

6 -2020

Proyecto de Reconstrucción del Ingenio de Zubiaurre

Adaptación y reutilización sobre el
Pisuerga



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

Diego Gómez García

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

Proyecto de Recuperación del Ingenio de Zubiaurre

Autor:

Gómez García, Diego

Tutor:

**Suárez Sánchez, Raquel
Departamento de Expresión
Gráfica en la Ingeniería**

Valladolid, junio de 2020.

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El TFG trata de la reconstrucción del Ingenio de Zubiaurre, una máquina situada en el río Pisuerga en el Siglo XVII. Esta máquina tenía la función de bombear agua del río mediante 4 bombas de émbolo, las cuales se hacían funcionar mediante dos ruedas hidráulicas que aprovechaban la energía de un salto de agua. El TFG tiene como objetivo hacer una reconstrucción fiel visualmente y aumentar su potencia y reducir sus pérdidas para que, además de recuperar un elemento histórico para la ciudad de Valladolid, pueda ser útil en la actualidad.

Ingenio, reconstrucción, hidráulica, eficiencia, Pisuerga.

ABSTRACT AND KEYWORDS

The final degree Project is about the recreation of “Ingenio de Zubiaurre”, a machine placed in Pisuerga river in the XVII century. This machine had the function of pumping water from the river trough 4 plunger pumps. Two hydraulic wheels moved them using the energy from a waterfall. The final degree project objective is to make a reliable, more powerful, less power losses and currently useful recreation that recover a historic element from the city of Valladolid.

Inventiveness, recreation, hydraulics, efficiency, Pisuerga.

AGRADECIMIENTOS

- Nicolás García Tapia, autor de la información histórica y tutor del PFC referente al Ingenio de Zubiaurre.
- Mario Martínez Merino, Ingeniero Químico y gran apoyo durante la realización del proyecto.
- Samuel Sancho González, Técnico de Mecanizado, ayudó en la composición del Presupuesto.
- Vicente Muñoz Pascual, Arquitecto y miembro de la Asociación de Amigos del Pisuerga que prestó su ayuda para conocer el terreno del emplazamiento del Ingenio de Zubiaurre y además me proporcionó bibliografía histórica.
- La Confederación Hidrográfica del Duero, en especial Ana Guardo e Inmaculada Rodríguez que me ayudaron a encontrar datos físicos del río Pisuerga.
- Mario Rodríguez García, Arquitecto del Ayuntamiento de Valladolid, que nos facilitó el contacto con varios técnicos, municipales y de otras empresas y asociaciones.
- María José González, técnico responsable de AQUAVAL, que nos facilitó el acceso al antiguo de edificio donde estaba el Ingenio de Zubiaurre.
- Francisco A. Pérez Nieto, Ingeniero del Servicio de Espacios públicos e infraestructuras del Ayuntamiento de Valladolid, quien facilitó información fotográfica y técnica sobre la reforma del “Edificio de toma de emergencia de agua del Pisuerga”.
- Oscar Burón Rodrigo, Arquitecto del Ayuntamiento de Valladolid, quien facilitó varias fotografías para el análisis histórico, y el documento con la propuesta de incoación del Puente Mayor de Valladolid como Bien de Interés Cultural.

ÍNDICE

- DOCUMENTO I: MEMORIA11
- DOCUMENTO II: CÁLCULOS103
- DOCUMENTO III: PLANOS.....173
- DOCUMENTO IV: PLIEGO DE CONDICIONES.....213
- DOCUMENTO V: PRESUPUESTO.....273

I. MEMORIA



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	19
2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO	21
3. ANÁLISIS PRELIMINAR	22
3.1 Contexto histórico.....	22
3.2 Pedro Zubiaurre.....	22
3.3 El ingenio de Zubiaurre en Valladolid.....	25
3.4 Funcionamiento del Ingenio de Zubiaurre.....	31
3.5 Historia de los elementos principales del Ingenio de Zubiaurre.....	32
<input type="checkbox"/> 3.5.1 Ruedas Hidráulicas	32
<input type="checkbox"/> 3.5.2 Bombas de émbolo	32
3.6 Materiales	34
3.7 Localización y tipos.....	34
<input type="checkbox"/> 3.7.1 Artificio de Juanelo:.....	35
<input type="checkbox"/> 3.7.2 La Bomba de Londres:.....	36
4. Requerimientos	37
5. Desarrollo del proyecto	39
5.1 Anteproyecto	39
<input type="checkbox"/> 5.1.1 Función	39
<input type="checkbox"/> 5.1.2 Localización:.....	39
<input type="checkbox"/> 5.1.3 Descripción general:	39
<input type="checkbox"/> 5.1.4 Edificio del ingenio:.....	40
<input type="checkbox"/> 5.1.5 Ruedas Hidráulicas:.....	40
<input type="checkbox"/> 5.1.6 Bombas de émbolo:.....	40
<input type="checkbox"/> 5.1.7 Funcionamiento:.....	41
5.2 Consideraciones técnicas y dimensionales.....	42
<input type="checkbox"/> 5.2.1 Altura de la bomba	42
<input type="checkbox"/> 5.2.2. Impulsión por cadena	42
<input type="checkbox"/> 5.2.3 Corredera del mecanismo de transmisión	43
<input type="checkbox"/> 5.2.4 Baquetones	44
<input type="checkbox"/> 5.2.5 Lunetos	44
<input type="checkbox"/> 5.2.6 Edificio del Ingenio	44



<input type="checkbox"/>	5.2.7. Conducciones de agua	45
<input type="checkbox"/>	5.2.8 Salto de agua.....	45
5.3	Descripción del nuevo sistema de funcionamiento.....	47
5.4	Descripción de componentes.....	49
<input type="checkbox"/>	5.4.1 Rueda Hidráulica.....	49
<input type="checkbox"/>	5.4.2 Estructura	54
<input type="checkbox"/>	5.4.3 Mecanismo de transmisión	57
<input type="checkbox"/>	5.4.4 Bomba de émbolo	61
<input type="checkbox"/>	5.4.5 Elementos de apoyo en la estructura.....	66
<input type="checkbox"/>	5.4.6 Elementos auxiliares.....	70
5.5	Instrucciones de montaje	72
<input type="checkbox"/>	5.5.1 Edificio del Ingenio	72
<input type="checkbox"/>	5.5.2 Estructura	73
<input type="checkbox"/>	5.5.3 Montaje Ruedas Hidráulicas	73
<input type="checkbox"/>	5.5.4 Montaje de Ruedas y Eje sobre Estructura	73
<input type="checkbox"/>	5.5.5 Montaje de Manivelas.....	73
<input type="checkbox"/>	5.5.6 Montaje De Balancines.....	74
<input type="checkbox"/>	5.5.7 Montaje de Lunetos	74
<input type="checkbox"/>	5.5.8 Montaje de Bombas.....	74
<input type="checkbox"/>	5.5.9 Montaje de Biela	75
<input type="checkbox"/>	5.5.10 Montaje Pistón - Baquetón	75
<input type="checkbox"/>	5.5.11 Montaje Baquetón - Luneto	75
<input type="checkbox"/>	5.5.12 Montaje de Cadenas.....	75
<input type="checkbox"/>	5.5.13 Montaje tuberías.....	75
5.5	Materiales.....	76
<input type="checkbox"/>	5.5.1 Materiales del edificio.....	76
<input type="checkbox"/>	5.5.2 Tabla de materiales del Ingenio de Zubiaurre	77
<input type="checkbox"/>	5.5.3 Recubrimientos	79
6.	Conclusiones y líneas futuras.....	81
6.1	Conclusiones.....	81
6.2	Líneas futuras.....	83
7.	Bibliografía	85
8.	Anexos	87
8.1	Anexo 1.....	87



8.2	Anexo 2	90
8.3	Anexo 3	93
8.4	Anexo 4	95
8.5	Anexo 5	99
8.6	Anexo 6	100
8.7	Anexo 7	101



ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1: Tower of London, donde fue encerrado Pedro Zubiaurre (fuente: elaboración propia)	23
figura 2: Lugar del posible emplazamiento de la bomba de Londres, tomada desde el puente de Londres (fuente: elaboración propia)	24
figura 3: Plano del Puente Mayor donde se ve el edificio del ingenio. Ventura Seco, 1738 (fuente: ayuntamiento de Valladolid)	26
figura 4: Puente Mayor, aceñas y el edificio del Ingenio de Zubiaurre (izquierda), 1855 (fuente: ayuntamiento de Valladolid)	28
figura 5: Fotografía del edificio del ingenio, junto a la fábrica de algodón, 1900 (fuente: ayuntamiento de Valladolid)	28
figura 6: Alzado lateral de la fábrica de Harinas y planta del edificio del ingenio. (fuente: Las Fábricas de harina de Valladolid)	29
figura 7: Interior del edificio del ingenio en la actualidad, enero de 2020 (fuente: elaboración propia)	29
figura 8: Exterior del edificio del ingenio en la actualidad, enero de 2020 (fuente: elaboración propia)	30
figura 9: Reconstrucción del Ingenio de Zubiaurre (fuente: GARCÍA TAPIA NICOLÁS, “Conocer Valladolid 2011, V Curso de patrimonio cultural”, pág. 87)	31
figura 10: bomba de desplazamiento positivo	33
figura 11: Tabla de materiales del ingenio del siglo XVII	34
figura 12: Lugar del emplazamiento del proyecto	34
figura 13: Dibujo del Artificio de Juanelo (fuente: GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, Lámina I, figura 1)	35
figura 14: Representación de la Bomba de Londres, segunda edición del libro de Bate, The Mysteries of Nature and Art, publicado en 1635	36
figura 15: Huerta del Rey con el edificio del Ingenio, Ilustración de Ventura Pérez para la Historia de Valladolid de Juan Antolínez de Burgos (fuente: Ayuntamiento de Valladolid)	45
figura 16: Dibujo del Ingenio por Nicolás García Tapia (fuente: “Ingeniería y Arquitectura en el renacimiento español”, pág. 316)	47
figura 17: Ingenio de Zubiaurre del siglo XXI	48
figura 18: Rueda hidráulica diseñada en CATIA	50
figura 19: Eje de la rueda hidráulica	51
figura 20: Llanta de la rueda hidráulica	52
figura 21: Cara lateral de la rueda hidráulica	52
figura 22: Radio de la rueda y detalles del contacto con llanta y eje	53
figura 23: Pala de la rueda hidráulica	53
figura 24: Estructura	56
figura 25: Mecanismo de transmisión	57



figura 26: Manivela	58
figura 27: Biela	58
figura 28: Partes anterior y posterior del Balancín	59
figura 29: Cadena.....	59
figura 30: Parte posterior del Luneto	60
figura 31: Baquetón	60
figura 32: Conjunto Bomba de émbolo.....	61
figura 33: Cuerpo de la bomba.....	62
figura 34: Alcachofa	63
figura 35: Pistón	63
figura 36: Acople Bomba-Pilar	64
figura 37: Válvula de aspiración e impulsión	65
figura 38: Tubería	65
figura 39: Eje de la rueda hidráulica.....	66
figura 40: Eje de balancines y lunetos.....	67
figura 41: Acople eje rueda hidráulica	67
figura 42: Acople del eje de balancines y lunetos.....	68
figura 43: Soporte tubería.....	69
figura 44: Bulón Pistón-Baquetón	69
figura 45: Comparación visual de ambas máquinas	81



1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto ha sido propuesto por la profesora Dña. Raquel Suárez Sánchez como Trabajo de Fin de Grado del Grado en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Valladolid al alumno Diego Gómez García.

El proyecto está dentro del ámbito de la arqueología industrial, y consiste en la reconstrucción y adaptación a la actualidad del Ingenio de Pedro Zubiaurre, que fue una máquina situada en la localidad de Valladolid en el siglo XVII, en la orilla del río Pisuerga, junto al Puente Mayor, y que tenía la función de elevar el agua del Pisuerga a los jardines y huertas del Palacio del duque de Lerma, aprovechando la propia energía del agua del río.

Se busca realizar una reconstrucción de la máquina, pero no una reconstrucción histórica, sino una reconstrucción adaptada al siglo XXI, con la misma filosofía y la misma apariencia que la máquina del siglo XVII pero buscando la eficiencia tanto en el aprovechamiento de la energía como en la reducción de pérdidas y la capacidad de bombeo.

Se está proponiendo suministrar de un caudal de agua a la ciudad de Valladolid a coste energético cero, lo cual entra dentro del contexto ecologista que actualmente vivimos, tanto en no dejar huella ecológica como en el aprovechamiento de la energía renovable.

Además se recupera un elemento histórico para la ciudad, que aparece en numerosas pinturas de la época y que tiene una fuerte relación con el traslado de la Corte de Felipe III a Valladolid. Además permitirá a los habitantes y visitantes de la ciudad conocer un poco más su historia ya que actualmente o se desconoce o se cree aún que era la “rueda de Juanelo”.

El proyecto se inicia con el trabajo de investigación sobre el Ingenio de Zubiaurre, de Nicolás García Tapia¹, que servirá muy bien para dar al proyecto un contexto histórico y dar unas primeras condiciones para iniciar el diseño, aunque este parte prácticamente de cero ya que apenas se conocen datos sobre la máquina y ciertos elementos tienen fallos de interpretación que necesitan ser corregidos para el correcto funcionamiento de la máquina.

El proyecto engloba buena parte de lo estudiado en el grado en Ingeniería Mecánica, desde la mecánica de fluidos, pasando por la mecánica de máquinas y mecanismos y su diseño, hasta el diseño asistido por ordenador, por mencionar las que más atañen a este proyecto. De esta forma, todo lo aprendido en el grado se aúna en este trabajo y me da la capacidad para

¹ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, pags.299-324



realizar el proyecto para que incluso pueda ser un proyecto real y no solo un trabajo de fin de grado.



2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto es la elaboración del proyecto técnico del ingenio de Zubiaurre actualizado y adaptado al siglo XXI, de manera que permita su posible reconstrucción y ubicación junto al mismo lugar donde inicialmente se situó la antigua máquina, aprovechando así el azud o salto de agua que todavía existe en la actualidad.

La máquina tendrá que tener el mismo aspecto, la misma fuente de energía (el agua del río Pisuerga) y la misma función, que será subir el agua del río, adaptándolo al uso que se le daría en la actualidad.

Se buscará una optimización del rendimiento del Ingenio, reduciendo pesos y rozamientos, además de aumentar la capacidad de bombeo de la máquina, siendo fieles al aspecto original.

También el objetivo de este proyecto es dotar a la ciudad de Valladolid de un elemento histórico para ella, además de suministrar un caudal público sin ningún impacto ecológico.

3. ANÁLISIS PRELIMINAR

3.1 Contexto histórico

En enero de 1601 la Cámara del rey Felipe III anunciaba el traslado de la Corte de Madrid a la ciudad de Valladolid, la cual llevaba ya un tiempo en decadencia y que gracias a esto pasó a una etapa de auge y prosperidad. Pero la llegada de la Corte agravó un problema ya existente de abastecimiento de agua, por el aumento de población, y que era patente en la incapacidad de acabar las obras de las fuentes de Argales, iniciadas dos décadas antes.

Para preparar dignamente la llegada de la Corte se adecuaron una serie de casas y palacios entre los que estaba el palacio del duque de Lerma, situado en la ribera del Pisuerga y junto al Puente Mayor. Este Palacio tenía una gran extensión de jardines y numerosas fuentes, donde se celebraban fiestas y reuniones, y que necesitaban de un buen abastecimiento de agua. Dado que la localización del Palacio hacía imposible el traslado de agua de manantiales, lo más cercano para abastecerlo de agua era tratar de elevarlo del río Pisuerga, situado a escasos metros.

Entre 1602 y 1603 se realizaron muchas obras, y el arquitecto Diego de Praves inició la construcción de un estanque, que posiblemente se llenara con la noria del ingeniero Gaspar de Poza, pero el abastecimiento de agua de este sistema era aún insuficiente por lo que se necesitaba un sistema mejor².

3.2 Pedro Zubiaurre

Pedro Zubiaurre fue un militar español nacido en 1540 en Vizcaya, en el señorío de Zubiaurre. Dedicó casi toda su vida servicio de la Armada española, combatiendo en numerosas batallas, tanto en Francia, como en Flandes y en Inglaterra. Como consecuencia de esto estuvo preso varias veces, una de ellas en Londres. Su actividad principal fue como hombre de mar, y su gran experiencia y conocimiento le permitía realizar actividades técnicas como revisar los barcos en los astilleros y comprobar su correcta fabricación, pero su única actuación que se conoce como ingeniero fue la de la máquina de Valladolid.

² GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, págs. 299-301

En 1580 Pedro de Zubiaurre estaba en Londres haciendo gestiones para libertar varios navíos españoles y portugueses con su tripulación. Durante su estancia allí, Peter Morris se aseguró un contrato para abastecer de agua a Londres desde el Támesis. Mientras se realizaba la instalación de la máquina de Peter Morris, durante los años 1581 y 1582, Zubiaurre continúa estas gestiones y es durante su tiempo de permanencia en Inglaterra cuando Zubiaurre trazó un plan para apoderarse de algunas plazas fuertes inglesas, lo que llegó a oídos de la reina, quien suspendió las negociaciones, mandó encerrar a Zubiaurre, le requisó varios barcos y fue encerrado en la Torre de Londres permaneciendo allí durante dos años.



figura 1: Tower of London, donde fue encerrado Pedro Zubiaurre (fuente: elaboración propia)

Por otra parte, el propio Zubiaurre comunicó al rey posteriormente que en el año 1581, hallándose en Inglaterra (aún no estaba preso), envió a un criado suyo con el modelo del ingenio de la bomba de Londres y este demostró el funcionamiento de la máquina en el Palacio Real de Madrid, en presencia del monarca³. El criado, al enterarse de la prisión de Zubiaurre y pensando que nunca volvería en las condiciones que estaba, se aprovechó de ello y vendió la invención a particulares de Sevilla y Bilbao.

De la Bomba de Londres se sabe que estaba situada en uno de los arcos del puente de Londres, aprovechando el aumento de la corriente de la marea del Támesis producido por las pilas del puente. Se trataba de “una rueda movida por el agua que comunica por un sistema de biela-manivela, un

³ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Conocer Valladolid 2011. V Curso de patrimonio cultural”, págs. 83-84

movimiento oscilante a una rueda y por unas cadenas a una semirrueda, la que a su vez acciona por las cadenas los émbolos de unas bombas que impulsan el agua a través de unas tuberías”⁴.



figura 2: Lugar del posible emplazamiento de la bomba de Londres, tomada desde el puente de Londres (fuente: elaboración propia)

Cuando volvió Zubiaurre a España⁵ se enteró de la traición de su criado y le mandó encerrar, de manera que solicitó una patente de la máquina, aprovechando que la patente de Morris no tenía validez en España, para evitar que volviera a suceder. Esta patente se le concede el 18 de octubre de 1603, durante la instalación de su ingenio en Valladolid.

Antes de esto, en 1602, se produce una derrota naval de Zubiaurre en Irlanda, provocando este hecho que la Corte Real, establecida en Valladolid, convocara al general a comparecer ante ellos. Así se produce la llegada de Zubiaurre a Valladolid, que pudo demostrar su inocencia sufriendo únicamente “una grave reprehensión”.

⁴ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Conocer Valladolid 2011. V Curso de patrimonio cultural”, págs. 83,85

⁵ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Conocer Valladolid 2011. V Curso de patrimonio cultural”, pág. 84



Después de realizar su única obra conocida como ingeniero, Pedro de Zubiaurre tuvo tiempo para alguna batalla naval más en Inglaterra, donde murió en Dobra, en 1605⁶.

3.3 El ingenio de Zubiaurre en Valladolid

Sabiendo ya de la necesidad de abastecimiento de agua en la ciudad de Valladolid, y el conocimiento de Zubiaurre del sistema utilizado en la bomba de Londres, únicamente hacía falta que sus caminos se cruzaran. Y así consta en un acuerdo del ayuntamiento del 16 de julio de 1603, en el que Zubiaurre proponía construir un “ingenio de gran ornato y grandeza para ella”⁷ que diera a la ciudad un servicio de agua, siendo el encargado de la obra el arquitecto municipal Diego de Praves.

Las negociaciones llegaron a buen término, y el ingenio fue construido como consta en el acuerdo del ayuntamiento del 11 de abril de 1604, que decía que “el Ingenio de Zubiaurre tomaba ya agua del Pisuerga”⁸, pero las esperanzas de tener un abastecimiento de agua para la ciudad se frustraron porque el duque de Lerma la había tomado “de prestado” llevándola por unos canales de madera hasta su huerta.

Teniéndose que legalizar esta situación el ayuntamiento se reunió ese mismo día por la tarde, siendo Domingo de Ramos, para aceptar la situación dado que el Duque era “el favorito del Rey”. De manera que pasados los meses se aprobaron las obras para que todo el caudal del ingenio fuera a parar a las fuentes, jardines y huertas del duque de Lerma. De manera que teniendo el conjunto de “La Ribera” formado por el Palacio, la finca y unas tierras colindantes, además del suministro de agua, todo ello obtenido sin coste para el Duque, se vendió “La Ribera” a la Corona por un importe total de 30.275.466 maravedíes.

Por el contrario, Zubiaurre solo recibió el arrendamiento de la mitad de una casa y nada por el Ingenio, siendo sus herederos los que consiguieron sacarlo beneficio después de largas y difíciles gestiones.

El Ingenio⁹ siguió dando agua a las fuentes y jardines del Palacio, pero con el traslado de la Corte a Madrid, decretado el 20 de febrero de 1606, el ingenio perdió importancia ya que no se necesitaba para ese uso, cayendo

⁶ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Conocer Valladolid 2011. V Curso de patrimonio cultural”, pág. 82

⁷ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, pág. 302

⁸ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, pág. 302

⁹ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, págs. 311-316

incluso en el olvido. En 1614 se tiene noticia de un encañamiento desde el ingenio hasta el estanque del Serrado. El ingenio debió de seguir dando agua a las fuentes del Palacio, ya que en 1623 se tiene constancia de la visita del príncipe de Gales a la Huerta del Rey, además de tener multitud de visitas. El Duque de Lerma seguía manteniendo el Palacio, para lo que tenía un “ingeniero de mantenimiento” que se encargaba del funcionamiento y puesta a punto del ingenio.

El Ingenio sufría con las fuertes crecidas del Pisuega, además de no poderse utilizar durante ese periodo, siendo en ocasiones necesario realizar reparaciones al mismo. Aunque a veces los arreglos eran ocasionados por la sequía, debido a la bajada del nivel del río teniendo que, como ocurrió en 1683, hacer un alargamiento de las bombas para que llegaran a aspirar el agua.

En el siglo XVIII el Ingenio siguió funcionando aunque ya era confundido con el artificio de Juanelo, siendo este, aunque fuera movido por una rueda hidráulica, un sistema completamente diferente. En el plano dibujado por el escribano Ventura Seco en 1738 se puede apreciar el edificio del Ingenio con el acueducto que tenía para conducir el agua desde él.

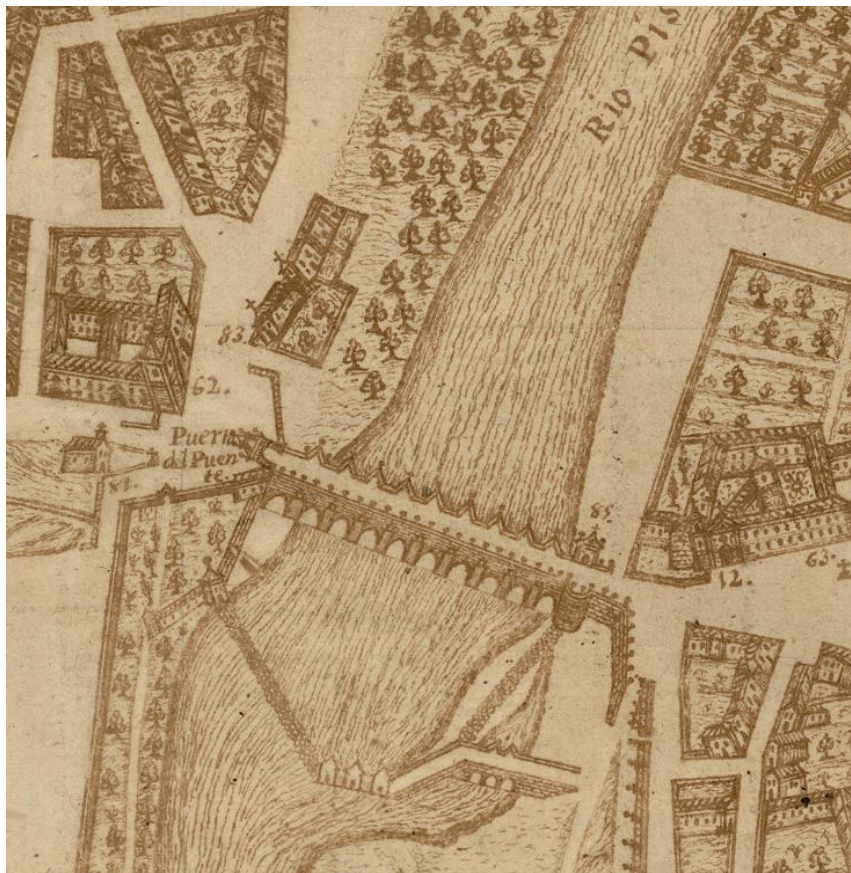


figura 3: Plano del Puente Mayor donde se ve el edificio del ingenio. Ventura Seco, 1738 (fuente: ayuntamiento de Valladolid)

El ingenio siguió funcionando hasta 1758, que se paró por considerarse innecesario ya que solo servía para las fuentes de adorno del Palacio. Aun así la máquina se consideraba utilizable si se realizaba una restauración de manera que el Conde de Castres, teniente alcalde del Real Palacio, inició en 1794 los trámites para la restauración del edificio y la maquinaria, pero no pudo llevarlo a cabo ya que el veedor Antonio Verdesoto y Silva consiguió que el juez conservador de las obras ordenara suprimirlas y desmontar toda la maquinaria, además de inutilizar la bajada al edificio “con el fin de evitar las desgracias que podrían ocurrir a causa de las muchas personas que acudían a verlo”¹⁰.

