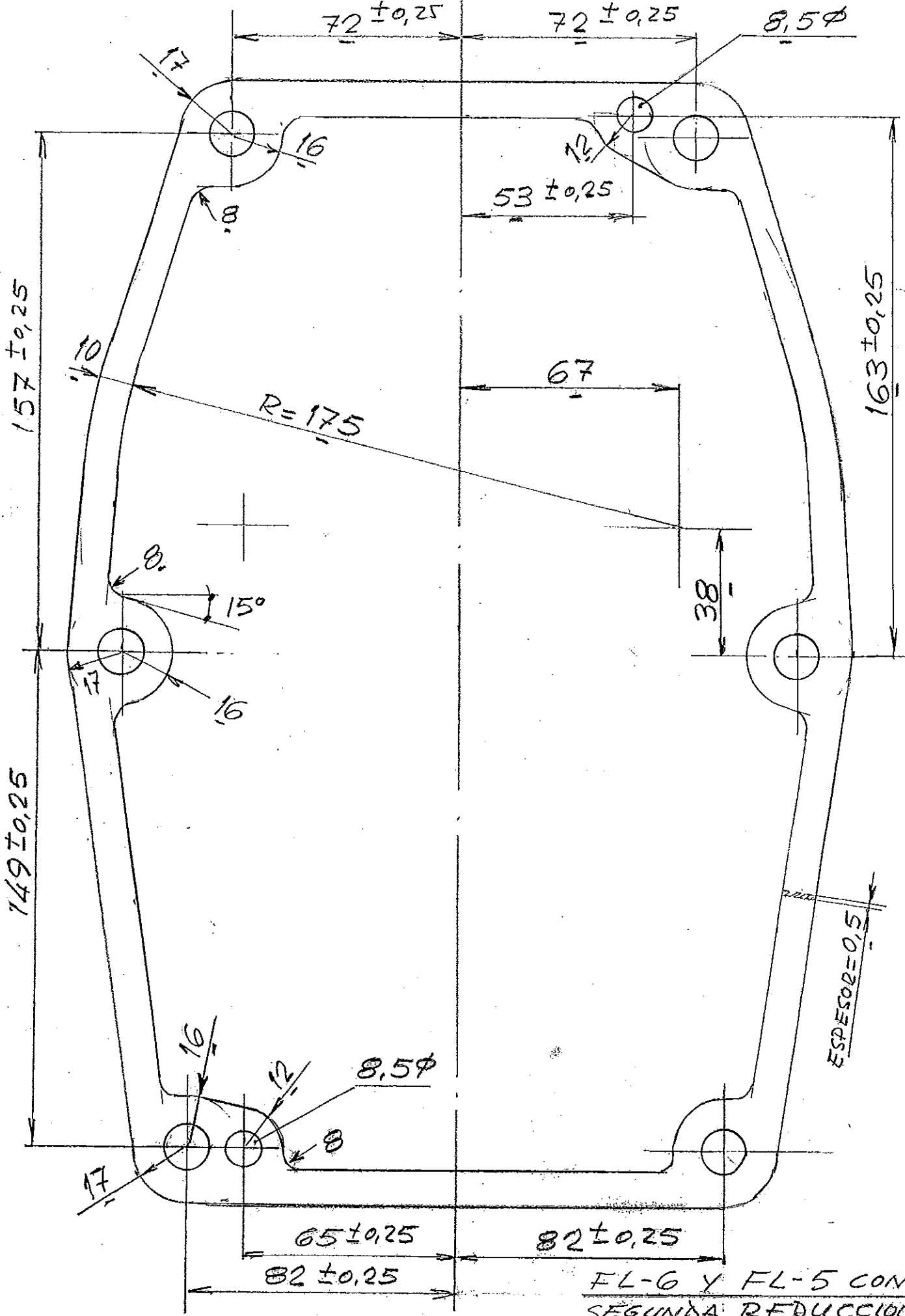
SECCION B-B



DUREZA EN Ra (UMM) MAX.

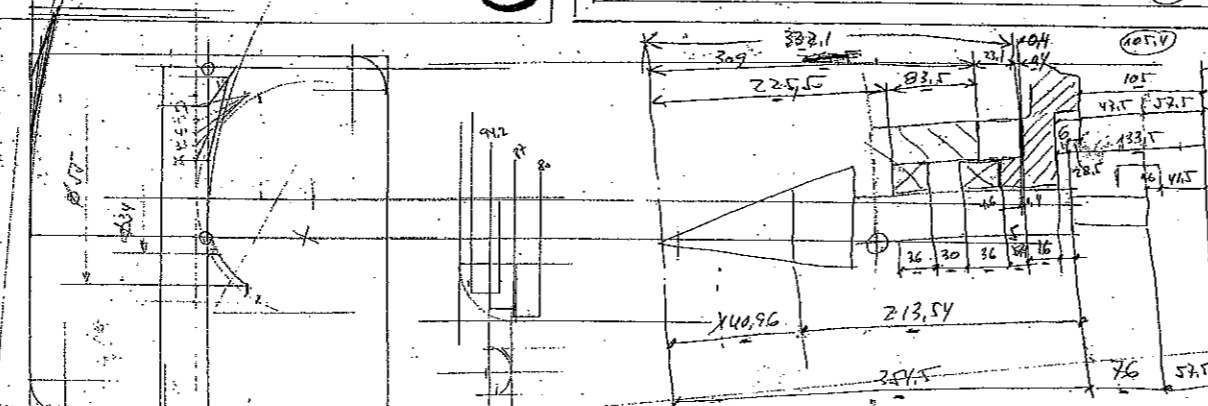
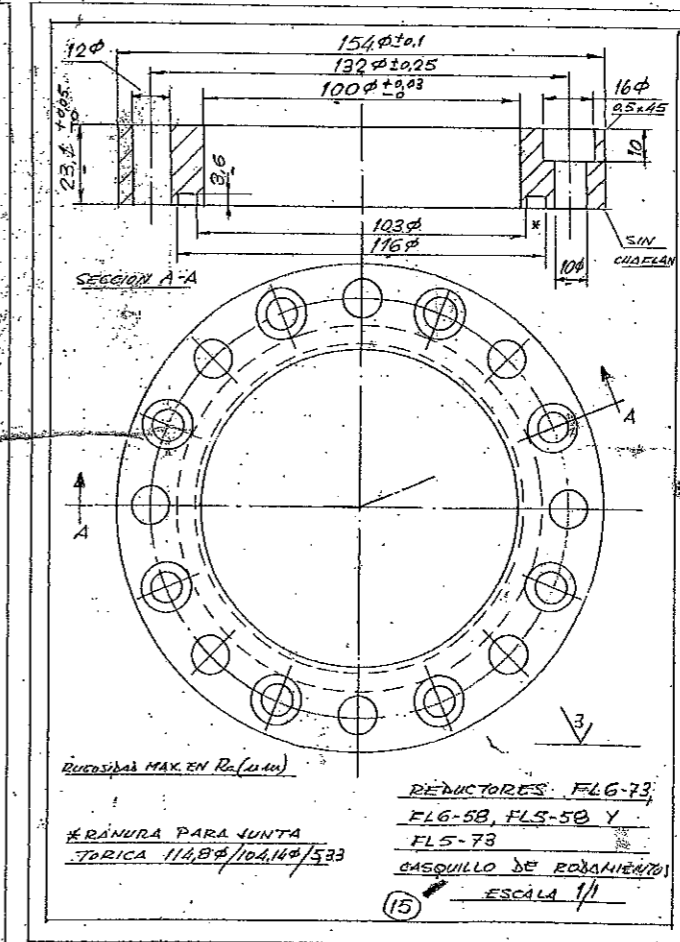
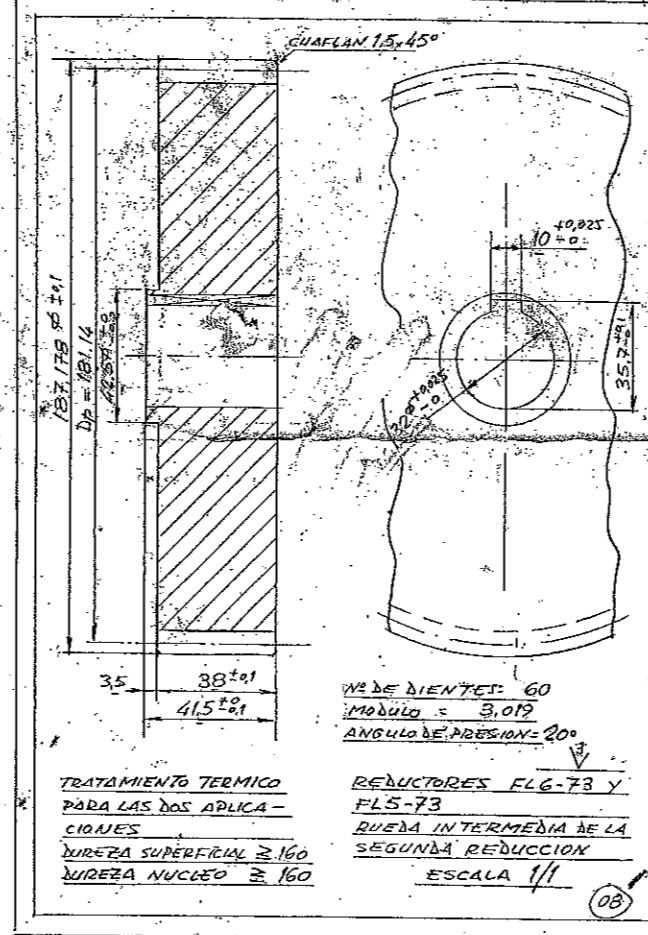
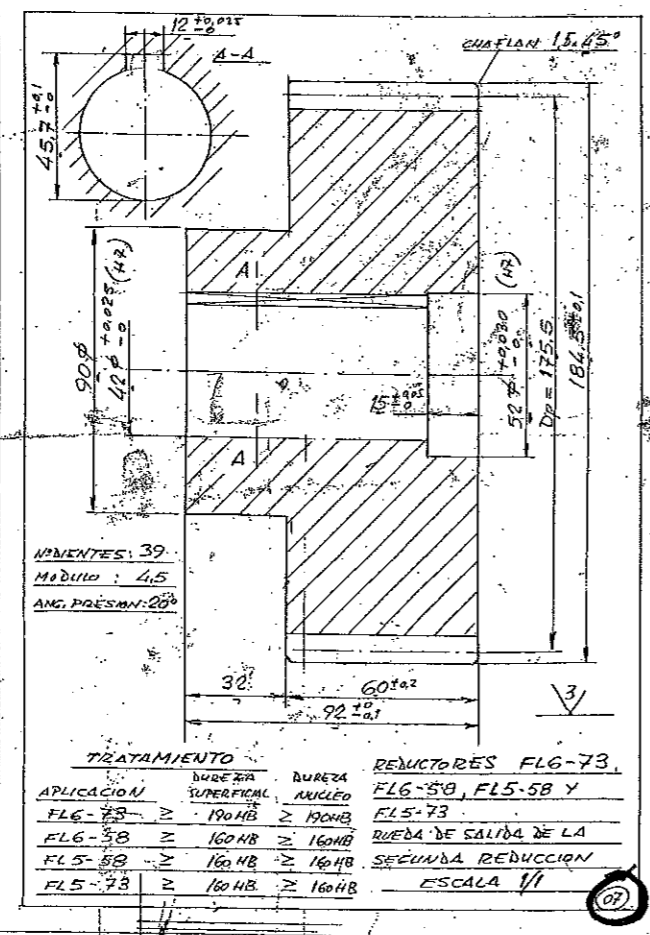
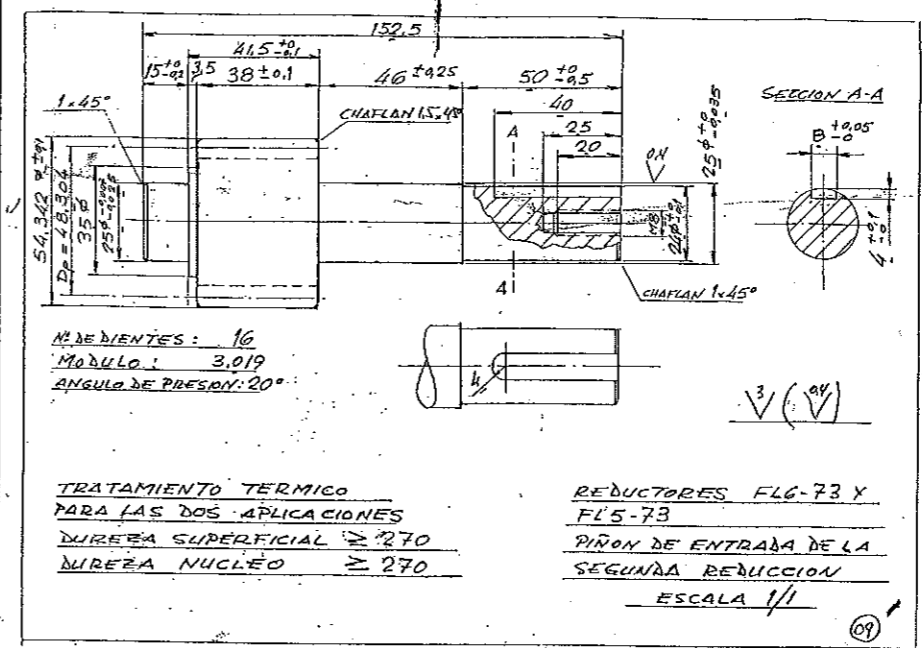
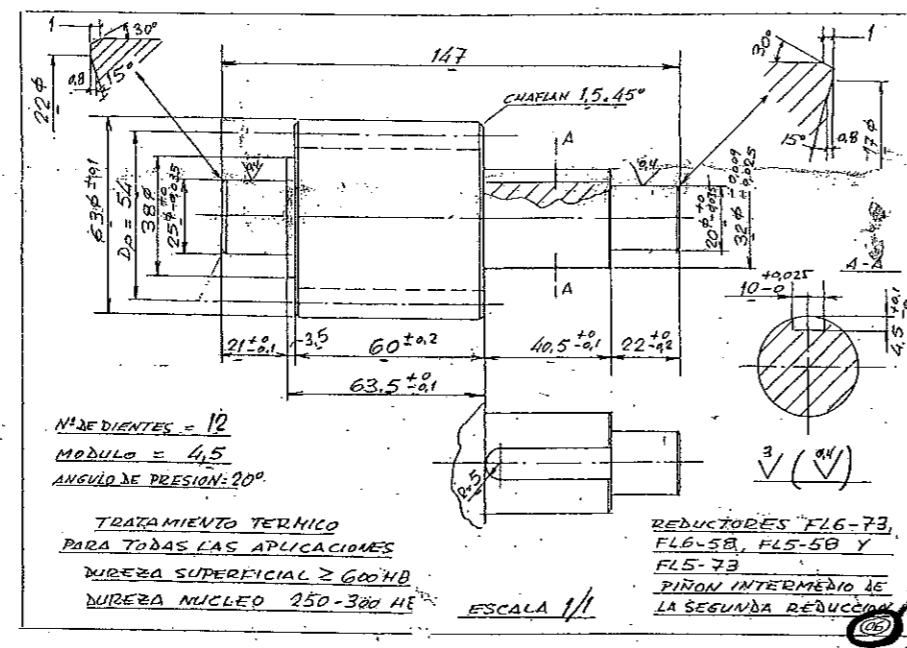
SEGUNDA REALICION
 SFL-5 Y SFL-6
 TAPA
 ESCALA 1/1

11



FL-6 Y FL-5 CON
 SEGUNDA REDUCCION
 JUNTA DE SEG. REDUCCION
 ESCALA 1/1,5

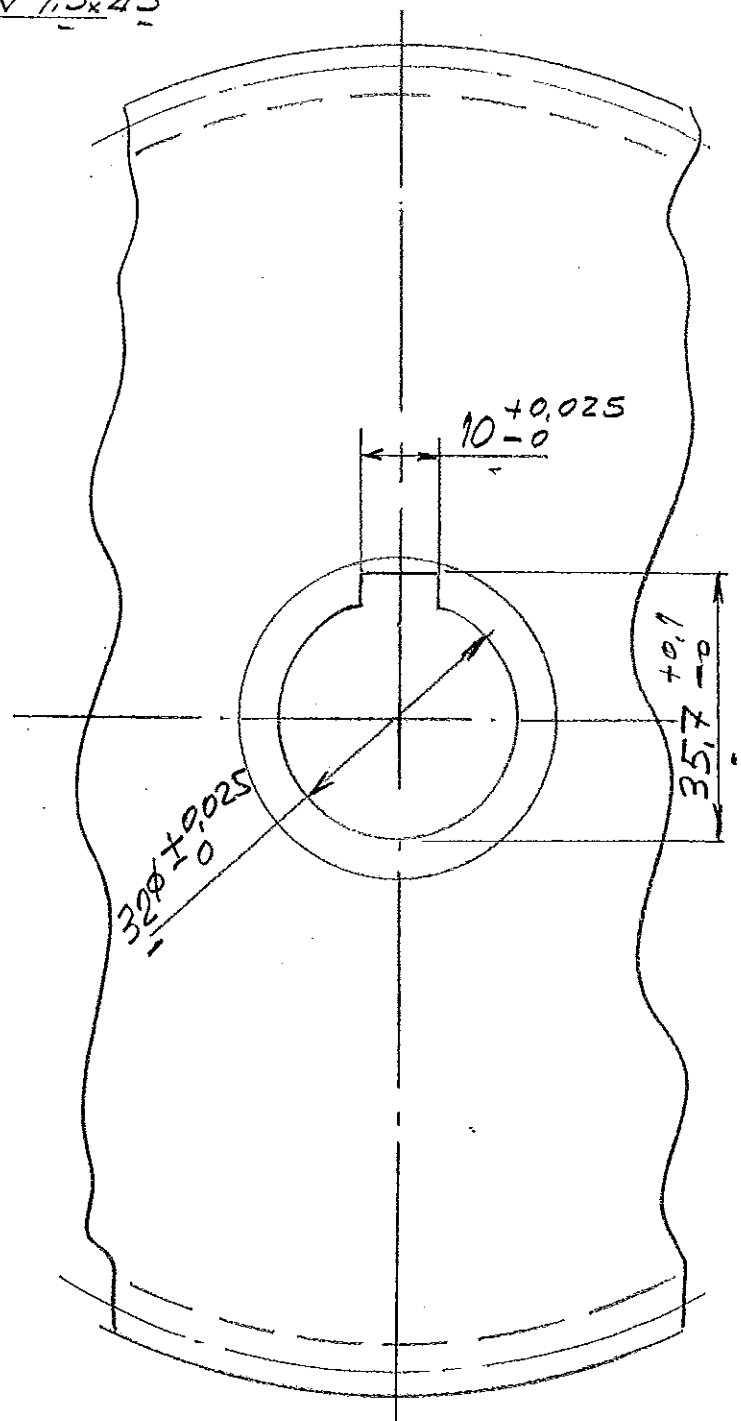
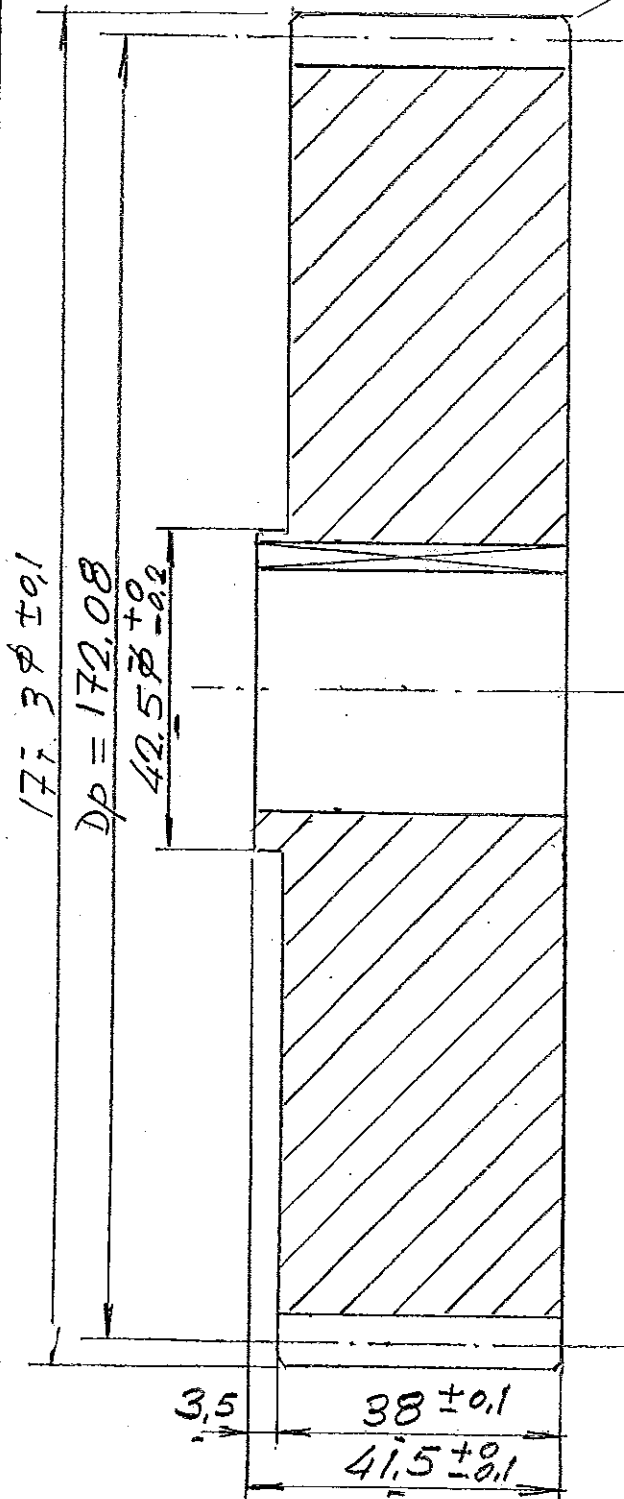
(12)



Junta torica 114,8φ/104,14φ/5,33

76
 1
 15
 92

CHAFLAN $1,5 \times 45^\circ$



Nº DE DIENTES = 60
MODULO = 2,868
ANGULO DE PRESION = 20°

3

TRATAMIENTO TERMICO
PARA LAS DOS APLICACIONES

DUREZA SUPERFICIAL ≥ 160
DUREZA NUCLEO ≥ 160

REDUCTORES FL5-58
Y FL6-58

RUEDA INTERMEDIA DE LA
SEGUNDA REDUCCION

ESCALA 1/1

20

152.5

15 ± 0.1
41.5 ± 0.1
38 ± 0.1

96

46 ± 0.25

50 ± 0.5

CHAFLAN 1.5x45°

40

25

20

25 ± 0.035

24 ± 0.1

35φ

dp = 57.36

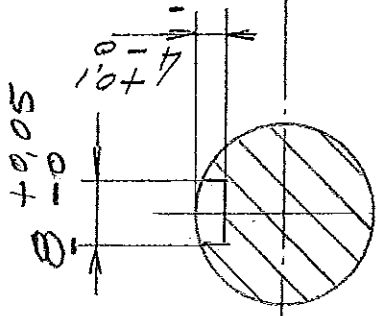
25φ - 0.004

25φ - 0.025

CHAFLAN 1x45°

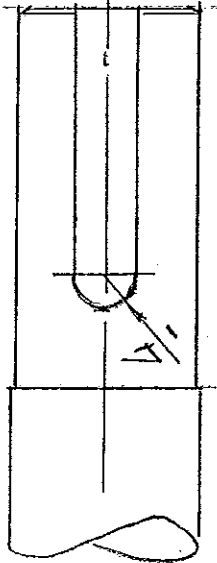
63.1 ± 0.1

SECCION A-A



CHAFLAN 1x45°

3 (0.1)



Nº DE DIENTES = 20
 MODULO = 2.868
 ANGULO DE PRESION = 20°

TRATAMIENTO TERMICO PARA
 LAS DOS APLICACIONES

DUREZA SUPERFICIAL ≥ 270
 DUREZA NUCLEO ≥ 270

REDUCTORES FL5-58 Y
 FL6-58

PIÑON DE ENTRADA DE LA
 SEGUNDA REDUCCION

ESCALA 1/1



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES

“MODELADO EN 3D DE UNA CAJA
REDUCTORA DE ENGRANAJES”

ANEXO II. ARCHIVOS INFORMÁTICOS

Enrique Balén Valerio

Tutor: Sara Marcelino Sádaba y Marta Benito Amurrio

Pamplona, a 28 de Mayo, 2015.

