

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

# Diseño de estructura articulada para radiotelescopio



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Ángela Grandíval García

Pedro María Diéguez Elizondo

Pamplona, junio de 2016





---

## AGRADECIMIENTOS

---

Me gustaría empezar este TFG dando las gracias a todas aquellas personas que me han acompañado durante estos años, de los que decían y sin duda han resultado ser, los mejores años de mi vida. El camino no ha sido fácil, pero sin duda ha merecido la pena.

No sólo he aprendido en las aulas con todos y cada uno de mis profesores, sino también de mis compañeros.

En primer lugar agradecer el apoyo, conocimientos, tiempo y paciencia dedicados, a mi padre, Ángel María Grandíval. Me has dado lecciones durante años, dignas del mejor ingeniero.

Los nervios, las horas sin dormir y al teléfono escuchando historias sobre cálculos y demás elementos mecánicos (que aburrirían a cualquiera) y el apoyo incondicional, a mi madre, Raquel García.

Sin ellos, todos estos años en la UPNA no hubiesen sido posibles. Como ellos dicen el camino es duro, pero con esfuerzo y dedicación puedes llegar a conseguir lo que te propongas. GRACIAS.

Un agradecimiento muy especial a Jesús Echeverría Morras, mi tutor durante estos años de carrera, sin duda creo que no podría haberme tocado uno mejor. Gracias por pasar tantas horas aconsejándome sobre mi futuro y preocuparte por mí.

A Pedro María Diéguez, por haberme dado la oportunidad de realizar el TFG con él. Haber escuchado mis propuestas y soportado mis constantes agobios.

A José Carlos Urroz, por haber tenido que pasar tantas horas escuchando lo que podíamos o no podíamos hacer, por invertir su tiempo en mí y por preocuparse por el curso del TFG.

A mi familia, a los que están y los que se fueron, que han estado en los buenos y en los malos momentos. Con ellos di los primeros pasos de mi vida y era necesario que estuviesen presentes en el gran paso que supone este proyecto.

A mis queridos amigos de Miranda de Ebro, que son mi otra familia, gracias por aguantar mi mal humor, mis días malos y por confiar en mí. Sin vuestro apoyo y confianza no hubiese sido posible llegar al final. A partir de ahora espero tener más tiempo para dedicaros.

Para concluir no querría olvidarme de las "ingies", nunca hubiese pensado encontrar unas chicas tan maravillosas en tierras del norte. Echaré de menos las largas noches de estudio, los llego tarde, el echamos un café o una más y para casa. Sin duda sois una de las mejores cosas que me han pasado en estos años. Habéis sabido entenderme y apoyarme cuando lo necesitaba.

---

## **ABSTRACT**

---

This final degree project is based on the design and the estimate of a mobile structure for a radio telescope.

The first person who proposed the idea was the actual project manager, Pedro Maria Dieguez Elizondo. He received the proposal about the project thanks to the Telecommunications School.

Telefonica donated a parable few years ago to the Public University of Navarra. Until now, the University could not use the parable because there was not any structure which could make the parable works.

The present project is a multidisciplinary work, different areas of engineering are englobed on it: mechanics, electronics, electrics, computing and telecommunication.

This degree project wants to make a solution about the problem. The main objective is create the radio astronomy's first center at UPNA.

---

## **RESUMEN**

---

El Trabajo Fin de Grado propuesto se basa en el cálculo y diseño de una estructura móvil para un radiotelescopio.

La idea fue propuesta por el profesor Pedro María Diéguez Elizondo a la alumna, el cual será el Director del Trabajo Fin de Grado. El profesor recibió la petición por parte de la Escuela de Ingenieros de Telecomunicaciones.

La compañía Telefónica donó hace dos años un radiotelescopio a la Universidad Pública de Navarra, pero hasta el momento no se le ha podido dar uso debido a que no existe una estructura física para que pueda trabajar.

Es un trabajo multidisciplinar, abarcando distintas ramas de la ingeniería: mecánica, eléctrica, electrónica, informática y de telecomunicaciones.

Con este proyecto se intentará dar una solución al problema planteado para poder iniciar el Primer Observatorio de Radioastronomía de la Universidad Pública de Navarra.

---

## *PALABRAS CLAVE*

---

- Radiotelescopio
- Parábola
- Paraboloide
- Estructura
- ANSYS Workbench
- SolidWorks



## Índice general

<b>PALABRAS CLAVE .....</b>	<b>3</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivos principales .....	13
1.2 Antecedentes.....	13
<b>2 ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>14</b>
2.1 Definición .....	14
2.2 Historia y evolución .....	14
2.3 Últimos avances tecnológicos .....	15
<b>3 RADIOTELESCOPIO.....</b>	<b>16</b>
3.1 Estructura y funcionamiento.....	16
3.2 Aplicaciones del radiotelescopio .....	16
3.3 Características del radiotelescopio.....	16
3.3.1 Condiciones de llegada .....	17
3.3.2 Condiciones tras la reforma.....	18
3.3.3 Medidas.....	19
<b>4 PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>20</b>
4.1 Requisitos básicos del proyecto .....	20
4.2 Situación .....	20
4.3 Traslado .....	21
4.4 Principales problemas.....	21
4.5 Especificaciones de diseño .....	22
<b>5 CÁLCULOS INICIALES .....</b>	<b>23</b>
5.1 Ansys Workbench .....	23
5.1.1 Tipos de contacto .....	24
5.2 SolidWorks.....	24
<b>6 REALIZACIÓN DE LOS DISEÑOS .....</b>	<b>25</b>
6.1 Boceto1 .....	25
6.2 Boceto 2.....	26
6.3 Boceto 3.....	27
7.3.1 Diseño.....	27
6.3.2 Cálculos.....	27
6.3.3 Conclusiones.....	29
<b>7 Boceto 4 .....</b>	<b>30</b>
7.1 Toma de medidas.....	30
7.2 Componentes y diseño.....	30
7.2.1 Parábola.....	30
7.2.2 Brazos o sujeciones .....	31
7.2.3 Cilindro sujeción de brazos.....	31

7.2.4 Tapa del cilindro .....	31
<b>7.3 Resultados del análisis con Ansys Workbench para el Boceto 4 .....</b>	<b>32</b>
7.3.1 Conclusión del ensayo .....	33
<b>8 BOCETO 5 .....</b>	<b>34</b>
<b>8.1 Toma de medidas.....</b>	<b>34</b>
8.1.1 Longitud de los arcos.....	34
8.1.2 Masa de la parábola .....	35
<b>8.2 Componentes.....</b>	<b>36</b>
8.2.1 Parábola.....	36
8.2.2 Brazos o sujeciones .....	37
8.2.3 Cilindro para sujeción de brazos.....	39
8.2.4 Tapa del cilindro .....	40
8.2.5 Eles para brazos.....	41
8.2.6 Eles para tirantes .....	42
8.2.7 Foco .....	43
8.2.8 Brida para foco .....	44
8.2.9 Sujeción para brida .....	45
8.2.10 Tirantes.....	46
8.2.11 Cilindro de unión conjunto .....	47
<b>8.3 Conjunto .....</b>	<b>48</b>
<b>9 ANÁLISIS DEL BOCETO 5 CON ANSYS WORKBENCH .....</b>	<b>49</b>
<b>9.1 Selección del ensayo .....</b>	<b>49</b>
<b>9.2 Exportar archivo .....</b>	<b>49</b>
<b>9.3 Selección de materiales .....</b>	<b>50</b>
<b>9.4 Análisis de cargas.....</b>	<b>51</b>
9.4.1 Geometría.....	51
9.4.2 Contactos.....	51
9.4.3 Mallado.....	52
9.4.4 Análisis estático estructural.....	52
9.4.5 Solución del ensayo .....	53
<b>9.5 Resultados y conclusiones del análisis .....</b>	<b>53</b>
<b>10 BOCETO FINAL. BOCETO 6 .....</b>	<b>55</b>
<b>10.1 Componentes.....</b>	<b>55</b>
10.1.1 Parábola.....	55
10.1.2 Foco .....	55
10.1.3 Tirantes.....	55
10.1.4 Brida .....	55
10.1.5 Soporte para brida.....	55
10.1.6 Eles para tirantes .....	55
10.1.7 Brazos o sujeciones .....	56
10.1.8 Soporte para brazos .....	57
10.1.9 Eles para brazos .....	59
10.1.10 Burletes .....	61
10.1.11 Perfil cuadrado .....	62
<b>10.2 Conjunto .....</b>	<b>63</b>
<b>11 CÁLCULO DEL CENTRO DE MASAS DEL BOCETO 6.....</b>	<b>64</b>

<b>12 SELECCIÓN DE SOPORTES CON RODAMIENTOS, bolas transportadoras Y ACOPLAMIENTOS PARA EJE .....</b>	<b>66</b>
12.1 Requerimientos principales .....	66
12.2 Ejes seleccionados.....	66
12.3 Soportes con rodamiento.....	67
12.3.1 Soporte con rodamiento para giro cenital.....	67
12.3.2 Soporte con rodamiento para giro acimutal .....	67
12.4 Acoplamiento para eje .....	68
12.5 Bolas transportadoras.....	68
<b>13 SELECCIÓN DE REDUCTORES.....</b>	<b>69</b>
13.1 Requerimientos principales .....	69
13.2 Reductor para giro acimutal.....	69
13.3 Reductor para giro cenital.....	70
<b>14 ESTRUCTURAS DE SOPORTE DEL CONJUNTO.....</b>	<b>71</b>
14.1 Columnas de soporte .....	71
14.1.1 Columnas para rodamientos .....	71
14.1.2 Columna horizontal .....	71
14.1.3 Columna para reductor TR 105 3_1000.....	71
14.2 Planchas.....	71
14.2.1 Planchas de Acero para rodamientos .....	71
14.2.2 Planchas de Acero para reductores.....	71
14.3 Caja contenedora .....	72
<b>15 ANÁLISIS BOCETO 6 CON ANSYS WORKBENCH.....</b>	<b>73</b>
15.1 Exportar ensamblaje .....	73
15.2 Observaciones .....	74
15.3 Datos introducidos.....	74
15.4 Resultados y conclusiones.....	75
<b>16 CONCLUSIONES FINALES .....</b>	<b>77</b>
<b>17 PRESUPUESTO .....</b>	<b>78</b>
17.1 Coste horas ingeniería.....	78
17.2 Coste elementos normalizados tornillería .....	78
17.3 Coste de perfiles estructurales y burletes .....	79
17.4 Coste elementos a fabricar .....	79
17.5 Coste elementos móviles .....	79
17.6 Coste puesta en marcha.....	80
17.7 Coste total .....	80
<b>18 Bibliografía.....</b>	<b>81</b>

**ANEXO I. PLANOS**

**ANEXO II. PERFILES ESTRUCTURALES**

**ANEXO III. SOPORTES CON RODAMIENTO**

**ANEXO IV. ACOPLAMIENTOS PARA EJE**

**ANEXO V. BOLAS TRANSPORTADORAS**

**ANEXO VI. REDUCTORES EPICICLOIDALES DE JUEGO REDUCIDO**

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Primer radiotelescopio construido por Grote Reber. Fuente: Google imágenes.....	14
Ilustración 2. Radiotelescopio de Arecibo. Fuente: telescopios.org.....	15
Ilustración 3. Radiotelescopio de China en construcción. Fuente: El Mundo.....	15
Ilustración 4. Llegada del RT a la UPNA. Fuente: Imagen cedida por J.J. Vesperinas	17
Ilustración 5. RT con pintura de color gris aplicada. Fuente: Imagen cedida por J.J. Vesperinas.....	18
Ilustración 6. Vista en alzado del RT. Fuente: Imagen cedida por J.J. Vesperinas.....	19
Ilustración 7. Situación Edificio El Sario. Fuente: Google Earth. ....	20
Ilustración 8. Situación Finca de Ingenieros Agrónomos. Fuente: Google Earth. ....	21
Ilustración 9. Boceto1 realizado de forma manual. Fuente: Elaboración propia. ....	25
Ilustración 10. Boceto 2. Fuente: Elaboración propia .....	26
Ilustración 11. Boceto 3 diseñado con SolidWorks. Fuente: Elaboración propia. ....	27
Ilustración 12. Deformación total Ansys Workbench. Fuente: Elaboración propia. ....	28
Ilustración 13. Tensión equivalente de Von Mises Ansys Workbench. Fuente: Elaboración propia.....	28
Ilustración 14. Deformación total Ansys Workbench. Fuente: Elaboración propia.....	32
Ilustración 15. Tensión equivalente de Von Mises Ansys Workbench. Fuente: Elaboración propia.....	32
Ilustración 16. Enumeración de las eles fijas en el RT. Fuente: Elaboración propia. ....	34
Ilustración 17. Vista de la parábola diseñada en SolidWorks. Fuente: Elaboración propia .....	36
Ilustración 18. Vista del brazo diseñado en SolidWorks. Fuente: Elaboración propia..	37
Ilustración 19. Vista del diseño realizado en SolidWorks del cilindro sujeción de brazos. ....	39
Ilustración 20. Vista del diseño realizado en SolidWorks para tapa del cilindro. Fuente: Elaboración propia.....	40
Ilustración 21. Diseño en SolidWorks de eles centro e inicio de brazos. Fuente: Elaboración propia.....	41
Ilustración 22. Diseño en SolidWorks para ele extremo de brazos. Fuente: Elaboración propia. ....	42
Ilustración 23. Diseño en SolidWorks para ele del rizo. Fuente: Elaboración propia. ...	42
Ilustración 24. Diseño en SolidWorks y prototipo del foco.....	43
Ilustración 25. Vista de la brida diseñada con SolidWorks. Fuente: elaboración propia. ....	44
Ilustración 26. Vista de sujeción para brida diseñada en SolidWorks. Fuente: Elaboración propia .....	45
Ilustración 27. Vista del diseño de las varillas con SolidWorks. Fuente: Elaboración propia. ....	46
Ilustración 28. Vista del cilindro de unión diseñado con SolidWorks. Fuente: Elaboración propia. ....	47
Ilustración 29. Vista del ensamblaje del Boceto 5 diseñado con SolidWorks. Fuente: Elaboración propia.....	48
Ilustración 30. Propiedades físicas del Boceto 5. Fuente: SolidWorks .....	48
Ilustración 31. Módulo Mechanical de Ansys Workbench. Fuente: Ansys Workbench.	51
Ilustración 32. Opciones que se pueden introducir en el apartado Static Structural. ...	52
Ilustración 33. Tipos de análisis que se pueden realizar en Ansys Workbench. Fuente: Ansys Workbench.....	53
Ilustración 34. Deformación total Boceto 5. Fuente: Ansys Workbench.....	54

Ilustración 35. Tensión máxima de Von Mises. Fuente: Ansys Workbench. ....	54
Ilustración 36. Vista del diseño de brazos o sujeciones en SolidWorks. Fuente: Elaboración propia. ....	56
Ilustración 37. Perfil cuadrado que se usará para construir la estructura. Fuente: Edificio Talleres UPNA. ....	57
Ilustración 38. Diseño en SolidWorks de perfil cuadrado con brida. Fuente: Elaboración propia. ....	58
Ilustración 39. Diseño en SolidWorks de ele para inicio y parte media de brazos. ....	59
Ilustración 40. Diseño en SolidWorks de eles extremo de brazos. Fuente: Elaboración propia. ....	60
Ilustración 41. Diseño en SolidWorks del perfil cuadrado. Fuente: Elaboración propia	62
Ilustración 42. Propiedades del Boceto 6. Fuente: SolidWorks. ....	63
Ilustración 43. Vista del ensamblaje del Boceto 6 diseñado en SolidWorks. Fuente: Elaboración propia. ....	63
Ilustración 44. Propiedades Boceto 6 con contrapeso externo. Fuente: SolidWorks ....	64
Ilustración 45. Centro de masas Boceto 6 con contrapeso exterior. Fuente: SolidWorks. ....	64
Ilustración 46. Propiedades e imagen del Centro de Masas contrapesado. Fuente: SolidWorks. ....	65
Ilustración 47. Conjunto ensamblado Boceto 6. Fuente: Elaboración propia. ....	73
Ilustración 48. Deformación total Boceto 6. Fuente: Ansys Workbench. ....	75
Ilustración 49. Equivalent Elastic Strain Boceto 6. Fuente: Ansys Workbench. ....	76
Ilustración 50. Equivalent Stress Boceto 6. Fuente: Ansys Workbench. ....	76

### ***Índice de tablas***

Tabla 1. Tipos de contacto en ANSYS Workbench. Fuente: Elaboración propia. ....	24
Tabla 2. Propiedades aleación de Al 7075-T6, Chapa (SS). Fuente: SolidWorks ....	36
Tabla 3. Propiedades del Acero galvanizado. Fuente: SolidWorks. ....	38
Tabla 4. Propiedades del Acero laminado en frío. Fuente: SolidWorks. ....	39
Tabla 5. Análisis estático estructural en Ansys Workbench. Fuente: Ansys Workbench ....	49
Tabla 6. Details of import en Design Modeler. Fuente: Ansys Workbench. ....	50
Tabla 7. Burletes Ferretería Irigaray. Fuente: Elaboración propia. ....	61
Tabla 8. Coste horas ingeniería. Fuente: Elaboración propia. ....	78
Tabla 9. Coste elementos normalizados tornillería. Fuente: Elaboración propia. ....	78
Tabla 10. Coste perfiles estructurales y burletes. Fuente: Elaboración propia. ....	79
Tabla 11. Coste elementos a fabricar. Fuente: Elaboración propia. ....	79
Tabla 12. Coste elementos móviles. Fuente: Elaboración propia. ....	79
Tabla 13. Coste puesta en marcha. Fuente: Elaboración propia. ....	80
Tabla 14. Coste total del proyecto. Fuente: Elaboración propia. ....	80





## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Objetivos principales

Con este Trabajo Fin de Grado se propone únicamente dar un soporte para la antena, que con la implantación de un foco receptor, realizará la función de radiotelescopio. Se realizará una estructura que pueda ser capaz de girar 360° y realizar la inclinación del radiotelescopio de forma manual.

Se usarán programas de cálculo estructural como ANSYS Workbench y de diseño gráfico como SolidWorks.

El proyecto podría tener un amplio alcance, teniendo como fin último la implantación del equipo para la creación del Centro de Radioastronomía de la UPNA, no siendo un proyecto de investigación, si podría proporcionar datos científicos útiles para redes de radioastronomía.

El objetivo fundamental es el carácter formativo, ya que lo propuesto por la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones era dar inicio al proyecto mediante TFG que incluyen a diversas escuelas de la Universidad. En este caso concreto no se tratarán aspectos eléctricos ni electrónicos, pese a tener un carácter interdisciplinar tanto para alumnos como para profesores.

Otro de los objetivos, cuando el proyecto ya haya sido puesto en marcha, es involucrar a Institutos de Enseñanza Secundaria o Centros de Formación Profesional.

### 1.2 Antecedentes

El Trabajo Fin de Grado surgió para dar solución a un problema planteado desde hacía dos años en la Universidad Pública de Navarra.

Sin una estructura que permitiese el movimiento del paraboloide, se hacía imposible llevar a cabo el proyecto de crear un centro de radioastronomía destinado a la investigación y la docencia en la Universidad.

El inicio de la creación de dicha empresa, precisaba de un mecanismo que le dotase de movimiento, para posteriormente poder implementar sistemas eléctricos y electrónicos con los que se pudiese controlar el sistema de forma remota.

La Escuela de Telecomunicaciones realizó consultas externas a empresas del sector de la radioastronomía, obteniendo presupuestos poco viables para la Universidad.

Además se realizó un proyecto interno en la Universidad usando una transmisión de un vehículo, que se descartó debido a su poca estabilidad y posible rotura de los componentes de la estructura.

## 2 ESTADO DEL ARTE

### 2.1 Definición

La RAE (Real Academia de la Lengua Española) describe radiotelescopio como el instrumento que sirve para detectar las ondas de radio procedentes del cosmos.

### 2.2 Historia y evolución

El primer radiotelescopio del que se tiene constancia es el construido por Grote Reber en 1937.

Grote Reber fue un radioastrónomo estadounidense. Estudió el ruido producido por fuentes que originaban interferencias en la captación de señal de radio de onda corta. Construyó el radiotelescopio con una antena, tableros de madera, láminas de metal galvanizado y piezas de automóvil, como puede observarse en la Ilustración 1. [1]

Hasta la Segunda Guerra Mundial, Reber, fue de las pocas personas especializadas en el ámbito de la radioastronomía. Gracias a él se hicieron los primeros mapas del firmamento, a partir de sus descubrimientos comenzó a implementarse la tecnología en este ámbito.



Ilustración 1. Primer radiotelescopio construido por Grote Reber. Fuente: Google imágenes.

Pero no fue hasta 1954 en Manchester, Inglaterra, dónde se instaló el primer radiotelescopio con fines científicos relevantes, contando con 76 m de diámetro.

El RT más importante está ubicado en Arecibo, Puerto Rico (Ilustración 2). Se inauguró el 1 de noviembre de 1963. Cuenta con 305 m de diámetro y 51 m de profundidad, está construido con placas de Aluminio. Su construcción fue posible gracias a una cavidad natural que existía en la región.



Ilustración 2. Radiotelescopio de Arecibo. Fuente: telescopios.org

### 2.3 Últimos avances tecnológicos

El radiotelescopio más grande del mundo se está construyendo actualmente en China, contará con un diámetro de 500 m, quitándole el puesto al de Arecibo como el más grande del mundo. Al igual que este último, está construido en una depresión del terreno, en concreto de Dawodang, en el sureste de China, como se refleja en la Ilustración 3. Empezó a construirse en 2011, y en 2016 se encuentra en la fase final de montaje, se espera que para septiembre de este mismo año puedan realizarse las primeras pruebas.

La estructura de soporte es un casquete esférico de aproximadamente 300 m de radio formado por una red de cables. Sobre éstos se sitúa el material reflector con forma de triángulo. El foco se encuentra a 140 m de altura sobre el paraboloide, posicionándose de la forma correcta gracias a un sistema de poleas y servomotores.

Con esta nueva instalación se pretende realizar mapas detallados de la distribución del hidrógeno atómico, nuevos púlsares libres y búsqueda de señales de vida extraterrestre.[2]



Ilustración 3. Radiotelescopio de China en construcción. Fuente: El Mundo

### 3 RADIOTELESCOPIO

#### 3.1 Estructura y funcionamiento

El radiotelescopio consta de tres estructuras principales que le dotan de movimiento y le aportan estabilidad. Además son necesarios programas de tratamiento y software especializado.

**Antena.** Dipolos o estructura con forma de paraboloide que concentra las ondas de radio hacia un foco.

**Foco.** Alojamiento de la antena, debe estar conectado a un aparato de amplificación y registro. Las ondas son captadas de forma paralela al foco.

**Soporte de la antena.** Montura dotada de controles en altitud y azimut.

**Programas de tratamiento y análisis de los datos.** Posibilidad de utilizar un servidor para hacer visibles los datos, ya procesados a través de un servicio web.

#### 3.2 Aplicaciones del radiotelescopio

**Actividad de meteoros.** Monitorizar la actividad de meteoros y de lluvia de estrellas, así como de meteoros esporádicos. El método se conoce como Foward Scattering Radio Techniques, se basa en registrar el reflejo de ondas de radio emitidas por una fuente lejana mediante receptores sintonizados. Los datos obtenidos podrían ser compartidos con organizaciones internacionales como la IMO (International Meteor Organization).

**Actividad solar.** La actividad solar emite energía electromagnética y ondas de radio. Observando las frecuencias se puede distinguir el tipo de fenómeno producido por la actividad solar.

**Radioemisiones de Júpiter.** Radioemisiones asociadas a la interacción del satélite con el campo magnético joviano. Se asemeja al comportamiento de la actividad solar, pero en este caso el objetivo sería determinar la posición orbital.

**Hidrógeno neutro.** En este caso se podría estudiar la distribución de hidrógeno galáctico y determinar el desplazamiento doppler de las señales.

El equipo diseñado podría realizar varios de los estudios planteados anteriormente de forma simultánea. Cada tipo de instalación, según el tipo de foco elegido admite un sinfín de alternativas y posibilidades.

#### 3.3 Características del radiotelescopio

La parábola fue cedida por la compañía Telefónica al laboratorio de investigación de la Universidad Pública de Navarra, en concreto, al Laboratorio de Investigación del Edificio El Sario.

### 3.3.1 Condiciones de llegada

En la Ilustración 4 adjunta se observan las condiciones en las que llegó al recinto universitario. Se puede observar la pintura con la que estaba recubierto y el desgaste sufrido a lo largo de los años debido al uso y posiblemente a estar sometido a condiciones climatológicas adversas.

No se conoce si existen signos de corrosión del material ni deformaciones del mismo. Las únicas imágenes que se tienen son las que se muestran, en las que no se puede apreciar claramente si existen signos de dichos fenómenos.

Se cree que el paraboloide está compuesto de Aluminio, pero se desconoce el tipo de aleación.

El paraboloide se cedió sin ningún tipo de sujeción al suelo.

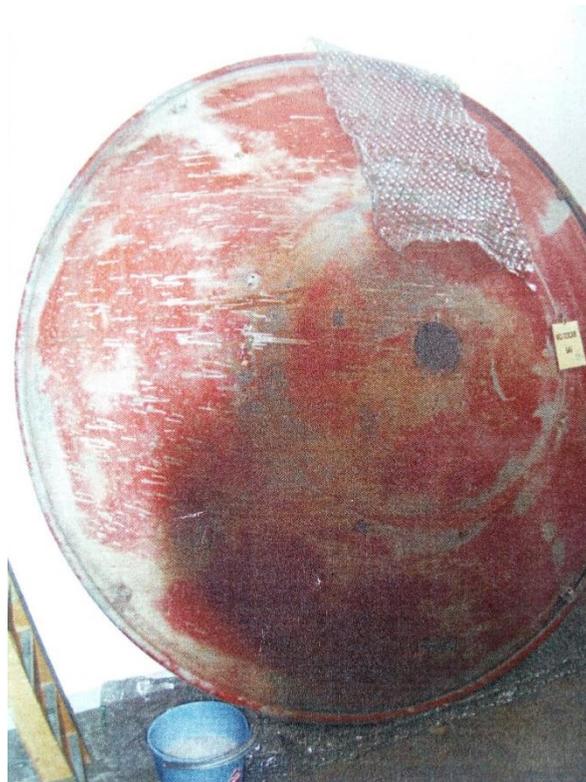


Ilustración 4. Llegada del RT a la UPNA. Fuente: Imagen cedida por J.J. Vesperinas

### 3.3.2 Condiciones tras la reforma

José Javier Vesperinas Oroz, aplicó varias capas de pintura de color gris sobre el radiotelescopio. La pintura podría impedir la llegada correcta de señales al foco, se desconoce si es de tipo anticorrosivo y el espesor de la misma.

Estos datos son de alta relevancia para el desarrollo del proyecto ya que condicionarán los cálculos estructurales.

En la Ilustración 5 se pueden comprobar las condiciones después de la aplicación de la pintura.



Ilustración 5. RT con pintura de color gris aplicada. Fuente: Imagen cedida por J.J. Vesperinas

Se pueden observar en las imágenes, cedidas por José Javier Vesperinas Oroz, que la parábola se encuentra en uno de los laboratorios del Edificio El Sario, con unos anclajes para mantenerla de manera ortogonal respecto del suelo. Esta estructura impide el movimiento de la parábola, únicamente la mantiene anclada a los soportes para que no tenga desplazamiento respecto del suelo.

La parábola tiene los agujeros con los que se mantenía anclada en su inicial ubicación, por lo que no se ha cambiado la forma estructural del paraboloide.

### 3.3.3 Medidas

El paraboloide, de material desconocido, posee un diámetro de 2440 mm. Se ha tomado como espesor de referencia 3.5 mm. Con la Ilustración 6, únicamente se pretende mostrar características como la distancia focal, de 920 mm.

Los datos han sido cedidos por José Javier Vesperinas.

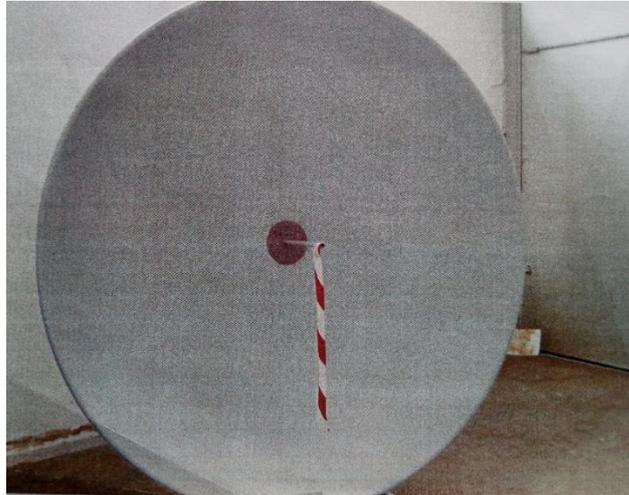


Ilustración 6. Vista en alzado del RT. Fuente: Imagen cedida por J.J. Vesperinas

## 4 PLIEGO DE CONDICIONES

El pliego de condiciones es una de las partes fundamentales de un proyecto, en él se especifican los principios básicos y requerimientos principales que debe tener el sistema a realizar.

Se presentan las primeras especificaciones, que posteriormente, a medida que el proyecto avance, podrán modificarse por otras que den una mejor solución al problema planteado.

### 4.1 Requisitos básicos del proyecto

- Profesores y alumnos dispuestos a participar mediante Proyecto Final de Grado.
- Personas dispuestas a realizar la labor de coordinación en el PFG y a lo largo del proyecto. Así mismo deberán elaborar propuestas concretas para la gestión y seguimiento de las mismas y para el mantenimiento de equipos.
- Disponer de un lugar adecuado para la instalación de la antena y equipamiento necesario. Alimentación de equipos y posibilidad de acceso a red.
- Financiación, referida a los materiales necesarios para la construcción de los equipos.

### 4.2 Situación

Para poder establecer el anclaje de la estructura realizada es primordial conocer la ubicación del radiotelescopio. La ubicación condicionará todos los cálculos. Por parte de la Universidad se han planteado dos posibles ubicaciones, aún por determinar:

- **Terraza ubicada en el Edificio El Sario (Ilustración 7).** Se ha planteado como solución principal para el problema planteado por los robos en la Finca de Prácticas de Ingeniería del Medio Rural. Si se elige esta ubicación habrá que tener en cuenta el Código Técnico de la Edificación (CTE).



Ilustración 7. Situación Edificio El Sario. Fuente: Google Earth.

- **Finca de Prácticas para Ingenieros de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural (Ilustración 8).** Gran superficie de terreno dedicado para prácticas de los alumnos y profesores de Ingeniería del Medio Rural. El problema que se plantea son los diversos robos que se producen en este lugar. En este caso no habría que utilizar el CTE ya que se usaría una porción de terreno.



Ilustración 8. Situación Finca de Ingenieros Agrónomos. Fuente: Google Earth.

### 4.3 Traslado

El radiotelescopio se encuentra en uno de los laboratorios que posee la Escuela de Ingenieros de Telecomunicaciones en el Edificio El Sario.

Al estar en una sala de reducidas dimensiones, se ha considerado necesario el cambio de situación del radiotelescopio al Edificio de Talleres de la Universidad, en concreto al perteneciente a Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales.

Para el traslado el profesor Pedro María Diéguez Elizondo junto con José Carlos Urroz Unzueta, se han puesto en comunicación con Rafael Rodríguez Trías; Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales, José Javier Vesperinas Oroz; Oficial de servicios de laboratorio del Edificio el Sario, y Silvia Díaz Lucas; Vicerrectora de la Universidad Pública de Navarra.

El traslado está previsto para el día 7 de abril de 2016.

### 4.4 Principales problemas

- Material del que está compuesta la parábola desconocido, al igual que el espesor de la misma.
- Tipo de pintura utilizada de características desconocidas, al igual que el espesor de la capa.
- Se pueden observar abolladuras en la superficie y cúmulos de pintura.
- Agujeros para tornillería desalineados.

### 4.5 Especificaciones de diseño

- Se requiere una estructura de fácil manejo, con posibilidad en un futuro de implementar sistemas que controlen de manera remota el movimiento.
- Capaz de girar 360° y de inclinarse, posiciones azimutal y cenital, respectivamente.
- El paraboloide presenta abolladuras en algunas zonas, las cuales probablemente habrá que rectificar en un futuro.
- Estructura no corrosiva, cualquiera de las dos ubicaciones propuestas harán que el sistema esté en contacto directo y continuo con la atmósfera. Teniendo esto en cuenta, se deben considerar inclemencias meteorológicas tales como agua o nieve y humedad, y hacer que la estructura sea capaz de soportarlas.
- Peso ligero de la estructura para facilitar su manejabilidad. La estructura tendrá que ser transportada hasta cualquiera de las dos ubicaciones y montada in situ.
- El foco, cuyo peso aproximadamente ronda los 10 Kg, se situará a 920 mm del vértex por lo que es de gran relevancia para los cálculos.
- Conocer mediante análisis de material, las características de la parábola. Este punto es imprescindible ya que éstas condicionarán los cálculos estructurales.
- Necesidad de implementar soportes anclados al RT para sustentar al foco, éstos deben dar la menor cantidad de sombra que sea posible ya que podrían impedir la llegada de señales al receptor.
- Realización de distintos bocetos y comprobación con programas de cálculo estructural.
- Estructura visualmente acorde con el entorno en el que se va a situar.
- Mínimo mantenimiento.
- Eliminación de abolladuras y sobrante de pintura. Podría ser necesario el decapado de la parábola para realizar algún tipo de tratamiento.

# 5 CÁLCULOS INICIALES

## 5.1 Ansys Workbench

En un primer momento se optó por diseñar el conjunto con el módulo Design Modeler de Ansys Workbench. Esta herramienta es permite crear diseños de modo gráfico, como si de un programa de dibujo 3D se tratase.

Debido a la imposibilidad del módulo Design Modeler para crear superficies de gran complejidad a nivel de diseño gráfico, se ha decidido realizar los diseños tanto de prueba como definitivos en SolidWorks.

Como aproximación inicial, se tomará como referencia un espesor para la parábola de 3.5 mm.

No obstante, el análisis a realizar será un estático estructural, tanto en los casos de prueba como en el caso definitivo, comprobando si la parábola y el ensamblaje podrían soportar condiciones climatológicas adversas como el viento o la lluvia. También se tendrá en cuenta la aceleración de la Gravedad.

Por este motivo se realizará una exportación de los archivos creados con SolidWorks en formato SolidWorks Assembly Document al módulo Design Modeler de Ansys Workbench.

En este punto del TFG, se da una aproximación de las medidas de la parábola debido a que no se ha realizado el traslado de la estructura al Edificio de Talleres de la UPNA, siendo imposible realizar una medición exhaustiva.

Para los cálculos iniciales y primeras comprobaciones con Ansys, se tomarán como válidas dichas dimensiones, ya que no tendrán una alta relevancia debido a que se usarán como aproximación para futuros diseños y no como cálculos finales.

### 5.1.1 Tipos de contacto

Desde el módulo de Ansys Workbench se pueden elegir seis tipos diferentes de contacto, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de contacto en ANSYS Workbench. Fuente: Elaboración propia

TIPOS DE CONTACTO	Nº INTERACCIONES	SEPARACIÓN	DESLIZAMIENTO
<b>BONDED:</b> No existe penetración, separación, ni deslizamiento sin fricción entre caras y ejes	1	Sin espacio	Sin deslizamiento entre caras
<b>NO SEPARATION:</b> Puede existir deslizamiento sin fricción en caras de contacto	1	Sin espacio	Deslizamiento permitido entre superficies
<b>FRICTIONLESS:</b> No existe penetración, puede existir deslizamiento y separación de caras sin resistencia	Múltiple	Espacio entre superficies permitido	Deslizamiento permitido entre superficies
<b>ROUGH:</b> Coeficiente de fricción igual a infinito	Múltiple	Espacio entre superficies permitido	Sin deslizamiento entre caras
<b>FRICTIONAL:</b> Existe coeficiente de fricción (hay que definirlo). Libre de separarse sin resistencia	Múltiple	Espacio entre superficies permitido	Deslizamiento permitido entre superficies
<b>FORCED FRICTIONAL SLIDING</b>	Múltiple	Espacio entre superficies permitido	Deslizamiento permitido entre superficies

Para el Trabajo Fin de Grado, al producirse la unión de los componentes mediante soldadura o por uniones atornilladas, la unión entre componentes se considerará del tipo Bonded. Esta opción supone que no existe separación, penetración o deslizamiento entre los componentes.

### 5.2 SolidWorks

Se realizarán los diseños en SolidWorks de cada uno de los componentes presentes en la estructura.

Se tendrán en cuenta los materiales y tamaños de agujeros.

Además se le añadirá la tornillería necesaria para el montaje.

Para todos los diseños realizados se considerará la parábola perfecta, por lo que toda la estructura será simétrica.

## 6 REALIZACIÓN DE LOS DISEÑOS

### 6.1 Boceto1

Diseño preliminar del conjunto en el que se puede observar la estructura completa a realizar a modo de primera aproximación.

En este momento no se tienen en cuenta las medidas de ninguno de los componentes, ya que únicamente se pretende dar una visión del movimiento del conjunto, como se puede observar en la Ilustración 9.

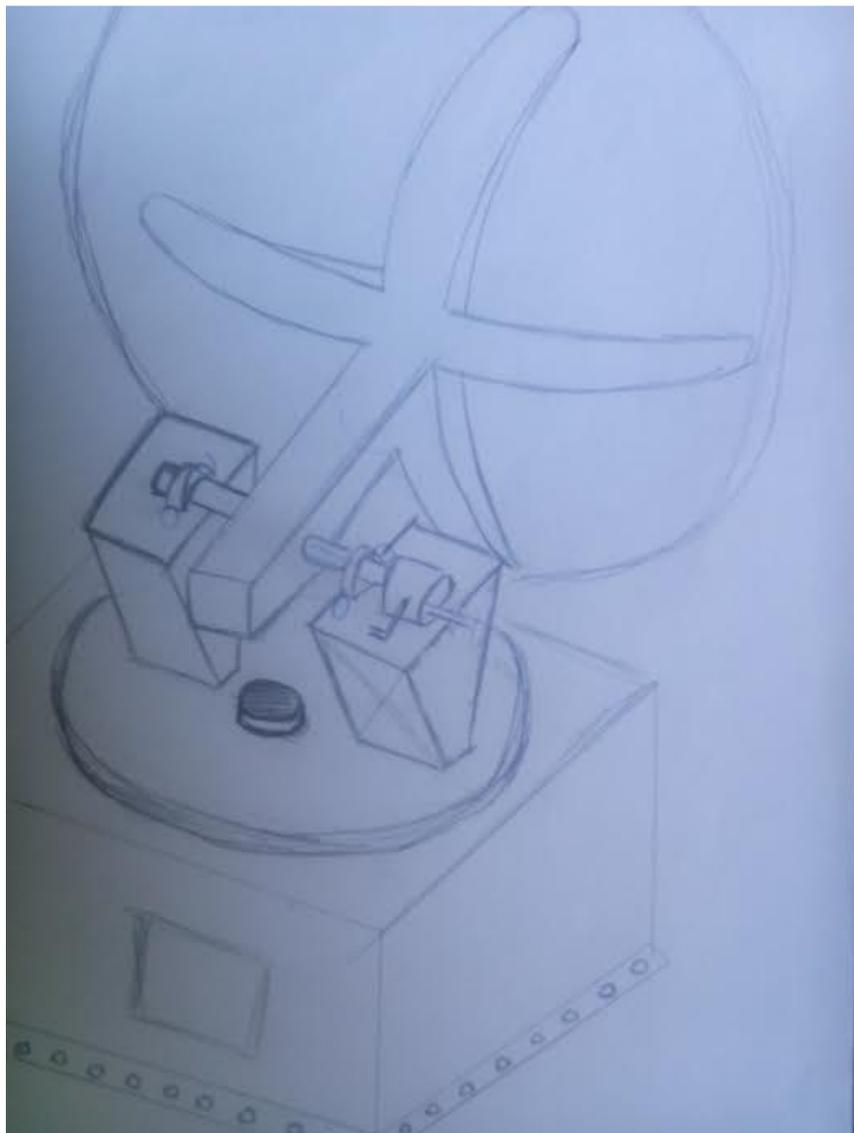


Ilustración 9. Boceto1 realizado de forma manual. Fuente: Elaboración propia.

El Boceto 1 consta de:

- Cuatro sujeciones para la superficie exterior de la parábola.
- Un eje central.
- Eje para reductora y rodamientos para realizar la inclinación de la estructura de forma cenital.
- Dos cojinetes y una reductora para movimiento acimutal.
- Bases con forma triangular para sustentar la parte superior de la estructura.
- Base giratoria para proporcionar el azimut deseado.
- Eje vertical con unión a reductora.
- Estructura cerrada que contiene una segunda reductora posee anclaje al suelo.

### 6.2 Boceto 2

Basado en el Boceto 1, se ha realizado un primer diseño con SolidWorks, mostrado en la Ilustración 10. Este diseño no ha sido comprobado con Ansys.

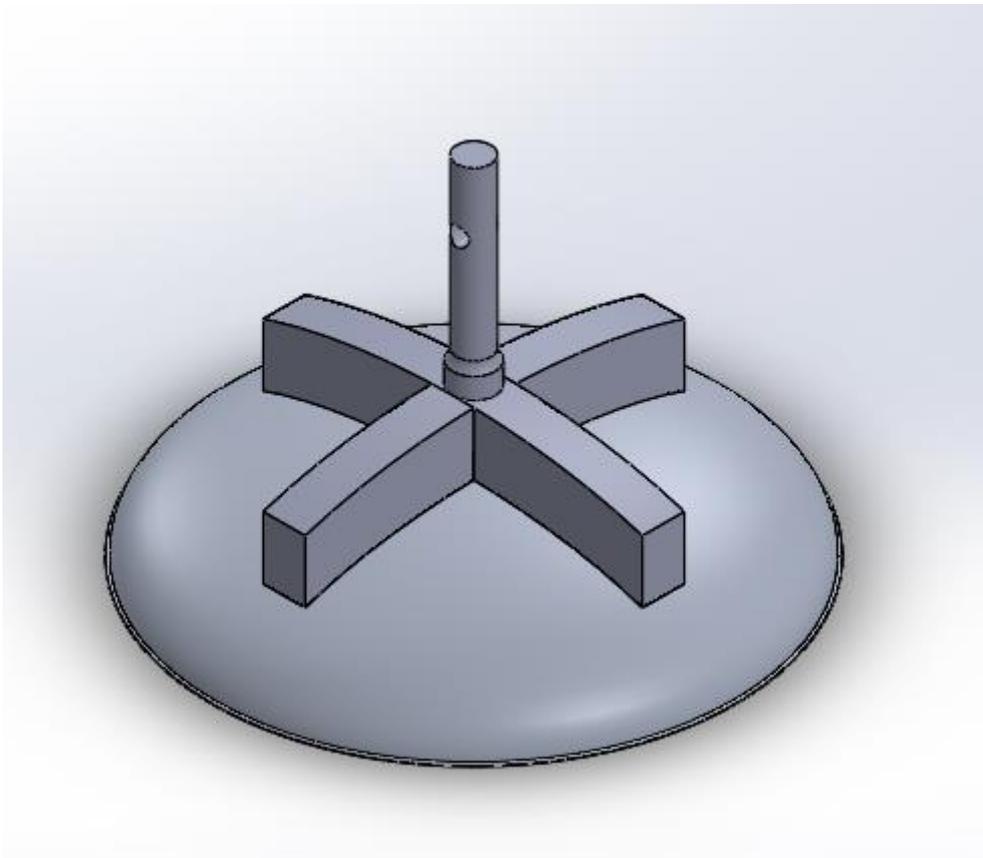


Ilustración 10. Boceto 2. Fuente: Elaboración propia

### 6.3 Boceto 3

#### 7.3.1 Diseño

Se ha realizado el diseño basándose en el dibujo creado en formato A4 del Boceto 1 (Ilustración 9).

En lugar de cuatro brazos, como prueba inicial, se ha realizado con dos, como se observa en la Ilustración 11. Además, se ha supuesto una anchura de los mismos de 200 mm, uniéndose por soldadura a un cilindro de 900 mm de longitud con un diámetro de 270 mm.

Los brazos en este caso irán unidos mediante uniones atornilladas a la superficie exterior de la parábola. De forma que la estructura posea la forma mostrada en la Ilustración 11.



Ilustración 11. Boceto 3 diseñado con SolidWorks. Fuente: Elaboración propia.

#### 6.3.2 Cálculos

Se ha exportado el ensamblaje realizado con SolidWorks a Ansys Workbench. Se le ha impuesto un mallado automático a la estructura. Se han simulado cargas de 300 Pa, simulando la Presión del viento de forma perpendicular a la superficie de la parábola, es decir, la situación más desfavorable que podría producirse.

Se ha introducido la Aceleración de la Gravedad y se ha tomado como superficie fija el eje.

Los resultados obtenidos con el programa se muestran en la Ilustración 12. Deformación total Ansys Workbench. Fuente: Elaboración propia. Ilustración 12 y en la Ilustración 13.

Del análisis puede extraerse que la máxima deformación se produce en dos de los extremos de la parábola, en concreto en los que no existen brazos, de tal forma que si un lado se comprime, el opuesto recibirá un esfuerzo de tracción.

La máxima tensión se concentra en el punto de unión entre el cilindro y el brazo.

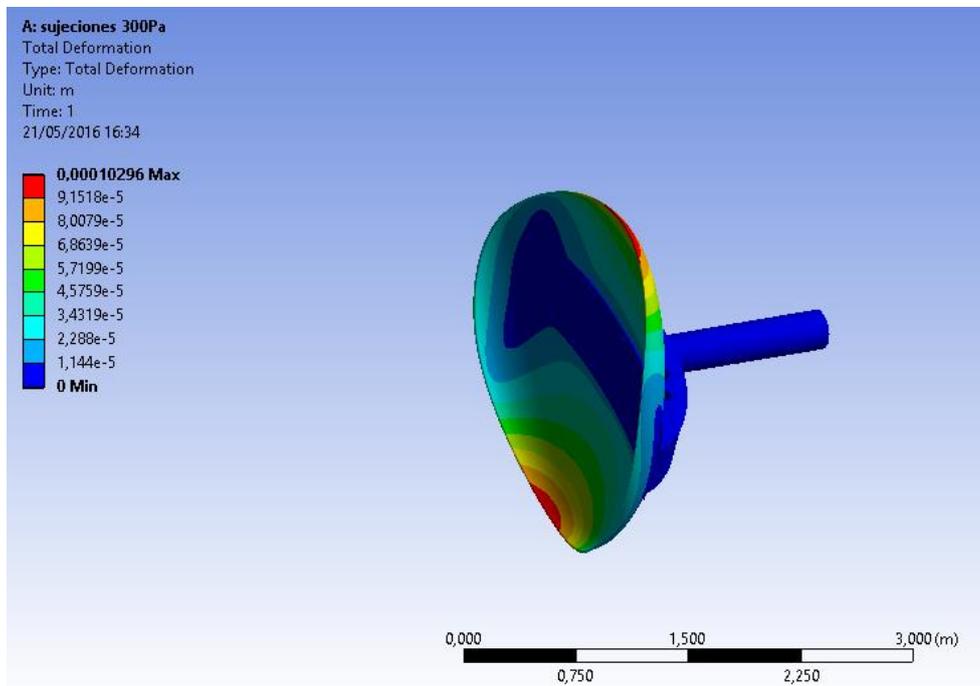


Ilustración 12. Deformación total Ansys Workbench. Fuente: Elaboración propia.

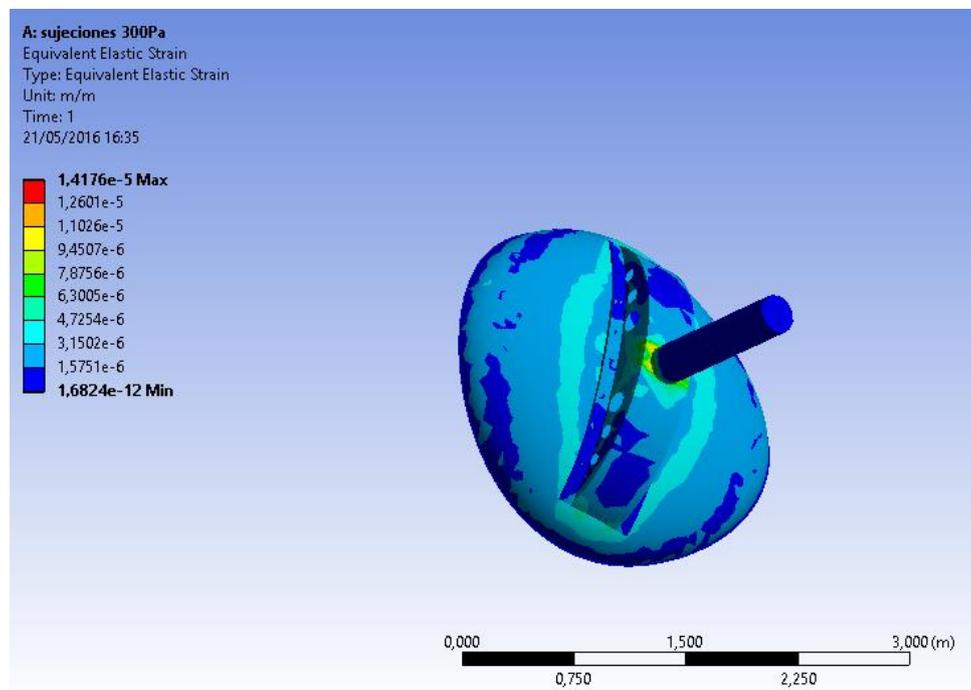


Ilustración 13. Tensión equivalente de Von Mises Ansys Workbench. Fuente: Elaboración propia.

### 6.3.3 Conclusiones

El diseño creado soporta las condiciones de carga impuestas sin problema. Como primera aproximación podría tomarse como válida.

Se puede observar en los resultados que las cargas no se reparten de manera uniforme, efecto debido a que únicamente se haya realizado la simulación con dos brazos.

Las medidas y el peso de la estructura deben reducirse, ya que uno de los requisitos del pliego de condiciones era que la misma fuese ligera.

La conclusión que se extrae de esta prueba es que la estructura planteada en el Boceto 1 podría ser perfectamente válida en un diseño real.

Se deben introducir los datos reales respecto a las medidas para comprobar que dicha prueba podría darse como válida para diseños posteriores.

Es necesario conocer si el material del que está compuesta la parábola es Aluminio.

Teniendo todo esto en cuenta, se deben realizar diseños similares, de modo que las cargas se repartan de manera uniforme por la superficie.

## 7 BOCETO 4

### 7.1 Toma de medidas

Gracias a la llegada del RT al Edificio de Talleres de la Universidad, en concreto al Taller de Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales, ha sido posible realizar las medidas correspondientes.

En esta ocasión el diseño se ha realizado con las medidas reales de la parábola, y no como en los Bocetos 1, 2 y 3, las cuales eran aproximadas.

Las medidas, tanto de espesor de la parábola como de tamaño y separación de agujeros, han sido tomadas por medio de herramientas de medición tales como:

- a. **Pie de Rey:** para comprobar el espesor real del RT y medida de los taladros.
- b. **Una cinta métrica:** para medir separación entre agujeros y longitud total de la parábola.
- c. **Regla metálica:** separación y medida de componentes.

Además, se ha realizado una aproximación del diseño de los brazos con cartón, para comprobar que la parábola se podía suponer perfecta. El diseño a cartón ha sido realizado por medio de ecuaciones de la parábola. Cabe destacar que el recorte no ha sido perfecto ya que se ha hecho con ayuda de un cúter, de forma manual. Aun así el diseño se ajusta casi perfectamente al radio del paraboloide. Gracias a esto se ha podido asumir finalmente una parábola perfecta, salvo desviaciones milimétricas.

Una vez elegido el diseño, debe determinarse el Centro de Masa del conjunto, de tal forma que se encuentre en el punto medio de la parte hueca del eje de la parábola. De esta forma coincidirá con el Centro de Masa del eje de la reductora.

### 7.2 Componentes y diseño

#### 7.2.1 Parábola

Gracias a las medidas realizadas en el Edificio de talleres, ha sido posible conocer el espesor real del RT, 3 mm. También se ha medido el diámetro del rizo, 36 mm, el cual aporta rigidez a la estructura.

Además, gracias al pie de rey ha sido posible medir el diámetro de los agujeros y la distancia entre los mismos.

Aproximadamente a 1100 mm del centro de la parábola existen cuatro placas de acero con forma de L que actualmente sirven de sujeciones antivuelco como se ha podido apreciar en la Ilustración 5. Se ha decidido usar estas placas para la sujeción de los tirantes, ya que aportan estabilidad y rigidez debido a su espesor de 7 mm.

Finalmente se ha elegido el Aluminio como material del que está compuesto la parábola, para poder realizar los cálculos iniciales. Este material es uno de los que peor podría soportar condiciones climatológicas adversas.