Ese mismo año fue derribado parte del edificio del ingenio, incluida la parte superior y el chapitel de cubierta, quedando la base de cantería con las dos entradas, el tajamar que separaba ambas ruedas y arcos de salida. La maquinaria fue desmantelada con lo que se perdió el Ingenio de Zubiaurre que hasta entonces había despertado la curiosidad de las numerosas personas que acudían a verlo. Este fue el fin definitivo del Ingenio, después de más de 150 años de funcionamiento, superando en duración a artificios contemporáneos como el de Juanelo en Toledo.

En 1823, una fuerte crecida provocó grandes destrozos en la mampostería del edificio del ingenio, que no fueron reparados ya que en 1837 un informe del arquitecto municipal habla de “lo que ha quedado sin arruinar”, además de dar la dimensión del edificio “7 ½ pies de ancha, 30 de larga...”¹¹.



¹⁰ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, pág. 316

¹¹ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, pág. 316

figura 4: Puente Mayor, aceñas y el edificio del Ingenio de Zubiurre (izquierda), 1855 (fuente: ayuntamiento de Valladolid)

El lugar ocupado por el ingenio se utilizó para desaguar parte del agua del canal de Castilla lo que añadió valor para poder ser aprovechado por la industria. Así, en 1875 se arrendó el sitio conocido como “el artificio de Juanelo” a la fábrica de algodón “La Castellana” para uso del agua con el que mover la turbina.



figura 5: Fotografía del edificio del ingenio, junto a la fábrica de algodón, 1900 (fuente: ayuntamiento de Valladolid)

Ya entrados en el siglo XX el lugar se utilizó para la fábrica de harinas “La Flor del Pisuerga”. Esta fábrica tenía un motor en el semisótano que “obtenía la fuerza de una turbina de agua que era impulsada por las aguas del Pisuerga por un lado, y por las aguas del Canal, al desaguar en el río Pisuerga, por otro. Para localizar la turbina se construyó un edificio de forma trapezoidal con amplio basamento de piedra con túnel por donde discurría el agua, planta superior de ladrillo, y cubierta a un agua”¹². De manera que el sitio del ingenio siguió teniendo un aprovechamiento hidráulico, además de reutilizar el edificio con la misma disposición.

¹² CARRERA DE LA RED, MIGUEL A., *Las fábricas de harina en Valladolid*, 1990, pág 257.

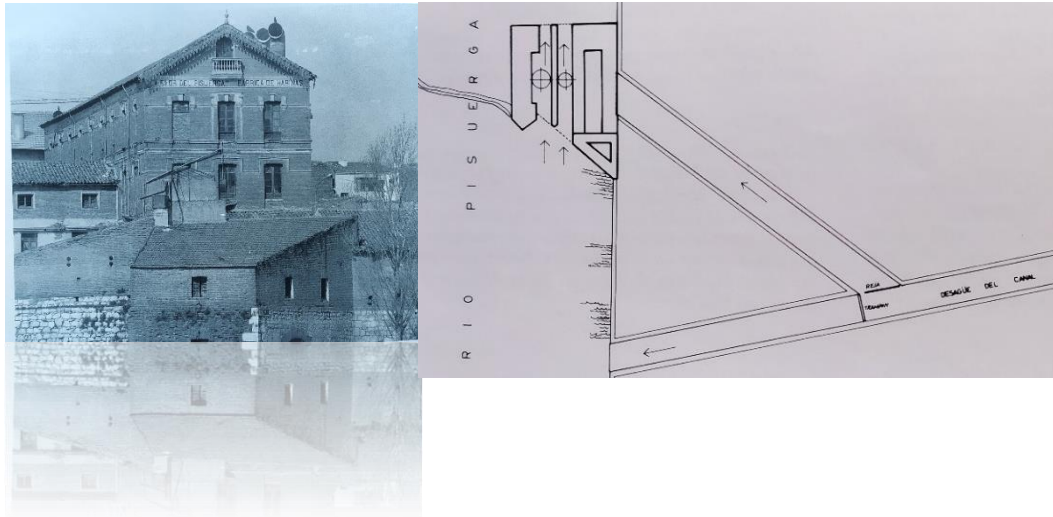


figura 6: Alzado lateral de la fábrica de Harinas y planta del edificio del ingenio.
(fuente: Las Fábricas de harina de Valladolid)

En la actualidad este emplazamiento está aprovechado por el Servicio Municipal de Aguas de Valladolid para abastecer de agua a la ciudad, dándole el mismo uso que se le dio originalmente. Dentro del edificio se conservan los mismos muros de piedra que albergaron las ruedas hidráulicas, por lo que se puede tener una idea del tamaño del Ingenio. A continuación se muestran unas imágenes del estado del interior del edificio en enero de 2020.



figura 7: Interior del edificio del ingenio en la actualidad, enero de 2020
(fuente: elaboración propia)



figura 8: Exterior del edificio del ingenio en la actualidad, enero de 2020 (fuente: elaboración propia)

3.4 Funcionamiento del Ingenio de Zobiaurre

Nicolás García Tapia explica el funcionamiento del ingenio¹³ como “dos ruedas grandes mueven a cuatro pequeñas con sus cadenas a través de un mecanismo formado por largas bielas con corredera (los baquetones) que transmiten un movimiento oscilante a las ruedas. Las dos medias ruedas superiores son movidas por las inferiores por medio de una transmisión de cadenas, que a su vez levantan alternativamente los émbolos de las cuatro bombas (las tisibicas) que sirven, como las bombas de émbolo que aún se usan, para impulsar el agua a través de tuberías a un estanque y a las fuentes y huertas del palacio de la Ribera”.

Así que se sabe que el ingenio está formado por dos elementos principales: el elemento motriz, que son las ruedas hidráulicas; y el elemento impulsor, las bombas de émbolo.

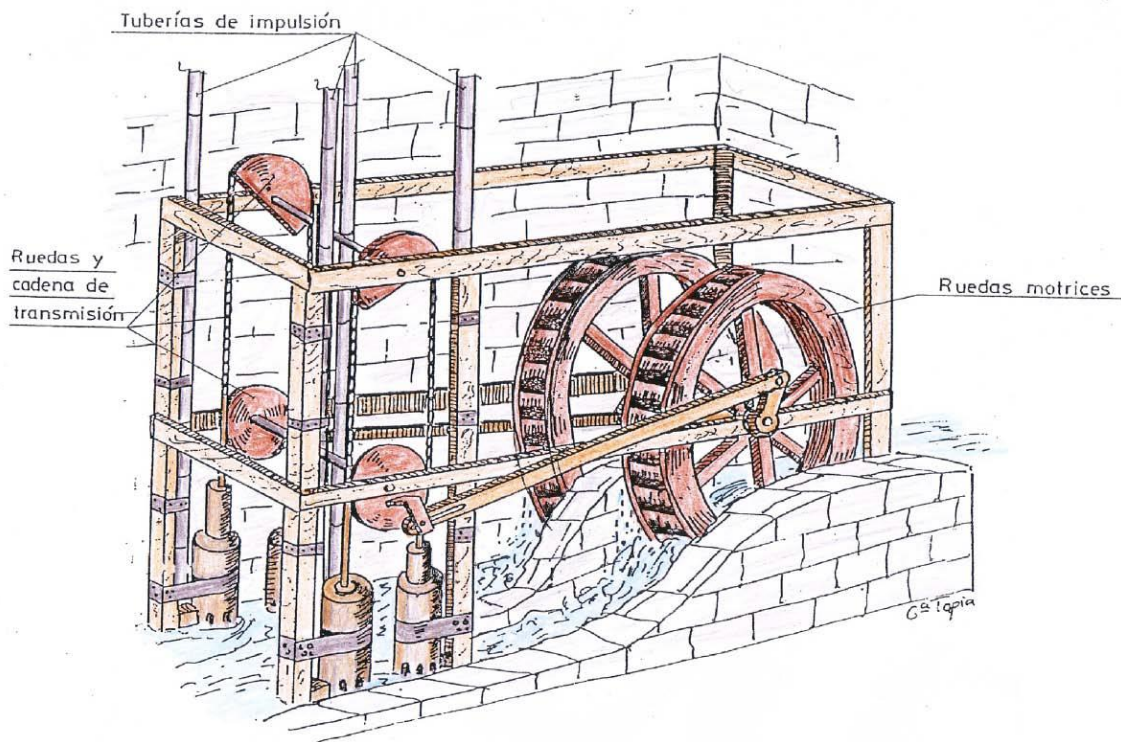


figura 9: Reconstrucción del Ingenio de Zobiaurre (fuente: GARCÍA TAPIA NICOLÁS, “Conocer Valladolid 2011, V Curso de patrimonio cultural”, pág. 87)

¹³ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, pág. 311

3.5 Historia de los elementos principales del Ingenio de Zobiaurre

- **3.5.1 Ruedas Hidráulicas**

Las primeras ruedas hidráulicas se originan en el siglo III a.C., en la antigua Grecia. Estas ruedas hidráulicas o norias, inventadas por Filón de Bizancio, eran usadas para elevar agua directamente o para mover un mecanismo que permitiera elevar el agua

El arquitecto romano Marco Vitruvio Polión, en el siglo I a.C., modificó rueda con cadena de cubos o sakia (noria Persa) para convertirla en una rueda hidráulica con eje horizontal y disco vertical, pensada para moler granos de trigo.

Más adelante, en el siglo VIII, los islámicos desarrollaron la “saquieh” o noria de tiro o de sangre, con el objetivo de sacar el agua de los pozos más hondos.

Tal fue la importancia de la rueda hidráulica que se transformó en la máquina más utilizada de la Edad Media, usándose para moler la harina, en aserraderos, en bombas, o para accionar fuelles. También fueron muy útiles para algunos trabajos mineros.

Las ruedas hidráulicas sufrieron pocas modificaciones hasta principios del siglo XIX, que se modificaron en forma y material para empezar a usarse como generadoras de energía eléctrica. De manera que en 1848 apareció la turbina a reacción de Francis, en 1880 la turbina de impulsión de Pelton y en 1906 la turbina de Kaplan.

Las ruedas hidráulicas del ingenio de Zobiaurre son, según Nicolás García Tapia, verticales de eje horizontal y con canal de alimentación inferior. No está documentado si las paletas (álabes) de las ruedas eran rectas o curvas, pero dado que las ruedas hidráulicas de paletas curvas no fueron inventadas hasta 1827 por Jean-Victor Poncelet, se puede decir que la rueda hidráulica de este proyecto es una rueda de paletas rectas ya que es una rueda construida en 1603.

- **3.5.2 Bombas de émbolo**

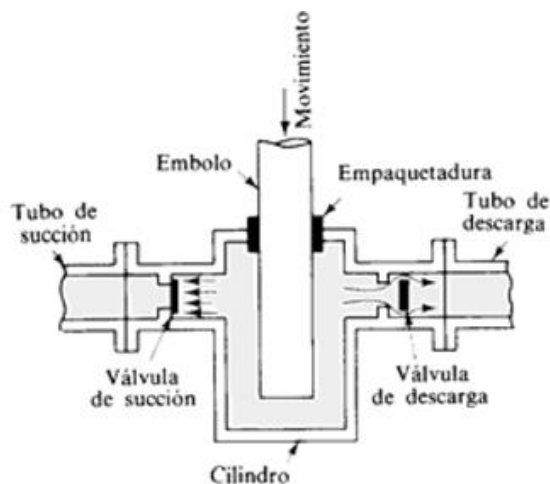
La primera bomba que se conoce en la historia es el tornillo de Arquímedes, pero no fue inventado por él, solamente descrito en el siglo III a.C. Se tiene constancia de que este sistema helicoidal ya fue utilizado por el rey de Asiria en el siglo VII a. C.

La bomba de émbolo aspirante e impelente fue inventada por Ctesibios de Alejandría (siglo II d. C.), de donde derivaría la denominación de ctesibicas o tesibicas. Fueron utilizadas por los romanos y, sin uso durante siglos, fueron utilizadas de nuevo en el Renacimiento, movidas a fuerza de brazos o por medio de animales.

El alemán Peter Morris ideó un sistema de transmisión para adaptarlas al movimiento de una rueda hidráulica y Pedro de Zubiaurre construyó una de este tipo en Valladolid, siendo así la primera vez que se utilizó en España una bomba de émbolos movida por la propia corriente del río.

La bomba de émbolo de este proyecto es una máquina de fluido del tipo hidráulico, generadora y de desplazamiento positivo:

- Una máquina de fluido es un sistema mecánico que intercambia energía con un fluido que circula a través de él.
- Las máquinas generadoras comunican energía al fluido, de forma que éste experimenta un incremento de energía específica entre las secciones de entrada y salida de la máquina.
- Las máquinas de desplazamiento positivo se basan fundamentalmente en principios fluidostáticos. La característica de estas máquinas es la circulación del fluido a través de la máquina de forma discontinua. Tienen un compartimento de volumen variable llevándose a cabo los procesos de admisión y descarga mediante válvulas que se abren y cierran alternativamente.



Émbolo de simple efecto

figura 10: bomba de desplazamiento positivo

3.6 Materiales

Según el “Proyecto de reconstrucción del ingenio de Zubiurre”¹⁴ los materiales que fueron utilizados en la máquina del siglo XVII fueron los siguientes:

MATERIAL	ELEMENTO
MADERA	Rueda Hidráulica
	Balancín
	Luneto
	Estructura
ACERO FORJADO	Tuberías
	Manivela
	Biela
	Baquetón
BRONCE DE CAÑÓN	Cadena
	Bombas
CUERO	Amarre bomba-estructura
	Válvulas de aspiración e impulsión
BLOQUES DE PIEDRA	Edificio del Ingenio

figura 11: Tabla de materiales del ingenio del siglo XVII

3.7 Localización y tipos

Según García Tapia “su emplazamiento se efectuó cerca del Puente Mayor en la margen derecha del Pisuerga, aprovechando el azud ya existente de unos molinos que funcionaban en la margen izquierda del río”¹⁵.



figura 12: Lugar del emplazamiento del proyecto

¹⁴ RECIO MÉNDEZ, JESÚS, TORREGO OTERO, JUAN ENRIQUE “Proyecto de reconstrucción del ingenio de Zubiurre”, 1996, Biblioteca del Archivo de la Uva: Archivo Z/Bc P-00975

¹⁵ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, pág. 312-313

Los tipos de máquinas de los que habla García Tapia, previos al ingenio de Zubiaurre, eran dos: el artificio de Juanelo y la bomba de Londres de Peter Morris.

- **3.7.1 Artificio de Juanelo:**

“Juanelo Turriano fue un relojero y constructor de máquinas nacido a principios del siglo XVI en Cremona (Italia). Se hizo famoso al reconstruir un complicado planetario que fue regalado a Carlos V con motivo de su coronación. Siguió como criado de Felipe II haciendo también de ingeniero, siendo su obra más famosa el artificio que hizo en Toledo para subir el agua desde el río Tajo hasta el Alcázar. Esta máquina causó tanta admiración que muchos visitantes de Toledo se interesaban antes por el artificio que por la ciudad. Tal era la celebridad de Juanelo que a partir del siglo XVIII se le atribuyó la autoría del ingenio de Zubiaurre”¹⁶.

El artificio funcionaba de la siguiente forma: “Todo el mecanismo se movía por unas grandes ruedas hidráulicas impulsadas por un salto del Tajo y, en su parte esencial, consistía en una serie de torres, provistas de cazos acoplados a palancas oscilantes movidas por unas ruedas semicirculares o “lunetos” que, por medio de cadenas, levantaban de un lado y bajaban de otro todos los cazos. El agua pasaba así desde el depósito inferior donde era tomada por el primer cazo, y vertiéndola sucesivamente y de forma continua, llegaba hasta el depósito elevado de la torre. De esta forma, de torre en torre, llegaba hasta el Alcázar. Era capaz de elevar un caudal de 16 m³ diarios a un desnivel de 90 metros”¹⁷.

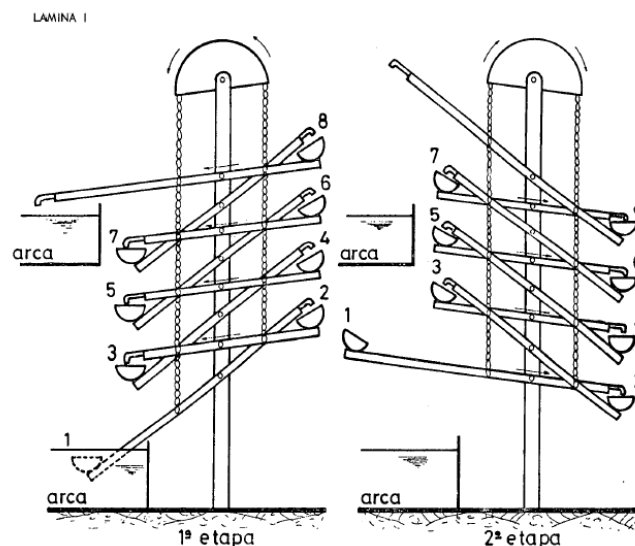


figura 13: Dibujo del Artificio de Juanelo (fuente: GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, Lámina I, figura 1)

¹⁶ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Conocer Valladolid 2011. V Curso de patrimonio cultural”, pág. 78

¹⁷ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Conocer Valladolid 2011. V Curso de patrimonio cultural”, pág. 79

- **3.7.2 La Bomba de Londres:**

Situada en Londres a la orilla del río Tamesis, en uno de los arcos del puente de Londres, aprovechando el aumento de la corriente de la marea del Támesis producido por las pilas del puente, e ideada por Peter Morris, se trataba de “una rueda movida por el agua (X) que comunica por un sistema de biela-manivela, un movimiento oscilante a una rueda (P) y por unas cadenas a una semirrueda o luneto (Q), la que a su vez acciona por las cadenas los émbolos de unas bombas (W) que impulsan el agua a través de unas tuberías (N). Estas tuberías conducían el agua a una torre con depósito elevado, desde donde se abastecía por medio de otras tuberías a toda la ciudad de Londres”¹⁸. Las bombas eran movidas por las mareas y experimentaban un cambio de dirección al invertirse el sentido del flujo del río, lo que obligaba a tener un depósito regulador.

Esta fue la máquina en la que se inspiró Zubiaurre para realizar su ingenio, cuya diferencia está en que él usó dos ruedas y cuatro bombas en lugar de una rueda y dos bombas.

LAMINA II

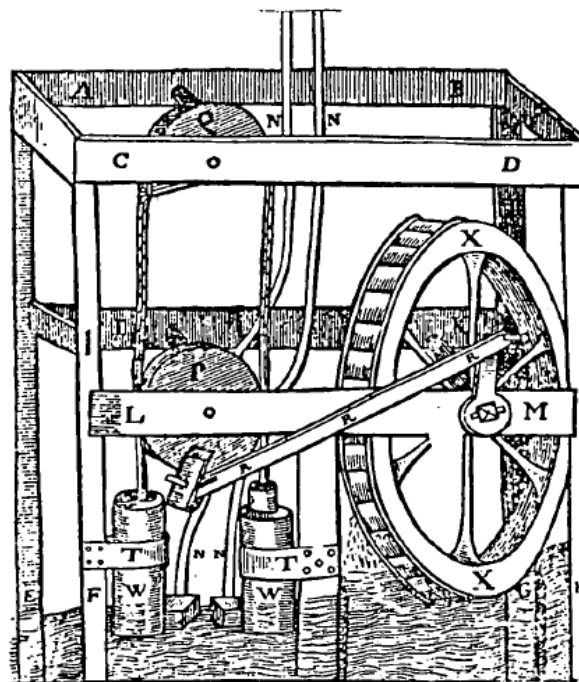


figura 14: Representación de la Bomba de Londres, segunda edición del libro de Bate, *The Mysteries of Nature and Art*, publicado en 1635

¹⁸ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Conocer Valladolid 2011. V Curso de patrimonio cultural”, pág. 85



4. Requerimientos

Este proyecto pretende recuperar una máquina histórica para la ciudad de Valladolid, de la que apenas se tiene documentación, y está englobado dentro del campo de la arqueología industrial y de recuperación y conservación del patrimonio.

La máquina no podrá estar situada en el mismo lugar que la antigua ya que ahí se encuentra una toma de aguas del servicio municipal de aguas de Valladolid, pero se pretende que se encuentre en esa sección del río, junto al antiguo edificio, debido al salto de agua existente y que es necesario para la máquina.

El proyecto no solo pretende dar valor histórico, sino que además quiere proporcionar de un suministro de agua a coste cero, aprovechando la energía hidráulica, como ya hiciera Zubiaurre en el siglo XVII, tratando de optimizar el ingenio en todos sus elementos.



5. Desarrollo del proyecto

A partir de aquí se realiza el desarrollo del proyecto, considerando como anteproyecto el estudio de Nicolás García Tapia, a partir del cual se extraen una serie de datos que sirven para realizar los cálculos y dimensionar el proyecto.

Posteriormente se describe el sistema de funcionamiento del proyecto, todos sus componentes, las instrucciones de montaje y los materiales a utilizar.

5.1 Anteproyecto

Se va a considerar como anteproyecto el estudio de Nicolás García Tapia¹⁹, sobre el cual se realizará el cálculo para una propuesta de reconstrucción y adaptación actual. Del estudio se extraen una serie de datos que serán la base de este proyecto, los cuales se citan a continuación en los siguientes párrafos, algunos de ellos citado textualmente:

- **5.1.1 Función**

En el siglo XVII la función del ingenio era la elevación del agua del río Pisuerga a la huerta y palacio del duque de Lerma.

- **5.1.2 Localización:**

Localidad de Valladolid, cerca del Puente Mayor, en el margen derecho del río Pisuerga, como se indica en los acuerdos del ayuntamiento de 1603, aprovechando el salto de agua existente en esa sección.

- **5.1.3 Descripción general:**

Según el testimonio del viajero Tomé Pinheiro da Veiga²⁰: “como no había manantiales para las fuentes se hizo una invención que elevase del río ciento cincuenta palmos o más, con mucha facilidad, con unas bombas de metal, con bombardas y unas ruedas que se mueven con la corriente del río, cosa, después de vista, muy fácil y de ningún coste”.

¹⁹ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII” págs. 299-324

²⁰ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII” pág. 306

Además se conserva un inventario de cuadros y objetos de arte que había el 21 de junio de 1607 en el palacio de la Ribera, en el que consta lo relativo al ingenio de Zubiaurre: “Un ingenio para dar agua a la Ribera, con dos ruedas grandes y quatro pequeñas con sus cadenas y quatro tisibicas de bronce con baquetones de hierro y otras dos ruedas con parte de caños que se empezaban a hacer”²¹.

El arquitecto Ventura Rodríguez lo describió en 1761 como una “machina hydraulica que consistía en una bomba de compresión de émbolos”²².

- **5.1.4 Edificio del ingenio:**

“...una construcción con dos arcos de entrada (para las dos ruedas hidráulicas), rematada con un chapitel; del edificio sale una tapia cubierta con tejadillo a doble vertiente, seguramente el acueducto que servía para llevar por tuberías el agua desde el ingenio a los jardines [...] fue construido sólidamente con grandes bloques de piedra bien labrada en su parte baja para resistir los embates del río Pisuerga”²³. Su tamaño era de “7 1/2 pies de ancho y 30 de largo, cuyo canal se haya dividido en su parte interior en dos partes iguales por medio de otro pequeño muro”²⁴. Se sabe que estaba rematado por un chapitel con una aguja guarnecido por un tejado de hojalata y teja. Se derrumbó en las crecidas del siglo XVII.

- **5.1.5 Ruedas Hidráulicas:**

“Uno de los elementos era el motriz, consistente en unas ruedas que se mueven con la corriente del río. Las ruedas eran dos de gran tamaño con una compuerta para desviar la corriente cuando no funcione el aparato. Las ruedas eran verticales con el eje horizontal. No está documentado es si sus paletas eran rectas o curvas”²⁵.