Los anexos informáticos están formados únicamente por los videos demostrativos de los ensamblajes y funcionamientos de la caja reductora.

Estos archivos se han ido vinculando durante el desarrollo del documento y se encuentran en la carpeta Archivos informáticos (Videos).

A continuación se enumeran los videos existentes:

1. Video explosión primera reducción
2. Video montaje primera reducción
3. Video explosión segunda reducción
4. Video montaje segunda reducción
5. Video de giro del conjunto
6. Video explosionado total del conjunto
7. Video simulación de funcionamiento



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES

“MODELADO EN 3D DE UNA CAJA
REDUCTORA DE ENGRANAJES”

DOCUMENTO 2. PLANOS

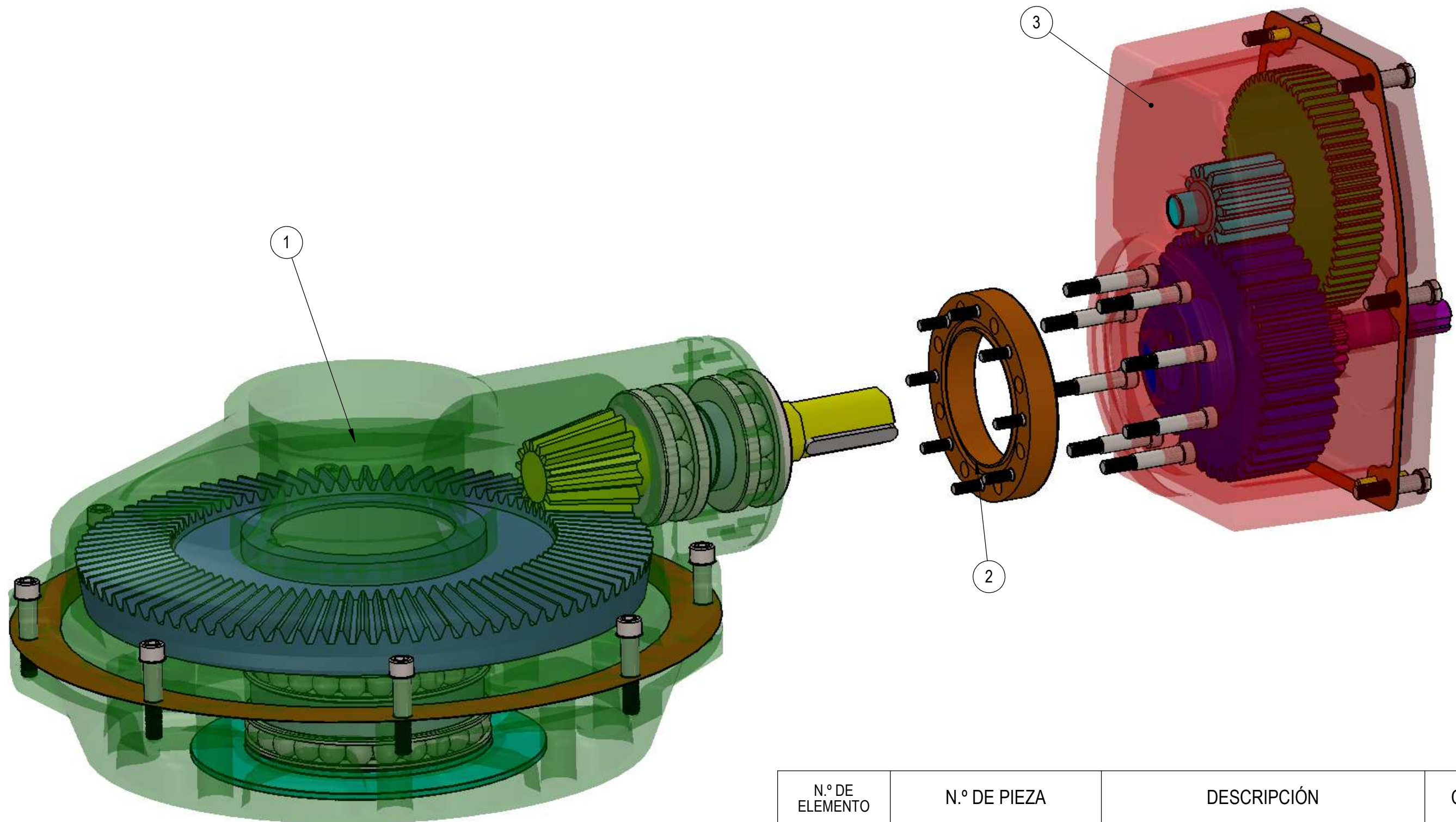
Enrique Balén Valerio


Tutor: Sara Marcelino Sádaba y Marta Benito Amurrio

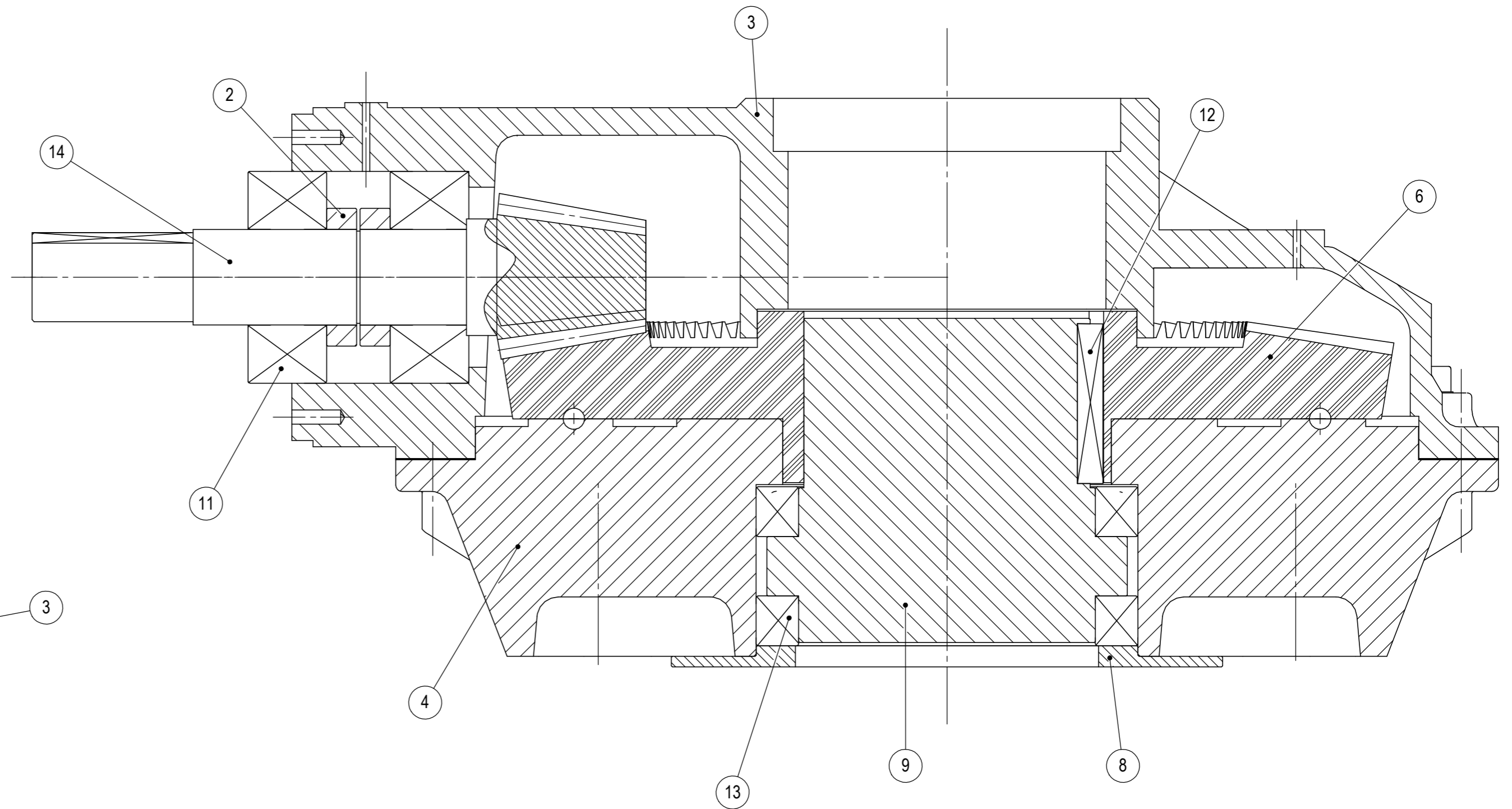
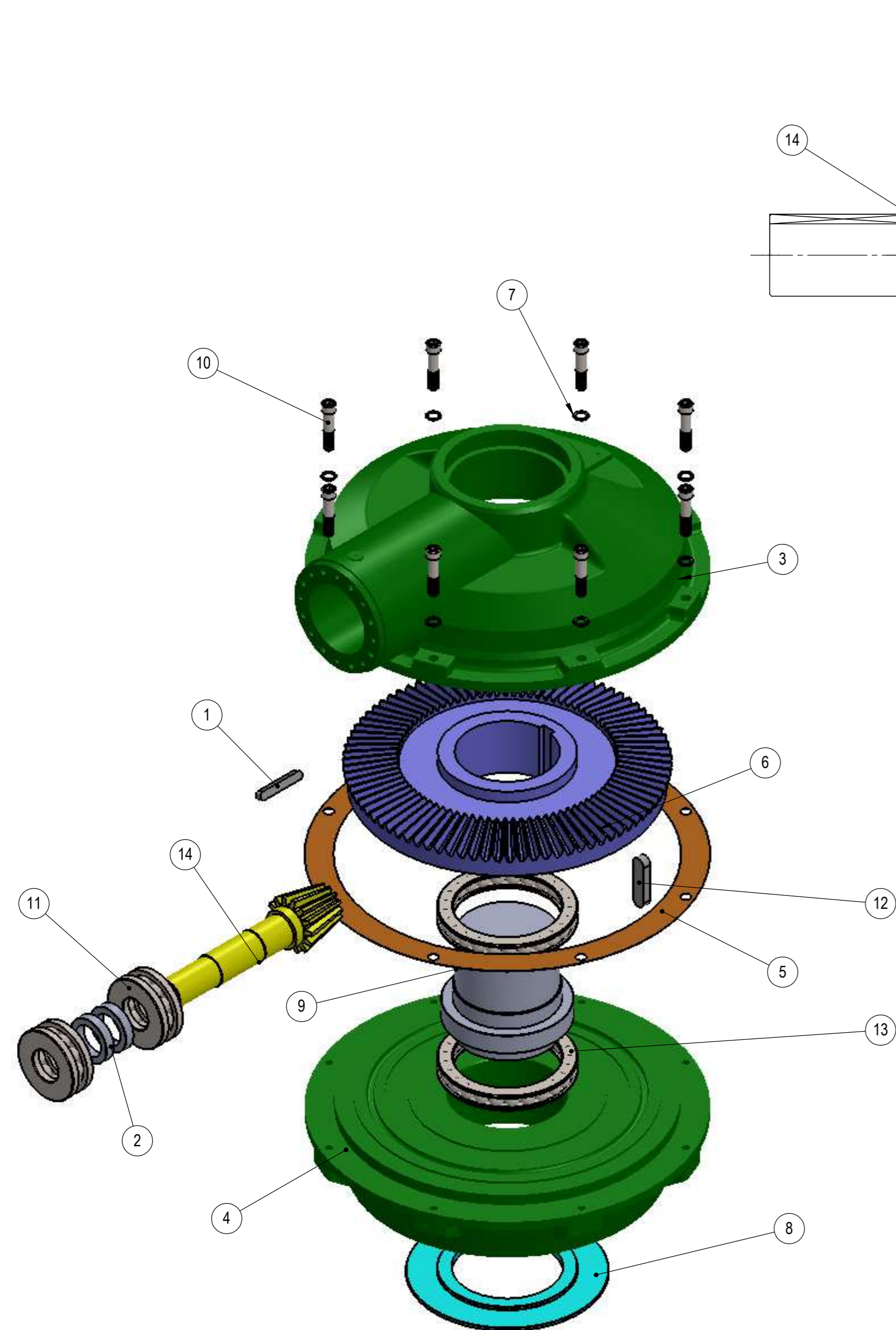
Pamplona, a 28 de Mayo, 2015.

INDICE DE PLANOS

1. Conjunto reductor
2. Primera reducción
3. Carcasa primera reducción
4. Base ISO 5210 F35
5. Junta primera reducción
6. Guía de acoplamiento para ISO 5210 F35
7. Tuerca
8. Rueda cónica
9. Piñón cónico
10. Arandela separadora de rodamientos
11. Segunda reducción
12. Carcasa segunda reducción
13. Tapa segunda reducción
14. Junta segunda reducción
15. Piñón de entrada segunda reducción
16. Rueda de entrada segunda reducción
17. Piñón intermedio segunda reducción
18. Rueda de salida segunda reducción
19. Unión entre reducciones
20. Casquillo de rodamientos
21. Junta entre reducciones



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Primera reducción	Nº de plano: 2	1
2	Unión reducciones	Nº de plano: 19	1
3	Segunda reducción	Nº de plano: 11	1
	ENRIQUE BALÉN VALERIO		FECHA: 25/03/2015
	TALLERES F.LARRINAGA, S.A		N.º DE PLANO: 1
ESCALA:	NOMBRE DE LA PIEZA:	Conjunto reductor FL5-6	MATERIAL:



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	Nº DE PLANO	CANTIDAD
1	Chaveta piñón cónico	Acero aleado fundido		1
2	Arandela separadora de rodamientos	Acero aleado fundido	10	2
3	Carcasa de la primera reducción	Fundición gris	3	1
4	Base ISO 5210 F35	Fundición gris	4	1
5	Junta de la primera reducción	Caucho natural	5	1
6	Rueda cónica	1.5714 (16NiCr4)	8	1
7	Arandela de unión primera reducción	Acero aleado fundido		8
8	Guía de acomplamiento	Fundición gris	6	1
9	Tuerca	Bronce aluminico	7	1
10	DIN 912 M12x1.5 x 60 --- 36S			8
11	SKF - 51224 - Full,DE,NC,Full_68			2
12	Chaveta tuerca	Acero aleado fundido		1
13	SKF - 51224 - Full,DE,NC,Full_68			2
14	Piñón cónico	1.5714 (16NiCr4)	9	1



ENRIQUE BALÉN VALERIO

FECHA:
25/03/2015

TALLERES F.LARRINAGA, S.A

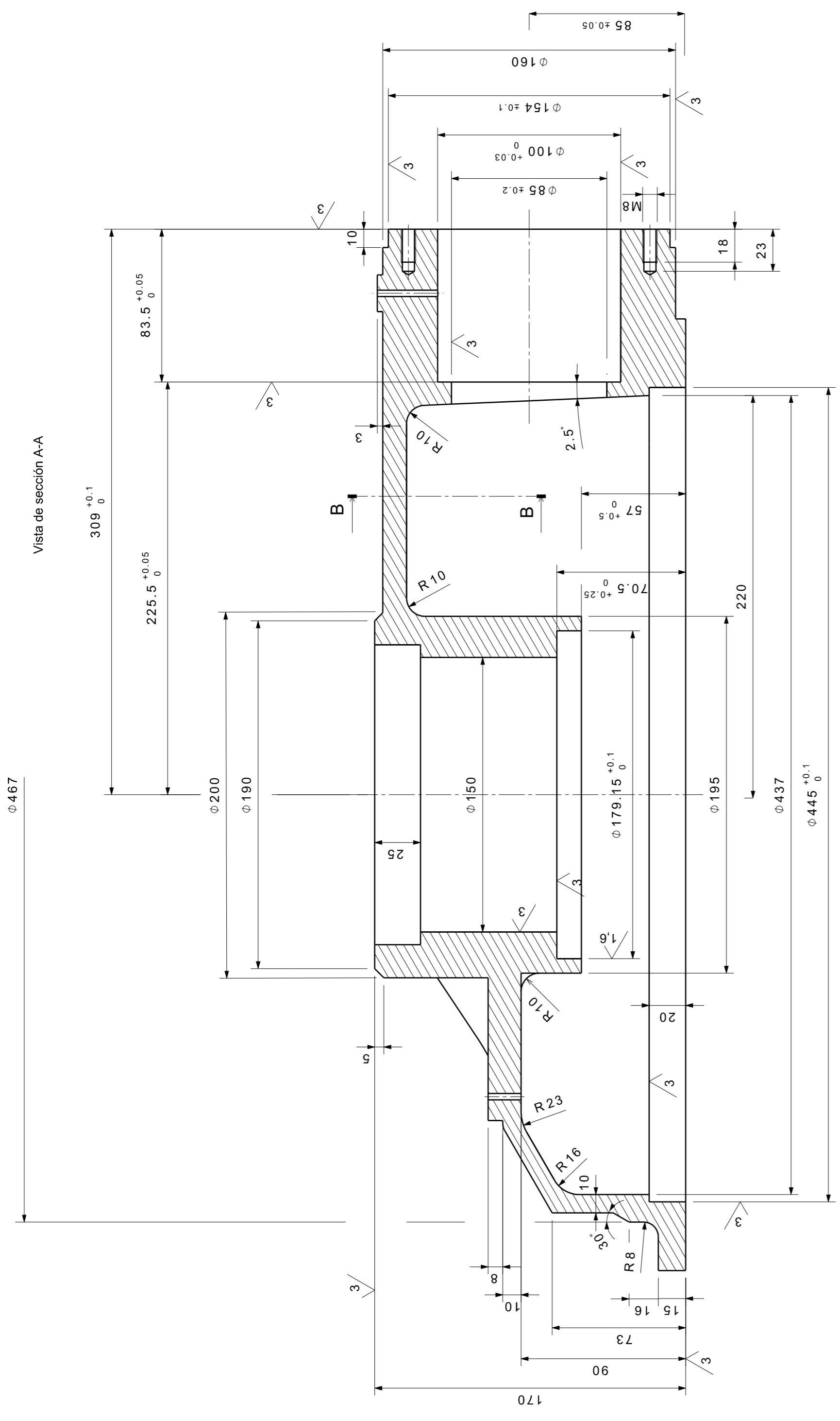
Nº DE PLANO:
2

ESCALA:

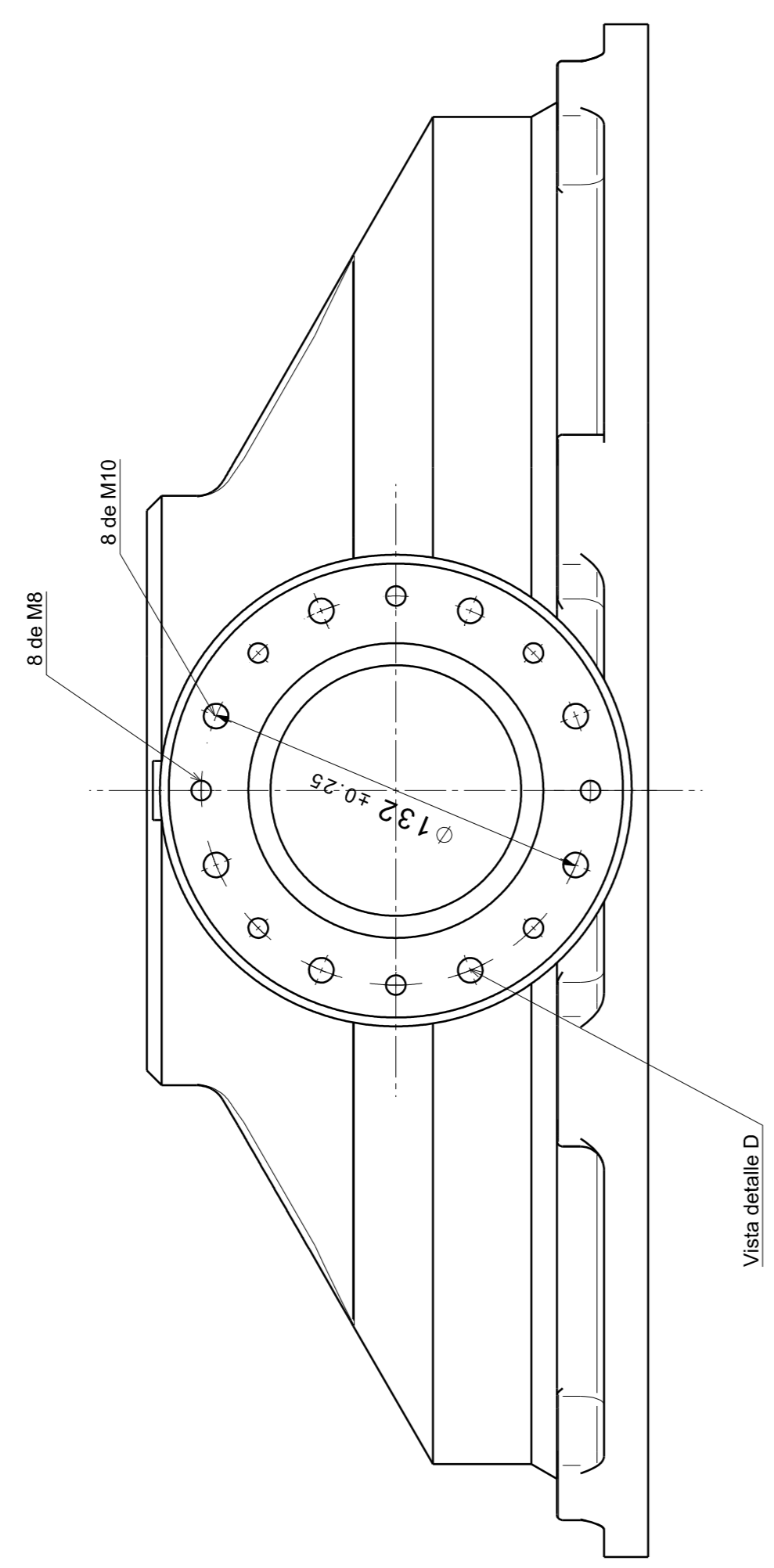
NOMBRE DE LA PIEZA:

Primera reducción

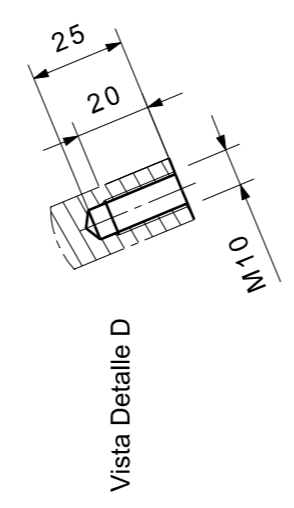
MATERIAL:



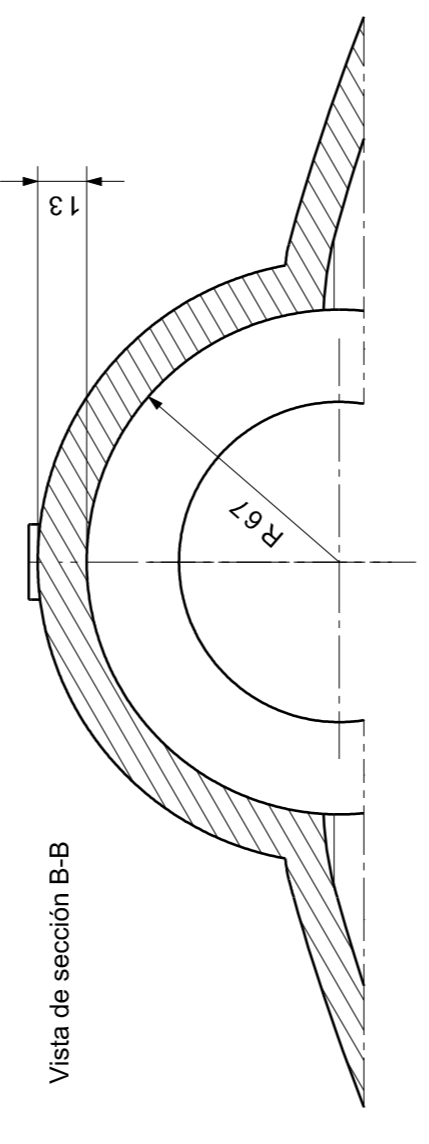
Vista de sección A-A



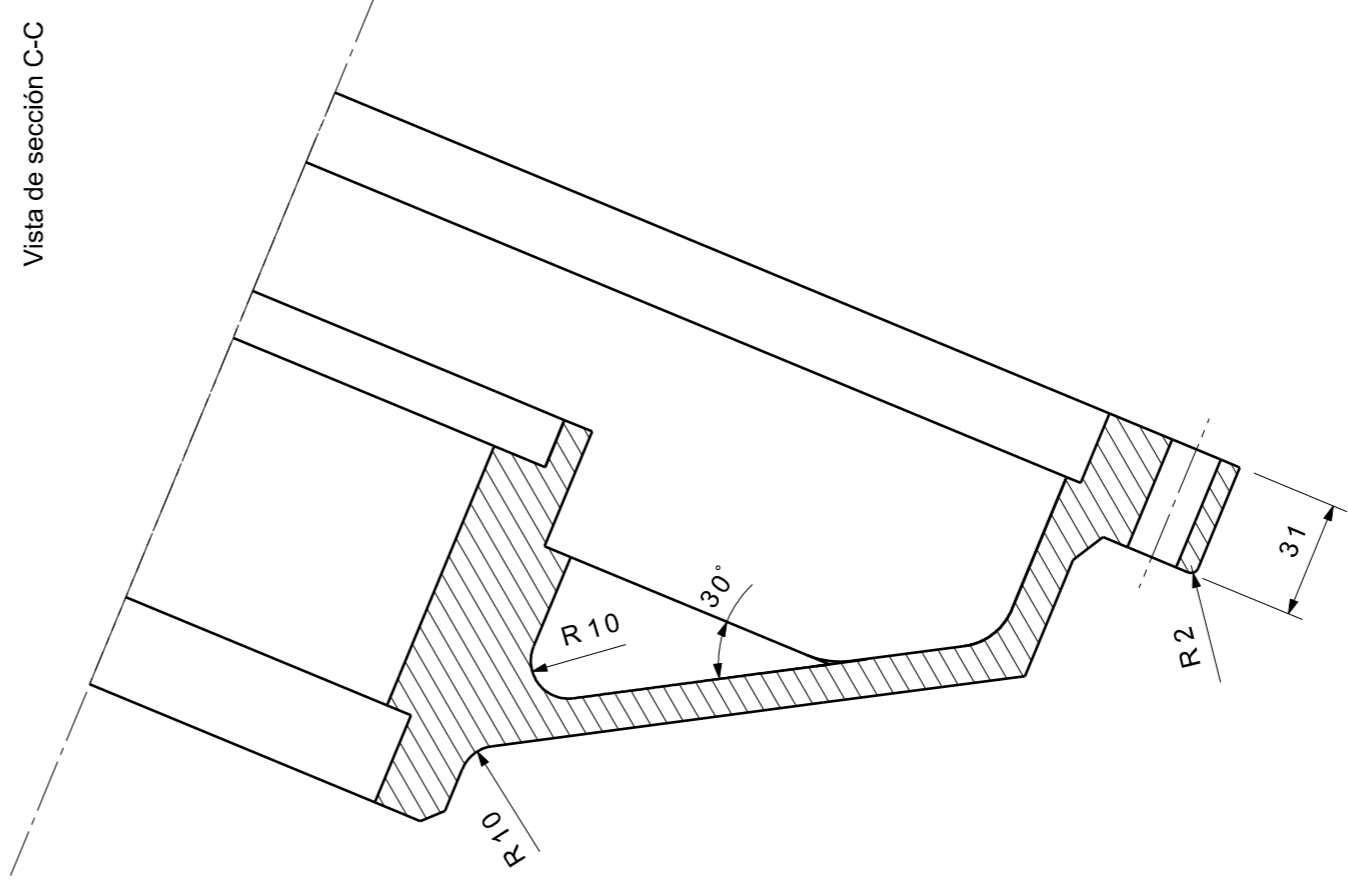
Vista detalle D



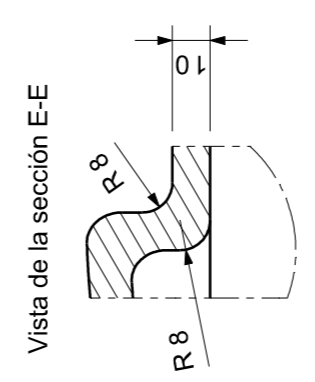
Vista Detalle D



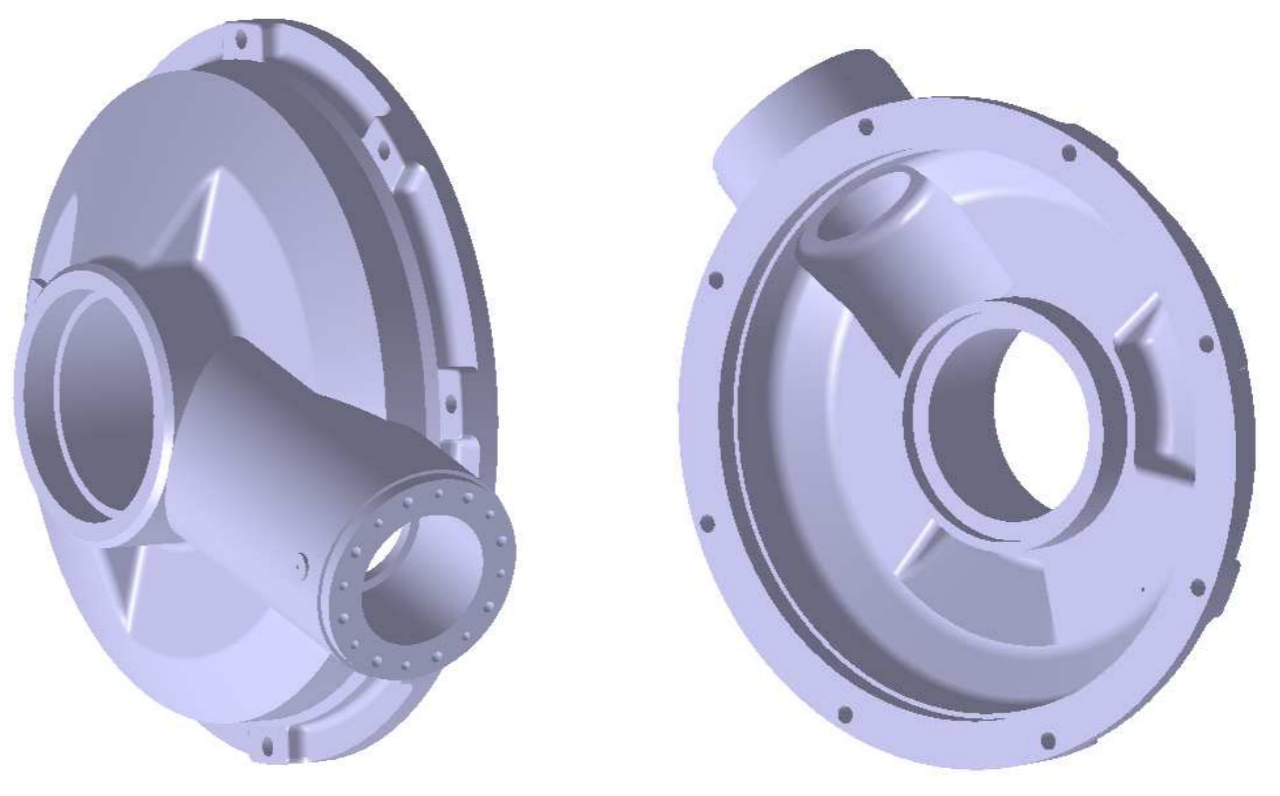
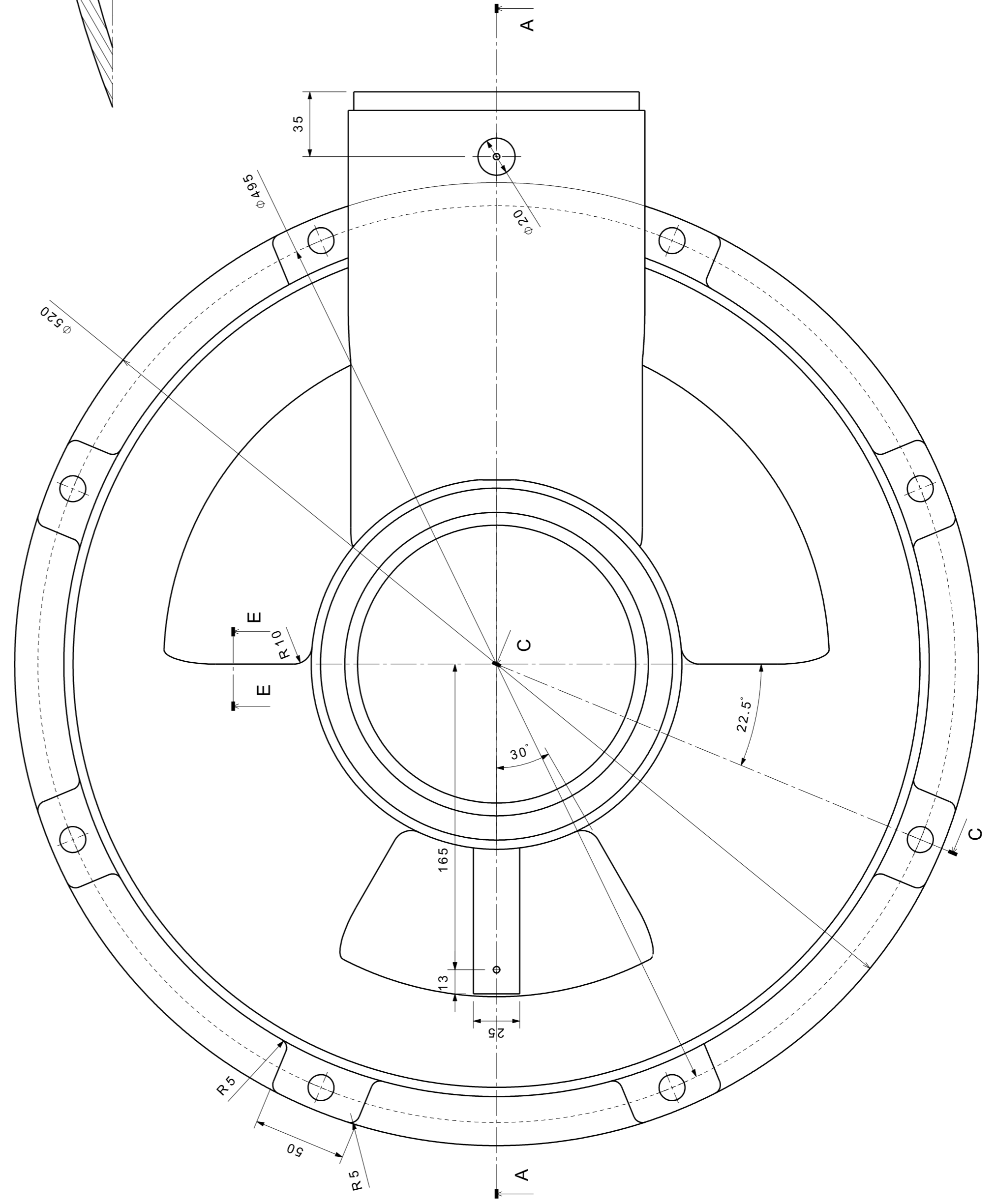
Vista de sección B-B