### 7.2.2 Brazos o sujeciones

Constará de 8 placas de Acero de 3 mm de espesor. El diseño de las mismas ha sido realizado con SolidWorks, previa comprobación de la simetría del paraboloides.

En un primer momento se barajó la posibilidad de soldar las placas a la parábola pero se descartó la idea debido a que si surgía un problema con los brazos en un futuro o se decidía modificar el diseño, sería imposible hacerlo. Por lo tanto, la solución tomada ha sido la de atornillarlas a la superficie.

Además, debido a que el paraboloides, pese a suponerse perfecto, no lo sea, se utilizarán unos burletes, para que además de eliminar imperfecciones, eviten posibles vibraciones que puedan producirse durante el movimiento. Los burletes se insertarán en la cara de los brazos que se une con la superficie de la parábola. En la parte central de los brazos, se realizarán unos recortes de tal forma que queden insertados en un cilindro central, con el fin de poder desmontarlos si surgiese algún problema con la estructura o simplemente por mantenimiento de la misma.

### 7.2.3 Cilindro sujeción de brazos

Se ha supuesto un cilindro de acero de diámetro exterior 156 mm y diámetro interior 156 mm, es decir, 3 mm de espesor. Para que sirva de unión con el paraboloides, en la zona de contacto con éste, se soldará un cilindro de diámetro 200 mm, contando con un espesor de 5 mm, que realizará la función de brida. Al cilindro, se le practicarán unas hendiduras de 3 mm, cada una de ellas con una separación respecto del centro de 20 mm, dónde irán ubicados los brazos.

### 7.2.4 Tapa del cilindro

Para que los brazos no tengan la posibilidad de desplazarse fuera del cilindro, en el que se insertan, se ha diseñado una superficie a modo de "tapa" con las mismas hendiduras que el cilindro, con la diferencia de tener 5 mm de longitud después de las mismas.

7.3 Resultados del análisis con Ansys Workbench para el Boceto 4

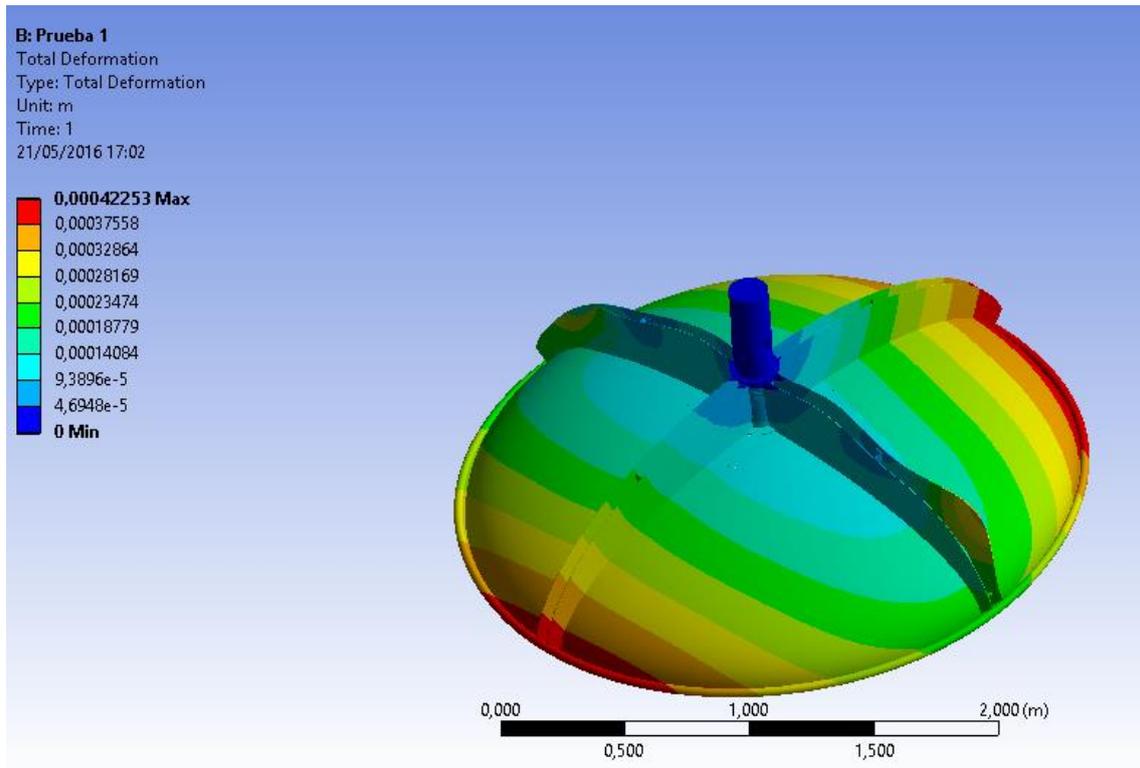


Ilustración 14. Deformación total Ansys Workbench. Fuente: Elaboración propia.

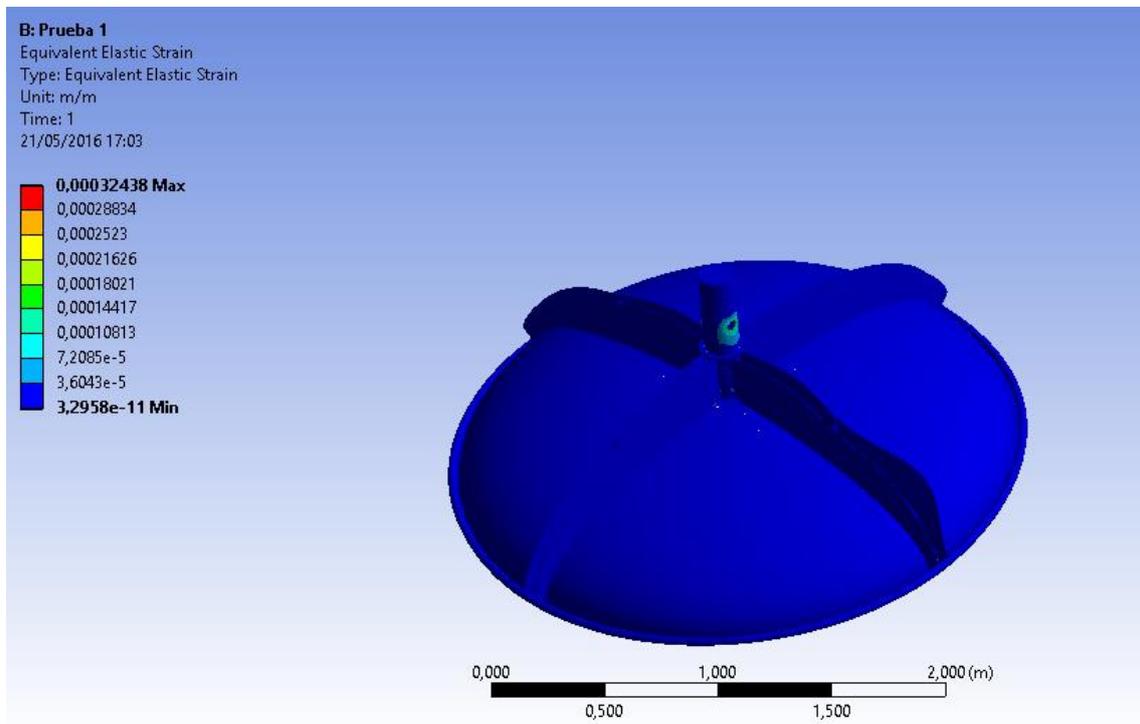


Ilustración 15. Tensión equivalente de Von Mises Ansys Workbench. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos con el análisis se muestran tanto en la Ilustración 14, como en la Ilustración 15. Como se puede observar, las medidas están dadas en metros (m), siendo la deformación total de 0.00042 m o 0.42 mm.

Las tensiones se concentran en la zona de giro del eje, no existiendo ningún problema en la zona de unión del conjunto. La tensión máxima que podría producirse es claramente inferior a la que podría soportar la estructura.

### 7.3.1 Conclusión del ensayo

Pese a mostrar tanto en la Ilustración 14 como en la Ilustración 15 una gran deformación, claramente apreciable de forma visual, en las sujeciones de la parábola, al comprobar la leyenda de resultados, se puede extraer la conclusión de que la deformación es mínima, comparada con las dimensiones de cualquiera de los componentes del conjunto.

La tensión de Von Mises, al igual que la deformación total tiene un valor despreciable comparado con la total que podría soportar el conjunto. Además, las tensiones se concentran en la zona respecto a la que girará el conjunto.

Algunas de las conclusiones que pueden extraerse de dicho ensayo son:

- Reducir el peso total de la estructura.
- Tener en cuenta para simulaciones futuras, un par de giro aplicado sobre el eje.
- Necesario diseñar el foco.
- Reducir el tamaño de los brazos.

## 8 BOCETO 5

Debido a que el peso total de la estructura se consideraba elevado, se ha decidido realizar cambios en algunos de los componentes con el fin de aligerarla.

En este diseño, además, se han añadido nuevos componentes para aumentar la rigidez de la estructura. A continuación se detallan cada uno de los mismos.

En este punto también se tratará la toma de medidas para comprobar que las aproximaciones realizadas en los diseños se ajustan a la realidad.

### 8.1 Toma de medidas

#### 8.1.1 Longitud de los arcos

Se ha realizado la medida de los arcos de la parábola con el fin de comprobar si las eles que están unidas a la parábola por medio de dos tonillos de métrica M4, se encuentran a la misma distancia, tanto radial como longitudinalmente, es decir, si están distribuidas de forma simétrica. Las medidas de cada longitud de arco se representan en la Ilustración 16.



Ilustración 16. Enumeración de las eles fijas en el RT. Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Arco } 1 - 2 = 195 \text{ mm}$$

$$\text{Arco } 2 - 3 = 195.5 \text{ mm}$$

$$\text{Arco } 3 - 4 = 193.5 \text{ mm}$$

$$\text{Arco } 4 - 1 = 199 \text{ mm}$$

Al haberse encontrado una gran diferencia entre las longitudes de los arcos, se ha decidido desplazar el soporte número 4, 30 mm en la dirección del soporte 1. De esta forma las longitudes de cada arco quedarían:

$$\text{Arco } 1 - 2 = 195 \text{ mm}$$

$$\text{Arco } 2 - 3 = 195.5 \text{ mm}$$

$$\text{Arco } 3 - 4 = 196.5$$

$$\text{Arco } 4 - 1 = 196 \text{ mm}$$

Se presentan diferencias máximas de 15 mm entre las longitudes de los arcos, para este caso se considerarían válidas y suficientes para poder situar los brazos en la posición deseada sin que se produzcan interferencias.

### 8.1.2 Masa de la parábola

Se ha considerado necesario pesar la parábola para asegurar que el material que se ha seleccionado mediante el diseño con SolidWorks es el correcto. Sin esta masa, los cálculos referentes tanto a cargas como a centros de gravedad podrían verse afectados, dando como resultado datos erróneos.

Se ha usado un palet sobre la báscula para poder apoyar correctamente la estructura. Posteriormente se ha desmontado la parábola de los anclajes que la mantienen en posición vertical y se ha pesado.

Los datos obtenidos son:

$$\text{Masa: Palet} = 8.3 \text{ kg}$$

$$\text{Masas: Palet} + \text{Parábola} = 59.55 \text{ kg}$$

$$\text{Masa Parábola} = 59.55 - 8.3 = 51.25 \text{ kg}$$

$$\text{Masa Parábola diseñada en SolidWorks} = 51.47 \text{ kg}$$

Por tanto, a la vista de los resultados obtenidos, se puede afirmar que el diseño realizado con SolidWorks se ajusta a la realidad. El error cometido es perfectamente asumible, por lo que los cálculos obtenidos, únicamente presentarán pequeñas desviaciones que no implicarán datos falseados.

## 8.2 Componentes

### 8.2.1 Parábola

Desde este momento se asume y se afirma que el material del que está compuesta la parábola es una aleación de Aluminio, en concreto la 7075- T6, Chapa (SS).

Para dar por válida dicha suposición, además de comprobar el peso, se ha comprobado si la parábola poseía propiedades de tipo magnético, dando como resultado negativo.

Las propiedades de este material son las representadas en la Tabla 2:

Tabla 2. Propiedades aleación de Al 7075-T6, Chapa (SS). Fuente: SolidWorks

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	7.19999992e+010	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.33	N/D
Límite de tracción	570000003.4	N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	505000003.1	N/m <sup>2</sup>
Módulo tangente		N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	2.4e-005	/K
Densidad de masa	2810	kg/m <sup>3</sup>
Factor de endurecimiento	0.85	N/D

No se han realizado cambios respecto al Boceto 4 en el diseño de la parábola, únicamente se representan los taladros que posee la misma, considerando una distribución perfecta de los mismos en la Ilustración 17.

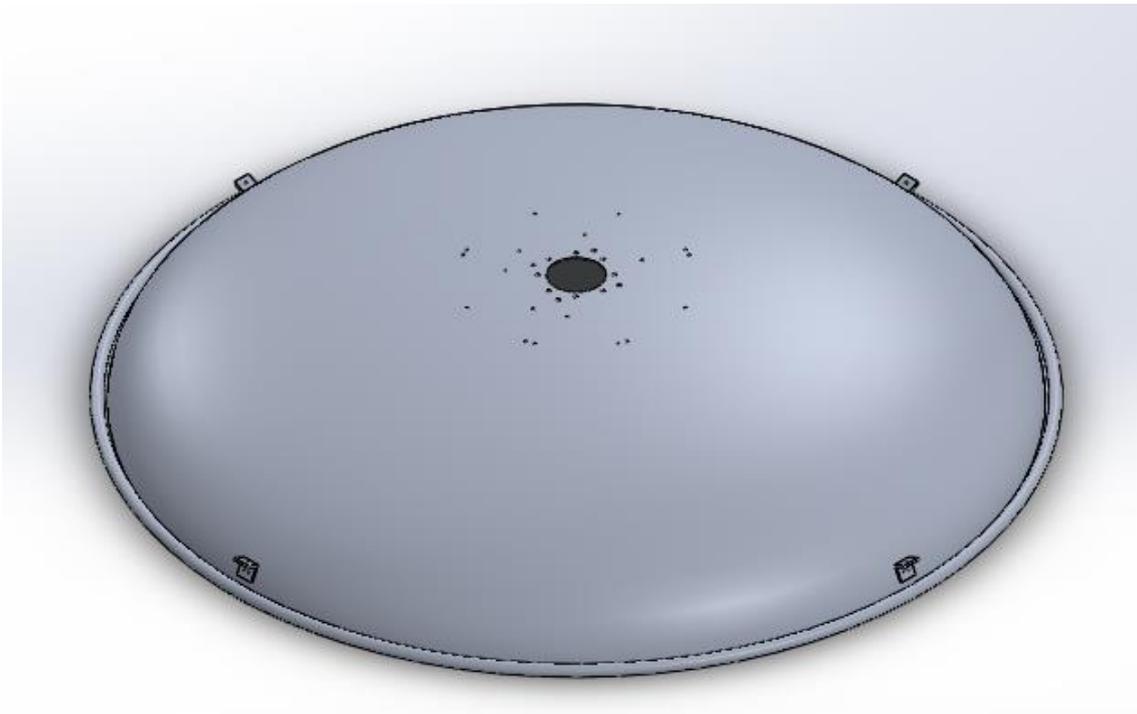


Ilustración 17. Vista de la parábola diseñada en SolidWorks. Fuente: Elaboración propia

Algunos de los taladros no se representan en los planos finales, no así cómo en el plano de ensamblaje, debido a la incorrecta alineación de algunos componentes fijos existentes en la parábola real, explicados ya con anterioridad.

Teniendo en cuenta estos factores, los taladros para la unión de los componentes se realizarán cuando se proceda a realizar el montaje in situ de la estructura, de esta forma se evitarán agujeros innecesarios o mal alineados.

### 8.2.2 Brazos o sujeciones

Respecto al Boceto 4, se han realizado varias modificaciones importantes en el diseño de los brazos, como pueden observarse en la Ilustración 18.



*Ilustración 18. Vista del brazo diseñado en SolidWorks. Fuente: Elaboración propia.*

- Al ser uno de los componentes estructurales que más peso aportaba al conjunto, se ha decidido realizar una disminución del espesor, pasando de 3 a 1.5 mm. Con esto se ha conseguido reducir la masa de las sujeciones a la mitad.

- Para facilitar el ensamble con el cilindro en el que estarán contenidos los brazos, se ha dejado una zona al inicio con ángulos rectos. Después se han realizado varias curvaturas para eliminar cantos vivos, evitando de este modo la concentración de tensiones en dichas zonas.
- Se ha acertado la longitud de los brazos con el fin de reducir la masa. En el Boceto 4 las sujeciones llegaban hasta el extremo de la parábola ya que se pensó en aprovechar esta parte para unir los tirantes que sustentan al foco. En el Boceto 5, esta idea ha sido descartada, buscando otra solución, que será explicada más adelante.
- En el ensamblaje, aproximadamente se insertan unos 20 mm de brazo en el interior del cilindro de sujeción para los mismos. En ese punto se realizará un doblado de la chapa para que los brazos no puedan desplazarse al exterior. Con esto se consigue una estructura desmontable, facilitando posibles labores de mantenimiento o posteriores modificaciones de la estructura.
- Se han realizado radios de acuerdo, evitando de esta forma cantos vivos que pudiesen actuar como concentradores de tensiones.
- Se ha dejado cierto juego en las medidas para evitar posibles interferencias entre componentes.
- Se practicarán 3 pares de agujeros sobre la cara de las uñas para tornillos de métrica M5, que sirvan como sujeción de éstas a las eles. Los taladros se realizarán en el momento de montaje para evitar posibles desviaciones que puedan producirse.
- Se ha dejado una distancia entre sujeciones de 60 mm, respecto del centro de cada una de ellas.
- Al poseer una forma difícilmente mecanizable por métodos usuales, las placas se enviarán a una empresa especializada de corte por láser.

En la Tabla 3 se presentan las propiedades físicas de los brazos o sujeciones, realizados en acero galvanizado:

Tabla 3. Propiedades del Acero galvanizado. Fuente: SolidWorks.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2e+011	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D
Módulo cortante		N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	7870	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	356900674.5	N/m <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	203943242.6	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica		W/(m·K)
Calor específico		J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

### 8.2.3 Cilindro para sujeción de brazos

En el cilindro en el que irán insertados los brazos, se han modificado varias de las medidas presentes en el Boceto 4. Con ellas se pretende mejorar la rigidez de la estructura, al igual que mejorar el ajuste de los brazos con la superficie de la parábola.

- El cilindro está compuesto de dos superficies soldadas: una a la que se le practicarán ocho ranuras y otra que realizará la función de brida de unión entre la parábola y la estructura. Ambas de acero laminado en frío, las propiedades se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Propiedades del Acero laminado en frío. Fuente: SolidWorks

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2.05e+011	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D
Módulo cortante	8e+010	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	7870	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	420000000	N/m <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	350000000	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	1.17e-005	/K
Conductividad térmica	51.9	W/(m·K)
Calor específico	486	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

- Se ha modificado la altura del cilindro ranurado, pasando de 250 a 200 mm respecto al Boceto 4. Las ranuras tienen una longitud de 150 mm.
- El espesor de las ranuras en las que se insertarán los brazos ha pasado de 3 a 2 mm, dejando un juego entre los brazos y la superficie de las ranuras de 1mm. Se le ha aplicado un radio de acuerdo de 1 mm en la parte inferior para evitar zonas que pudiesen actuar como concentradores de tensiones.

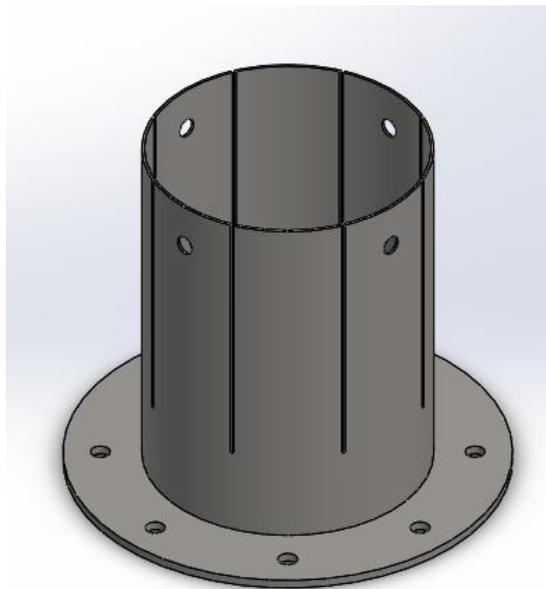


Ilustración 19. Vista del diseño realizado en SolidWorks del cilindro sujeción de brazos.

Fuente: Elaboración propia.

- Se realizarán cuatro taladros de 10.5 mm de diámetro, es decir, métrica M10 para los tornillos necesarios para poder sujetar la tapa. Habrá que utilizar cuatro roscas hexagonales que se ajusten a dicha métrica, las cuales quedarán fijadas en la parte interior del cilindro. Los taladros se practicarán a una distancia de 25 mm, respecto a su parte superior, de tal forma que coincidan con los taladros practicados en la tapa.
- El cilindro macizo que realizará la función de brida tiene un diámetro de 240 mm y un espesor de 5 mm. Se le practicarán ocho taladros, para tornillos de métrica M10, de tal forma que coincidan con los ya existentes en la parábola. El ángulo de separación, si el caso fuera ideal, sería de 45°.
- Debido a la complejidad para realizar las ranuras, se encargará el corte a una empresa especializada en corte por láser y posteriormente se curvará para darle la forma cilíndrica, de forma que el diseño sea el mostrado en la Ilustración 19.

### 8.2.4 Tapa del cilindro

Se requiere un elemento que impida que los brazos puedan desplazarse de forma vertical, por lo que se ha diseñado un elemento a modo de tapa.

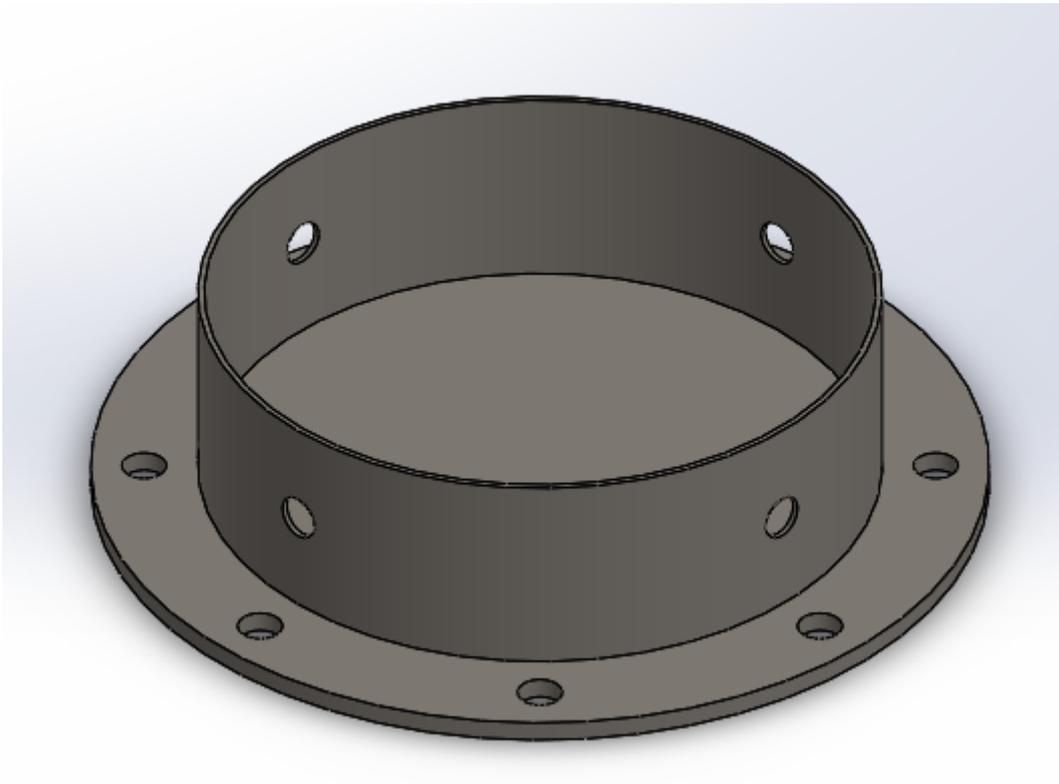


Ilustración 20. Vista del diseño realizado en SolidWorks para tapa del cilindro. Fuente: Elaboración propia

La tapa está formada por dos cilindros, como se puede observar en la Ilustración 20, los cuales se unirán por medio de soldadura:

- Cilindro con diámetro interior igual a 157 mm (juego de 1 mm respecto del cilindro en el que irán insertados los brazos), y diámetro exterior de 160 mm.  
Se realizarán cuatro taladros de métrica M10 de tal forma que coincidan mediante una línea imaginaria con la alineación de las eles de la parábola. El ángulo de separación entre agujeros será de  $90^\circ$ , y a una distancia respecto a la parte superior del cilindro de 25 mm.
- Cilindro macizo de diámetro 210 mm, con un espesor de 5 mm, que servirá de unión con el siguiente cilindro.  
Además, se le practicarán 8 taladros de métrica M10 a un radio de 95.5 mm, contando con una separación entre agujeros de  $45^\circ$ .
- El material es Acero laminado en frío, para ambos cilindros, cuyas propiedades han sido ya citadas en la Tabla 4.

### 8.2.5 Eles para brazos

Se han diseñado dos tipos de piezas para la fijación de los brazos, ambas de Acero laminado en frío, de propiedades ya mostradas en la Tabla 4:

- **Eles para inicio y parte media de los brazos.** Como se puede observar en la Ilustración 21, las eles poseen dos pares de agujeros en el centro de cada cara de diámetro 5.5 mm.  
Los tornillos requeridos son de métrica M5, realizarán la unión de los brazos y la parábola para que se mantengan una posición fija.  
El espesor de la chapa de Acero laminado en frío es de 1.5 mm.  
Se realizará un doblado de las caras a  $90^\circ$  para conseguir la forma deseada.

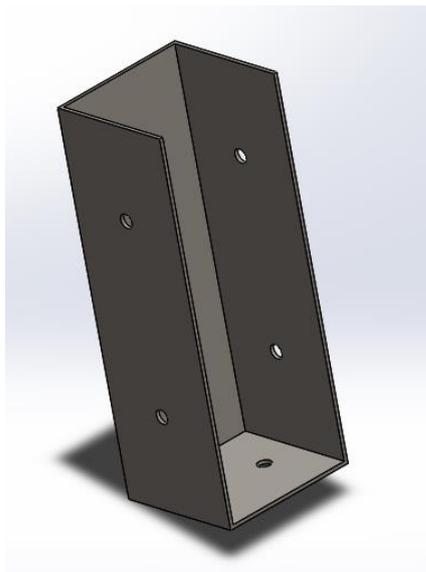


Ilustración 21. Diseño en SolidWorks de eles centro e inicio de brazos. Fuente: Elaboración propia

- **Eles para final de brazos** (Ilustración 22). El espesor de las chapas es de 3 mm. Se ha creído necesario aumentar el espesor de la pieza ya que tendrá que soportar mayores cargas que las anteriores.

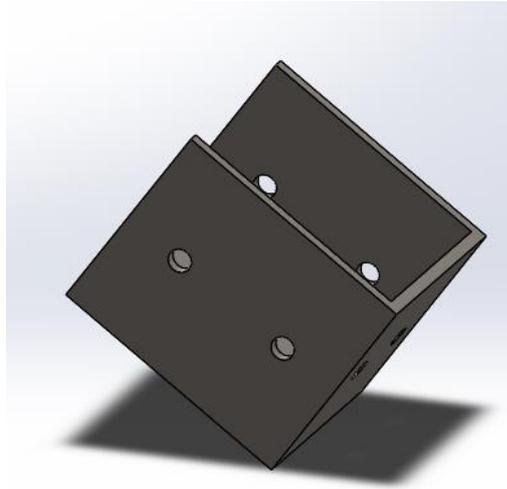


Ilustración 22. Diseño en SolidWorks para ele extremo de brazos. Fuente: Elaboración propia.

### 8.2.6 Eles para tirantes

Teniendo como referencia las eles que estaban ya fijadas en la parábola, se han diseñado otras con una curvatura que se ajustará a la zona rizada de la parábola como se muestra en la Ilustración 23.

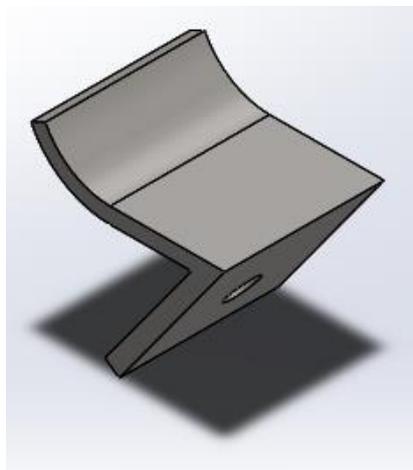


Ilustración 23. Diseño en SolidWorks para ele del rizo. Fuente: Elaboración propia.

El ángulo de separación entre caras es de  $54^\circ$ , es el adecuado para que los tirantes tengan una posición óptima respecto del foco.

Está fabricado de Acero laminado en frío, con un espesor de 4 mm y un agujero de diámetro 8.5 mm, propiedades del material en la Tabla 4. Se recomienda realizar el taladro en el momento de montaje.

### 8.2.7 Foco

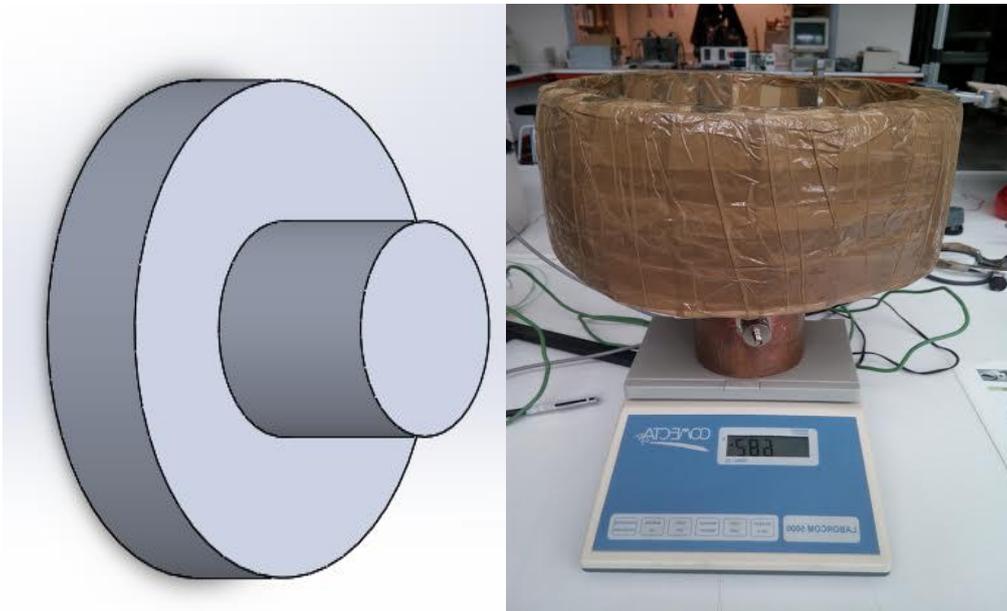
Siguiendo los planos cedidos por José Javier Vesperinas, se ha realizado un prototipo del foco simulado en SolidWorks. El peso total es de 10 Kg, y el material considerado, Aluminio.

Las imágenes que se muestran corresponden a las dimensiones proporcionadas en los planos. Hay que tener en cuenta la distancia a la que irá insertado el sensor, la cual también se especificaba en los planos.

El foco no será diseñado de forma real en este Trabajo Fin de Grado, dado que se considera competencia de la Escuela de Ingenieros de Telecomunicación.

Ha sido necesario realizar el diseño simulado con SolidWorks ya que es un elemento imprescindible tanto funcional como estructuralmente.

A continuación se pueden observar tanto el diseño del foco en SolidWorks, como el prototipo realizado por la Escuela de Telecomunicaciones, en la Ilustración 24.



*Ilustración 24. Diseño en SolidWorks y prototipo del foco.*

*Fuentes: Elaboración propia y Escuela de Telecomunicaciones.*

### 8.2.8 Brida para foco

Se ha acordado con José Javier Vesperinas que en este Trabajo Fin de Grado se realizaría la estructura que da soporte al foco, no así como el diseño de éste último.

Como método de sustentación del foco se ha diseñado una brida, de diámetro mayor que el del foco.

La brida se ajustará por medio de un tornillo y una tuerca al foco. Es importante que se encuentre a la medida indicada en los planos, ya que el sensor debe situarse en una posición fija.

Se le añadirán cuatro superficies de 1.5 mm de espesor soldadas. Con ellas se pretende permitir el movimiento del foco para llegar otras distancias o posiciones que puedan requerirse en algún momento. En la Ilustración 25 se presentan de manera soldada y no cómo componentes aparte.

El material considerado es el Acero laminado en frío, propiedades ya citadas en la Tabla 4.

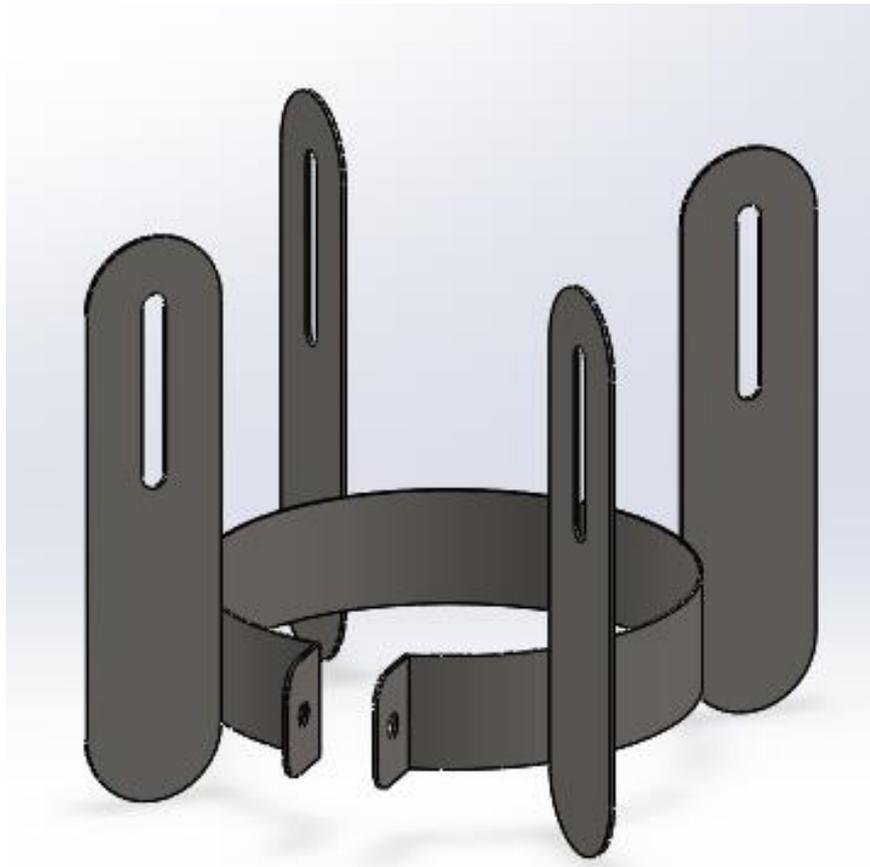


Ilustración 25. Vista de la brida diseñada con SolidWorks. Fuente: elaboración propia.

### 8.2.9 Sujeción para brida

Se usará un perfil tubular de 50 mm de diámetro y 50 mm de altura, al que irán soldadas cuatro placas de acero de longitud 170 mm, altura 50 mm y espesor 1.5 mm. El ángulo de separación entre cada una de ellas será de 90°.

En la Ilustración 26 las placas se representan soldadas al cilindro, el material es Acero laminado en frío, propiedades indicadas en la Tabla 4. Se les ha practicado a cada una de ellas un agujero de 8.5 mm de diámetro y a 30 mm de sus extremos para que se pueda realizar la unión con los tirantes.

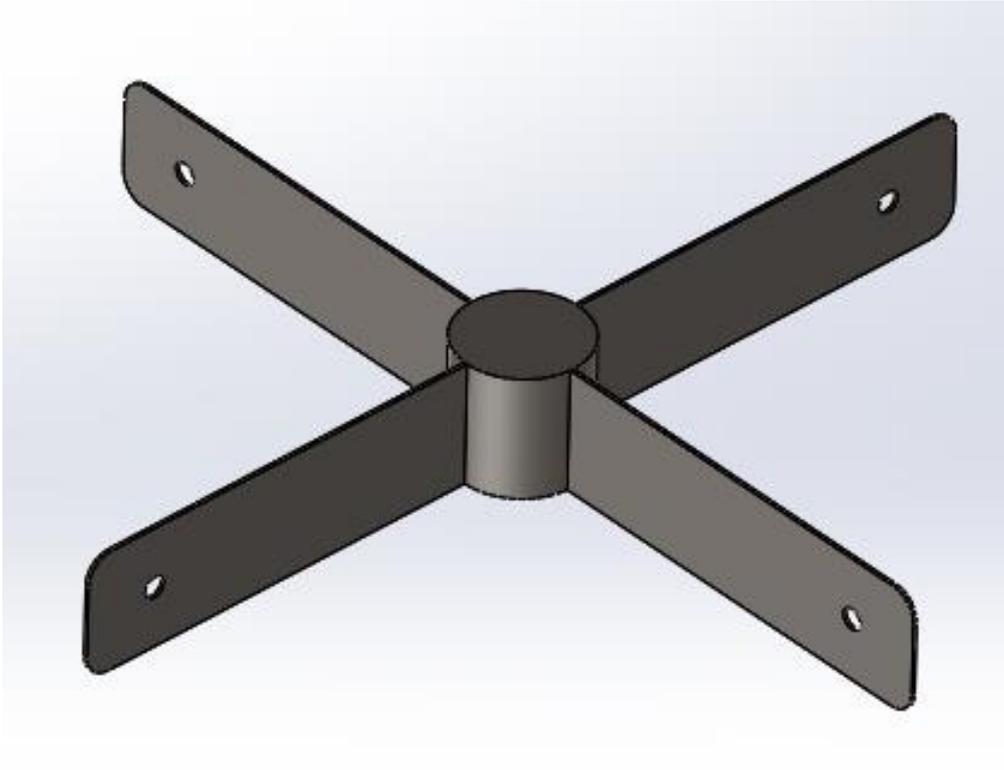


Ilustración 26. Vista de sujeción para brida diseñada en SolidWorks. Fuente: Elaboración propia

### 8.2.10 Tirantes

Se han diseñado cuatro varillas, como las que se muestran en la Ilustración 27, de tal forma que en uno de sus extremos posea una zona roscada de longitud 20 mm, y una zona de forma rectangular en el otro, redondeada en sus extremos.

La parte central está formada por un perfil tubular de Acero laminado en frío, propiedades en Tabla 4, de 20 mm de diámetro y 1 mm de espesor, contando con una longitud de 1280 mm.

La zona roscada permitirá realizar un ajuste de la distancia focal que ayude a ajustar las desviaciones que puedan producirse en el momento de montaje de la estructura. Se limitará el ajuste de tal forma que las placas del soporte para brida y las zonas rectangulares de los tirantes sean siempre paralelas.

En la zona rectangular se realizará un agujero roscado de métrica M8, para que coincida con los taladros realizados en las eles para tirantes.

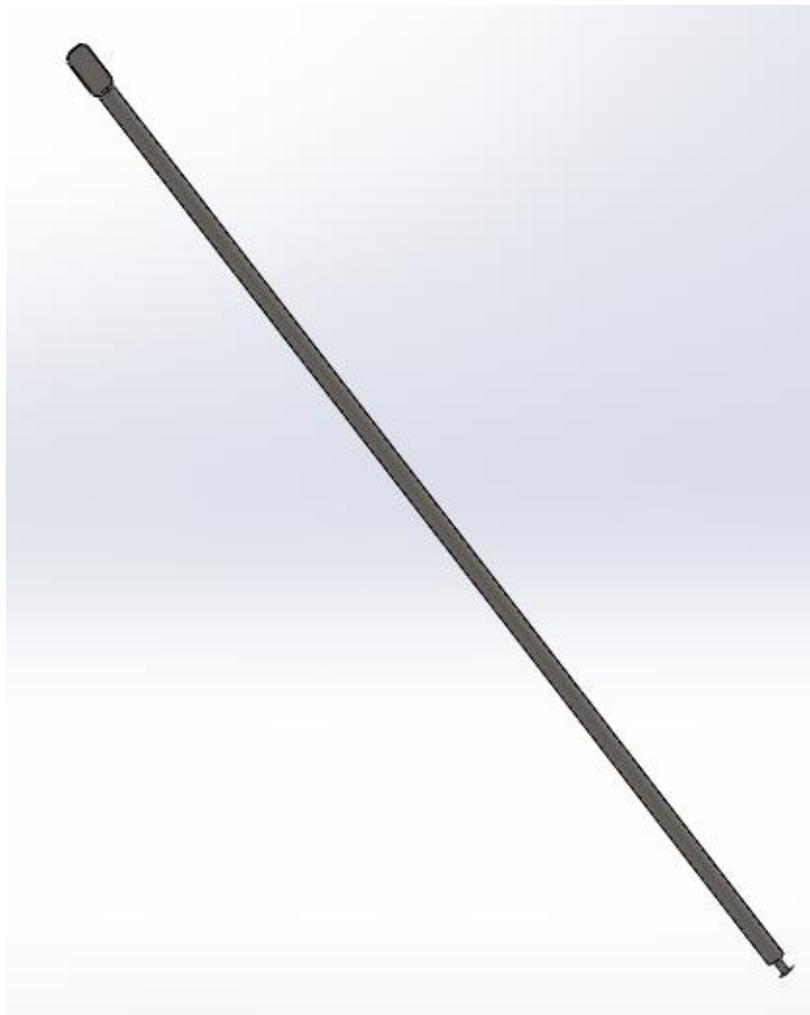


Ilustración 27. Vista del diseño de las varillas con SolidWorks. Fuente: Elaboración propia.

### 8.2.11 Cilindro de unión conjunto

La pieza está compuesta por tres perfiles, mostrados en la Ilustración 28:

- Brida de diámetro 210 mm que sirva como elemento de unión con la tapa. Se le realizarán ocho agujeros de diámetro 10.5 mm, con un ángulo de separación de 90° entre ellos.
- Perfil circular de 160 mm de diámetro y 3 mm de espesor soldado a la brida. Se le practicará un agujero de 55 mm en su zona central.
- Perfil circular de 55 mm de diámetro y 5 mm de espesor soldado al agujero practicado sobre el perfil circular, al que se le mecanizará un chavetero para que el eje pueda realizar el movimiento de inclinación del conjunto.
- Los tres elementos que conforman la unión son de Acero laminado en frío, propiedades mostradas en la Tabla 4.

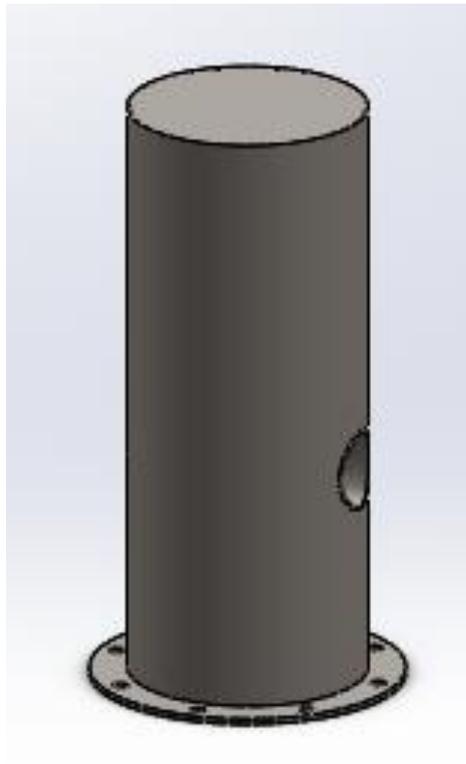


Ilustración 28. Vista del cilindro de unión diseñado con SolidWorks. Fuente: Elaboración propia.

### 8.3 Conjunto

En la Ilustración 29 se puede observar el diseño del conjunto ensamblado. No se ha introducido la tornillería.

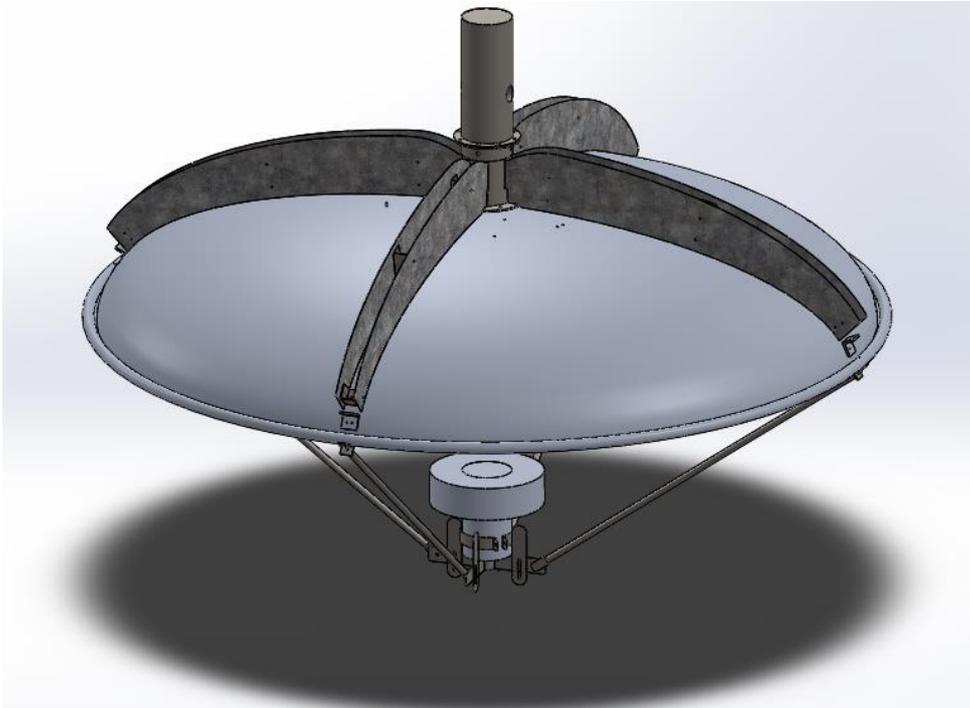


Ilustración 29. Vista del ensamblaje del Boceto 5 diseñado con SolidWorks. Fuente: Elaboración propia.

Tanto el peso total de la estructura como el Centro de Masas o las inercias, se muestran en la Ilustración 30.

Propiedades de masa de Ensamblaje		
Configuración: Predeterminado		
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --		
Masa = 96639.09 gramos		
Volumen = 27397562.00 milímetros cúbicos		
Área de superficie = 19739981.21 milímetros cuadrados		
Centro de masa: ( milímetros )		
X = 0.01		
Y = 194.63		
Z = 0.00		
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( gramos * milímetros cuadrados )		
Medido desde el centro de masa.		
lx = ( 1.00, 0.00, 0.06)	Px = 36529937923.98	
ly = ( 0.06, 0.00, -1.00)	Py = 36531433742.19	
lz = ( 0.00, 1.00, 0.00)	Pz = 62169229519.98	
Momentos de inercia: ( gramos * milímetros cuadrados )		
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados.		
Lxx = 36529943506.08	Lxy = -1310078.68	Lxz = 90593.58
Lyx = -1310078.68	Lyy = 62169229407.77	Lyz = -1077377.19
Lzx = 90593.58	Lzy = -1077377.19	Lzz = 36531428272.31
Momentos de inercia: ( gramos * milímetros cuadrados )		
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.		
lxx = 40190647465.06	lxy = -1071785.65	lxz = 90598.84
lyx = -1071785.65	lyy = 62169229425.06	lyz = -996643.17
lzx = 90598.84	lzy = -996643.17	lzz = 40192132245.02

Ilustración 30. Propiedades físicas del Boceto 5. Fuente: SolidWorks

## 9 ANÁLISIS DEL BOCETO 5 CON ANSYS WORKBENCH

El proceso de análisis se realiza en varias fases. Es necesaria la comprobación del Boceto 5 para verificar que la estructura soportará las condiciones más desfavorables a las que pudiera enfrentarse.

Para el cálculo de fuerzas no se ha tenido en cuenta el peso de la tornillería ya que se considera despreciable frente al peso total de la estructura.

### 9.1 Selección del ensayo

Para realizar el ensayo de la estructura creada se seleccionará un ensayo estático estructural, como se muestra en la Tabla 5.

Debido a las condiciones a las que se verá sometido el sistema en la realidad, este tipo de análisis es el que mejor ajuste podría proporcionar.

Tabla 5. Análisis estático estructural en Ansys Workbench. Fuente: Ansys Workbench

	A	
1	Static Structural	
2	Engineering Data	✓
3	Geometry	✓
4	Model	✓
5	Setup	✓
6	Solution	✓
7	Results	✓

### 9.2 Exportar archivo

Como se ha comentado en puntos anteriores, el diseño de la estructura ha sido realizado con SolidWorks. Para poder comprobar la validez del diseño, es necesario exportar el archivo que contiene el ensamblaje en formato SOLIDWORKS Assembly Document.

El formato de archivo, se basa en el ensamblaje mostrado en la Ilustración 29. Se le ha añadido un eje y dos cojinetes simulados, para poder realizar de manera aproximada los contactos y aplicación de fuerzas y momentos.

Ansys Workbench abre el módulo Design Modeler, en él hay que seleccionar la opción export file from. En este punto, el módulo ofrece varias opciones referidas al tipo de geometría que se quiere exportar, para este caso concreto se seleccionarán las siguientes opciones como pueden observarse en la Tabla 6, es necesario elegir la opción add material en lugar de add frozen.

También se pueden seleccionar las opciones de exportar sólidos, superficies o líneas.

Tabla 6. Details of import en Design Modeler. Fuente: Ansys Workbench.

<b>Details of Import1</b>	
Import	Import1
Source	C:\Users\angela\UP...
Target Geometry Type	Workbench
Base Plane	XYPlane
Operation	Add Material
Refresh	No
<b>Basic Geometry Options</b>	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	No
Parameters	Yes
Parameter Key	DS
Publish All Parameters	No
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
<b>Advanced Geometry Options</b>	
Analysis Type	3D
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Work Points	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instancing	Yes

### 9.3 Selección de materiales

En el módulo Engineering data se deben seleccionar los materiales de los que está compuesta la estructura.

Se abre una biblioteca de datos con las propiedades de los distintos materiales que posee Ansys. Se deben seleccionar los materiales con los que se vaya a trabajar para, posteriormente, poder introducirlos en el análisis.

Existe también la opción de abrir dicha pestaña del módulo en el momento en el que se introducen las cargas, en ambos casos se debe refrescar la página para que se actualicen los datos.

Para el análisis del Boceto 5 se han seleccionado Acero y Aluminio.

## 9.4 Análisis de cargas

En la pestaña Model, el programa abre el módulo Mechanical, en el que se muestra un cuadro que contiene los distintos pasos a seguir para realizar el análisis, como se ve en la Ilustración 31.

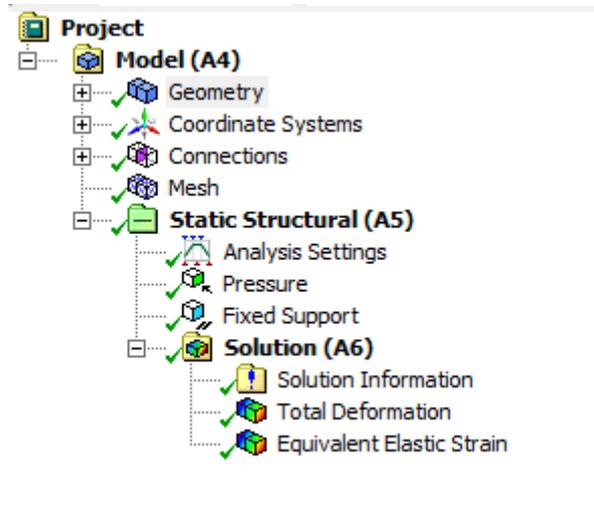


Ilustración 31. Módulo Mechanical de Ansys Workbench. Fuente: Ansys Workbench.

### 9.4.1 Geometría

En esta parte se muestra la geometría existente a analizar. En este apartado, seleccionando cada componente se puede introducir el material del que está compuesto el mismo.

El conjunto completo se divide en cuerpos y partes, el cuerpo es cada uno de los componentes existentes en el conjunto y varios cuerpos forman una parte.

Si varios cuerpos pertenecen a una misma parte, tendrán el mismo material.

### 9.4.2 Contactos

Como se ha explicado en la Tabla 1, en este apartado se pueden seleccionar los tipos de contacto existentes entre los componentes.