- **5.1.6 Bombas de émbolo:**

“El elemento elevador del agua fueron unas bombas de metal que elevaban el agua a 150 palmos o más con mucha facilidad”²⁶.

²¹ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Conocer Valladolid 2011. V Curso de patrimonio cultural”, pág. 86

²² GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Conocer Valladolid 2011. V Curso de patrimonio cultural”, pág. 86

²³ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII” pág. 313

²⁴ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII” pág. 316

²⁵ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII” pág. 306

²⁶ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII” pág. 309



Sabiendo que un palmo castellano valía 20,8976 cm. las bombas, según Pinheiro, alcanzaban una altura de 31,34 metros.

De las bombas de Londres se sabe que tenían un diámetro de $5\frac{3}{4}$ de pulgada que es igual a 0,146 metros²⁷.

- **5.1.7 Funcionamiento:**

“Dos ruedas grandes mueven a cuatro pequeñas con sus cadenas a través de un mecanismo formado por largas bielas con corredera (los baquetones) que transmiten un movimiento oscilante a las ruedas”. De los restos encontrados de la bomba de Londres se puede deducir que el movimiento oscilante era de 90°.

“Las dos medias ruedas superiores son movidas por las inferiores por medio de una transmisión de cadenas, que a su vez levantan alternativamente los émbolos de las cuatro bombas (las tisibicas) que sirven, como las bombas de émbolo que aún se usan, para impulsar el agua a través de tuberías a un estanque y a las fuentes y huertas del palacio de la Ribera.

Las tisibicas o bombas de la época, si bien eran capaces de elevar el agua a gran altura, tenían el inconveniente de suministrar poco caudal por lo que se necesitaban varias para multiplicar la cantidad de agua elevada. En nuestro caso, se hicieron cuatro para multiplicar el considerable caudal necesario para hacer funcionar las fuentes y regar las huertas. El agua se elevaba sin intermitencia a más de 150 pies, o sea, a más de 42 metros de altura, lo que representa unas bombas capaces de resistir presiones de unos 4 o 5 kg/cm². Esto permitiría el disponer las 4 bombas en una sola etapa, pudiendo así multiplicar el caudal de agua por cuatro. Cada dos bombas eran movidas por una sola rueda hidráulica de considerable tamaño a juzgar por las dimensiones de los canales en que estaban colocadas”²⁸.

²⁷ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII” pág. 310

²⁸ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII” pág. 311-312

5.2 Consideraciones técnicas y dimensionales

En este apartado se van a desarrollar todas las consideraciones a rediseñar respecto al sistema descrito por Nicolás García Tapia. Estas consideraciones técnicas, además de ser necesarias para actualizar el ingenio, también son necesarias para que la máquina funcione, ya que hay errores de interpretación sobre el testimonio de Tomé Pinheiro²⁹ o en el grabado de la máquina de Londres, respecto al cual se ha basado parte de la reconstrucción del Ingenio de Zubiaurre.

• 5.2.1 Altura de la bomba

Nicolás García Tapia recoge en su estudio el testimonio del cronista portugués Tomé Pinheiro, que da el dato de la altura de la bomba “150 palmos o más”³⁰, pero García Tapia en el texto cambia lo palmos a “150 pies”³¹ y lo traduce al Sistema Internacional como “más de 42 metros de altura”.

Siendo fieles a lo descrito por Pinheiro y sabiendo que un palmo castellano valía 20,8976 cm. queda:

$$150 \text{ palmos} * 20,8976 \frac{\text{cm}}{\text{palmo}} = 31.34 \text{ m}$$

Con lo que el dato de altura de la bomba que se va a utilizar es $H_b=31,34$ metros en lugar de 42 metros.

• 5.2.2. Impulsión por cadena

Tanto en el dibujo como en el texto se interpreta que el movimiento del Luneto hacia los pistones se realiza mediante cadenas. Si esto fuera así el trabajo de impulsión únicamente se llevaría a cabo por el peso de los pistones ya que las cadenas únicamente realizan trabajo por tracción y no por compresión.

En el apartado “1. Cálculo de la masa y altura del émbolo de la bomba” del documento “II. Cálculos” se calcula el peso y la dimensión que debería tener el émbolo o pistón de la bomba para este supuesto, con un diámetro máximo

²⁹ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII” pág. 299-324

³⁰ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII” pág. 309

³¹ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII” pág. 312



de $d=0,146$ metros (ya que a mayor diámetro mayor fuerza de impulsión necesario).

Los resultados de este cálculo son 523,378 kg y 3,52 metros de altura de émbolo, por lo que se puede concluir que no se realizaba una transmisión a los émbolos por cadena ya que estos datos son inverosímiles para una máquina de estas características.

También en el apartado “3. Diagrama de sólido libre para transmisión por cadena” del documento “II. Cálculos” se muestran las relaciones de fuerzas que intervendrían si el ingenio de Zubiaurre funcionara como describe el texto.

Se intuye que los baquetones de los que habla el texto (“formado por largas bielas con corredera (los baquetones)”) son los que realmente impulsaban los émbolos o pistones de las bombas, ya que en realidad no hay correderas como se muestra en el apartado 5.2.3. del presente documento.

Se puede entender la confusión si se piensa que los lunetos del Ingenio de Zubiaurre tenían la misma función que en el Artificio de Juanelo, pero la diferencia está en que en el Artificio de Juanelo el único que trabajo que se realiza es el de “levantar” los cazos y no tiene que impulsar ningún fluido, como ocurre en el Ingenio de Zubiaurre.

- **5.2.3 Corredera del mecanismo de transmisión**

El siguiente fallo de interpretación de la máquina está enfocado en el mecanismo de transmisión. En este caso se puede ver que en el dibujo de la bomba de Londres aparece una línea al final de la biela que García Tapia interpreta como una corredera, y además denomina como “baquetón” al bulón que hace de par rotativo entre la biela y el balancín.

Realizando un análisis de la movilidad del mecanismo (apartado “2. Cálculo de la movilidad del mecanismo de transmisión” del documento “II. Cálculos”) se comprueba rápidamente que el mecanismo descrito no es el adecuado ya que tiene dos grados de libertad, y para que un mecanismo funcione correctamente debe tener un grado de libertad.

Simulando este mecanismo en el programa de simulación de mecanismos “Working Model” muestra un comportamiento impredecible. Si se intentase simular en el programa de diseño “CATIA” simplemente pediría que se restringiese un grado de libertad.

Por tanto, reinterpretando el dibujo y el texto de García Tapia, se cambia la corredera por un bulón que une la biela con el balancín, quedando así el



mecanismo con un grado de libertad (apartado “2.2. Mecanismo del Ingenio de Zubiaurre” del documento “II. Cálculos”).

- **5.2.4 Baquetones**

Como ya se ha mencionado, los baquetones no eran parte de la corredera, por lo que si esta pieza existía en la máquina, y entendiendo baquetón como una pieza larga y delgada, se puede interpretar que eran la parte de la máquina que transmitían el movimiento de los lunetos a los émbolos o pistones, ya que como se ha visto en el apartado 5.2.2 estos no estaban movidos por cadenas.

- **5.2.5 Lunetos**

Llama la atención el uso de los lunetos en las máquinas de Londres y Valladolid porque la transmisión de movimiento que realiza el luneto la podría realizar el mismo balancín, como ya se interpretó así en el “Proyecto de Recuperación del Ingenio de Zubiarre”³² en el que los autores del proyecto unieron los baquetones al balancín, dejando el luneto como elemento visual. Esta disposición sería más lógica ya que añadiendo un luneto con sus respectivas cadenas se añade más masa que mover, más rozamiento y por lo tanto más pérdidas y menor rendimiento.

Dado que el proyecto presente busca la similitud con el Ingenio descrito y representado por Nicolás García Tapia se va a dar a los lunetos el supuesto uso que tenían, el de transmitir el movimiento del balancín a los pistones por medio de, en este caso, los baquetones.

- **5.2.6 Edificio del Ingenio**

Al igual que el Ingenio del siglo XVII, este proyecto también necesita de un edificio que delimite el caudal de agua que pasa por las ruedas, y que sostenga todo el Ingenio. No se diseña el proyecto con el objetivo de que se albergue en el antiguo edificio, ya que en la actualidad ahí se encuentra el edificio del Servicio de Aguas Municipalizado de Valladolid, sino que se diseña buscando su optimización para lo que tendrá un edificio adaptado a su tamaño, por lo que este proyecto obvia el tamaño del edificio del siglo XVII, pero lo toma como referencia.

³² RECIO MÉNDEZ, JESÚS, TORREGO OTERO, JUAN ENRIQUE “Proyecto de reconstrucción del ingenio de Zubiaurre”, 1996, Biblioteca del Archivo de la Uva: Archivo Z/Bc P-00975

Dentro del ámbito de este proyecto no entra realizar un diseño fiel del edificio, ni planificar una ejecución de obra del mismo; sin embargo, si conviene indicar algunas condiciones necesarias para que el futuro edificio pueda albergar la máquina que aquí se ha rediseñado.

- **5.2.7. Conducciones de agua**

En el caso del Ingenio de Zubiaurre, la conducción del agua impulsada era dirigida desde las bombas por unas tuberías hasta un acueducto como se ve en la figura 15.

En el caso de este proyecto se hace con unas tuberías que sí están definidas, pero se da la posibilidad que varíen en función de las tuberías disponibles en el mercado. Esta conducción de agua no está definida más allá de la altura del ingenio, por lo que se pone a disposición del ejecutor de obra llevar las conducciones de agua a donde más convenga.



figura 15: Huerta del Rey con el edificio del Ingenio, Ilustración de Ventura Pérez para la Historia de Valladolid de Juan Antolínez de Burgos (fuente: Ayuntamiento de Valladolid)

- **5.2.8 Salto de agua**

Para dimensionar la rueda lo primero que se hizo fue buscar la potencia que esta podría llegar a ofrecer. Para ello se consultó a la Confederación Hidrográfica del Duero con el fin de encontrar el dato más reciente del salto de agua en la ubicación de este proyecto. Se encontró una medida de 1,34 metros del año 1878 y datos entre 1901 y 1961 del valor de la explotación de agua de



1,20 metros (Expediente VA-1/14). La medida más reciente encontrada fue del año 1997 de un mapa taquimétrico del Ayuntamiento de Valladolid, que da un valor de 1,05 metros. Dado que este es el más reciente encontrado es el que se usa para realizar los cálculos correspondientes a la rueda hidráulica (Apartado “4. Cálculos de la rueda hidráulica” del documento “II. Cálculos”). En el caso de que se quisiera aumentar la potencia del sistema habría que trabajar en aumentar el salto de agua, con un límite máximo de 1,5 metros.

5.3 Descripción del nuevo sistema de funcionamiento

Se propone que la ubicación de la máquina sea junto al edificio donde estuvo situado el original, cerca del Puente Mayor, donde existe un pequeño azud que servirá a la máquina de salto de agua, sobre un edificio de bloques de hormigón que delimite el agua del río Pisuerga con dos entradas con compuerta y una salida con compuerta. Sobre el edificio se construirá la estructura que sostiene a la máquina.

Las dos ruedas hidráulicas son el elemento motriz de la máquina que van a aprovechar la energía cinética del agua, y están unidas a un eje común solidario (de manera que se mantiene la misma velocidad angular entre ambas) que se sujeta a la estructura mediante dos acoples, diseñados para ello, con rodamientos. Al final del eje se montan las dos manivelas que tienen un desfase entre ellas de 180° , para mantener la máquina equilibrada.

La manivela tiene un bulón para montar la biela. La biela transforma el movimiento rotatorio de la manivela en un movimiento oscilatorio, y lo transmite a un balancín en forma de círculo, que también tiene un bulón para montar la biela. El balancín se ha diseñado para tener una oscilación de 90° , como se cree que tenía la bomba de Londres.

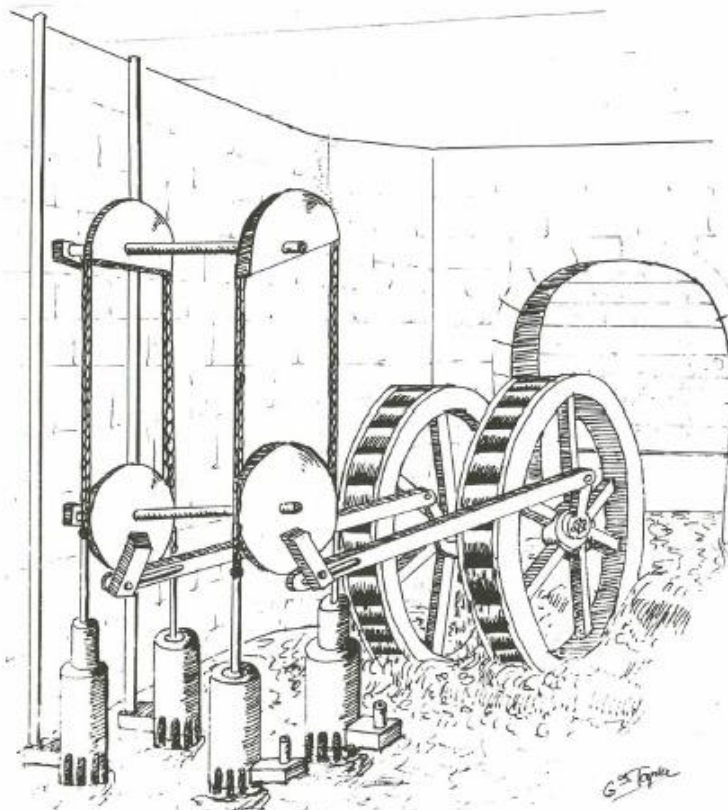


figura 16: Dibujo del Ingenio por Nicolás García Tapia (fuente: "Ingeniería y Arquitectura en el renacimiento español", pág. 316)

Un eje común no solidario sostiene los dos balancines a la estructura. El balancín transmite su movimiento oscilatorio a un semicírculo, llamado luneto, situado en la parte superior en el mismo plano, mediante dos cadenas ancladas a ambos elementos. En la parte superior hay un eje común no solidario, sujeto a la estructura, en el que van acoplados los dos lunetos. Cada luneto tiene dos bulones a los que están sujetos dos baquetones, que son los que transforman el movimiento oscilatorio en lineal y lo transmiten a los dos émbolos o pistones de las bombas.

Mediante el mecanismo descrito, las cuatro bombas (dos por rueda hidráulica) realizan un movimiento alternativo en el que dos bombas aspiran a la vez que las otras dos impulsan. Las bombas se componen del cuerpo de la bomba o cilindro, que se encarga de contener el agua a impulsar y albergar el pistón; la alcachofa, que es el elemento que realiza la tarea de aspiración; y un sistema sujeción y conducción del agua, que es el que sujeta la bomba a la estructura y además conecta la salida de la bomba con las tuberías. Las bombas tienen unas válvulas de aspiración ancladas a la parte superior de la alcachofa, que se abren por la depresión creada por el ascenso del émbolo y se cierran por el aumento de presión al descenso del émbolo; y unas válvulas de impulsión ancladas al exterior del cilindro, que se abren por el aumento de presión al descenso del émbolo y se cierran por depresión al ascenso del émbolo. A partir de este punto el agua es impulsada por las tuberías a donde sea necesario.

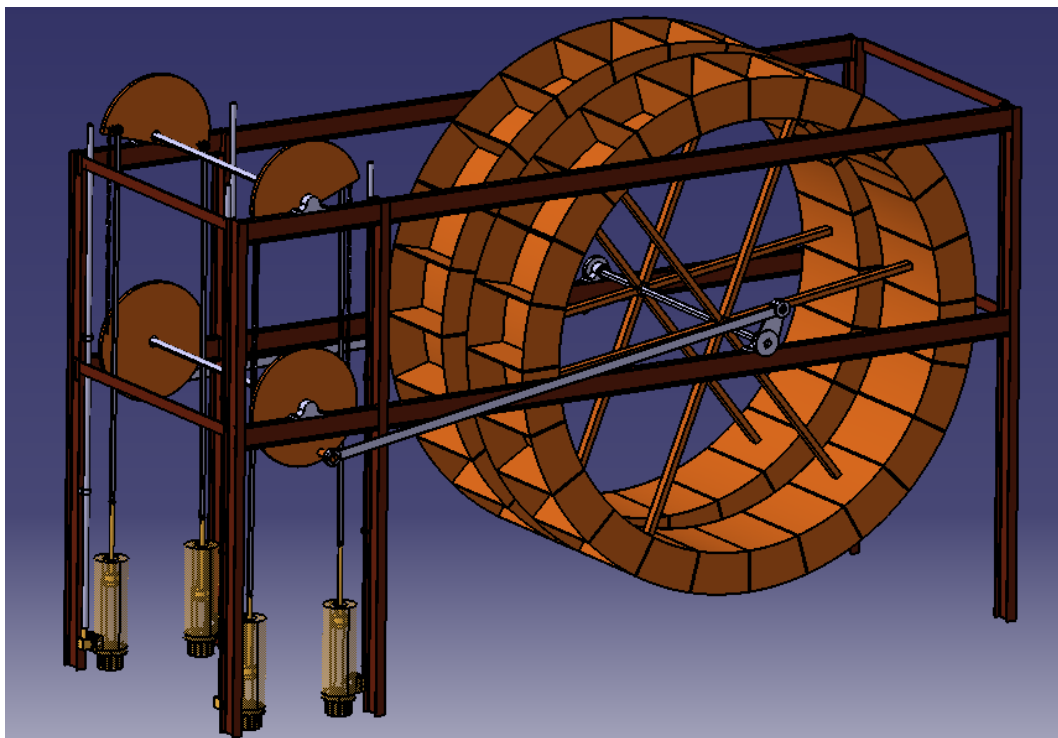


figura 17: Ingenio de Zubiare del siglo XXI

5.4 Descripción de componentes

• 5.4.1 Rueda Hidráulica

Según el artículo del profesor Alberto Álvarez Cardona³³ las ruedas hidráulicas de paletas curvas no fueron inventadas hasta 1827 por Jean-Victor Poncelet, que modificó la rueda de paletas rectas por paletas curvas con el objetivo de obtener un mayor rendimiento sin sacrificar ninguna de las ventajas que tenía la recta, por lo tanto la rueda hidráulica de este proyecto es una rueda de paletas rectas con alimentación inferior, ya que se basa en una rueda construida en 1603.

Según Poncelet, las características que una rueda hidráulica de paletas rectas debe tener son:

- Espesor de paletas: 2-3 cm.
- Longitud radial: 30-40 cm.
- Separación entre paletas: iguales entre sí, de valor 1.5 veces su longitud medida en la circunferencia que pasa por el centro de gravedad de la paleta.
- Diámetro de la rueda: 3-5 m.
- Ancho de rueda: depende de la corriente de agua.
- Nº de radios: 4, 6 u 8 máximo.
- Holgura entre la rueda y la pared lateral del canal: 1-2 cm.
- Holgura entre las palas y el fondo del canal: 2 cm.
- Pendiente del canal: 6,66% - 12,5% (2,99° - 5,625°).
- Profundidad del canal: 25% - 33% longitud de la paleta.
- Distancia de la rueda a la compuerta: la mínima posible.
- Velocidad tangencial de la rueda: 40% de la velocidad del agua antes del choque.
- Caída máxima del agua: 1,5 m.
- La paleta debe sumergirse al menos 2/3 de la profundidad del agua.
- La altura de apertura de la compuerta del agua debe estar entre 33% - 50% la longitud de las paletas.

De todas estas consideraciones, las elegidas para la rueda hidráulica de este proyecto son las siguientes:

- Espesor de pala: 20 mm
- Longitud radial de pala: 400 mm
- Ancho de pala: 1000 mm

³³ PÉREZ CARDONA, ALBERTO. "La Rueda Hidráulica", revista de la Facultad Nacional de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 1985

- Nº de palas: 24
- Diámetro de la rueda hidráulica: 5000 mm
- Ancho de la rueda hidráulica: 1004 mm
- Nº de radios: 6
- Holgura entre la rueda y la pared lateral del canal: 20 mm
- Holgura entre las palas y el fondo del canal: 20 mm
- Velocidad tangencial de la rueda: 40% de la velocidad del agua antes del choque.
- Salto de agua: 1,05 m.
- Profundidad del canal: 133 mm
- Longitud de pala sumergida: 113 mm
- El material utilizado para todos los elementos es Aluminio 2024 T3, pintados de color TITANLAK 2808 Sapeli acabado brillante (Anexo 6), para asemejarlo al proyecto original y protegerlo de la corrosión

En cuanto a la pendiente del canal queda a consideración de la construcción del edificio del proyecto, siempre oscilando entre los valores dados, al igual que la altura de apertura de la compuerta.

La rueda hidráulica de este proyecto se compone de:

- 1 buje
- 1 llanta
- 2 caras laterales
- 6 radios
- 24 palas

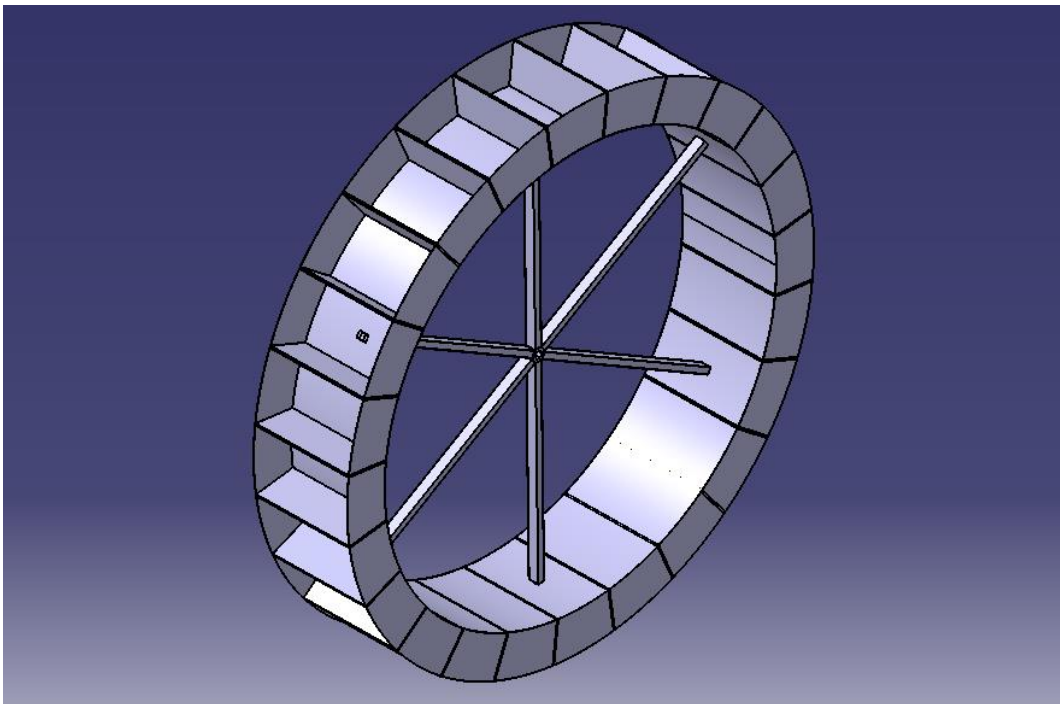


figura 18: Rueda hidráulica diseñada en CATIA

Los radios encajan en las muescas del eje y en las realizadas en la llanta, de manera que sea más fácil realizar la soldadura. Todas las piezas van soldadas entre sí a fin de reducir el peso de elementos auxiliares.

- 5.4.1.1 Buje de la rueda hidráulica

El buje tiene una longitud de 100 mm y un diámetro de 125 mm. En él van encajados los radios en unas muescas realizadas en el eje. El buje tiene un agujero interior de forma hexagonal donde va encajado el eje de transmisión que lleva la potencia al mecanismo de transmisión. La forma hexagonal del buje se toma así por ser la forma más probable para un molino del siglo XVII, según el PFC “Proyecto de recuperación del Ingenio de Zubiaurre”, y no se ha considerado necesario modificar esta parte.

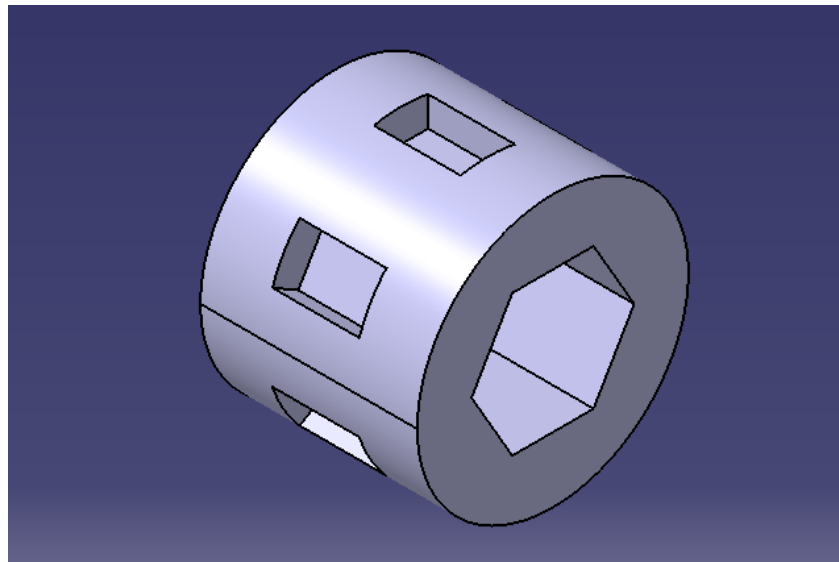


figura 19: Eje de la rueda hidráulica

- 5.4.1.2 Llanta

La llanta tiene 2 mm de espesor con el fin de reducir peso y coste, un diámetro exterior de 4200 mm. En este elemento se sueldan las palas, las caras laterales y se encajan los radios en las muescas realizadas para ello. Además le da a la rueda hidráulica un aspecto similar a lo estimado por Nicolás García Tapia.