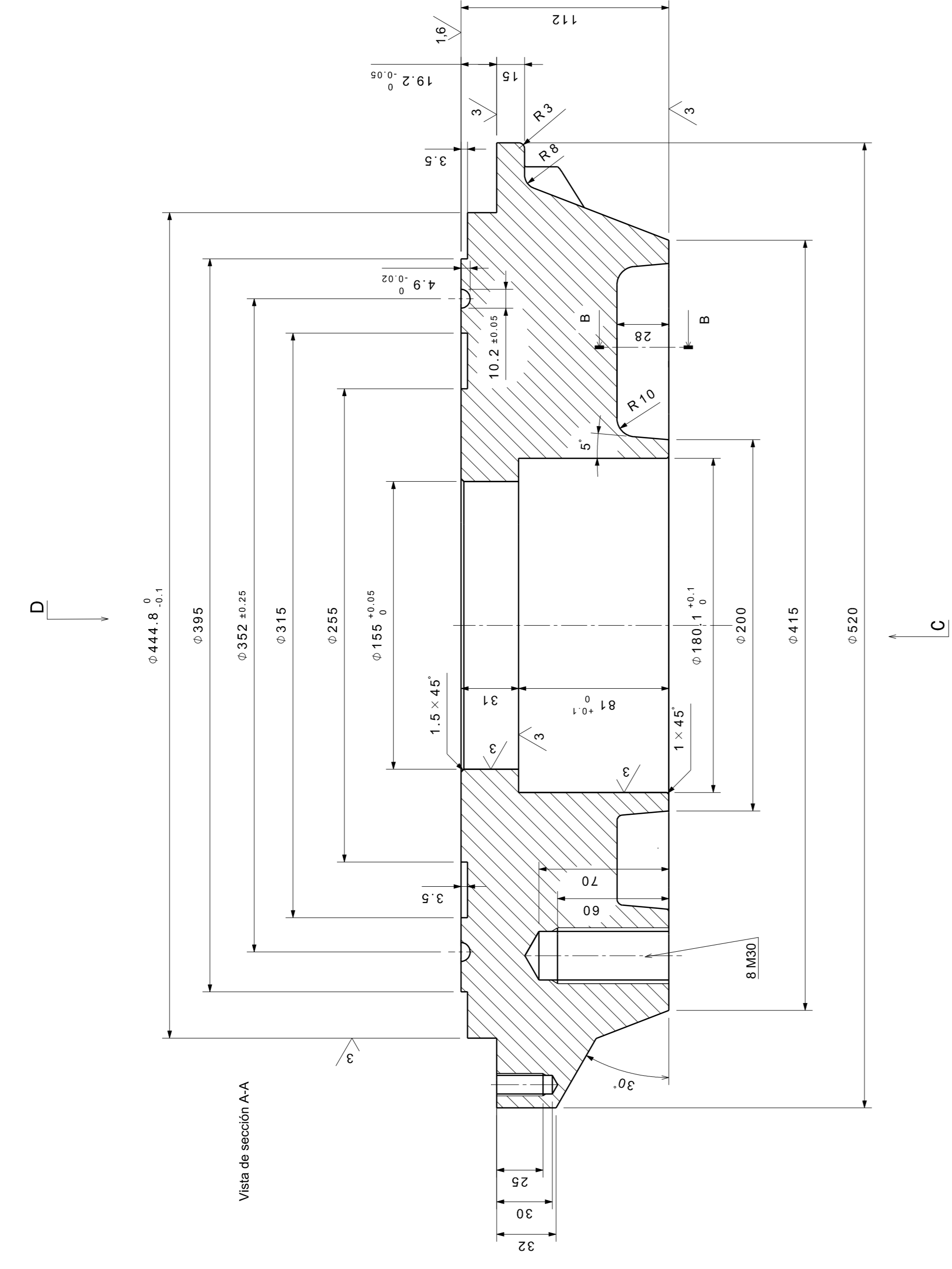
Vista de sección C-C



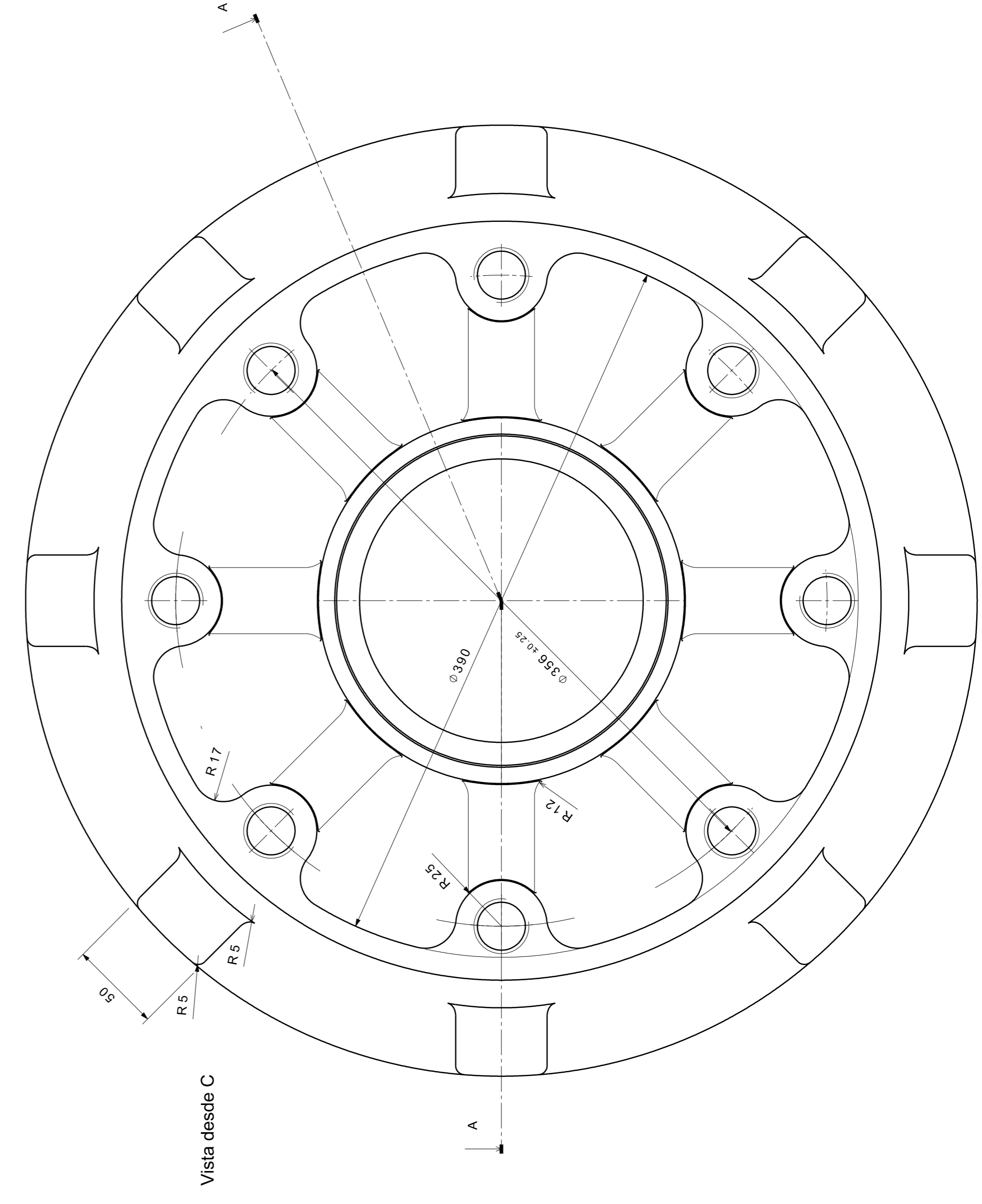
Vista de la sección E-E



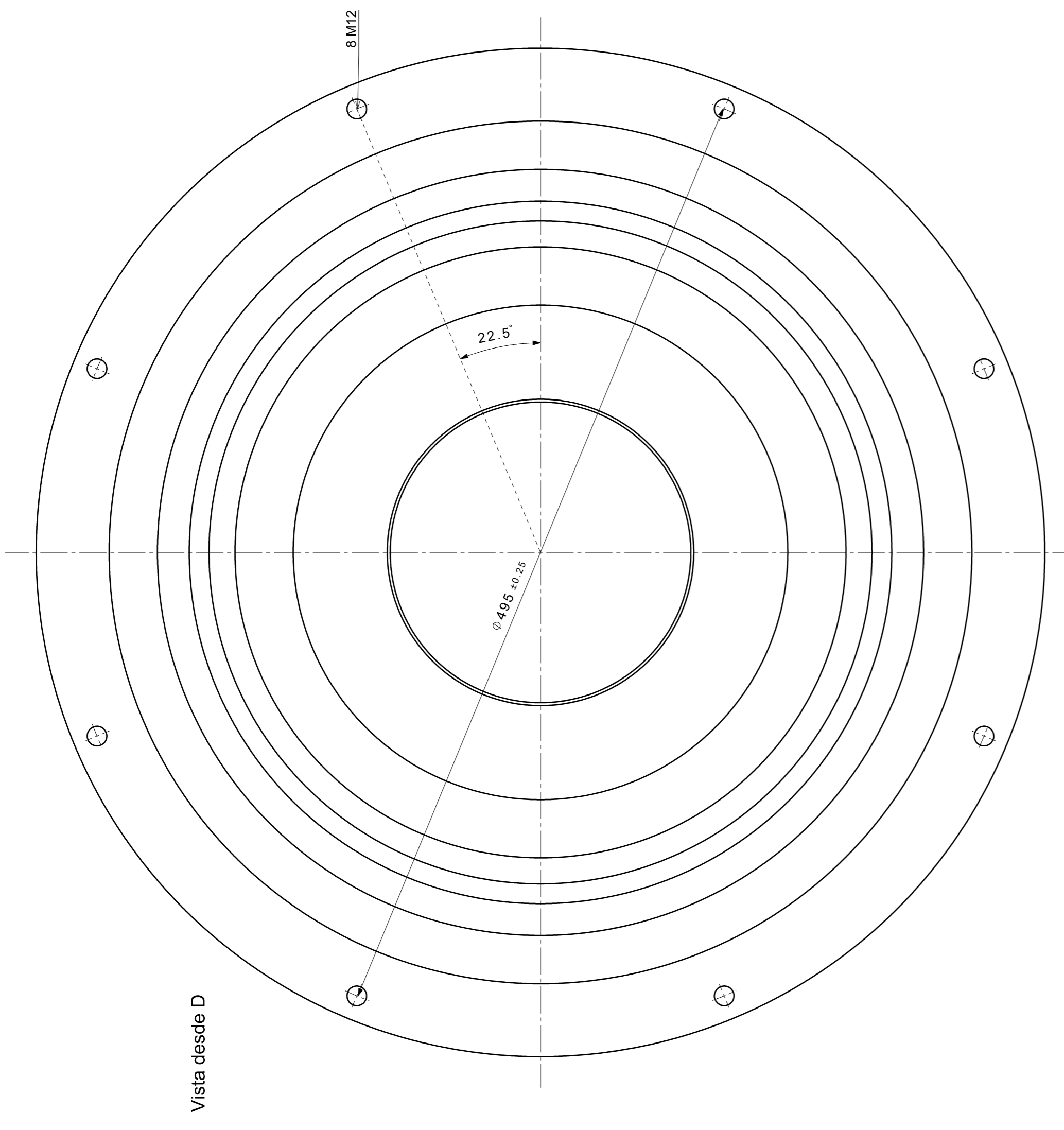
FECHA: 25/03/2015	ENRIQUE BALÉN VALERIO	ESCALA: 1:2
Nº DE PLANO (REV): 3 (01)	TALLERES F.LARRINAGA, S.A	NOMBRE DE LA PIEZA: Carcasa primera reducción
MATERIAL: Hierro fundido		



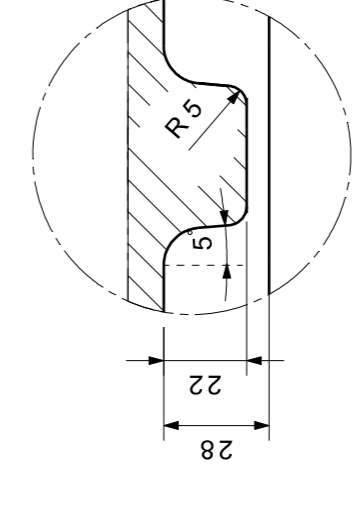
Vista de sección A-A



Vista desde C

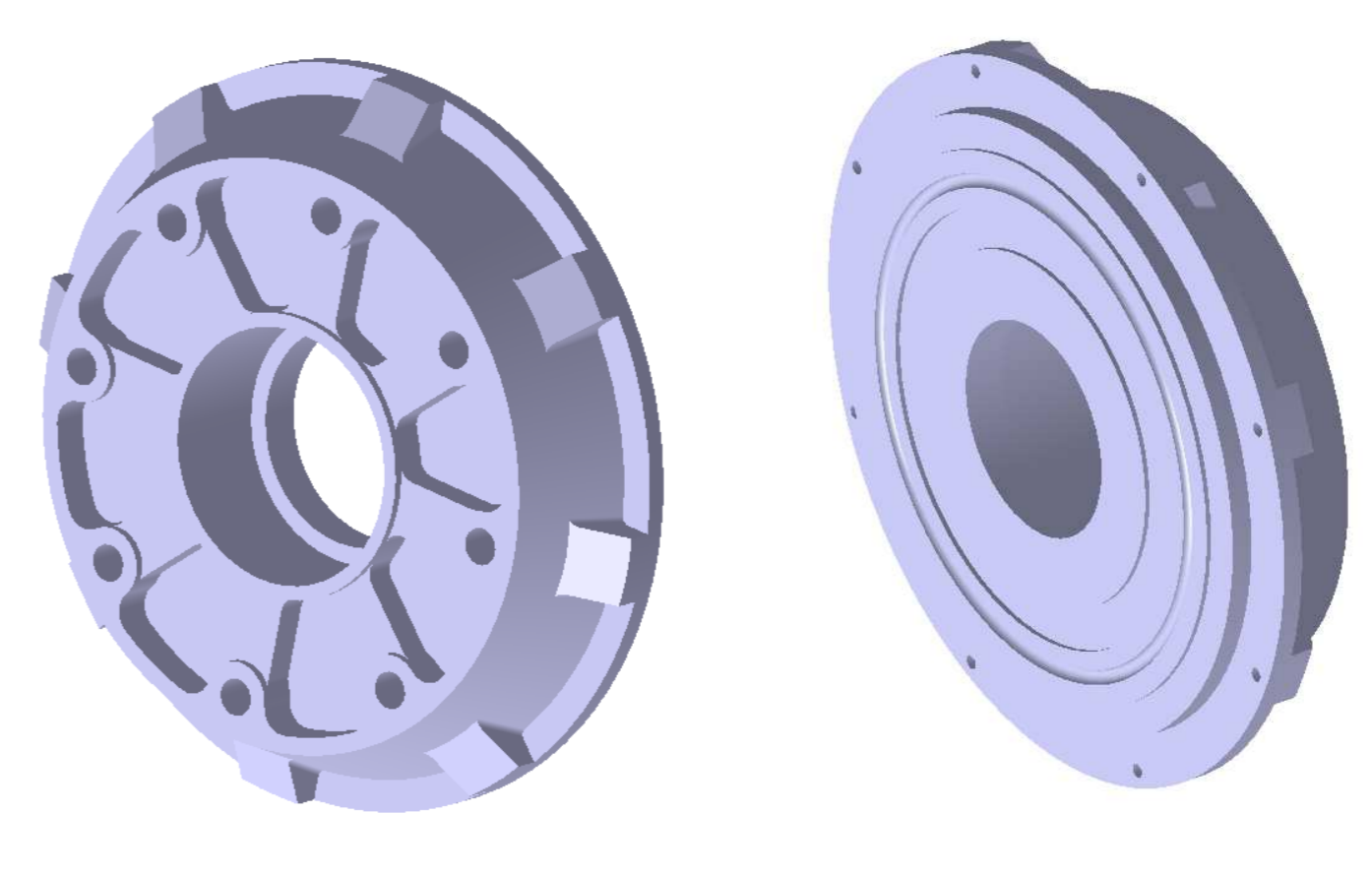



Vista desde D

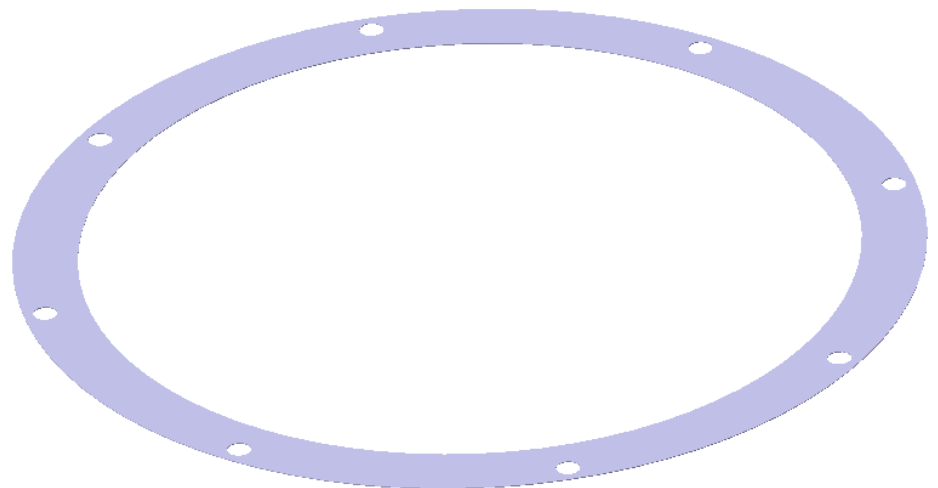
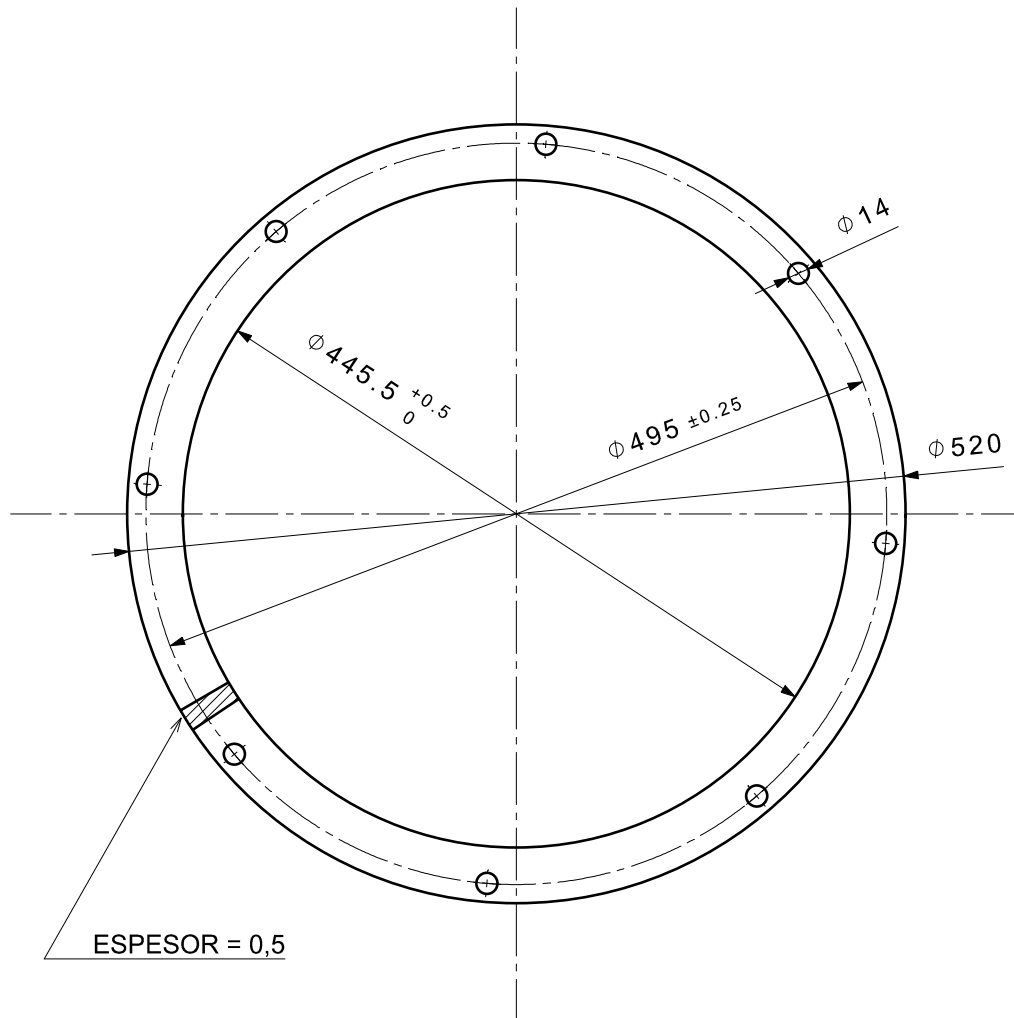


Vista de la sección B-B

Rugosidad máxima en Ra (µm)



	ENRIQUE BALÉN VALERIO	FECHA: 25/03/2015
	TALLERES F. LARRINAGA, S.A	Nº DE PLANO: WBV 4 (17)
ESCALA: 1:2	NOMBRE DE LA PIEZA: Base ISO 5210 F35	MATERIAL: Hierro fundido



ENRIQUE BALÉN VALERIO

FECHA:

25/03/2015

TALLERES F.LARRINAGA, S.A

Nº DE PLANO: (REF)

5 (3)

ESCALA:

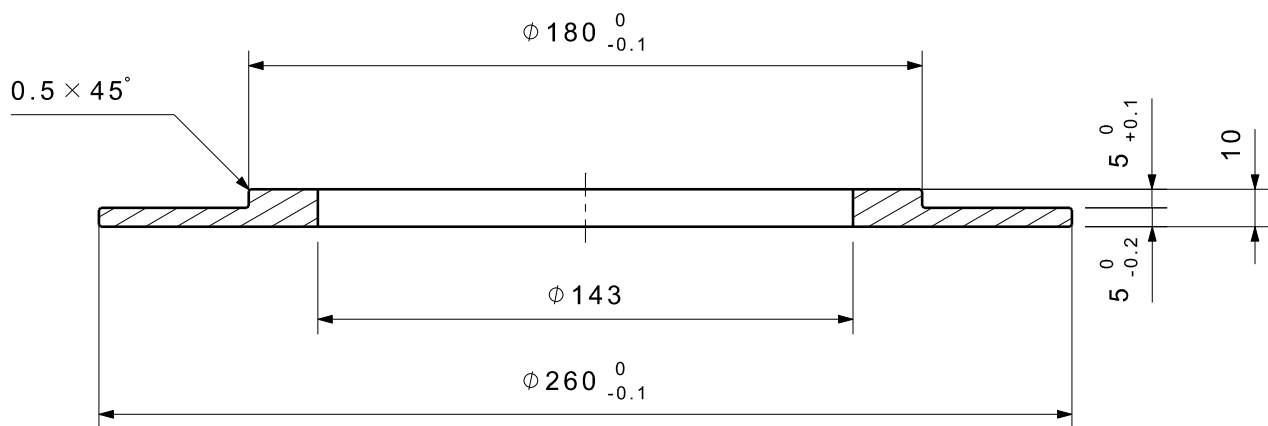
1:5

NOMBRE DE PIEZA:

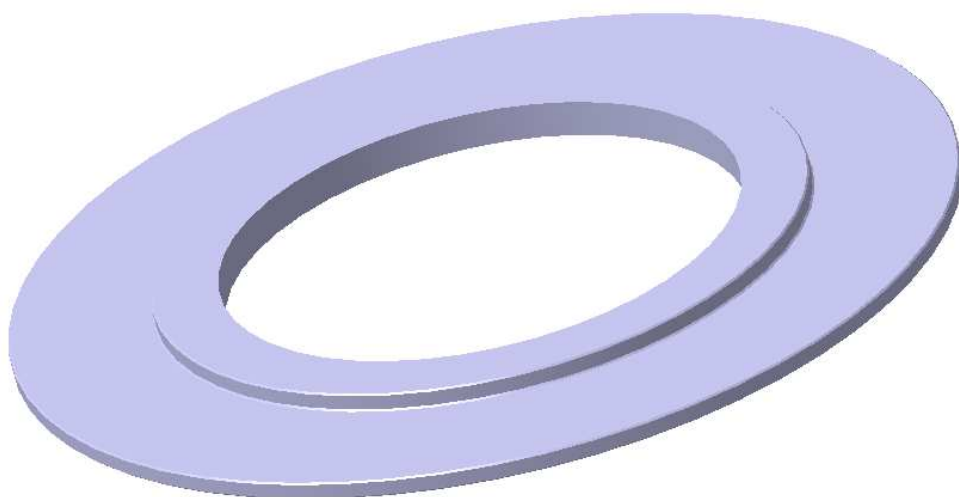
Junta primera reducción

MATERIAL:

Caucho natural



Matar las aristas con chaflán 0.5x45°



ENRIQUE BALÉN VALERIO

FECHA:
25/03/2015

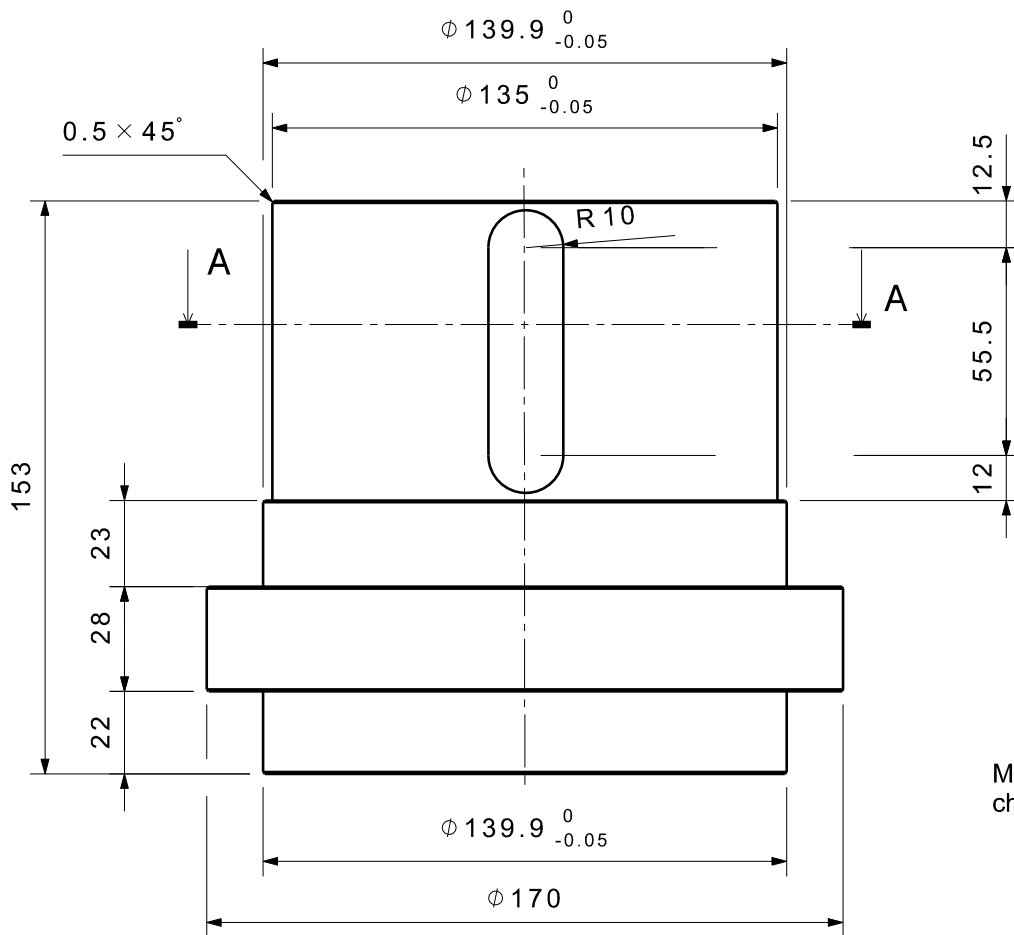
TALLERES F.LARRINAGA, S.A

Nº DE PLANO: (REF)
6 (22)

ESCALA:
1:2

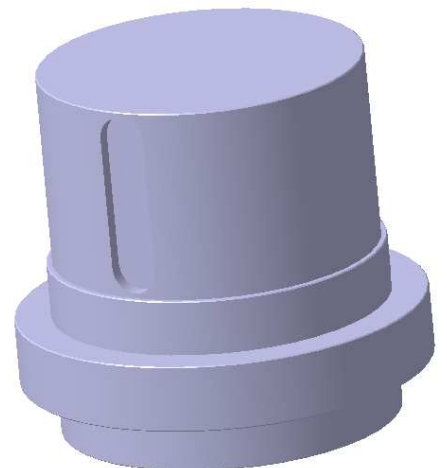
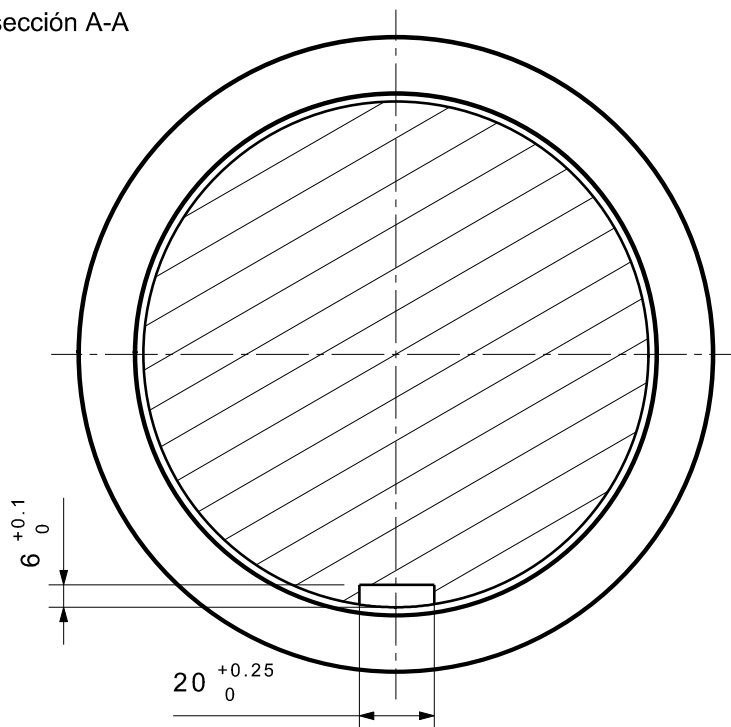
NOMBRE DE PIEZA:
Guía de acoplamiento para ISO 5210 F35

MATERIAL:
Acero



Matar las aristas con chaflán de $0.5 \times 45^\circ$

Vista de sección A-A



ENRIQUE BALÉN VALERIO

FECHA:

25/03/2015

TALLERES F.LARRINAGA, S.A

Nº DE PLANO: (REF)

7 (18)

ESCALA:

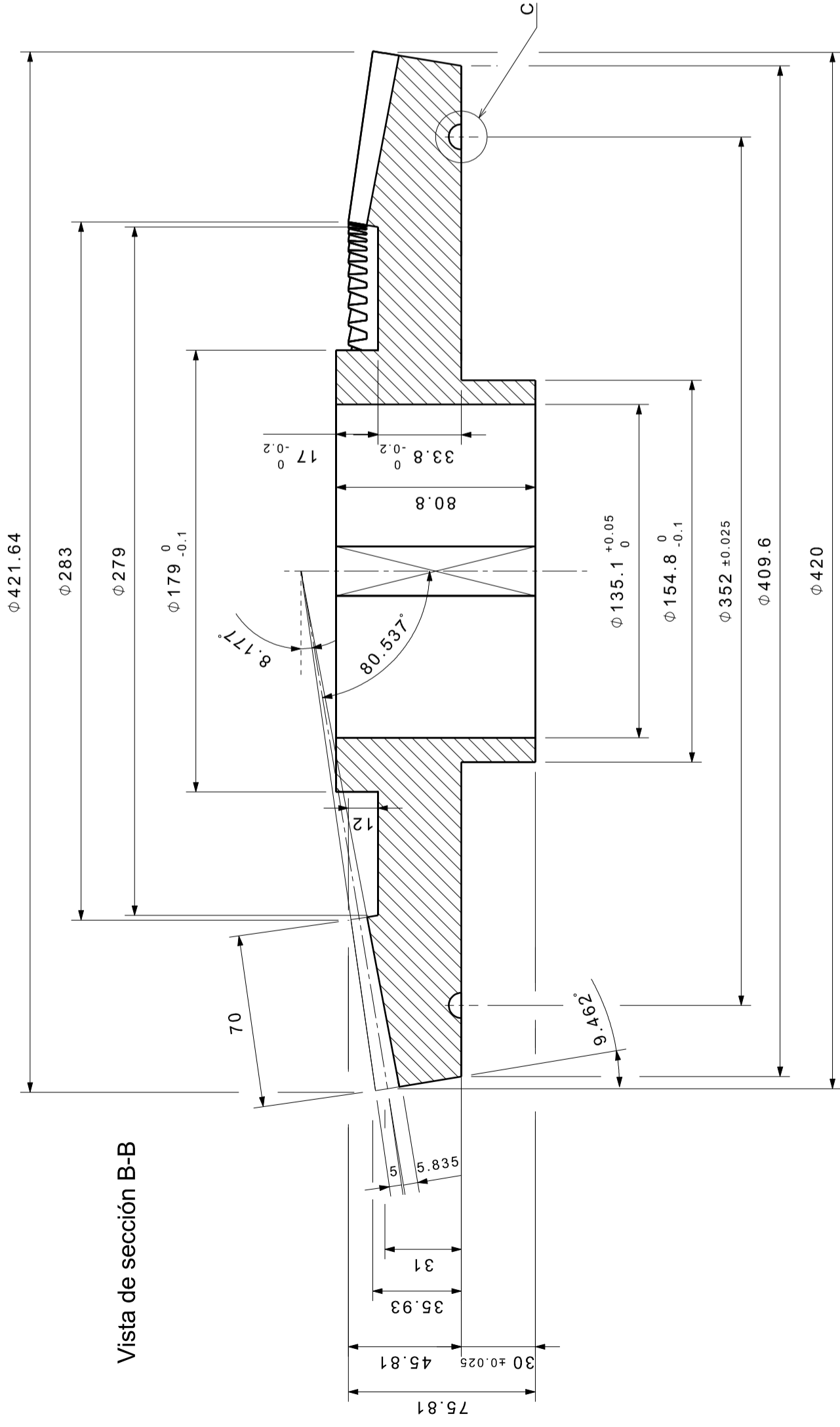
1:2

NOMBRE DE PIEZA:

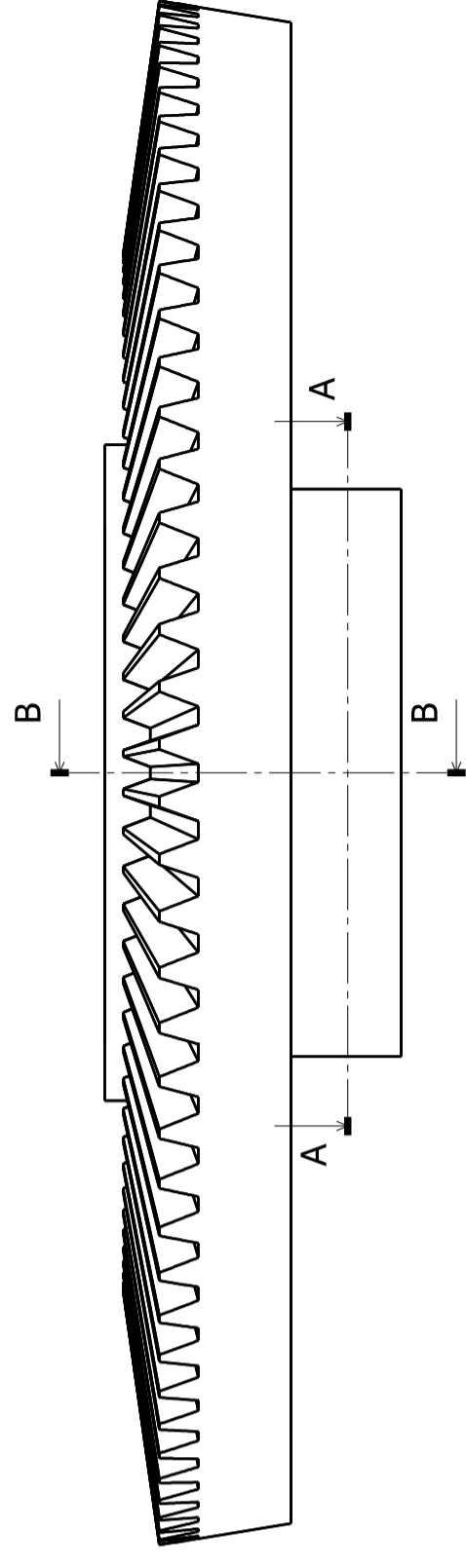
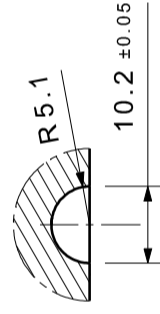
Tuerca

MATERIAL:

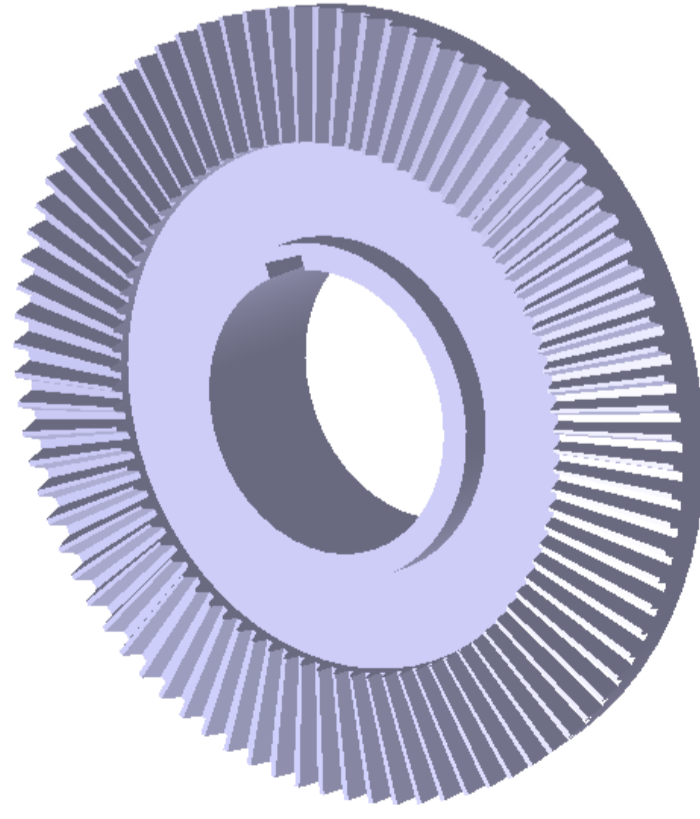
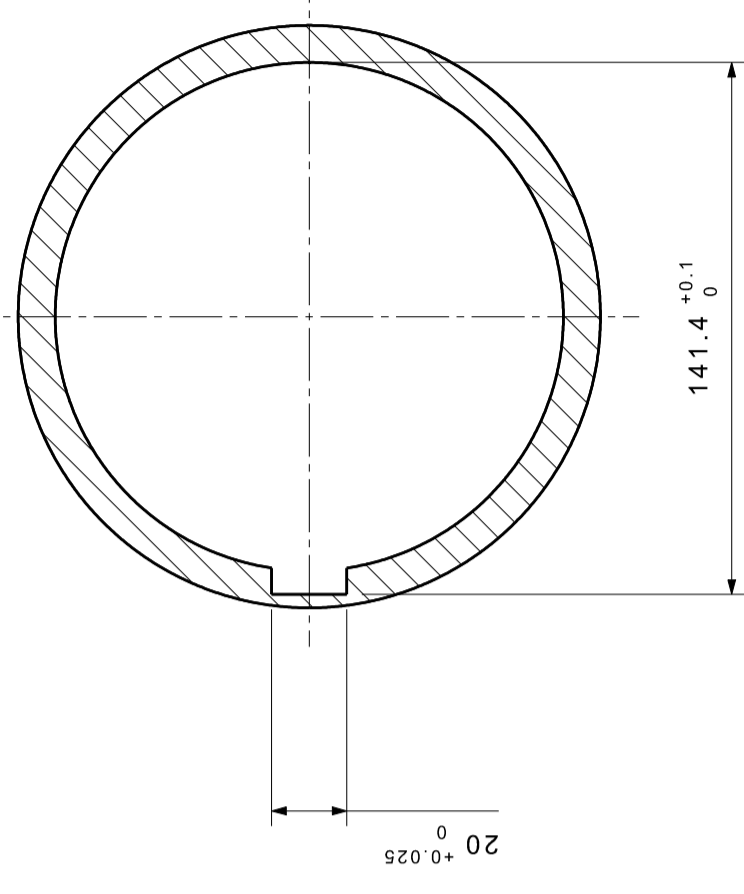
Bronce aluminico



Detalle C
Escala 1:1



Vista de sección A-A



Nº de dientes	84
Módulo	5
Angulo de presión	20°
Diámetro primitivo	420
Dureza Brinell núcleo	300



ENRIQUE BALÉN VALERIO

TALLERES F. LARRINAGA, S.A

NOMBRE DE LA PIEZA:

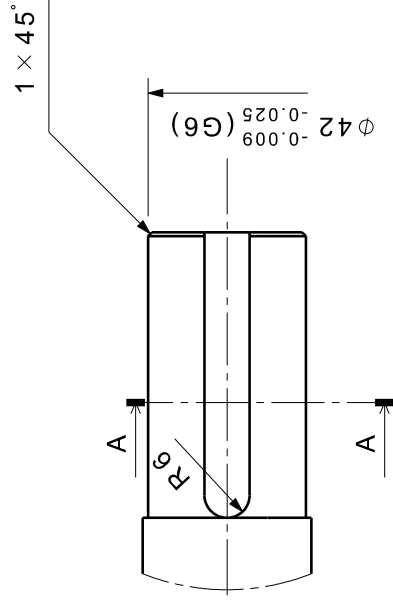
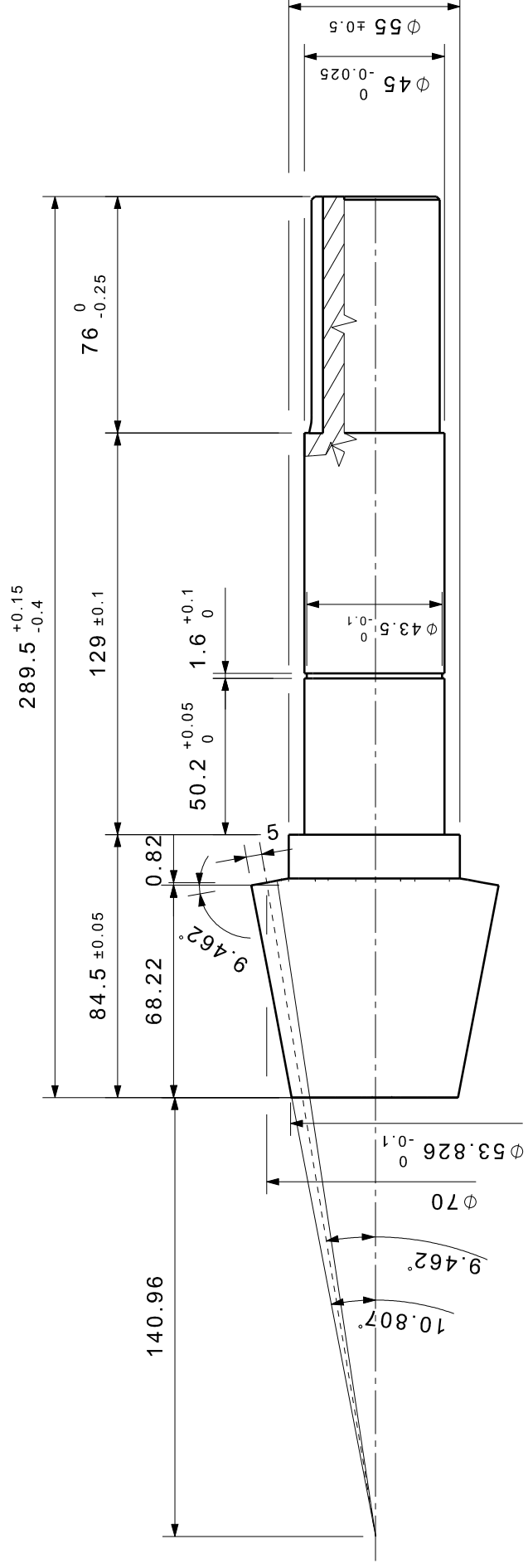
1:2

Rueda cónica

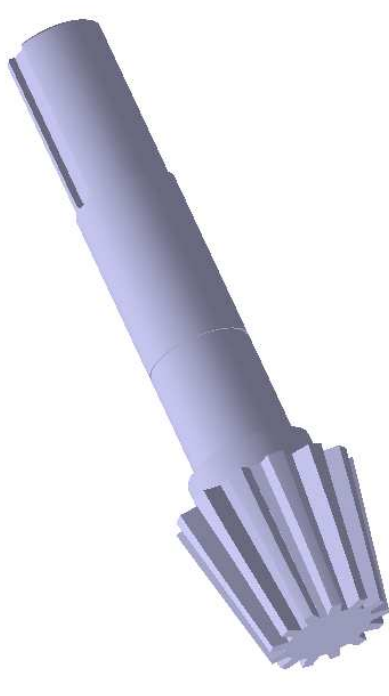
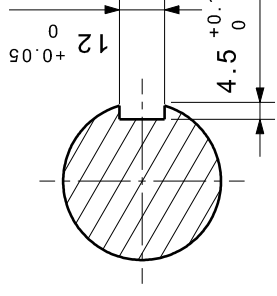
FECHA: 25/03/2015

Nº DE PLANO: 8 (05)

MATERIAL: F-1580



Vista de sección A-A



Nº de dientes	14
Módulo	5
Ángulo de presión	20°
Diámetro primitivo	70
Dureza Brinell núcleo	300



ENRIQUE BALÉN VALERIO

TALLERES F.LARRINAGA, S.A

NOMBRE DE LA PIEZA:

ESCALA:
1:2

PIÑÓN CÓNICO

Nº DE PLANO: (REF)

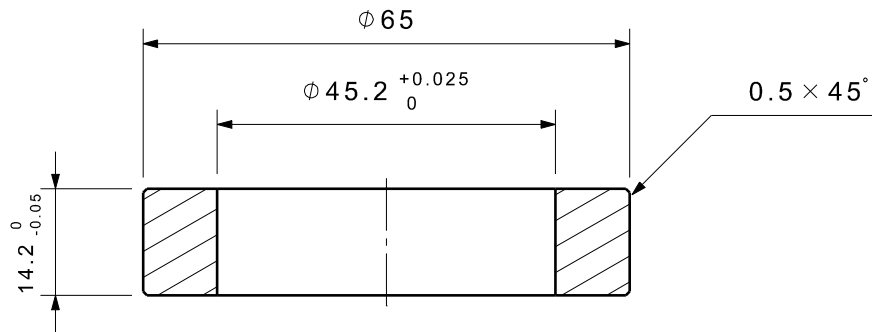
9 (05)

MATERIAL:

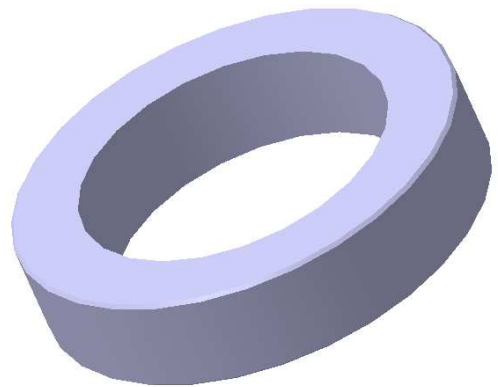
F-1580

FECHA:

25/03/2015



Matar las aristas con chaflan de $0.5 \times 45^\circ$



ENRIQUE BALÉN VALERIO

FECHA:

25/03/2015

TALLERES F.LARRINAGA, S.A

Nº DE PLANO: (REF)

10(13)

ESCALA:

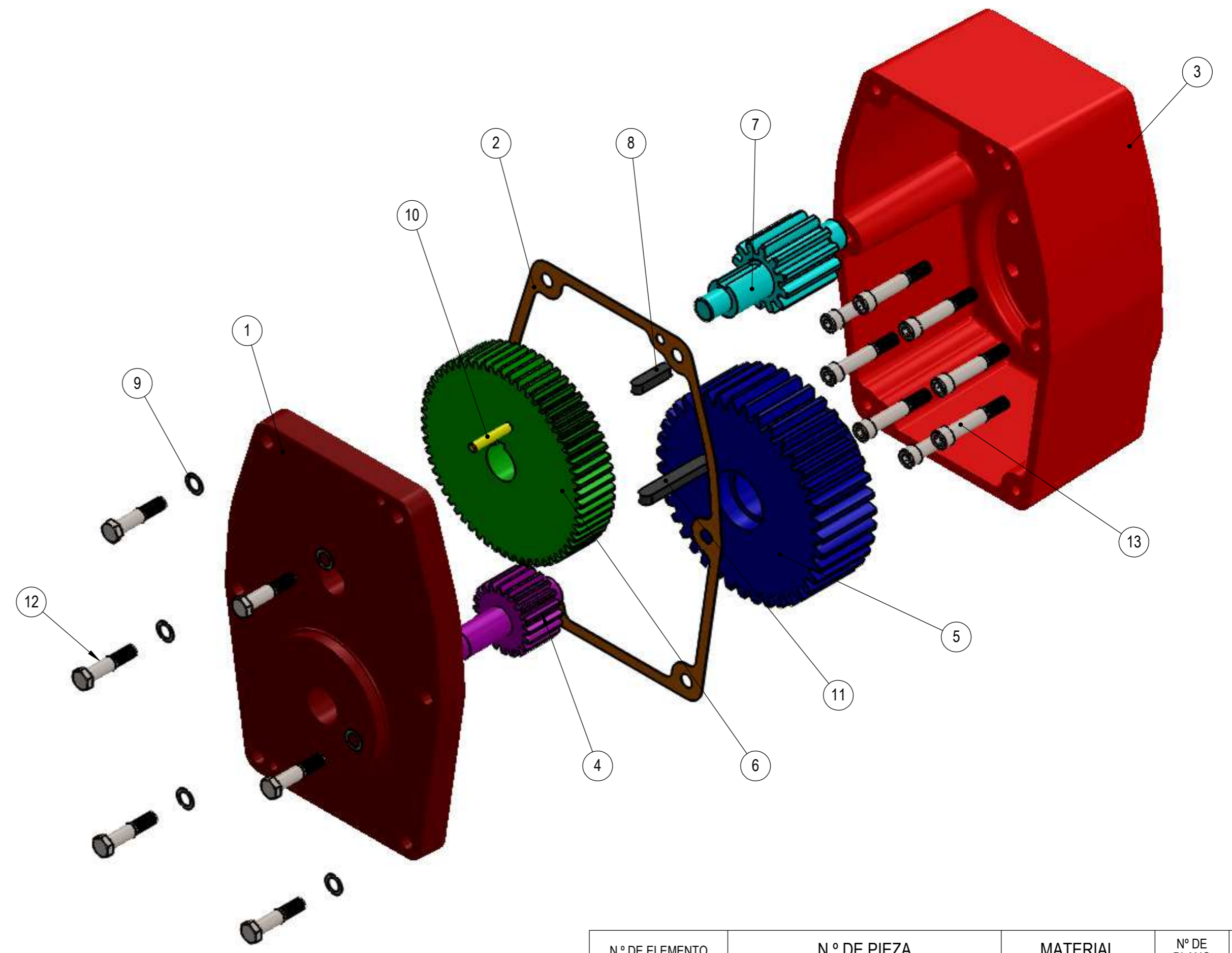
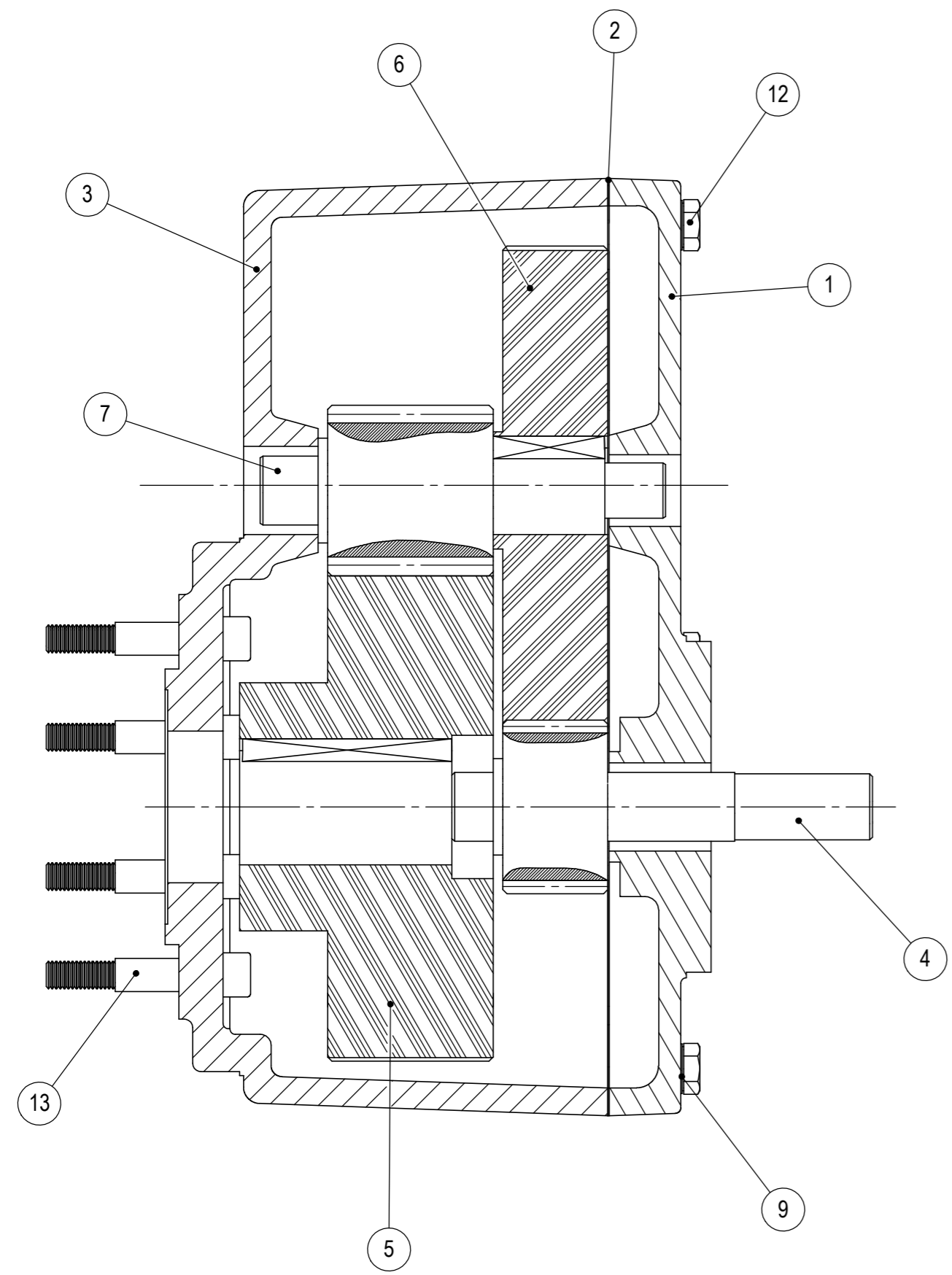
1:1