Ansys automáticamente analiza el contacto entre componentes, pero da la opción de cambiar tanto el tipo de contacto, como el método de cálculo para el mismo. También se pueden añadir y eliminar contactos.

Para el Boceto 5 se ha seleccionado el contacto de tipo Bonded ya que los componentes están fijos, bien por uniones atornilladas o bien por soldadura.

### 9.4.3 Mallado

La opción de mallado del programa permite introducir un mallado automático, que realiza Ansys por defecto o bien se puede imponer uno.

Si se desea seleccionar un mallado concreto, se pueden elegir tanto el tamaño de malla como los componentes a los que se quiere aplicar.

En este caso el análisis ha sido realizado con un mallado automático.

### 9.4.4 Análisis estático estructural

Es el punto más importante del proceso, ya que en él se introducen las superficies fijas, las cargas o momentos a los que vaya a estar sometido el sistema. Si se selecciona con el botón derecho la carpeta de Static Structural, y se aplica la opción insert aparecen las opciones que se muestran en la Ilustración 32.

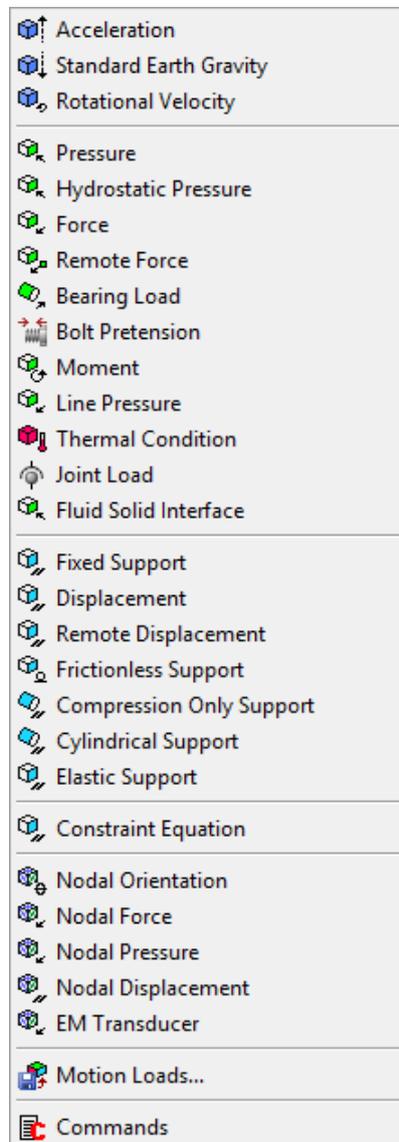


Ilustración 32. Opciones que se pueden introducir en el apartado Static Structural.

Fuente: Ansys Workbench.

Para el Boceto 5 se ha seleccionado una presión de 400 Pa sobre la cara externa de la parábola, la Aceleración de la Gravedad sobre todo el conjunto, dos apoyos fijos en los soportes de los cojinetes simulados, dos soportes cilíndricos en las caras internas de los mismos. Además se ha añadido un par para simular el giro del eje.

### 9.4.5 Solución del ensayo

En la pestaña Solution, haciendo clic con el botón derecho aparece la opción de insertar el tipo de análisis que se quiere realizar al conjunto, se muestra en la Ilustración 33.

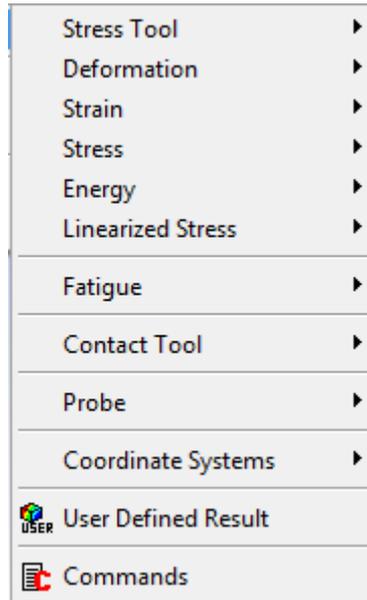


Ilustración 33. Tipos de análisis que se pueden realizar en Ansys Workbench. Fuente: Ansys Workbench.

Se ha seleccionado la deformación total y el esfuerzo elástico equivalente de Von Mises.

## 9.5 Resultados y conclusiones del análisis

Existe un problema de contactos entre las uniones de los tirantes y la brida del foco. Los datos obtenidos sobre esa zona dan como resultado deformaciones que serían imposibles al existir una unión atornillada entre ellos. Estos resultados, probablemente no sean correctos debido a un error entre a los contactos.

De las demás zonas de la estructura se puede extraer la conclusión de que la nueva estructura propuesta, soportaría las cargas que se han impuesto sin problemas.

Respecto al desplazamiento total sufrido por la estructura, nuevamente la zona anteriormente comentada, vuelve a presentar la máxima, pero no se puede dar como válido este resultado. No así en las demás zonas de la estructura en las que las cargas y momentos aplicados se reparten de manera correcta, dando como resultado deformaciones despreciables frente a las dimensiones totales de la estructura.

En la Ilustración 34 y en la Ilustración 35 se muestran los datos obtenidos en la simulación.

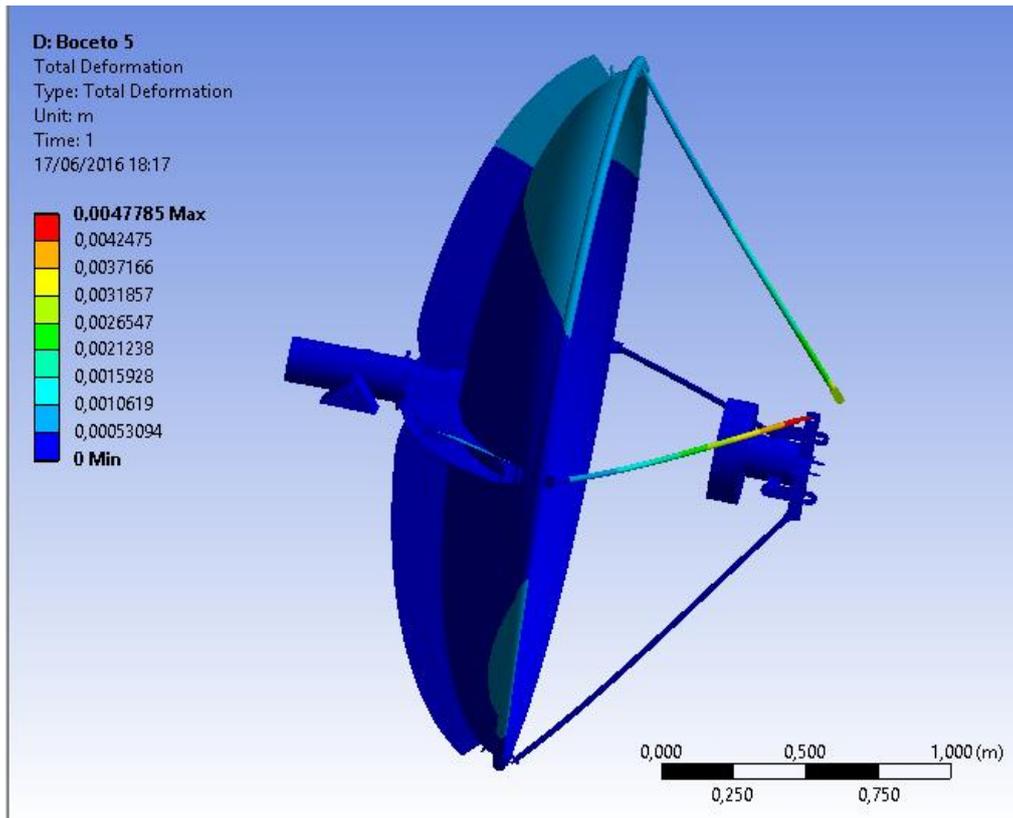


Ilustración 34. Deformación total Boceto 5. Fuente: Ansys Workbench.

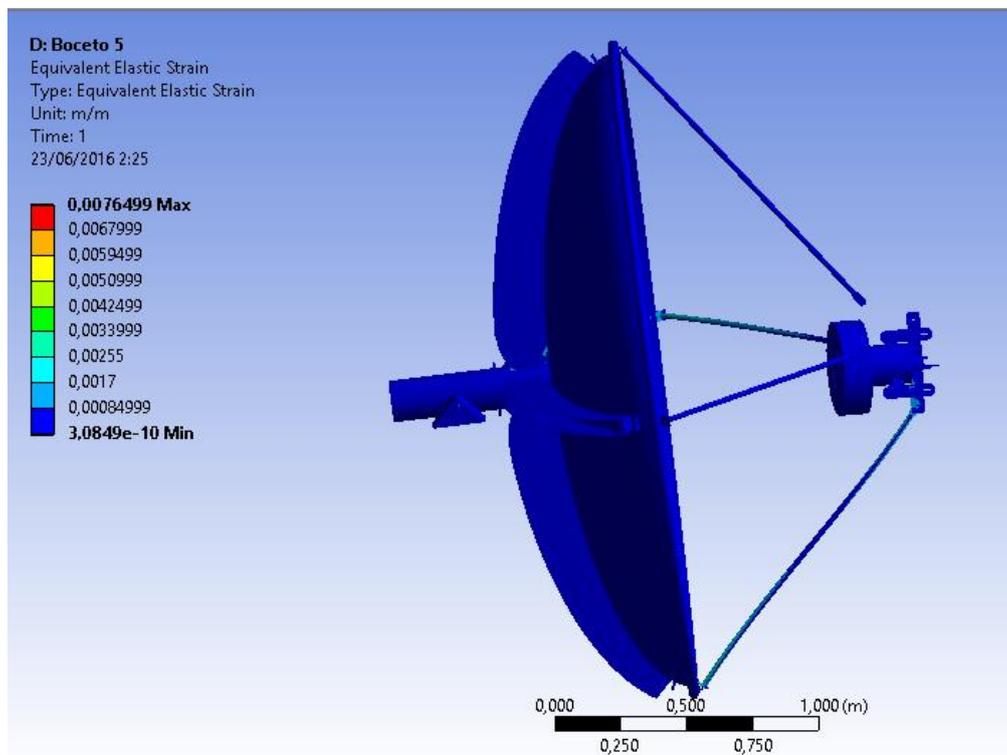


Ilustración 35. Tensión máxima de Von Mises. Fuente: Ansys Workbench.

### 10 BOCETO FINAL. BOCETO 6

Para reducir tanto el coste de materiales, así como la simplicidad de la estructura, se ha optado por realizar un nuevo diseño.

Para componentes que no modifican su diseño respecto al Boceto 5, no se adjuntan las imágenes, se tomarán de referencia las ya mostradas en dicho boceto.

A continuación se detallan los cambios realizados en los componentes y los nuevos componentes que se han incluido en el nuevo diseño.

#### 10.1 Componentes

No se han realizado modificaciones sobre algunos de los componentes, ya que se ha considerado que el diseño de los mismos era el óptimo, basándose en los anteriores análisis de los bocetos.

##### 10.1.1 Parábola

El componente no modifica ninguna de las propiedades ya citadas en el Boceto 5.

##### 10.1.2 Foco

El componente no modifica ninguna de las propiedades ya citadas en el Boceto 5.

##### 10.1.3 Tirantes

El componente no modifica ninguna de las propiedades ya citadas en el Boceto 5.

##### 10.1.4 Brida

El componente no modifica ninguna de las propiedades ya citadas en el Boceto 5.

##### 10.1.5 Soporte para brida

El componente no modifica ninguna de las propiedades ya citadas en el Boceto 5.

##### 10.1.6 Eles para tirantes

El componente no modifica ninguna de las propiedades ya citadas en el Boceto 5.

### 10.1.7 Brazos o sujeciones

Respecto al Boceto 5 se han realizado varios cambios:

- Se ha reducido la altura total del brazo, siendo ahora la máxima 125 mm.
- Se han realizado cambios en la geometría, para este caso, se ha tenido en cuenta el espesor del burlete que se insertará sobre la cara del brazo que es tangente a la cara exterior de la parábola. Por lo que se ha realizado un recorte de aproximadamente 8 mm sobre la superficie del brazo.
- Con estos cambios se ha conseguido reducir el peso de cada brazo a 1.70 kg.
- El material elegido para los brazos es el Acero galvanizado, propiedades vistas en la Tabla 3.
- Se ha eliminado uno de los radios que existía en la zona inferior ya que al optar por los burletes no es necesario como puede verse en la Ilustración 36.
- Los agujeros necesarios se realizarán en el momento de montaje de la estructura, para evitar desviaciones.
- Se realizará un doblado de 20 mm de la cara a 90° para proceder a la inserción.

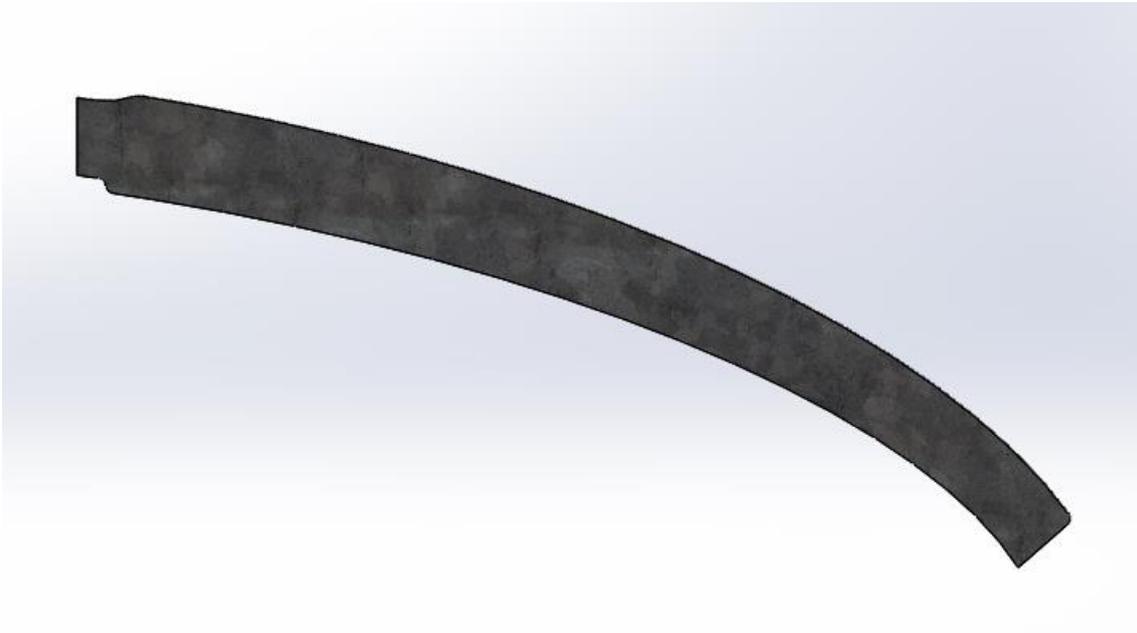


Ilustración 36. Vista del diseño de brazos o sujeciones en SolidWorks. Fuente: Elaboración propia.

### 10.1.8 Soporte para brazos

Se ha decidido realizar un cambio en la geometría de unión de los brazos a la estructura, sustituyendo el perfil tubular por uno cuadrado, como se puede observar en la Ilustración 38.

- El perfil cuadrado seleccionado tiene 120 mm de lado, contando con un espesor de 4 mm y una longitud total de 300 mm. El material es Acero laminado en frío, de propiedades ya citadas en la Tabla 4.

Ha sido elegido finalmente, debido a que en el Edificio de Talleres, ya se contaba con un perfil de estas características, mostrado en la Ilustración 37.

Se le deben realizar ocho ranuras con extremos redondeados para evitar concentraciones de tensiones. Dichas ranuras tienen una diferencia de 1.5 mm respecto a las medidas de los brazos, donde irán insertados.

El doblado de los brazos en el interior de las ranuras se realizará en el momento de montaje de la estructura, por este motivo se ha considerado dejar dicha diferencia entre medidas.

Además, se realizarán dos perforaciones de sección cuadrada de longitud 40 mm, sobre dos caras que sean paralelas, para poder insertar otro perfil cuadrado en ellas.



Ilustración 37. Perfil cuadrado que se usará para construir la estructura. Fuente: Edificio Talleres UPNA.

- El perfil cuadrado se unirá por medio de cuatro cordones de soldadura a un cilindro, éste último realizará la función de brida, y servirá como elemento de unión de la parábola con el resto de la estructura.

El cilindro macizo tendrá un diámetro de 240 mm y un espesor de 5 mm. Se le practicarán ocho agujeros, para tornillos de métrica M10, de tal forma que coincidan con los ya existentes en la parábola. Gracias a la medición de la distancia entre agujeros, se ha calculado que deben estar a una distancia respecto del centro de 100 mm. El ángulo de separación entre los mismos, para el caso ideal sería de  $45^\circ$ .

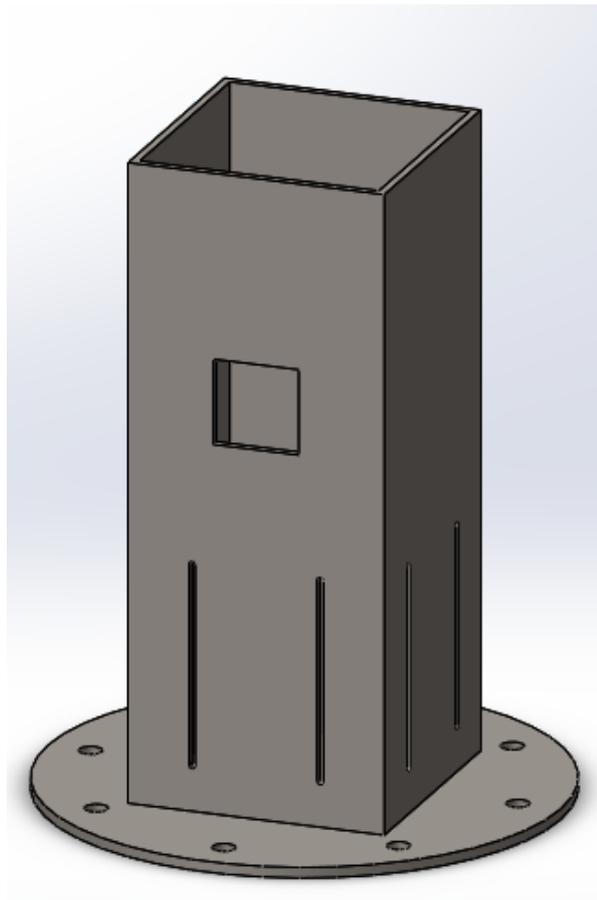


Ilustración 38. Diseño en SolidWorks de perfil cuadrado con brida. Fuente: Elaboración propia.

### 10.1.9 Eles para brazos

Se han diseñado dos tipos de piezas para la fijación de los brazos, ambas de Acero laminado en frío, de propiedades ya mostradas en la Tabla 4.

Son una de las partes fundamentales que conforman la estructura, ya que cada una de ellas servirá para fijar la posición de los brazos, evitando de este modo que se desvíen de su posición original.

En las zonas de los brazos en las que estén presentes se evitará colocar burletes, pese a que exista una separación entre las caras de las eles y de los brazos de aproximadamente 1 mm.

- **Eles para inicio y parte media de los brazos.** Como se puede observar en la Ilustración 39, las eles poseen un par de agujeros en el centro de cada cara de contacto, de diámetro 5.5 mm. Se situarán cuatro eles a 350 mm y otras cuatro a 700 mm del centro de la parábola.  
La longitud se ha reducido a 100 mm, debido a la modificación realizada en los brazos. Se situarán a 190 y 750 mm respecto del centro de la parábola.  
Los tornillos que se usen serán de métrica M5, realizarán la unión de los brazos y la parábola para que se mantengan una posición fija.  
El espesor de la chapa de Acero laminado en frío es de 1.5 mm.  
Se realizará un doblado de las caras a 90° para conseguir la forma deseada.

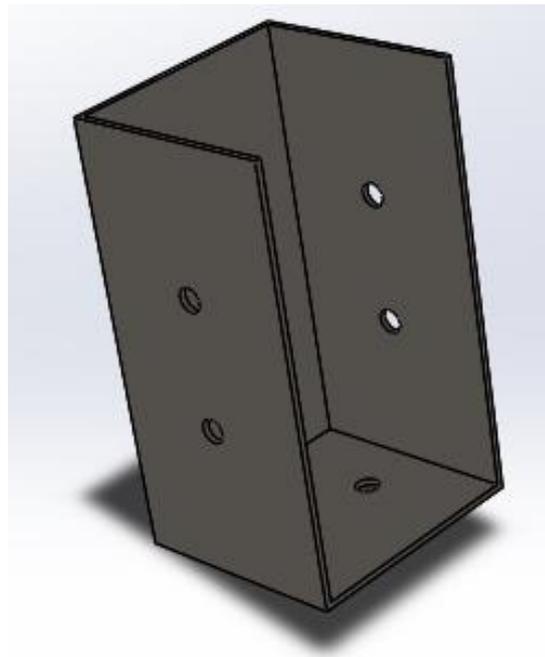


Ilustración 39. Diseño en SolidWorks de ele para inicio y parte media de brazos.

Fuente: Elaboración propia.

- **Eles para final de brazos** (Ilustración 40). El espesor de las chapas es de 3 mm. Se ha creído necesario aumentar el espesor de la pieza ya que tendrá que soportar mayores cargas que las anteriores. Al igual que en las eles ya comentadas, se realizará un doblado de 90° sobre las caras. Se realizarán seis agujeros de diámetro 5.5 mm, para tornillos de métrica M5. Además en la cara libre se ha decidido realizar un coliso, que servirá para eliminar las desviaciones que poseen las eles ya fijadas en la parábola. A este coliso se unirá un espárrago que atraviese tanto las eles ya fijadas como las que dan sujeción para el soporte del foco. Con esta solución se pretende dar una solución que aporte estabilidad y rigidez a la estructura. Se situarán a 1180 mm del centro de la parábola.

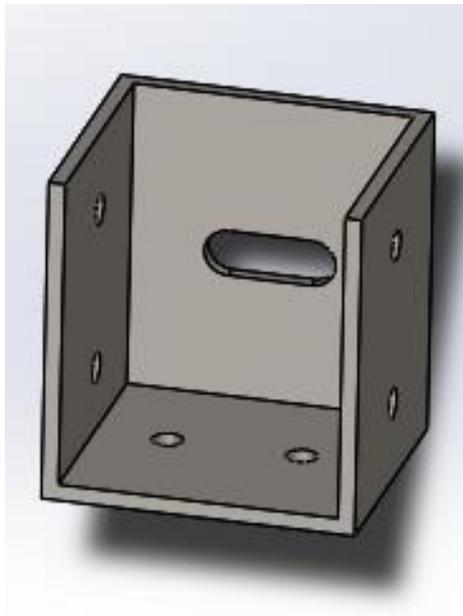


Ilustración 40. Diseño en SolidWorks de eles extremo de brazos. Fuente: Elaboración propia.

### 10.1.10 Burletes

Como ya se ha explicado en puntos anteriores, se utilizarán burletes entre la cara exterior de la parábola y los brazos.

Los burletes están compuestos de caucho, el cual ayudará a absorber vibraciones que se puedan producir durante el movimiento o por la presión ejercida por el viento. Además poseen placas de aluminio en su interior que ayudarán a soportar las posibles desviaciones tanto en el diseño de los brazos, como las posibles irregularidades en la cara de la parábola.

En la Tabla 7 adjunta, se presentan algunas muestras de los burletes de la Ferrería Irigaray, ubicada en Pamplona, con su número de referencia y precio por metro. La zona de ensamblaje de los brazos con el burlete ha sido seleccionada para espesores de chapa entre 1.5 y 2 mm.

Tabla 7. Burletes Ferrería Irigaray. Fuente: Elaboración propia.

	Descripción	Referencia	€/m
	Burlete para puerta. Reforzado de caucho en extremo inferior.	22371	5.08
	Burlete para puerta lateral. Reforzado de caucho en lateral.	22369	4.00
	Caucho con refuerzo de Aluminio tamaño medio.	22364	1.50
	Caucho con refuerzo de Aluminio tamaño pequeño.	22365	1.69

Finalmente se ha seleccionado el burlete con referencia 22371, pese a ser el que mayor coste posee, es el que mejor se podría adaptar a las necesidades requeridas.

La zona de inserción, se adapta a la posición de la chapa gracias a que en el interior de dicha zona se alojan pequeñas placas de Aluminio, lo que permite adoptar la forma requerida.

También consta de una zona añadida de dicho material en la parte inferior que servirá para absorber las vibraciones que se produzcan con el movimiento del sistema o por viento.

Se ha calculado que se necesitarán aproximadamente 12000 mm para cubrir la superficie de los brazos.

No se representará en el diseño 3D del conjunto ensamblado dicho componente.

### 10.1.11 Perfil cuadrado

Se ha seleccionado un perfil cuadrado de lado 40 mm y espesor 4 mm del catálogo de Hierros Landaben. Se requiere una longitud de 200 mm de dicho perfil de Acero laminado en frío (Tabla 4).

El perfil se soldará por medio de ocho puntos de soldadura a las ranuras cuadradas realizadas en el perfil cuadrado con brida, dejando 40 mm libres del primer perfil a cada lado del segundo.

En la Ilustración 41 adjunta se puede observar el diseño realizado en SolidWorks.

Se le perforarán dos agujeros pasantes sobre dos caras con el fin de colocar un pasador de eje de 10.8 mm de diámetro y 60 mm de longitud.

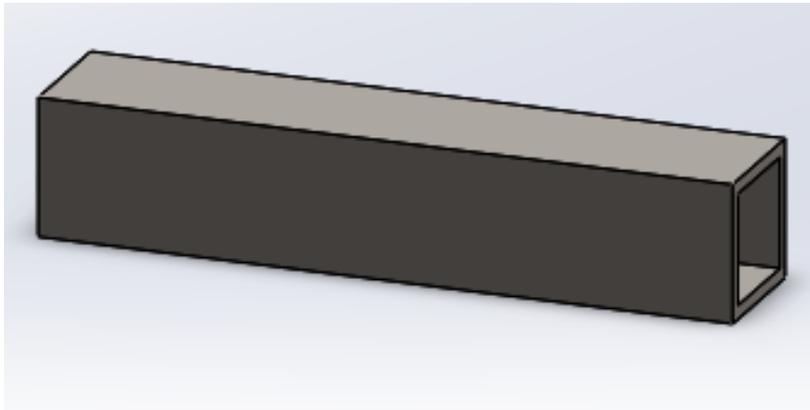


Ilustración 41. Diseño en SolidWorks del perfil cuadrado. Fuente: Elaboración propia

## 10.2 Conjunto

A continuación se pueden observar las propiedades del ensamblaje en la Ilustración 42 y el diseño del conjunto en la Ilustración 43.

Propiedades de masa de Ensamblaje Boceto5		
Configuración: Predeterminado		
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --		
Masa = 87277.05 gramos		
Volumen = 26207636.20 milímetros cúbicos		
Área de superficie = 18054937.23 milímetros cuadrados		
Centro de masa: ( milímetros )		
X = 0.01		
Y = 150.34		
Z = 0.01		
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( gramos * milímetros cuadrados )		
Medido desde el centro de masa.		
lx = ( 1.00, 0.00, 0.03 )	Px = 33484269002.62	
ly = ( 0.03, 0.00, -1.00 )	Py = 33487414466.15	
lz = ( 0.00, 1.00, 0.00 )	Pz = 59126870551.87	
Momentos de inercia: ( gramos * milímetros cuadrados )		
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados.		
Lxx = 33484271680.67	Lxy = -1250283.01	Lxz = 90638.25
Lyx = -1250283.01	Lyy = 59126870442.27	Lyz = -1116665.92
Lzx = 90638.25	Lzy = -1116665.92	Lzz = 33487411897.69
Momentos de inercia: ( gramos * milímetros cuadrados )		
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.		
lxx = 35456968007.91	lxy = -1068067.91	lxz = 90649.23
lyx = -1068067.91	lyy = 59126870466.27	lyz = -997786.88
lzx = 90649.23	lzy = -997786.88	lzz = 35460108234.59

Ilustración 42. Propiedades del Boceto 6. Fuente: SolidWorks.

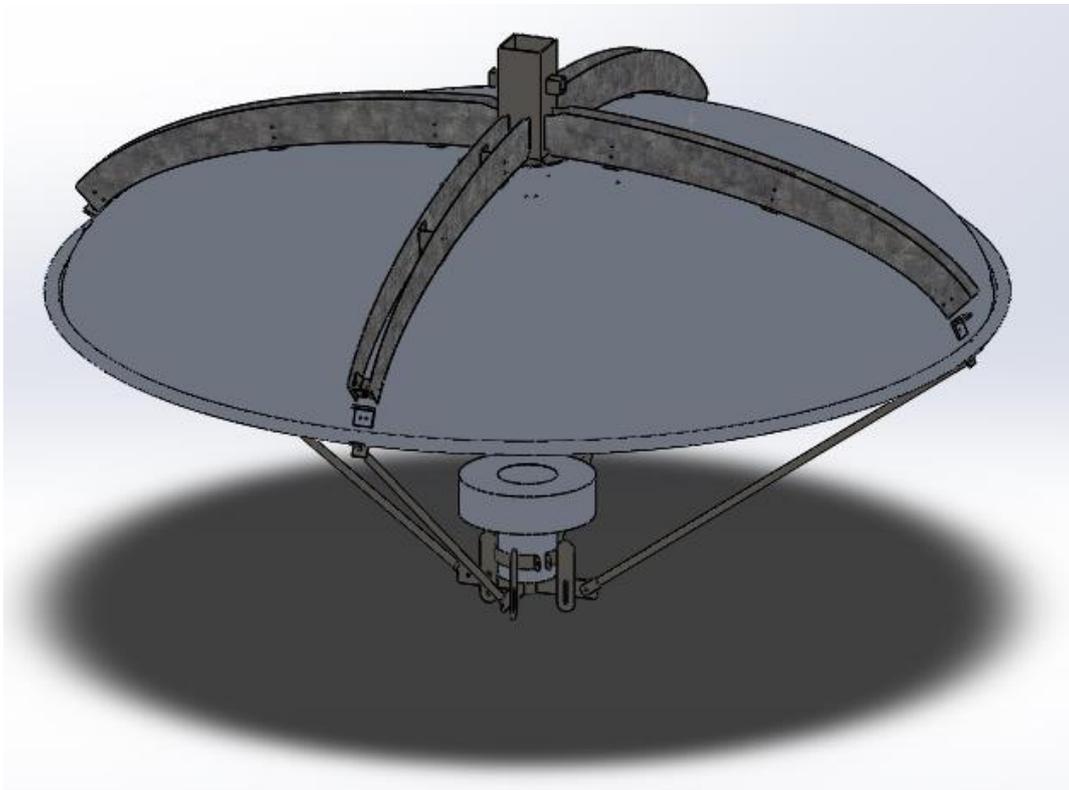


Ilustración 43. Vista del ensamblaje del Boceto 6 diseñado en SolidWorks. Fuente: Elaboración propia.

## 11 CÁLCULO DEL CENTRO DE MASAS DEL BOCETO 6

Para que el diseño posea una completa estabilidad, es necesario que el Centro de Masas esté ubicado en el punto exacto que se requiere, es decir, en el centro de giro del sistema o movimiento cenital.

En este caso, gracias al diseño de la estructura con el programa de diseño SolidWorks, y habiendo introducido el material de cada uno de sus componentes, dicho programa, da la opción de calcular el centro de masas de la estructura completa, como se muestran en la Ilustración 44 y en la Ilustración 45.

También se ha decidido añadir un perfil de acero laminado en frío de 110 mm de lado, 4 mm de espesor y 712 mm de longitud. Dicho perfil exterior que servirá como parte de la estructura que contrapesará se le realizará un agujero de sección cuadrada para unir el contrapeso a la parábola. Por medio del perfil cuadrado de lado 40 mm.

Propiedades de masa de Ensamblaje con Contrapeso	
Configuración: Predeterminado	
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --	
Masa =	97007.26 gramos
Volumen =	27444004.20 milímetros cúbicos
Área de superficie =	18676161.23 milímetros cuadrados
Centro de masa: ( milímetros )	
X =	0.01
Y =	232.98
Z =	0.01

Ilustración 44. Propiedades Boceto 6 con contrapeso externo. Fuente: SolidWorks

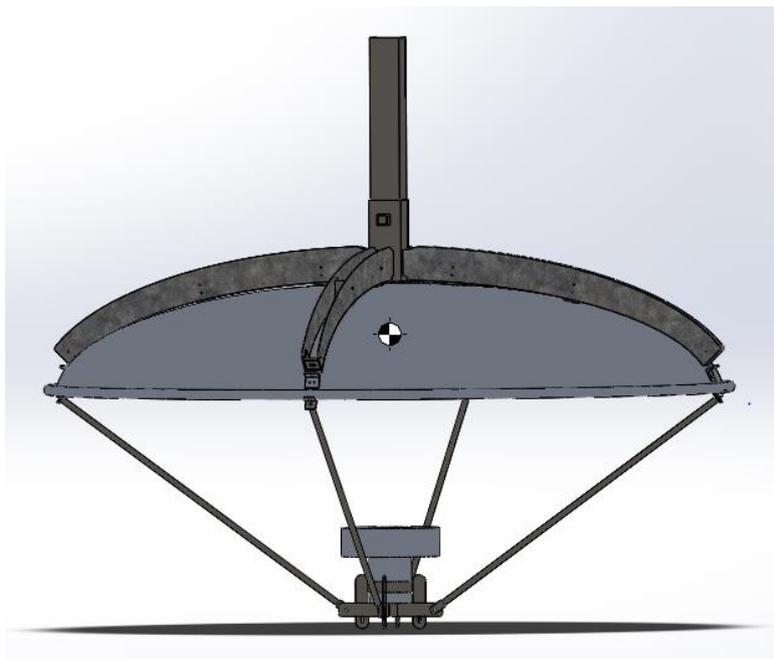


Ilustración 45. Centro de masas Boceto 6 con contrapeso exterior. Fuente: SolidWorks.

Para desviar el centro de masas a la posición deseada, 641 mm respecto del origen, se colocarán una serie de contrapesos de plomo a la distancia calculada, las propiedades de dicho material respecto de su densidad, son de  $11340 \frac{kg}{m^3}$ .

Las ecuaciones utilizadas para calcular las dimensiones de los contrapesos se muestran a continuación:

$$\text{Distancia del extremo de la parábola al eje de giro} = 641 \text{ mm}$$

$$\text{Tamaño de brida} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Longitud parábola} = 408 \text{ mm}$$

$$\text{Distancia contrapeso exterior al eje de giro} = 672 \text{ mm}$$

Todos los cálculos se realizarán tomando como punto de origen (0,0) el eje de giro. Tomando como referencia dicho punto:

$$\text{Distancia del Centro de Masas actual al eje de giro} = 408 \text{ mm}$$

Selección de perfil de plomo de 110 x 110 x 70 mm, cálculos de masa:

$$m (e = 70 \text{ mm}) = \left( \frac{110 \times 110 \times 70}{1000^3} \right) \times 11340 = 9.6 \text{ kg por sección cuadrada}$$

Se colocarán un total de 4 secciones cuadradas de 70 mm de espesor:

$$m_{4 \text{ contrapesos de } 70} = 4 \times 9.6 = 38.4 \text{ kg}$$

A continuación se calcula la masa necesaria, teniendo en cuenta todas las anteriores, que se debe fijar a 507 mm del eje de giro:

$$m_{\text{segundo contrapeso total}} \times 507 + 38.4 \times 617 = 97 \times 408$$

$$m_{\text{segundo contrapeso total}} = 31.3 \text{ kg}$$

Por lo que cada uno de los contrapesos debe tener una masa de 7.825 kg. Para ello se usarán 4 perfiles cuadrados de 110 x 110 x 57.

En la Ilustración 46 se muestran las comprobaciones realizadas en SolidWorks una vez se han colocado los contrapesos.

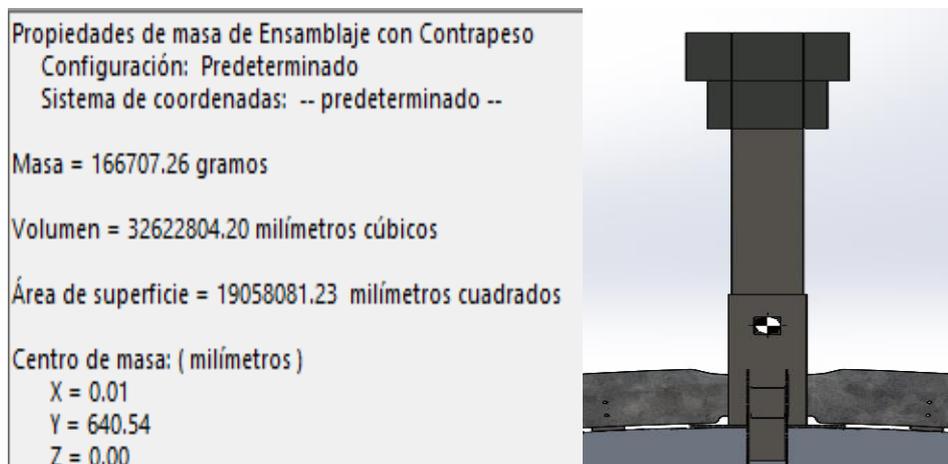


Ilustración 46. Propiedades e imagen del Centro de Masas contrapesado. Fuente: SolidWorks.

## 12 SELECCIÓN DE SOPORTES CON RODAMIENTOS, BOLAS TRANSPORTADORAS Y ACOPLAMIENTOS PARA EJE

### 12.1 Requerimientos principales

Tanto para el giro cenital como para el acimutal, se han considerado ejes de 32 mm. Para que estos ejes giren, se necesitan sistemas que ayuden a soportar cargas tanto en la dirección axial como en la radial de forma que les faciliten el giro.

### 12.2 Ejes seleccionados

Los ejes experimentarán un cambio de sección, pasando de 31.75 mm a 32 mm para proceder al acoplamiento con el eje de la reductora.

No obstante, los ejes que se comprarán a Hierros Landaben, catálogo en Anexo II, serán de 32 mm y se le realizará un mecanizado para eliminar 0.25 mm de material sobre:

- 320 mm en la dirección axial para el caso del eje del giro cenital. Además se debe realizar un radio de acuerdo en la zona de cambio de sección para eliminar la concentración de tensiones. La longitud total del eje es de 380 mm, de los cuales 39.5 mm se insertarán en el acoplamiento para eje. El material de dicho eje es Acero laminado en frío, propiedades en Tabla 4.
- 120 mm en la dirección axial para el caso del eje de giro acimutal. Además se debe realizar un radio de acuerdo en la zona de cambio de sección para evitar concentración de tensiones. La longitud total del eje es de 221 mm, de los cuales 39.5 mm se insertarán en el acoplamiento para eje. El material de dicho eje es Acero laminado en frío, propiedades en Tabla 4.
- Se realizará además un cilindro de 32 mm de diámetro interior y 42 mm de diámetro exterior, y una longitud de 18.9 mm. Este cilindro se situará entre la columna horizontal sobre la que se soldará el eje de 31.75 mm, y el soporte para rodamiento que estará atornillado a la caja. Con este cilindro se pretende repartir las cargas de todo el sistema de manera uniforme sobre la pista interior del rodamiento. Es necesario que en el momento de diseño y montaje se mida con exactitud la distancia comprendida entre ambas superficies, ya que esta pieza se insertará por ajuste. Dicho cilindro, al igual que los ejes anteriores está compuesto por Acero laminado en frío (Tabla 4).

### 12.3 Soportes con rodamiento

Para que los ejes puedan realizar los giros y las cargas no sean soportadas directamente por los reductores, se necesitan rodamientos, para este Trabajo Fin de Grado, se requieren rodamientos con soporte, ya que se debe anclar la estructura sobre diferentes bases.

Tras realizar una búsqueda de información exhaustiva, sobre casas especializadas en dichos sistemas, y haber realizado comparativas entre las mismas, se ha decidido seleccionar ejes para ambos giros de 31.75 mm, ya que la opción de soporte con rodamiento no estaba disponible para el diámetro de 32 mm.

#### 12.3.1 Soporte con rodamiento para giro cenital

Se ha elegido un soporte con rodamiento de la marca GPZ con un diámetro interno de 31.75 mm. El rodamiento tendrá que soportar la estructura superior, la perteneciente al giro cenital.

El rodamiento seleccionado para el giro cenital tiene una capacidad de carga dinámica máxima de 2570 kg y una estática máxima de 1430 kg.

La estructura ha sido contrapesada, por lo que el eje no tendrá que soportar fuerzas en dirección radial, únicamente la posible presión que pudiera ejercer el viento. Se colocarán dos soportes con rodamiento, uno a cada lado del perfil cuadrado que sustenta la estructura.

El soporte con rodamiento tiene la referencia UCP 207- 20. Las especificaciones del mismo se encuentran en el Anexo III.

Dicho soporte se atornillará a una base rectangular de 50 x de Acero laminado en frío (Tabla 4) de 5 mm de espesor

#### 12.3.2 Soporte con rodamiento para giro acimutal

El soporte elegido pertenece a la marca GPZ, con referencia UCF 207- 20. Se comprará únicamente uno para situarlo en la cara interior de la caja en la que irá introducida la reductora. Se atornillará mediante cuatro tornillos a dicha base.

El rodamiento tendrá que soportar parte de las cargas del conjunto, ya que en su pista interior, irá situado un cilindro de 32 mm de diámetro interior y 42 mm de exterior, con el fin de que no sea únicamente el eje de 31.75 mm el que reparta las cargas sobre el rodamiento.

De esta forma se pretende conseguir una distribución de cargas que ayude a repartir las mismas de manera que al contacto con el eje de la reductora

El rodamiento tiene una capacidad de carga dinámica máxima de 2570 kg y una estática máxima de 1430 kg.

Las medidas y características principales del producto están indicadas en el Anexo III.

### 12.4 Acoplamientos para eje

Para que los reductores transmitan el giro al conjunto es necesario que los ejes estén unidos.

Se colocará un acoplamiento de eje en cada salida del reductor, de tal forma que queden insertados 39.5 mm de eje de reductor en el interior de dicho acoplamiento y otros 39.5 mm de los ejes que están soportados por los rodamientos.

Los acoplamientos para eje seleccionados pertenecen a la marca SKF, además son de tipo flexible para asegurar un mejor acople entre ejes. El diámetro mínimo soportado es de 14 mm y el máximo de 33 mm. Para este caso los dos ejes que se insertarán dentro del acoplamiento serán de 32 mm.

Las especificaciones técnicas del acoplamiento con referencia ECCN 020 R se encuentran en el Anexo IV.

### 12.5 Bolas transportadoras

Las bolas transportadoras permitirán al conjunto realizar el giro acimutal de forma que faciliten el deslizamiento entre superficies.

Además estas bolas soportarán parte del peso de la estructura. Para calcular el peso que soportará cada bola se debe realizar el cálculo de tal forma que el peso que debe soportar cada bola sea dividido entre 3.

Para la selección de las bolas transportadoras se ha recurrido al catálogo de la marca Euro Bearings Spain, mostrado en el Anexo 5.

Las bolas elegidas pertenecen a la aleación 1502, fijación mediante valona, con un tamaño de bola de 25 mm. Se ha seleccionado dicha aleación ya que pertenece al grupo de Aceros Inoxidable, debido a que el conjunto va a estar expuesto a ambientes con humedad, se ha elegido como solución óptima.

Las bolas se atornillarán a la parte inferior del perfil rectangular que sirve como unión de los dos verticales. Las posiciones se pueden observar en el Anexo I, en concreto, en el plano 11.

Se colocarán un total de seis, con dos objetivos principales, además de soportar las cargas del conjunto, hacer que éste posea una mayor estabilidad en cuanto al giro acimutal se refiere.

# 13 SELECCIÓN DE REDUCTORES

## 13.1 Requerimientos principales

Tras una serie de consultas realizadas a José Javier Vesperinas, se consiguió determinar que el extremo más cercano del foco, es decir, 920 mm respecto del centro de la parábola, debía desplazarse 10 mm respecto a la vertical por cada vuelta que diese el reductor. Esto equivale a que para dar una vuelta completa ( $360^\circ$ ) a la estructura, se deben dar 720 vueltas al eje de entrada del reductor.

Tanto para los giros acimutal como cenital se debe tener en cuenta dicha relación de transmisión. La precisión en este aspecto es fundamental, ya que las ondas provenientes del espacio que se buscarán y captarán podrían tener diferencias de décimas de grado. Una relación de transmisión mayor implicaría no captar dichas ondas.

En cuanto a la transmisión de par, se debe realizar de tal forma que produzca las mínimas vibraciones posibles.

Para la selección del reductor, se deben buscar relaciones de transmisión que cumplan con los requisitos y especificaciones que se han presentado.

Se ha llevado a cabo una búsqueda de información sobre diferentes casas de venta de reductores para seleccionar los modelos óptimos que pudieran dar solución.

No se seleccionarán motores para los reductores, ya que así se acordó con los responsables del proyecto. Para que los reductores realicen el giro oportuno, se tomará la medida del eje de entrada de cada uno de ellos y se encargará a una ferretería industrial el diseño de dos manivelas para tal fin.

Además, para no realizar reducciones de eje, se intentarán buscar diámetros de salida del reductor de 32 mm, ya que los dos ejes existentes para realizar los giros tienen dicha medida.

Los dos reductores finalmente seleccionados se detallan a continuación, ambos de la casa Bonfiglioli, con diámetros de salida de 32 mm.

## 13.2 Reductor para giro acimutal

El reductor elegido para el giro acimutal es el TR MB 105 4\_1000, fabricado en Aluminio, y con una masa de 36 kg. Se muestra en el Anexo VI.

Esta clase de reductor es de gran precisión debido a sus engranajes, de tipo epicicloidal. La posición MB, permite una posición ortogonal entre los ejes de entrada y salida.

La relación de transmisión es de 1000, por lo tanto cumple y supera los requisitos dados, la reducción se realiza en cuatro etapas.

Este reductor se situará en el interior de la caja, sobre una chapa de espesor 10 mm, a la que irá atornillado.

Soporta una fuerza radial máxima de 3800 N y una axial máxima de 4000 N.

### *13.3 Reductor para giro cenital*

El reductor seleccionado para el giro cenital es el TR 105 3\_1000, mostrado en el Anexo VI. Está fabricado en Aluminio y cuenta con un peso de 10.5 kg.

La relación de transmisión es de 1000, por lo que cumple y supera los requisitos dados, esta reducción se realiza en tres etapas.

El reductor se encargará de realizar el giro cenital de la parábola. Únicamente tendrá que soportar cargas radiales debidas al viento, debido a que el sistema está perfectamente contrapesado. Si eso no fuera así, no existiría problema alguno ya que el reductor soporta una fuerza radial máxima de 3800 N y una axial máxima de 4000 N.

## 14 ESTRUCTURAS DE SOPORTE DEL CONJUNTO

Para sustentar las diferentes partes que conforman la estructura se han seleccionado varios tipos de perfiles rectangulares y planchas de Acero laminado en frío, mostrados tanto en el Anexo I como en el Anexo II. Las propiedades de dicho material están reflejadas en la Tabla 4.

### 14.1 Columnas de soporte

#### 14.1.1 Columnas para rodamientos

Para sustentar la estructura superior y los soportes con rodamiento se han seleccionado dos perfiles rectangulares de 40 x 100 mm, con un espesor de 4 mm. La longitud total del perfil es de 752 mm, contando en su extremo inferior con un corte a 45° para que sea posible realizar una soldadura al perfil horizontal.

#### 14.1.2 Columna horizontal

Se ha seleccionado un perfil rectangular de 40 x 100 mm y 4 mm de espesor. La longitud total de dicho perfil es de 359.8 mm. Habrá que realizar dos cortes de tres de las caras a 45° y a 24 mm de cada extremo, al que irán soldadas las columnas verticales.

Se perforarán los agujeros indicados en el Anexo I, en concreto en el Plano 11, con el fin de añadir las bolas transportadoras y el eje soldado de 31.75 mm.

#### 14.1.3 Columna para reductor TR 105 3\_1000

Las dimensiones de la columna para el reductor son las mismas que las de los perfiles anteriores, en este caso la longitud del perfil es de 305.75 mm. Dicho perfil se soldará a la placa a la que irá atornillado el reductor.

### 14.2 Planchas

#### 14.2.1 Planchas de Acero para rodamientos

Para realizar la fijación de los soportes con rodamiento se deben colocar en la parte inferior de cada uno de ellos una placa. Se han seleccionado dos planchas de 50 x 170 x 4 mm. Los tornillos de fijación se muestran en el Anexo III.

#### 14.2.2 Planchas de Acero para reductores

Los reductores necesitan ser soportados por planchas de acero para poder proceder a su unión mediante tornillería, indicado en el Anexo VI.

En el caso del reductor TR 105 3\_1000 se requiere una plancha de 160 x 160 x 4 mm.

Para el reductor TR MB 105 4\_1000 se requiere una plancha de 340 x 340 x 10 mm.

### 14.3 Caja contenedora

Se diseñará una caja compuesta por planchas de Acero de 5 mm de espesor, con el fin de dar soporte al conjunto completo y albergar en su interior el reductor TR MB 105 4\_1000, el acoplamiento para eje y el soporte con rodamiento UCF 207- 20.

En la parte inferior o base de la caja, se deben realizar taladros para su unión con el bloque de hormigón.

Además se debe realizar un agujero pasante de 42 mm en el centro de la cara superior para insertar el cilindro de dicha medida.

Se realizarán además cuatro taladros para la fijación del soporte con rodamiento de referencia UCF 207- 20, véase Anexo III.

La cara superior de la caja contenedora servirá como apoyo y superficie de giro para las bolas transportadoras.

La placa que sirve como apoyo para el reductor TR MB 105 4\_1000 se soldará a la caja, a 112.1 mm de la base de la misma.

## 15 ANÁLISIS BOCETO 6 CON ANSYS WORKBENCH

### 15.1 Exportar ensamblaje

En la Ilustración 47 se puede observar el diseño final ensamblado con todos sus componentes. Este diseño ha sido introducido a Ansys Workbench para realizar el análisis final del conjunto. Con este nuevo análisis se pretende determinar si la zona inferior diseñada soporta las cargas.

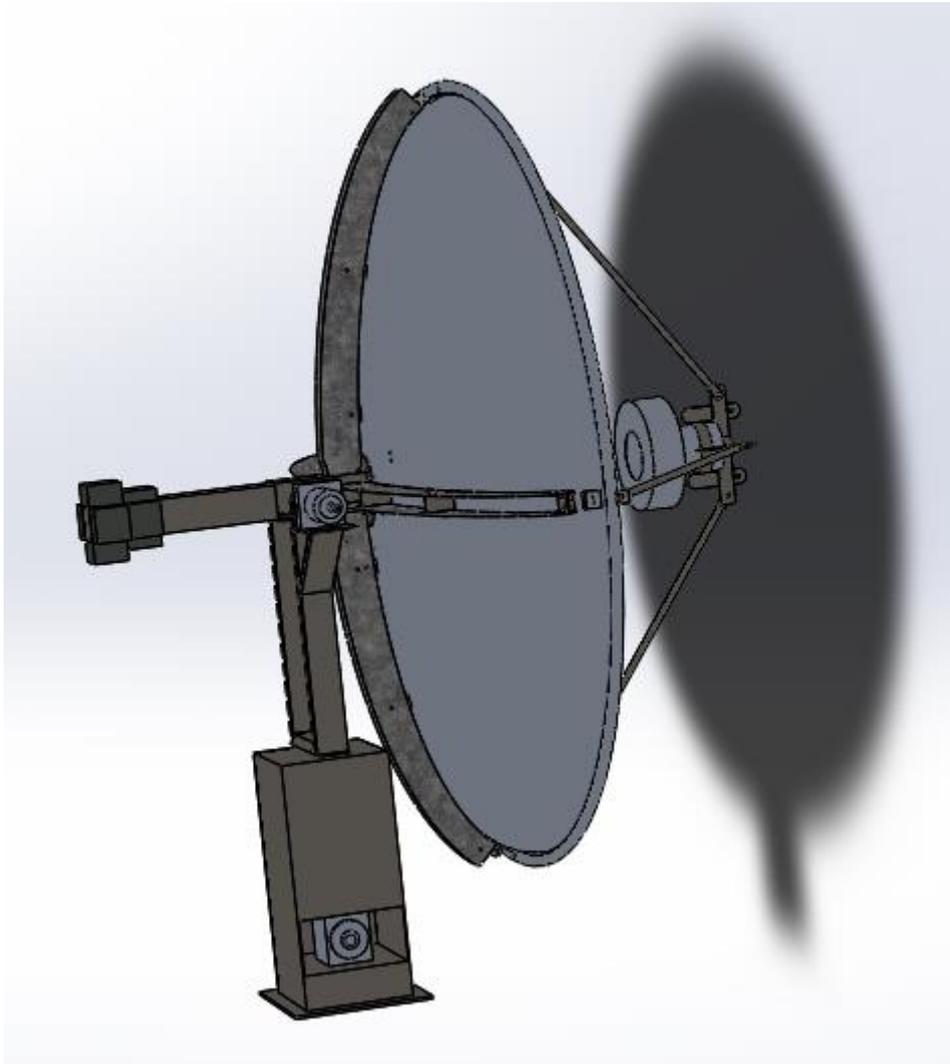


Ilustración 47. Conjunto ensamblado Boceto 6. Fuente: Elaboración propia.