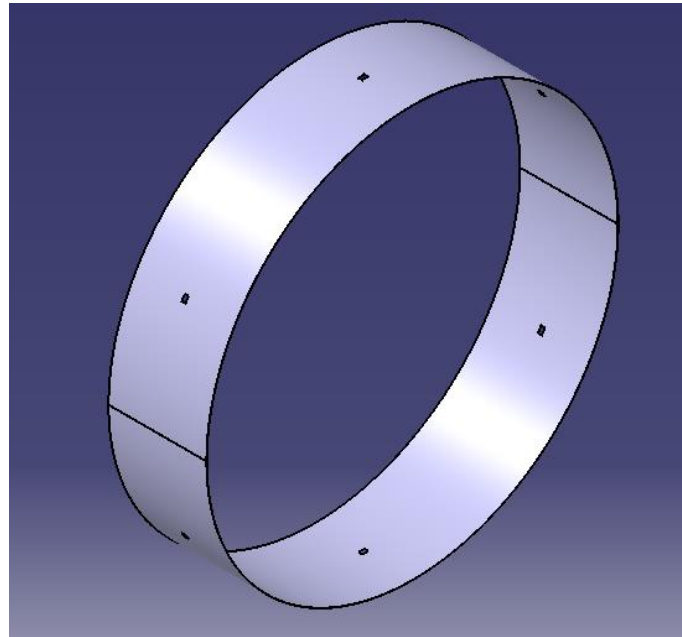


figura 20: Llanta de la rueda hidráulica

- 5.4.1.3 Caras laterales

Las caras laterales tienen un espesor de 2 mm y un radio exterior de 5000 mm. A ellas van soldadas las palas y la llanta. También sirven para encauzar el agua hacia la pala, además de ser un elemento presente en el Ingenio de Zubiaurre.

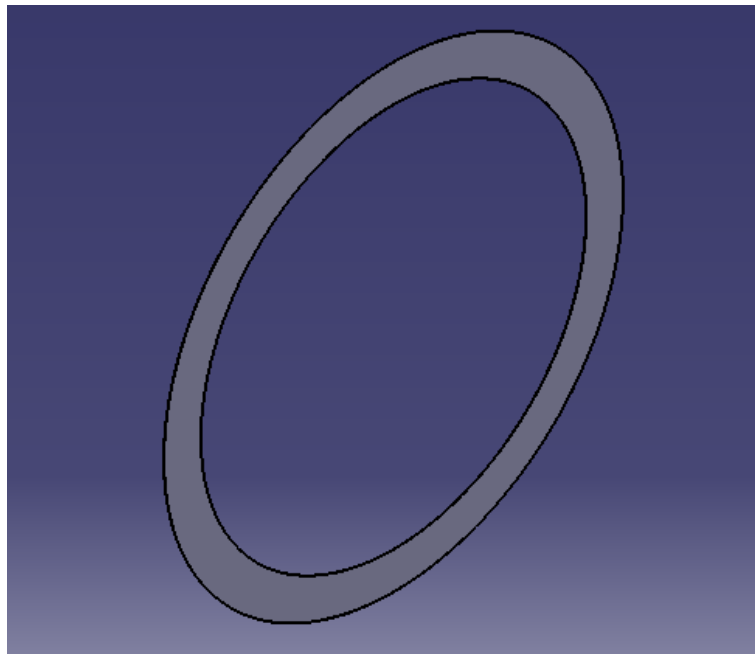


figura 21: Cara lateral de la rueda hidráulica

- 5.4.1.4 Radios

Hay 6 radios en la rueda, con dos muescas cada uno en sus extremos que encajan en el eje y la llanta. Los extremos tienen forma de circunferencia de radio igual a los elementos donde apoyan. Están huecos por dentro, con un espesor de chapa de 2 mm. Estos radios están diseñados para ocupar toda la circunferencia del eje, lo que determina su anchura de 62,5 mm. El largo es de 100 mm, igual que el eje donde apoya y la altura del radio es de 2043 mm.

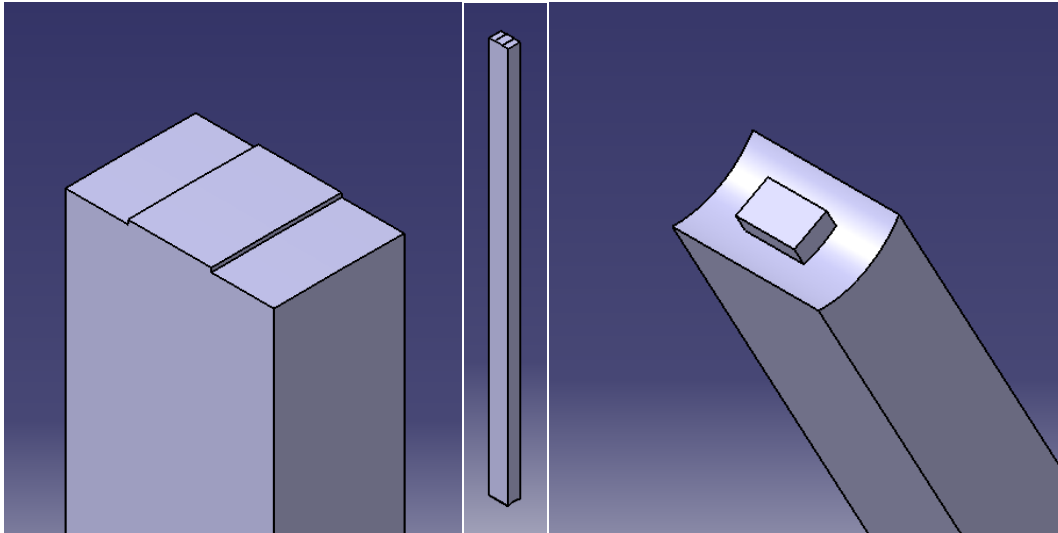


figura 22: Radio de la rueda y detalles del contacto con llanta y eje

- 5.4.1.5 Palas

Las palas tienen un espesor de 20 mm, una longitud radial de 400 mm y un ancho de 1000 mm. Son las responsables de transformar la energía de cinética del agua en movimiento para la rueda hidráulica. Están soldadas a la llanta y las caras laterales.

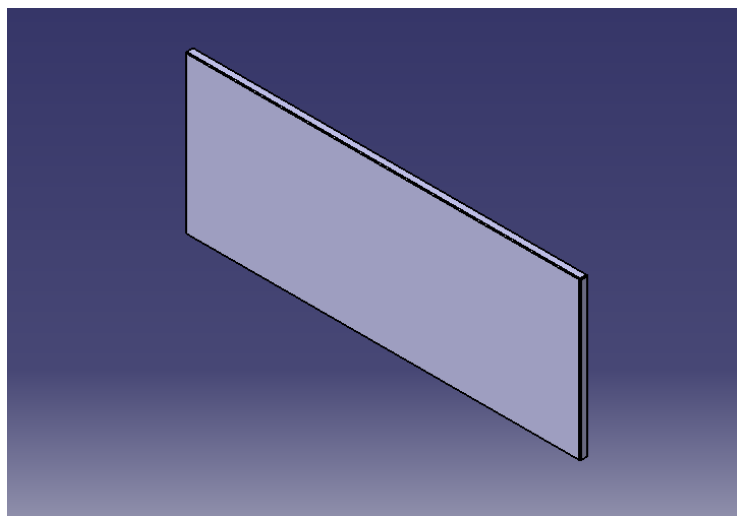


figura 23: Pala de la rueda hidráulica



• 5.4.2 Estructura

Se diseña una estructura sabiendo que la sollicitación mecánica no es elevada, de manera que se busca la facilidad de acople de todos los elementos de la máquina. Se usan perfiles IPN 220 (norma DIN 1025-1 1995, Anexo 3), el perfil de esta clase más pequeño que permite taladros roscados, y un perfil rectangular de 110x20 mm a modo de correas laterales. Todos los elementos de esta estructura están unidos mediante soldadura.

El material de los elementos que forman la estructura es acero S275 y estarán pintados de color TITANLAK 2804 Caoba (Anexo 6) acabado brillante a fin de imitar el aspecto de las vigas de madera del Ingenio de Zubiaurre y evitar la corrosión.

Todo lo referente al cálculo de la estructura está en el apartado “15. Cálculo estructural” del documento “II. Cálculos”.

La estructura se compone de 6 pilares de perfil IPN 220, 8 vigas de dos tamaños diferentes de perfil IPN 220 y 4 correas laterales de perfil rectangular. La estructura se compone de dos pórticos unidos por las correas laterales. Tiene un tamaño total de 8.641 mm de largo, 3.022 mm de ancho y 5.000 mm de alto.

Dos de los pilares del pórtico tienen realizados taladros para anclar las bombas y las tuberías de conducción de agua, y están unidos entre sí por dos vigas laterales de 1.570 mm de largo. Estas vigas tiene realizados unos taladros en la mitad de su longitud para anclar el acople de los ejes del mecanismo de transmisión, y están situadas una a 3.000 mm de altura, medido de la parte inferior del pilar a la parte superior de la viga, y otra a 5.000 mm de altura, medido de la misma manera.

Este conjunto descrito se une al tercer pilar, situado a 8.641 mm del más alejado, mediante una viga de 6.957 mm, situada a 3.000 mm de altura, medido de la parte inferior del pilar a la parte superior de la viga, con taladros donde va situado el acople estructural del eje de las ruedas hidráulicas; y una viga de la misma longitud, situada a 5.000 mm de altura, medido de la misma manera, pero sin taladros ya que solo cumple una función de dar rigidez a la estructura.

El segundo pórtico es igual a lo ya descrito y está unido al primero mediante correas laterales: dos a la misma altura que las vigas inferiores, y dos a la misma altura que las vigas superiores, situándose dos a dos en las partes delantera y trasera de la máquina.

La parte delantera de la estructura se refiere a la vista desde donde se aprecian los dos pórticos y se ven situadas las bombas; la parte lateral se



refiere a la vista donde se aprecia un pórtico y la máquina en su conjunto; y la parte trasera se refiere a la vista donde se aprecian los dos pórticos y las ruedas hidráulicas. Esta referencia se usa también en el apartado “15. Cálculo estructural” del documento “II. Cálculos”.

Los elementos usados en la estructura se describen a continuación:

- 5.4.2.1 Pilar

Se trata de un perfil IPN 220 con una longitud de 5.000 mm. Se usan 6 pilares, de los cuales 4 están taladrados. Cada pilar taladrado tiene: 6 taladros a 270 mm de la parte inferior para anclar las bombas, 2 taladros a 1.745 mm de la parte inferior para el anclaje de las tuberías, y 2 taladros a 3.245 mm de la parte inferior para otro anclaje de tuberías.

- 5.4.2.2 Viga menor

Se trata de un perfil IPN 220 de 1.570 mm de largo. Se usan 4 vigas menores y todas tienen taladros para anclar los acoples de los ejes del balancín y luneto. Estos taladros están situados simétricamente en la mitad de la viga a 300 mm entre ellos.

- 5.4.2.3 Viga mayor

Se trata de un perfil IPN 220 de 6.957 mm de largo. Se usan 4 vigas mayores, de las cuales 2 tienen taladros para anclar los acoples del eje de la rueda hidráulica. El eje de la rueda está situado a 2.750 mm del extremo de la viga más cercano. Estos taladros son simétricos respecto al eje de la rueda y tienen una distancia de 300 mm entre ellos.

- 5.4.2.4 Correa lateral

Se trata de un perfil rectangular de tamaño 110x20 mm y 2.582 mm de largo. Se usan 4 correas laterales que son iguales entre sí.

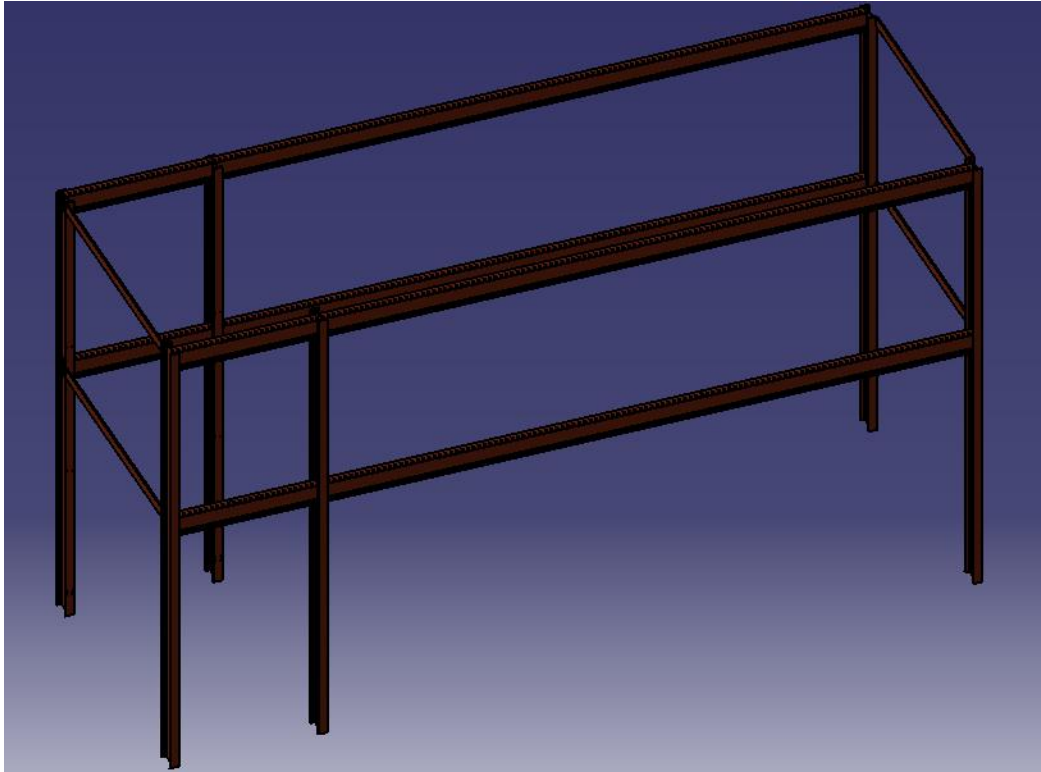


figura 24: Estructura

- **5.4.3 Mecanismo de transmisión**

Se trata de un mecanismo formado por dos partes: La primera transforma el movimiento rotatorio de la rueda hidráulica en un movimiento oscilatorio; y la segunda parte transforma el movimiento oscilatorio en un movimiento lineal. Salvo las cadenas está construido en su totalidad en Aluminio 2024 T3. Los balancines y lunetos estarán pintados de color TITANLAK 2808 Sapeli acabado brillante (Anexo 6), y el resto de elementos (manivelas, bielas y baquetones) de color gris efecto forja.

La primera parte del mecanismo está formado por un sistema manivela–biela–balancín. La manivela tiene una rotación a velocidad constante debida a la rotación de la rueda hidráulica y transmite, mediante un bulón perteneciente a la manivela, el movimiento a la biela. Esta biela tiene una longitud mucho mayor que el resto de elementos, y lleva el movimiento hasta el balancín, al que se acopla mediante un bulón perteneciente al mismo, y le provoca un movimiento oscilatorio. El balancín está situado en su eje. Para que este tipo de mecanismo pueda realizar este movimiento tiene que cumplir la ley de Grashof, para el que se ha calculado que tenga una amplitud de 90° (apartado “7. Análisis topológico” del documento “II. Cálculos”). El movimiento oscilatorio se transmite a la segunda parte del mecanismo mediante dos cadenas ancladas al balancín y al luneto.

La segunda parte está formada por un luneto y dos baquetones. El luneto tiene forma de semicírculo, y está situado en su eje. Tiene un movimiento oscilatorio transmitido por las cadenas desde el balancín. Tiene dos bulones en la parte posterior donde se acoplan los baquetones. Estos baquetones transforman el movimiento oscilatorio en lineal y lo transmiten a los pistones, quedando así el movimiento buscado.

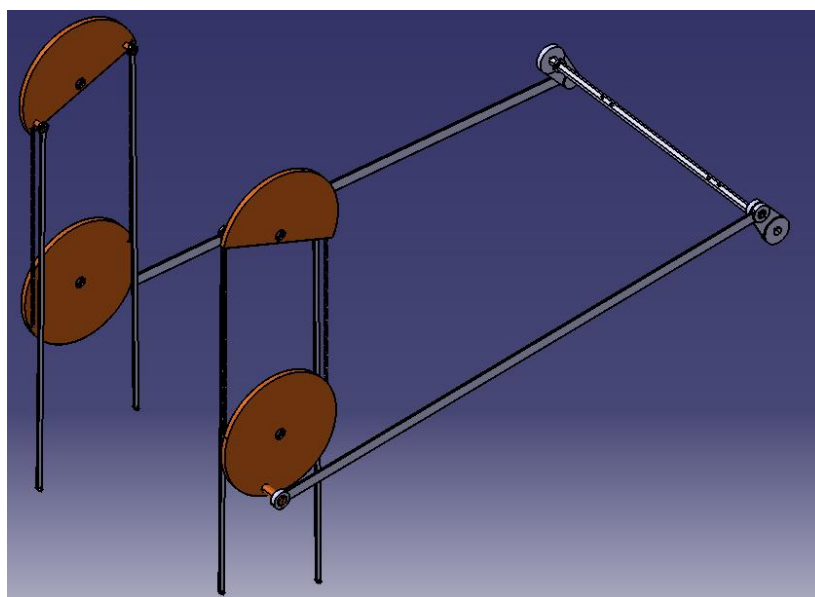


figura 25: Mecanismo de transmisión

- 5.4.3.1 Manivela

Se trata del elemento que transmite el movimiento rotatorio de la rueda hidráulica a la biela y tiene una longitud entre ejes de 352,6 mm, como se calcula en el apartado “7. Análisis topológico” del documento “II. Cálculos”. El eje de la manivela que coincide con el eje de la rueda hidráulica tiene forma hexagonal, y el eje coincidente con la biela está formado por un bulón macizo de 70 mm de longitud, con dos diámetros diferentes para acoplar el rodamiento 6009 mediante un ajuste forzado medio h6/K7. El bulón tiene dos taladros de 5 mm de diámetros en los que se introducen dos pasadores DIN6325 5x100 con ajuste forzado duro h6/N7 para evitar el movimiento longitudinal entre biela y manivela.

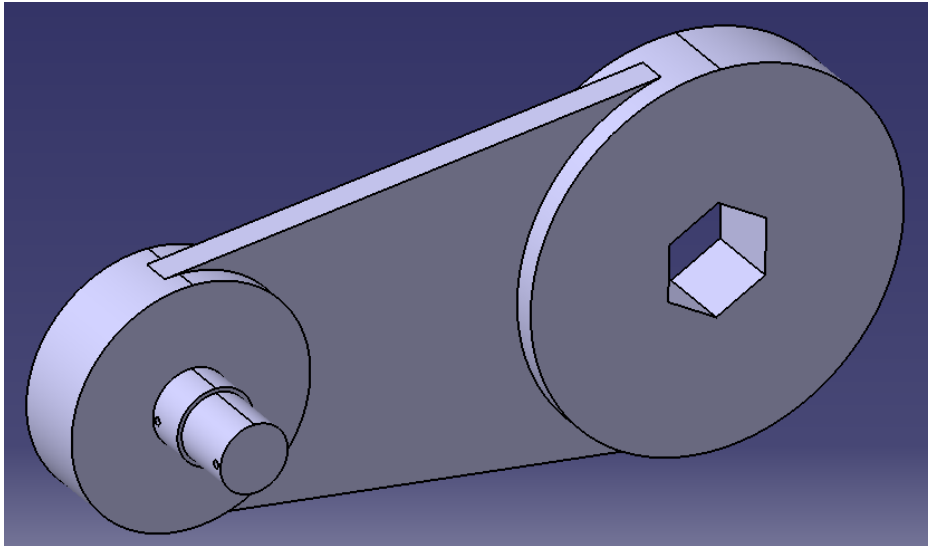


figura 26: Manivela

- 5.4.3.2 Biela

Es el elemento que transmite el movimiento de la manivela al balancín. Tiene una longitud entre ejes de 5.012,5 mm, como se calcula en el apartado “7. Análisis topológico” del documento “II. Cálculos”. En el eje coincidente con la manivela se acopla el rodamiento 6009, y en el eje coincidente con el balancín se acopla el rodamiento 61815, mediante ajustes forzado medio h6/K7

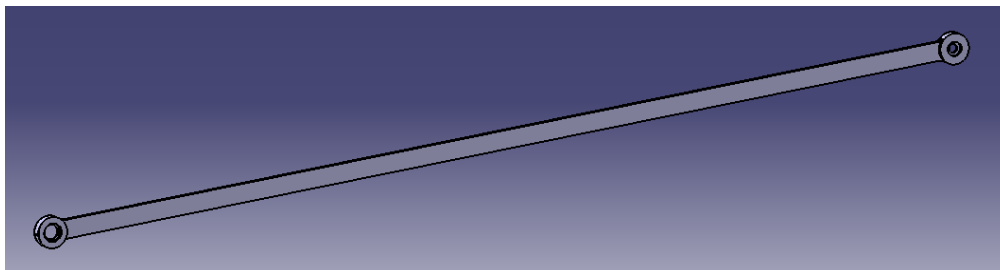


figura 27: Biela

- 5.4.3.3 Balancín

Se trata de un elemento circular de 500 mm de distancia entre el eje del balancín, con una anchura de 50 mm y un espesor de lámina de 2 mm. Tiene un bulón macizo de 268 mm, con dos diámetros diferentes para acoplar el rodamiento 61815 mediante ajuste forzado medio h6/K7, que tiene dos taladros de 5 mm de diámetro donde se introducen dos pasadores DIN6325 5x100 mediante ajuste forzado duro h6/N7 para evitar el movimiento longitudinal de la biela. El balancín está sujeto sobre un eje estático que se acopla a la estructura. El eje central del balancín tiene dos diámetros diferentes para acoplar el rodamiento 61815 que le permite rotar respecto al eje estático. En la parte posterior se sitúan los eslabones donde acopla la cadena que transmite el movimiento al luneto.

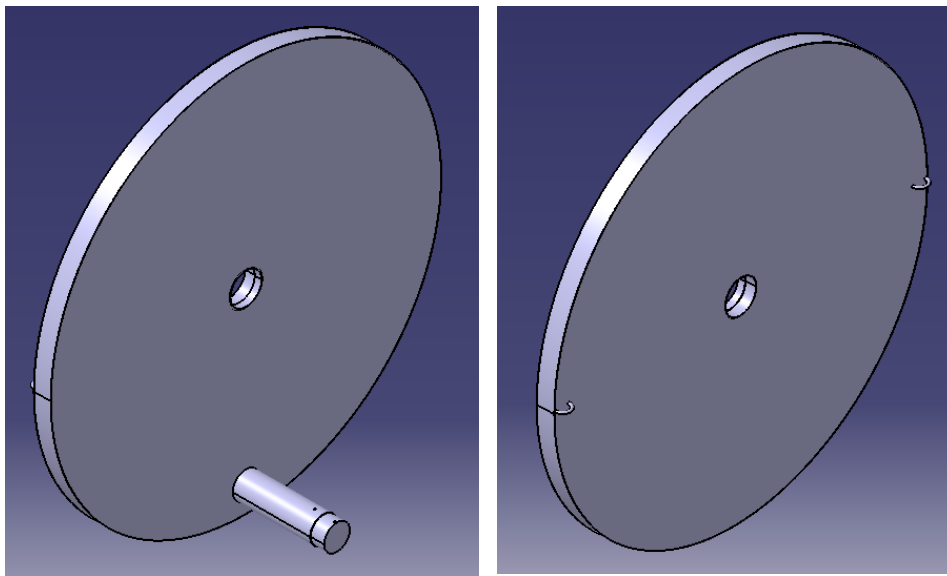


figura 28: Partes anterior y posterior del Balancín

- 5.4.3.4 Cadenas

Las cadenas son de acero inoxidable AISI 430 y su función es transmitir el movimiento oscilatorio entre el balancín y el luneto. Tienen una longitud total entre contactos de 2000 mm. El diseño de la cadena está orientado a que funcione la simulación, con lo que se puede usar cualquier cadena disponible en el mercado que pueda unir ambos elementos.