NOMBRE DE PIEZA:

Arandela separadora de rodamientos

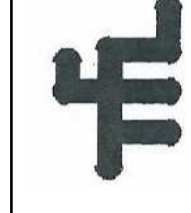
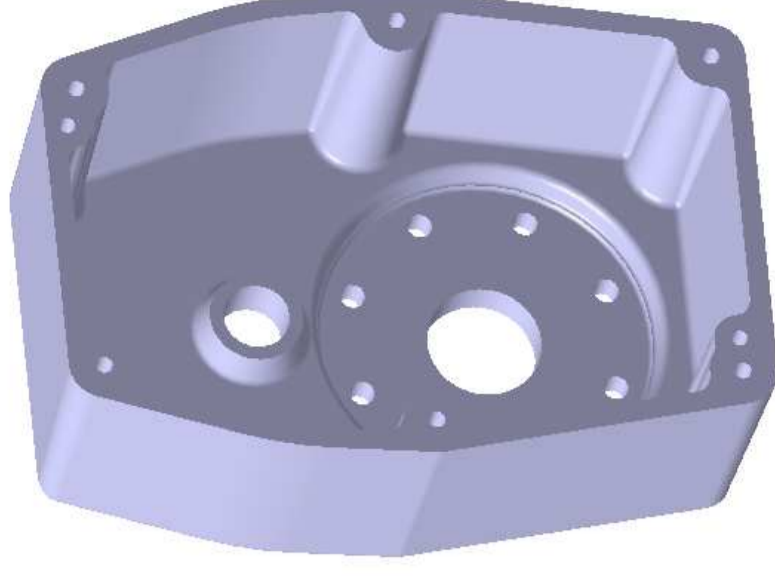
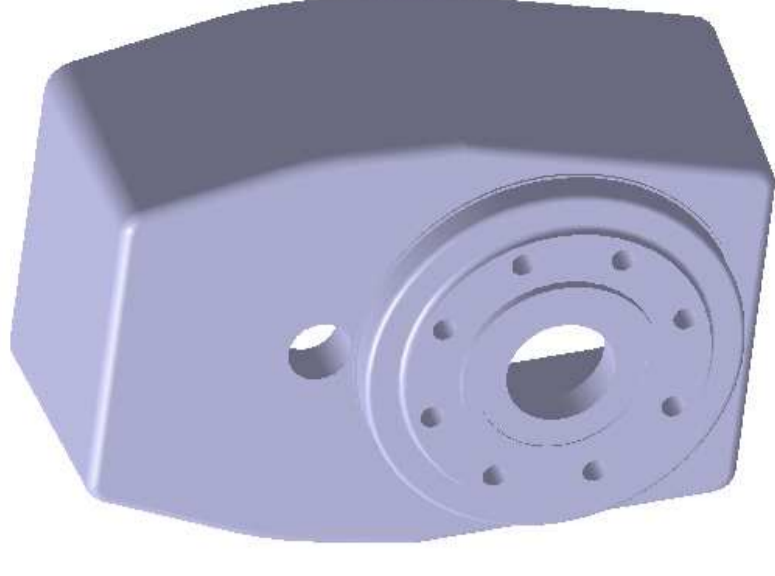
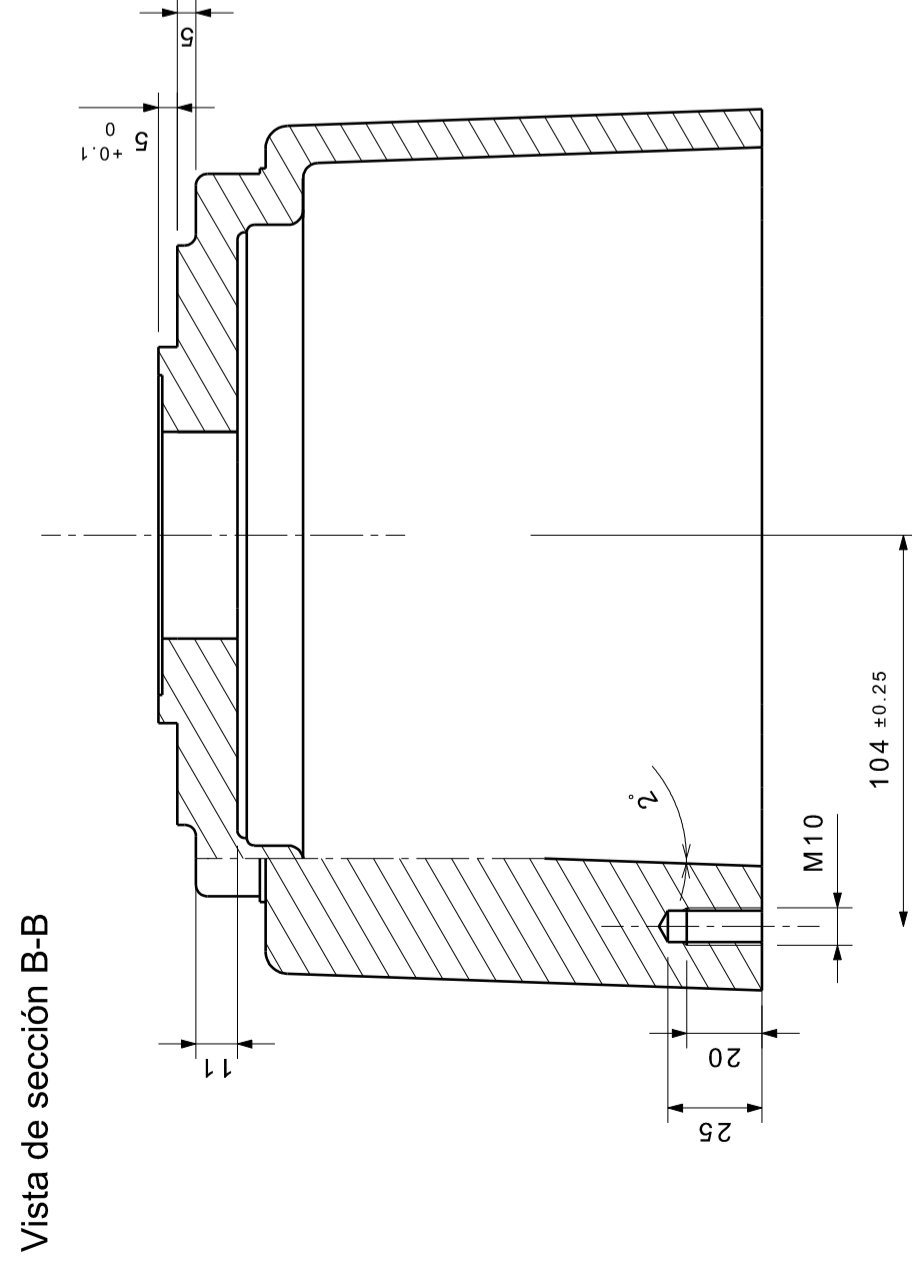
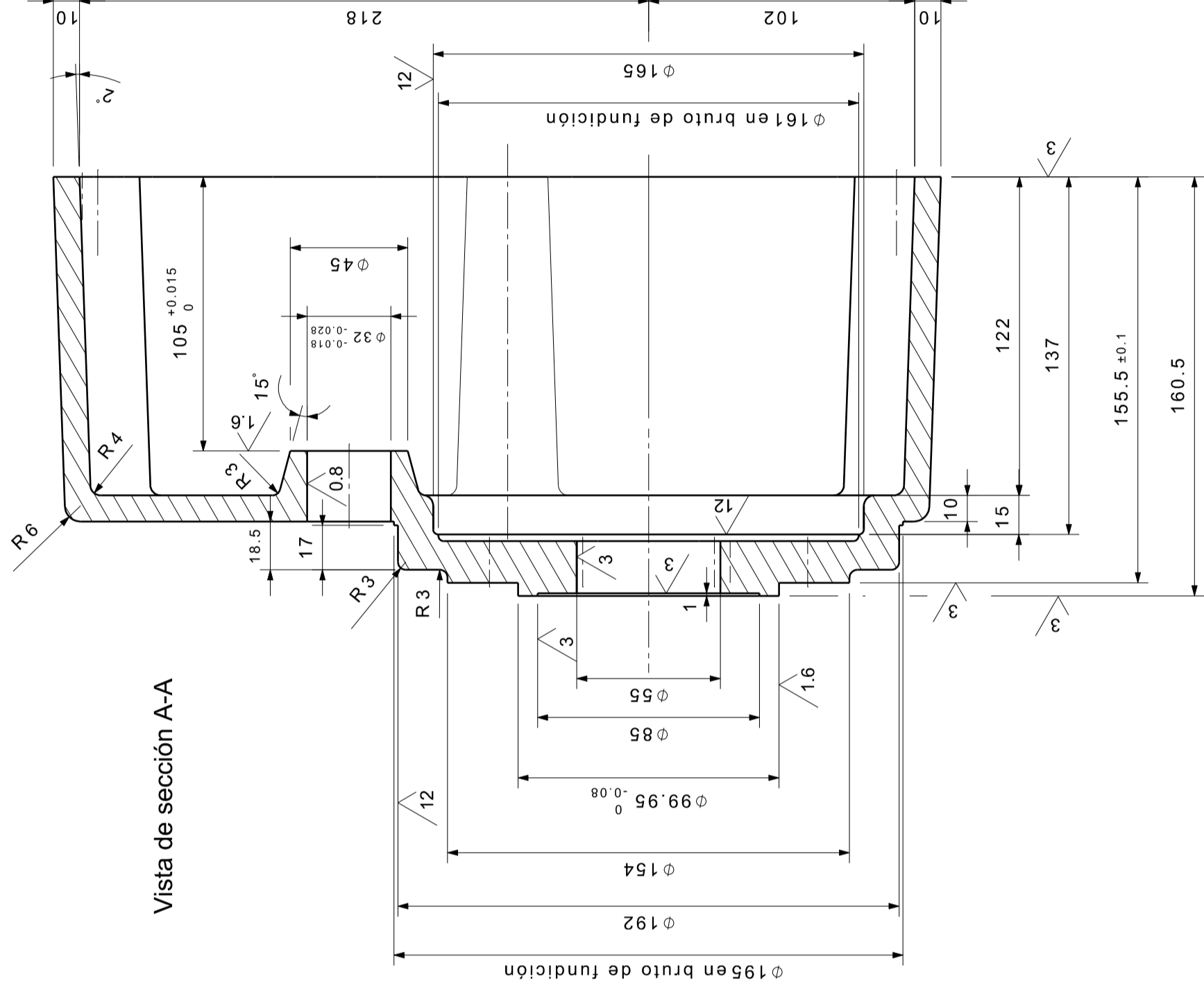
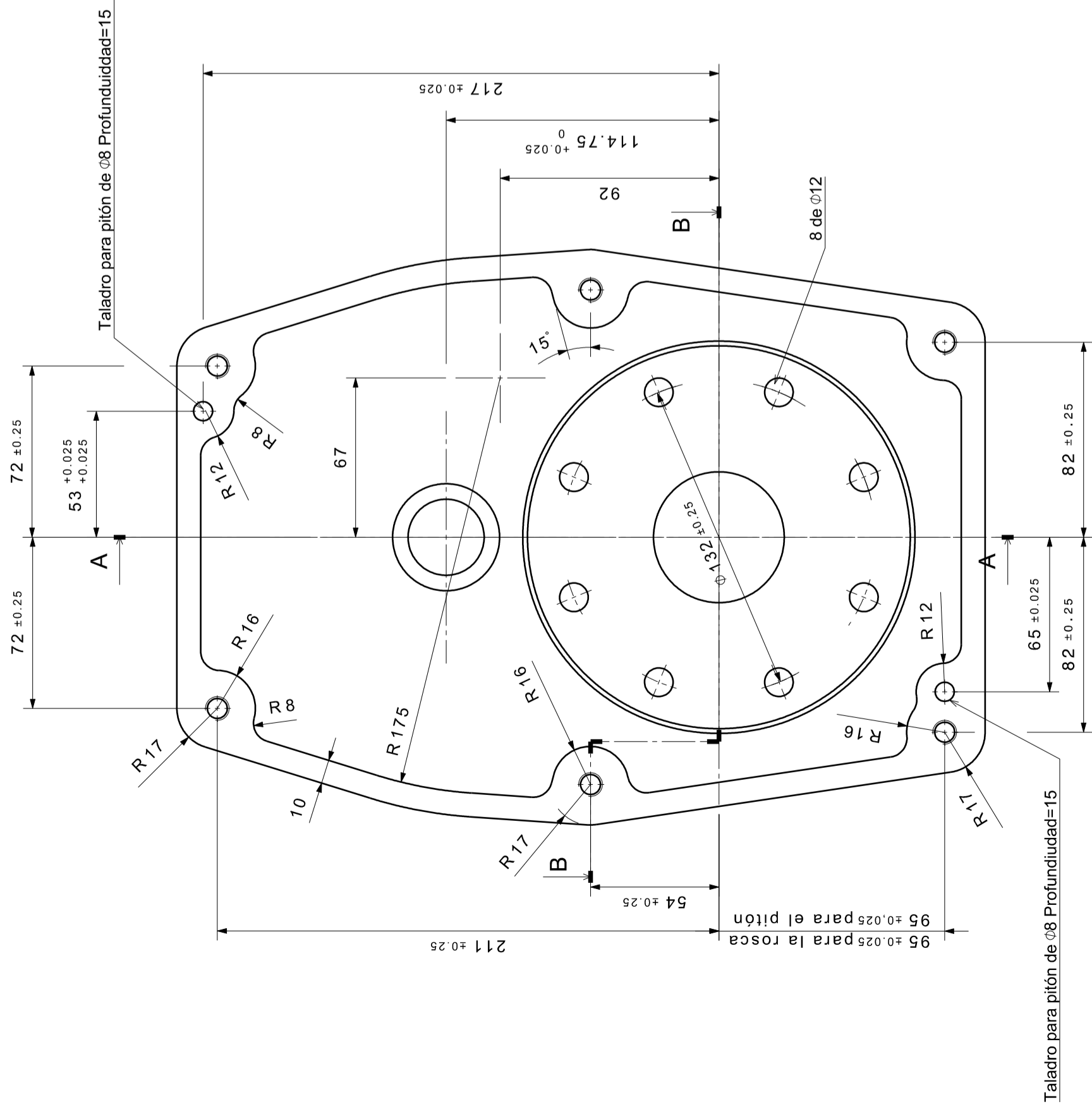
MATERIAL:

Acero



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	Nº DE PLANO	CANTIDAD
1	Tapa de la segunda reducción	Fundición gris	13	1
2	Junta de la segunda reducción	Caucho natural	14	1
3	Carcasa de la segunda reducción	Fundición gris	12	1
4	Piñón de entrada segunda reducción	1.5714 (16NiCr4)	15	1
5	Rueda de salida de la segunda reducción	1.5714 (16NiCr4)	18	1
6	Rueda intermedia de la segunda reducción	1.5714 (16NiCr4)	16	1
7	Piñón intermedio de la segunda reducción	1.5714 (16NiCr4)	17	1
8	Chaveta segunda reducción	Acero aleado fundido		1
9	Arandelas fijación segunda reducción	Acero aleado fundido		6
10	Pitón para unión segunda reducción	Acero aleado fundido		2
11	Chaveta piñón cónico	Acero aleado fundido		1
12	ISO 4014 - M10 x 50 x 26-S			6
13	DIN 912 M10 x 25 --- 25S			8

TL	ENRIQUE BALÉN VALERIO	<small>FECHA:</small> 25/03/2015
	TALLERES F.LARRINAGA, S.A	<small>N.º DE PLANO:</small> 11
<small>ESCALA:</small>	<small>NOMBRE DE LA PIEZA:</small> Segunda reducción	<small>MATERIAL:</small>



ENRIQUE BALÉN VALERIO

TALLERES F.LARRINAGA, S.A

ESCALA:
1:2

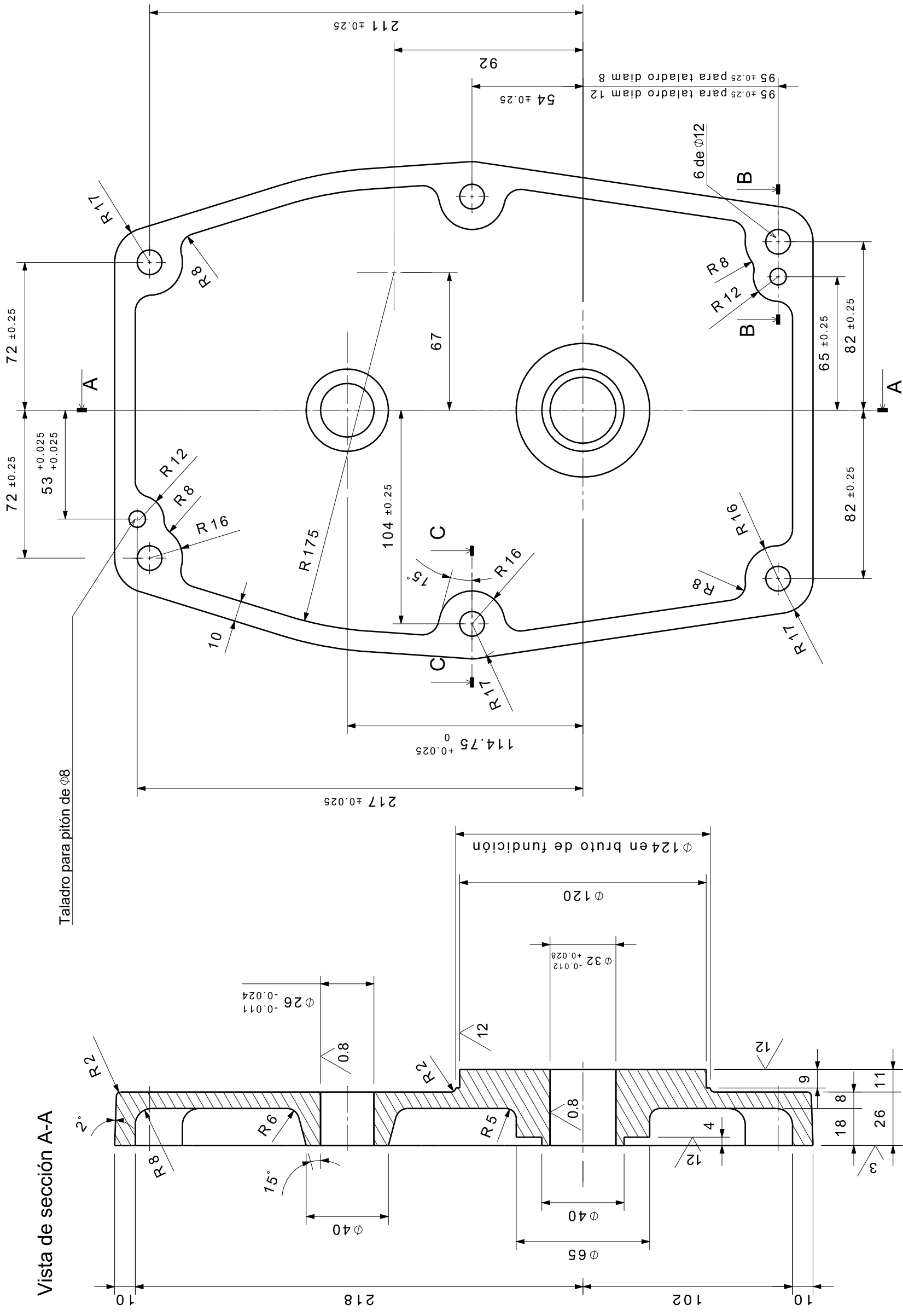
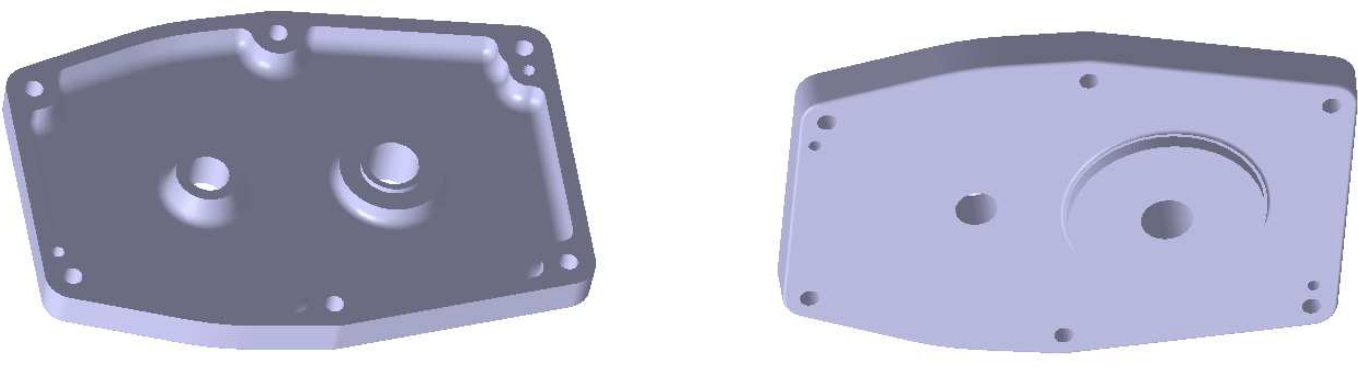
NOMBRE DE LA PIEZA:

Carcasa de la segunda reducción

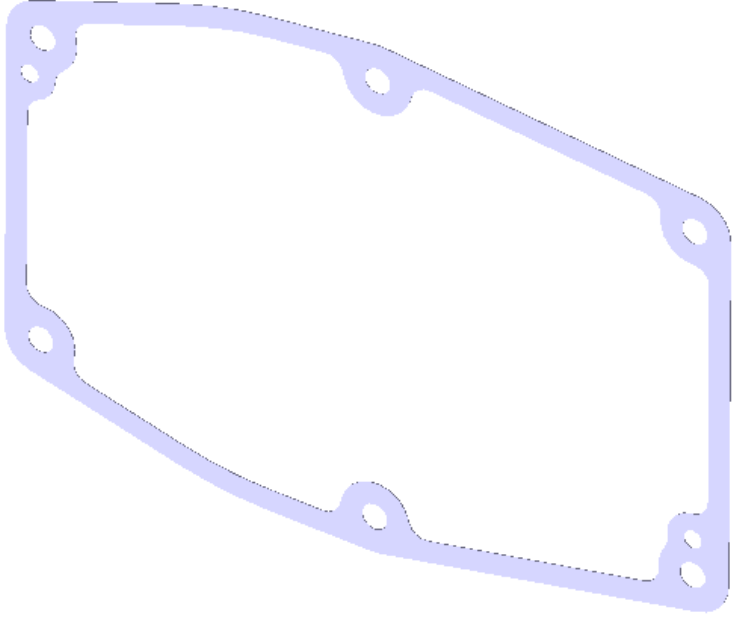
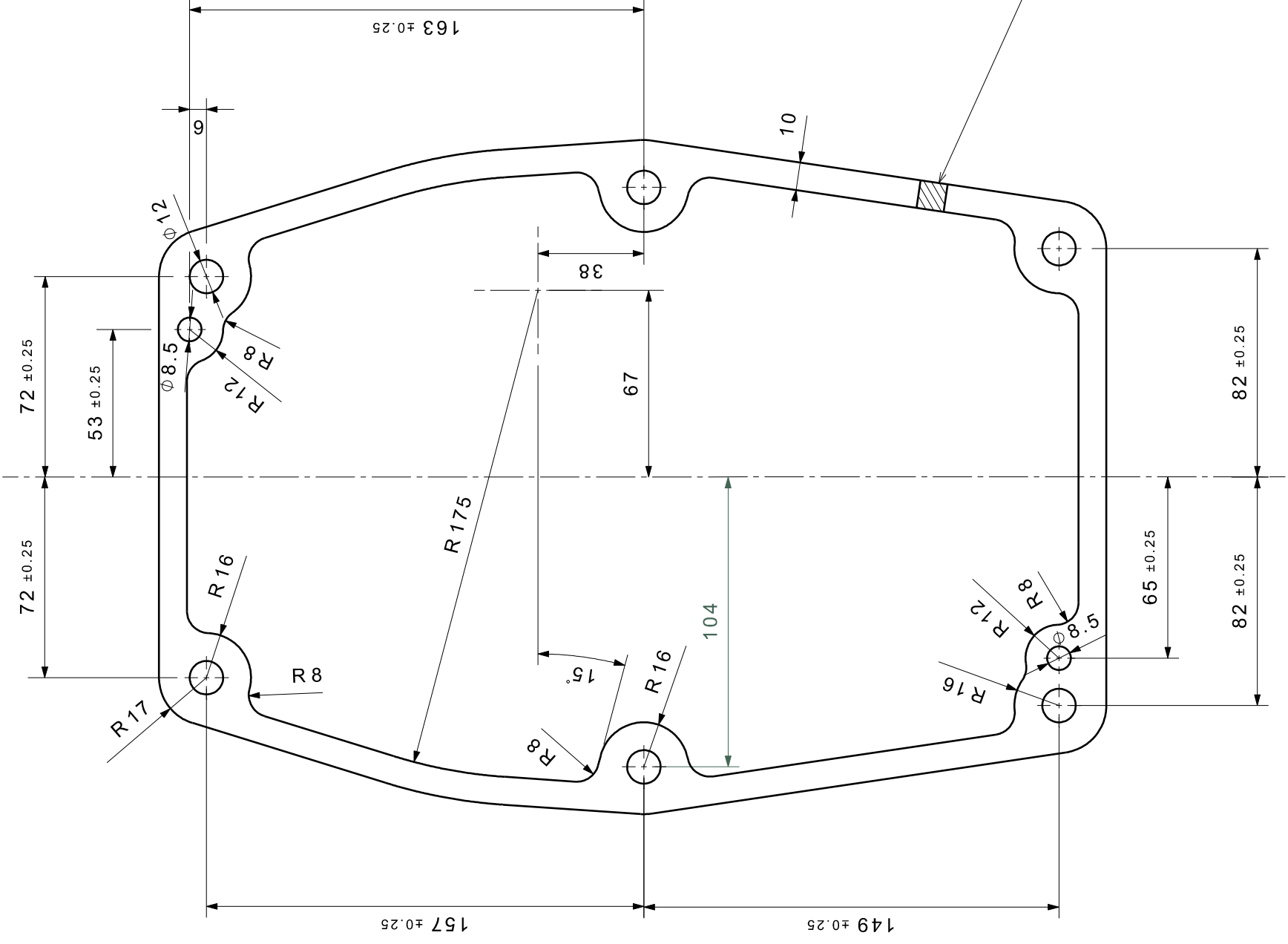
FECHA:
25/03/2015

Nº DE PLANO: (REF)
12 (10)

MATERIAL:
Hierro fundido

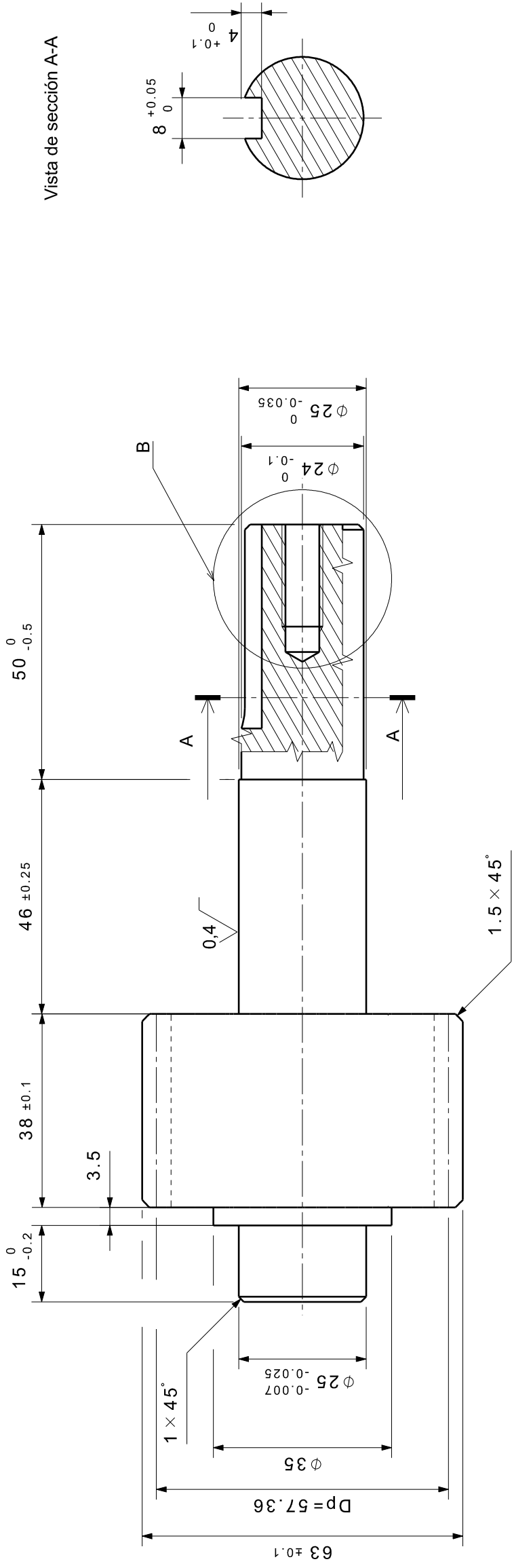


enl	FECHA:	25/03/2015
	Nº DE PLANO: (REF)	13 (11)
ENRIQUE BALÉN VALERIO		TALLERES F.LARRINAGA, S.A
TAPA DE LA SEGUNDA REDUCCIÓN		
ESCALA:	NOMBRE DE LA PIEZA:	MATERIAL:
1:2	Tapa de la segunda reducción	Hierro fundido

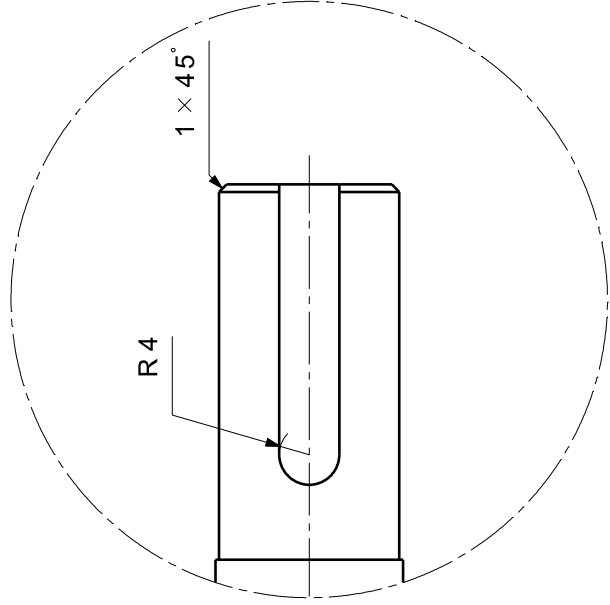


ESPEJOR=0,5

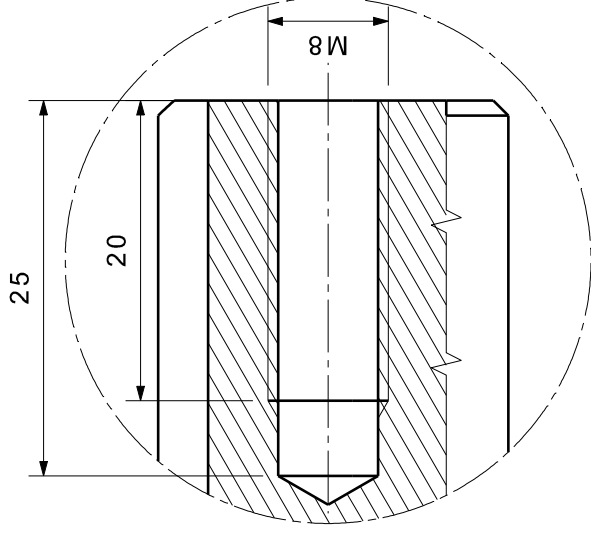
	ENRIQUE BALÉN VALERIO	FECHA: 25/03/2015
	TALLERES F.LARRINAGA, S.A	Nº DE PLANO: (REF) 14 (12)
ESCALA: 1:2	NOMBRE DE PIEZA: Junta de segunda reducción	MATERIAL: Caucho natural



Vista de sección A-A



Detalle B
Escala 1:2



Tratamiento térmico para las dos aplicaciones
Dureza superficial ≥ 270
Dureza núcleo ≥ 270



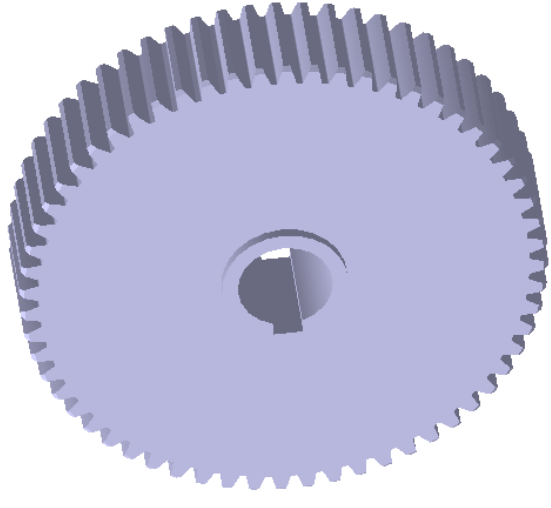
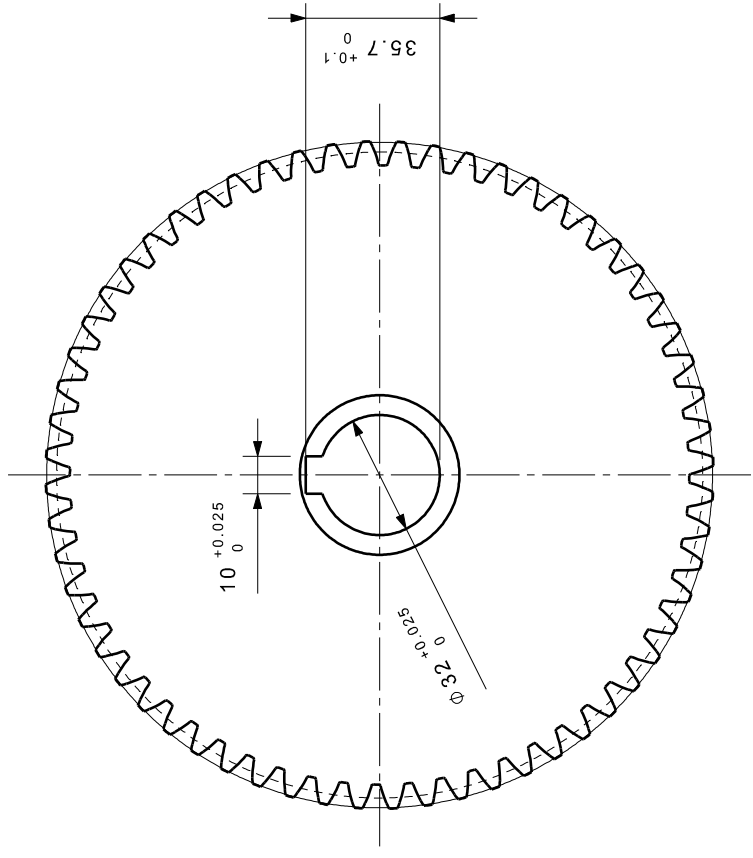
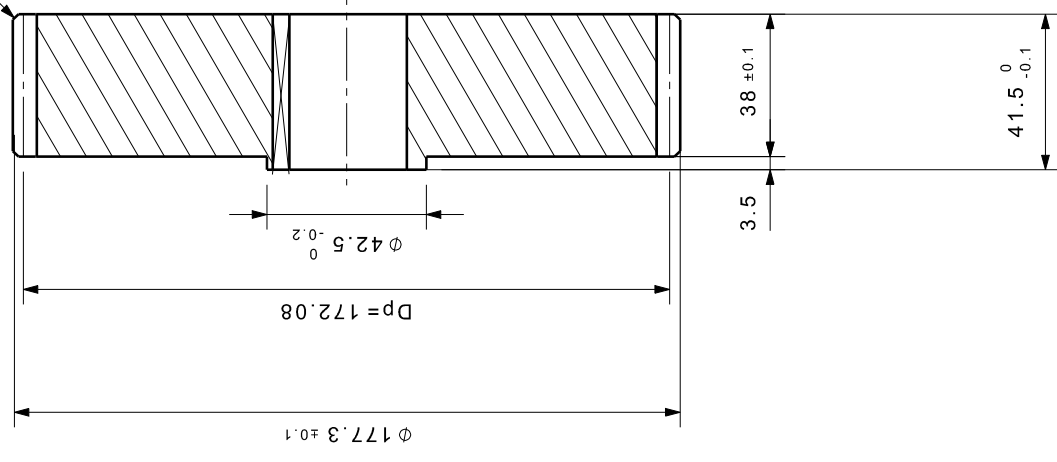
3 (0,4)

Nº de dientes	20
Módulo	2,868
Ángulo de presión	20°
Diámetro primitivo	57,63

	ESCALA:	1:1
	NOMBRE DE PIEZA:	15 (21)

ENRIQUE BALÉN VALERIO	FECHA:	25/03/2015
TALLERES F.LARRINAGA, S.A	Nº DE PLANO: (REF)	15 (21)
PIÑÓN DE ENTRADA DE LA SEGUNDA REDUCCIÓN	MATERIAL:	F-1580


1.5 × 45°

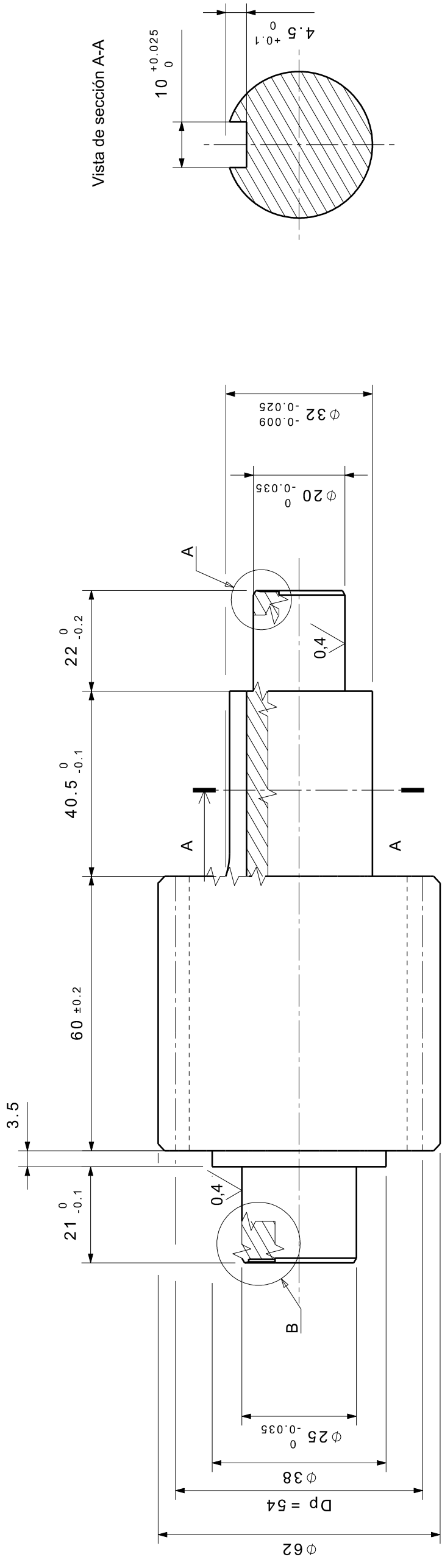


Nº de dientes	60
Módulo	2.868
Angulo de presión	20°
Diámetro primitivo	172.08

3

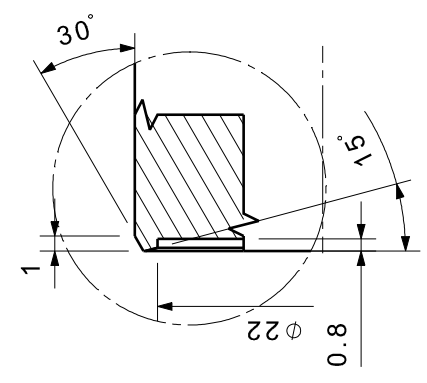
Tratamiento térmico para las dos aplicaciones
Dureza superficial ≥ 160
Dureza núcleo ≥ 160

	ENRIQUE BALÉN VALERIO	FECHA:	25/03/2015
	TALLERES F.LARRINAGA, S.A	Nº DE PLANO: (REF)	16 (20)
ESCALA: 1:2	NOMBRE DE PIEZA: Rueda intermedia de la segunda reducción	MATERIAL:	F-1580