### 15.2 Observaciones

Para el análisis se han eliminado los contactos entre los brazos y la cara externa de la parábola, que Ansys escogía por defecto, debido a su separación de 8 m, dando lugar a errores.

Se han añadido contactos del tipo no separation entre los brazos y las eles de inicio, centro y final de la parábola.

No se ha podido seleccionar el material para cada componente debido a problemas con dicho módulo de materiales, escogiendo por defecto Acero estructural para todo el conjunto.

### 15.3 Datos introducidos

Para la prueba final del Boceto 6 se ha seleccionado un mallado de 8 mm sobre todas las superficies, dando como resultado un total de 2538172 nodos y 1194349 elementos.

Para realizar el análisis final se han añadido:

- Carga de viento de 400 Pa sobre la cara interna de la parábola, simulando de este modo un viento de  $100 \frac{km}{h}$ .
- Soporte fijo en la parte inferior de la caja.
- Apoyos cilíndricos simulando rodamientos en cada uno de los mismos.
- Momento de 200 Nm sobre los ejes para giro acimutal y cenital.
- Acción del peso de la Gravedad.

Para el análisis de resultados se han seleccionado tres tipos de soluciones:

- Deformación total.
- Deformación elástica equivalente de Von Mises.
- Tensión equivalente de Von Mises

### 15.4 Resultados y conclusiones

La deformación total máxima tiene lugar en el foco, uno de los tirantes experimenta un esfuerzo de compresión y el otro de tracción, produciendo una deformación de 18.3 mm, sobre la cara interna del foco. Este resultado podría verse afectado debido a la imposibilidad de introducir Aluminio como material para el foco.

Además la parábola experimenta los mismos esfuerzos causados por la acción de dichos tirantes, obteniendo como resultado una deformación total entre 4.1 y 2 mm sobre su superficie.

El resto de la estructura tiene deformaciones comprendidas entre 2 y 0 mm, por lo que se consideran despreciables frente a las dimensiones totales del conjunto.

Los resultados del análisis de deformación pueden verse en la Ilustración 48.

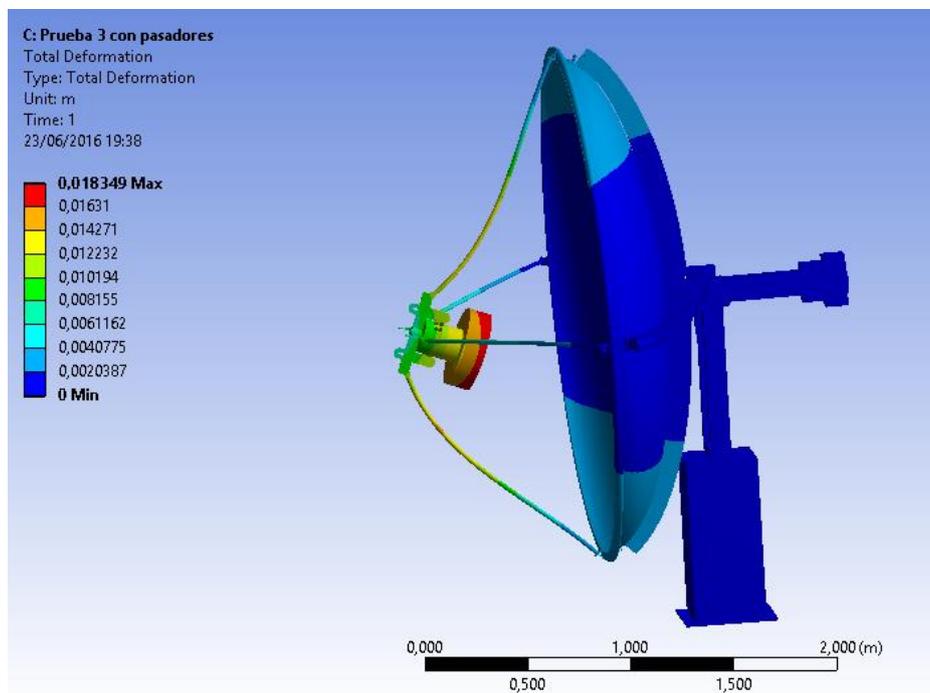


Ilustración 48. Deformación total Boceto 6. Fuente: Ansys Workbench.

En lo referente a la máxima tensión equivalente y al esfuerzo elástico, se concluye que las cargas y presiones se concentrarán tanto en los pasadores para eje, como en los brazos.

No obstante en ninguna de dichas zonas se llegan a alcanzar las sollicitaciones máximas a las que el sistema podría someterse.

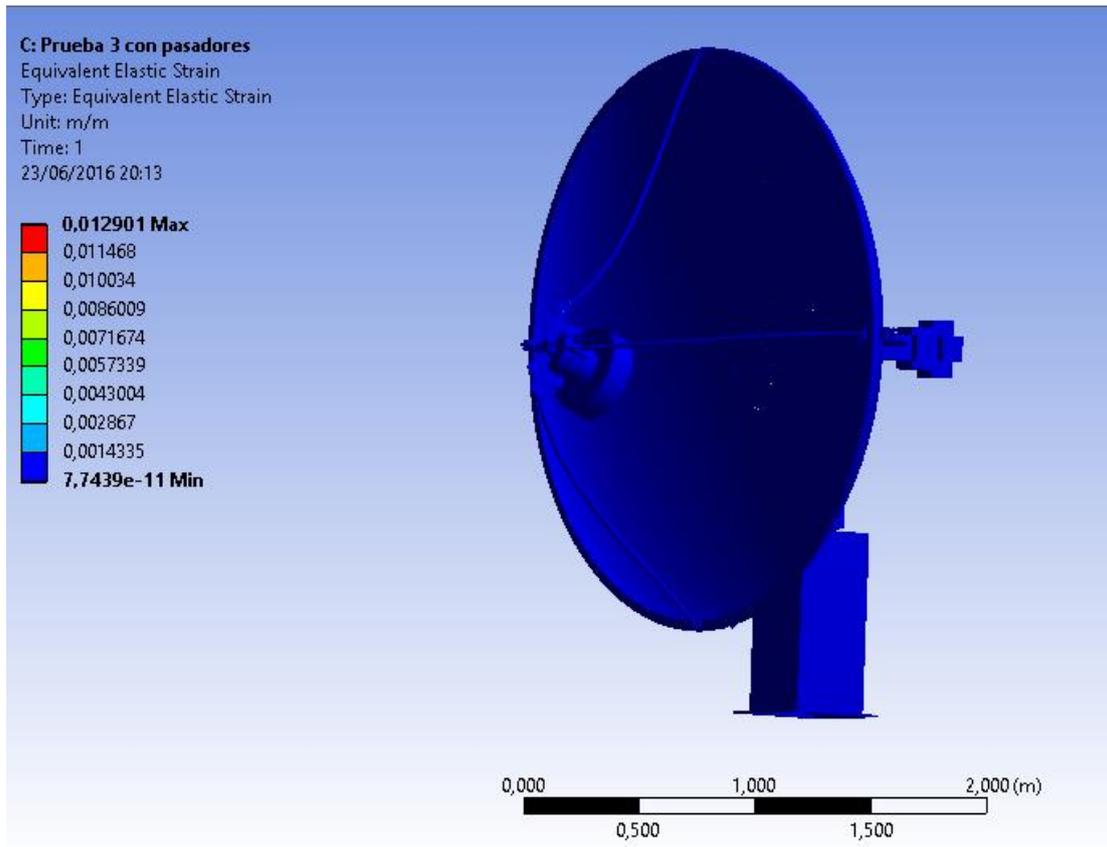


Ilustración 49. Equivalent Elastic Strain Boceto 6. Fuente: Ansys Workbench.

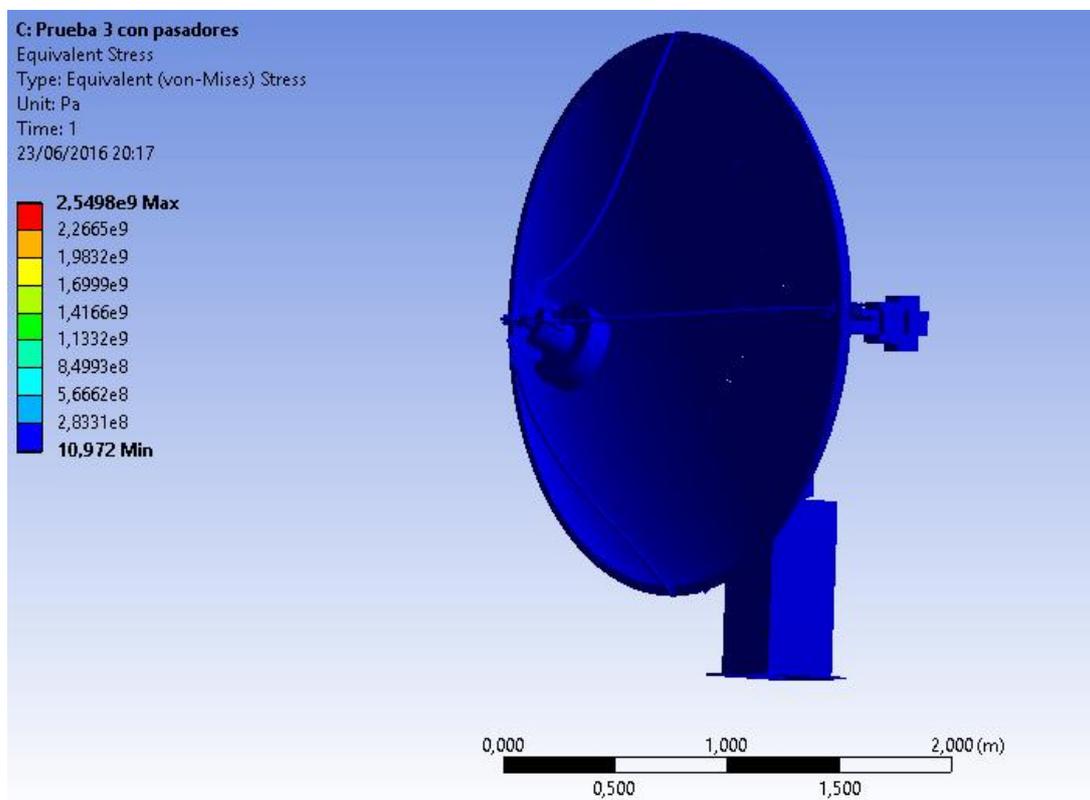


Ilustración 50. Equivalent Stress Boceto 6. Fuente: Ansys Workbench.

### 16 CONCLUSIONES FINALES

El proceso de diseño de la estructura articulada para el radiotelescopio ha sufrido diversos cambios a lo largo del Trabajo Fin de Grado, todos ellos han tenido como principal objetivo buscar la solución óptima para el problema planteado.

Se han realizado pruebas para comprobar la validez de cada nuevo diseño planteado con Ansys Workbench. Basándose en los resultados de cada análisis, se han realizado nuevos diseños con el fin de mejorar aspectos relacionados con la ligereza, precisión y estabilidad del conjunto.

Se ha conseguido crear una estructura que cumple con las especificaciones y requerimientos principales dados. Todas las pautas del pliego de condiciones han sido tenidas en cuenta y debidamente cumplidas.

Además de cumplir con dichas especificaciones iniciales se ha conseguido lograr una mayor precisión en cuanto a los giros acimutal y cenital se refiere. Esto implica una gran precisión en la captación de señales.

En lo referente al presupuesto, se ha conseguido una importante reducción de la propuesta que se realizó por parte de una empresa externa, cuyo precio para llevar a cabo el proyecto ascendía a 70.000 €. Dicho proyecto estaba completamente controlado por control remoto.

Si el proyecto se lleva a cabo en un futuro, se deberán tener en cuenta los cálculos realizados para la cimentación, y se deberá calcular el número exacto de fijaciones.

Este Trabajo Fin de Grado servirá como un primer paso para la construcción del Primer Centro de Radioastronomía de la UPNA y abrirá las puertas para crear más TFG relacionados con la radioastronomía en la Universidad Pública de Navarra.

El resultado del TFG ha dado como resultado una estructura que es viable tanto estructural como económicamente

## 17 PRESUPUESTO

Se ha realizado un cálculo aproximado del coste de compra de los diferentes perfiles estructurales, elementos de unión, soportes... que deben usarse para la construcción de la estructura.

Al coste total del TFG no han sido añadidas las horas de ingeniería. Tampoco se han incluido los costes ocasionados por el montaje de la estructura debido a que se realizará por parte de José Carlos Urroz en el Edificio de Talleres y Laboratorios de la Universidad.

### 17.1 Coste horas ingeniería

Tabla 8. Coste horas ingeniería. Fuente: Elaboración propia.

		Horas	Precio por hora	Coste total
<b>HORAS DE INGENIERÍA</b>	Búsqueda de información	18	50	900
	Redacción de memoria	76	50	3800
	Realizar diseño	290	50	14500
	Realizar cálculos	180	50	9000
	Realizar documentación técnica	30	50	1500
<b>COSTE TOTAL DE INGENIERÍA (€)</b>				<b>29700</b>

### 17.2 Coste elementos normalizados tornillería

Tabla 9. Coste elementos normalizados tornillería. Fuente: Elaboración propia.

		Cantidad	Coste por Unidad	Coste total
<b>COSTE DE ELEMENTOS NORMALIZADOS</b>	Tuerca cabeza hexagonal ISO 4034 M5	120	0,03	3,6
	Tornillo cabeza redondeada ISO 7045 M8 X 50	1	0,2372	0,2372
	Tuerca cabeza hexagonal ISO 4034 M8	1	0,0321	0,0321
	Tuerca cabeza hexagonal ISO 4036 M8	4	0,08115	0,3246
	Tornillo cabeza avellanada ISO 7380 M5 x 10	76	0,03356	2,55056
	Pasador para eje	2	0,7148	1,4296
<b>COSTE TOTAL ELEMENTOS NORMALIZADOS (€)</b>				<b>8,17</b>

### 17.3 Coste de perfiles estructurales y burletes

Tabla 10. Coste perfiles estructurales y burletes. Fuente: Elaboración propia.

		Cantidad	Coste por Unidad	Coste total
<b>COSTE DE PERFILES ESTRUCTURALES Y BURLETES</b>	Perfil cuadrado 4 mm	2	15,67	31,34
	Perfil cilíndrico macizo 32 mm	2	16,36	32,72
	Perfil rectángula 100 x 50	3	21,26	63,78
	Plancha 160 x 160	1	3,29	3,29
	Plancha 50 x 170	2	2,13	4,26
	Plancha 5 mm	2	3,63	7,26
	Plancha 10 mm	1	5,76	5,76
	Burletes	1	18,94	18,94
<b>COSTE TOTAL ELEMENTOS NORMALIZADOS (€)</b>				<b>167,35</b>

### 17.4 Coste elementos a fabricar

Tabla 11. Coste elementos a fabricar. Fuente: Elaboración propia.

		Cantidad	Coste por Unidad	Coste total
<b>COSTE DE ELEMENTOS A FABRICAR</b>	Brazo	8	57,5	460
<b>COSTE TOTAL ELEMENTOS NORMALIZADOS (€)</b>				<b>460,00</b>

### 17.5 Coste elementos móviles

Tabla 12. Coste elementos móviles. Fuente: Elaboración propia.

		Cantidad	Coste por Unidad	Coste total
<b>COSTE DE ELEMENTOS MÓVILES</b>	Reductor TR 105 3_1000	1	1970	1970
	Reductor TR MB 105 4_1000	1	3281,5	3281,5
	Balonas de fijación	6	11,36	68,16
	Acoplamiento elástico para eje	2	100	200
	Soporte con rodamiento	2	15,4	30,8
	Soporte con rodamiento	14	13,64	190,96
<b>COSTE TOTAL ELEMENTOS NORMALIZADOS (€)</b>				<b>5741,42</b>

### 17.6 Coste puesta en marcha

Tabla 13. Coste puesta en marcha. Fuente: Elaboración propia.

	<b>Coste total</b>
Desplazamiento	120
Montaje 300 horas	0
<b>COSTE MONTAJE (€)</b>	<b>120</b>

### 17.7 Coste total

Tabla 14. Coste total del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

		<b>iva 21%</b>
<b>COSTE TOTAL ELEMENTOS NORMALIZADOS TORNILLERÍA</b>	<b>8,17</b>	<b>9,8857</b>
<b>COSTE TOTAL PERFILES ESTRUCTURALES Y BURLETES</b>	<b>167,35</b>	<b>202,4935</b>
<b>COSTE TOTAL DE INGENIERÍA</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>COSTE ELEMENTOS A FABRICAR</b>	<b>460</b>	<b>556,6</b>
<b>COSTE ELEMENTOS MÓVILES</b>	<b>5741,42</b>	<b>6947,1182</b>
<b>COSTE PUESTA EN MARCHA</b>	<b>120</b>	<b>145,2</b>
<b>COSTE TOTAL DEL TROQUEL (€)</b>		<b>7861,2974</b>

Pamplona, 24 de Junio de 2016

Ángela Grandíval García

---

## 18 BIBLIOGRAFÍA

---

[1] (s.f.). Obtenido de

[www.biografiasyvidas.com](http://www.biografiasyvidas.com)

[2](s.f.).Obtenido de

<http://www.elmundo.es/ciencia/2016/01/11/568265b422601dd7178b45fa.html>.

Aguinagalde, J. (s.f.). Apuntes Teoría de máquinas y mecanismos. *Universidad Pública de Navarra*.

San Miguel, J. (s.f.). Apuntes Cálculo y Diseño de Máquinas . *Universidad Pública de Navarra*.



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

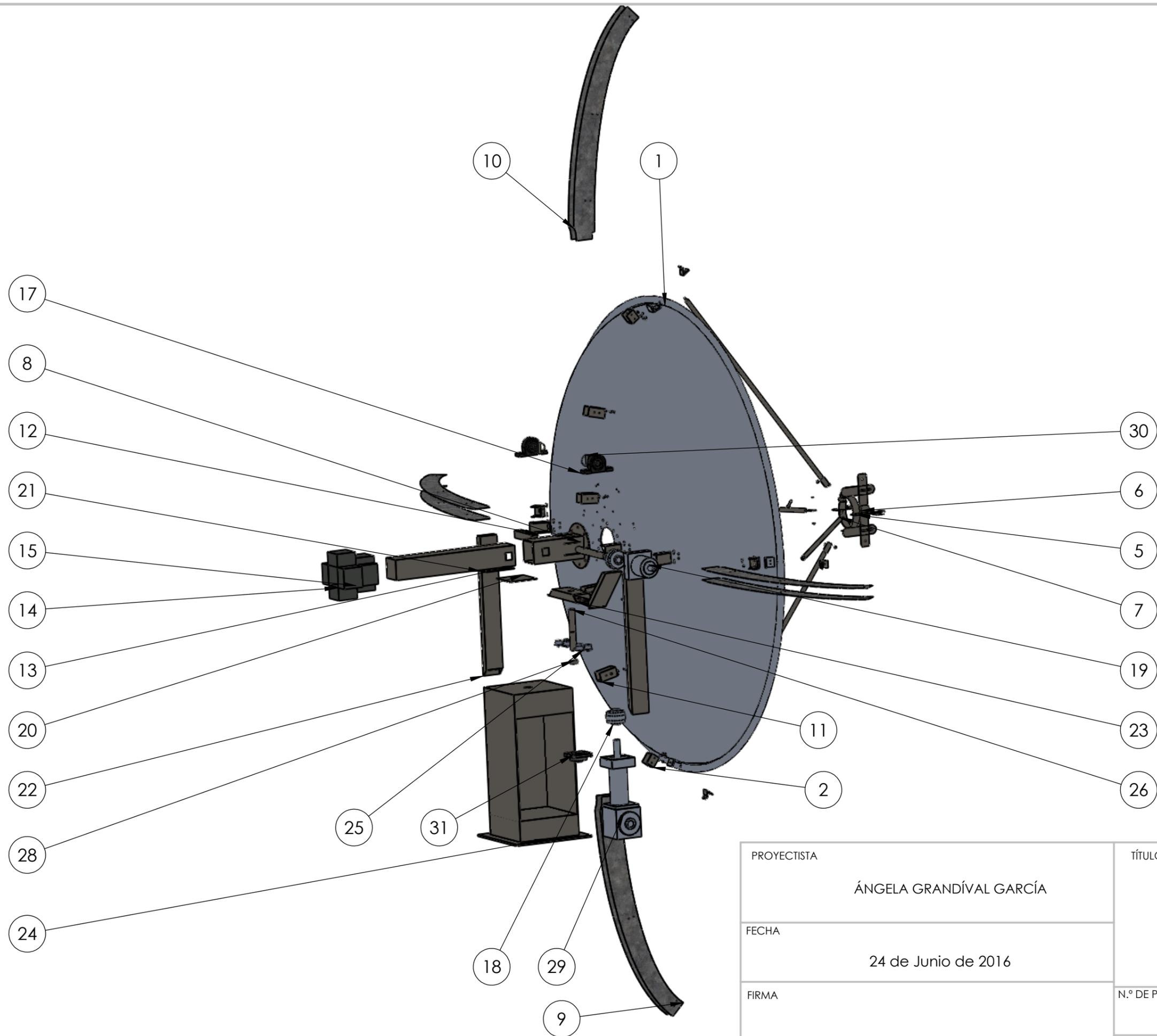
# Diseño de estructura articulada para radiotelescopio



Grado en Ingeniería Mecánica

## ANEXO I. PLANOS

Ángela Grandíval García  
Pedro María Diéguez Elizondo  
Pamplona, junio de 2016

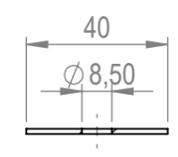
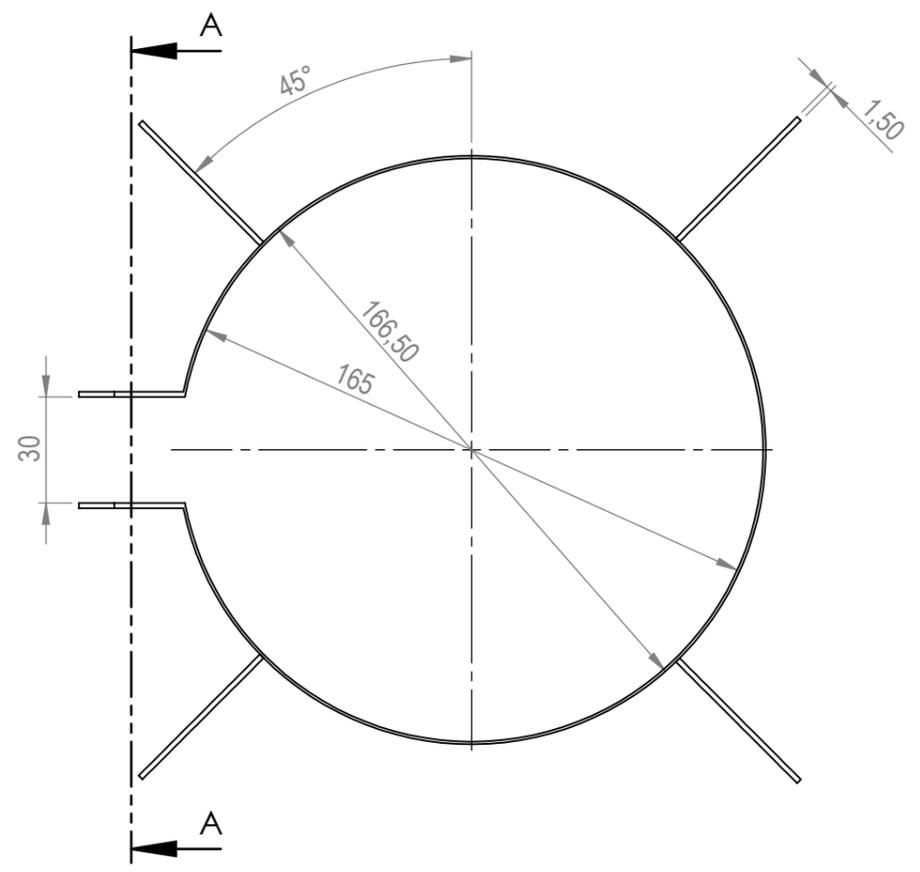


PROYECTISTA	ÁNGELA GRANDÍVAL GARCÍA	
FECHA	24 de Junio de 2016	
FIRMA		

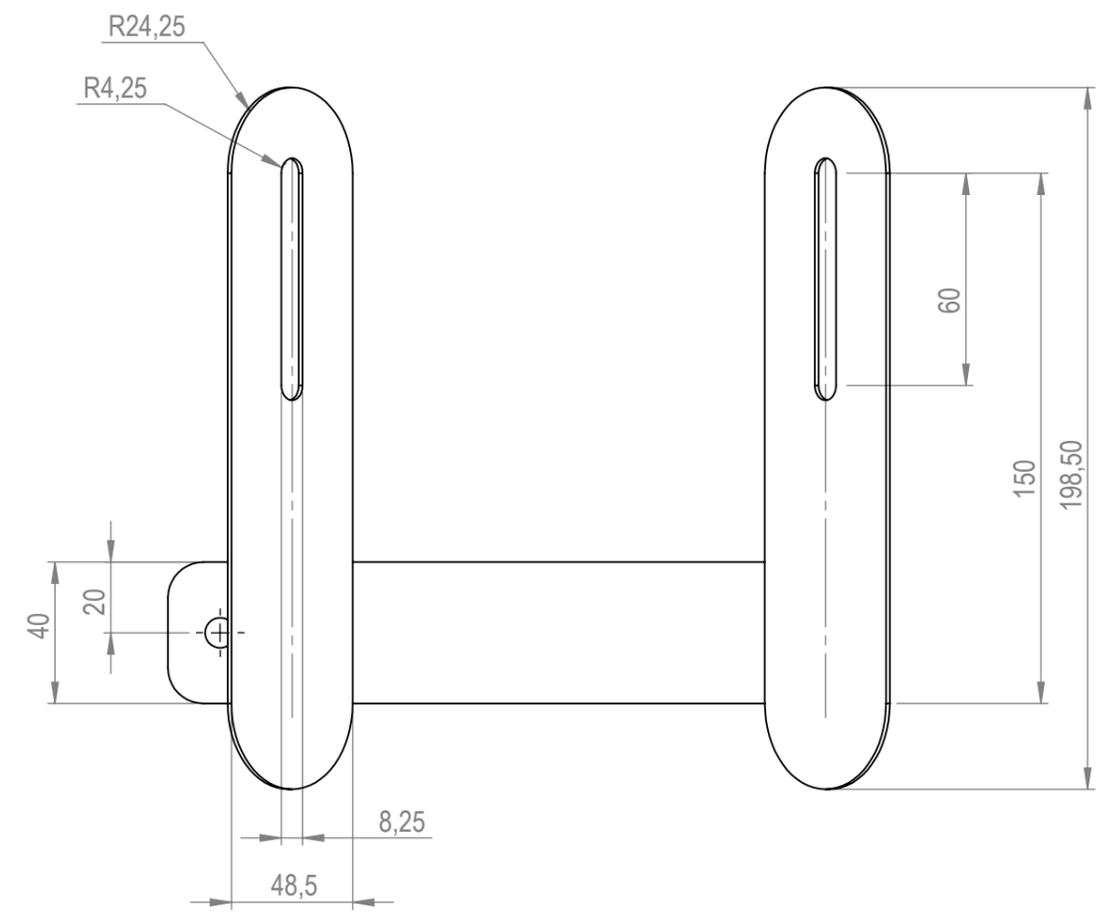
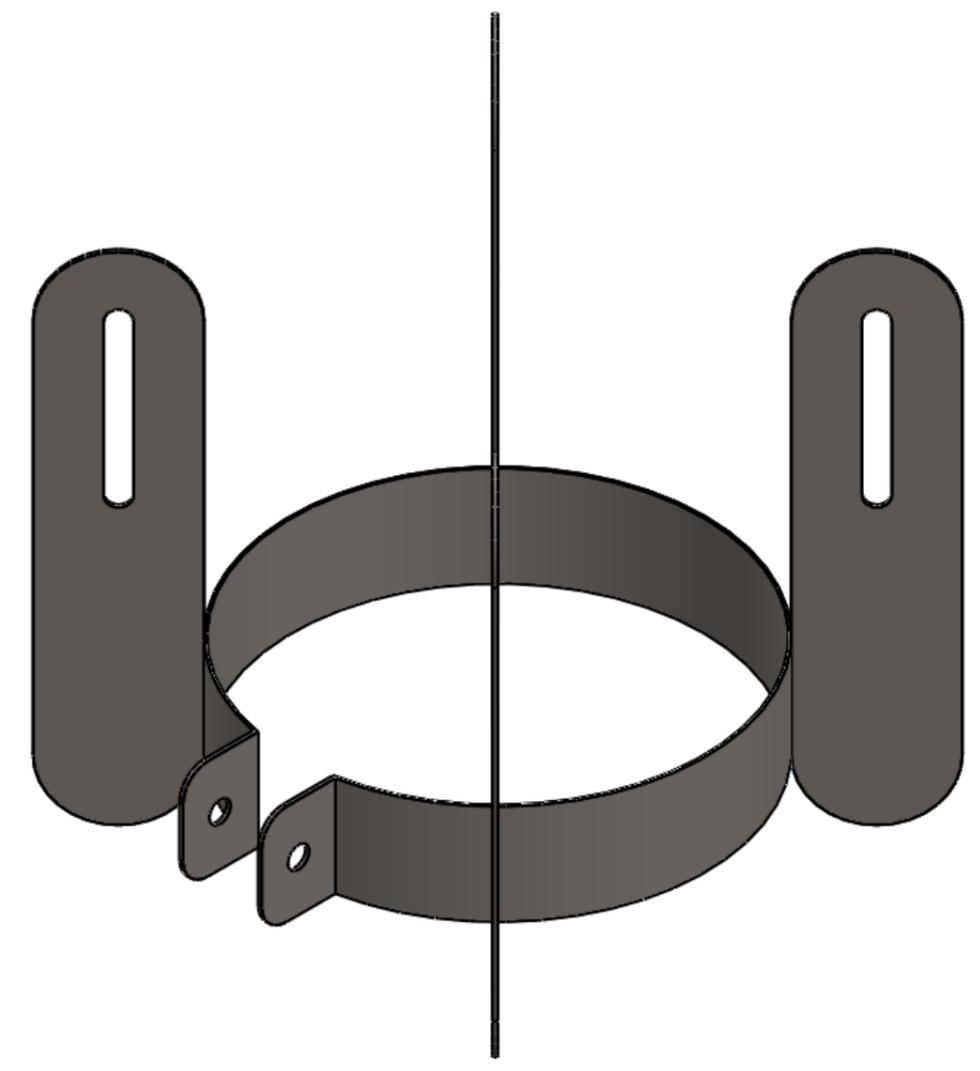
TÍTULO:		Conjunto explosionado Boceto 6	
N.º DE PLANO			
ESCALA:1:100		TFG_ING. MECÁNICA	

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	Radiotelescopio con agujeros	7075-T6, Chapa (SS)	1
2	Ele extremo parábola Boceto5	AISI 1020 Acero laminado en frío	4
3	ele rizo	AISI 1020 Acero laminado en frío	4
4	Foco	Aleación 1060	1
5	Brida	AISI 1020 Acero laminado en frío	1
6	Soporte para Brida	AISI 1020 Acero laminado en frío	1
7	Tirante	AISI 1020 Acero laminado en frío	4
8	Perfil cuadrado Boceto 5	AISI 1020 Acero laminado en frío	1
9	Brazo Boceto5	Acero galvanizado	4
10	SimetríaBrazo Boceto5	Acero galvanizado	4
11	Eles centro y extremos Boceto5	AISI 1020 Acero laminado en frío	8
12	Perfil cuadrado 4 mm	AISI 1020 Acero laminado en frío	1
13	Contrapeso exterior	AISI 1020 Acero laminado en frío	1
14	Contrapeso 70	Plomo puro	4
15	Contrapeso 37	Plomo puro	4
16	Eje	AISI 1020 Acero laminado en frío	1
17	Soporte con rodamiento UCP-207-20	Fundición gris	2
18	Acoplamiento eje	Aleación 1060	2
19	TR 105-1000	Aleación 1060	1
20	Placa 160x160	AISI 1020 Acero laminado en frío	1
21	Placa 50x170	AISI 1020 Acero laminado en frío	2
22	Perfil rectangular columna 40x100	AISI 1020 Acero laminado en frío	2
23	Base para columnas	AISI 1020 Acero laminado en frío	1
24	Caja	AISI 1020 Acero laminado en frío	1
25	1702 Fijación Balona	Aleación 1502	6
26	Eje Acimut	AISI 1020 Acero laminado en frío	1
27	Columna para reductor	AISI 1020 Acero laminado en frío	1
28	Casquillo Separador	AISI 1020 Acero laminado en frío	1
29	TR MB 105_1000	Aleación 1060	1
30	Tornillo para eje	AISI 1020 Acero laminado en frío	2
31	Soporte con rodamiento UCF 207-20	Fundición gris	1
32	Tornillo cabeza avellanada ISO 7380 - M5 x 10	AISI 1020 Acero laminado en frío	76
33	Tuerca hexagonal ISO - 4036 - M8	AISI 1020 Acero laminado en frío	4
34	Tornillo cabeza redondeada ISO 7045 - M8 x 50	AISI 1020 Acero laminado en frío	1
35	Tuerca cabeza hexagonal ISO - 4034 - M8	AISI 1020 Acero laminado en frío	1

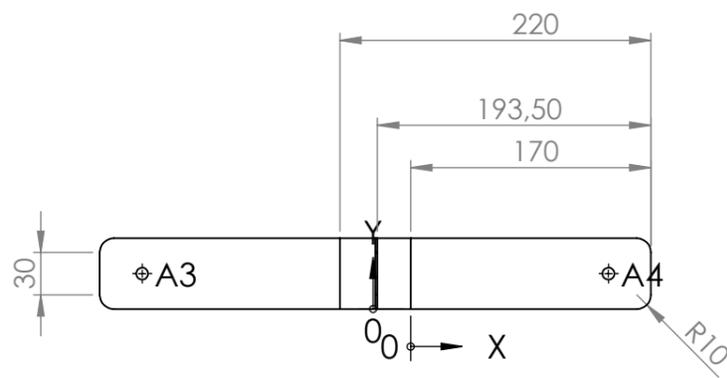
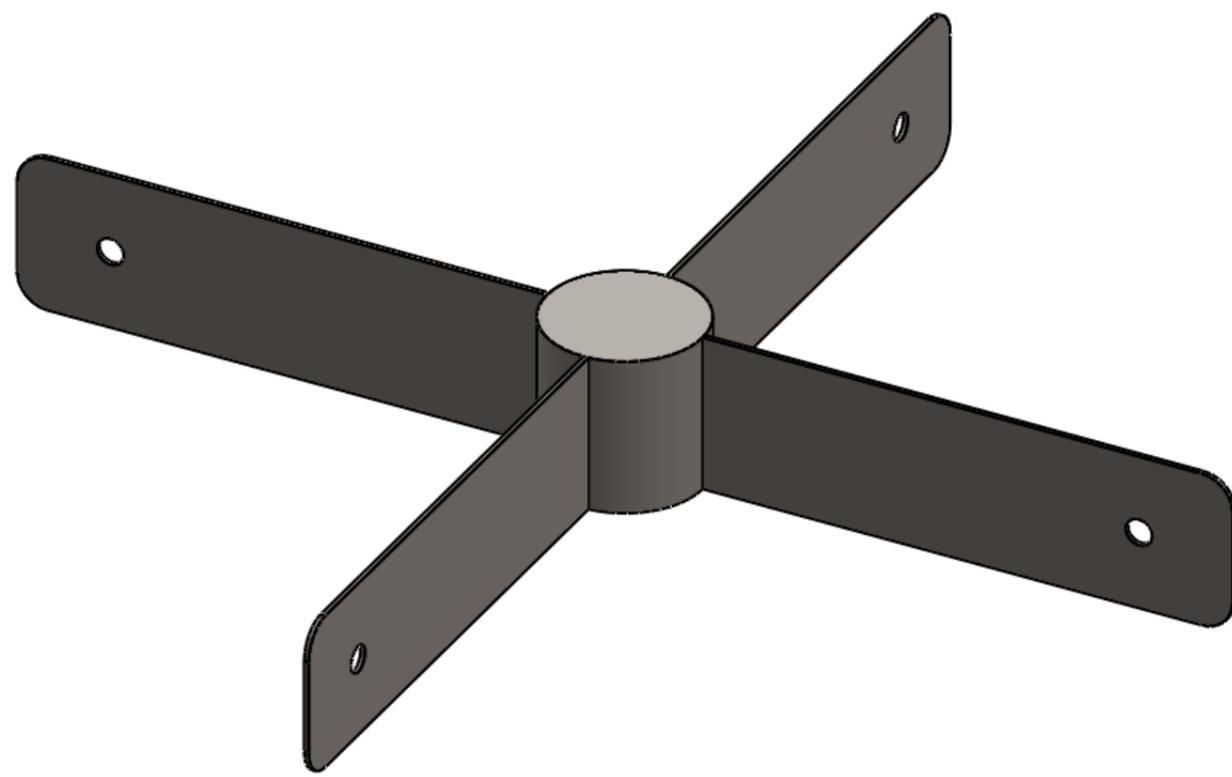
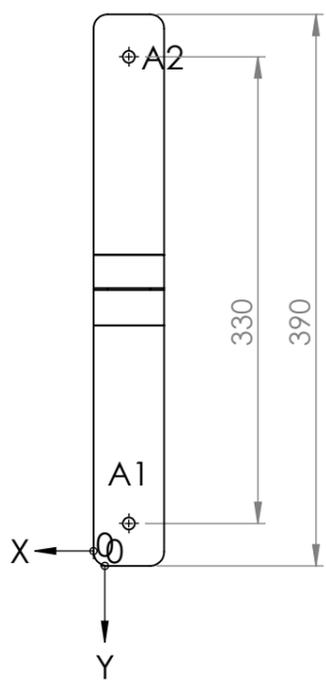
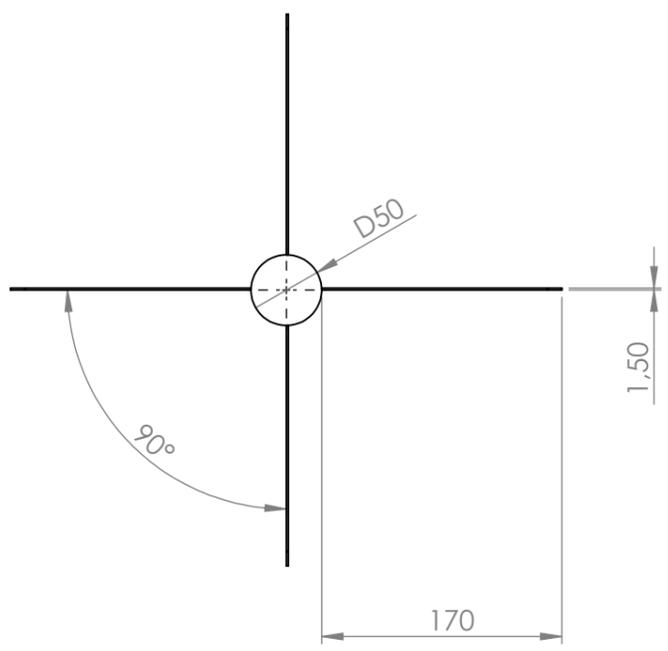
	título:	
	<h2>Lista de piezas Boceto 6</h2>	
PROYECTISTA ÁNGELA GRANDÍVAL GARCÍA	N.º DE PLANO	A3
	<b>PLANO 1</b>	
TFG_ ING. MECÁNICA		



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2

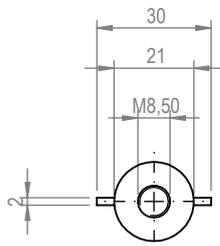
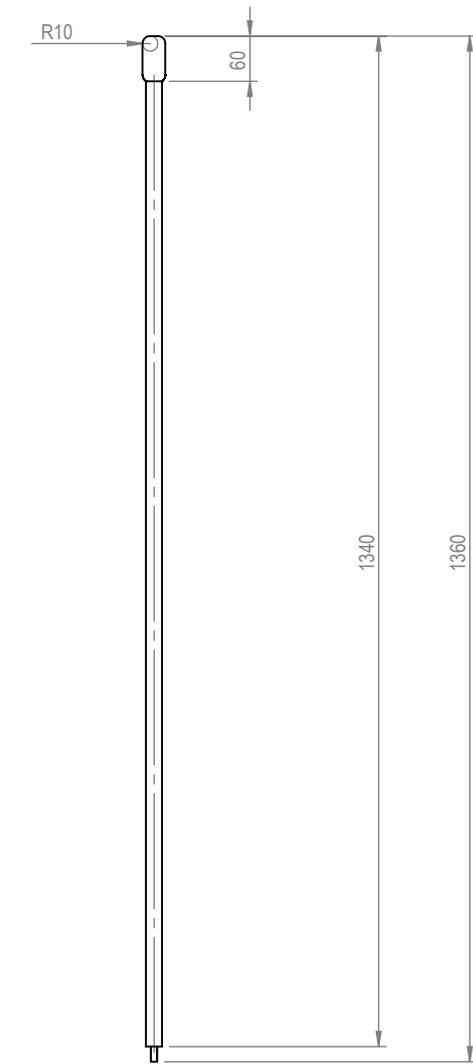


PROYECTISTA ÁNGELA GRANDÍVAL GARCÍA		TÍTULO:  Brida para foco	
FECHA 24 de Junio de 2016		N.º DE PLANO <b>Plano 2</b>	
FIRMA	MATERIAL: AISI 1020 Acero laminado en frío	ESCALA: 1:5	A3 TFG_ING. MECÁNICA



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	-25	-30	M8 $\phi$ 8,50 POR TODO
A2	-25	-360	
A3	-190	25	
A4	140	25	

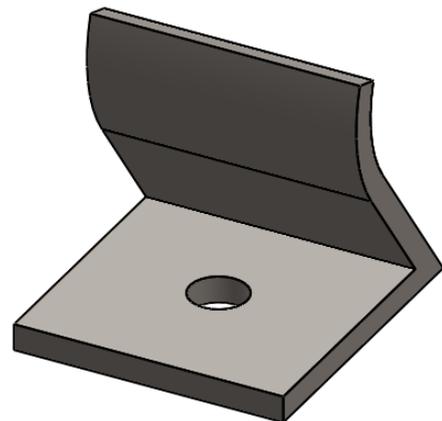
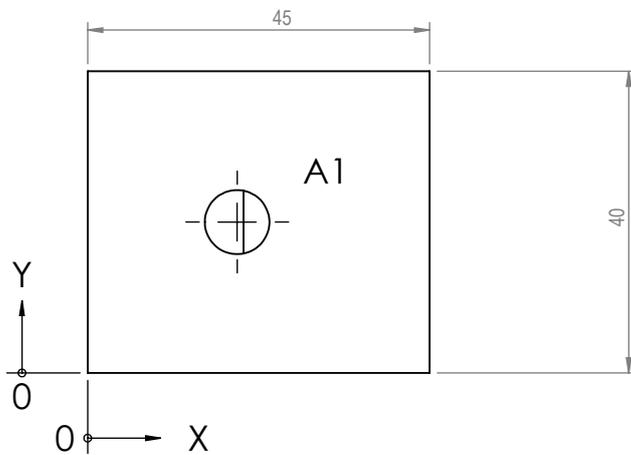
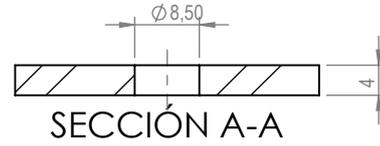
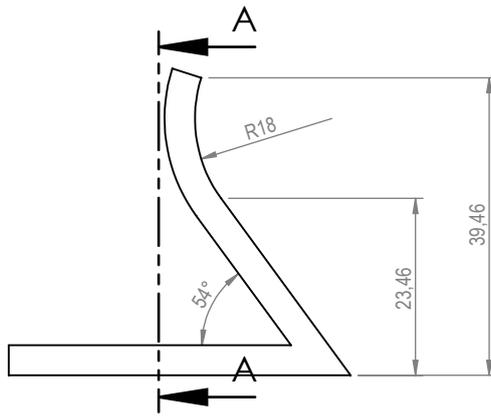
PROYECTISTA ÁNGELA GRANDÍVAL GARCÍA		TÍTULO: Soporte para Brida	
FECHA 24 de Junio de 2016		N.º DE PLANO <b>Plano 3</b>	
FIRMA	MATERIAL: AISI 1020 Acero laminado en frío	ESCALA: 1:5	A3 TFG_ING. MECÁNICA



ESCALA 1:2

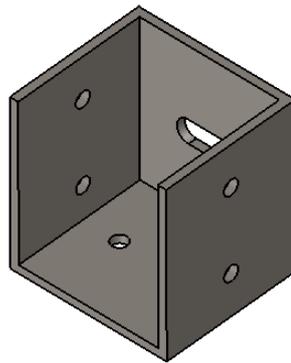
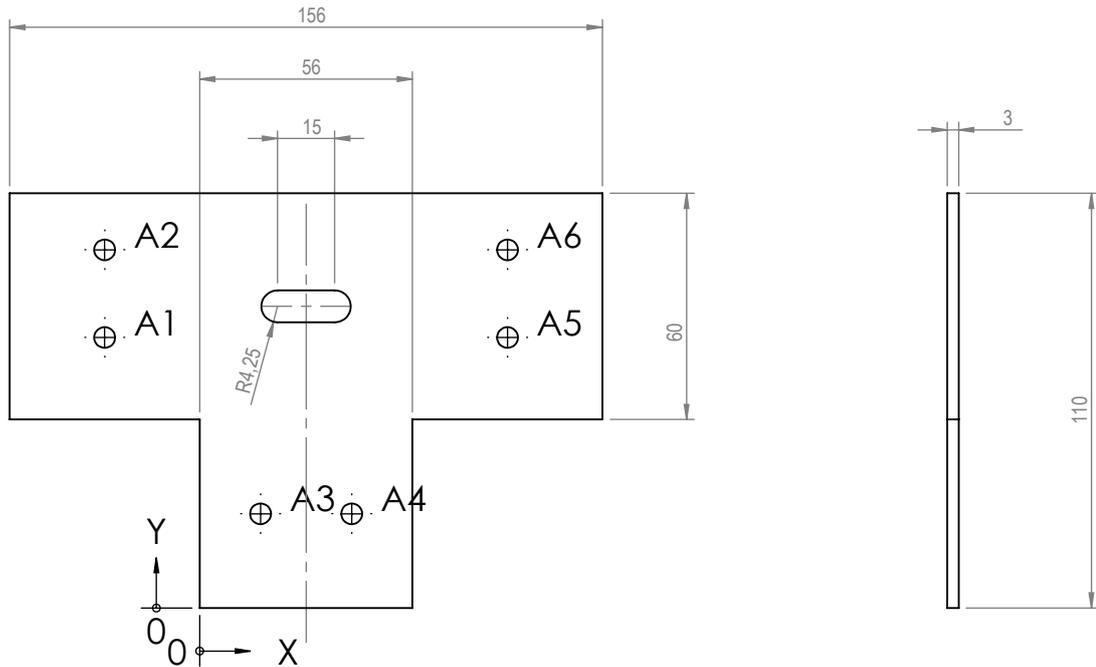


PROYECTISTA		TÍTULO:	
ÁNGELA GRANDÍVAL GARCÍA		Tirante	
FECHA	MATERIAL: AISI 1020 Acero laminado en frío	N.º DE PLANO	A4
24 de Junio de 2016		Plano 4	
FIRMA	ESCALA:1:10	TFG_ING. MECÁNICA	



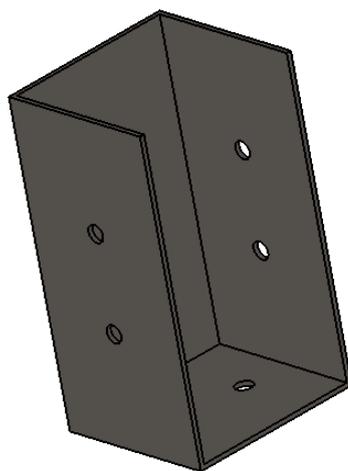
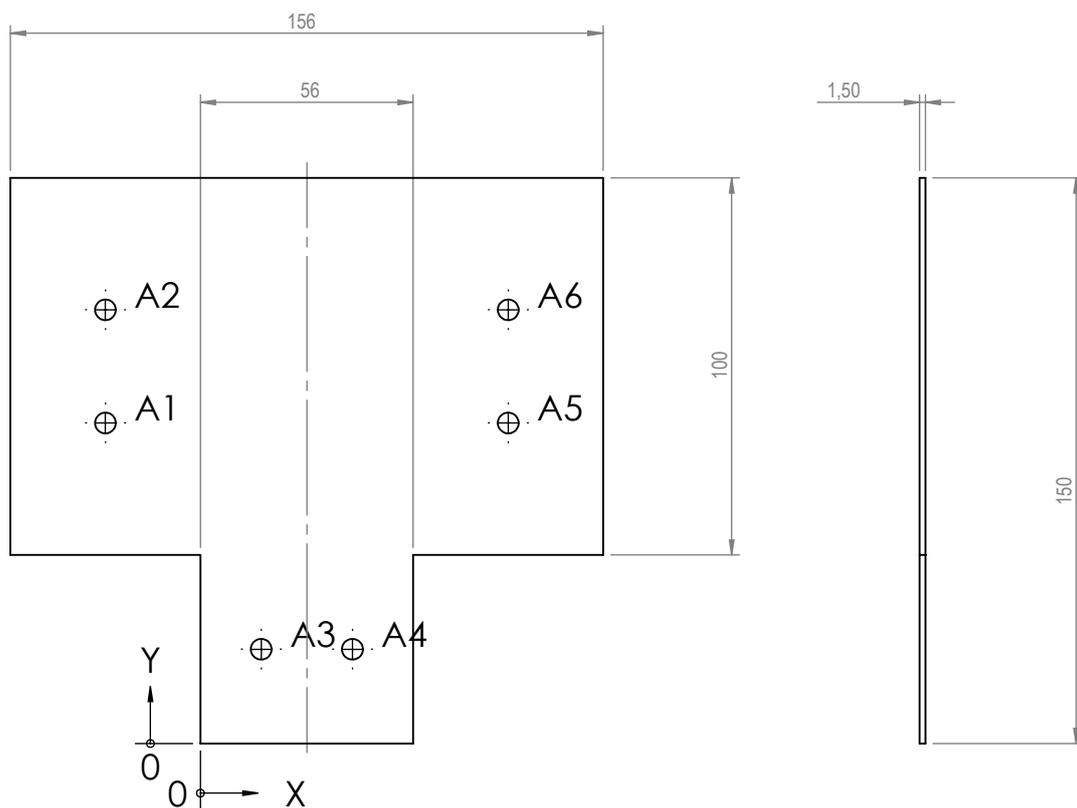
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	19,66	20	M8 $\phi$ 8,50 POR TODO

PROYECTISTA		TÍTULO: Plano de construcción ele para tirantes	
ÁNGELA GRANDÍVAL GARCÍA		N.º DE PLANO	A4
FECHA	MATERIAL:	Plano 5	
24 de Junio de 2016	AISI 1020 Acero laminado en frío	ESCALA:1:1	TFG_ ING. MECÁNICA
FIRMA			



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	-25	71,75	M5 $\phi$ 5,50 POR TODO
A2	-25	95	
A3	16	25	
A4	40	25	
A5	81	71,75	
A6	81	95	

PROYECTISTA		TÍTULO:	
ÁNGELA GRANDÍVAL GARCÍA		Plano construcción ele final de brazo	
FECHA	MATERIAL:	N.º DE PLANO	
24 de Junio de 2016		Plano 6	
FIRMA	AISI 1020 Acero laminado en frío	ESCALA:1:2	A4
		TFG_ING. MECÁNICA	



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	-25	85	M5 $\varnothing$ 5,50 POR TODO
A2	-25	115	
A3	16	25	
A4	40	25	
A5	81	85	
A6	81	115	

PROYECTISTA

ÁNGELA GRANDÍVAL GARCÍA

FECHA

24 de Junio de 2016

FIRMA



MATERIAL:  
AISI 1020 Acero laminado  
en frío

TÍTULO:

Plano construcción ele  
inicio y parte media de  
brazo

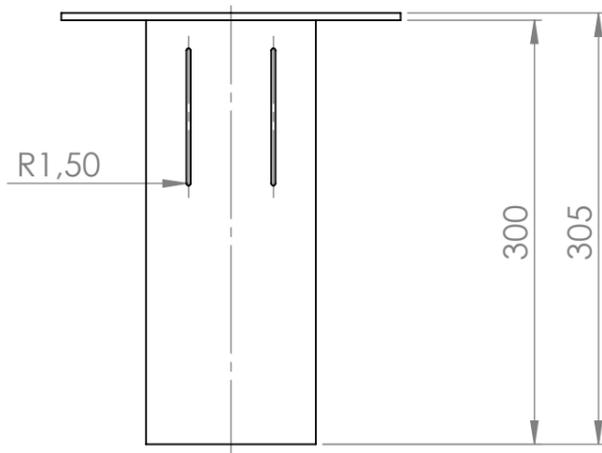
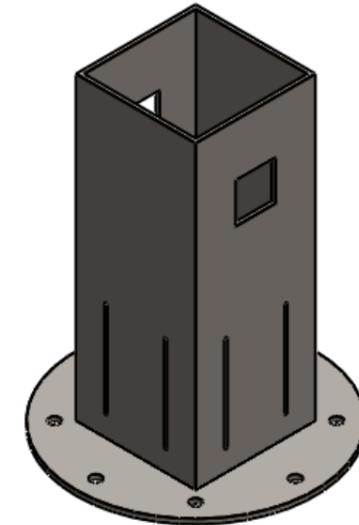
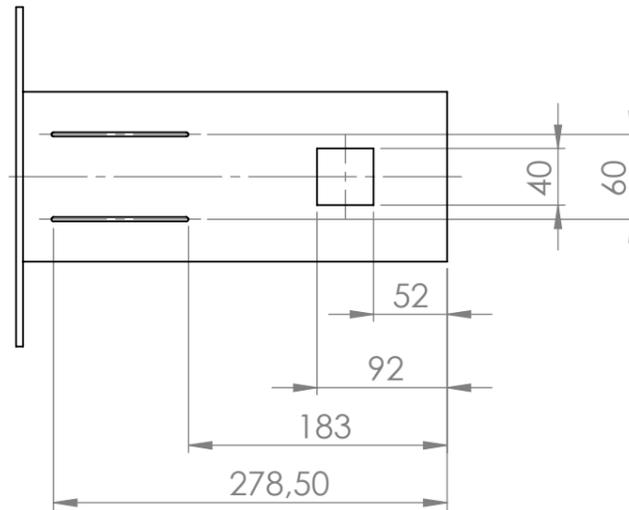
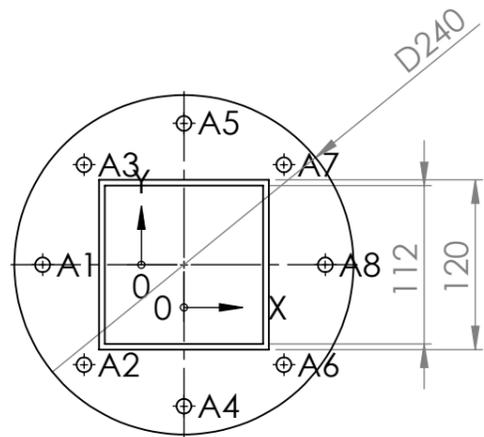
N.º DE PLANO

**Plano 7**

A4

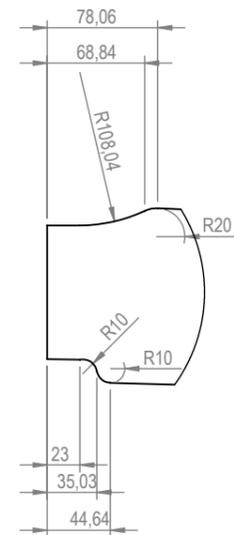
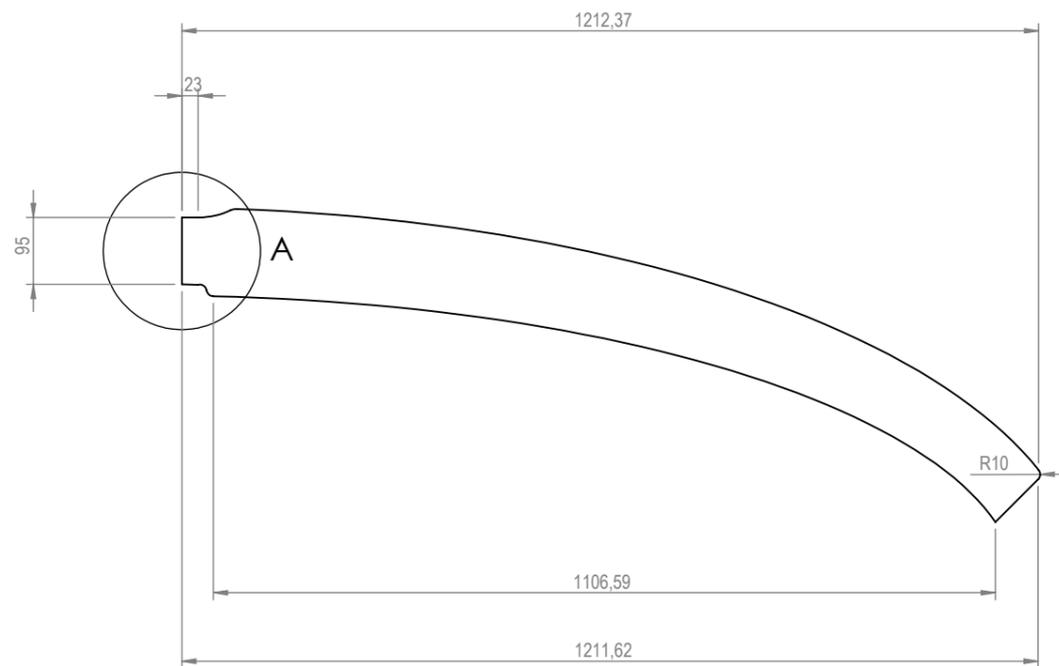
ESCALA:1:2

TFG\_ING. MECÁNICA

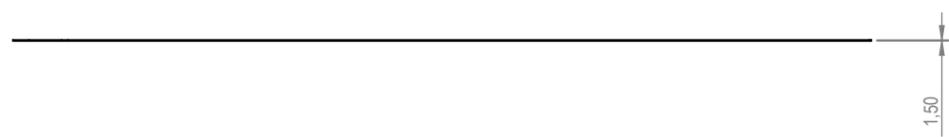
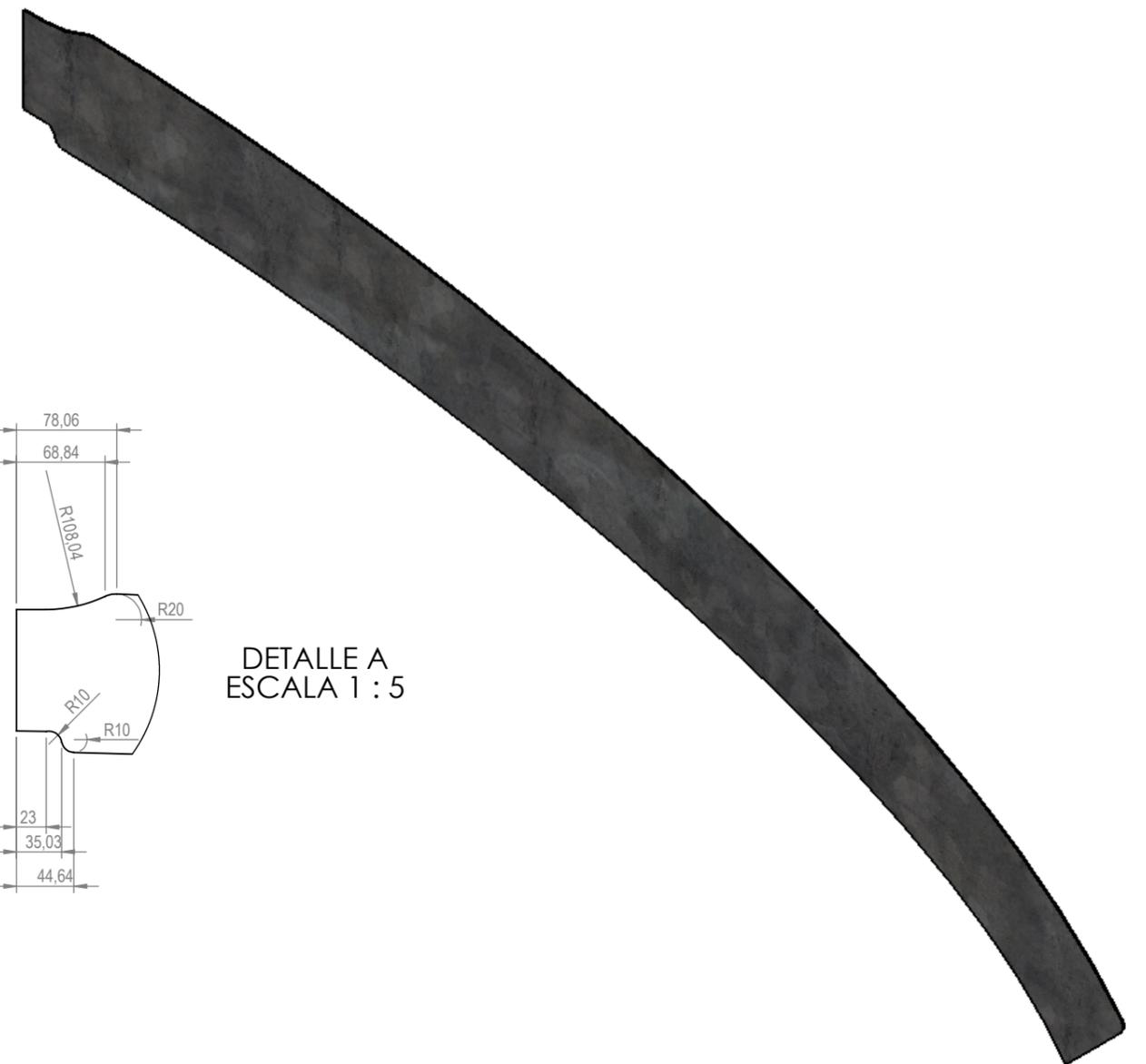


RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	-100	0	M10 $\phi$ 10,50 POR TODO
A2	-70,71	-70,71	
A3	-70,71	70,71	
A4	0	-100	
A5	0	100	
A6	70,71	-70,71	
A7	70,71	70,71	
A8	100	0	

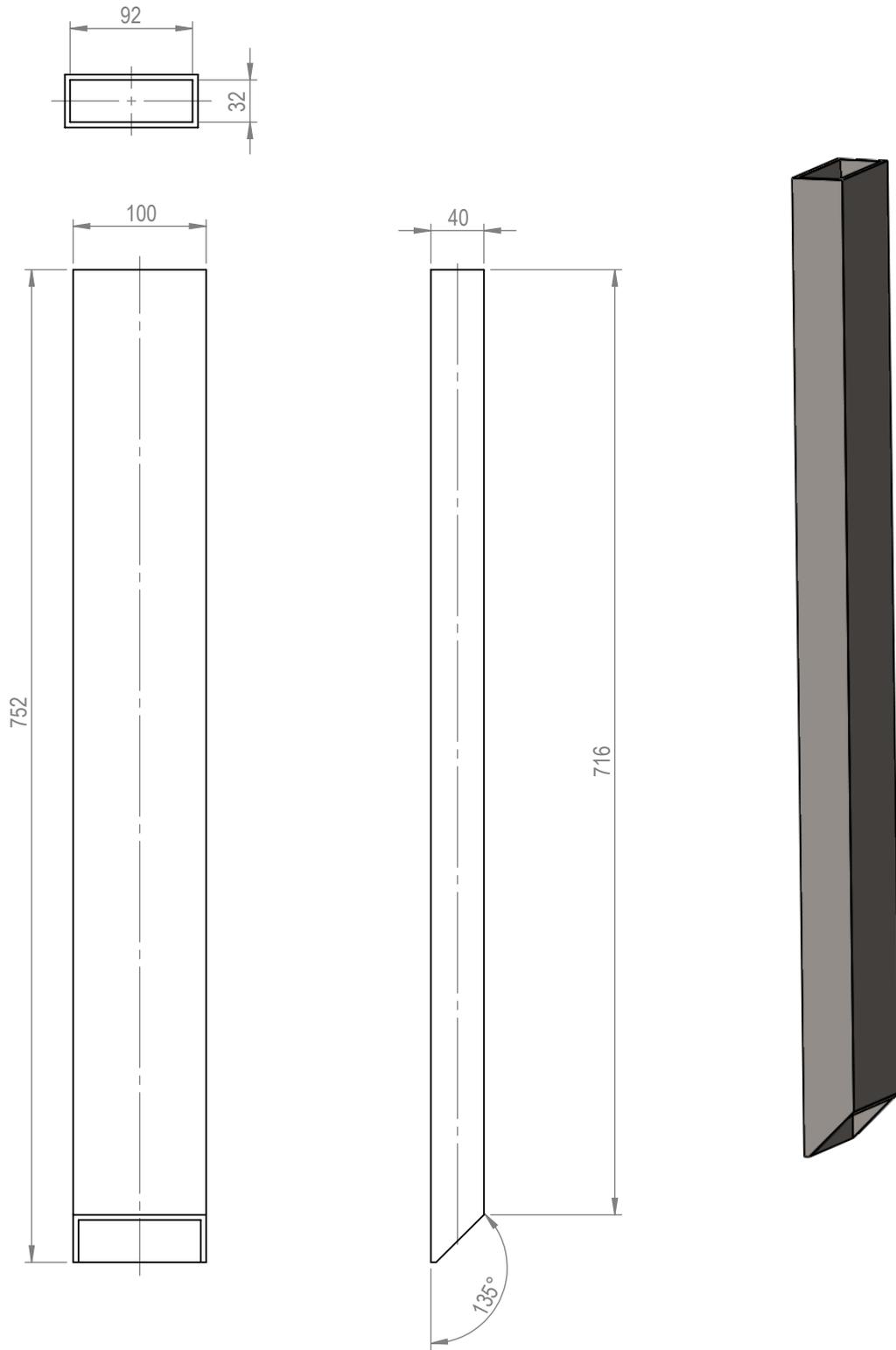
PROYECTISTA ÁNGELA GRANDÍVAL GARCÍA		TÍTULO: Perfil cuadrado soporte para brazos	
FECHA 24 de Junio de 2016		N.º DE PLANO <b>Plano 8</b>	
FIRMA	MATERIAL: AISI 1020 Acero laminado en frío	ESCALA: 1:5	A3 TFG_ING.MECÁNICA



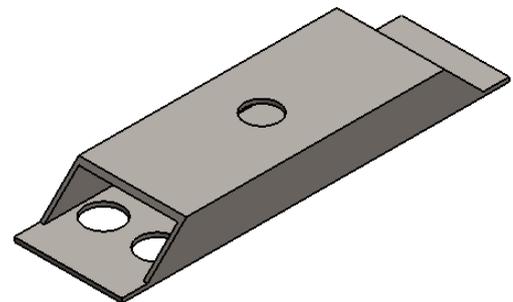
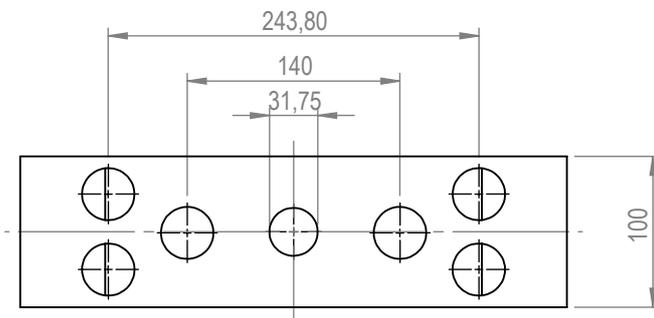
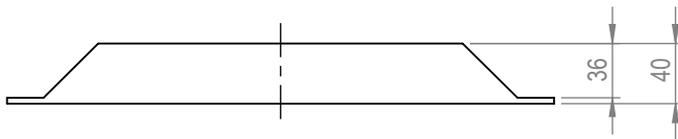
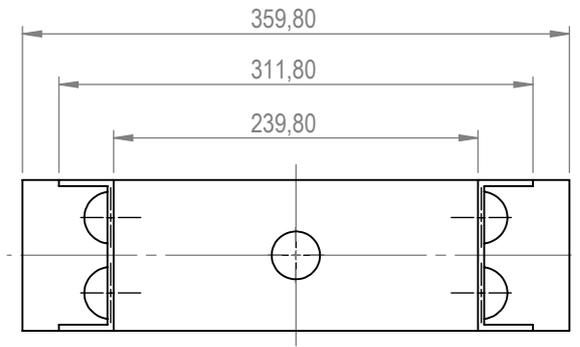
DETALLE A  
ESCALA 1 : 5



PROYECTISTA ÁNGELA GRANDÍVAL GARCÍA		TÍTULO:  Brazo	
FECHA 24 de Junio de 2016		N.º DE PLANO Plano 9	
FIRMA	MATERIAL: Acero galvanizado	ESCALA:1:10	A3 TFG_ING. MECÁNICA



PROYECTISTA ÁNGELA GRANDÍVAL GARCÍA		TÍTULO: <b>Perfil rectangular          columna 40x100</b>	
FECHA 24 de Junio de 2016		MATERIAL: AISI 1020 Acero laminado en frío	N.º DE PLANO <b>Plano 10</b>
FIRMA		ESCALA: 1:5	TFG_ING. MECÁNICA



PROYECTISTA ÁNGELA GRANDÍVAL GARCÍA		TÍTULO: Base para columnas	
FECHA 24 de Junio de 2016		N.º DE PLANO Plano 11	A4
FIRMA	MATERIAL: AISI 1020 Acero laminado en frío	ESCALA: 1:5	TFG_ING. MECÁNICA



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

# Diseño de estructura articulada para radiotelescopio



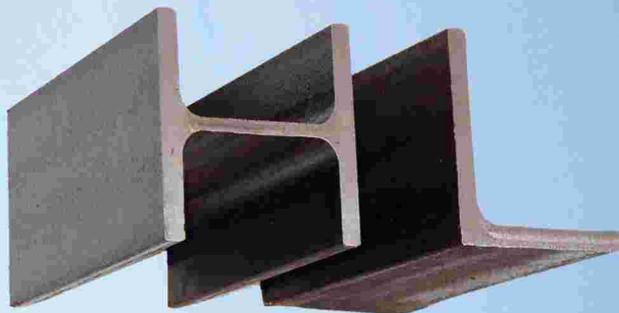
Grado en Ingeniería Mecánica

## ANEXO II. PERFILES ESTRUCTURALES

Ángela Grandíval García

Pedro María Diéguez Elizondo

Pamplona, junio de 2016



# **HIERROS LANDABEN**



**ALMACEN DE HIERROS  
VIGAS - CHAPAS - TUBERIAS  
CALIBRADOS**

# TABLA DE PESOS UAHE 2000

## INDICE

<b>PRESENTACION</b>	1
<b>PERFILES ESTRUCTURALES:</b>	2
UPN	3
IPN	4
IPE	5
HEA	6
HEB	7
HEM	8
<b>REDONDOS CORRUGADOS:</b>	9
B400S, B500S	9
<b>PERFILES COMERCIALES:</b>	10
REDONDOS	11
CUADRADOS Y FORMAS EN U	12
ANGULARES	13
SIMPLES T	14
PLETINAS Y LLANTAS	15
<b>TUBOS:</b>	17
REDONDOS	18
CUADRADOS	21
RECTANGULARES	24
OVALES	28
CONDUCCION-ROSCA	28
CURVAS Y CODOS	30
<b>CHAPAS:</b>	32
LAMINADAS EN FRIO, CALIENTE, DECAPADAS, GALVANIZADAS ESTRIADA, LAGRIMADA, ESTAMPADA, PEGASO, MINIONDA, TRAPEZOIDAL	33
CHAPA PERFORADA	34
<b>OTROS PRODUCTOS:</b>	34
PERFILES DE CARPINTERIA Y PASAMANOS	35
PERFILES ABIERTOS ANGULOS Y UES	37
TRAMEX Y MALLAZOS	38
MALLAS ELECTROSOLDADAS	39

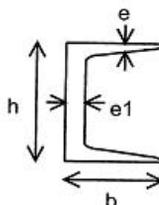
# REDONDO MACIZO

Medidas			Medidas	
	KG/M			
6	0,23		75	36,07
8	0,41		80	41,04
10	0,64		85	46,23
12	0,92		90	51,95
14	1,26		95	57,87
16	1,64		100	64,17
18	2,08		105	70,69
20	2,57		110	77,58
22	3,10		115	84,80
25	4,00		120	92,33
28	5,34		125	100,18
30	5,77		130	108,37
32	6,56		135	116,85
35	7,92		140	125,67
38	9,26		145	134,87
40	10,26		150	144,27
42	11,32		155	154,02
45	13,28		160	164,11
48	14,78		165	174,62
50	16,03		170	185,33
52	17,34		175	196,35
58	21,57		180	207,79
60	23,09		185	219,44
62	24,65		190	231,50
65	27,09		195	243,78
70	31,42		200	256,46

## CUADRADO MACIZO

Medidas		Medidas	
	KG/M		
8	0,53	55	24,46
10	0,82	60	29,11
12	1,18	65	34,15
14	1,60	70	39,62
16	2,07	75	45,48
18	2,62	80	51,75
20	3,23	85	58,42
22	3,91	90	65,50
25	5,06	95	72,98
30	7,27	100	80,86
35	9,91	105	89,15
40	12,98	110	97,84
45	16,38	115	106,93
50	20,19	120	116,43

## FORMAS EN U



Medidas Ues		Sección en mm. h	Sección en mm. b	Sección en mm. e	Sección en mm. e1
	KG/M				
40x20	3,03	40	20	4,0	5,0
50x25	4,10	50	25	4,5	6,0
60x30	5,39	60	30	5,0	6,0

# PLETINAS - LLANTAS

Medidas	10	12	14	16	18
Espesores	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M
3	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
4	0,33	0,40	0,46	0,53	0,59
5	0,41		0,58	0,66	0,74
6	0,49		0,69	0,79	0,86
Medidas	20	25	30	35	40
Espesores	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M
3	0,49	0,62	0,74	0,87	0,99
4	0,66	0,82	0,99	1,16	1,32
5	0,82	1,03	1,24	1,44	1,65
6	0,99	1,24	1,48	1,73	1,97
7	1,14	1,42	1,72	2,00	2,29
8	1,31	1,63	1,96	2,29	2,61
10	1,63	2,04	2,45	2,86	3,27
12		2,45	2,94	3,43	3,92
14			3,46	4,00	4,58
15			3,71	4,28	4,90
16				4,53	5,17
18				5,10	5,82
20				5,67	6,47
25					8,09
30					9,70
Medidas	45	50	60	70	80
Espesores	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M
3	1,11				
4	1,48	1,65	1,97		
5	1,86	2,06	2,48	2,89	3,30
6	2,23	2,48	2,97	3,47	3,96
7	2,57	2,86	3,43	4,00	4,58
8	2,94	3,27	3,92	4,58	5,22
10	3,67	4,09	4,90	5,72	6,53
12	4,41	4,90	5,88	6,85	7,84
14	5,15	5,62	6,85	8,00	9,14
15	5,51	6,13	7,35	8,57	9,80
16	5,82	6,47	7,77	9,05	10,30
18	6,55	7,27	8,73	10,19	11,64
20	7,28	8,09	9,70	11,33	12,98
25	9,09	10,10	12,15	14,11	16,17
30	10,92	12,15	14,52	17,00	19,36
40		16,17	19,36	22,66	25,85
50					32,34

# PLETINAS - LLANTAS

Medidas	90	100	110	120	130
Espesores	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M
5	3,71	4,13			
6	4,45	4,95	5,44	5,93	6,43
8	5,88	6,48	7,19	7,84	8,49
10	7,35	8,16	8,95	9,80	10,61
12	8,82	9,80	10,82	11,75	12,69
14	10,29	11,44	12,58	13,73	14,87
15	11,02	12,27	13,52	14,66	15,91
16	11,64	12,98	14,21	15,55	16,79
18	13,10	14,52	15,97	17,51	
20	14,52	16,17	17,82	19,36	21,01
25	18,23	20,19	22,25	24,31	26,27
30	21,84	24,31	26,68	29,15	31,52
40	29,15	32,34	35,54	38,81	42,04
50	36,38			48,51	52,54
Medidas	140	150	160	180	200
Espesores	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M
6	6,92	7,41			
8	9,14	9,80	10,40	11,75	13,06
10	11,44	12,27	13,10	14,66	16,33
12	13,73	14,66	15,70	17,68	19,59
14	16,02	17,16	18,30	20,59	22,86
15	17,16	18,41	19,03	22,05	24,49
16	18,13	19,36	20,70	23,28	25,87
18					29,11
20	22,66	24,31	25,85	29,15	32,34
25	28,33	30,28	32,34	36,36	40,43
30	33,99	36,36	38,81	43,66	48,51
40	45,28	48,51	51,75	58,22	64,68
50	56,60	60,64	64,68	72,77	
Medidas	250	300	350	400	
Espesores	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M	
10	19,83	24,26			
12	24,26	29,11	34,18	39,06	
15	30,32	36,38	42,72	48,82	
20	40,43	48,51	56,96	65,10	
25	50,53	60,64	71,20	81,37	
30	60,64	72,77	85,44	97,64	
40	80,86	97,03	113,92	130,19	

# TUBOS

**TUBOS SOLDADOS: NORMAS DE REFERENCIA  
UNE-19-011-86; UNE 36-595-97; UNE-EN-10219-97**



Hierros Landaben  
Polig. Ind. Landaben, Travesía Calle A - Tfno. 948 28 15 00 - Fax 948 28 15 15

# TUBOS SOLDADOS - REDONDOS

(Laminados en frío, caliente, decapados, galvanizados)

Espesores	1	1,5	2	Espesores	1	1,5	2
Medidas	KG/M	KG/M	KG/M	Medidas	KG/M	KG/M	KG/M
8	0,18			45	1,13	1,67	2,20
10	0,23			48	1,21	1,79	2,36
12	0,28	0,40		50	1,26	1,86	2,46
13	0,31	0,44		55	1,38	2,06	2,71
14	0,33	0,48	0,62	57		2,14	2,82
15	0,36	0,52		60	1,52	2,25	2,97
16	0,38	0,56	0,72	63		2,37	3,13
18	0,44	0,63	0,82	65	1,66	2,44	3,23
19	0,46	0,67	0,87	70	1,77	2,63	3,48
20	0,48	0,71	0,92	73		2,75	3,64
22	0,54	0,79	1,03	75		2,83	3,75
25	0,62	0,90	1,18	76	1,99	2,87	3,80
26			1,23	80		3,02	4,00
28	0,69	1,02	1,33	83		3,14	4,15
30	0,74	1,09	1,44	89		3,36	4,46
32	0,80	1,18	1,54	90		3,40	4,51
35	0,87	1,29	1,70	95		3,61	4,76
38	0,95	1,40	1,85	100		3,82	5,02
40	1,00	1,48	1,94	108			5,43
42	1,05	1,56	2,05	113			5,69
43	1,08	1,60	2,10	115			5,79
				120			6,05

# TUBOS SOLDADOS - REDONDOS

(Laminados en frío, caliente, decapados, galvanizados)

Espesores	3	4	5	6	7
Medidas	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M
33,7	2,36				
40	2,85				
42,4	3,03				
45	3,23				
48,3	3,48	4,54			
50	3,62	4,72			
55	4,00	5,23			
57	4,16	5,44			
60,3	4,41	5,77			
63	4,62	6,05			
70	5,16	6,77			
76,1	5,63	7,39	9,12	10,83	
80	5,93	7,80	9,62	11,34	
83		8,10			
88,9		8,72	10,71	12,79	
90	6,70	8,82			
95	7,08	9,34			
100	7,47	9,85	12,17	14,47	
101,6		10,02	12,38	14,66	
108		10,71			
110	8,24	10,92			
113	8,47	11,23	13,83	16,43	
114,3	8,56	11,34	14,04	16,64	
120	9,01	11,86		16,75	
125		12,38	15,39	18,30	21,22
127		12,58			
133		13,21			
139,7		13,94	17,26	20,59	23,82
152		15,18			
159		15,91	19,76	23,61	27,35

# TUBOS SOLDADOS - REDONDOS

(Laminados en frío, caliente, decapados, galvanizados)

Espesores	3	4	5	6	7
Medidas	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M
164		16,43			
168,3		16,85	20,90	24,96	29,02
177,8		17,78	22,15	26,42	
193,7		19,45	24,23	28,91	
200		20,07	25,38	29,85	34,63
219,1		22,05	27,46	32,76	
244,5		24,65	30,68	36,71	
273		27,56	34,32	41,08	
323,9			40,87	48,88	
Espesores	8	10	12	12,5	
Medidas	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M	
100	18,93				
101,6	19,24				
114,3	21,84				
125	24,02	29,54			
139,7	27,04	33,28			
159	30,99				
168,3	32,97	40,56	48,15	49,92	
177,8	34,84				
193,7	38,06	47,11	55,95	58,14	
200	39,42				
219,1	43,26	53,66	63,75	66,25	
244,5	48,57	60,11	71,55	74,36	
273	54,39	67,50	80,29	83,51	
323,9	64,79	80,50	95,99	99,84	

# TUBOS SOLDADOS - CUADRADOS

(Laminados en frío, caliente, decapados, galvanizados)

Espesores	1	1,5	2
Medidas	KG/M	KG/M	KG/M
10	0,32	0,47	
12	0,38	0,56	
14	0,44	0,63	
16	0,49	0,71	
18	0,54	0,80	1,04
20	0,62	0,90	1,16
22	0,68	1,00	1,30
25	0,78	1,14	1,50
28	0,87	1,29	1,69
30	0,95	1,39	1,82
32	1,03	1,52	2,00
35	1,10	1,63	2,15
38	1,21		
40	1,26	1,88	2,48
45		2,13	2,80
50		2,37	3,13
55			
60		2,87	3,79
70		3,37	4,43
75			4,76
80		3,85	5,10
90			5,75
100			6,31

# TUBOS SOLDADOS - CUADRADOS

(Laminados en frío, caliente, decapados, galvanizados)

Espesores Medidas	3 KG/M	4 KG/M	5 KG/M	6 KG/M
35	2,94			
38	3,24			
40	3,43	4,37		
45	3,92			
50	4,42	5,67	6,82	7,86
60	5,40	6,98	8,46	9,83
70	6,38	8,29	10,09	11,75
80	7,35	9,59	11,75	13,73
90	8,33	10,92	13,31	15,70
100	9,32	12,17	14,98	17,68
110	10,30	13,52	16,64	19,66
120	11,23	14,77	18,20	21,53
125	11,75	15,50	19,03	22,57
130	12,27	16,12	19,86	23,50
140	13,31	17,47	21,53	25,48
150	14,25	18,72	23,19	27,46
160	15,18	20,07	24,75	29,43
175	16,64	22,05	27,25	32,34
180	17,16	22,67	28,08	33,38
200		25,27	31,30	37,23
220				41,18
250				47,01

# TUBOS SOLDADOS - CUADRADOS

(Laminados en frío, caliente, decapados, galvanizados)

Espesores	8	10	12	12,5
Medidas	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M
80	17,06			
90	19,66			
100	22,26	26,73		
110	24,86	29,85		
120	27,46	33,28	37,44	38,48
125	28,81	34,84	39,42	40,56
130	30,06	36,40	41,19	42,54
140	32,66	39,73	45,24	46,80
150	35,26	43,16	49,40	50,96
160	37,96	46,28	53,04	54,81
175	41,81	51,48	59,28	61,05
180	43,16	52,73	60,84	62,92
200	48,36	59,28	68,64	71,03
220	53,56	65,73	76,44	79,25
250	61,46	75,61	88,19	91,52
260	64,06	78,83	92,14	95,58

# TUBOS SOLDADOS - RECTANGULARES

(Laminados en frío, caliente, decapados, galvanizados)

Espesores	1	1,5	2	Espesores	1,5	2
Medidas	KG/M	KG/M	KG/M	Medidas	KG/M	KG/M
16x10	0,38	0,56		50x35	2,00	2,64
20x10	0,46	0,66		50x40	2,13	2,80
20x15	0,54	0,78	1,01	60x10	1,63	2,15
25x10	0,54	0,78	1,01	60x15	1,76	2,31
25x15	0,62	0,90	1,16	60x20	1,88	2,48
25x20	0,70	1,02	1,33	60x25	2,00	2,64
30x10	0,62	0,90	1,16	60x30	2,13	2,80
30x15	0,70	1,02	1,33	60x40	2,37	3,13
30x20	0,78	1,14	1,50	60x50	2,64	3,45
30x25	0,87	1,27	1,65	70x20	2,13	2,80
35x10	0,70	1,02	1,33	70x25	2,29	2,86
35x15	0,78	1,14	1,50	70x30	2,37	3,13
35x20	0,87	1,27	1,65	70x40	2,64	3,45
35x25	0,95	1,39	1,82	70x50	2,87	3,79
40x10	0,78	1,14	1,50	80x20	2,37	3,13
40x15	0,87	1,27	1,65	80x30	2,64	3,45
40x20	0,95	1,39	1,82	80x40	2,87	3,79
40x25	1,03	1,52	1,99	80x50	3,14	4,11
40x30	1,10	1,63	2,15	80x60	3,37	4,43
40x35		1,76	2,31	90x20	2,64	3,53
45x10		1,27	1,65	90x30	2,87	3,79
45x15	0,95	1,39	1,82	90x40	3,14	4,11
45x20		1,52	1,99	90x50	3,37	4,43
45x25		1,63	2,15	100x20	2,94	3,92
45x30		1,76	2,31	100x30	3,14	4,11
45x35		1,88	2,48	100x40	3,37	4,43
50x10	0,95	1,39	1,82	100x50	3,59	4,76
50x15	1,03	1,52	1,99	100x60		5,09
50x20		1,63	2,15	100x80		5,74
50x25		1,76	2,31	120x40		5,09
50x30		1,88	2,48	120x60		5,74

# TUBOS SOLDADOS - RECTANGULARES

(Laminados en frío, caliente, decapados, galvanizados)

Esposores	3	4	5	6
Medidas	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M
40x25	2,70			
40x27	2,80			
40x30	2,94			
45x25	2,94			
45x30	3,19			
45x35	3,43	4,37		
50x20	2,94			
50x25	3,19			
50x30	3,43	4,37		
50x35	3,68			
50x40	3,92	5,02		
60x20	3,43			
60x30	3,92			
60x40	4,42	5,67	6,82	7,86
70x30	4,42	5,67	6,82	7,10
70x40	4,91	6,32	7,63	8,84
70x50	5,40	6,98	8,46	9,83
80x30	4,91	6,32		
80x40	5,40	6,98	8,46	
80x45	5,64	7,30		
80x50	5,89	7,63	9,27	10,82
80x60	6,38	8,29	10,09	11,75
90x30	5,40	6,98		
90x40	5,89	7,63	9,27	
90x50	6,38	8,29	10,09	11,75
100x40	6,38	8,29	10,09	11,75
100x50	6,86	8,93	10,92	12,79
100x60	7,35	9,59	11,75	13,73
100x80	8,33	10,92	13,31	15,70

# TUBOS SOLDADOS - RECTANGULARES

(Laminados en frío, caliente, decapados, galvanizados)

Espesores	3	4	5	6
Medidas	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M
110x70	8,33	10,92		
120x40	7,35	9,59	11,75	13,73
120x50	7,84	10,24		
120x60	8,33	10,92	13,31	15,70
120x80	9,32	12,17	14,98	17,68
120x100	10,30	13,52	16,64	
140x60	9,32	12,17	14,98	17,68
140x80	10,30	13,52	16,64	19,66
140x100	11,23	14,82	18,30	21,42
150x100	11,75	15,50	19,03	22,57
160x80	11,23	14,77	18,20	21,53
160x120	13,21	17,47	21,53	25,48
160x140	14,25	18,72	23,19	27,46
180x80	12,27	16,12	19,97	23,50
180x100	13,21	17,47	21,53	25,48
180x120	14,25	18,72	23,19	27,46
180x140	15,18	20,07	24,75	29,43
200x100	14,25	18,72	23,19	27,46
200x120	15,18	20,07	24,75	29,43
200x150	16,64	22,05	27,25	32,34
200x160	17,16	22,67	28,08	33,38
250x100	16,64	22,05	27,25	32,34
250x150		25,27	31,30	37,23
250x200		28,50	35,36	42,12
300x100		25,27	31,30	37,23
300x150		28,50	35,36	42,12
300x200			39,52	47,01
300x220			41,08	48,98

Hierros Landaben

Polig. Ind. Landaben, Travesía Calle A - Tfno. 948 28 15 00 - Fax 948 28 15 15

# TUBOS SOLDADOS - RECTANGULARES

(Laminados en frío, caliente, decapados, galvanizados)

Espesores	7	8	10	12	12,5
Medidas	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M	KG/M
100x60		17,16			
100x80		19,76			
110x70					
120x40		17,16			
120x50					
120x60		19,76			
120x80	21,11	22,36	26,73		
120x100	22,88				
140x60	21,11	22,36			
140x80	22,88	24,96	29,85		
140x100	25,58	27,56			
150x100	26,52	30,16	34,84		40,56
160x80	25,58	27,56	33,28	37,44	38,48
160x120	30,16	34,01			
160x140		36,40			
180x80		30,06	36,40	41,18	42,54
180x100	30,16	34,01	39,73	45,24	46,80
180x120	32,45	36,40	43,16	49,40	50,96
180x140	34,63	39,31			
200x100	32,45	36,40	43,16	49,40	50,96
200x120	34,63	39,31	46,28	53,04	54,81
200x150	38,06	43,06	51,48	59,28	61,05
200x160		43,16	52,73	60,84	62,92
250x100	38,06	43,06	51,48	59,28	61,05
250x150		48,36	59,28	68,64	71,03
250x200		54,91	67,39	78,42	81,22
300x100		48,36	59,28	68,64	71,03
300x150		54,91	67,39	78,42	81,22
300x200		61,46	75,61	88,19	91,52
300x220		64,06	78,83	92,14	95,58

# CHAPAS

**CHAPAS: NORMAS DE REFERENCIA  
UNE-EN-10025; EN-10029; UNE 36 080;  
EN 10051; EN 10131; EN 10143.**

**EXPEDIENTE T.D.C.: A 267/99**



Hierros Landaben  
Polig. Ind. Landaben, Travesía Calle A - Tfno. 948 28 15 00 - Fax 948 28 15 15

# CHAPAS LISAS

LAMINADAS EN FRIO CALIENTE, DECAPADAS, GALVANIZADAS

LAMINADAS EN FRIO (CHAPA BLANCA)

LAMINADAS EN CALIENTE (CHAPA NEGRA), DECAPADAS Y GALVANIZADAS

Espesores	KG/M <sup>2</sup>	Espesores	KG/M <sup>2</sup>	Espesores	KG/M <sup>2</sup>
0,4	3,30	2,5	20,61	5,0	41,21
0,5	4,12	3,0	24,73	6,0	49,46
0,6	4,95	4,0	32,97	7,0	57,70
0,7	5,77			8,0	65,94
0,8	6,59			10,0	82,43
0,9	7,42			12,0	98,91
1,0	8,24				
1,2	9,89				
1,5	12,36				
2,0	16,49				

## Otras chapas

### Estampada

Espesores	KG/M <sup>2</sup>
1,0	8,24
1,5	12,36
2,0	16,49
2,5	20,61
3,0	24,73

### Estriada, lagrimada

Espesores	KG/M <sup>2</sup>
3/5	30,56
4/6	38,75
5/7	50,09
6/8	57,54
7/9	65,73
8/10	74,24
9/11	81,59
10/12	88,20
12/14	104,69
14/16	121,17
15/17	137,66

## Otras chapas

### Pegaso

Espesores	KG/M.L.
P-500 0,8	3,96
P-500 1	4,96
P-1000 0,8	7,48
P-1000 1	9,35
P 5850	8,66

### Minionda

Espesores	KG/M <sup>2</sup>
0,5	4,92
0,6	5,91
0,7	6,90
0,8	7,89
1,0	9,86
1,2	11,83

### Trapezoidal 1045

Espesores	KG/M.L.
0,5	5,15
0,6	6,17
0,7	7,20
0,8	8,24

Hierros Landaben

Polig. Ind. Landaben, Travesía Calle A - Tfno. 948 28 15 00 - Fax 948 28 15 15



**HIERROS Y SUMINISTROS  
LANDABEN, S.L.**

Polig. Ind. Landaben, Travesía Calle A  
31012 PAMPLONA (Navarra)  
Tfno. 948 28 15 00  
Fax 948 28 15 15  
Móvil: 615 25 30 00  
E-mail: [hlandaben@hlandaben.com](mailto:hlandaben@hlandaben.com)



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

# Diseño de estructura articulada para radiotelescopio



Grado en Ingeniería Mecánica

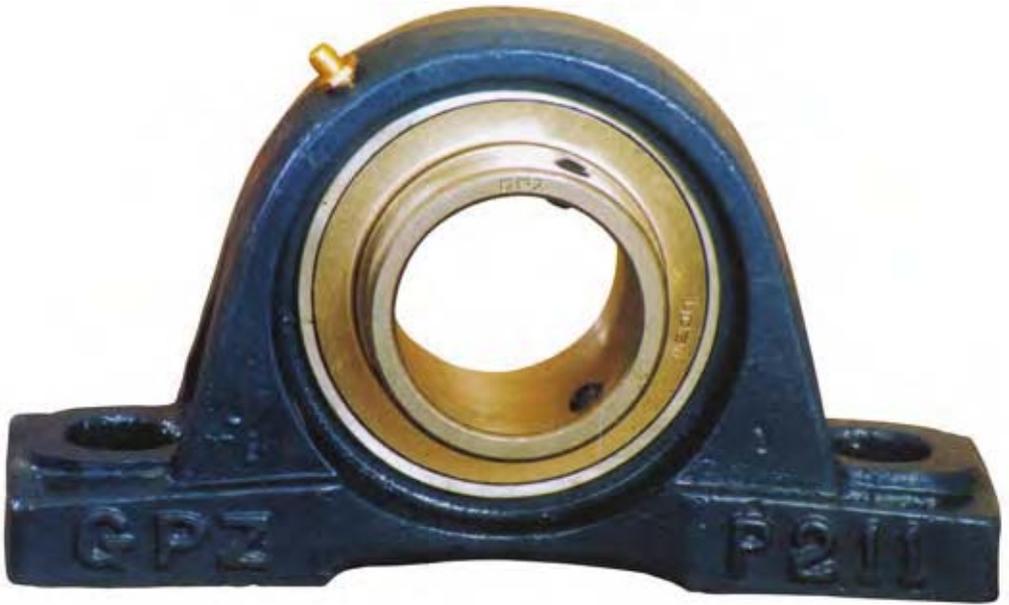
## ANEXO III. SOPORTES CON RODAMIENTO

Ángela Grandíval García

Pedro María Diéguez Elizondo

Pamplona, junio de 2016

# RODAMIENTO CON SOPORTE



PILLOW BLOCK CHUMACEIRAS PALIERS



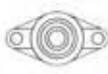
UCP



UCPA



UCF



UCFL



UCFC



UCT



SAPP  
SBPP



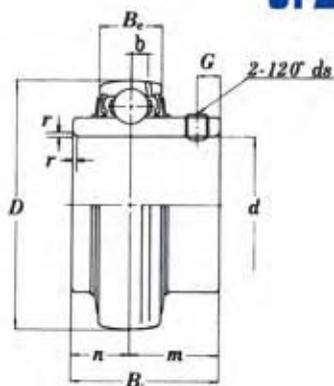
SAPFL  
SBPFL



SAPP  
SBPF

# RODAMIENTOS BEARINGS

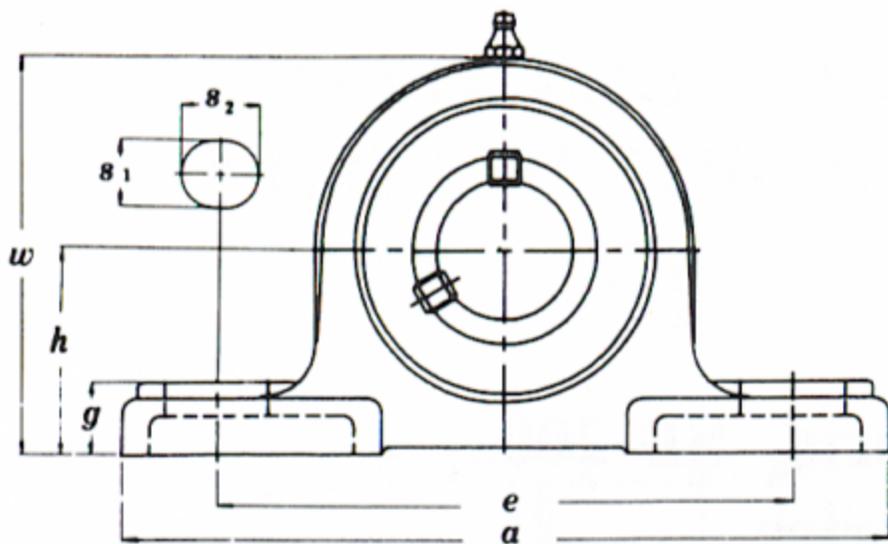
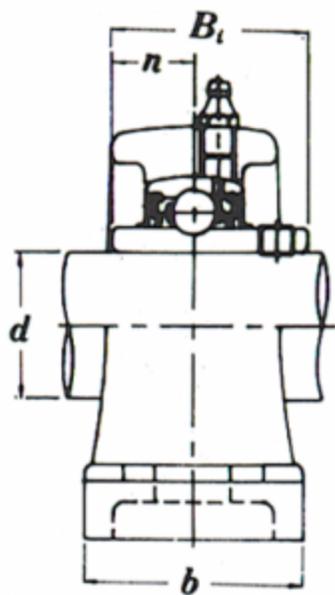
## Serie UC-200 Series



RODAMIENTO BEARING Nº	DIMENSIONES-DIMENSIONS (mm. ó in.)							CAPACIDAD DE CARGA LOAD RATING		PESO WEIGHT Kg
	d	D	Bi	Be	n	m	G	DINAMICA DYNAMIC Kgs	ESTATICA STATIC Kgs	
UC-201	12	47	31	16	12.7	18.3	5	1.280	650	0.21
UC-201-8	1/2 "	47	31	16	12.7	18.3	5	1.280	650	0.21
UC-202	15	47	31	16	12.7	18.3	5	1.280	650	0.19
UC-202-10	5/8 "	47	31	16	12.7	18.3	5	1.280	650	0.19
UC-203	17	47	31	16	12.7	18.3	5	1.280	650	0.18
UC-204-12	3/4 "	47	31	16	12.7	18.3	5	1.280	650	0.16
UC-204	20	47	31	16	12.7	18.3	5	1.280	650	0.16
UC-205	25	52	34	17	14.3	19.7	5.5	1.400	730	0.20
UC-205-16	1 "	52	34	17	14.3	19.7	5.5	1.400	730	0.20
UC-206-18	1-1/8 "	62	38.1	19	15.9	22.2	6	1.950	1.050	0.34
UC-206	30	62	38.1	19	15.9	22.2	6	1.950	1.050	0.32
UC-207-20	1-1/4 "	72	42.9	20	17.5	25.4	6.5	2.570	1.430	0.54
UC-207	35	72	42.9	20	17.5	25.4	6.5	2.570	1.430	0.48
UC-208-24	1-1/2 "	80	49.2	21	19	30.2	8	2.910	1.650	0.68
UC-208	40	80	49.2	21	19	30.2	8	2.910	1.650	0.64
UC-209-28	1-3/4 "	85	49.2	22	19	30.2	8	3.200	1.850	0.70
UC-209	45	85	49.2	22	9	30.2	8	3.200	1.850	0.68
UC-210	50	90	51.6	23	19	32.6	9	3.510	2.100	0.80
UC-211-32	2 "	100	55.6	25	22.2	33.4	9	4.330	2.660	1.26
UC-211	55	100	55.6	25	22.2	33.4	9	4.330	2.660	1.11
UC-212-36	2-1/4 "	110	65.1	27	25.4	39.7	10.5	5.240	3.300	1.67
UC-212	60	110	65.1	27	25.4	39.7	10.5	5.240	3.300	1.54
UC-213-40	2-1/2 "	120	65.1	29	25.4	39.7	12	5.720	3.650	1.94
UC-213	65	120	65.1	29	25.4	39.7	12	5.720	3.650	1.85
UC-214	70	125	74.6	29	30.2	44.4	12	6.220	4.000	2.05
UC-215	75	130	77.8	30	33.3	44.5	12	6.740	4.400	2.21
UC-215-48	3 "	130	77.8	30	33.3	44.5	12	6.740	4.400	2.12
UC-216	80	140	82.6	32	33.3	49.3	14	7.260	4.750	2.79
UC-217	85	150	85.7	34	34.1	51.6	14	8.390	5.600	3.45
UC-218	90	160	96	36	39.7	56.3	15	9.600	6.450	4.35

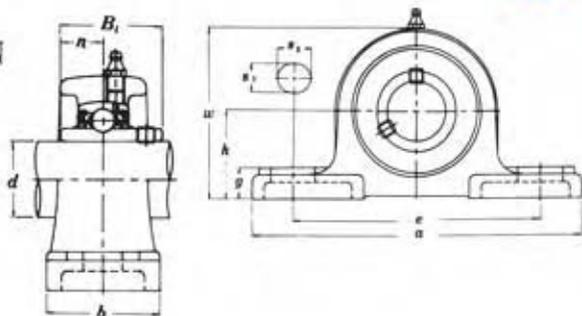


**GPZ<sup>®</sup>**



# RODAMIENTO CON SOPORTE DE FUNDICIÓN PILLOW BLOCKS

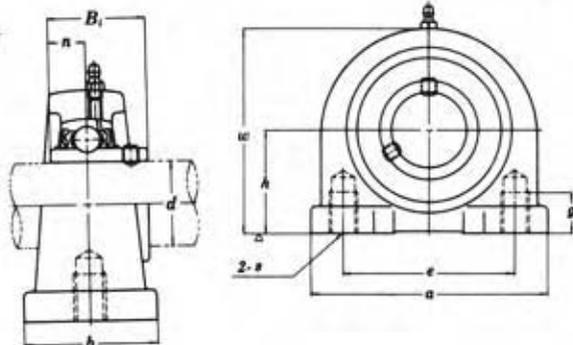
Serie UCP-200  
Series



RODAMIENTO BEARING N°	DIMENSIONES-DIMENSIONS (mm. ó in.)												PESO WEIGHT Kg
	d	h	a	e	b	S2	S1	g	w	t	Bi	n	
UCP-201	12	30.2	127	95	38	19	13	12	60	44	31	12.7	0.61
UCP-201-8	1/2 "	30.2	127	95	38	19	13	12	60	44	31	12.7	0.61
UCP-202	15	30.2	127	95	38	19	13	12	60	44	31	12.7	0.61
UCP-202-10	5/8 "	30.2	127	95	38	19	13	12	60	44	31	12.7	0.61
UCP-203	17	30.2	127	95	38	19	13	12	60	44	31	12.7	0.61
UCP-204-12	3/4 "	33.3	127	95	38	19	13	13	64	44	31	12.7	0.66
UCP-204	20	33.3	127	95	38	19	13	13	64	44	31	12.7	0.66
UCP-205	25	36.5	140	105	38	19	13	13	71	48	34	14.3	0.8
UCP-205-16	1 "	36.5	140	105	38	19	13	13	71	48	34	14.3	0.8
UCP-206-18	1-1/8 "	42.9	165	121	48	21	17	15	84	52	38.1	15.9	1.3
UCP-206	30	42.9	165	121	48	21	17	15	84	52	38.1	15.9	1.3
UCP-207-20	1-1/4 "	47.6	167	127	48	21	17	16	93	59	42.9	17.5	1.6
UCP-207	35	47.6	167	127	48	21	17	16	93	59	42.9	17.5	1.6
UCP-208-24	1-1/2 "	49.2	184	137	54	21	17	17	98	68	49.2	19	2.0
UCP-208	40	49.2	184	137	54	21	17	17	98	68	49.2	19	2.0
UCP-209-28	1-3/4 "	54.0	190	146	54	21	17	17	106	68	49.2	19	2.2
UCP-209	45	54.0	190	146	54	21	17	17	106	68	49.2	19	2.2
UCP-210	50	57.2	206	159	60	22	20	19	113	73	51.6	19	2.9
UCP-211-32	2 "	63.5	219	171	60	22	20	19	125	75	55.6	22.2	3.6
UCP-211	55	63.5	219	171	60	22	20	19	125	75	55.6	22.2	3.6
UCP-212-36	2-1/4 "	69.8	241	184	70	25	20	22	138	88	65.1	25.4	4.9
UCP-212	60	69.8	241	184	70	25	20	22	138	88	65.1	25.4	4.9
UCP-213-40	2-1/2 "	76.2	265	203	70	30	25	25	150	88	65.1	25.4	5.9
UCP-213	65	76.2	265	203	70	30	25	25	150	88	65.1	25.4	5.9
UCP-214-44	2-3/4 "	79.4	266	210	72	30	25	28	156	98	74.6	30.2	6.8
UCP-214	70	79.4	266	210	72	30	25	28	156	98	74.6	30.2	6.8
UCP-215	75	82.6	275	217	74	30	25	28	162	98	77.8	33.3	7.4
UCP-215-48	3 "	82.6	275	217	74	30	25	28	162	98	77.8	33.3	7.4
UCP-216	80	88.9	292	232	78	35	25	32	174	108	82.6	33.3	9
UCP-217	85	95.2	310	247	83	40	25	32	185	112	85.7	34.1	10.8
UCP-218	90	101.6	327	262	88	45	27	34	198	112	96	39.7	13.9