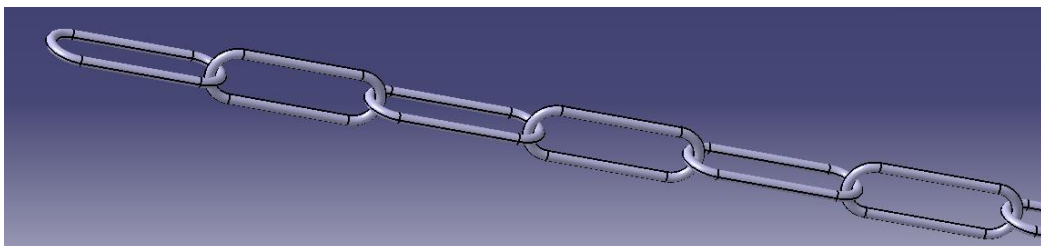


figura 29: Cadena

- 5.4.3.5 Luneto

Es un elemento semicircular de 500 mm de radio entre su eje y los ejes de los baquetones. Tiene 50 mm de anchura y un espesor de lámina de 2 mm. En la parte posterior se sitúan los eslabones de las cadenas y dos bulones macizos donde se acoplan los baquetones. Estos bulones tienen una longitud de 114,9 mm, dos diámetros diferentes para acoplar los rodamientos 6009 mediante ajuste forzado medio h6/K7, con dos taladros de 5 mm de diámetro donde se introducen dos pasadores DIN6325 5x100 mediante ajuste forzado duro h6/N7 para evitar el movimiento longitudinal de los baquetones. El luneto está sujeto sobre un eje estático que se acopla a la estructura. El eje central tiene dos diámetros diferentes para introducir el rodamiento 61815 que le permite rotar respecto al eje estático.

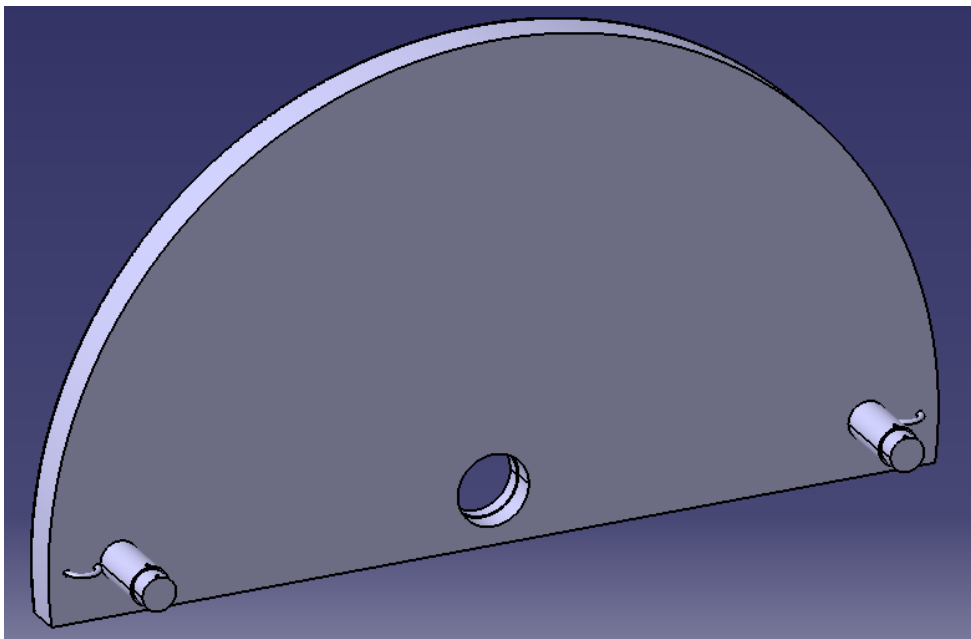


figura 30: Parte posterior del Luneto

- 5.4.3.6 Baquetón

Es el elemento que transforma el movimiento oscilatorio del luneto en lineal, y lo transmite hacia el pistón de la bomba. Es un elemento largo y delgado, con una distancia entre ejes de 3.612,125mm y una anchura de 40 mm y un espesor de 20 mm. En el eje coincidente con el bulón del luneto se introduce un rodamiento 6009 mediante ajuste forzado medio h6/K7 y en el agujero inferior un bulón de acero que hace de pasador entre el baquetón y el pistón, con un ajuste giratorio de juego medio h9/E9.



figura 31: Baquetón

- **5.4.4 Bomba de émbolo**

La bomba de émbolo es el componente encargado de la impulsión del agua. Cuando el pistón comienza su movimiento ascendente realiza un trabajo de aspiración que cierra la válvula de impulsión, de manera que, desde la alcachofa que está sumergida en el río, el agua pasa por la válvula de aspiración, que está abierta debido a la depresión creada por el pistón, y llena el cuerpo de la bomba.

Cuando el pistón comienza el movimiento descendente la válvula de aspiración se cierra por la presión del agua e impulsa el fluido contenido en el cuerpo de la bomba a través del conducto de salida. La presión de impulsión abre la válvula de salida, el agua sale de la bomba y se introduce en un elemento que tiene doble función, el “Acople Bomba-Pilar”, que se encarga de conducir el agua desde la bomba a las conducciones de agua además de servir de anclaje entre la bomba y la estructura.

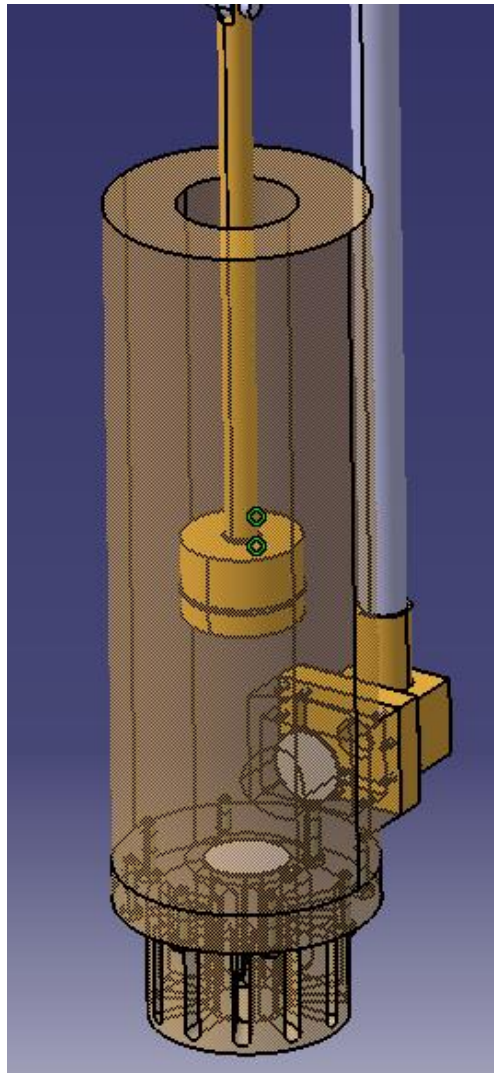


figura 32: Conjunto Bomba de émbolo

- 5.4.4.1 Cuerpo de la bomba

Se trata del cilindro que contiene el fluido a impulsar. Estará fabricado en Aluminio 2024 T3 y tendrá una capa de pintura color bronce. Tiene un diámetro exterior de 320 mm y un diámetro interior 146 mm que tiene un ajuste con el pistón con juego pequeño h6/G7. En su parte inferior tiene realizados 8 taladros de rosca de paso medio M16 para atornillar la alcachofa. El agujero de salida tiene forma de circunferencia de 90 mm de diámetro en un tramo de 57 mm; después pasa a un tramo rectangular de 130x98 mm que albergará en su interior la válvula de impulsión. Para fijar la válvula se realizan 2 taladros roscados de paso medio M2. El borde de la salida rectangular tiene realizados 10 taladros roscados de paso medio M10 de forma asimétrica debido a una necesidad de montaje.

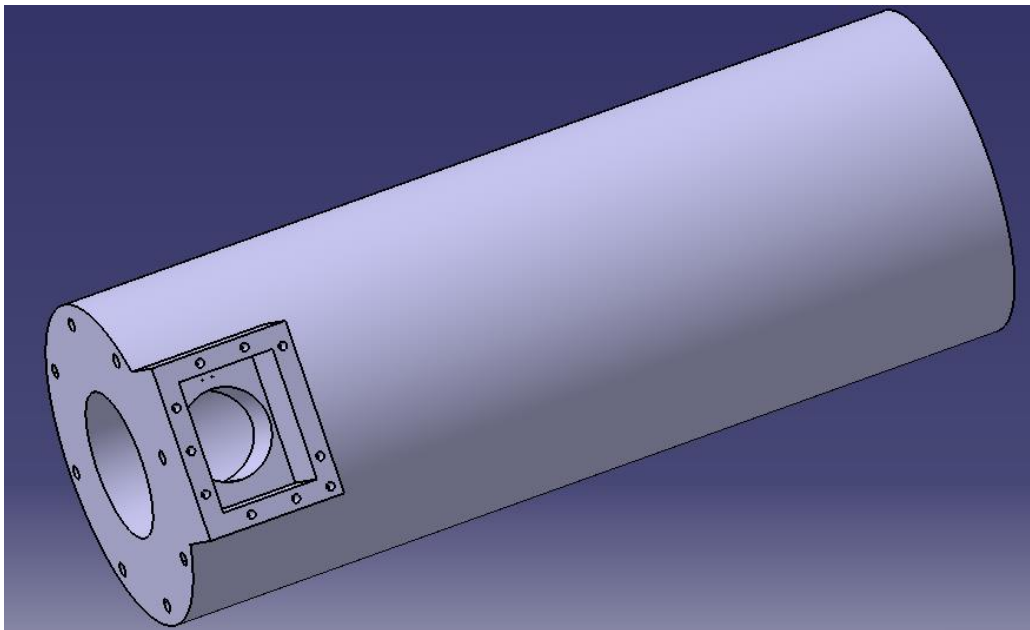


figura 33: Cuerpo de la bomba

- 5.4.4.2 Alcachofa

Se trata del elemento encargado de aspirar el agua. Estará fabricada en Aluminio 2024 T3 y en su tendrá una capa de pintura color bronce. Está formado por dos cilindros en una misma pieza: el mayor tiene 320 mm de diámetro y su función es la de albergar los tornillos de unión con el cuerpo de la bomba, para lo cual tiene realizados unos taladros no roscados de diámetro 17,5 mm, según la norma ISO 273-1979; y el cilindro menor tiene 240 mm diámetro, el cual en su exterior tiene realizadas unas circunferencias alargadas que hacen de filtro y que llegan hasta el interior de la alcachofa. El agujero

interior es común a ambos cilindros y tiene 100 mm de diámetro. La parte superior tiene realizados dos taladros roscados de paso medio M2 para fijar la válvula de aspiración.

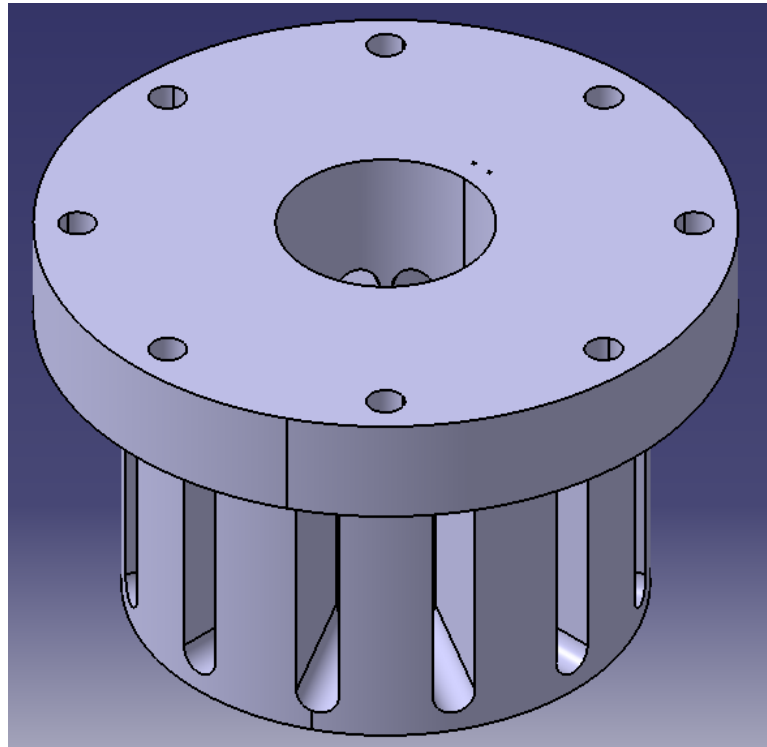


figura 34: Alcachofa

- 5.4.4.3 Pistón

Es el elemento encargado de la aspiración e impulsión del fluido contenido en el cilindro de la bomba. Está fabricado en Aluminio 2024 T3 y recubierto por una capa de pintura de color bronce. La cabeza del pistón tiene 146 mm de diámetro, que tiene un ajuste de juego medio h6/G7 con la bomba, y 100 mm de alto. Tiene acoplado un segmento de caucho para evitar fugas. El segmento tiene 148 mm de diámetro exterior, 140 mm de diámetro interior y un espesor de 5 mm. El brazo del pistón tiene una longitud entre la cabeza y el agujero del bulón de 698,754 mm. Este agujero tiene un ajuste con el bulón giratorio con juego mediano h9/E9

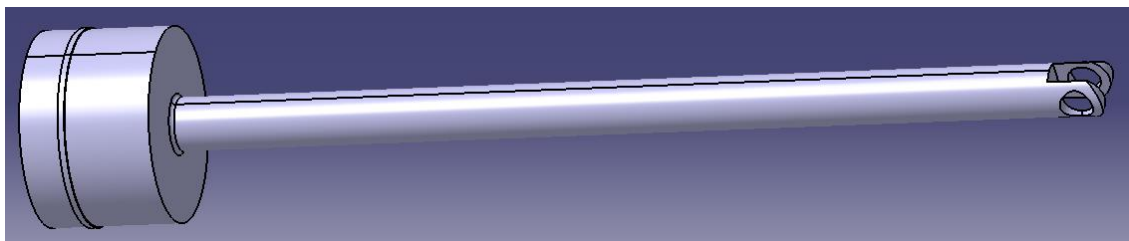


figura 35: Pistón

- 5.4.4.4 Acople Bomba-Pilar

Este elemento cumple una doble función: conducir el agua desde la salida de la bomba a la tubería y servir de anclaje entre la bomba y la estructura. Además permite dar una disposición muy semejante a lo establecido por Nicolás García Tapia³⁴. Está fabricada en Aluminio 2024 T3 con una capa de pintura color bronce. Se trata de un elemento de forma cúbica de 130x98x98 mm. En su interior tiene un codo de 90° para la conducción del agua de 50 mm de diámetro. El marco exterior es de 140x172x40 mm y contiene los taladros roscados en paso medio M10 para albergar los tornillos que anclarán este elemento con el cuerpo de la bomba. En la cara lateral que se fija al pilar tiene practicados unos taladros roscados de paso medio acorde a la normativa de la viga IPN 220 (DIN 1025-1: 1995). En la parte superior se tiene una sujeción diseñada para una tubería de 50 mm de diámetro y 3,7 mm de espesor. Esta parte puede ser roscada interiormente y modificada en tamaño acorde a la disponibilidad de tuberías del mercado. De este diseño del elemento se deben fabricar 4 piezas simétricas 2 a 2 debido a la disposición de las bombas. Esta simetría solo afectará a la disposición de los taladros en la pieza.

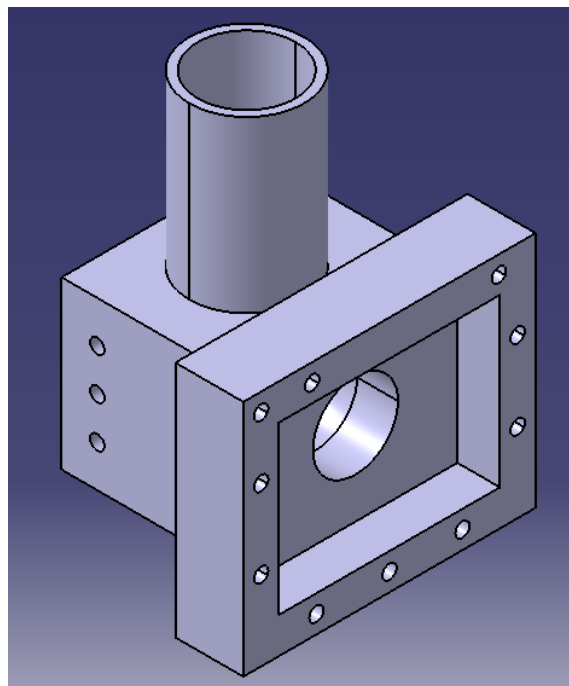


figura 36: Acople Bomba-Pilar

³⁴ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, Lámina II, figura 2

- 5.4.4.5 Válvulas

Las válvulas de aspiración e impulsión están formadas por tres elementos: la tapa de la válvula, una bisagra y un bulón. Los tres están fabricados en acero inoxidable AISI 430. Las válvulas son las encargadas de permitir el paso del agua en la entrada y la salida del cuerpo de la bomba. Las bisagras de ambas bombas son iguales y tienen 2 taladros no roscados para albergar los tornillos de fijación M2 al cuerpo de la bomba de 2,4 mm según la norma ISO 273-1979. El bulón tiene un diámetro de 1,5 mm y está montado a presión. La válvula de aspiración tiene un diámetro de 103 mm y la de impulsión un diámetro de 92 mm.

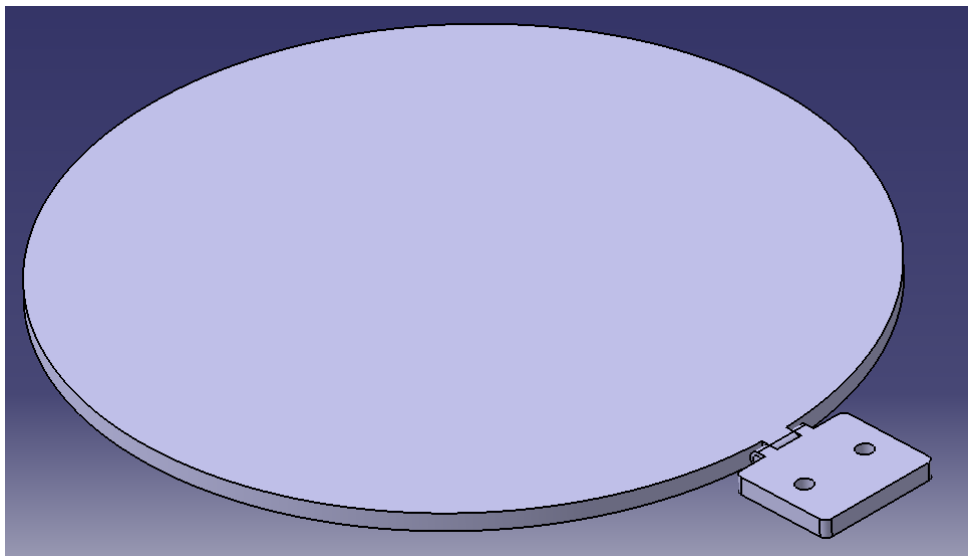


figura 37: Válvula de aspiración e impulsión

- 5.4.4.6 Tuberías

Son las encargadas de la conducción del agua. Su dimensionamiento se ha obtenido del catálogo de tuberías de “Leroy Merlín”, siendo su tamaño de 50 mm de diámetro y 3,7 mm de espesor y estar fabricadas en PVC. En este caso se podría utilizar cualquier tubería similar disponible en el mercado que se adecuara al proyecto, pudiendo modificar el Acople Bomba-Pilar y el soporte de la tubería si fuese necesario.

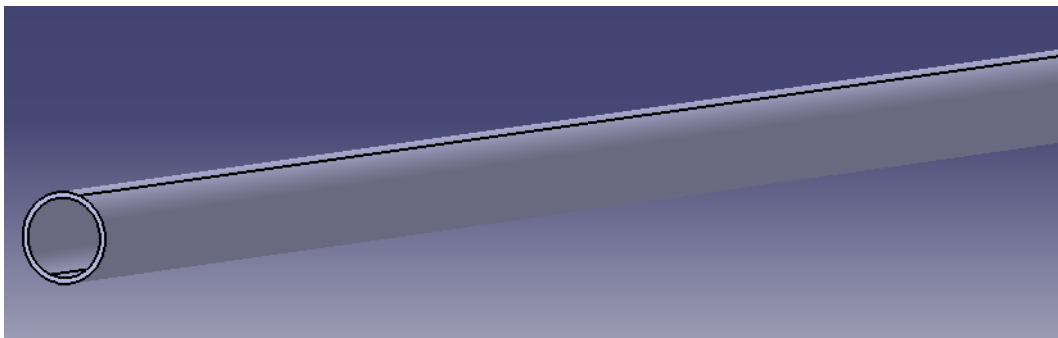


figura 38: Tubería

- **5.4.5 Elementos de apoyo en la estructura**

Son todos los elementos necesarios para apoyar la máquina en la base o estructura. Se trata de los ejes, los acoples de los ejes y los acoples de la tubería. Todos estos elementos tendrán una capa de pintura color gris forja para protegerlos de la corrosión.

- 5.4.5.1 Eje de la rueda hidráulica

Se trata de un eje rotatorio de acero AISI 1050 CD con dos tipos de secciones: una sección hexagonal de diagonal igual 37,5 mm, que encaja con el buje de la rueda hidráulica y con el eje hexagonal de la manivela; y dos secciones circulares donde se sitúa el rodamiento 6015 mediante ajuste forzado medio h6/K7 que apoya sobre el acople eje-estructura. Tiene practicados dos tipos de taladros: 2 taladros de 5 mm de diámetro y 8 taladros de 10 mm de diámetro, para introducir mediante ajuste forzado duro h6/N7 los pasadores DIN6325 5x100 y DIN6325 10x140 que impidan el movimiento longitud del eje respecto a la estructura y de las ruedas y manivelas respecto al eje.

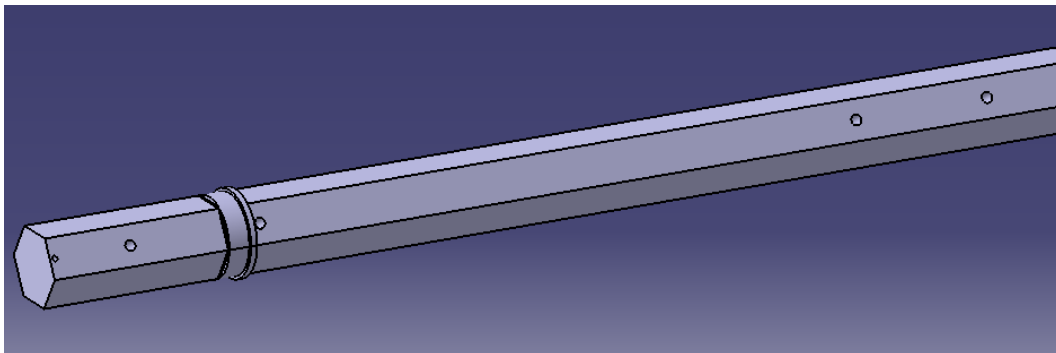


figura 39: Eje de la rueda hidráulica

- 5.4.5.2. Eje de balancines y el lunetos

Se trata de un eje hueco de acero AISI 1050 CD circular con un diámetro interior de 70 mm y un diámetro exterior diseñado para acoplar el rodamiento 61815 mediante ajuste forzado medio h6/K7. Es un eje estático que se introduce mediante ajuste forzado medio h6/K7 en sus acoples de estructura. Tiene realizados 4 taladros de 5 mm de diámetro para introducir los pasadores mediante ajuste forzado duro h6/N7 que impedirán el movimiento longitudinal de los balancines y lunetos.

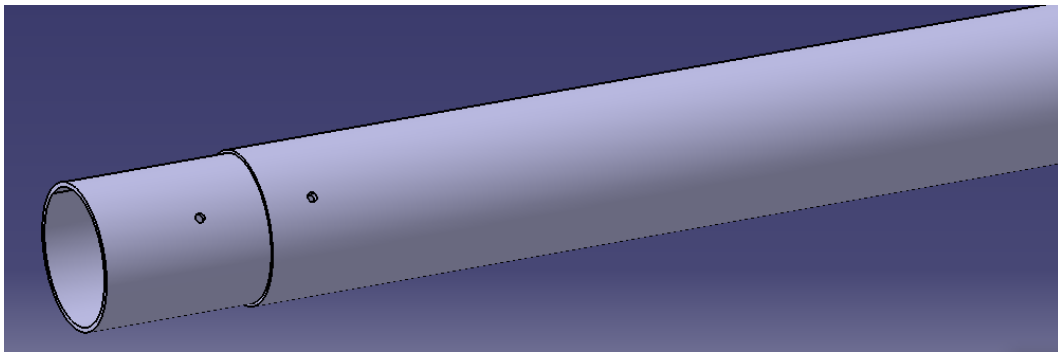


figura 40: Eje de balancines y lunetos

- 5.4.5.3 Acople eje rueda hidráulica

Se trata de una pieza diseñada para albergar el rodamiento 6015, mediante ajuste forzado medio h6/K7, perteneciente al eje de la rueda hidráulica y fijarse sobre la viga IPN 220. Está fabricado en Acero E 295. Tiene un agujero pasante que atraviesa con dos diámetros para acoplar el rodamiento, y se fija a la viga mediante 4 tornillos M10 de paso medio. Los taladros para albergar estos tornillos son no roscados de diámetro 11 mm según la norma ISO 273-1979, con una distancia entre ellos de 50 mm y 300 mm.