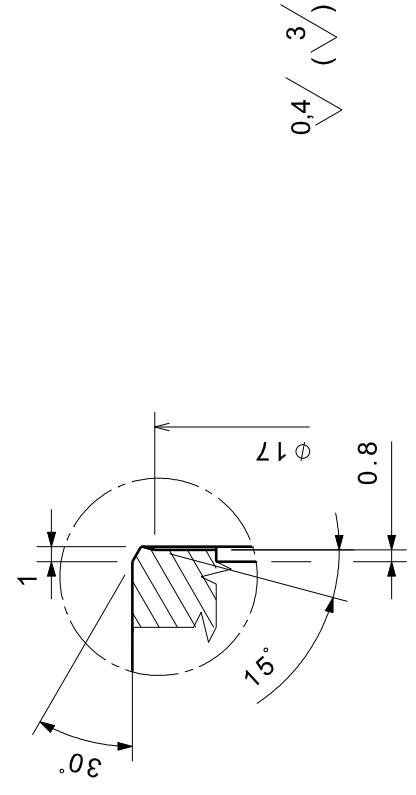


Vista de sección A-A

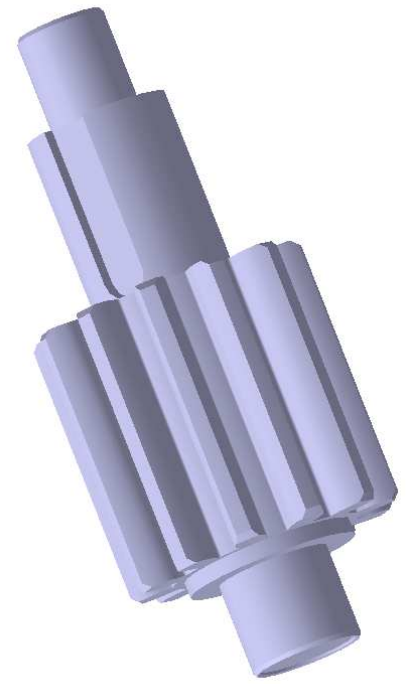
Detalle B
Escala: 2:1



Detalle A
Escala: 2:1



Nº de dientes	12
Módulo	4,5
Ángulo de presión	20°
Diámetro primitivo	54

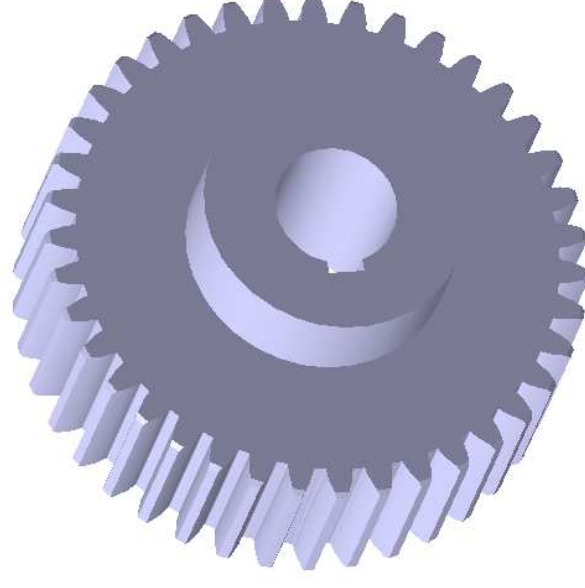
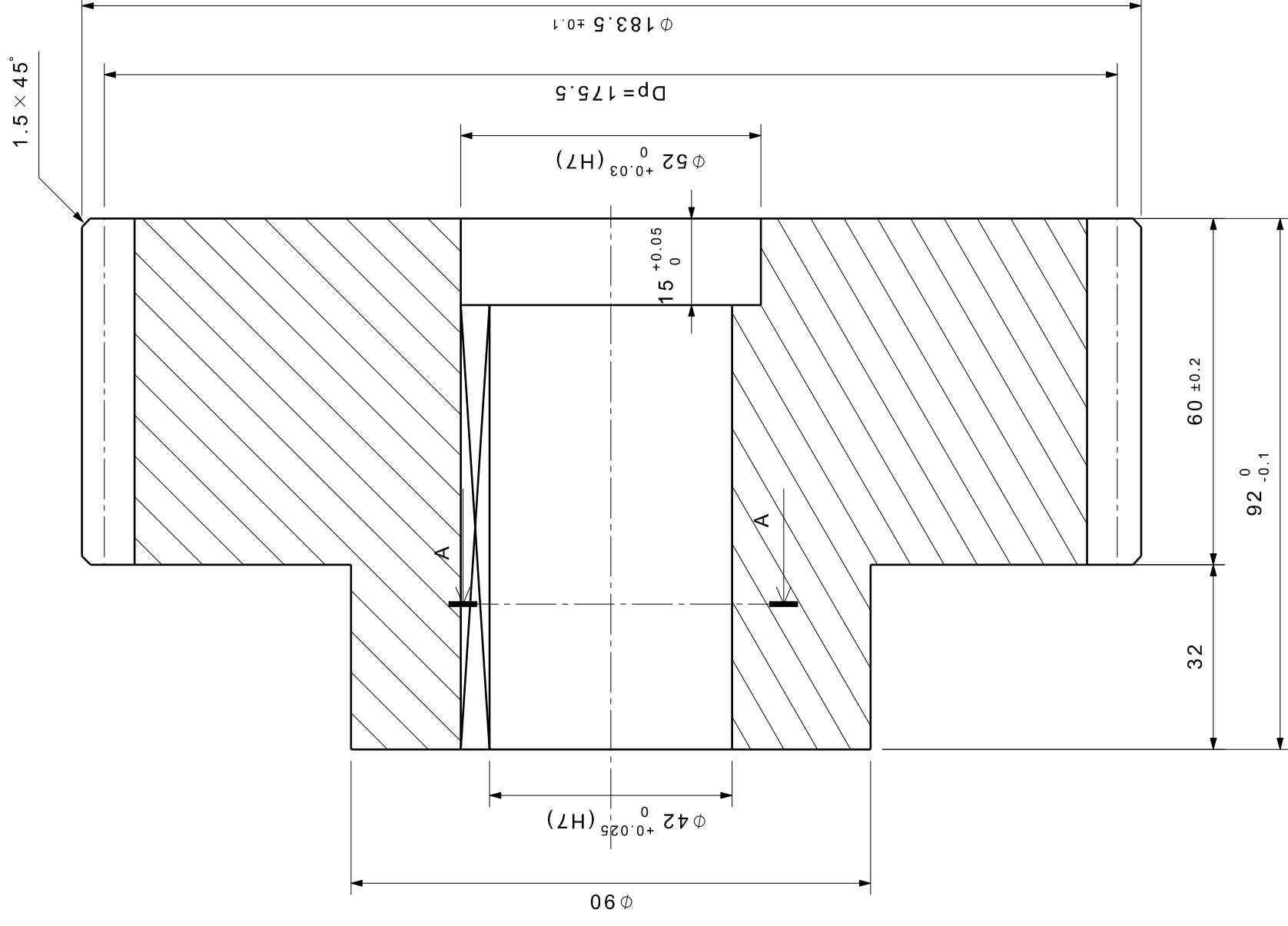
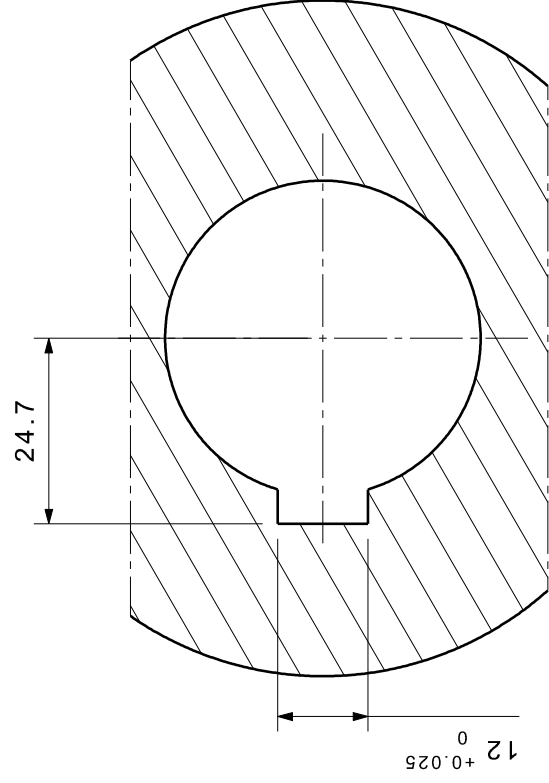


Tratamiento térmico para todas las aplicaciones
Dureza superficial $\geq 600HB$.
Dureza núcleo 250-300 HB



ENRIQUE BALÉN VALERIO	FECHA:	25/03/2015
	Nº DE PLANO:	17 (06)
TALLERES F.LARRINAGA, S.A	MATERIAL:	
ESCALA: 1:1	Piñón intermedio de la segunda reducción	
NOMBRE DE LA PIEZA:		F-1580

Vista de sección A-A

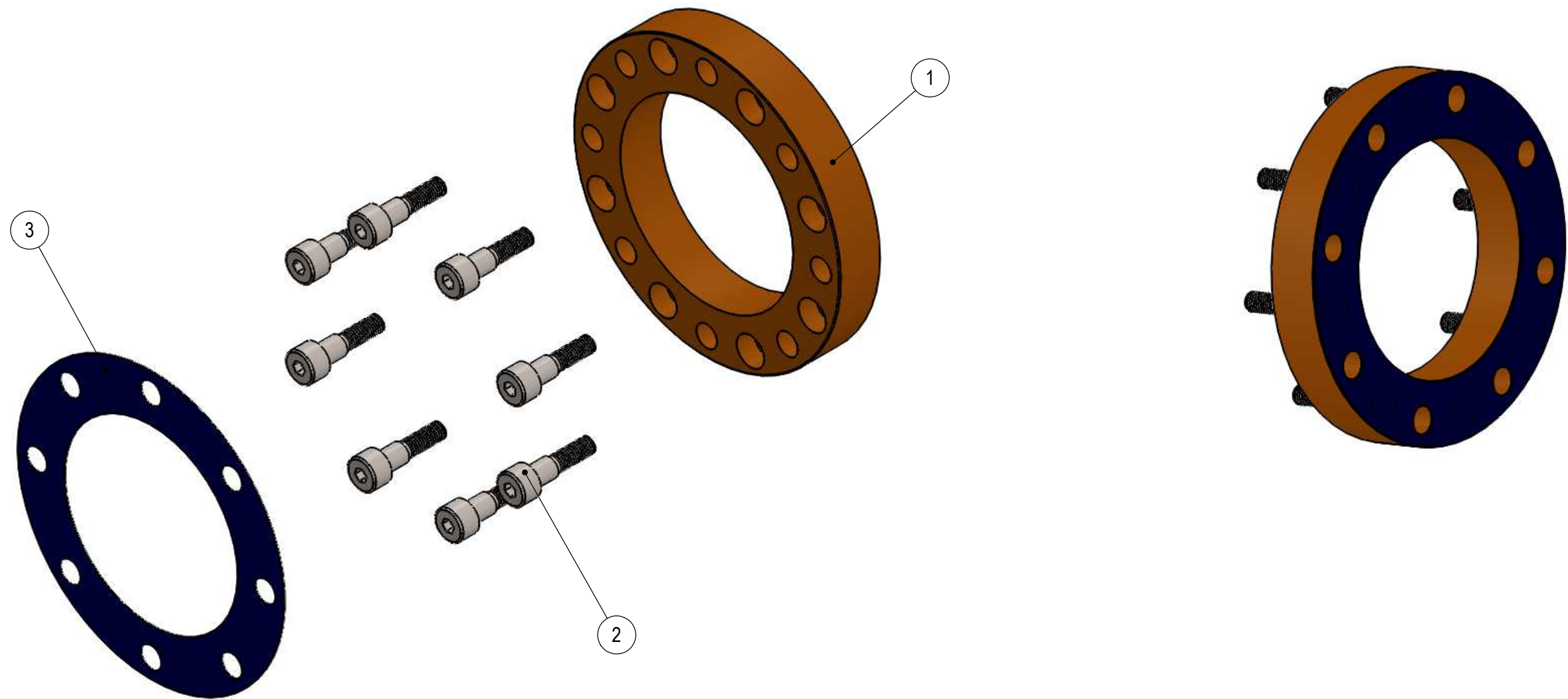


Nº de dientes	39
Módulo	4,5
Ángulo de presión	20°
Diámetro primitivo	175,5


3

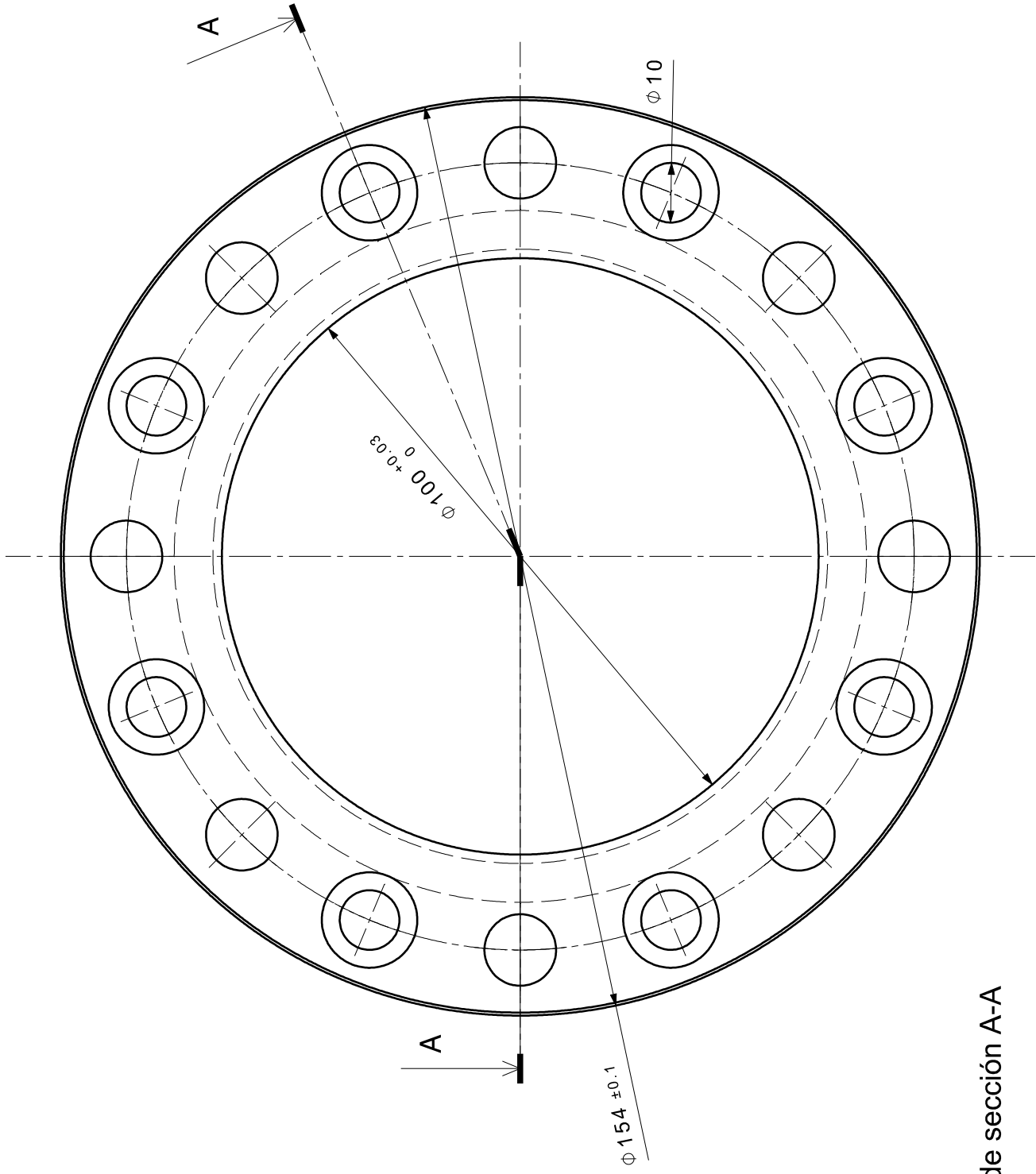
ESCALA:	1:1
NOMBRE DE PIEZA:	Rueda de salida de la segunda reducción

ENRIQUE BALÉN VALERIO	FECHA:	25/03/2015
TALLERES F.LARRINAGA, S.A	Nº DE PLANO: (REF)	18 (07)
Rueda de salida de la segunda reducción		MATERIAL:
		F-1580

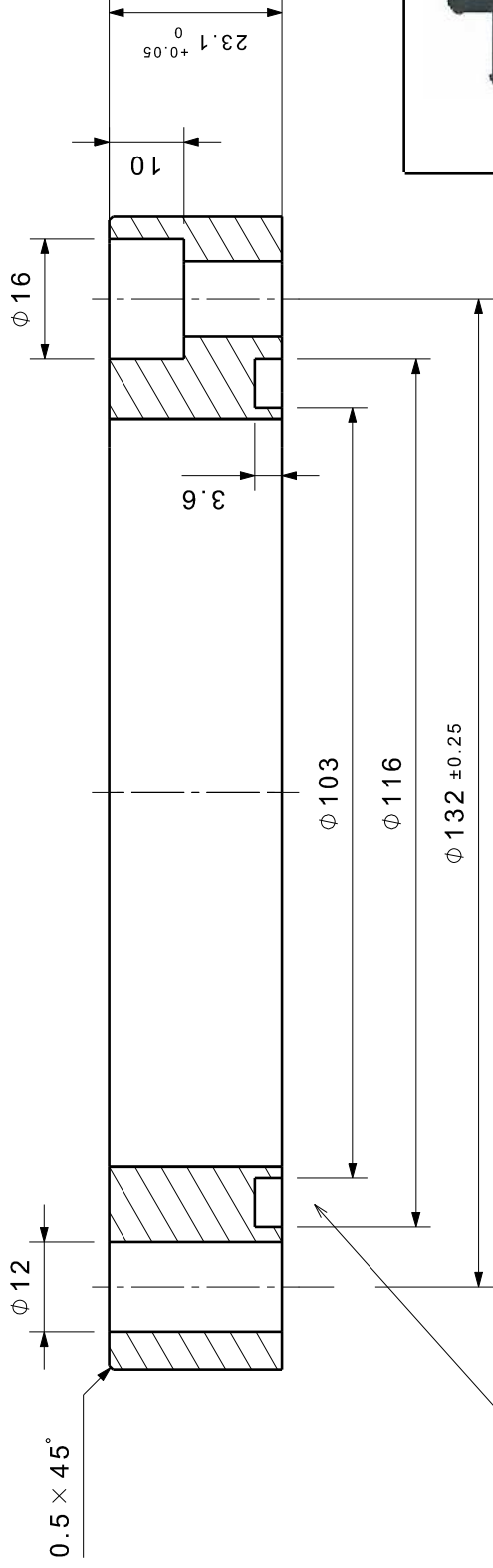
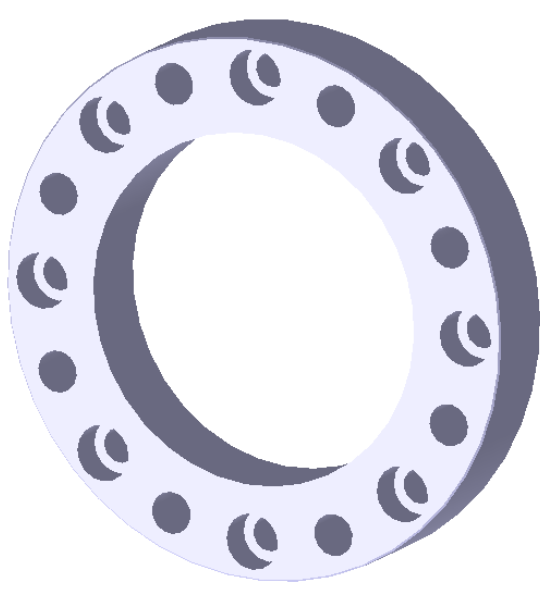


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	Nº DE PLANO	CANTIDAD
1	Casquillo entre reducciones	Fundición gris	20	1
2	DIN 912 M8 x 20 --- 20S			8
3	Junta entre reducciones	Caucho natural	21	1

	ENRIQUE BALÉN VALERIO	FECHA: 25/03/2015
	TALLERES F.LARRINAGA, S.A	N.º DE PLANO: 19
ESCALA:	NOMBRE DE LA PIEZA: Unión entre reducciones	MATERIAL:




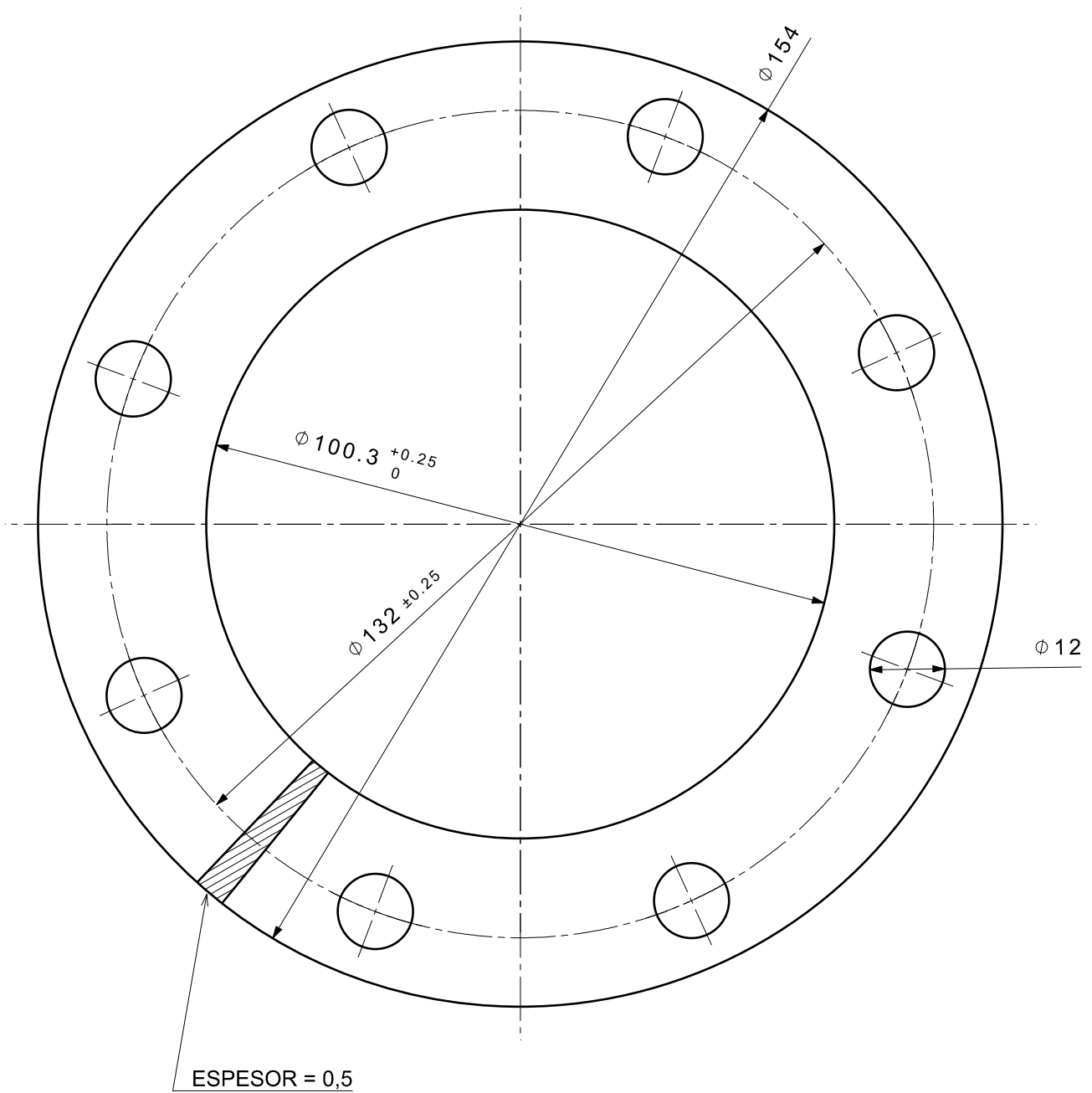
Vista de sección A-A



Ranura para junta tórica 114,8 ϕ /104,14 ϕ /5,33

Rugosidad máxima en Ra (μm) $\sqrt{3}$

	FECHA:	25/03/2015
	Nº DE PLANO: (REF)	20 (15)
ESCALA:	1:1	
NOMBRE DE PIEZA:		Casquillo de rodamientos
		MATERIAL: Acero



ENRIQUE BALÉN VALERIO

FECHA:

25/03/2015

TALLERES F.LARRINAGA, S.A

Nº DE PLANO: (REF)

21 (14)

ESCALA:

1:1

NOMBRE DE PIEZA:

Junta entre reducciones

MATERIAL:

Caucho natural