# RODAMIENTO CON SOPORTE DE FUNDICIÓN PILLOW BLOCKS

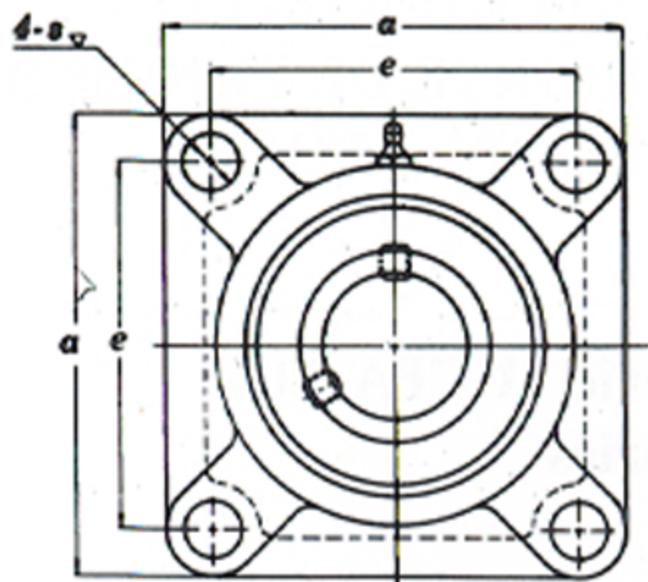
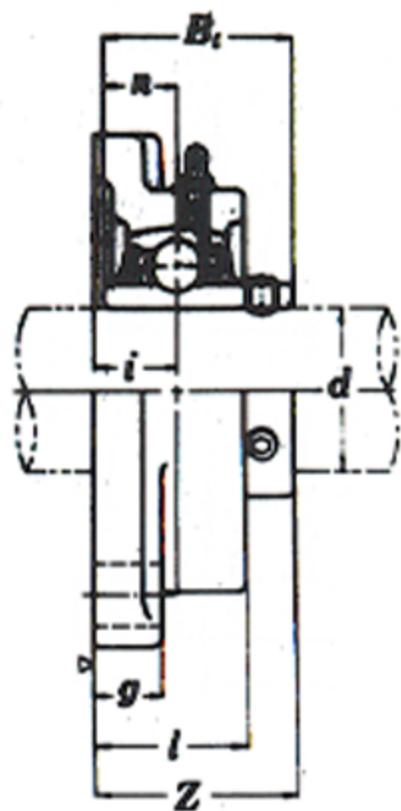
Serie UCPA 200  
Series



RODAMIENTO BEARING Nº	DIMENSIONES-DIMENSIONS (mm. ó in.)										PESO WEIGHT Kg
	d	h	a	e	b	s (mm)	w	g	Bi	n	
UCPA-201	12	30.2	76	52	40	10	62	13	31	12.7	0.64
UCPA-201-8	1/2 "	30.2	76	52	40	10	62	13	31	12.7	0.64
UCPA-202	15	30.2	76	52	40	10	62	13	31	12.7	0.64
UCPA-202-10	5/8 "	30.2	76	52	40	10	62	13	31	12.7	0.64
UCPA-203	17	30.2	76	52	40	10	62	13	31	12.7	0.64
UCPA-204-12	3/4 "	30.2	76	52	40	10	62	13	31	12.7	0.64
UCPA-204	20	30.2	76	52	40	10	62	13	31	12.7	0.64
UCPA-205	25	36.5	84	56	45	10	72	13	34	14.3	0.83
UCPA-205-16	1 "	36.5	84	56	45	10	72	13	34	14.3	0.83
UCPA-206-18	1-1/8 "	42.9	94	66	50	14	84	18	38.1	15.9	1.2
UCPA-206	30	42.9	94	66	50	14	84	18	38.1	15.9	1.2
UCPA-207-20	1-1/4 "	47.6	110	80	55	14	95	20	42.9	17.5	1.7
UCPA-207	35	47.6	110	80	55	14	95	20	42.9	17.5	1.7
UCPA-208	40	49.2	116	84	58	14	100	20	49.2	19	2.0
UCPA-209	45	54.2	120	90	60	14	108	25	49.2	19	2.2
UCPA-210	50	57.2	130	94	64	16	116	25	51.6	19	2.8

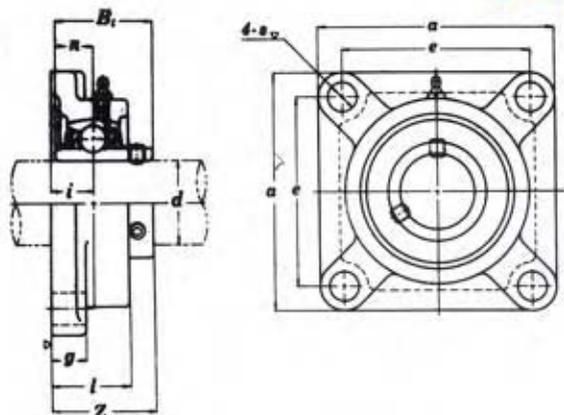


**GPZ<sup>®</sup>**



# RODAMIENTO CON SOPORTE DE FUNDICIÓN PILLOW BLOCKS

Serie UCF-200  
Series



RODAMIENTO BEARING N°	DIMENSIONES-DIMENSIONS (mm. ó in.)											PESO WEIGHT Kg
	d	a	e	i	g	l	s	z	t	Bi	n	
UCF-201	12	86	64	15	11	25.4	12	33.3	37	31	12.7	0.62
UCF-201-8	1/2 "	86	64	15	11	25.4	12	33.3	37	31	12.7	0.62
UCF-202	15	86	64	15	11	25.4	12	33.3	37	31	12.7	0.62
UCF-202-10	5/8 "	86	64	15	11	25.4	12	33.3	37	31	12.7	0.62
UCF-203	17	86	64	15	11	25.4	12	33.3	37	31	12.7	0.62
UCF-204-12	3/4 "	86	64	15	11	25.4	12	33.3	37	31	12.7	0.62
UCF-204	20	86	64	15	11	25.4	12	33.3	37	31	12.7	0.62
UCF-205	25	95	70	16	13	27	12	35.7	40	34	14.3	0.83
UCF-205-16	1 "	95	70	16	13	27	12	35.7	40	34	14.3	0.83
UCF-206-18	1-1/8 "	108	83	18	13	31	12	40.2	44	38.1	15.9	1.1
UCF-206	30	108	83	18	13	31	12	40.2	44	38.1	15.9	1.1
UCF-207-20	1-1/4 "	117	92	19	15	34	14	44.4	49	42.9	17.5	1.5
UCF-207	35	117	92	19	15	34	14	44.4	49	42.9	17.5	1.5
UCF-208-24	1-1/2 "	130	102	21	15	36	16	51.2	55	49.2	19	1.9
UCF-208	40	130	102	21	15	36	16	51.2	55	49.2	19	1.9
UCF-209-28	1-3/4 "	137	105	22	16	38	16	52.2	56	49.2	19	2.2
UCF-209	45	137	105	22	16	38	16	52.2	56	49.2	19	2.2
UCF-210	50	143	111	22	16	40	16	54.6	59	51.6	22.2	2.5
UCF-211-32	2 "	162	130	25	18	43	19	58.4	63	55.6	25.4	3.4
UCF-211	55	162	130	25	18	43	19	58.4	63	55.6	25.4	3.4
UCF-212-36	2-1/4 "	175	143	29	22	48	19	68.7	73	65.1	25.4	4.2
UCF-212	60	175	143	29	22	48	19	68.7	73	65.1	25.4	4.2
UCF-213-40	2-1/2 "	187	149	30	22	50	19	69.7	74	65.1	30.2	5.2
UCF-213	65	187	149	30	22	50	19	69.7	74	65.1	30.2	5.2
UCF-214	70	193	152	31	22	54	19	75.4	80	74.6	33.3	5.9
UCF-215	75	200	159	34	22	56	19	78.5	83	77.8	33.3	6.4
UCF-215-48	3 "	200	159	34	22	56	19	78.5	83	77.8	33.3	6.4
UCF-216	80	208	165	34	22	58	23	83.3	88	82.6	33.3	7.3
UCF-217	85	220	175	36	24	63	23	87.6	92	85.7	34.1	8.9
UCF-218	90	235	187	40	25	68	23	96.3	101	96	39.7	11.4

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

# Diseño de estructura articulada para radiotelescopio



Grado en Ingeniería Mecánica

## ANEXO IV. ACOPLAMIENTOS PARA EJE

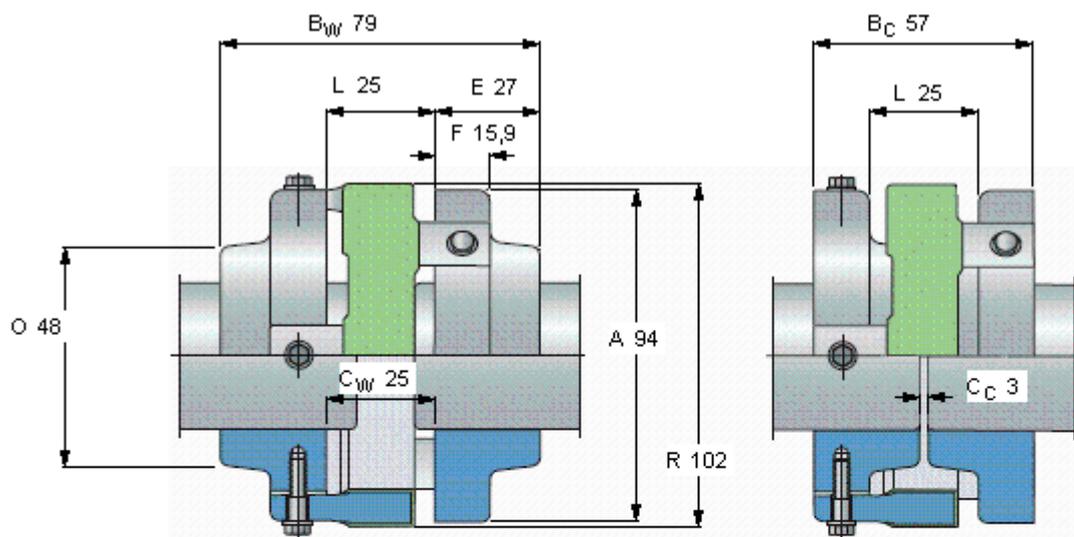
Ángela Grandíval García

Pedro María Diéguez Elizondo

Pamplona, junio de 2016

Diámetro del eje		Par Continuo máx.	máx.	Dimensiones principales				Designación
mín.	máx.			A	B <sub>W</sub>	B <sub>C</sub>	E	
mm		kNm	rpm	mm				-
<b>14</b>	33	0,025	4100	94	79	57	27	ECCN 020 R
<b>14</b>	39	0,047	4100	111	105	70	33	ECCN 030 R
<b>14</b>	50	0,082	4100	137	130	92	44	ECCN 040 R
<b>20</b>	55	0,14	4100	154	156	105	51	ECCN 050 R
<b>28</b>	78	0,22	4100	178	156	105	51	ECCN 060 R
<b>31</b>	81	0,51	3600	203	168	111	54	ECCN 070 R
<b>36</b>	107	0,93	2800	240	213	140	68	ECCN 080 R
<b>43</b>	130	1,6	2000	308	283	181	89	ECCN 090 R
<b>55</b>	147	3	1800	352	308	206	102	ECCN 100 R

Diámetro del eje		Par Continuo máx.	máx.	Dimensiones principales				Designación
mín.	máx.			A	B <sub>W</sub>	B <sub>C</sub>	E	
mm		kNm	rpm	mm				-
<b>14</b>	33	0,025	4100	94	79	57	27	ECCN 020 R



Ambos cubos invertidos

Máx. diámetro del eje válido para chaveteros según la norma SMS 2305/DIN 6885/1

Si se requieren mayores velocidades, consulte con SKF

El sufijo R en la designación indica un agujero de eje pretaladrado. Para agujeros de eje acabados, el sufijo es F debería reemplazarse por el sufijo F y las dimensiones y tolerancias para el agujero y el chavetero



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

# Diseño de estructura articulada para radiotelescopio



Grado en Ingeniería Mecánica

## ANEXO V. BOLAS TRANSPORTADORAS

Ángela Grandíval García

Pedro María Diéguez Elizondo

Pamplona, junio de 2016



# **Euro Bearings Spain**

## **Bolas Transportadoras**



**ALWAYSE**



## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

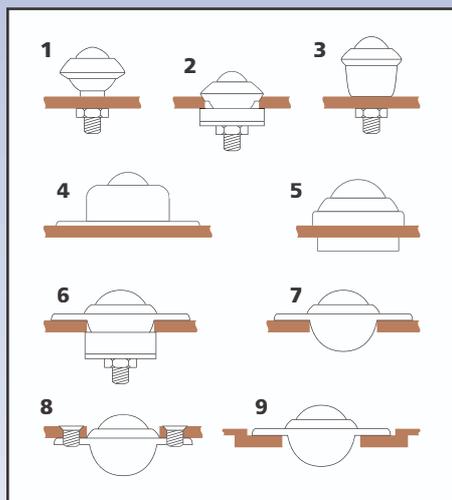


Las bolas transportadoras son multi-direccionales para la manipulación de materiales y están fabricadas en nuestra Fábrica con materiales de la más alta calidad.

Estas bolas constan de una bola de rodadura de gran capacidad de carga asentada sobre pequeñas bolas de cojinete y todo ello encapsulado en una copa semiesférica. El alojamiento puede contener un rascador para limpiar la bola de carga cuando ésta gira. El diseño reduce enormemente la fricción y permite que grandes cargas puedan ser desplazadas con un esfuerzo mínimo.

Nuestras bolas transportadoras generalmente pueden ser utilizadas para trabajar en cualquier dirección. Pero algunos modelos, tal y como verán en las tablas del catálogo, cuando se utilizan "boca abajo" las capacidades de carga vendrán modificadas.

## MÉTODOS DE FIJACIÓN



Aquí se muestran varios métodos de fijación de las bolas transportadoras. Una amplia gama de montaje permite usarlas con materiales diferentes y variados.

Disponemos de clips de fijación para la mayor parte de las referencias - ver páginas 28 y 29.

## MATERIALES

Tipo	Bola de carga	Bolas de cojinete	Alojamiento
13	Acero al Carbono 60-66HRC	Acero al Carbono 60-66HRC	Acero Ferrítico Cincado
14	Nylon 6.6	Acero al Cromo 60-66HRC	Acero Ferrítico Zincado
15	Acero inox. AISI 420 52-58HRC	Acero al Cromo AISI 420 52-58HRC	Acero inox. AISI 304
16	Acero inox. AISI420 52-58HRC	Acero inox. AISI 420 52-58HRC	Acero Ferrítico Zincado

Las bolas transportadoras están disponibles en varios materiales. El material requerido para su necesidad también puede ser ofertado si lo solicita - véase página 3 para los detalles de pedido.

## Lubrificación

Cada unidad se lubrica durante su fabricación y normalmente, no requiere más atención. En algunos casos aconsejaremos la lubricación. Se puede incorporar engrasadores en algunas unidades.

## Limpieza

En condiciones de mucha suciedad debería usarse un fluido apropiado. Para el limpiado se recomiendan detergentes tales como parafina y para desbloquear, se recomienda un agente como WD-400. Por favor, consulte a nuestro equipo técnico.

## Cargas de choque

Cuando se calculan las cargas, se debe considerar la posibilidad de impactos causados por planitud incorrecta. Las bolas transportadoras con muelle reducirán el desgaste y evitarán que las bolas se marquen si, de forma regular, éstas reciben impactos. Las cargas de choque también se pueden reducir montando entre el asiento de la bola y su apoyo, un elemento deformable elásticamente por compresión.

Las bolas transportadoras también pueden convertirse en retráctiles por otros medios tales como cilindros neumáticos o hidráulicos, levas excéntricas o palancas. Éstos sistemas deben estar programados para actuar en una o varias secuencias.

## Auto nivelado

Se puede conseguir montando elementos de caucho entre el asiento de la bola y su apoyo. Ello reduce las cargas excesivas sobre unas pocas unidades. Para más detalles consulte a nuestra Oficina Técnica.

## Rango de temperaturas

Para trabajo en continuo, mínima -30°C y máxima +70°C, aunque pueden soportar hasta 100°C de forma intermitente. Para trabajar en condiciones extremas de temperatura, se deben montar unos rascadores especiales. En ambientes limpios, se puede trabajar sin rascadores o retenes a temperaturas de +150°C - +200°C, utilizando el tipo 15 y con cargas reducidas. Consulten a nuestra Oficina Técnica.

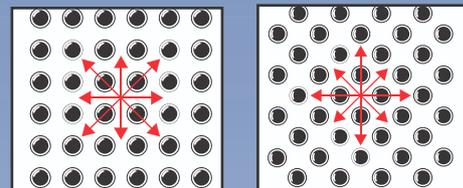
## Velocidad de transporte de las bolas

La velocidad máxima de transportes recomendada es de 1 m/s.

## Rascadores y retenes

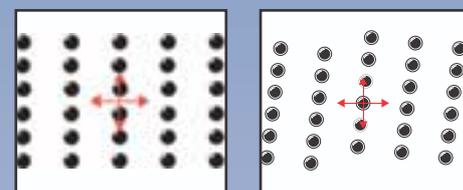
Ellos ayudan a evitar la entrada de suciedad y virutas. Se pueden omitir en la fabricación, bajo demanda.

## MESAS DE BOLAS



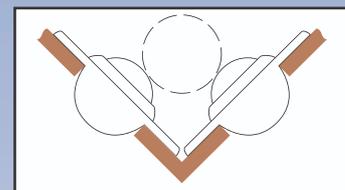
Paso cuadrado

Paso diamante



Paso alargado

Paso alargado Diagonal



Montaje en ángulo

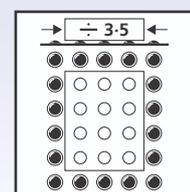
## CÁLCULO DE LA CANTIDAD NECESARIA DE BOLAS

El peso de la unidad a transportar debería ser dividido por 3. El resultado nos dará el valor de la máxima carga que cada una de las bolas debería poder soportar.

En aplicaciones donde la superficie de montaje es de una planitud precisa o bien cuando esta superficie es flexible, se pueden utilizar valores superiores a 3 para este cálculo. La dureza superficial y las condiciones de la unidad a transportar deben ser tomadas en consideración para evitar que la bola transportadora pueda marcar la superficie.

## Distancias

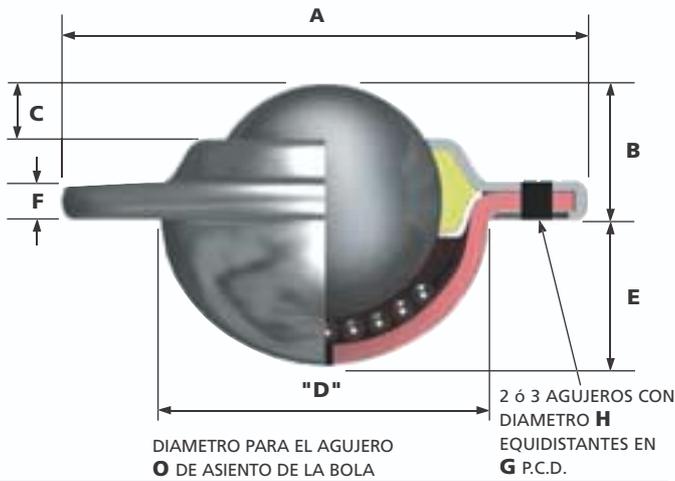
El paso se calcula dividiendo el lateral más estrecho de la unidad a transportar entre 3,5, p.e. si el lado menor es de 350 mm, obtenemos que el paso entre centros de bola debe ser de 100mm. Ello asegura que siempre 3 bolas en el lado más estrecho estarán soportando la carga a la vez.



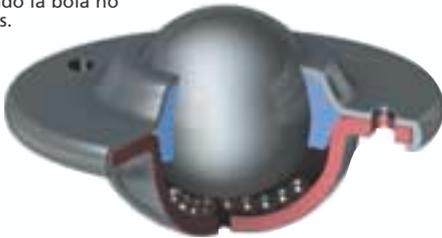
# BOLAS TRANSPORTADORAS CON VALONA DE FIJACIÓN

## 3016 - 4001

Características: Aplicaciones generales. Perfil bajo, agujero de salida para la suciedad. Sin retenes en los modelos 3016 y 3025

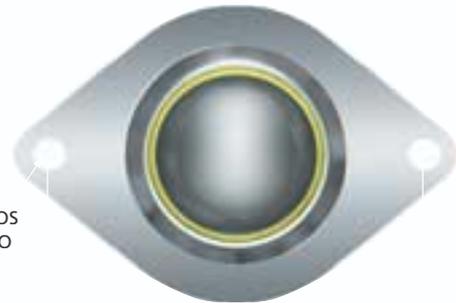


También disponible la opción con anillo interior en acero sólido (SI) cuando la bola no lleve rascadores.



## 1502

Características: Perfil bajo, alta capacidad de carga. Rascador en cuchilla para la bola de carga. Agujero de salida para la suciedad. Requiere 5 mm de radio en el agujero de fijación. Ver "R"



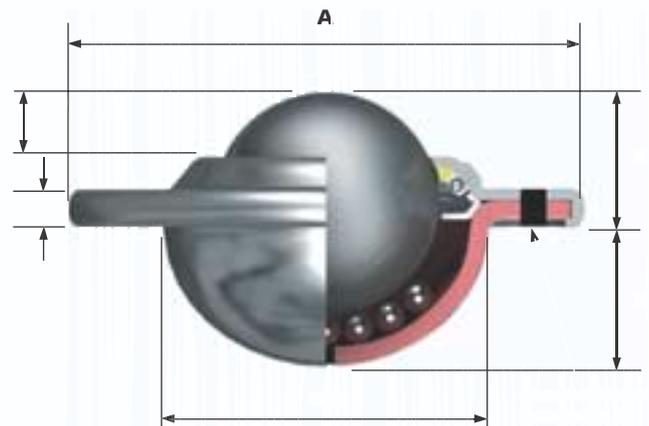
## 1010 / 1030

Características: Presionar la bola en el agujero para su fijación y hacer palanca para su extracción. Estas bolas pueden ser montadas y reemplazadas con gran rapidez. Perfil bajo. Agujero de salida para la suciedad.



## 2002 EXTRA - TUF (Para suciedad)

Características: Construcción resistente, diseñada para condiciones extremas y de suciedad. Agujero para la limpieza con agua, agujero para la salida de suciedad extra grande.



3 AGUJEROS PARA UNA FIJACION RESISTENTE

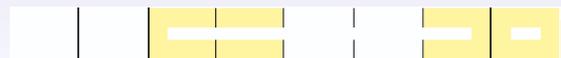
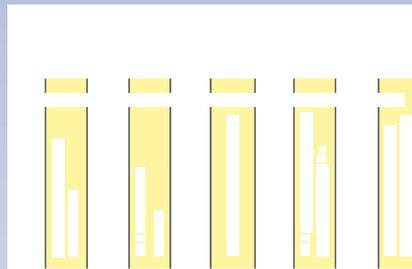
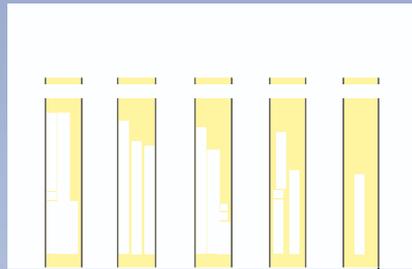


REF No.	AGUJEROS DE FIJACION	TAMAÑO DE LA BOLA (mm)	PESO (g)	DIMENSIONES (mm)							
				Ø		L		Ø		L	

MAXIMA CAPACIDAD DE CARGA (kg)							
Ø				L			

3016	2	15	45	41.3	10.2	4	22.2 ±0.2	8.3	3.2	30 ±0.2	3.5	23
3000	2	19	87	61	10	3.2	29.1 ±0.2	12	3.2	44.5 ±0.2	5.1	29.5
3006	3											
3025	2	25	135	56	14.6	7.3	34.7 ±0.2	14.6	4	45.5 ±0.2	4.5	35
1000	2	25	175	73	14.2	6.3	37.2 ±0.2	15.8	3.5	55.6 ±0.2	5.1	38.1
1008	3											
1022	3	32	265	73.7	16.2	8	45.5 ±0.2	19.9	4.2	58.7 ±0.2	5.1	46
1035	2											
2000	2	40	515	89	21.4	8.7	55.6 ±0.2	24.6	6	70 ±0.2	7	56
2011	3											
4001	3	50	1065	120.7	28.3	14.3	75.3 ±0.2	30.2	6.3	92 ±0.2	8	76

12	6			12		12	6



Para realizar su pedido especifique el N° Ref. y el Tipo, p.e. 3016-13

La tolerancia general salvo indicación es ±0.3mm

# BOLAS TRANSPORTADORAS DESLIZANTES (para sillas, útiles, etc., sobre el suelo), Y CON ADAPTADORES DE FIJACIÓN. ECONOMICAS.

Esta es una gama de bolas transportadoras económicas y sencillas que tienen una mayor exposición de la bola por encima del anillo exterior. Son ideales para cargas ligeras y, en aplicaciones sobre el suelo.

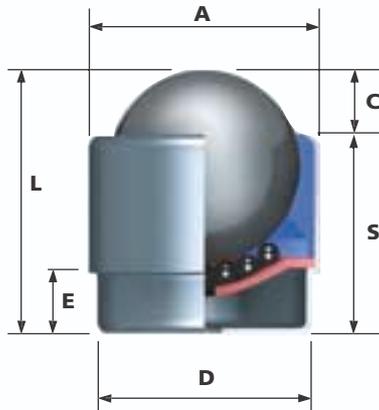
Todas las bolas tienen un retén que elimina de forma simple y efectiva la pelusa mediante un rascador interno de plástico.

La dirección de rotación mueve la bola suavemente contra el retén proporcionando una acción limpiadora altamente efectiva.

Para aplicaciones normales se recomienda el uso de bolas de acero y componentes cincados. Sin embargo, cuando se utilizan como castor (roldanas de transporte) o en ambientes húmedos se recomienda el uso del TIPO 15 de acero inoxidable.

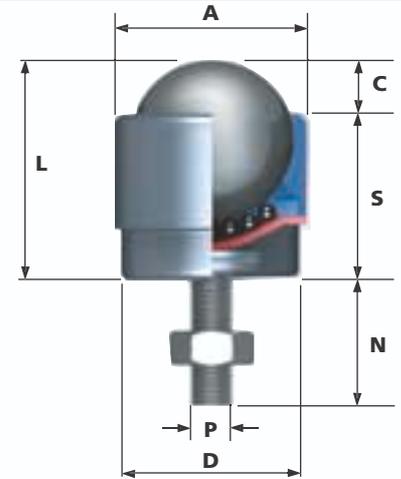
## 1700 FIJACIÓN A PRESIÓN

Características: Soporte liso, agujero estándar de salida para la suciedad.



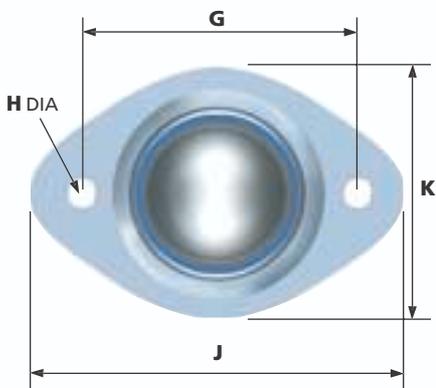
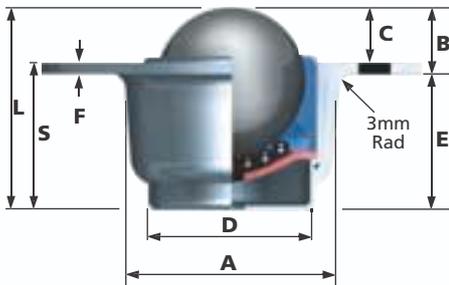
## 1701 FIJACIÓN CON BULON ROSCADO

Características: Bulón de fijación y tuerca roscados para el amarre. Máximo par de apriete es de 15 N.m.



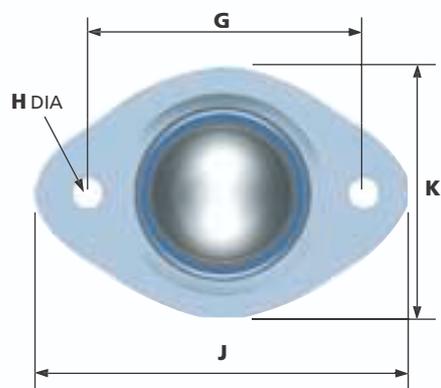
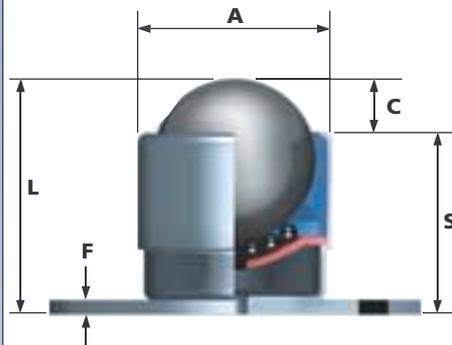
## 1702 FIJACIÓN MEDIANTE VALONA

Características: Perfil de la valona de fijación bajo, agujero estándar de salida para la suciedad.



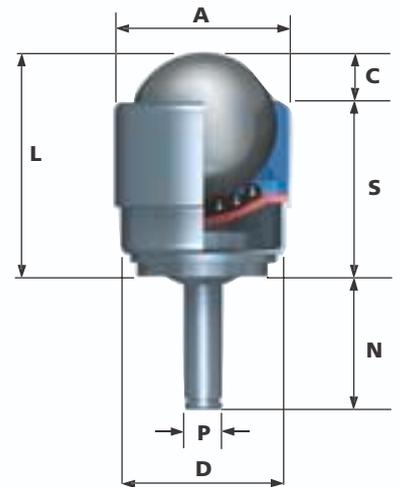
## 1703 FIJACIÓN PLANA

Características: Perfil alto y base plana para su fijación. Agujeros fijación pasantes. Agujero estándar de salida para la suciedad.



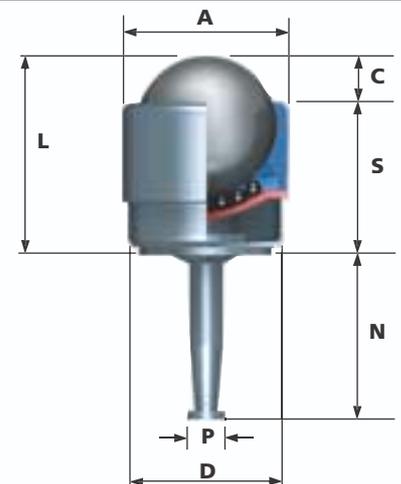
## 1704 PASADOR CON FORMA DE TETON Y TOPE

Características: Fijación mediante pasador con forma de tetón y tope



## 1709 FIJACIÓN CON PASADOR FORMA DE CUELLO

Características: Fijación con remaches de acero o de plástico.



REF No.	FIJACION	TAMAÑO DE LA BOLA (mm)	PESO (g)	DIMENSIONES (mm)														MAXIMA CAPACIDAD DE CARGA (kg)		
				A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	P	S	TIPO 13	TIPO 15	TIPO 16
				Diámetro máximo	Altura de trabajo de la bola	Exposición de la bola por encima del anillo exterior	Diámetro del soporte	Distancia de debajo de la valona hasta la base	Espesor de la base	Distancia entre centros de fijación a lo largo	Diámetro de los agujeros de fijación	Longitud de la base	Ancho de la base	Altura total	Longitud de la rosca o del bulón	Tamaño de la rosca o diámetro del bulón	Altura del soporte			

Para realizar su pedido, especifique el N° de la Ref. y el TIPO, p.e. 1700-13.

La tolerancia general salvo indicación es ±0.3mm

**ADAPTADORES O REMACHES DE FIJACION PARA BOLAS TRANSPORTADORAS DESLIZANTES 1704 & 1709**

REF No.	FIJACION	TAMAÑO DE LA BOLA (mm)	PESO (g)	DIMENSIONES (mm)														MAXIMA CAPACIDAD DE CARGA (kg)		
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	P	S	TIPO 13	TIPO 15	TIPO 16				

Para realizar su pedido, especifique el N° de referencia, p.e.: 1705.



# Euro Bearings Spain

Pol. Industrial "Les Guixeres" • c/ Plástico, 12  
08015 BADALONA (Barcelona) - España  
Tel. 93 303 78 60 • Fax 93 303 70 97  
ventas@eurobearings.net • www.eurobearings.net



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

# Diseño de estructura articulada para radiotelescopio



Grado en Ingeniería Mecánica

## ANEXO VI. REDUCTORES EPICICLOIDALES DE JUEGO REDUCIDO

Ángela Grandíval García

Pedro María Diéguez Elizondo

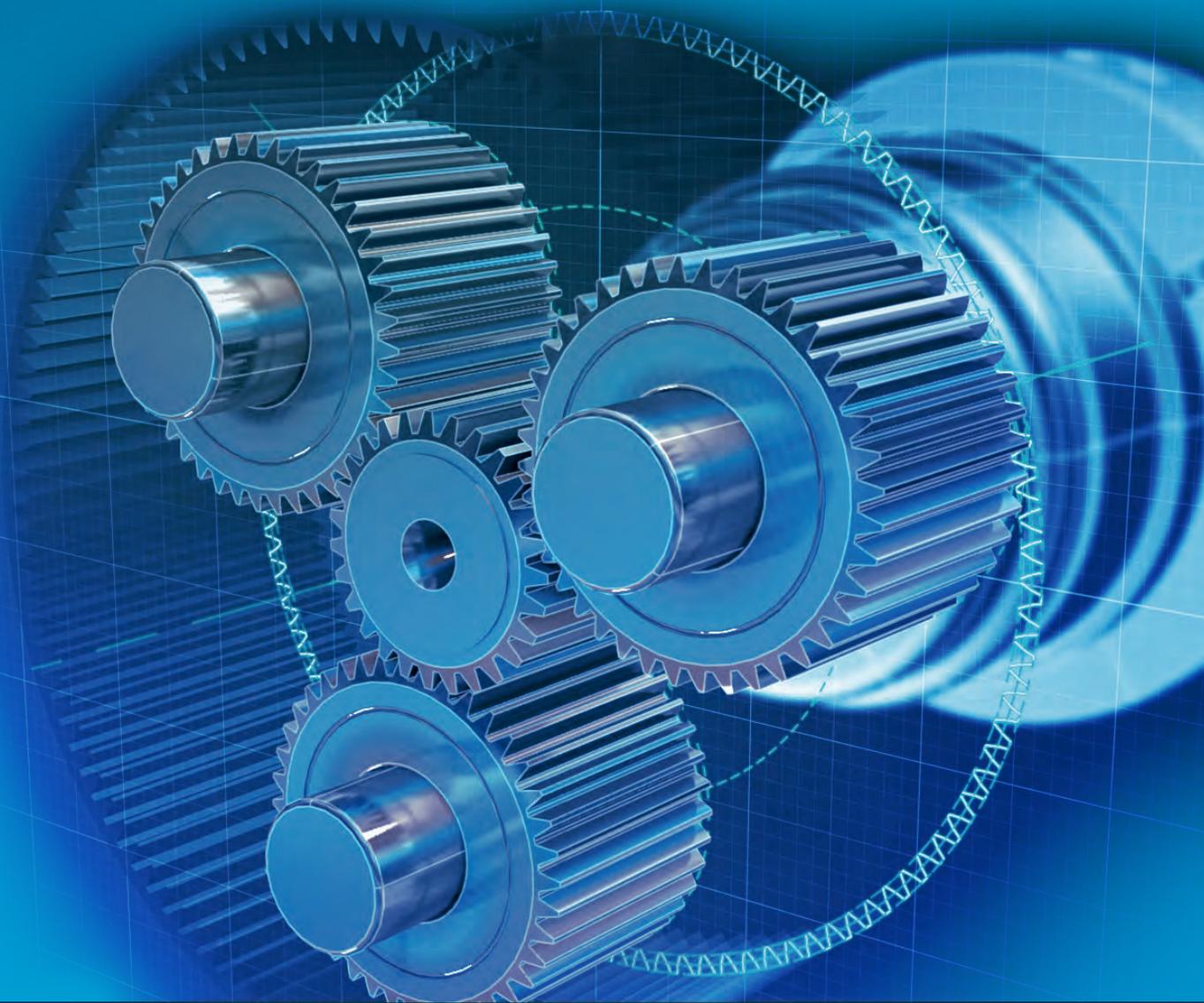
Pamplona, junio de 2016

 **Bonfiglioli**  
Tecnoingranaggi

---

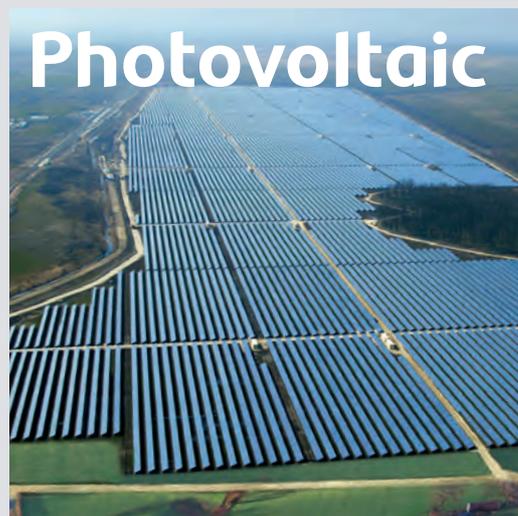
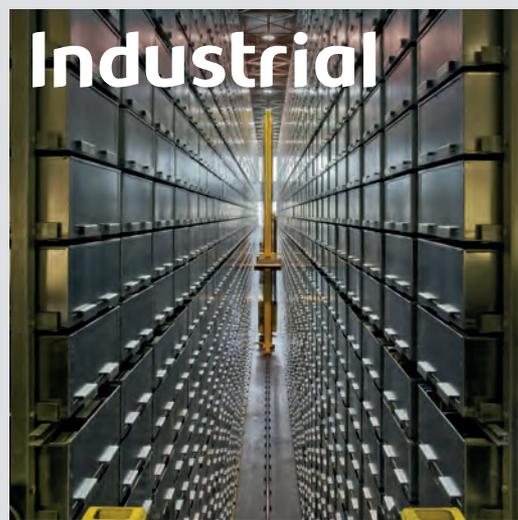
**Serie TQ-TQF-TQK  
TR-MP-LC-LCK-SL-KR**

Reductores epicicloidales de juego reducido



 **Bonfiglioli**  
*Forever Forward*

# Bonfiglioli solutions





3	<b>Mantenemos el mundo en movimiento</b>
4	<b>Mecatrónica - el desafío de construir su éxito</b>
5	<b>Nuestra experiencia de principio a fin</b>
6	<b>Proveedor único para sus aplicaciones mecatrónicas</b>
7	<b>Diseños más rentables, eficientes y mejores prestaciones</b>
8	<b>Modelo de coste energético para permitir la optimización del servoaccionamiento</b>
9	<b>Un socio seguro para su negocio</b>
10	<b>Un servicio completo</b>
11	<b>Calidad y tecnología</b>
12	<b>Visión rápida de nuestros productos</b>
14	<b>Servoreductores</b>
<hr/>	
15	<b>Información técnica</b>
16	1 Información general
16	1.1 Símbolos unidades y definiciones
18	1.2 Selección del reductor
22	1.3 Vida útil de los rodamientos
25	<b>TQ</b>
26	2 Características de la serie TQ
27	2.1 Designación
28	2.2 Dimensiones y especificaciones técnicas
39	<b>Nuevo TQF</b>
40	3 Características de la serie TQF
41	3.1 Designación
42	3.2 Dimensiones y especificaciones técnicas
39	<b>TQK</b>
40	3 Características de la serie TQK
41	3.1 Designación
42	3.2 Dimensiones y especificaciones técnicas

67	<b>TR</b>
68	5 Características de la serie TR
70	5.1 Designación
71	5.1.1 Selección de versión y entrada
71	5.1.2 Posiciones de montaje
71	5.2 Fuerzas radiales y axiales admisibles para la forma constructiva MB
72	5.3 Dimensiones y especificaciones técnicas
106	5.3.1 Eje de la máquina
107	<b>MP</b>
108	6 Características de la serie MP
110	6.1 Designación
111	6.1.1 Selección y sección de entrada
111	6.1.2 Posiciones de montaje
111	6.2 Fuerzas radiales y axiales admisibles para la forma constructiva MB
112	6.3 Dimensiones y especificaciones técnicas
146	6.3.1 Eje de la máquina
147	<b>LC</b>
148	7 Características de la serie LC
149	7.1 Designación
150	7.2 Dimensiones e dati tecnici
169	<b>LCK</b>
170	8 Características de la serie LCK
171	8.1 Designación
172	8.2 Dimensiones y especificaciones técnicas
191	<b>SL</b>
192	9 Características de la serie SL
193	9.1 Designación
194	9.2 Dimensiones y especificaciones técnicas
207	<b>KR</b>
208	10 Caratteristiche della serie KR
209	10.1 Versiones
209	10.2 Posiciones de montaje
209	10.3 Rotación del eje coordinada
210	10.4 Designación
211	10.5 Especificaciones técnicas
212	10.6 Momento de inercia
212	10.6.1 KR 010...KR 040 con rodamientos estándar de bolas - SB
213	10.6.2 KR 020...KR 040 con rodamientos de rodillos cónicos - HB
214	10.7 Dimensiones
222	10.7.1 Reductor sin adaptador de motor
223	10.7.2 Eje de máquina

## Revisiones

El índice de revisiones del catálogo se indica en la pág 224. En la dirección [www.bonfiglioli.com](http://www.bonfiglioli.com) están disponibles los catálogos en sus versiones más actualizadas.

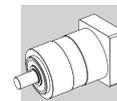
# VISIÓN RÁPIDA DE NUESTROS PRODUCTOS

ALTA DENSIDAD DE POTENCIA

	PRODUCTO	COAXIAL	ORTOGONAL	CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO	CONFIGURACIONES
ALTAS PRESTACIONES	TQ 	Sí		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altas prestaciones y precisión</li> <li>• Aplicaciones de alta velocidad</li> <li>• Alta capacidad de carga axial y radial</li> <li>• Baja rumorosidad</li> <li>• Diseño modular para cubrir sus necesidades</li> </ul>	• Eje sólido
	Nuevo TQF 	Sí		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerte y compacto</li> <li>• Alta precisión y dinámica</li> <li>• Alta capacidad de carga radial y axial</li> <li>• Alta rigidez torsional</li> <li>• Baja rumorosidad</li> </ul>	• Brida de salida
	TQK 			Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altas prestaciones y precisión</li> <li>• Aplicaciones de alta velocidad</li> <li>• Alta capacidad de carga axial y radial</li> <li>• Baja rumorosidad</li> <li>• Diseño modular para cubrir sus necesidades</li> </ul>
PRECISIÓN	TR 	Sí	Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altas prestaciones</li> <li>• Precisión elevada</li> <li>• Diseño modular para cubrir sus necesidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eje sólido</li> <li>• Diámetro eje hueco</li> <li>• Eje de entrada</li> </ul>
	MP 	Sí	Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altas prestaciones</li> <li>• Precisión media</li> <li>• Diseño modular para cubrir sus necesidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eje sólido</li> <li>• Diámetro eje hueco</li> <li>• Eje de entrada</li> </ul>
FLEXIBILIDAD	LC 	Sí		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexible</li> <li>• Precisión a precio asequible</li> <li>• Nuevas opciones de alto par disponibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eje sólido</li> <li>• Eje de entrada</li> </ul>
	LCK 		Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexible</li> <li>• Precisión a precio asequible</li> <li>• Nuevas opciones de alto par disponibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eje sólido</li> <li>• Eje de entrada</li> </ul>
	SL 	Sí		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicaciones dinámicas para cintas</li> <li>• Compacidad</li> <li>• Alta precisión a precio reducido</li> <li>• Nuevas opciones de alto par disponibles</li> </ul>	• Eje sólido
	KR 			Sí	Precisión, dinámica y compacidad a un precio inmejorable



PAR NOM. MAX. PAR ACC. MAX.	RELACIÓN DE REDUCCIÓN $i$	DENSIDAD DE PAR	RIGIDEZ TORSIONAL	JUEGO	CONFIGURACIONES
[Nm]	[-]			[arcmin]	
800 1200	3-100	●●●●●	●●●●	ESTÁNDAR $\leq 4-6$ REDUCIDO $\leq 2-4$	●●●●●
800 1200	4-100	●●●●●	●●●●●	ESTÁNDAR $\leq 5-7$ REDUCIDO $\leq 3-5$	●●●●●
800 1200	6-200	●●●●●	●●●●	ESTÁNDAR $\leq 5-7$ REDUCIDO $\leq 4-6$	●●●●●
1000 1200	3-1000	●●●	●●●	ESTÁNDAR $\leq 5-7$ REDUCIDO $\leq 3-5$	●●●
1000 1200	3-1000	●●●	●●●	ESTÁNDAR $\leq 15-17$ REDUCIDO $\leq 10-12$	●●●
450 700	3-100	●●●	●●●	ESTÁNDAR $\leq 12-15$ REDUCIDO $\leq 6-8$	●●●
450 700	6-100	●●●	●●●	ESTÁNDAR $\leq 6-8$	●●●
155 300	3-100	●●●	●●●	ESTÁNDAR $\leq 12$ REDUCIDO $\leq 6$	●●●
120 170	1-5	●	●	ESTÁNDAR $\leq 8$	●



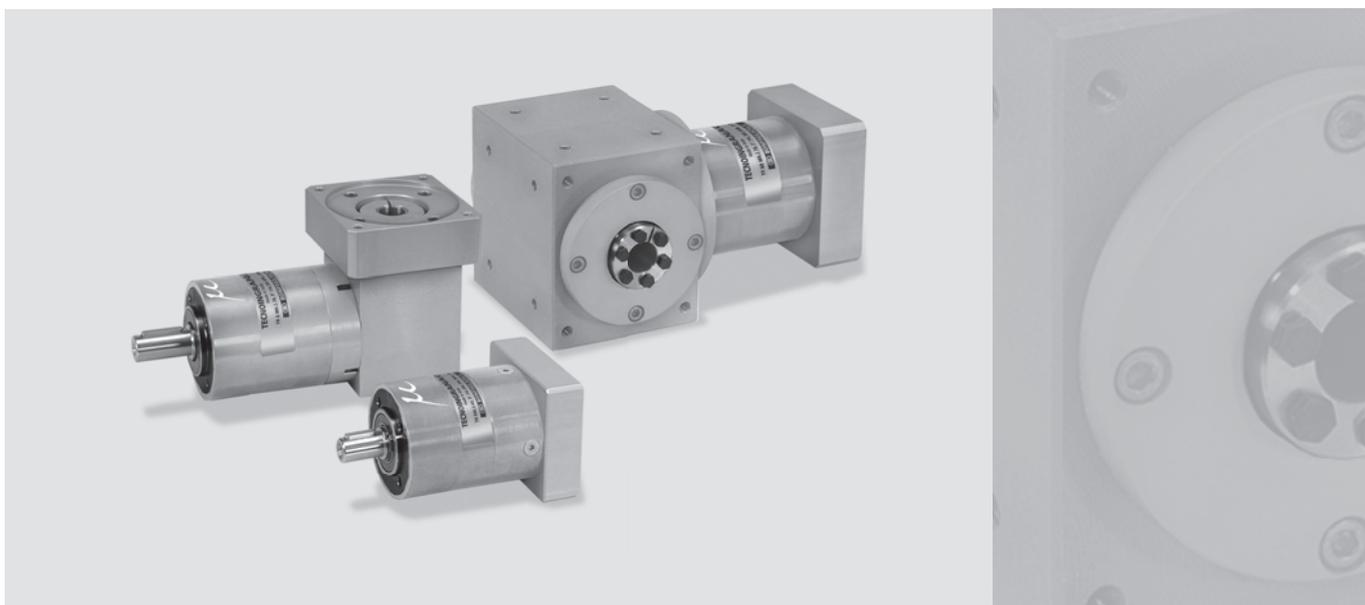
# TR

## REDUCTORES PLANETARIOS DE PRECISIÓN

Los reductores planetarios de la serie TR son punto de referencia por su juego extremadamente reducido, óptimo rendimiento, unccionamiento silencioso y facilidad de ensamblaje, unida a su alta fiabilidad.

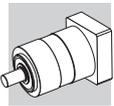
Disponible en diferentes configuraciones (con entrada de ángulo recto con eje hueco y salida perpendicular; con el eje de entrada sólido) y servo-adaptadores para cumplir con la mayoría interfaces mecánicas de servomotores del mercado.

TR



### Características principales:

- Alta densidad de par
- Excepcional capacidad de par nominal y de aceleración
- Alta capacidad de carga axial y radial
- Diseñado para servicio constante y cíclico
- Alta precisión por su reducido juego angular menor de 3 arcmin
- Juego angular altamente reducido hasta 3 arcmin
- Baja rumorosidad
- Gran flexibilidad (bajo / reducido juego, rodamientos estándar / reforzados)
- Diferentes versiones constructivas para cubrir sus necesidades específicas.



## 4 CARACTERÍSTICAS DE LA SERIE TR

Los reductores planetarios de la serie TR pertenecen a una amplia gama de productos que ofrecen entre otras características un juego reducido, alto par de transmisión y gran variedad de relaciones de reducción.

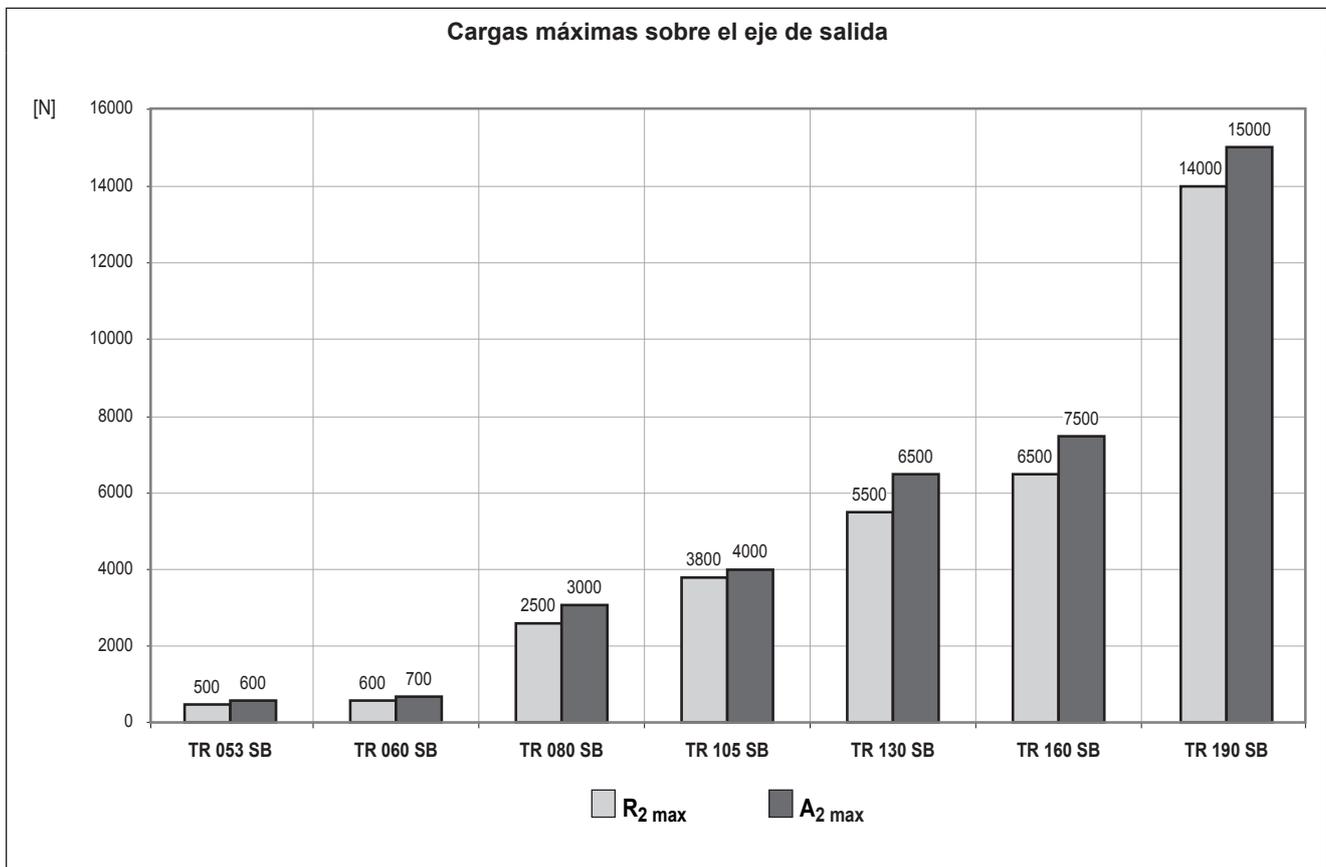
Todas las versiones han sido diseñadas para trabajar con un nivel de ruido muy bajo, ofreciendo una alta durabilidad sin necesidad de mantenimientos específicos.