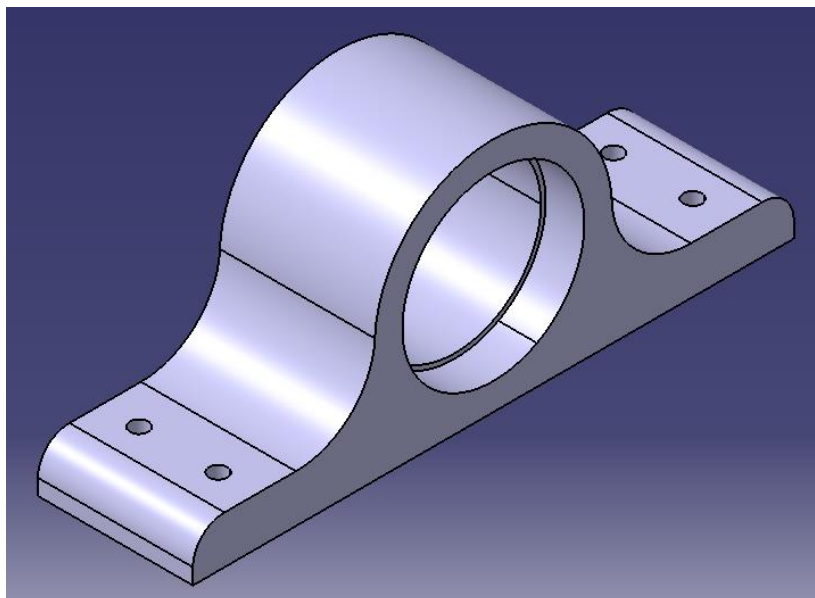


figura 41: Acople eje rueda hidráulica

- 5.4.5.4 Acople del eje de balancines y lunetos

Se trata de una pieza diseñada para albergar el eje de balancines y lunetos, y fijarse sobre la viga IPN 220. Está fabricado en Acero E 295. El agujero que alberga el eje es ciego, llega hasta la mitad del acople y tiene un diámetro de 75 mm y ajusta al eje mediante forzado medio h6/K7. Se fija a la viga mediante 4 tornillos M10 de paso medio. Los taladros para albergar estos tornillos son no roscados de diámetro 11 mm según la norma ISO 273-1979, con una distancia entre ellos de 50 mm y 300 mm.

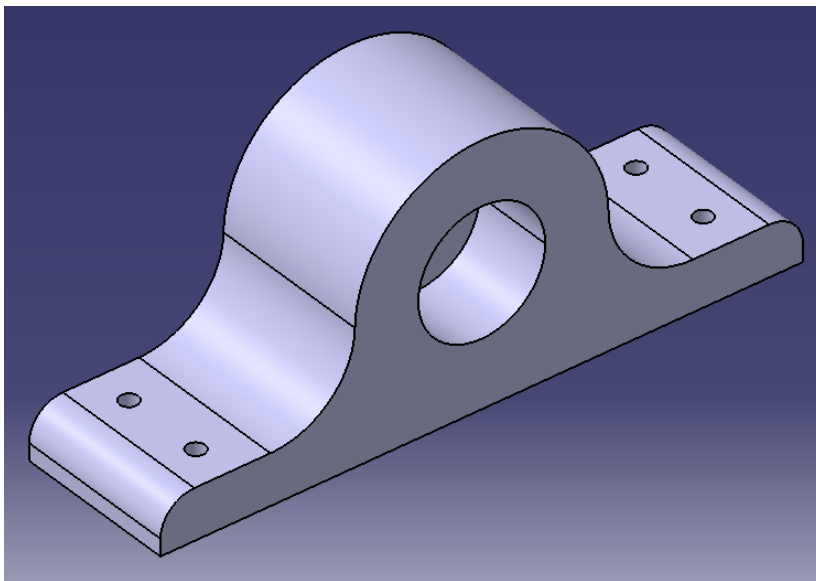


figura 42: Acople del eje de balancines y lunetos

- 5.4.5.5 Soporte tubería

Este componente tiene el objetivo de fijar la tubería a la estructura. Está fabricado en acero E295. En total hay 8 soportes, dos por tubería. Está formado por una abrazadera que se fija a la base con 4 tornillos de paso medio M5. Los taladros de la abrazadera tienen un diámetro de 5,5 mm según la norma ISO 273-1979. Los taladros de la base son 4 roscados de paso medio M5 para la sujeción de la abrazadera y 2 roscados de paso medio M10 para la sujeción en el pilar. El diámetro interior entre la base y la abrazadera es 50 mm, coincidiendo con el diámetro de la tubería instalada. Este componente puede verse modificado en función de la tubería elegida.

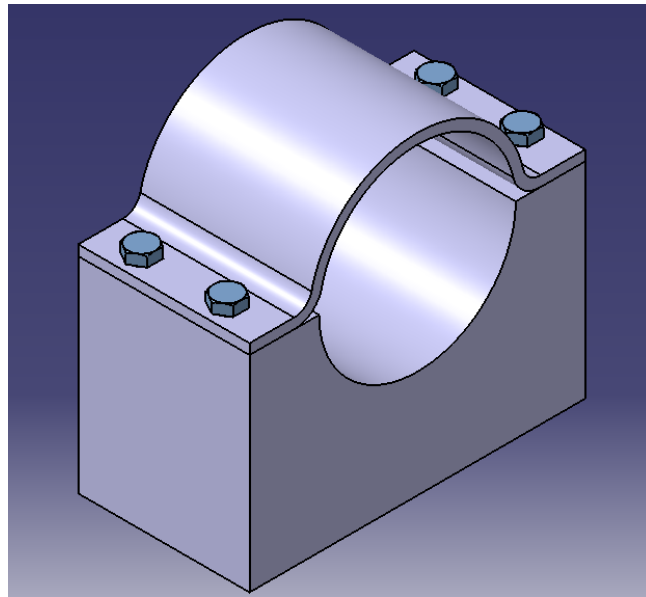


figura 43: Soporte tubería

- 5.4.5.6 Bulón Pistón-Baquetón

Se trata del elemento de unión entre el pistón y el baquetón. Está fabricado en acero AISI 1050 CD, tienen un diámetro de 25 mm y una longitud de 60 mm. Se introduce en los agujeros de pistón y baquetón mediante un ajuste giratorio con juego mediano $h9/E9$. Tiene dos taladros de 3 mm para albergar los pasadores DIN6325 3x30 que se introducen mediante un ajuste forzado duro $h6/N7$. A pesar de ser un elemento perteneciente a un par rotativo no se han incluido rodamientos por ser esta rotación muy pequeña.

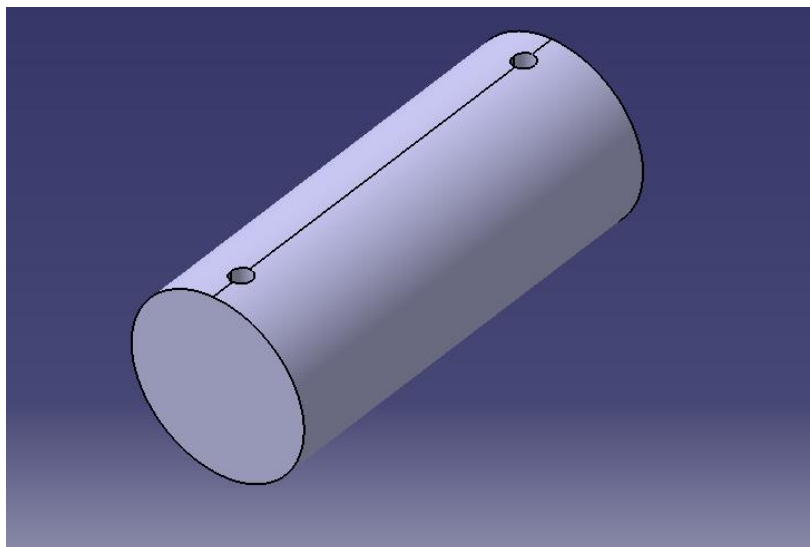


figura 44: Bulón Pistón-Baquetón



- **5.4.6 Elementos auxiliares**

Los elementos auxiliares son todas aquellas piezas normalizadas que hacen posible la restricción de movimientos y unión de los componentes de la máquina. En este proyecto se usan tornillos, tuercas, pasadores y rodamientos, lo cuales se describen a continuación:

- 5.4.6.1 Tornillos

Se trata de tornillería normalizada ISO 4017 de rosca métrica de paso medio.

- M2x16: Fijan las bisagras de las válvulas a la bomba. 16 en total
- M5x25: Fijan la abrazadera con la base del soporte de la tubería. 32 en total.
- M10x45: Fijan el Acople Bomba-Pilar al Pilar y los Acoples de la tubería al Pilar. 40 en total
- M10x55: Fijan el Acople Bomba-Pilar al Cuerpo de la bomba y los Acoples de los ejes a las Vigas. 64 en total
- M16x65: Fijan la Alcachofa al Cuerpo de la bomba. 32 en total.

- 5.4.6.2 Tuercas

En este caso se usa un único tipo de tuerca, ISO 4032 M10, que sirve como elemento de seguridad en el anclaje de los Acoples de los ejes, ya que los taladros de las vigas están roscados. 24 en total.

- 5.4.6.3 Pasadores

Se trata de pasadores cilíndricos rectificadas de la normativa DIN6325 - ISO 8734

- DIN6325 3x30: Se usan en los bulones de unión entre el pistón y el baquetón. 8 en total.
- DIN6325 5x100: Se usan en el eje de la rueda hidráulica y en los bulones de las manivelas, de los balancines, de los lunetos y en los ejes de estos dos últimos. 26 en total.
- DIN6325 10x140: Se usan en el eje de la rueda hidráulica. 8 en total.



- 5.4.6.4 Rodamientos

Se trata de rodamientos impermeables de bolas del catálogo del fabricante SKF:

- SKF 6009: Se usa para la unión Biela – Manivela, y Luneto – Baquetón. 6 en total.
- SKF 61815: Se usa para la unión Balancín – Biela y el apoyo de balancines y lunetos sobre sus ejes. 6 en total.
- SKF 6015: Son los rodamientos del eje de la rueda hidráulica. 2 en total.

5.5 Instrucciones de montaje

A continuación se detalla la forma óptima de montaje del Ingenio de Zubiaurre del Siglo XXI.

• 5.5.1 Edificio del Ingenio

El primer paso para montar el Ingenio es tener una base donde cimentar la estructura y delimitar el río Pisuerga del Ingenio. Lo único que se ha diseñado del edificio es su planta y se dan aquí las condiciones que debe tener:

- La base la forma un muro exterior al conjunto de la máquina, con un muro interior que separa las dos ruedas hidráulicas. Este muro tendrá una altura máxima de 1000 mm.
- El muro que separa las dos ruedas hidráulicas debe tener 400 mm de ancho con una separación entre cada rueda y el muro de 20 mm.
- Los muros laterales deben tener una separación con las ruedas de 20 mm.
- El edificio tiene dos compuertas aguas arriba, para regular el caudal de agua que pasa por las ruedas hidráulicas, cuya apertura vertical es de accionamiento eléctrico y debe oscilar entre 135 mm y 200 mm. Estas compuertas servirán además para poder cerrar la entrada de agua y realizar tanto las tareas de montaje como el mantenimiento de la máquina, para lo cual también será necesaria una compuerta aguas abajo, también con accionamiento eléctrico, con el único fin de delimitar totalmente el agua del río en estos casos, o dar salida al agua que pasa a través del Ingenio, es decir no tienen una regulación específica de apertura.
- La separación entre la rueda hidráulica y el fondo del canal es de 20 mm.
- La pendiente del canal del edificio estará entre $2,99^\circ$ y $5,625^\circ$.

En cuanto al aspecto exterior del edificio se puede optar por un aspecto similar al del edificio del Ingenio de Zubiaurre del Siglo XVII, con un arco de entrada, dos de salida y un tejadillo a doble vertiente rematada con un chapitel; o la opción preferente de este proyecto que es levantar sobre el muro unas paredes de cristal grueso o metacrilato con el fin de aislar el Ingenio de las subidas del Pisuerga y de que se pueda admirar la máquina desde el exterior. Incluso, si fuese posible, se podría realizar una combinación de las dos opciones.



- **5.5.2 Estructura**

La estructura se monta sobre el edificio del Ingenio. Todos los componentes deberán tener realizados sus taladros previamente. Se han de unir los componentes en dos pórticos por medio de soldaduras, y posteriormente realizar la cimentación sobre el edificio. Una vez montados ambos pórticos se unen entre sí mediante las correas laterales.

- **5.5.3 Montaje Ruedas Hidráulicas**

Los radios se unen al buje en las muescas realizadas para ello mediante soldadura. Una vez montados los 6 radios se coloca sobre ellos la llanta. La llanta es una lámina plana y no se le da la forma de circunferencia hasta que se coloca sobre las muescas de los radios, y una vez hecho esto se sueldan sus dos extremos.

Sobre la llanta se sueldan las caras laterales, y posteriormente se sueldan las palas a la llanta y las caras laterales, con una separación entre ellas de 15°.

- **5.5.4 Montaje de Ruedas y Eje sobre Estructura**

La realización del montaje entre las ruedas y su eje se realiza in situ. Se deben sujetar las ruedas hidráulicas con una grúa en el interior de la estructura para posteriormente introducir el eje en las ruedas, de manera que respete las medidas establecidas. Después se colocan los rodamientos correspondientes en la sección establecida para ello, y se colocan los acoples sobre los rodamientos. Una vez hecho todo esto se pueden atornillar los acoples a la estructura mediante los tornillos M10x55 y las tuercas. Con el conjunto ya montado sobre la estructura se puede prescindir de la grúa y se puede proceder a introducir los pasadores DIN6325 10x140 en los taladros realizados para ello.

- **5.5.5 Montaje de Manivelas**

El montaje de las manivelas se realiza sobre el eje ya situado en la estructura, con los bulones orientados hacia el exterior, y de manera que las dos manivelas tengan un desfase entre ellas de 180°. Una vez situadas en el eje se introducen los pasadores DIN6325 5x100 que impiden que las manivelas se salgan del eje.



- **5.5.6 Montaje De Balancines**

El montaje entre los balancines, su eje y los elementos de apoyo y auxiliares se realiza previamente a su montaje en la estructura. Primero se introducen los rodamientos correspondientes en los ejes de los balancines, y estos en el eje de manera que el bulón del balancín quede orientado hacia el exterior y por debajo de la viga. Después se introduce el eje en sus acoples y se introducen los pasadores DIN6325 5x100 en los taladros realizados en el eje, que impiden que los balancines se desplacen a lo largo del eje. Por último, se atornillan los acoples a la estructura mediante los tornillos M10x55 y sus respectivas tuercas.

- **5.5.7 Montaje de Lunetos**

El montaje entre los lunetos, su eje y los elementos de apoyo y auxiliares se realiza previamente al montaje en la estructura. Primero se introducen los rodamientos correspondientes en los ejes de los lunetos, y estos en el eje de manera que los bulones del luneto queden orientados hacia el interior. Después se introduce el eje en sus acoples y se introducen los pasadores DIN6325 5x100 en los taladros realizados en el eje, que impiden que los balancines se desplacen a lo largo del eje. Por último, se atornillan los acoples a la estructura mediante los tornillos M10x55 y sus respectivas tuercas.

- **5.5.8 Montaje de Bombas**

Existen dos tipos de cuerpos de bombas en este proyecto, uno simétrico respecto al otro, pero lo único que cambia es la disposición de los taladros que se usan para atornillar el acople. Por esto mismo también existen dos tipos de acoples de bomba, que son simétricos en los taladros. Ambos conjuntos se montan de la misma manera.

Se comienza este ensamblaje montando las válvulas de aspiración e impulsión. Estas dos solo difieren en el diámetro de la tapa de la válvula. La tapa de la válvula se une a la bisagra mediante un pasador o bulón que hace de eje de giro. La válvula de aspiración se atornilla a la alcachofa en los taladros realizados, mediante 2 tornillos M2x16. Igualmente se une la válvula de impulsión al cuerpo de la bomba.

Seguidamente se atornilla la alcachofa al cuerpo de la bomba mediante 8 tornillos M16x65 y el acople de la bomba al cuerpo de la bomba mediante 10 tornillos M10x55.



Teniendo el conjunto unido se atornilla el acople de la bomba al pilar mediante 6 tornillos M10x45, que roscan tanto en el pilar como en el acople.

- **5.5.9 Montaje de Biela**

Se acoplan los rodamientos correspondientes a cada agujero de la biela y se introduce en los bulones de la manivela y el balancín. Posteriormente se introducen los pasadores DIN6325 5x100 en los taladros realizados en los bulones para impedir el desplazamiento longitudinal de la biela. La biela se coloca de manera que los diámetros mayores de los ejes de la biela queden orientados hacia los bulones de balancín y biela.

- **5.5.10 Montaje Pistón – Baquetón**

Se monta el segmento del pistón en la ranura practicada en la cabeza del pistón y se introduce el pistón en la bomba. Teniendo el pistón dentro de la bomba se une al baquetón mediante el bulón correspondiente y se introducen los pasadores DIN6325 3x30 en los taladros realizados para ello. El baquetón se coloca de manera que el diámetro mayor del eje superior del baquetón quede orientado hacia el bulón del luneto.

- **5.5.11 Montaje Baquetón – Luneto**

Se introduce el rodamiento correspondiente en el eje de unión entre baquetón y luneto, y se monta en el bulón del luneto. Posteriormente se colocan los pasadores DIN6325 5x100 en los taladros realizados para ello.

- **5.5.12 Montaje de Cadenas**

Por último se unen las cadenas a lunetos y balancines, dos por pareja, quedando así el mecanismo conectado entre sí.

- **5.5.13 Montaje tuberías**

Para finalizar, se atornillan las bases de los soportes de las tuberías a los pilares, mediante los tornillos M10x45, se colocan las tuberías en el interior del tubo que sale del Acople Bomba – Pilar, y por último se atornillan las abrazaderas a sus respectivas bases, mediante los tornillos M5x25.

5.5 Materiales

• 5.5.1 Materiales del edificio

- Para la fachada: 57, 7 m² de muro de carga de 20 cm de espesor de fábrica de bloque de hormigón celular, bloque liso, 62,5x25x20 cm, resistencia normalizada 4 N/mm², densidad 500 kg/m³, conductividad térmica 0,125 W/(mK), para revestir, recibida con mortero para juntas finas.
- Para el piso sin inclinación: 14 m² Losa maciza de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 24 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante y agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros.
- Para el piso con inclinación: Losa maciza de hormigón armado, inclinada, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 24 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante y agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros.



- Compuerta aguas arriba: 2 compuertas CC IIE316L 1044X1000, actuador eléctrico a 2100mm para carga de agua máxima 1mca. Cuerpo, tablero y husillo en inoxidable inox 316. Cierre epdm Bidireccional. Accionamiento eléctrico on-off 400v50hz.
- Compuerta aguas abajo: 1 compuerta CC IIE316L 2000X1000, actuador eléctrico a 2100mm para carga de agua máxima 1mca. Cuerpo, tablero y husillo en inoxidable inox 316. Cierre epdm Bidireccional. Accionamiento eléctrico on-off 400v50hz.

- 5.5.2 Tabla de materiales del Ingenio de Zubiaurre

CONJUNTO	PIEZA	Nº PIEZAS	MATERIAL	PESO (KG)
RUEDA HIDRÁULICA	Rueda Hidráulica	2	Aluminio 2024 T3	215,82
	Pala	48	Aluminio 2024 T3	4,565
	Radio	12	Aluminio 2024 T3	3,611
	Llanta	2	Aluminio 2024 T3	71,4
	Cara Lateral	4	Aluminio 2024 T3	31,473
	Buje	2	Aluminio 2024 T3	2,098
ESTRUCTURA				
	Pilar	6	Acero S275	155,253
	Viga Mayor	4	Acero S275	215,997
	Viga Menor	4	Acero S275	48,723
	Correa Lateral	4	Acero S275	44,651
MECANISMO				
	Manivela	2	Aluminio 2024 T3	11,267
	Biela	2	Aluminio 2024 T3	9,813
	Balancín	2	Aluminio 2024 T3	15,639



	Cadena	4	Acero Inoxidable AISI 430	0,766
	Luneto	2	Aluminio 2024 T3	8,984
	Baquetón	4	Aluminio 2024 T3	7,924
	Bulón Pistón – Baquetón	4	Acero AISI 1050 CD	0,229
BOMBA				
	Pistón	4	Aluminio 2024 T3	6,857
	Segmento	4	Caucho	0,008
	Cuerpo Bomba	2	Aluminio 2024 T3	148,013
	Simetría Cuerpo Bomba	2	Aluminio 2024 T3	148,013
	Alcachofa	4	Aluminio 2024 T3	19,244
	Acople Bomba – Pilar	2	Aluminio 2024 T3	4,535
	Simetría Acople Bomba – Pilar	2	Aluminio 2024 T3	4,535
	Tapa Válvula Aspiración	4	Acero Inoxidable AISI 430	0,164
	Tapa Válvula Impulsión	4	Acero Inoxidable AISI 430	0,131
	Bulón Válvula	8	Acero Inoxidable AISI 430	0,001
	Bisagra	8	Acero Inoxidable AISI 430	0,005
	Tubería	4	PVC	-
ELEMENTOS APOYO				
	Eje Rueda Hidráulica	1	Acero AISI 1050 CD	91,304
	Eje Balancines	2	Acero AISI 1050 CD	21,063



	Acople Eje Rueda	2	Acero E295	13,926
	Acople Eje Balancín	4	Acero E295	19,968
	Soporte Tubería	8	Acero E295	1,908
TORNILLOS				
	ISO 4017 M2x16	16	Acero inoxidable	-
	ISO 4017 M5x25	32	Acero inoxidable	-
	ISO 4017 M10x45	40	Acero inoxidable	-
	ISO 4017 M10x55	64	Acero inoxidable	-
	ISO 4017 M16x65	32	Acero inoxidable	-
TUERCAS				
	ISO4032 M10	24	Acero inoxidable	-
PASADORES				
	DIN6325 3x30	8	Acero inoxidable	-
	DIN6325 50x100	26	Acero inoxidable	-
	DIN6325 10X100	8	Acero inoxidable	-
RODAMIENTOS				
	SKF 6009	6	Acero inoxidable	-
	SKF 61815	6	Acero inoxidable	-
	SKF 6015	2	Acero inoxidable	-

- **5.5.3 Recubrimientos**

- Para las vigas: Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color TITANLAK 2804 Caoba, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); sobre viga formada por piezas simples de perfiles laminados de acero.



- Para los pilares: Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color TITANLAK 2804 Caoba, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); sobre pilar formado por piezas simples de perfiles laminados de acero.
- Para ruedas hidráulicas, balancines y lunetos: Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color TITANLAK 2808 Sapeli, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); sobre elementos de aluminio de los componentes.
- Para bombas y pistones: Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color bronce, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); sobre elementos de aluminio de los componentes.

6. Conclusiones y líneas futuras

6.1 Conclusiones

Una vez finalizado el diseño completo del Ingenio de Zubiaurre del Siglo XXI se puede concluir que se trata de una máquina que es capaz de cumplir su función: elevar un caudal de agua utilizando la energía de un salto de agua realizado en el río Pisuega. El caudal de agua que es capaz de bombear la máquina, a 31,34 m de altura, es de 328,16 l/min gracias a la una potencia efectiva de las ruedas hidráulicas de 1.777,06 W.

El resultado final es una máquina muy similar en aspecto a la que describe Nicolás García Tapia³⁵, tanto en cada uno de sus componentes como en su disposición, lo que cumple uno de los objetivos marcados para este proyecto.

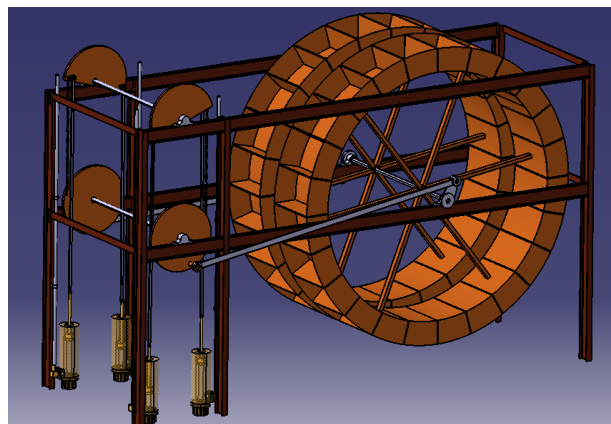
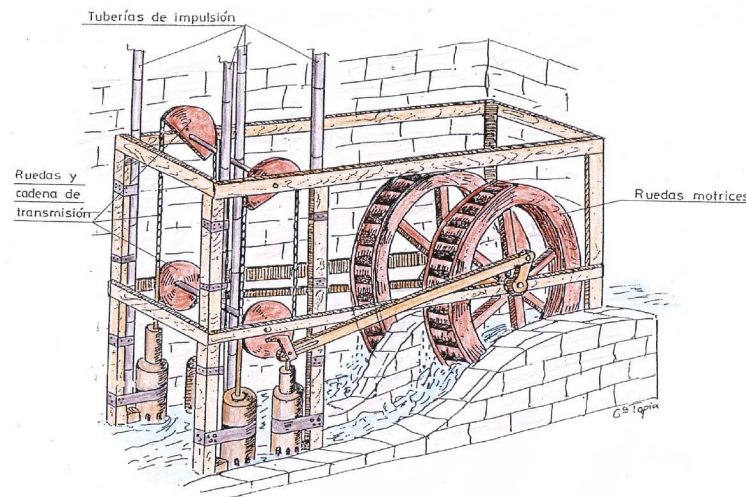


figura 45: Comparación visual de ambas máquinas

³⁵ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, "Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII", pags.299-324



Para hacer efectiva la similitud de los componentes ha habido que aumentar el peso de alguno de ellos, como la rueda hidráulica a la que se le añade la llanta, o la forma de los balancines y la cantidad de material que ello conlleva. En cuanto a su disposición, la transmisión superior a los lunetos resulta innecesaria, habiéndose podido hacer esta desde los balancines, aumentando así las pérdidas de energía y el coste añadiendo dos lunetos, cuatro cadenas, un eje, dos acoples y alargar la longitud de los baquetones; la estructura tiene una disposición similar siendo necesario diseñar unos acoples para apoyar la máquina, evitando así taladrar el alma de las vigas de la estructura. La disposición de las bombas también se ha diseñado de la manera más similar posible de forma que no hubiera ningún choque entre los elementos de la máquina, para lo que ha sido necesario diseñar un acople que las anclara al pilar de la estructura además de hacer de conducto de salida del agua de la bomba.

Otro de los objetivos del proyecto era aumentar el rendimiento de la máquina, por lo que se ha optado por aligerar el peso de todos sus componentes móviles, usando aluminio, y reducir el rozamiento, para lo que se han introducido rodamientos impermeables en todos los pares rotatorios. Además se ha introducido en los pistones un segmento de caucho para así evitar fugas en la bomba.

El tamaño de la máquina se ha aumentado buscando una mayor capacidad de bombeo de agua, de manera que las ruedas hidráulicas han pasado de los 3 metros originales ³⁶ a 5 metros, que es el tamaño máximo que recomienda Poncelet para este tipo de ruedas hidráulicas.

Entre los objetivos de este proyecto no está el diseño de un edificio para la máquina, pero era necesario dimensionar su planta dado que las distancias entre rueda hidráulica y canal son necesarias para el aprovechamiento de la potencia hidráulica. En el capítulo "Edificio" del presupuesto se incluyen las paredes laterales, la base y las compuertas del edificio haciendo un total de 21.365,55 €.

El presupuesto parcial de los componentes de la máquina es de 19.772,11 €, que es un precio estimado para que la máquina realice su función.

³⁶ RECIO MÉNDEZ, JESÚS, TORREGO OTERO, JUAN ENRIQUE "Proyecto de reconstrucción del ingenio de Zubiaurre", 1996, Biblioteca del Archivo de la Uva: Archivo Z/Bc P-00975



6.2 Líneas futuras

Para completar este proyecto habría que empezar con el diseño completo del edificio que contiene el Ingenio, incluyendo las actuaciones previas y la cimentación, que en este proyecto no se contemplan. Se podría optar por una fachada transparente, de metacrilato o cristal grueso, que permitiera ver el Ingenio desde el Puente Mayor y las inmediaciones de este; o una reconstrucción del edificio del Ingenio de Zubiaurre original, según lo describe Nicolás García Tapia³⁷.

Si se quisiera aumentar la potencia y el caudal de la máquina se podrían realizar diversas actuaciones, tales como:

- Aumentar el salto de agua hasta 1,5 metros.
- Aumentar la anchura de las ruedas hidráulicas.
- Aumentar el número de ruedas hidráulicas.
- Aumentar el diámetro de las bombas.
- Aumentar el número de bombas.
- Reducir el peso de los componentes móviles.

En el caso de que esta máquina resultara de exposición se reduciría el precio del proyecto por no necesitar el mismo tipo de materiales y la cantidad de estos fuese menor, dado que el Ingenio de Zubiaurre original era un 40% más pequeño, además de no necesitar un recubrimiento de pintura en algunos componentes ya que se podrían utilizar materiales originales tales como la madera de las ruedas hidráulicas.

³⁷ GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, pags.299-324



7. Bibliografía

- GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII”, pags.299-324.
- GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Conocer Valladolid 2011. V Curso de patrimonio cultural”, págs. 77-98.
- GARCÍA TAPIA, NICOLÁS, “Ingeniería y Arquitectura en el renacimiento español”, págs. 300-318.
- RECIO MÉNDEZ, JESÚS, TORREGO OTERO, JUAN ENRIQUE “Proyecto de reconstrucción del ingenio de Zubiaurre”, 1996, Biblioteca del Archivo de la Uva: Archivo Z/Bc P-00975.
- PÉREZ CARDONA, ALBERTO. “*La Rueda Hidráulica*”, revista de la Facultad Nacional de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 1985
- CARRERA DE LA RED, MIGUEL A., “Las fábricas de harina en Valladolid”, 1990, pág. 257.
- CRESPO MARTÍNEZ, ANTONIO, “Mecánica de Fluidos”, 2006.
- CARDONA, S. “Teoría de Máquinas”, UPC, 2001.
- GARRIDO, J.A., FOCES, ANTONIO, “Resistencia de Materiales”, Universidad de Valladolid, 2011.
- CALLISTER, WILLIAM D., “Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales”, Reverte, 2002.
- SHIGLEY, J.E., MISCHKE, C.R., “Diseño en Ingeniería Mecánica”, McGraw Hill, 2002.
- <https://parquebezares.com/parque-hidraulico/historia-de-la-rueda-hidraulica/>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_hidr%C3%A1ulica
- Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Norma DIN 1025-1:1995 “Perfiles I de alas inclinadas. IPN 80 – IPN 550”
- Norma ISO 273:1979, “Agujeros de paso para pernos y tornillos”
- Norma ISO 4017:2011, “Tornillos de cabeza hexagonal”
- Norma ISO 4032:1999, “Tuercas hexagonales tipo 1”
- Norma ISO 8734:1998, “Pasador cilíndrico, forma A”

8. Anexos

8.1 Anexo 1

Tablas de propiedades mecánicas de los materiales utilizados para el diseño de este proyecto.

Tabla A-5

Tabla A-5

Constantes físicas de materiales

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Relación de Poisson ν	Peso específico w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lbf/pulg ³	lbf/ft ³	kN/m ³
Abeto Douglas	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Acero al carbono	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Acero inoxidable (18-8)	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0
Aleaciones de titanio	16.5	114.0	6.2	42.4	0.340	0.160	276	43.4
Aluminio (todas las aleaciones)	10.4	71.7	3.9	26.9	0.333	0.098	169	26.6
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Hierro fundido (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel metal	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Plata niquelada	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4

Tabla A-20

Tabla A-20

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estrados en frío (CD) [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ($\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{4}$ pulg)]. Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesa- miento	a la tensión, MPa (kpsi)	la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Tabla A-24
Tabla A-24

Propiedades mecánicas de tres metales no ferrosos (continuación)

b) Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio

[Éstas son propiedades típicas de tamaños de alrededor de 1/2 pulg; se pueden obtener propiedades similares al usar especificaciones de compra apropiadas. Los valores de la resistencia a la fatiga corresponden a $50(10^7)$ ciclos de esfuerzo completamente reversible. Las aleaciones de aluminio no tienen un límite de resistencia a la fatiga. Las resistencias a la fluencia se obtuvieron mediante el método del corrimiento de 0.2%]

Número de la Aluminum Association	Temple	Resistencia			Elongación en 2 pulg, %	Dureza Brinell, H_B
		Fluencia, S_y , MPa (kpsi)	A la tensión, S_u , MPa (kpsi)	A la fatiga, S_f , MPa (kpsi)		
Forjado:						
2017	O	70 (10)	179 (26)	90 (13)	22	45
2024	O	76 (11)	186 (27)	90 (13)	22	47
	T3	345 (50)	482 (70)	138 (20)	16	120
3003	H12	117 (17)	131 (19)	55 (8)	20	35
	H16	165 (24)	179 (26)	65 (9.5)	14	47
3004	H34	186 (27)	234 (34)	103 (15)	12	63
	H38	234 (34)	276 (40)	110 (16)	6	77
5052	H32	186 (27)	234 (34)	117 (17)	18	62
	H36	234 (34)	269 (39)	124 (18)	10	74
Fundido:						
319.0*	T6	165 (24)	248 (36)	69 (10)	2.0	80
333.0†	T5	172 (25)	234 (34)	83 (12)	1.0	100
	T6	207 (30)	289 (42)	103 (15)	1.5	105
335.0*	T6	172 (25)	241 (35)	62 (9)	3.0	80
	T7	248 (36)	262 (38)	62 (9)	0.5	85

*Vaciado en arena.

†Vaciado en molde permanente.

8.2 Anexo 2

Tablas de corrección para materiales sometidos a fatiga:

Ka: Tablas corrección de factor de superficie

$$K_a = aS_{ut}^b$$

Tabla 6-2

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin, ecuación (6-19)

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} kpsi	S_{ut} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3, núm. 2, 1946, p. 29. Reproducido por D. J. Horgler (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

Kb: Tablas corrección de factor de tamaño

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

axial $K_b = 1$

Kc: Tablas corrección de factor de fiabilidad

Tabla 6-5

Factores de confiabilidad k_c correspondientes a 8 desviaciones estándar porcentuales del límite de resistencia a la fatiga

Confiabilidad, %	Factor de confiabilidad k_c
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659
99.9999	0.620

Kd: Tablas corrección de factor de temperatura

Tabla 6-4

Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.* (S_T = resistencia a la tensión a la temperatura de operación; S_{RT} = resistencia a la tensión a temperatura ambiente; $0.099 \leq \sigma \leq 0.110$)

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

*Fuente de datos: figura 2-9.

Tablas de corrección de esfuerzos K_e

Figura A-15-10

Eje redondo en torsión con agujero transversal.

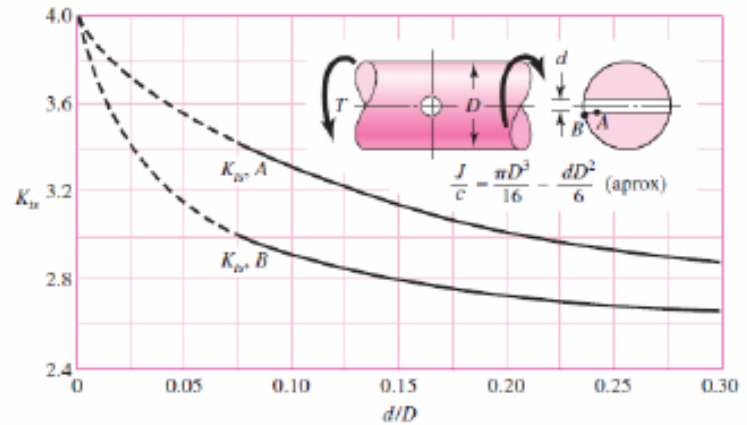


Figura A-15-11

Eje redondo en flexión con un agujero transversal.
 $\sigma_0 = M/[(\pi D^3/32)(dD^2/6)]$, aproximadamente.

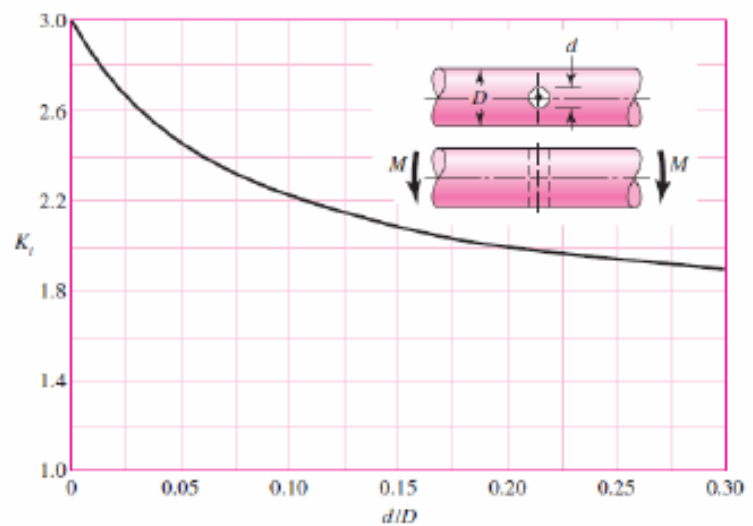
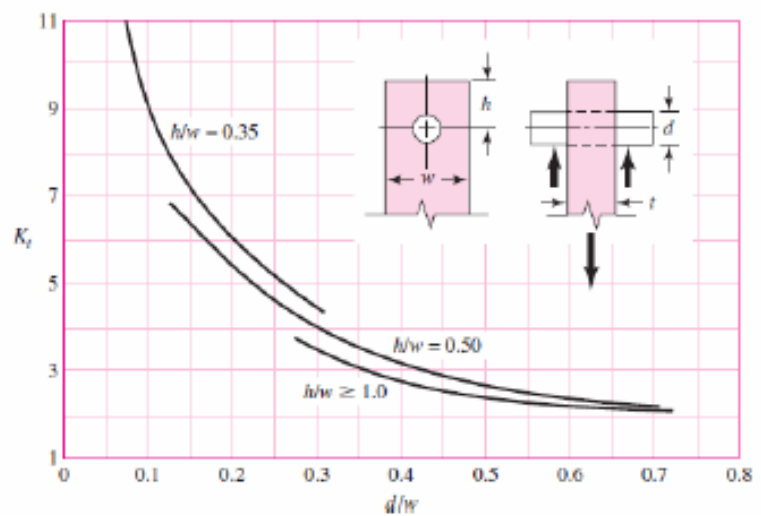


Figura A-15-12

Placa cargada en tensión mediante un pasador a través de un agujero. $\sigma_0 = F/A$, donde $A = (w - d)t$. Cuando exista holgura incrementa K_t de 35 a 50%. (M. M. Frocht y H. N. Hill, "Stress Concentration Factors around a Central Circular Hole in a Plate Loaded through a Pin in Hole", en *J. Appl. Mechanics*, vol 7, núm. 1, marzo de 1940, p. A-5.)



Tablas de corrección de la sensibilidad de la entalla q

q: Tablas corrección de sensibilidad a la entalla q

Figura 6-20

Sensibilidad a la muesca en el caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T, sometidos a flexión inversa de cargas axiales inversas. Para radios de muesca más grandes, use los valores de q correspondientes a la ordenada $r = .16$ pulg (4 mm). [De George Sines y J. L. Waisman (eds.), *Metal Fatigue*, McGraw-Hill, Nueva York, Copyright © 1969 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.]

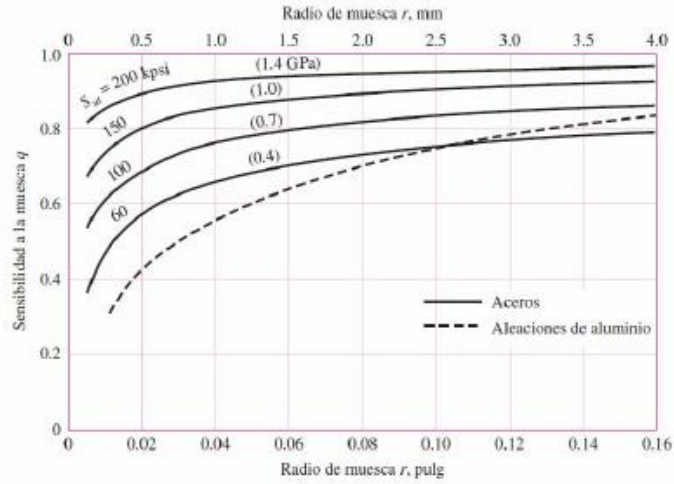
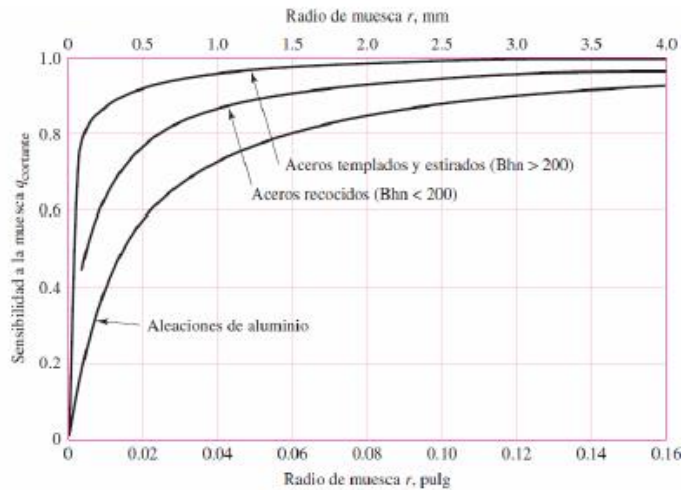


Figura 6-21

Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa. En el caso de radios de muesca más grandes, use los valores de $q_{corriente}$ correspondientes a la ordenada $r = 0.16$ pulg (4 mm).



8.3 Anexo 3

Norma DIN 1025-1:1995 para perfiles IPN

Perfiles I de alas inclinadas
 Inclinación de las alas: 14%
 Dimensiones: IPN 80 - IPN 550 DIN 1025-1:1995, NFA 45-209:1983
 IPN 600 DIN 1025-1:1995
 Tolerancias: EN 10204:1995
 Estado de la superficie: conforme a EN10163-3:2004, clase C, subclase 1

European standard beams
 Flange slope: 14%
 Dimensions: IPN 80 - IPN 550 DIN 1025-1:1995, NFA 45-209:1983
 IPN 600 DIN 1025-1:1995
 Tolerances: EN 10204:1995
 Surface condition: according to EN 10163-3:2004, class C, subclass 1

Profili I ad ali indinate
 Inclinazione dell'ala: 14%
 Dimensioni: IPN 80 - IPN 550 DIN 1025-1:1995, NFA 45-209:1983
 IPN 600 DIN 1025-1:1995
 Tolleranze: EN 10204:1995
 Condizioni di superficie secondo EN10163-3:2004, classe C, sottoclasse 1

Denominación Designation Designazione	Dimensiones Dimensions Dimensioni							Dimensiones de construcción Dimensions for detailing Dimensioni di dettaglio					Superficie Surface Superficie	
	G	h	b	t _w	t _f	r ₁	r ₂	A	d	∅	p _{max}	p _{min}	A _c	A _s
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm ² x10 ³	mm		mm	mm	m ² /m	m ² /t
IPN 80*	5,94	80	42	3,9	5,9	3,9	2,3	7,57	59	-	-	-	0,304	51,09
IPN 100*	8,34	100	50	4,5	6,8	4,5	2,7	10,6	75,7	-	-	-	0,370	44,47
IPN 120*	11,1	120	58	5,1	7,7	5,1	3,1	14,2	92,4	-	-	-	0,439	39,38
IPN 140*	14,3	140	66	5,7	8,6	5,7	3,4	18,2	109,1	-	-	-	0,502	34,94
IPN 160*	17,9	160	74	6,3	9,5	6,3	3,8	22,8	125,8	-	-	-	0,575	32,13
IPN 180*	21,9	180	82	6,9	10,4	6,9	4,1	27,9	142,4	-	-	-	0,640	29,22
IPN 200*	26,2	200	90	7,5	11,3	7,5	4,5	33,4	159,1	-	-	-	0,709	27,04
IPN 220*	31,1	220	98	8,1	12,2	8,1	4,9	39,5	175,8	M10	50	56	0,775	24,99
IPN 240*	36,2	240	106	8,7	13,1	8,7	5,2	46,1	192,5	M10	54	60	0,844	23,32
IPN 260*	41,9	260	113	9,4	14,1	9,4	5,6	53,3	208,9	M12	62	62	0,906	21,65
IPN 280*	47,9	280	119	10,1	15,2	10,1	6,1	61,0	225,1	M12	68	68	0,966	20,17
IPN 300*	54,2	300	125	10,8	16,2	10,8	6,5	69,0	241,6	M12	70	74	1,03	19,02
IPN 320*	61,0	320	131	11,5	17,3	11,5	6,9	77,7	257,9	M12	70	80	1,09	17,87
IPN 340*	68,0	340	137	12,2	18,3	12,2	7,3	86,7	274,3	M12	78	86	1,15	16,90
IPN 360*	76,1	360	143	13	19,5	13	7,8	97,0	290,2	M12	78	92	1,21	15,89
IPN 380*	84,0	380	149	13,7	20,5	13,7	8,2	107	306,7	M16	84	86	1,27	15,12
IPN 400*	92,4	400	155	14,4	21,6	14,4	8,6	118	322,9	M16	86	92	1,33	14,36
IPN 450*	115	450	170	16,2	24,3	16,2	9,7	147	363,6	M16	92	106	1,48	12,83
IPN 500*	141	500	185	18	27	18	10,8	179	404,3	M20	102	110	1,63	11,60
IPN 550*	166	550	200	19	30	19	11,9	212	445,6	M22	112	118	1,80	10,80
IPN 600*	199	600	215	21,6	32,4	21,6	13	254	485,8	M24	126	128	1,92	9,89

* Tonelaje mínimo y condiciones de suministro previo acuerdo.
 * Minimum tonnage and delivery conditions upon agreement.
 * Tonnelaggio minimo e condizioni di fornitura da concordare.

IPN

Páginas de rotaciones 215-219/ Notations pages 215-219/ Pagine di annotazioni 215-219

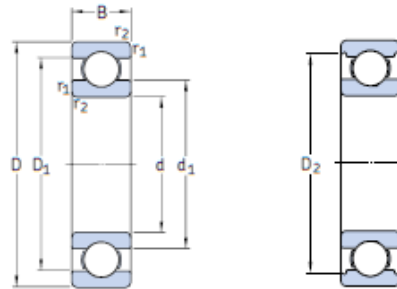
Denominación Designation Designazione	Propiedades del perfil / Section properties / Proprietà geometriche del profilo												Classification EN 1993-1-1: 2005				EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2009	
	eje fuerte y-y strong axis y-y asse forte y-y						eje débil z-z weak axis z-z asse debole z-z						Pure bending y-y		Pure compression					
	G	I_y	W_{ey}	W_{ey}^*	i_y	A_e	I_z	W_{ez}	W_{ez}^*	i_z	t_e	t_f	L_w	S235	S355	S235				S355
kg/m	mm ⁴ x10 ⁶	mm ³ x10 ³	mm ³ x10 ³	mm x10	mm ² x10 ³	mm ⁴ x10 ⁶	mm ³ x10 ³	mm ³ x10 ³	mm x10	mm	mm ⁴ x10 ⁴	mm ⁴ x10 ⁶								
IPN 80	5,94	77,8	19,5	22,8	3,20	3,41	6,29	3,00	5,00	0,91	21,6	0,87	0,09	1	1	1	1	✓		
IPN 100	8,34	171	34,2	39,8	4,01	4,85	12,2	4,88	8,10	1,07	25,0	1,60	0,27	1	1	1	1	✓		
IPN 120	11,1	328	54,7	63,6	4,81	6,63	21,5	7,41	12,4	1,23	28,4	2,71	0,69	1	1	1	1	✓		
IPN 140	14,3	573	81,9	95,4	5,61	8,65	35,2	10,7	17,9	1,40	31,8	4,32	1,54	1	1	1	1	✓		
IPN 160	17,9	935	117	136	6,40	10,83	54,7	14,8	24,9	1,55	35,2	6,57	3,14	1	1	1	1	✓		
IPN 180	21,9	1450	161	187	7,20	13,35	81,3	19,8	33,2	1,71	38,6	9,58	5,92	1	1	1	1	✓		
IPN 200	26,2	2140	214	250	8,00	16,03	117	26,0	43,5	1,87	42,0	13,5	10,5	1	1	1	1	✓		
IPN 220	31,1	3060	278	324	8,80	19,06	162	33,1	55,7	2,02	45,4	18,6	17,8	1	1	1	1	✓		
IPN 240	36,2	4250	354	412	9,59	22,33	221	41,7	70,0	2,20	48,9	25,0	28,7	1	1	1	1	✓		
IPN 260	41,9	5740	442	514	10,40	26,08	288	51,0	85,9	2,32	52,6	33,5	44,1	1	1	1	1	✓		
IPN 280	47,9	7590	542	632	11,1	30,18	364	61,2	103	2,45	56,4	44,2	64,6	1	1	1	1	✓		
IPN 300	54,2	9800	653	762	11,9	34,58	451	72,2	121	2,56	60,1	56,8	91,8	1	1	1	1	✓		
IPN 320	61,0	12510	782	914	12,7	39,26	555	84,7	143	2,67	63,9	72,5	129	1	1	1	1	✓		
IPN 340	68,0	15700	923	1080	13,5	44,27	674	98,4	166	2,80	67,6	90,4	176	1	1	1	1	✓		
IPN 360	76,1	19610	1090	1276	14,2	49,95	818	114	194	2,90	71,8	115	240	1	1	1	1	✓		
IPN 380	84,0	24010	1260	1482	15,0	55,55	975	131	221	3,02	75,4	141	319	1	1	1	1	✓		
IPN 400	92,4	29210	1460	1714	15,7	61,69	1160	149	253	3,13	79,3	170	420	1	1	1	1	✓		
IPN 450	115	45850	2040	2400	17,7	77,79	1730	203	345	3,43	88,9	267	791	1	1	1	1	✓		
IPN 500	141	68740	2750	3240	19,6	95,60	2480	268	456	3,72	98,5	402	1400	1	1	1	1	✓		
IPN 550	166	99180	3610	4240	21,6	111,3	3490	349	592	4,02	107,3	544	2390	1	1	1	1	✓		
IPN 600	199	139000	4630	5452	23,4	138,0	4670	434	752	4,30	117,6	787	3814	1	1	1	1	✓		

* W_{pl} : para el diseño plástico la sección debe pertenecer a la clase 1 o 2 según la capacidad de rotación que se precise. Véase pág. 219.
 * W_{pl} : for plastic design, the shape must belong to class 1 or 2 according to the required rotation capacity. See page 219.
 * W_{pl} : per il calcolo plastico, la sezione trasversale deve appartenere alla classe 1 o 2, conformemente alla capacità di rotazione richiesta. Vedere pagina 219.