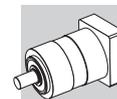
La integración con el motor es una operación que puede ser fácilmente llevada a cabo sin la necesidad de utilizar herramientas especiales, aparte de las que suelen estar disponibles en un taller.

- Disponible con juego angular estándar (STD) o reducido (LOW):
  - 1-etapa: estándar  $\varphi_s \leq 5'$ ; reducido  $\varphi_R \leq 3'$
  - 2-etapas: estándar  $\varphi_s \leq 5'$ ; reducido  $\varphi_R \leq 3'$
  - 3-etapas (sólo G y MB): estándar  $\varphi_R \leq 5'$ ; reducido  $\varphi_R \leq 3'$
  - 3-etapas: estándar  $\varphi_s \leq 7'$ ; reducido  $\varphi_R \leq 5'$
  - 4-etapas (sólo G y MB): estándar  $\varphi_s \leq 7'$ ; reducido  $\varphi_R \leq 5'$
- El alto grado de protección IP (IP65) evita la entrada de polvo y líquidos en las partes internas.
- Los retenes de entrada están fabricados a base de Fluoroelastómeros y se suministran de forma estándar.
- Escasa rumorosidad  $L_p \leq 70$  dB(A). Condiciones: distancia 1 m; medido sin carga y con una velocidad de entrada de  $n_1 = 3000$  min<sup>-1</sup>;  $i=10$ .
- Los rodamientos están dimensionados para una vida útil de 20.000 horas en condiciones nominales de funcionamiento. La siguiente tabla muestra los tipos de rodamientos para el eje de salida.

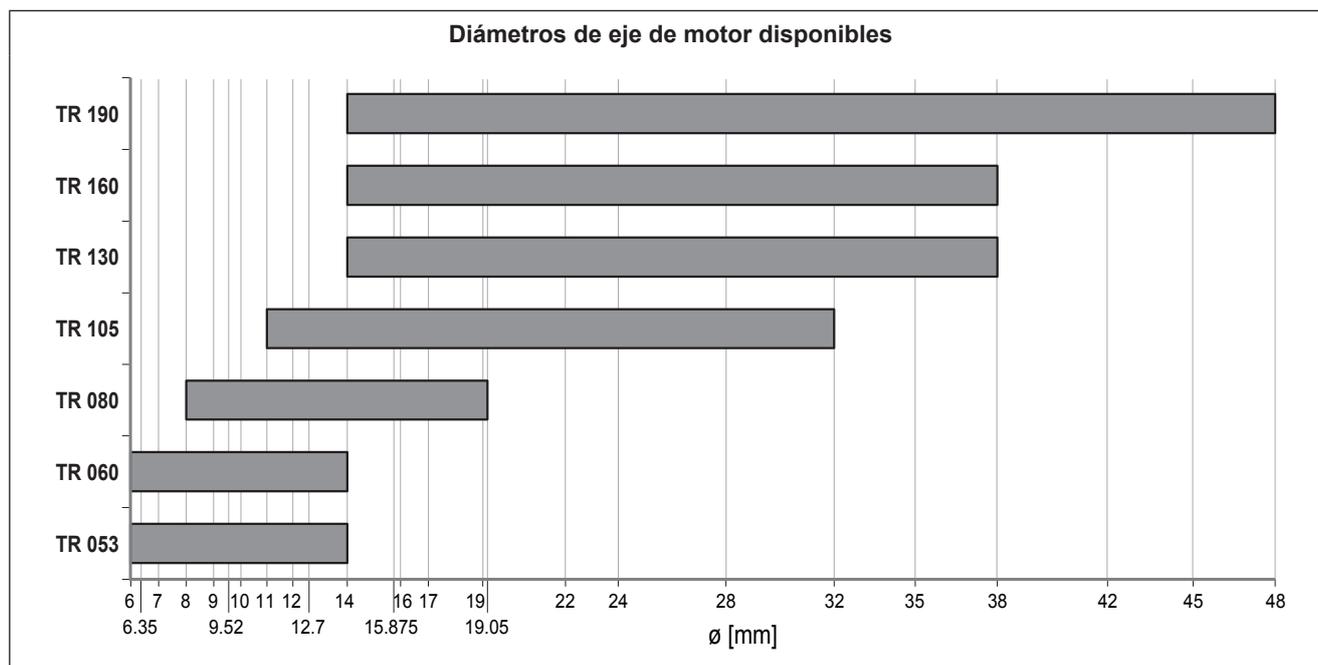
	TR 053	TR 060	TR 080	TR 105	TR 130	TR 160	TR 190
SB							

Cargas máximas sobre el eje de salida





- Se disponen de numerosos adaptadores para su montaje en servomotores de otras marcas.



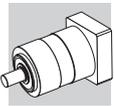
- Lubricación optimizada para el tipo de aplicación indicada en el pedido. En ausencia de contaminación no se requiere el cambio periódico del lubricante.

tipo de servicio	TR 053 - TR 060	TR 080 ... TR 190	otros retenes
S1 (continuo)	Grasa NLGI con grado de consistencia 00	Aceite sintético viscosidad ISO VG 220	Fluoroelastómero
S5 (intermitente)		Grasa NLGI con grado de consistencia 00	NBR

- Temperatura ambiente min -20°C, max +30°C. Para temperaturas superiores a 30°C considere una desclasificación  $f_T$ .
- La temperatura de la carcasa externa no debe superar  $T_{max} = 90^\circ\text{C}$ .

		Distribución del par nominal $M_{n2}$ [Nm]																											
	[I]	3	4	5	6	7	9	10	12	15	16	20	25	28	30	35	36	40	45	48	50	60	64	70	75	80	81	84	90
TR 053		12	15	15	15	15	12	-	20	20	20	20	20	20	-	20	15	-	20	20	-	20	20	-	20	20	12	20	-
TR 060		18	25	25	25	25	18	18	30	30	30	30	30	30	18	30	25	30	-	30	30	-	30	30	30	30	-	30	18
TR 080		40	50	50	50	50	40	40	70	70	70	70	70	70	40	70	50	70	-	70	70	-	70	70	70	70	-	70	40
TR 105		100	140	140	140	140	100	100	170	170	170	170	170	170	100	170	140	170	-	170	170	-	170	170	170	170	-	170	100
TR 130		215	380	380	380	380	215	215	450	450	450	450	450	450	215	450	380	450	-	450	450	-	450	450	450	450	-	450	215
TR 160		350	500	500	500	500	350	350	700	700	700	700	700	700	350	700	500	700	-	700	700	-	700	700	700	700	-	700	350
TR 190		500	700	700	700	700	500	500	1000	1000	1000	1000	1000	1000	500	1000	700	1000	-	1000	1000	-	1000	1000	1000	1000	-	1000	500
	[I]	100	112	120	125	140	144	150	160	175	180	200	210	216	225	245	250	252	280	324	350	400	405	500	567	700	729	1000	
TR 053		20	20	-	20	20	20	-	-	20	20	-	-	20	20	20	-	20	-	20	-	-	20	-	20	-	12	-	
TR 060		18	-	30	30	30	-	30	30	30	-	30	30	30	-	-	30	-	30	-	30	30	-	30	-	30	-	18	
TR 080		40	-	70	70	70	-	70	70	70	-	70	70	70	-	-	70	-	70	-	70	70	-	70	-	70	-	40	
TR 105		100	-	170	170	170	-	170	170	170	-	170	170	170	-	-	170	-	170	-	170	170	-	170	-	170	-	100	
TR 130		215	-	450	450	450	-	450	450	450	-	450	450	450	-	-	450	-	450	-	450	450	-	450	-	450	-	215	
TR 160		700	-	350	700	700	-	700	700	700	-	700	700	-	-	700	-	700	-	700	700	-	700	700	-	700	-	350	
TR 190		1000	-	500	1000	1000	-	1000	1000	1000	-	1000	1000	-	-	1000	-	1000	-	1000	1000	-	1000	1000	-	1000	-	500	

**TR**



## 4.1 DESIGNACIÓN

**TR G 080 3 20 STD 95A CD 19 S1 OR SB KL UH1**

LUBRICANTE

- estándar

**UH1** lubricante sintético para uso alimentario

CONFIGURACIÓN DEL EJE DE SALIDA

**KL** eje sin chaveta

**KE** eje con chaveta (☉ MB)

RODAMIENTOS DEL EJE DE SALIDA

**SB** estándar

POSICIÓN DE MONTAJE

**OR** horizontal

**VA** vertical con el motor hacia arriba

**VB** vertical con el motor hacia abajo

TIPO DE SERVICIO

**S1** servicio continuo

**S5** servicio intermitente

DIÁMETRO DEL EJE DE ENTRADA

**6 ... 48** (☉ IS)

ACOPLAMIENTO DEL MOTOR

**CD** aro de apriete (☉ IS)

TIPO DE ENTRADA

**25AH ... 180A1** predisposición motor

**IS** eje de entrada macho (TR 053 ... TR 160) (☉ G - ☉ MB)

**FM** sin brida ataque motor

JUEGO ANGULAR

**STD**

**LOW**

(☉ TR 053)

1 etapa de reducción	2 etapas de reducción	3 etapas de reducción (solo MB, G)	3 etapas de reducción	4 etapas de reducción (solo MB, G)
$\varphi_s \leq 5'$	$\varphi_s \leq 5'$	$\varphi_s \leq 5'$	$\varphi_s \leq 7'$	$\varphi_s \leq 7'$
$\varphi_R \leq 3'$	$\varphi_R \leq 3'$	$\varphi_R \leq 3'$	$\varphi_R \leq 5'$	$\varphi_R \leq 5'$

RELACIÓN DE REDUCCIÓN

ETAPAS DE REDUCCIÓN

**1 2 3 4**

TAMAÑO

**053 060 080 105 130 160 190**

FORMA CONSTRUCTIVA

- coaxial

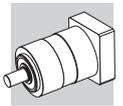
**G** con etapa ortogonal en la entrada (TR 053 ... TR 160)

**MB** con etapa ortogonal en la salida (TR 080 ... TR 160)

SERIES

**TR**

TR



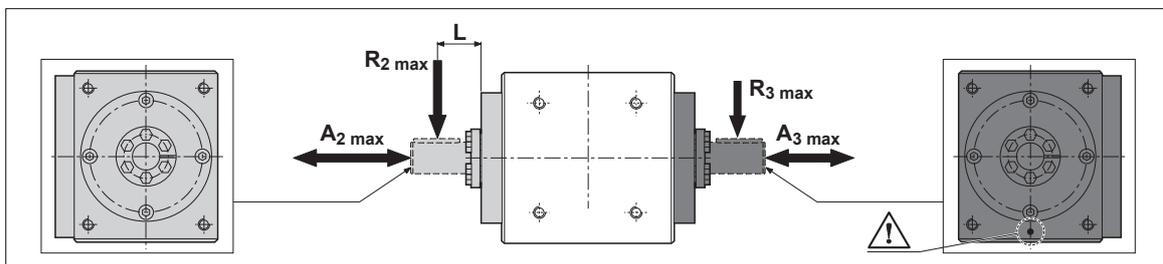
#### 4.1.1 FORMA CONSTRUCTIVA Y TIPO DE ENTRADA

TIPO DE ENTRADA	FORMA CONSTRUCTIVA		
	coaxial (—)	con etapa ortogonal en la entrada (G)	con etapa ortogonal en la salida (MB)
25AH ... 180A1			
IS		—	—
FM			

#### 4.1.2 POSICIONES DE MONTAJE

	OR	VA	VB
—			
G			
MB			

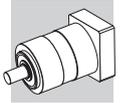
#### 4.2 FUERZAS RADIALES Y AXIALES ADMISIBLES PARA LA FORMA CONSTRUCTIVA MB



	R <sub>2</sub> max [N]	A <sub>2</sub> max [N]	L [mm]	R <sub>3</sub> max [N]	A <sub>3</sub> max [N]
TR MB 080	6000	5000	60	5500	5000
TR MB 105	9000	7500	80	7500	7500
TR MB 130	13500	11500	100	11000	11500
TR MB 160*	15000	11500	100	12500	11500

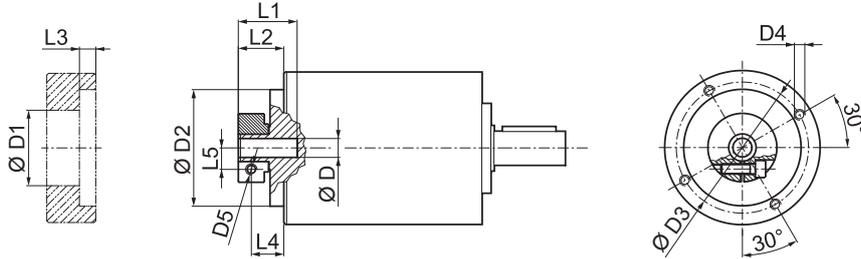
\* Rodamientos dimensionados para una vida útil media de 10.000 horas bajo condiciones nominales de funcionamiento.



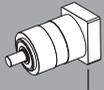


# TR 053

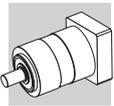
FM



				D1	D2	D3	D4	D5	L1	L2	L3	L4	L5
6	6.35	7		32.5	50	42.5	M4x8	M4	20.2	13.2	3	8.7	8
8	9	9.52	10	32.5	50	42.5	M4x8	M4	20.2	13.2	3	7.8	9
11	12	12.7		35.5	50	42.5	M4x8	M4	20.5	13.5	3	8.5	11
14				35.5	50	42.5	M4x8	M4	24	17	3	10.2	11.5

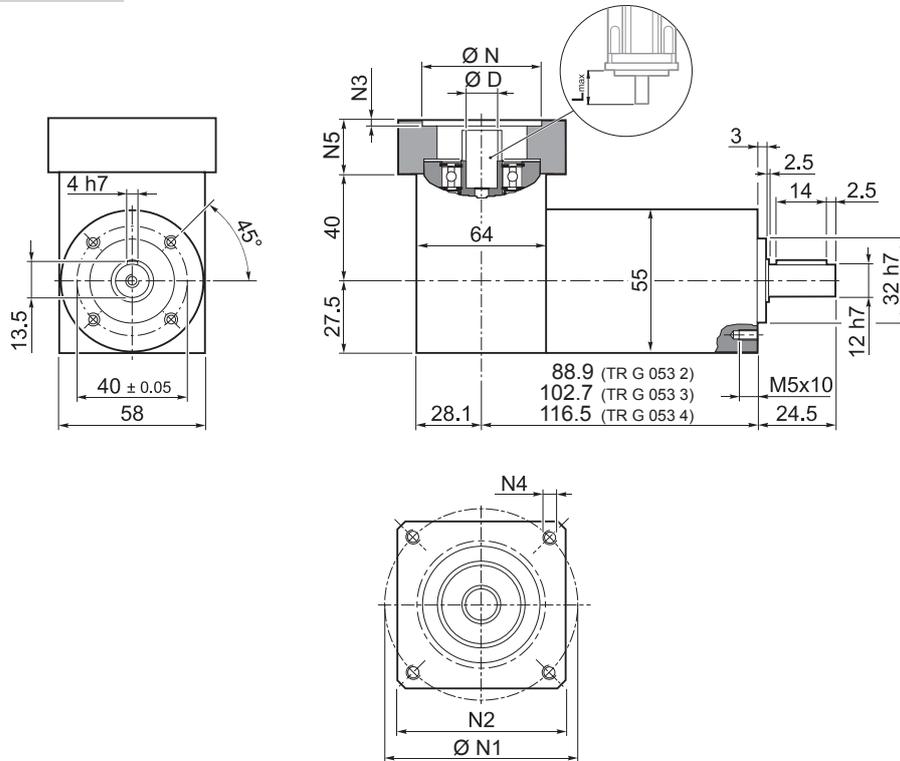
	$M_{n2}$ [Nm]	$M_{a2}$ [Nm]	$M_{p2}$ [Nm]	$n_1$ [min <sup>-1</sup> ]	$n_{1max}$ [min <sup>-1</sup> ]	$\varphi_s$ [arcmin]	$C_t$ [Nm/arcmin]	$R_{1max}$ [N]	$R_{2max}$ [N]	$A_{2max}$ [N]	$\eta$ %	$J_G$ [kgcm <sup>2</sup> ]	
												$D$ 	6 ... 9.52
TR 053 1_3	12	22	40	3300	4000	5'	1.0	200	500	600	97	0.06	0.08
TR 053 1_4	15	28	45	3500	5000	5'	1.0	200	500	600	97	0.05	0.06
TR 053 1_5	15	28	45	3500	5000	5'	1.0	200	500	600	97	0.04	0.06
TR 053 1_6	15	28	45	3500	5000	5'	1.0	200	500	600	97	0.03	0.05
TR 053 1_7	15	28	45	4000	6000	5'	1.0	200	500	600	97	0.03	0.05
TR 053 1_9	12	22	40	4000	6000	5'	1.0	200	500	600	97	0.03	0.05
TR 053 2_12	20	30	60	3300	4000	5'	0.9	200	500	600	94	0.06	0.08
TR 053 2_15	20	30	60	3300	4000	5'	0.9	200	500	600	94	0.06	0.08
TR 053 2_16	20	30	60	3500	5000	5'	0.9	200	500	600	94	0.05	0.06
TR 053 2_20	20	30	60	3500	5000	5'	0.9	200	500	600	94	0.04	0.06
TR 053 2_25	20	30	60	3500	5000	5'	0.9	200	500	600	94	0.04	0.06
TR 053 2_28	20	30	60	4000	6000	5'	0.9	200	500	600	94	0.03	0.05
TR 053 2_35	20	30	60	4000	6000	5'	0.9	200	500	600	94	0.03	0.05
TR 053 2_36	15	28	45	4000	6000	5'	0.9	200	500	600	94	0.03	0.05
TR 053 2_45	20	30	60	4000	6000	5'	0.9	200	500	600	94	0.03	0.05
TR 053 2_81	12	22	40	3500	6000	5'	0.9	200	500	600	94	0.03	0.05
TR 053 3_48	20	30	60	4000	5000	7'	0.7	200	500	600	91	0.05	0.07
TR 053 3_60	20	30	60	3500	5000	7'	0.7	200	500	600	91	0.05	0.07
TR 053 3_64	20	30	60	3500	5000	7'	0.7	200	500	600	91	0.05	0.06
TR 053 3_75	20	30	60	3500	5000	7'	0.7	200	500	600	91	0.04	0.06
TR 053 3_80	20	30	60	3500	5000	7'	0.7	200	500	600	91	0.05	0.06
TR 053 3_84	20	30	60	4000	6000	7'	0.7	200	500	600	91	0.03	0.05
TR 053 3_100	20	30	60	3500	5000	7'	0.7	200	500	600	91	0.04	0.06
TR 053 3_112	20	30	60	4000	6000	7'	0.7	200	500	600	91	0.03	0.05
TR 053 3_125	20	30	60	3500	5000	7'	0.7	200	500	600	91	0.04	0.06
TR 053 3_140	20	30	60	4000	6000	7'	0.7	200	500	600	91	0.03	0.05
TR 053 3_144	20	30	60	4000	6000	7'	0.7	200	500	600	91	0.03	0.05
TR 053 3_175	20	30	60	4000	6000	7'	0.7	200	500	600	91	0.03	0.05
TR 053 3_180	20	30	60	4000	6000	7'	0.7	200	500	600	91	0.03	0.05
TR 053 3_216	20	30	60	3500	5000	7'	0.7	200	500	600	91	0.03	0.05
TR 053 3_225	20	30	60	4000	6000	7'	0.7	200	500	600	91	0.03	0.05
TR 053 3_245	20	30	60	4000	6000	7'	0.7	200	500	600	91	0.03	0.05
TR 053 3_252	20	30	60	4000	6000	7'	0.7	200	500	600	91	0.05	0.06
TR 053 3_324	20	30	60	4000	6000	7'	0.7	200	500	600	91	0.03	0.05
TR 053 3_405	20	30	60	4000	6000	7'	0.7	200	500	600	91	0.03	0.05
TR 053 3_567	20	30	60	4000	6000	7'	0.7	200	500	600	91	0.03	0.05
TR 053 3_729	12	22	40	4000	6000	7'	0.7	200	500	600	91	0.03	0.05

TR



# TR G 053

## 25AH ... 80A

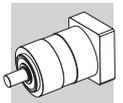


TR G 053 2	1.3
TR G 053 3	1.5
TR G 053 4	1.8

TR

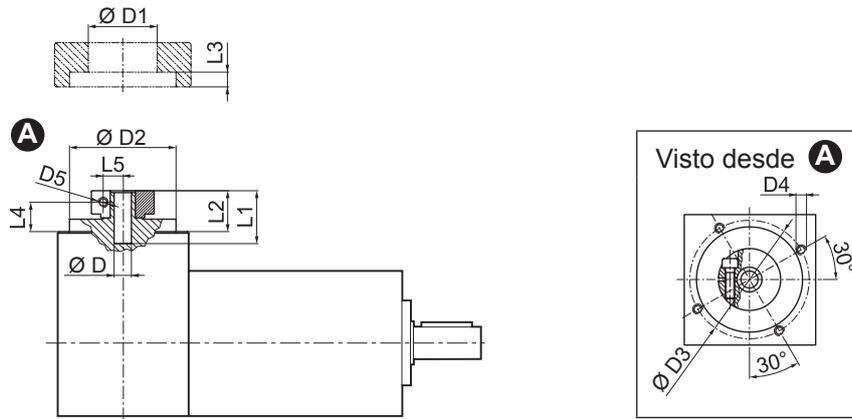
												N	N1		N2	N3	N4	N5	L <sub>max</sub>
	D												min	max					
25AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	25	36	48					
26AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	26	36	48					
28AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	28	36	48					
30AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	30	36	48					
32AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	32	38	48	55	3.5	4.5	25	25
34AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	34	40	48					
36AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	36	42	48					
38AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	38	44	48					
40AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	40	46	48					
38B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	38.1	66.6	60	3	M4x10	18	25	
40B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	40	63	60	3	M4x10	18	25	
50A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	50	60	60	3	M4x10	18	25	
50B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	50	65	60	3	M5x12	23	30	
50BH	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	50	65	60	4	5.5	23	30	
50C	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	50	70	60	3	M4x10	23	30	
50MH	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	50	65	55	2	5.5	16	23	
60A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	60	75	63	3	M5x12	18	25	
60A1	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	60	75	63	3	M5x12	23	30	
60B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	60	85	75	3	M5x12	23	30	
60C	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	60	90	75	3	M5x12	23	30	
70A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	70	85	75	3	M6x15	23	30	
70B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	70	90	75	3	M5x12	23	30	
73A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	73	98.4	85	3	M5x12	25	32	
80A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	80	100	85	3	M6x15	23	30	

Por favor, contacte con nosotros para otras bridas y ejes de motor no presente en este catálogo.



# TR G 053

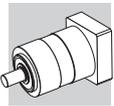
FM



				D1	D2	D3	D4	D5	L1	L2	L3	L4	L5
6	6.35	7		32.5	50	42.5	M4x8	M4	20.2	13.2	3	8.7	8
8	9	9.52	10	32.5	50	42.5	M4x8	M4	20.2	13.2	3	7.8	9
11	12	12.7		35.5	50	42.5	M4x8	M4	20.5	13.5	3	8.5	11
14				35.5	50	42.5	M4x8	M4	24	17	3	10.2	11.5

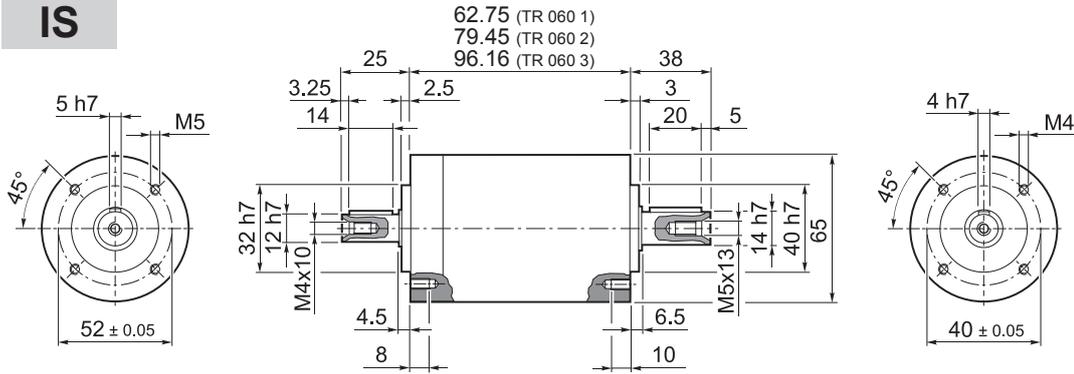
	i	M <sub>n 2</sub>	M <sub>a 2</sub>	M <sub>p 2</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>1 max</sub>	φ <sub>S</sub>	C <sub>t</sub>	R <sub>2 max</sub>	A <sub>2 max</sub>	%	J <sub>G</sub> [kgcm <sup>2</sup> ]	
		[Nm]	[Nm]	[Nm]	[min <sup>-1</sup> ]	[min <sup>-1</sup> ]	[arcmin]	$\left[ \frac{Nm}{arcmin} \right]$	[N]	[N]		6 ... 9.52	10 ... 14
TR G 053 2_3		12	22	40	3300	4000	5'	1.0	500	600	94	0.18	0.20
TR G 053 2_4		15	28	45	3500	5000	5'	1.0	500	600	94	0.18	0.19
TR G 053 2_5		15	28	45	3500	5000	5'	1.0	500	600	94	0.17	0.19
TR G 053 2_6		15	28	45	3500	5000	5'	1.0	500	600	94	0.17	0.18
TR G 053 2_7		15	28	45	4000	6000	5'	1.0	500	600	94	0.17	0.19
TR G 053 2_9		12	22	40	4000	6000	5'	1.0	500	600	94	0.17	0.18
TR G 053 3_12		20	30	60	3300	4000	5'	0.9	500	600	91	0.18	0.20
TR G 053 3_15		20	30	60	3300	4000	5'	0.9	500	600	91	0.18	0.20
TR G 053 3_16		20	30	60	3500	5000	5'	0.9	500	600	91	0.17	0.19
TR G 053 3_20		20	30	60	3500	5000	5'	0.9	500	600	91	0.17	0.19
TR G 053 3_25		20	30	60	3500	5000	5'	0.9	500	600	91	0.17	0.19
TR G 053 3_28		20	30	60	4000	6000	5'	0.9	500	600	91	0.17	0.19
TR G 053 3_35		20	30	60	4000	6000	5'	0.9	500	600	91	0.17	0.19
TR G 053 3_36		15	28	45	4000	6000	5'	0.9	500	600	91	0.17	0.18
TR G 053 3_45		20	30	60	4000	6000	5'	0.9	500	600	91	0.17	0.19
TR G 053 3_81		12	22	40	3500	6000	5'	0.9	500	600	91	0.17	0.18
TR G 053 4_48		20	30	60	4000	5000	7'	0.7	500	600	89	0.18	0.19
TR G 053 4_60		20	30	60	3500	5000	7'	0.7	500	600	89	0.18	0.19
TR G 053 4_64		20	30	60	3500	5000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.19
TR G 053 4_75		20	30	60	3500	5000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.19
TR G 053 4_80		20	30	60	3500	5000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.19
TR G 053 4_84		20	30	60	4000	6000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.19
TR G 053 4_100		20	30	60	3500	5000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.19
TR G 053 4_112		20	30	60	4000	6000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.19
TR G 053 4_125		20	30	60	3500	5000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.19
TR G 053 4_140		20	30	60	4000	6000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.19
TR G 053 4_144		20	30	60	4000	6000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.18
TR G 053 4_175		20	30	60	4000	6000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.19
TR G 053 4_180		20	30	60	4000	6000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.18
TR G 053 4_216		20	30	60	3500	5000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.18
TR G 053 4_225		20	30	60	4000	6000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.18
TR G 053 4_245		20	30	60	4000	6000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.19
TR G 053 4_252		20	30	60	4000	6000	7'	0.7	500	600	89	0.18	0.20
TR G 053 4_324		20	30	60	4000	6000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.18
TR G 053 4_405		20	30	60	4000	6000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.18
TR G 053 4_567		20	30	60	4000	6000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.18
TR G 053 4_729		12	22	40	4000	6000	7'	0.7	500	600	89	0.17	0.18

TR



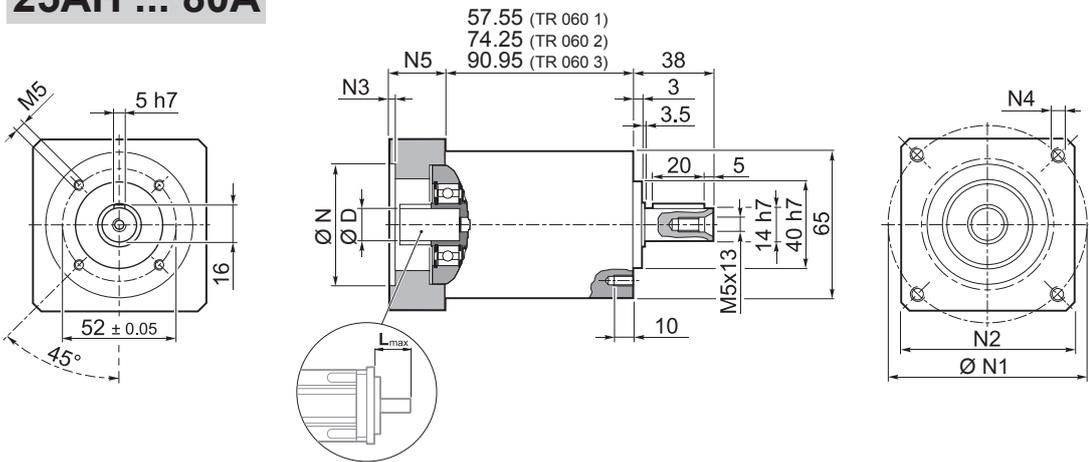
# TR 060

IS



TR 060 1	1.2
TR 060 2	1.7
TR 060 3	2.0

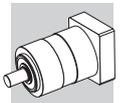
## 25AH ... 80A



TR 060 1	1.2
TR 060 2	1.7
TR 060 3	2.0

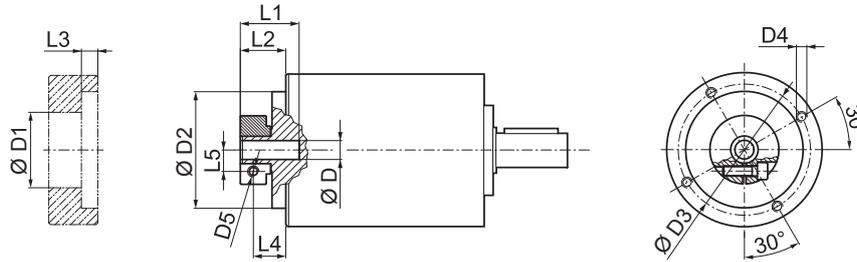
															N	N1		N2	N3	N4	N5	L <sub>max</sub>
	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	-	-	-		min	max					
25AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	-	-	-	25	39	56	65	3.5	4.5	25	25
26AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	-	-	-	26	39	56					
28AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	-	-	-	28	39	56					
30AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	-	-	-	30	39	56					
32AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	-	-	-	32	39	56					
34AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	-	-	-	34	40	56					
36AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	-	-	-	36	42	56					
39AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	-	-	-	39	45	56					
40AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	-	-	-	40	46	56					
38B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	-	-	-	38.1	66.6	60	3	M4x10	18	25	
40B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	-	-	-	40	63	60	3	M4x10	18	25	
50A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	-	-	-	50	60	60	3	M4x10	18	25	
50B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	-	-	-	50	65	60	3	M5x12	23	30	
50BH	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	-	-	-	50	65	65	3	5.5	25	32	
50C	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	-	-	-	50	70	60	3	M4x10	23	30	
55MH	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	-	-	-	55	80	65	2	5.5	16	23	
60A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	-	-	-	60	75	63	3	M5x12	18	25	
60AH	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	-	-	-	60	75	65	3	5.5	18	25	
60A1	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	-	-	-	60	75	63	3	M5x12	23	30	
60AH1	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	-	-	-	60	75	65	3	5.5	23	30	
60B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	-	-	-	60	85	75	3	M5x12	23	30	
60C	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	-	-	-	60	90	75	3	M5x12	23	30	
70A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	-	-	-	70	85	75	3	M6x15	23	30	
70B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	-	-	-	70	90	75	3	M5x12	23	30	
73A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	-	-	-	73	98.4	85	3	M5x12	25	32	
80A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	-	-	-	80	100	85	3	M6x15	23	30	

Por favor, contacte con nosotros para otras bridas y ejes de motor no presente en este catálogo.



# TR 060

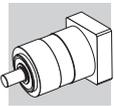
**FM**



D				D1	D2	D3	D4	D5	L1	L2	L3	L4	L5
6	6.35	7		32.5	50	42.5	M4x8	M4	20.2	13.2	3	8.7	8
8	9	9.52	10	32.5	50	42.5	M4x8	M4	20.2	13.2	3	7.8	9
11	12	12.7		35.5	50	42.5	M4x8	M4	20.5	13.5	3	8.5	11
14				35.5	50	42.5	M4x8	M4	24	17	3	10.2	11.5

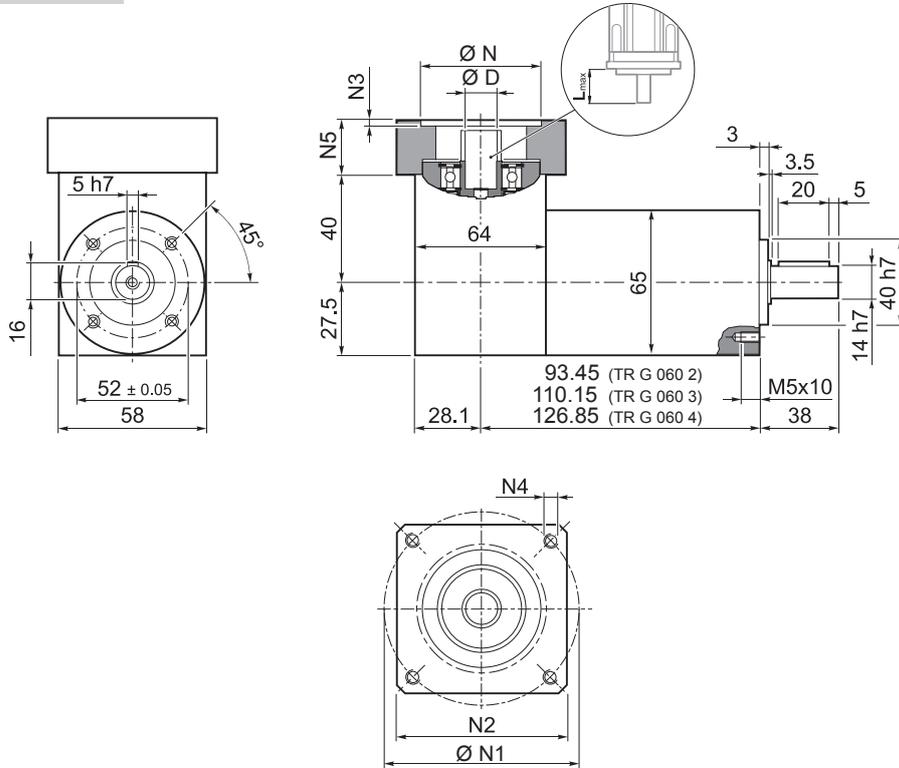
 i	M <sub>n2</sub>	M <sub>a2</sub>	M <sub>p2</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>1 max</sub>	Ψ <sub>S</sub>	Ψ <sub>R</sub>	C <sub>t</sub>	R <sub>1 max</sub>	R <sub>2 max</sub>	A <sub>2 max</sub>	η	J <sub>G</sub> [kgcm <sup>2</sup> ]	
	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[min <sup>-1</sup> ]	[min <sup>-1</sup> ]	[arcmin]	[arcmin]	$\frac{Nm}{arcmin}$	[N]	[N]	[N]	%	6 ... 9.52	10 ... 14
TR 060 1_3	18	35	70	3300	4000	5'	3'	3.0	200	600	700	97	0.10	0.11
TR 060 1_4	25	40	90	3500	5000	5'	3'	3.0	200	600	700	97	0.06	0.08
TR 060 1_5	25	40	90	3500	5000	5'	3'	3.0	200	600	700	97	0.05	0.07
TR 060 1_6	25	40	90	3500	5000	5'	3'	3.0	200	600	700	97	0.04	0.06
TR 060 1_7	25	40	90	4000	6000	5'	3'	3.0	200	600	700	97	0.04	0.06
TR 060 1_10	18	35	70	4000	6000	5'	3'	3.0	200	600	700	97	0.03	0.05
TR 060 2_9	18	35	70	3300	4000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.10	0.12
TR 060 2_12	30	45	100	3300	4000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.10	0.11
TR 060 2_15	30	45	100	3300	4000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.09	0.11
TR 060 2_16	30	45	100	3500	5000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.06	0.08
TR 060 2_20	30	45	100	3500	5000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.05	0.07
TR 060 2_25	30	45	100	3500	5000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.05	0.06
TR 060 2_28	30	45	100	4000	6000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.04	0.06
TR 060 2_30	18	35	70	4000	6000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.03	0.05
TR 060 2_35	30	45	100	4000	6000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.04	0.06
TR 060 2_36	25	40	90	3500	5000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.04	0.06
TR 060 2_40	30	45	100	4000	6000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.03	0.05
TR 060 2_50	30	45	100	4000	6000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.03	0.05
TR 060 2_70	30	45	100	4000	6000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.03	0.05
TR 060 2_100	18	35	70	4000	6000	5'	3'	2.5	200	600	700	94	0.03	0.05
TR 060 3_48	30	45	100	3500	5000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.06	0.08
TR 060 3_64	30	45	100	3500	5000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.06	0.08
TR 060 3_75	30	45	100	3500	5000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.05	0.07
TR 060 3_80	30	45	100	3500	5000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.06	0.08
TR 060 3_84	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.04	0.06
TR 060 3_90	18	35	70	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.03	0.05
TR 060 3_120	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.03	0.05
TR 060 3_125	30	45	100	3500	5000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.05	0.07
TR 060 3_140	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.04	0.06
TR 060 3_150	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.03	0.05
TR 060 3_160	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.03	0.05
TR 060 3_175	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.04	0.06
TR 060 3_200	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.03	0.05
TR 060 3_210	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.03	0.05
TR 060 3_216	30	45	100	3500	5000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.04	0.06
TR 060 3_250	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.03	0.05
TR 060 3_280	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.03	0.05
TR 060 3_350	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.03	0.05
TR 060 3_400	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.03	0.05
TR 060 3_500	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.03	0.05
TR 060 3_700	30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.03	0.05
TR 060 3_1000	18	35	70	4000	6000	7'	5'	2.0	200	600	700	91	0.03	0.05

**TR**



# TR G 060

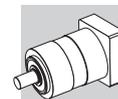
## 25AH ... 80A



TR

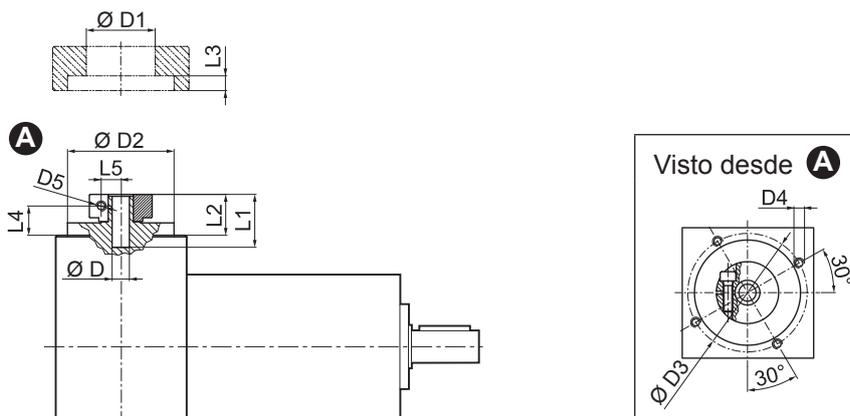
	D											N	N1		N2	N3	N4	N5	L <sub>max</sub>
	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-		min	max					
25AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	25	39	56					
26AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	26	39	56					
28AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	28	39	56					
30AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	30	39	56					
32AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	32	39	56	65	3.5	4.5	25	25
34AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	34	40	56					
36AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	36	42	56					
39AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	39	45	56					
40AH	6	6.35	7	8	9	9.52	-	-	-	-	-	40	46	56					
38B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	38.1	66.6	60	3	M4x10	18	25	
40B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	40	63	60	3	M4x10	18	25	
50A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	50	60	60	3	M4x10	18	25	
50B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	50	65	60	3	M5x12	23	30	
50BH	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	50	65	65	3	5.5	25	32	
50C	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	50	70	60	3	M4x10	23	30	
55MH	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	55	80	65	2	5.5	16	23	
60A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	-	60	75	63	3	M5x12	18	25	
60A1	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	60	75	63	3	M5x12	23	30	
60B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	60	85	75	3	M5x12	23	30	
60C	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	60	90	75	3	M5x12	23	30	
70A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	70	85	75	3	M6x15	23	30	
70B	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	70	90	75	3	M5x12	23	30	
73A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	73	98.4	85	3	M5x12	25	32	
80A	6	6.35	7	8	9	9.52	10	11	12	12.7	14	80	100	85	3	M6x15	23	30	

Por favor, contacte con nosotros para otras bridas y ejes de motor no presente en este catálogo.



# TR G 060

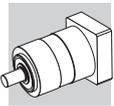
FM



				D1	D2	D3	D4	D5	L1	L2	L3	L4	L5
6	6.35	7		32.5	50	42.5	M4x8	M4	20.2	13.2	3	8.7	8
8	9	9.52	10	32.5	50	42.5	M4x8	M4	20.2	13.2	3	7.8	9
11	12	12.7		35.5	50	42.5	M4x8	M4	20.5	13.5	3	8.5	11
14				35.5	50	42.5	M4x8	M4	24	17	3	10.2	11.5

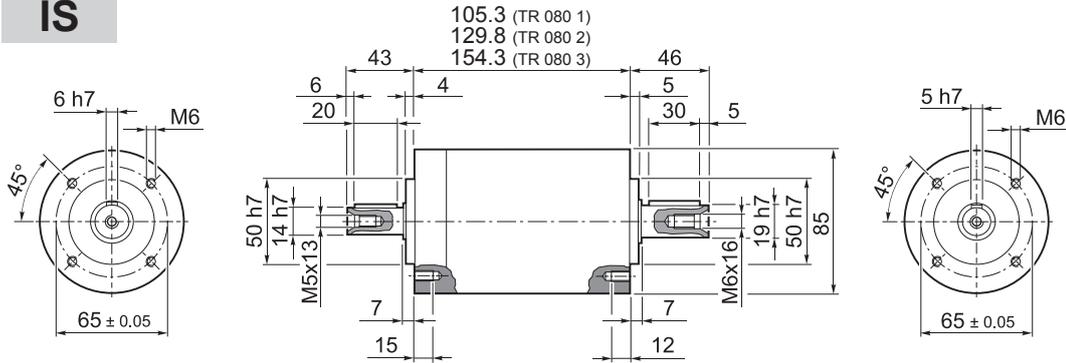
	i	M <sub>n 2</sub>	M <sub>a 2</sub>	M <sub>p 2</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>1 max</sub>	φ <sub>S</sub>	φ <sub>R</sub>	C <sub>t</sub>	R <sub>2 max</sub>	A <sub>2 max</sub>	η	J <sub>G</sub> [kgcm <sup>2</sup> ]	
		[Nm]	[Nm]	[Nm]	[min <sup>-1</sup> ]	[min <sup>-1</sup> ]	[arcmin]	[arcmin]	$\left[ \frac{Nm}{arcmin} \right]$	[N]	[N]	%		6 ... 9.52
TR G 060 2_3		18	35	70	3300	4000	5'	3'	3.0	600	700	94	0.20	0.20
TR G 060 2_4		25	40	90	3500	5000	5'	3'	3.0	600	700	94	0.18	0.20
TR G 060 2_5		25	40	90	3500	5000	5'	3'	3.0	600	700	94	0.17	0.19
TR G 060 2_6		25	40	90	3500	5000	5'	3'	3.0	600	700	94	0.17	0.19
TR G 060 2_7		25	40	90	4000	6000	5'	3'	3.0	600	700	94	0.17	0.19
TR G 060 2_10		18	35	70	4000	6000	5'	3'	3.0	600	700	94	0.17	0.18
TR G 060 3_9		18	35	70	3300	4000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.20	0.21
TR G 060 3_12		30	45	100	3300	4000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.20	0.21
TR G 060 3_15		30	45	100	3300	4000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.19	0.21
TR G 060 3_16		30	45	100	3500	5000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.18	0.20
TR G 060 3_20		30	45	100	3500	5000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.17	0.19
TR G 060 3_25		30	45	100	3500	5000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.17	0.18
TR G 060 3_28		30	45	100	4000	6000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.17	0.19
TR G 060 3_30		18	35	70	4000	6000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.17	0.18
TR G 060 3_35		30	45	100	4000	6000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.18	0.19
TR G 060 3_36		25	40	90	3500	5000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.18	0.19
TR G 060 3_40		30	45	100	4000	6000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.17	0.18
TR G 060 3_50		30	45	100	4000	6000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.17	0.18
TR G 060 3_70		30	45	100	4000	6000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.17	0.18
TR G 060 3_100		18	35	70	4000	6000	5'	3'	2.5	600	700	91	0.17	0.18
TR G 060 4_48		30	45	100	3500	5000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.18	0.20
TR G 060 4_64		30	45	100	3500	5000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.18	0.20
TR G 060 4_75		30	45	100	3500	5000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.19
TR G 060 4_80		30	45	100	3500	5000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.18	0.20
TR G 060 4_84		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.19
TR G 060 4_90		18	35	70	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.18
TR G 060 4_120		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.15	0.17
TR G 060 4_125		30	45	100	3500	5000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.19
TR G 060 4_140		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.19
TR G 060 4_150		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.18
TR G 060 4_160		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.18
TR G 060 4_175		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.19
TR G 060 4_200		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.18
TR G 060 4_210		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.18
TR G 060 4_216		30	45	100	3500	5000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.19
TR G 060 4_250		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.18
TR G 060 4_280		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.18
TR G 060 4_350		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.18
TR G 060 4_400		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.18
TR G 060 4_500		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.18
TR G 060 4_700		30	45	100	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.18
TR G 060 4_1000		18	35	70	4000	6000	7'	5'	2.0	600	700	89	0.17	0.18

TR



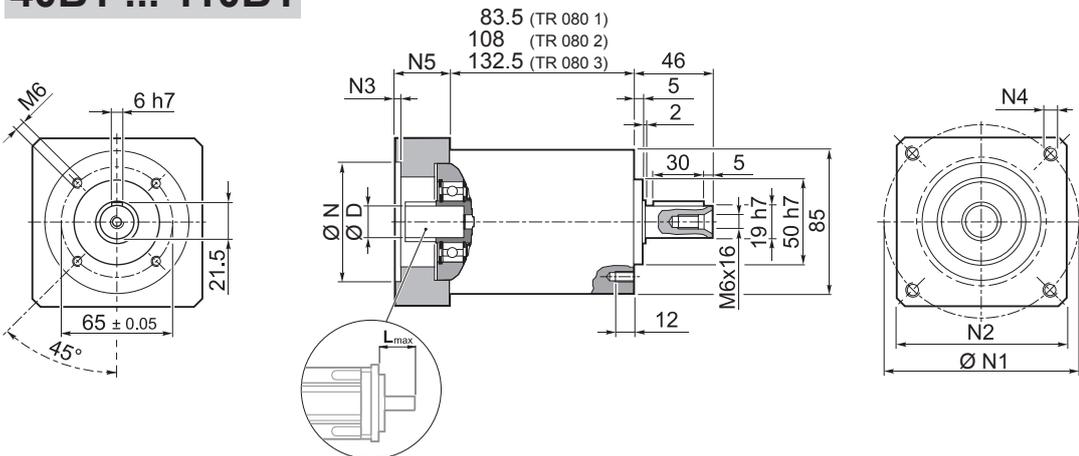
# TR 080

IS



TR 080 1	4.0
TR 080 2	4.6
TR 080 3	5.2

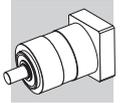
## 40B1 ... 110B1



TR 080 1	4.0
TR 080 2	4.6
TR 080 3	5.2

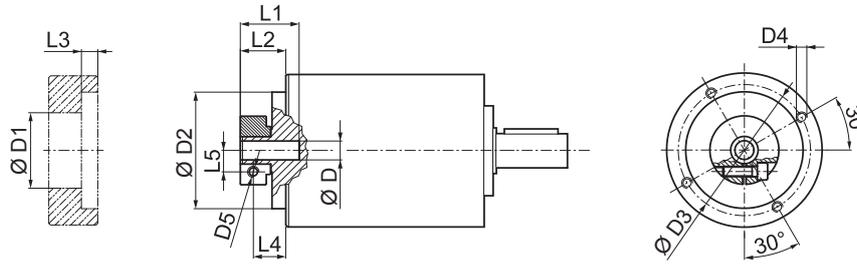
											N	N1	N2	N3	N4	N5	L <sub>max</sub>		
40B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	40	63	80	4	M4x12	34	40	
45A	8	9	9.52	11	12	12.7	-	-	-	-	-	45	63	80	4	M4x12	34	40	
50B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	50	65	80	4	M5x16	34	40	
50BH1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	50	65	80	4	5.5	34	40	
50C1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	50	70	80	4	M4x10	34	40	
50D	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	50	95	80	4	M6x20	34	40	
55A	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	55.5	125.7	105	4	M6x20	34	40
60A2	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	60	75	80	4	M5x16	34	40	
60AH2	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	60	75	90	4	6.5	34	40	
60B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	-	-	60	85	80	4	M5x16	34	40	
60C1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	-	-	60	90	80	4	M5x16	34	40	
70A1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	70	85	80	4	M6x20	34	40
70AH1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	70	85	90	4	6.5	34	40
70B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	70	90	80	4	M5x16	34	40
73A1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	73	98.4	85	4	M5x16	34	40	
80A1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	80	100	90	4	M6x16	34	40
95A	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	95	115	100	4	M8x20	34	40
95B	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	95	130	115	4	M8x20	34	40
110A	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	110	130	115	4	M8x20	34	40
110B	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	110	145	120	6.5	M8x20	44	50
110B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	110	145	120	6.5	M8x20	54	60

Por favor, contacte con nosotros para otras bridas y ejes de motor no presente en este catálogo.



# TR 080

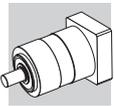
FM



D				D1	D2	D3	D4	D5	L1	L2	L3	L4	L5
8	9	9.52		38	68	76.5	M6x12	M6	32.2	26.3	9.5	19.3	10.5
11	12	12.7		43	68	76.5	M6x12	M6	32.2	26.3	9.5	19.3	12.5
14	15.875	16	17	48	68	76.5	M6x12	M6	32.2	26.3	9.5	19.3	14.5
19	19.05			51	68	76.5	M6x12	M6	32.2	26.3	9.5	19.3	16.5

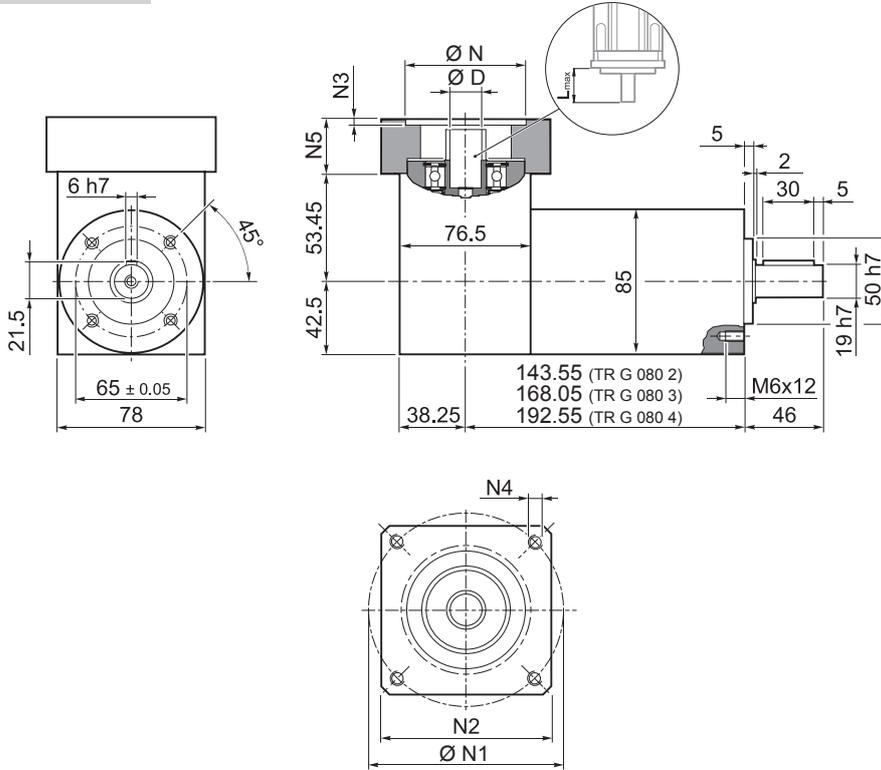
 i	M <sub>n 2</sub>	M <sub>a 2</sub>	M <sub>p 2</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>1 max</sub>	φ <sub>S</sub>	φ <sub>R</sub>	C <sub>t</sub>	R <sub>1 max</sub>	R <sub>2 max</sub>	A <sub>2 max</sub>	η	J <sub>G</sub> [kgcm <sup>2</sup> ]	
	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[min <sup>-1</sup> ]	[min <sup>-1</sup> ]	[arcmin]	[arcmin]	$\left[ \frac{Nm}{arcmin} \right]$	[N]	[N]	[N]	%	8 ... 12.7	14 ... 19.05
TR 080 1_3	40	80	180	2900	3500	5'	3'	8.0	400	2500	3000	97	0.50	0.59
TR 080 1_4	50	80	200	3100	4500	5'	3'	8.0	400	2500	3000	97	0.34	0.43
TR 080 1_5	50	80	200	3200	4500	5'	3'	8.0	400	2500	3000	97	0.28	0.37
TR 080 1_6	50	80	200	3200	4500	5'	3'	8.0	400	2500	3000	97	0.21	0.30
TR 080 1_7	50	80	200	4000	6000	5'	3'	8.0	400	2500	3000	97	0.23	0.32
TR 080 1_10	40	80	180	4000	6000	5'	3'	8.0	400	2500	3000	97	0.20	0.29
TR 080 2_9	40	80	180	2900	3500	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.49	0.58
TR 080 2_12	70	100	250	2900	3500	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.47	0.56
TR 080 2_15	70	100	250	2900	3500	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.46	0.55
TR 080 2_16	70	100	250	3100	4500	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.32	0.41
TR 080 2_20	70	100	250	3200	4500	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.27	0.36
TR 080 2_25	70	100	250	3200	4500	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.27	0.36
TR 080 2_28	70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.22	0.31
TR 080 2_30	40	80	180	4000	6000	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.20	0.29
TR 080 2_35	70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.22	0.31
TR 080 2_36	50	80	200	3200	4500	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.20	0.29
TR 080 2_40	70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.20	0.29
TR 080 2_50	70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.19	0.28
TR 080 2_70	70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.19	0.28
TR 080 2_100	40	80	180	4000	6000	5'	3'	6.5	400	2500	3000	94	0.19	0.28
TR 080 3_48	70	100	250	3100	4500	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.33	0.42
TR 080 3_64	70	100	250	3100	4500	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.32	0.41
TR 080 3_75	70	100	250	3200	4500	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.27	0.36
TR 080 3_80	70	100	250	3100	4500	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.32	0.41
TR 080 3_84	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.23	0.32
TR 080 3_90	40	80	180	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.20	0.29
TR 080 3_120	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.20	0.29
TR 080 3_125	70	100	250	3200	4500	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.27	0.36
TR 080 3_140	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.22	0.31
TR 080 3_150	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.20	0.29
TR 080 3_160	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.20	0.29
TR 080 3_175	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.22	0.31
TR 080 3_200	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.20	0.29
TR 080 3_210	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.20	0.29
TR 080 3_216	70	100	250	3200	4500	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.20	0.29
TR 080 3_250	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.19	0.28
TR 080 3_280	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.19	0.28
TR 080 3_350	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.19	0.28
TR 080 3_400	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.19	0.28
TR 080 3_500	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.19	0.28
TR 080 3_700	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.19	0.28
TR 080 3_1000	40	80	180	4000	6000	7'	5'	5.5	400	2500	3000	91	0.19	0.28

TR



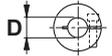
# TR G 080

## 40B1 ... 110B1

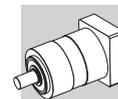


	
TR G 080 2	5.2
TR G 080 3	5.8
TR G 080 4	6.4

TR

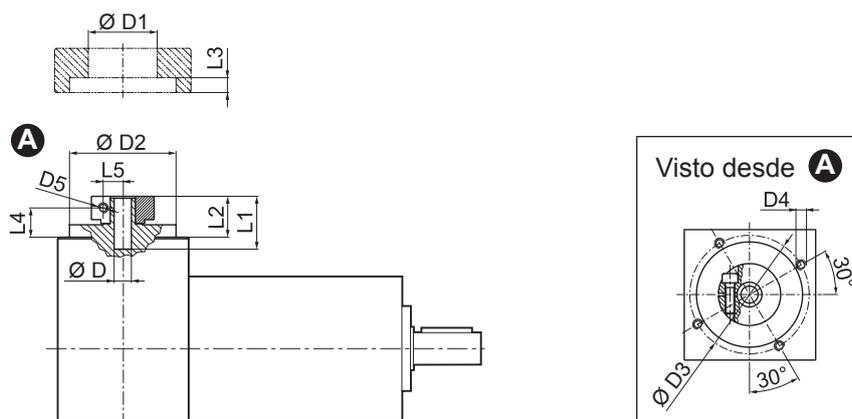
											N	N1	N2	N3	N4	N5	L <sub>max</sub>		
40B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	40	63	80	4	M4x12	34	40	
45A	8	9	9.52	11	12	12.7	-	-	-	-	-	45	63	80	4	M4x12	34	40	
50B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	50	65	80	4	M5x16	34	40	
50BH1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	50	65	80	4	5.5	34	40	
50C1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	50	70	80	4	M4x10	34	40	
50D	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	50	95	80	4	M6x20	34	40	
55A	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	55.5	125.7	105	4	M6x20	34	40
60A2	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	60	75	80	4	M5x16	34	40	
60AH2	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	60	75	90	4	6.5	34	40	
60B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	-	-	60	85	80	4	M5x16	34	40	
60C1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	-	-	60	90	80	4	M5x16	34	40	
70A1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	70	85	80	4	M6x20	34	40
70AH1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	70	85	90	4	6.5	34	40
70B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	70	90	80	4	M5x16	34	40
73A1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	73	98.4	85	4	M5x16	34	40	
80A1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	80	100	90	4	M6x16	34	40
95A	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	95	115	100	4	M8x20	34	40
95B	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	95	130	115	4	M8x20	34	40
110A	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	110	130	115	4	M8x20	34	40
110B	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	110	145	120	6.5	M8x20	44	50
110B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	110	145	120	6.5	M8x20	54	60

Por favor, contacte con nosotros para otras bridas y ejes de motor no presente en este catálogo.



# TR G 080

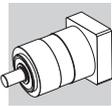
FM



D			D1	D2	D3	D4	D5	L1	L2	L3	L4	L5
8	9	9.52	38	68	76.5	M6x12	M6	32.2	26.3	9.5	19.3	10.5
11	12	12.7	43	68	76.5	M6x12	M6	32.2	26.3	9.5	19.3	12.5
14	15.875	16	48	68	76.5	M6x12	M6	32.2	26.3	9.5	19.3	14.5
19	19.05		51	68	76.5	M6x12	M6	32.2	26.3	9.5	19.3	16.5

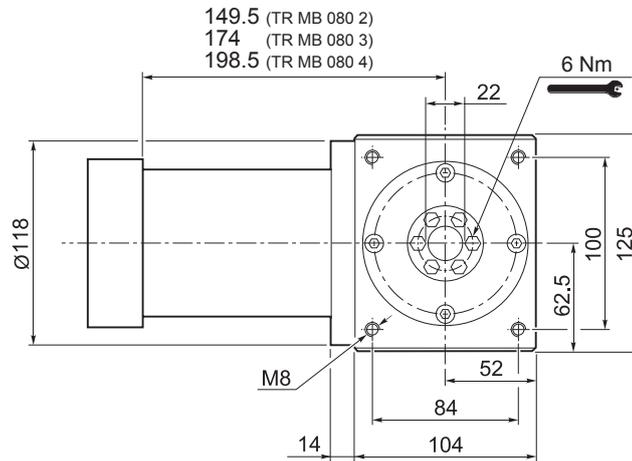
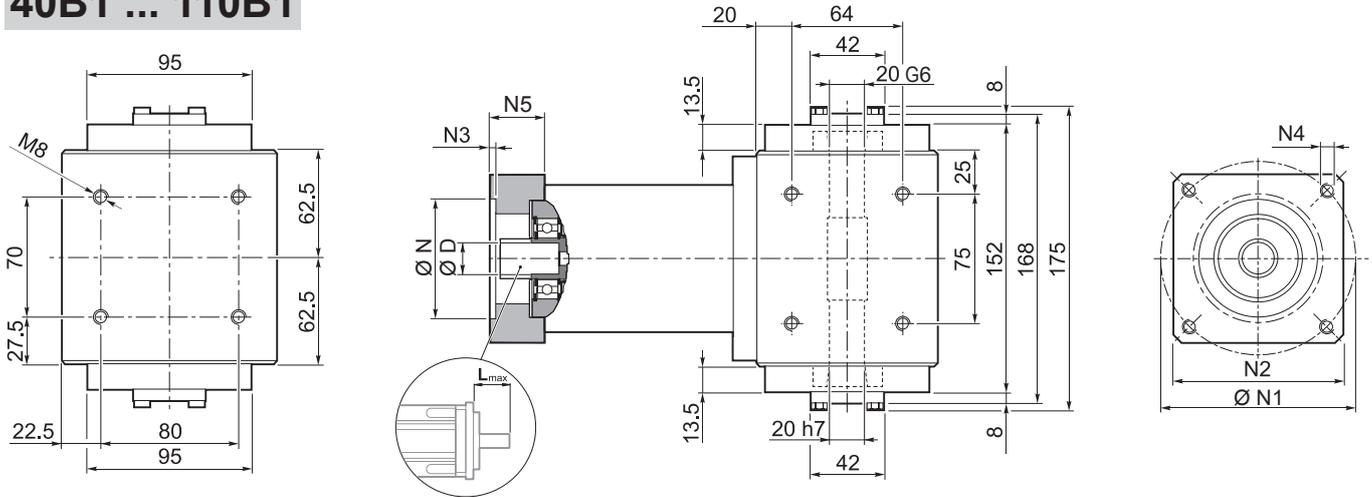
i	M <sub>n2</sub> [Nm]	M <sub>a2</sub> [Nm]	M <sub>p2</sub> [Nm]	n <sub>1</sub> [min <sup>-1</sup> ]	n <sub>1 max</sub> [min <sup>-1</sup> ]	φ <sub>s</sub> [arcmin]	φ <sub>R</sub> [arcmin]	C <sub>t</sub> [Nm/arcmin]	R <sub>2 max</sub> [N]	A <sub>2 max</sub> [N]	η %	J <sub>G</sub> [kgcm <sup>2</sup> ]	
												D	8 ... 12.7
TR G 080 2_3	40	80	180	2900	3500	5'	3'	8.0	2500	3000	94	0.67	0.79
TR G 080 2_4	50	80	200	3100	4500	5'	3'	8.0	2500	3000	94	0.62	0.75
TR G 080 2_5	50	80	200	3200	4500	5'	3'	8.0	2500	3000	94	0.61	0.74
TR G 080 2_6	50	80	200	3200	4500	5'	3'	8.0	2500	3000	94	0.58	0.71
TR G 080 2_7	50	80	200	4000	6000	5'	3'	8.0	2500	3000	94	0.60	0.73
TR G 080 2_10	40	80	180	4000	6000	5'	3'	8.0	2500	3000	94	0.60	0.72
TR G 080 3_9	40	80	180	2900	3500	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.66	0.78
TR G 080 3_12	70	100	250	2900	3500	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.75	0.87
TR G 080 3_15	70	100	250	2900	3500	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.74	0.87
TR G 080 3_16	70	100	250	3100	4500	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.60	0.73
TR G 080 3_20	70	100	250	3200	4500	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.60	0.73
TR G 080 3_25	70	100	250	3200	4500	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.64	0.76
TR G 080 3_28	70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.59	0.72
TR G 080 3_30	40	80	180	4000	6000	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.60	0.72
TR G 080 3_35	70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.61	0.74
TR G 080 3_36	50	80	200	3200	4500	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.57	0.70
TR G 080 3_40	70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.60	0.72
TR G 080 3_50	70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.59	0.71
TR G 080 3_70	70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.59	0.71
TR G 080 3_100	40	80	180	4000	6000	5'	3'	6.5	2500	3000	91	0.59	0.71
TR G 080 4_48	70	100	250	3100	4500	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.61	0.75
TR G 080 4_64	70	100	250	3100	4500	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.60	0.73
TR G 080 4_75	70	100	250	3200	4500	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.60	0.73
TR G 080 4_80	70	100	250	3100	4500	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.60	0.73
TR G 080 4_84	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.60	0.73
TR G 080 4_90	40	80	180	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.60	0.72
TR G 080 4_120	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.60	0.72
TR G 080 4_125	70	100	250	3200	4500	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.60	0.73
TR G 080 4_140	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.59	0.72
TR G 080 4_150	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.60	0.72
TR G 080 4_160	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.60	0.72
TR G 080 4_175	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.59	0.72
TR G 080 4_200	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.60	0.72
TR G 080 4_210	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.60	0.72
TR G 080 4_216	70	100	250	3200	4500	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.57	0.70
TR G 080 4_250	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.59	0.71
TR G 080 4_280	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.59	0.71
TR G 080 4_350	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.59	0.71
TR G 080 4_400	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.59	0.71
TR G 080 4_500	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.59	0.71
TR G 080 4_700	70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.59	0.71
TR G 080 4_1000	40	80	180	4000	6000	7'	5'	5.5	2500	3000	89	0.59	0.71

TR



# TR MB 080

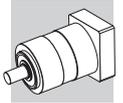
## 40B1 ... 110B1



TR MB 080 2	14.0
TR MB 080 3	15.0
TR MB 080 4	16.0

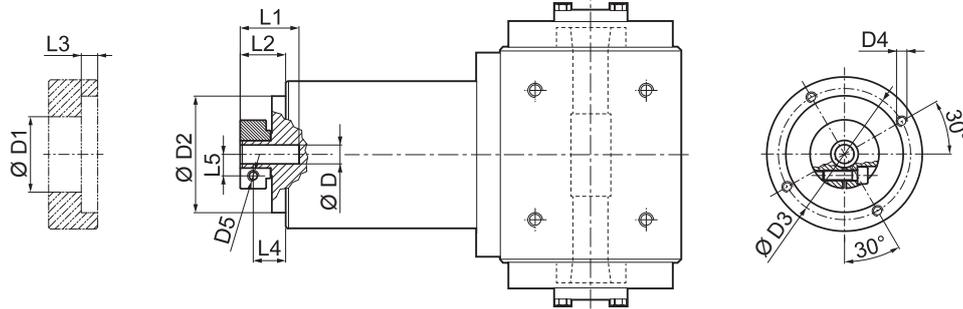
												N	N1	N2	N3	N4	N5	L <sub>max</sub>	
40B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	40	63	80	4	M4x12	34	40	
45A	8	9	9.52	11	12	12.7	-	-	-	-	-	45	63	80	4	M4x12	34	40	
50B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	50	65	80	4	M5x16	34	40	
50BH1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	50	65	80	4	5.5	34	40	
50C1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	50	70	80	4	M4x10	34	40	
50D	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	50	95	80	4	M6x20	34	40	
55A	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	55.5	125.7	105	4	M6x20	34	40
60A2	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	60	75	80	4	M5x16	34	40	
60AH2	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	60	75	90	4	6.5	34	40	
60B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	-	-	60	85	80	4	M5x16	34	40	
60C1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	-	-	60	90	80	4	M5x16	34	40	
70A1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	70	85	80	4	M6x20	34	40
70AH1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	70	85	90	4	6.5	34	40
70B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	70	90	80	4	M5x16	34	40
73A1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	-	-	-	-	73	98.4	85	4	M5x16	34	40	
80A1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	80	100	90	4	M6x16	34	40
95A	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	95	115	100	4	M8x20	34	40
95B	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	95	130	115	4	M8x20	34	40
110A	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	110	130	115	4	M8x20	34	40
110B	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	110	145	120	6.5	M8x20	44	50
110B1	8	9	9.52	11	12	12.7	14	15.875	16	17	19	19.05	110	145	120	6.5	M8x20	54	60

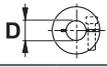
Por favor, contacte con nosotros para otras bridas y ejes de motor no presente en este catálogo.

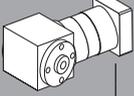


# TR MB 080

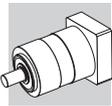
FM



				D1	D2	D3	D4	D5	L1	L2	L3	L4	L5
8	9	9.52		38	68	76.5	M6x12	M6	32.2	26.3	9.5	19.3	10.5
11	12	12.7		43	68	76.5	M6x12	M6	32.2	26.3	9.5	19.3	12.5
14	15.875	16	17	48	68	76.5	M6x12	M6	32.2	26.3	9.5	19.3	14.5
19	19.05			51	68	76.5	M6x12	M6	32.2	26.3	9.5	19.3	16.5

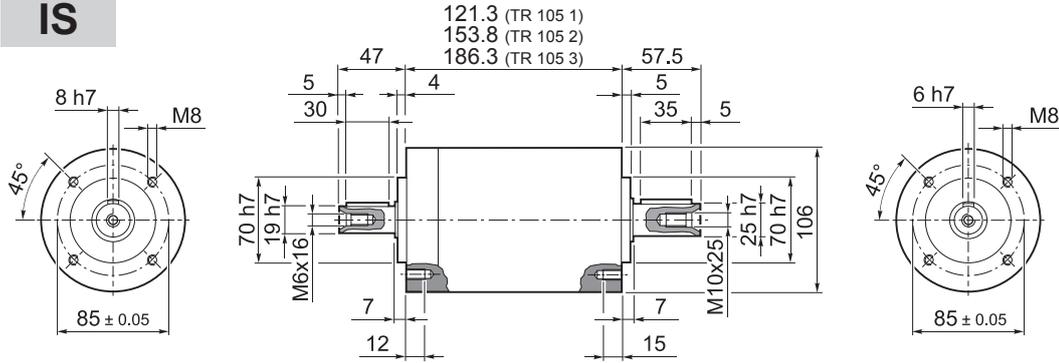
	i	M <sub>n 2</sub>	M <sub>a 2</sub>	M <sub>p 2</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>1 max</sub>	φ <sub>S</sub>	φ <sub>R</sub>	C <sub>t</sub>	η	J <sub>G</sub> [kgcm <sup>2</sup> ]	
		[Nm]	[Nm]	[Nm]	[min <sup>-1</sup> ]	[min <sup>-1</sup> ]	[arcmin]	[Nm/arcmin]	%	8 ... 12.7	14 ... 19.05	
TR MB 080 2_3		40	80	180	2900	3500	5'	3'	8.0	94	0.50	0.59
TR MB 080 2_4		50	80	200	3100	4500	5'	3'	8.0	94	0.34	0.43
TR MB 080 2_5		50	80	200	3200	4500	5'	3'	8.0	94	0.28	0.37
TR MB 080 2_6		50	80	200	3200	4500	5'	3'	8.0	94	0.21	0.30
TR MB 080 2_7		50	80	200	4000	6000	5'	3'	8.0	94	0.23	0.32
TR MB 080 2_10		40	80	180	4000	6000	5'	3'	8.0	94	0.20	0.29
TR MB 080 3_9		40	80	180	2900	3500	5'	3'	6.5	91	0.49	0.58
TR MB 080 3_12		70	100	250	2900	3500	5'	3'	6.5	91	0.47	0.56
TR MB 080 3_15		70	100	250	2900	3500	5'	3'	6.5	91	0.46	0.55
TR MB 080 3_16		70	100	250	3100	4500	5'	3'	6.5	91	0.32	0.41
TR MB 080 3_20		70	100	250	3200	4500	5'	3'	6.5	91	0.27	0.36
TR MB 080 3_25		70	100	250	3200	4500	5'	3'	6.5	91	0.27	0.36
TR MB 080 3_28		70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	91	0.22	0.31
TR MB 080 3_30		40	80	180	4000	6000	5'	3'	6.5	91	0.20	0.29
TR MB 080 3_35		70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	91	0.22	0.31
TR MB 080 3_36		50	80	200	3200	4500	5'	3'	6.5	91	0.20	0.29
TR MB 080 3_40		70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	91	0.20	0.29
TR MB 080 3_50		70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	91	0.19	0.28
TR MB 080 3_70		70	100	250	4000	6000	5'	3'	6.5	91	0.19	0.28
TR MB 080 3_100		40	80	180	4000	6000	5'	3'	6.5	91	0.19	0.28
TR MB 080 4_48		70	100	250	3100	4500	7'	5'	5.5	89	0.33	0.42
TR MB 080 4_64		70	100	250	3100	4500	7'	5'	5.5	89	0.32	0.41
TR MB 080 4_75		70	100	250	3200	4500	7'	5'	5.5	89	0.27	0.36
TR MB 080 4_80		70	100	250	3100	4500	7'	5'	5.5	89	0.32	0.41
TR MB 080 4_84		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.23	0.32
TR MB 080 4_90		40	80	180	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.20	0.29
TR MB 080 4_120		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.20	0.29
TR MB 080 4_125		70	100	250	3200	4500	7'	5'	5.5	89	0.27	0.36
TR MB 080 4_140		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.22	0.31
TR MB 080 4_150		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.20	0.29
TR MB 080 4_160		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.20	0.29
TR MB 080 4_175		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.22	0.31
TR MB 080 4_200		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.20	0.29
TR MB 080 4_210		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.20	0.29
TR MB 080 4_216		70	100	250	3200	4500	7'	5'	5.5	89	0.20	0.29
TR MB 080 4_250		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.19	0.28
TR MB 080 4_280		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.19	0.28
TR MB 080 4_350		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.19	0.28
TR MB 080 4_400		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.19	0.28
TR MB 080 4_500		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.19	0.28
TR MB 080 4_700		70	100	250	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.19	0.28
TR MB 080 4_1000		40	80	180	4000	6000	7'	5'	5.5	89	0.19	0.28

TR



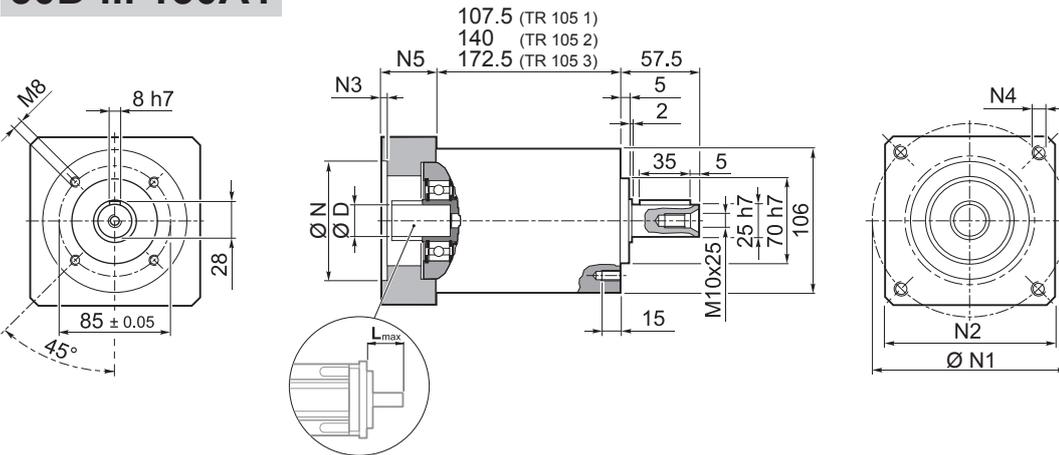
# TR 105

IS



TR 105 1	6.5
TR 105 2	8.5
TR 105 3	10.5

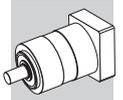
## 50D ... 130A1



TR 105 1	6.5
TR 105 2	8.5
TR 105 3	10.5

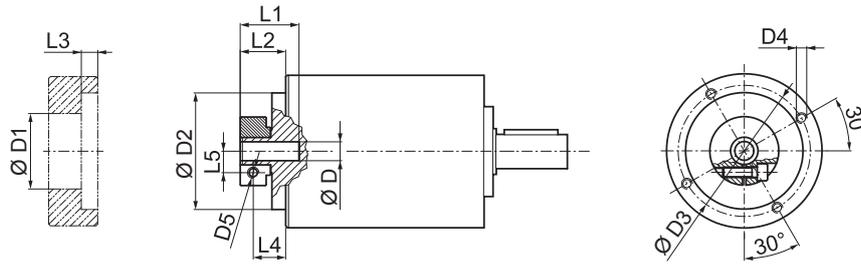
											N	N1	N2	N3	N4	N5	L <sub>max</sub>	
50D	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	50	95	100	5	M6x14	28	40
55A	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	55	125.7	105	5	M6x16	28	40
60A2	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	60	75	100	6.5	M5x14	28	40
60AH2	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	60	75	100	4	6.5	33	40
60B1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	60	85	100	6.5	M5x14	28	40
70A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	70	85	100	6.5	M6x14	28	40
70AH1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	70	85	100	4	6.5	33	40
70B1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	70	90	100	6.5	M5x12	28	40
80A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	80	100	100	6.5	M6x16	28	40
80AH1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	80	100	100	4	6.5	33	40
95A	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	95	115	100	6.5	M8x18	28	40
95A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	-	95	115	100	6.5	M8x18	38	50
95B	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	95	130	115	6.5	M8x18	28	40
110A	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	110	130	115	6.5	M8x18	28	40
110A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	-	110	130	115	6.5	M8x20	38	50
110B	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	-	110	145	120	6.5	M8x20	38	50
110B1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	28	110	145	120	6.5	M8x20	48	60
130A	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	-	130	165	140	6.5	M10x20	38	50
130A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	28	130	165	140	6.5	M10x25	48	60

Por favor, contacte con nosotros para otras bridas y ejes de motor no presente en este catálogo.



# TR 105

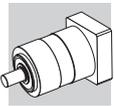
FM



D				D1	D2	D3	D4	D5	L1	L2	L3	L4	L5
11	12	12.7		43	90	98	M6x15	M6	31.5	19.5	7.6	12	12.5
14	15	15.875	16	48	90	98	M6x15	M6	31.5	19.5	7.6	12	14.5
19				51	90	98	M6x15	M6	31.5	19.5	7.6	12	16.5
22	24			56.5	90	98	M6x15	M6	35	23	7.6	12	19
28				67	90	98	M6x15	M8	35	23	7.6	14	22.5
32				71	90	98	M6x15	M8	37	25	7.6	16	24.5

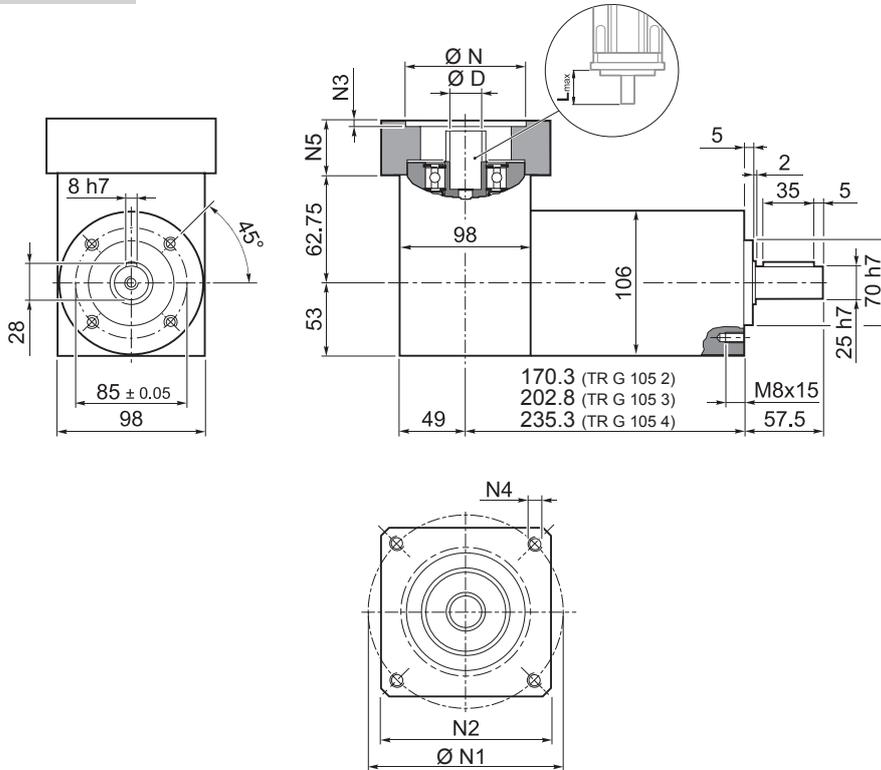
i	M <sub>n2</sub> [Nm]	M <sub>a2</sub> [Nm]	M <sub>p2</sub> [Nm]	n <sub>1</sub> [min <sup>-1</sup> ]	n <sub>1 max</sub> [min <sup>-1</sup> ]	φ <sub>S</sub> [arcmin]	φ <sub>R</sub> [arcmin]	C <sub>t</sub> [Nm/arcmin]	R <sub>1 max</sub> [N]	R <sub>2 max</sub> [N]	A <sub>2 max</sub> [N]	η <sub>1</sub> %	J <sub>G</sub> [kgcm <sup>2</sup> ]			
													D	11 ... 12.7	14 ... 19	22 - 24
TR 105 1_3	100	180	360	2500	3500	5'	3'	24.0	600	3800	4000	97	1.70	1.78	2.22	2.59
TR 105 1_4	140	210	450	2800	4500	5'	3'	24.0	600	3800	4000	97	0.99	1.06	1.51	1.87
TR 105 1_5	140	210	450	3000	4500	5'	3'	24.0	600	3800	4000	97	0.72	0.79	1.23	1.60
TR 105 1_6	140	210	450	3000	4500	5'	3'	24.0	600	3800	4000	97	0.36	0.43	0.88	1.24
TR 105 1_7	140	210	450	3500	5000	5'	3'	24.0	600	3800	4000	97	0.47	0.55	0.99	1.35
TR 105 1_10	100	180	360	3500	5000	5'	3'	24.0	600	3800	4000	97	0.33	0.41	0.85	1.21
TR 105 2_9	100	180	360	2500	3500	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	1.58	1.63	2.07	2.44
TR 105 2_12	170	250	600	2500	3500	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	1.52	1.59	2.03	2.40
TR 105 2_15	170	250	600	2500	3500	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	1.47	1.55	1.99	2.36
TR 105 2_16	170	250	600	2800	4500	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	0.87	0.95	1.39	1.76
TR 105 2_20	170	250	600	3000	4500	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	0.86	0.93	1.37	1.74
TR 105 2_25	170	250	600	3000	4500	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	0.63	0.71	1.15	1.51
TR 105 2_28	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	0.43	0.51	0.95	1.32
TR 105 2_30	100	180	360	3500	5000	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	0.32	0.40	0.84	1.20
TR 105 2_35	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	0.43	0.50	0.95	1.31
TR 105 2_36	140	210	450	3000	4500	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	0.32	0.39	0.84	1.20
TR 105 2_40	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	0.31	0.39	0.83	1.20
TR 105 2_50	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	0.31	0.39	0.83	1.19
TR 105 2_70	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	0.31	0.38	0.83	1.19
TR 105 2_100	100	180	360	3500	5000	5'	3'	21.5	600	3800	4000	94	0.31	0.38	0.83	1.19
TR 105 3_48	170	250	600	2800	4500	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.91	0.98	1.42	1.79
TR 105 3_64	170	250	600	2800	4500	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.87	0.94	1.38	1.75
TR 105 3_75	170	250	600	3000	4500	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.66	0.74	1.18	1.55
TR 105 3_80	170	250	600	2800	4500	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.86	0.94	1.38	1.75
TR 105 3_84	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.44	0.52	0.96	1.33
TR 105 3_90	100	180	360	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.32	0.39	0.84	1.20
TR 105 3_120	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.32	0.39	0.84	1.20
TR 105 3_125	170	250	600	3000	4500	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.63	0.70	1.15	1.51
TR 105 3_140	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.43	0.51	0.95	1.32
TR 105 3_150	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.32	0.39	0.84	1.20
TR 105 3_160	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.31	0.39	0.83	1.21
TR 105 3_175	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.43	0.50	0.95	1.31
TR 105 3_200	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.31	0.39	0.83	1.20
TR 105 3_210	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.32	0.39	0.84	1.20
TR 105 3_216	170	250	600	3000	4500	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.31	0.39	0.83	1.20
TR 105 3_250	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.31	0.39	0.83	1.19
TR 105 3_280	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.31	0.38	0.83	1.19
TR 105 3_350	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.31	0.38	0.83	1.19
TR 105 3_400	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.31	0.38	0.83	1.19
TR 105 3_500	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.31	0.38	0.83	1.19
TR 105 3_700	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.31	0.38	0.83	1.19
TR 105 3_1000	100	180	360	3500	5000	7'	5'	18.0	600	3800	4000	91	0.31	0.38	0.83	1.19

TR



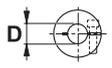
# TR G 105

## 50D ... 130A1

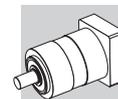


	
TR G 105 2	8.5
TR G 105 3	10.5
TR G 105 4	12.5

TR

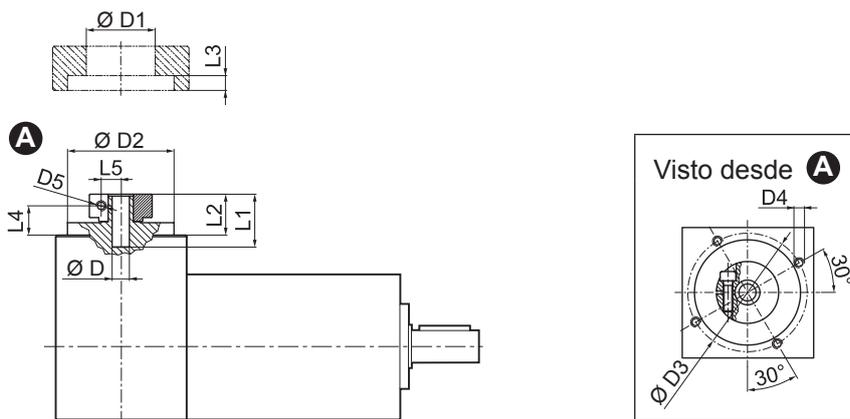
											N	N1	N2	N3	N4	N5	L <sub>max</sub>		
50D	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	-	50	95	100	5	M6x14	28	40
55A	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	-	55	125.7	105	5	M6x16	28	40
60A2	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	-	60	75	100	6.5	M5x14	28	40
60AH2	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	-	60	75	100	4	6.5	33	40
60B1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	-	60	85	100	6.5	M5x14	28	40
70A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	-	70	85	100	6.5	M6x14	28	40
70AH1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	-	70	85	100	4	6.5	33	40
70B1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	-	70	90	100	6.5	M5x12	28	40
80A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	-	80	100	100	6.5	M6x16	28	40
80AH1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	-	80	100	100	4	6.5	33	40
95A	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	-	95	115	100	6.5	M8x18	28	40
95A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	-	-	95	115	100	6.5	M8x18	38	50
95B	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	-	95	130	115	6.5	M8x18	28	40
110A	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	-	-	110	130	115	6.5	M8x18	28	40
110A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	-	-	110	130	115	6.5	M8x20	38	50
110B	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	-	-	110	145	120	6.5	M8x20	38	50
110B1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	28	-	110	145	120	6.5	M8x20	48	60
130A	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	-	-	130	165	140	6.5	M10x20	38	50
130A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	28	32	130	165	140	6.5	M10x25	48	60

Por favor, contacte con nosotros para otras bridas y ejes de motor no presente en este catálogo.



# TR G 105

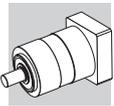
FM



D				D1	D2	D3	D4	D5	L1	L2	L3	L4	L5
11	12	12.7		43	90	98	M6x15	M6	31.5	19.5	7.6	12	12.5
14	15	15.875	16	48	90	98	M6x15	M6	31.5	19.5	7.6	12	14.5
19				51	90	98	M6x15	M6	31.5	19.5	7.6	12	16.5
22	24			56.5	90	98	M6x15	M6	35	23	7.6	12	19
28				67	90	98	M6x15	M8	35	23	7.6	14	22.5
32				71	90	98	M6x15	M8	37	25	7.6	16	24.5

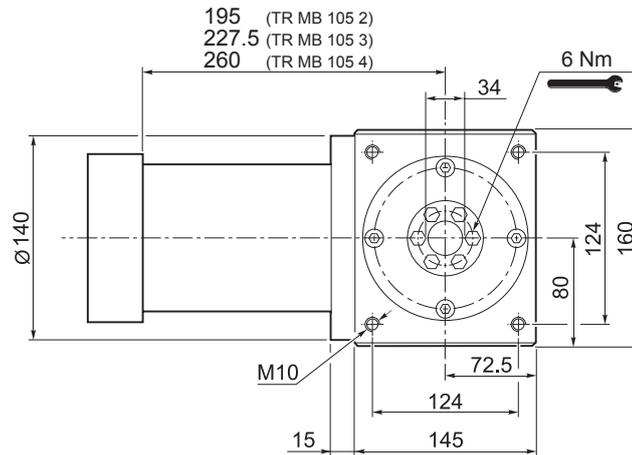
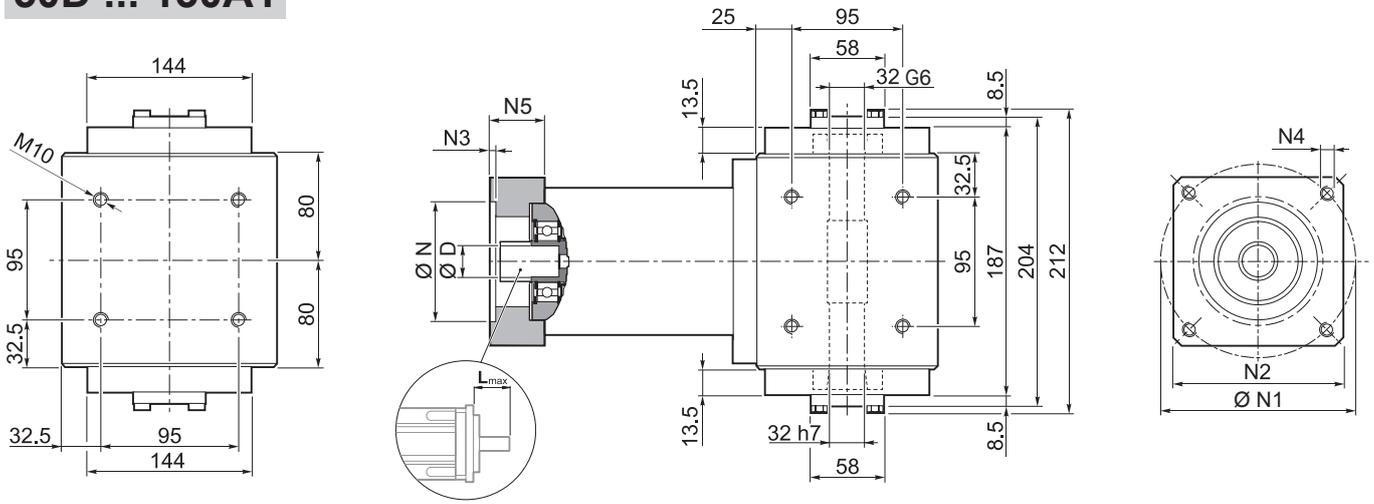
i	M <sub>n 2</sub> [Nm]	M <sub>a 2</sub> [Nm]	M <sub>p 2</sub> [Nm]	n <sub>1</sub> [min <sup>-1</sup> ]	n <sub>1 max</sub> [min <sup>-1</sup> ]	Φ <sub>S</sub> [arcmin]	Φ <sub>R</sub> [arcmin]	C <sub>t</sub> [Nm/arcmin]	R <sub>2 max</sub> [N]	A <sub>2 max</sub> [N]	η %	J <sub>G</sub> [kgcm <sup>2</sup> ]			
												D			
												11 ... 12.7	14 ... 19	22 - 24	28 - 32
TR G 105 2_3	100	180	360	2500	3500	5'	3'	24.0	3800	4000	94	1.85	2.01	2.33	3.07
TR G 105 2_4	140	210	450	2800	4500	5'	3'	24.0	3800	4000	94	1.14	1.29	1.62	2.35
TR G 105 2_5	140	210	450	3000	4500	5'	3'	24.0	3800	4000	94	1.07	1.21	1.34	2.08
TR G 105 2_6	140	210	450	3000	4500	5'	3'	24.0	3800	4000	94	0.87	1.02	1.16	1.89
TR G 105 2_7	140	210	450	3500	5000	5'	3'	24.0	3800	4000	94	0.98	1.14	1.27	2.00
TR G 105 2_10	100	180	360	3500	5000	5'	3'	24.0	3800	4000	94	0.94	1.09	1.23	1.95
TR G 105 3_9	100	180	360	2500	3500	5'	3'	21.5	3800	4000	91	1.76	1.86	2.18	2.92
TR G 105 3_12	170	250	600	2500	3500	5'	3'	21.5	3800	4000	91	1.60	1.75	2.14	2.88
TR G 105 3_15	170	250	600	2500	3500	5'	3'	21.5	3800	4000	91	1.57	1.73	2.10	2.84
TR G 105 3_16	170	250	600	2800	4500	5'	3'	21.5	3800	4000	91	1.02	1.18	1.50	2.24
TR G 105 3_20	170	250	600	3000	4500	5'	3'	21.5	3800	4000	91	1.20	1.35	1.48	2.22
TR G 105 3_25	170	250	600	3000	4500	5'	3'	21.5	3800	4000	91	1.13	1.29	1.42	2.15
TR G 105 3_28	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	3800	4000	91	0.94	1.10	1.23	1.97
TR G 105 3_30	100	180	360	3500	5000	5'	3'	21.5	3800	4000	91	0.93	1.08	1.22	1.94
TR G 105 3_35	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	3800	4000	91	1.02	1.17	1.31	2.04
TR G 105 3_36	140	210	450	3000	4500	5'	3'	21.5	3800	4000	91	0.83	0.98	1.12	1.85
TR G 105 3_40	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	3800	4000	91	0.96	1.11	1.25	1.98
TR G 105 3_50	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	3800	4000	91	0.96	1.11	1.25	1.98
TR G 105 3_70	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	3800	4000	91	0.92	1.06	1.21	1.93
TR G 105 3_100	100	180	360	3500	5000	5'	3'	21.5	3800	4000	91	0.92	1.06	1.21	1.93
TR G 105 4_48	170	250	600	2800	4500	7'	5'	18.0	3800	4000	89	1.06	1.21	1.53	2.27
TR G 105 4_64	170	250	600	2800	4500	7'	5'	18.0	3800	4000	89	1.02	1.17	1.49	2.23
TR G 105 4_75	170	250	600	3000	4500	7'	5'	18.0	3800	4000	89	1.00	1.16	1.29	2.03
TR G 105 4_80	170	250	600	2800	4500	7'	5'	18.0	3800	4000	89	1.01	1.17	1.49	2.23
TR G 105 4_84	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.95	1.11	1.24	1.98
TR G 105 4_90	100	180	360	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.93	1.07	1.22	1.94
TR G 105 4_120	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.93	1.07	1.22	1.94
TR G 105 4_125	170	250	600	3000	4500	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.97	1.12	1.26	1.99
TR G 105 4_140	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.94	1.10	1.23	1.97
TR G 105 4_150	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.93	1.07	1.22	1.94
TR G 105 4_160	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.92	1.07	1.21	1.96
TR G 105 4_175	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.94	1.09	1.23	1.96
TR G 105 4_200	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.92	1.07	1.21	1.94
TR G 105 4_210	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.93	1.07	1.22	1.94
TR G 105 4_216	170	250	600	3000	4500	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.83	0.98	1.11	1.85
TR G 105 4_250	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.92	1.07	1.21	1.93
TR G 105 4_280	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.92	1.06	1.21	1.93
TR G 105 4_350	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.92	1.06	1.21	1.93
TR G 105 4_400	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.92	1.06	1.21	1.93
TR G 105 4_500	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.92	1.06	1.21	1.93
TR G 105 4_700	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.92	1.06	1.21	1.93
TR G 105 4_1000	100	180	360	3500	5000	7'	5'	18.0	3800	4000	89	0.92	1.06	1.21	1.93

TR



# TR MB 105

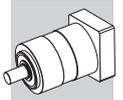
## 50D ... 130A1



TR MB 105 2	32
TR MB 105 3	34
TR MB 105 4	36

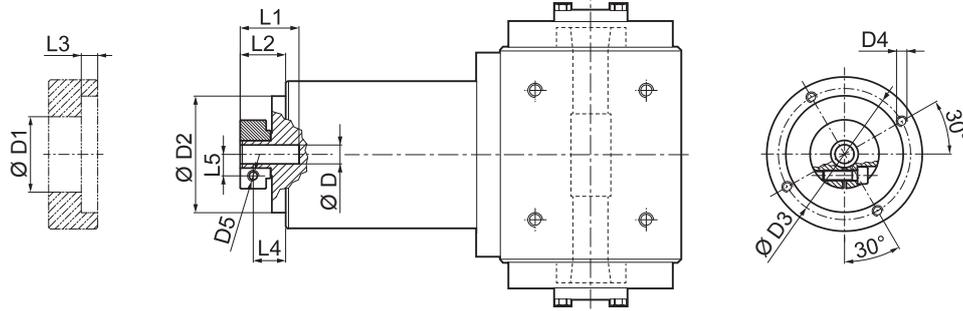
	D										N	N1	N2	N3	N4	N5	L <sub>max</sub>
	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-							
50D	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	50	95	100	5	M6x14	28	40
55A	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	55	125.7	105	5	M6x16	28	40
60A2	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	60	75	100	6.5	M5x14	28	40
60AH2	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	60	75	100	4	6.5	33	40
60B1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	60	85	100	6.5	M5x14	28	40
70A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	70	85	100	6.5	M6x14	28	40
70AH1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	70	85	100	4	6.5	33	40
70B1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	70	90	100	6.5	M5x12	28	40
80A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	80	100	100	6.5	M6x16	28	40
80AH1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	80	100	100	4	6.5	33	40
95A	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	95	115	100	6.5	M8x18	28	40
95A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	95	115	100	6.5	M8x18	38	50
95B	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	95	130	115	6.5	M8x18	28	40
110A	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	-	-	110	130	115	6.5	M8x18	28	40
110A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	110	130	115	6.5	M8x20	38	50
110B	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	110	145	120	6.5	M8x20	38	50
110B1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	110	145	120	6.5	M8x20	48	60
130A	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	130	165	140	6.5	M10x20	38	50
130A1	11	12	12.7	14	15	15.875	16	19	22	24	130	165	140	6.5	M10x25	48	60

Por favor, contacte con nosotros para otras bridas y ejes de motor no presente en este catálogo.



# TR MB 105

FM



D				D1	D2	D3	D4	D5	L1	L2	L3	L4	L5
11	12	12.7		43	90	98	M6x15	M6	31.5	19.5	7.6	12	12.5
14	15	15.875	16	48	90	98	M6x15	M6	31.5	19.5	7.6	12	14.5
19				51	90	98	M6x15	M6	31.5	19.5	7.6	12	16.5
22	24			56.5	90	98	M6x15	M6	35	23	7.6	12	19
28				67	90	98	M6x15	M8	35	23	7.6	14	22.5
32				71	90	98	M6x15	M8	37	25	7.6	16	24.5

i	M <sub>n 2</sub> [Nm]	M <sub>a 2</sub> [Nm]	M <sub>p 2</sub> [Nm]	n <sub>1</sub> [min <sup>-1</sup> ]	n <sub>1 max</sub> [min <sup>-1</sup> ]	Ψ <sub>S</sub> [arcmin]	Ψ <sub>R</sub> [arcmin]	C <sub>t</sub> [ Nm / arcmin ]	η %	J <sub>G</sub> [kgcm <sup>2</sup> ]			
										D			
										11 ... 12.7	14 ... 19	22 - 24	28 - 32
TR MB 105 2_3	100	180	360	2500	3500	5'	3'	24.0	94	1.70	1.78	2.22	2.59
TR MB 105 2_4	140	210	450	2800	4500	5'	3'	24.0	94	0.99	1.06	1.51	1.87
TR MB 105 2_5	140	210	450	3000	4500	5'	3'	24.0	94	0.72	0.79	1.23	1.60
TR MB 105 2_6	140	210	450	3000	4500	5'	3'	24.0	94	0.36	0.43	0.88	1.24
TR MB 105 2_7	140	210	450	3500	5000	5'	3'	24.0	94	0.47	0.55	0.99	1.35
TR MB 105 2_10	100	180	360	3500	5000	5'	3'	24.0	94	0.33	0.41	0.85	1.21
TR MB 105 3_9	100	180	360	2500	3500	5'	3'	21.5	91	1.58	1.63	2.07	2.44
TR MB 105 3_12	170	250	600	2500	3500	5'	3'	21.5	91	1.52	1.59	2.03	2.40
TR MB 105 3_15	170	250	600	2500	3500	5'	3'	21.5	91	1.47	1.55	1.99	2.36
TR MB 105 3_16	170	250	600	2800	4500	5'	3'	21.5	91	0.87	0.95	1.39	1.76
TR MB 105 3_20	170	250	600	3000	4500	5'	3'	21.5	91	0.86	0.93	1.37	1.74
TR MB 105 3_25	170	250	600	3000	4500	5'	3'	21.5	91	0.63	0.71	1.15	1.51
TR MB 105 3_28	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	91	0.43	0.51	0.95	1.32
TR MB 105 3_30	100	180	360	3500	5000	5'	3'	21.5	91	0.32	0.40	0.84	1.20
TR MB 105 3_35	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	91	0.43	0.50	0.95	1.31
TR MB 105 3_36	140	210	450	3000	4500	5'	3'	21.5	91	0.32	0.39	0.84	1.20
TR MB 105 3_40	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	91	0.31	0.39	0.83	1.20
TR MB 105 3_50	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	91	0.31	0.39	0.83	1.19
TR MB 105 3_70	170	250	600	3500	5000	5'	3'	21.5	91	0.31	0.38	0.83	1.19
TR MB 105 3_100	100	180	360	3500	5000	5'	3'	21.5	91	0.31	0.38	0.83	1.19
TR MB 105 4_48	170	250	600	2800	4500	7'	5'	18.0	89	0.91	0.98	1.42	1.79
TR MB 105 4_64	170	250	600	2800	4500	7'	5'	18.0	89	0.87	0.94	1.38	1.75
TR MB 105 4_75	170	250	600	3000	4500	7'	5'	18.0	89	0.66	0.74	1.18	1.55
TR MB 105 4_80	170	250	600	2800	4500	7'	5'	18.0	89	0.86	0.94	1.38	1.75
TR MB 105 4_84	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.44	0.52	0.96	1.33
TR MB 105 4_90	100	180	360	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.32	0.39	0.84	1.20
TR MB 105 4_120	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.32	0.39	0.84	1.20
TR MB 105 4_125	170	250	600	3000	4500	7'	5'	18.0	89	0.63	0.70	1.15	1.51
TR MB 105 4_140	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.43	0.51	0.95	1.32
TR MB 105 4_150	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.32	0.39	0.84	1.20
TR MB 105 4_160	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.31	0.39	0.83	1.21
TR MB 105 4_175	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.43	0.50	0.95	1.31
TR MB 105 4_200	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.31	0.39	0.83	1.20
TR MB 105 4_210	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.32	0.39	0.84	1.20
TR MB 105 4_216	170	250	600	3000	4500	7'	5'	18.0	89	0.31	0.39	0.83	1.20
TR MB 105 4_250	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.31	0.39	0.83	1.19
TR MB 105 4_280	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.31	0.38	0.83	1.19
TR MB 105 4_350	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.31	0.38	0.83	1.19
TR MB 105 4_400	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.31	0.38	0.83	1.19
TR MB 105 4_500	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.31	0.38	0.83	1.19
TR MB 105 4_700	170	250	600	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.31	0.38	0.83	1.19
TR MB 105 4_1000	100	180	360	3500	5000	7'	5'	18.0	89	0.31	0.38	0.83	1.19

TR