8.4 Anexo 4

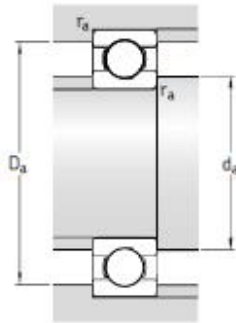
Catálogo de rodamientos SKF utilizados para el proyecto

1.1 Single row deep groove ball bearings d 40 – 55 mm



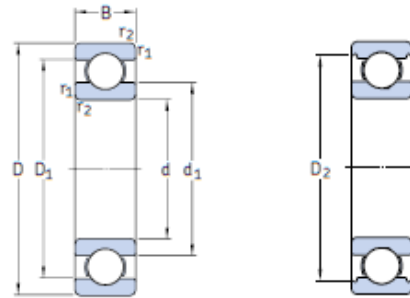
Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit P_u	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	C	C_0		Reference speed	Limiting speed		
mm			kN		kN	r/min		kg	–
40	52	7	4,49	3,75	0,16	26 000	16 000	0,032	61808
	62	12	13,8	10	0,425	24 000	14 000	0,12	61908
	68	9	13,8	10,2	0,44	22 000	14 000	0,13	* 16008
	68	15	17,8	11	0,49	22 000	14 000	0,19	* 6008
	80	18	32,5	19	0,8	18 000	11 000	0,37	* 6208
	80	18	35,8	20,8	0,88	18 000	11 000	0,34	6208 ETN9
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	11 000	0,63	* 6308
110	27	63,7	36,5	1,53	14 000	9 000	1,25	6408	
45	58	7	6,63	6,1	0,26	22 000	14 000	0,04	61809
	68	12	14	10,8	0,465	20 000	13 000	0,14	61909
	75	10	16,5	10,8	0,52	20 000	12 000	0,17	* 16009
	75	16	22,1	14,6	0,64	20 000	12 000	0,24	* 6009
	85	19	35,1	21,6	0,915	17 000	11 000	0,42	* 6209
	100	25	55,3	31,5	1,34	15 000	9 500	0,84	* 6309
	120	29	76,1	45	1,9	13 000	8 500	1,55	6409
50	65	7	6,76	6,8	0,285	20 000	13 000	0,052	61810
	72	12	14,6	11,8	0,5	19 000	12 000	0,14	61910
	80	10	16,8	11,4	0,56	18 000	11 000	0,18	* 16010
	80	16	22,9	16	0,71	18 000	11 000	0,26	* 6010
	90	20	37,1	23,2	0,98	15 000	10 000	0,45	* 6210
	110	27	65	38	1,6	13 000	8 500	1,1	* 6310
	130	31	87,1	52	2,2	12 000	7 500	1,95	6410
55	72	9	9,04	8,8	0,375	19 000	12 000	0,083	61811
	80	13	16,5	14	0,6	17 000	11 000	0,19	61911
	90	11	20,3	14	0,695	16 000	10 000	0,27	* 16011
	90	18	29,6	21,2	0,9	16 000	10 000	0,39	* 6011
	100	21	46,2	29	1,25	14 000	9 000	0,61	* 6211
	120	29	74,1	45	1,9	12 000	8 000	1,35	* 6311
	140	33	99,5	62	2,6	11 000	7 000	2,35	6411

* SKF Explorer bearing



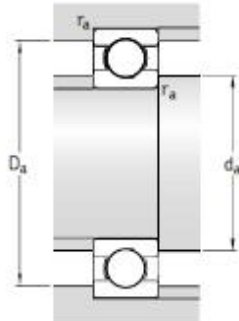
Dimensions					Abutment and fillet dimensions			Calculation factors		
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} min.	d _a min.	D _a max.	r _a max.	k _r	f ₀	
mm					mm			-		
40	43,2	48,1	-	0,3	42	50	0,3	0,015	15	
	46,9	55,1	-	0,6	43,2	58,8	0,6	0,02	16	
	49,4	58,6	-	0,3	42	66	0,3	0,02	16	
	49,2	58,8	61,1	1	44,6	63,4	1	0,025	15	
	52,6	67,4	69,8	1,1	47	73	1	0,025	14	
	52	68,8	-	1,1	47	73	1	0,025	13	
	56,1	73,8	77,7	1,5	49	81	1,5	0,03	13	
	62,8	87	-	2	53	97	2	0,035	12	
	45	49,1	53,9	-	0,3	47	56	0,3	0,015	17
		52,4	60,6	-	0,6	48,2	64,8	0,6	0,02	16
55		65	-	0,6	48,2	71,8	0,6	0,02	14	
54,7		65,3	67,8	1	50,8	69,2	1	0,025	15	
57,6		72,4	75,2	1,1	52	78	1	0,025	14	
62,1		82,7	86,7	1,5	54	91	1,5	0,03	13	
68,9		95,9	-	2	58	107	2	0,035	12	
50		55,1	59,9	-	0,3	52	63	0,3	0,015	17
	56,9	65,1	-	0,6	53,2	68,8	0,6	0,02	16	
	60	70	-	0,6	53,2	76,8	0,6	0,02	14	
	59,7	70,3	72,8	1	54,6	75,4	1	0,025	15	
	62,5	77,4	81,7	1,1	57	83	1	0,025	14	
	68,7	91,1	95,2	2	61	99	2	0,03	13	
	75,4	105	-	2,1	64	116	2	0,035	12	
	55	60,6	66,4	-	0,3	57	70	0,3	0,015	17
63,2		71,8	-	1	59,6	75,4	1	0,02	16	
67		78,1	-	0,6	58,2	86,8	0,6	0,02	14	
66,3		78,7	81,5	1,1	61	84	1	0,025	15	
69		85,8	89,4	1,5	64	91	1,5	0,025	14	
75,3		99,5	104	2	66	109	2	0,03	13	
81,5		114	-	2,1	69	126	2	0,035	12	

1.1 Single row deep groove ball bearings d 60 – 75 mm



Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	C	C ₀	P ₀	Reference speed	Limiting speed		
mm			kN		kN	r/min		kg	–
60	78	10	11,9	11,4	0,49	17 000	11 000	0,11	61812
	85	13	16,5	14,3	0,6	16 000	10 000	0,2	61912
	95	11	20,8	15	0,735	15 000	9 500	0,29	* 16012
	95	18	30,7	23,2	0,98	15 000	9 500	0,41	* 6012
	110	22	55,3	36	1,53	13 000	8 000	0,78	* 6212
65	130	31	85,2	52	2,2	11 000	7 000	1,7	* 6312
	150	35	108	69,5	2,9	10 000	6 300	2,85	6412
	85	10	12,4	12,7	0,54	16 000	10 000	0,13	61813
	90	13	17,4	16	0,68	15 000	9 500	0,22	61913
	100	11	22,5	19,6	0,83	14 000	9 000	0,3	* 16013
70	100	18	31,9	25	1,06	14 000	9 000	0,44	* 6013
	120	23	58,5	40,5	1,73	12 000	7 500	1	* 6213
	140	33	97,5	60	2,5	10 000	6 700	2,1	* 6313
	160	37	119	78	3,15	9 500	6 000	3,35	6413
	90	10	12,4	13,2	0,56	15 000	9 000	0,14	61814
75	100	16	23,8	21,2	0,9	14 000	8 500	0,35	61914
	110	13	29,1	25	1,06	13 000	8 000	0,44	* 16014
	110	20	39,7	31	1,32	13 000	8 000	0,61	* 6014
	125	24	63,7	45	1,9	11 000	7 000	1,1	* 6214
	150	35	111	68	2,75	9 500	6 300	2,55	* 6314
75	180	42	143	104	3,9	8 500	5 300	4,95	6414
	95	10	12,7	14,3	0,61	14 000	8 500	0,15	61815
	105	16	24,2	22,4	0,965	13 000	8 000	0,37	61915
	115	13	30,2	27	1,14	12 000	7 500	0,46	* 16015
	115	20	41,6	33,5	1,43	12 000	7 500	0,65	* 6015
75	130	25	68,9	49	2,04	10 000	6 700	1,2	* 6215
	160	37	119	76,5	3	9 000	5 600	3,05	* 6315
	190	45	153	114	4,15	8 000	5 000	5,8	6415

* SKF Explorer bearing



Dimensions					Abutment and fillet dimensions			Calculation factors	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} min.	d _a min.	D _a max.	r _a max.	k _r	f ₀
mm	-	-	-	-	mm	-	-	-	-
60	65,6	72,4	-	0,3	62	76	0,3	0,015	17
	68,2	76,8	-	1	64,6	80,4	1	0,02	16
	72	83	-	0,6	63,2	91,8	0,6	0,02	14
	71,3	83,7	86,5	1,1	66	89	1	0,025	16
	75,5	94,6	98	1,5	69	101	1,5	0,025	14
	81,8	108	113	2,1	72	118	2	0,03	13
88,1	122	-	2,1	74	136	2	0,035	12	
65	71,6	78,4	-	0,6	68,2	81,8	0,6	0,015	17
	73,2	81,8	-	1	69,6	85,4	1	0,02	17
	76,5	88,4	-	0,6	68,2	96,8	0,6	0,02	16
	76,3	88,7	91,5	1,1	71	94	1	0,025	16
	83,3	103	106	1,5	74	111	1,5	0,025	15
	88,3	117	122	2,1	77	128	2	0,03	13
94	131	-	2,1	79	146	2	0,035	12	
70	76,6	83,4	-	0,6	73,2	86,8	0,6	0,015	17
	79,7	90,3	-	1	74,6	95,4	1	0,02	16
	83,3	96,8	-	0,6	73,2	106	0,6	0,02	16
	82,8	97,2	99,9	1,1	76	104	1	0,025	16
	87	108	111	1,5	79	116	1,5	0,025	15
	94,9	125	130	2,1	82	138	2	0,03	13
103	146	-	3	86	164	2,5	0,035	12	
75	81,6	88,4	-	0,6	78,2	91,8	0,6	0,015	17
	84,7	95,3	-	1	79,6	100	1	0,02	17
	88,3	102	-	0,6	78,2	111	0,6	0,02	16
	87,8	103	105	1,1	81	109	1	0,025	16
	92	113	117	1,5	84	121	1,5	0,025	15
	101	134	139	2,1	87	148	2	0,03	13
110	155	-	3	91	174	2,5	0,035	12	

8.5 Anexo 5

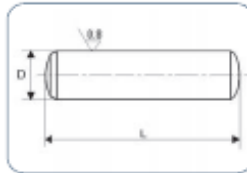
Catálogo de pasador cilíndrico rectificado según la Norma DIN 6325

GOUPILLES CYLINDRIQUES RECTIFIÉES
DOWEL PINS

GOUPILLES CYLINDRIQUES RECTIFIÉES
DIN 6325 - ISO 8734 - NFE 27475
GROUND DOWEL PINS DIN6325 - ISO8734 - NFE27475



☐ Désignation : Goupilles cylindriques DIN6325 D x L
Description : Dowel pins DIN6325 DxL



Matériau = Acier trempé revenu pour dureté 58-62 HRC
Material: Steel hardening and tempering for hardness 58-62 HRC

D m6	L																																	
1	4	5	6	8	10	12	14	16																										
1,5	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30																			
2	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	45															
2,5	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	45	50														
3		5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	45	50	55	60												
4			6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	45	50	55	60	70	80										
5				8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	45	50	55	60	70	80	90	100								
6					10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	45	50	55	60	70	80	90	100								
8						10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	45	50	55	60	70	80	90	100	120						
10							14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	140	160				
12								16	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	140	160				
14									20	24	28	30	32	36	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160					
16										24	28	30	32	36	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160					
18																40	45	50	55	60	70	80	90	100	120	140	160							
20																	30	32	36	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
25																					50	55	60	70	80	90	100	120						
30																						50	60	70	80	90	100	120						

Boîtes assortiments goupilles voir p. 25
Boxed sets of pins, see p. 25

- SUR DEMANDE** • Dimensions et tolérances spéciales
ON REQUEST Other tolerances and dimensions
- Matières spéciales
Special materials

8.6 Anexo 6

Catálogo de colores usados para el recubrimiento de los elementos del proyecto.

TITANLAK Efecto Madera **Efeito Madeira - Wood Effect - Effet Bois**



2802 Roble - Carvalho - Oak - Chêne



2807 Embero - Dibétou



2803 Nogal - Nogueira - Walnut - Noyer



2808 Sapeli - Sapeli - Sapely - Sapelli



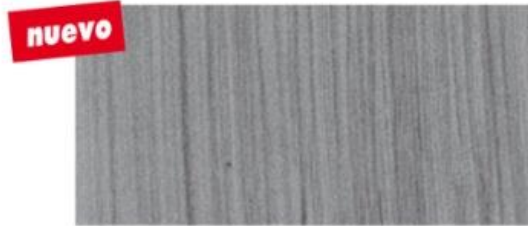
2804 Caoba - Mogno - Mahogany - Acajou



2805 Wengué - Wengé - Wenge - Wengé



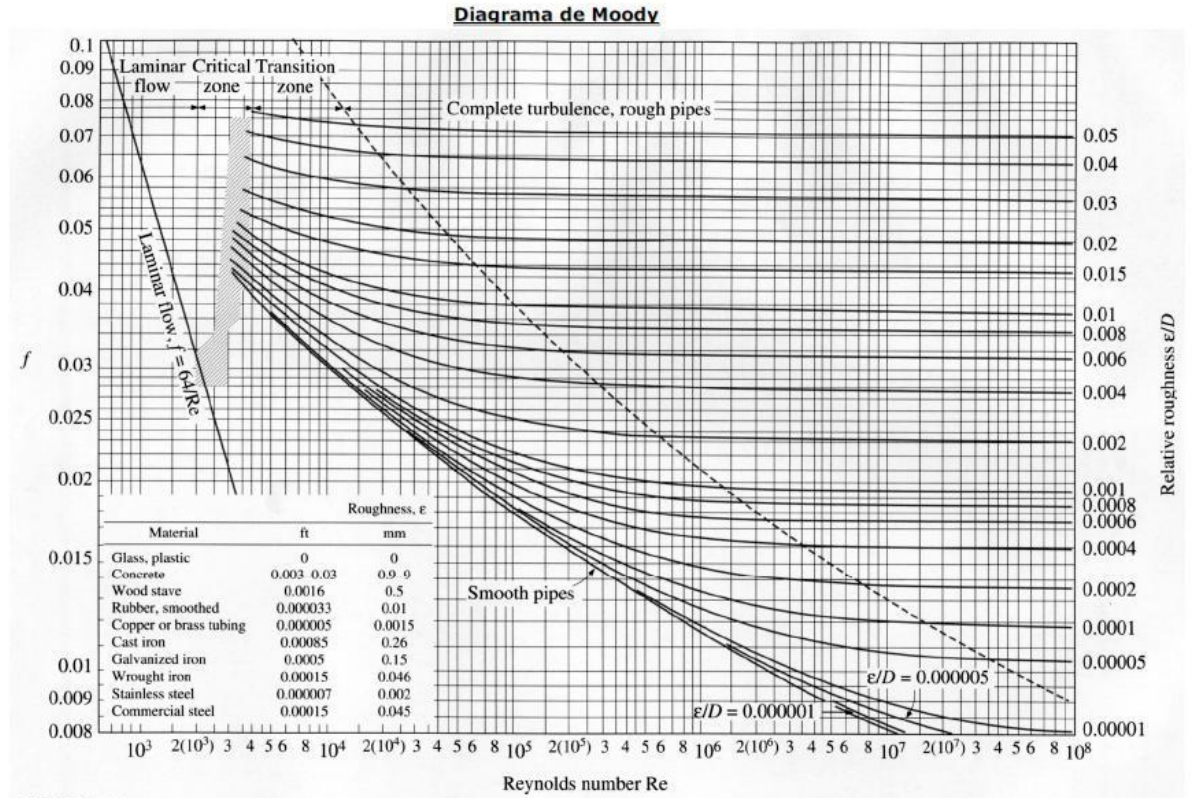
2809 Nogal claro - Nogueira claro - Light walnut - Noyer clair



2806 Roble Ceniza

8.7 Anexo 7

Diagrama de Moody para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías.



II. CÁLCULOS



ÍNDICE

1.	CÁLCULO DE LA MASA Y ALTURA DEL ÉMBOLO DE LA BOMBA	109
2.	CÁLCULO DE LA MOVILIDAD DEL MECANISMO DE TRANSMISIÓN	111
2.1	Mecanismo descrito por Nicolás García Tapia.....	111
2.2	Mecanismo del Ingenio de Zubiaurre	112
3.	DIAGRAMA DE SÓLIDO LIBRE PARA TRANSMISIÓN POR CADENA.....	113
4.	CÁLCULOS DE LA RUEDA HIDRÁULICA.....	115
4.1	Velocidad del agua	115
4.2	Velocidad tangencial de la rueda	116
4.3	Velocidad angular de la rueda.....	116
4.4	Profundidad del canal	116
4.5	Caudal que impacta contra la pala	116
4.6	Cálculo de la fuerza que ejerce el agua sobre la pala	117
4.7	Cálculo del par que ejerce la rueda	118
4.8	Cálculo de la potencia de la rueda.....	118
5.	CÁLCULOS DE LA BOMBA DE ÉMBOLO.....	119
5.1	Cálculo de la fuerza de aspiración.....	119
5.2	Cálculo de la fuerza de impulsión	120
5.3	Cálculo del caudal impulsado	120
5.4	Cálculo de la potencia requerida por la bomba	121
6.	CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN LA IMPULSIÓN.....	122
7.	ANÁLISIS TOPOLÓGICO	125
8.	RELACIÓN TEÓRICA DE VELOCIDADES ANGULARES	128
9.	CÁLCULO TEÓRICO DE LA DINÁMICA DEL MECANISMO	130
10.	VELOCIDADES ANGULARES EXPERIMENTALES	134
11.	CÁLCULO EXPERIMENTAL DE FUERZAS	140
12.	CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS ELEMENTOS CRÍTICOS. FATIGA Y NÚMERO DE CICLOS.....	142
12.1	Bulón Baquetón – Pistón.....	142
•	12.1.1 Cálculo del número de ciclos Baquetón – Pistón	142
•	12.1.2 Cálculo del límite a fatiga Baquetón – Pistón.....	144



12.2	Contacto de la cadena con el luneto y el balancín	145
•	12.2.1 Cálculo del número de ciclos balancín – luneto – cadena	145
•	12.2.2 Cálculo del límite de fatiga Balancín – Cadena – Luneto	146
12.2	Bulón Luneto – Baquetón.....	147
•	12.3.1 Cálculo del número de ciclos Luneto – Baquetón	147
•	12.3.2 Cálculo del límite a fatiga Luneto – Baquetón.....	149
12.4	Bulón Balancín – Biela.....	149
•	12.4.1 Cálculo del número de ciclos Balancín – Biela.....	150
•	12.4.2 Cálculo del límite a fatiga Balancín – Biela.....	151
12.5	Bulón Biela – Manivela.....	152
•	12.5.1 Cálculo del número de ciclos Biela – Manivela	152
•	12.1.2 Cálculo del límite a fatiga Biela – Manivela	154
13.	CÁLCULO MECÁNICO DE EJES.....	155
13.1	Cálculo del fallo a fatiga del eje de las ruedas hidráulicas	155
13.2	Cálculo de fallo estático en los ejes no rotativos.....	157
•	13.2.1 Cálculo de fallo estático en el eje de balancines.....	157
•	13.2.1 Cálculo de fallo estático en el eje de lunetos	158
14.	CÁLCULO DE LA VIDA DE LOS RODAMIENTOS.....	160
14.1	Rodamiento 6009.....	160
14.2	Rodamiento 61815.....	162
14.3	Rodamiento 6015.....	164
15.	CÁLCULO ESTRUCTURAL.....	166
15.1	Cálculo parte lateral	167
15.2	Cálculo de la parte trasera	170



ÍNDICE DE REFERENCIAS

figura 1: equilibrio de fuerzas en el émbolo.....	109
figura 2: mecanismo descrito por N.G.T.....	111
figura 3: mecanismo con 1 GDL.....	112
figura 4: diagrama de sólido libre del elemento impulsor	113
figura 5: salto de agua del Puente Mayor	115
figura 6: impacto del agua sobre la pala.....	117
figura 7: Presión de aspiración	119
figura 8: tramos de pérdidas de la bomba.....	122
figura 9: Diagrama de Moody con los valores usados.....	124
figura 10: Análisis topológico del mecanismo	125
figura 11: Posición $\varphi_3 = 45^\circ$ del mecanismo	126
figura 12: Posición $\varphi_3 = 135^\circ$ del mecanismo.....	126
figura 13: Mecanismo simulado con Working Model	134
figura 14: Gráfica de velocidades angulares	139
figura 15: Fuerzas que intervienen en los elementos críticos.....	140
figura 16: Equilibrio de fuerzas del bulón	142
figura 17: Equilibrio de fuerzas del bulón L-B.....	147
figura 18: Equilibrio de fuerzas del bulón B-B	150
figura 19: Equilibrio de fuerzas del bulón B-M.....	152
figura 20: diagrama del eje de las ruedas hidráulicas.....	155
figura 21: diagrama del eje de balancines.....	157
figura 22: diagrama del eje de lunetos	158
figura 23: Datos rodamiento 6009.....	160
figura 24: Datos rodamiento 61815	162
figura 25: Datos rodamiento 6015.....	164
figura 26: Datos del material introducidos	167
figura 27: Estructura del Ingenio en MdrFx.....	167
figura 28: Esfuerzo axiles en la parte lateral	168
figura 29: Esfuerzos cortantes en la parte lateral	168
figura 30: Momentos internos de la parte lateral.....	169
figura 31: Desplazamientos en la cara lateral.....	169
figura 32: Parte trasera de la estructura del Ingenio	171
figura 33: Esfuerzos axiles en la parte trasera	171
Tabla 1: valores que cumplen las condiciones del mecanismo buscado.....	127
Tabla 2: Velocidades angulares del mecanismo	139
Ecuación 1: fórmula de Grübler	111
Ecuación 2: Ecuación de Bernoulli o de la energía	115
Ecuación 3: ecuación de conservación de la cantidad de movimiento	117



Ecuación 4: Altura de pérdidas.....	122
Ecuación 5: número de Reynolds.....	123
Ecuación 6: relación de velocidades angulares.....	128
Ecuación 7: Versión Diferencial del Teorema de la Energía.....	130
Ecuación 8: Límite a fatiga real.....	143
Ecuación 9: Criterio de Mischke.....	143
Ecuación 10: resistencia a fatiga para vida infinita.....	144
Ecuación 11: Criterio de Goodman fallo a fatiga.....	144
Ecuación 12: Presión máxima para una distribución semielíptica.....	145
Ecuación 13: distribución semielíptica.....	145
Ecuación 14: Criterio energía de distorsión.....	158
Ecuación 15: Criterio vida nominal de rodamientos.....	161

1. CÁLCULO DE LA MASA Y ALTURA DEL ÉMBOLO DE LA BOMBA

Para que la transmisión del movimiento a la bomba se haga por cadenas, la presión de impulsión la realiza únicamente el peso del émbolo por lo que se plantea a continuación un equilibrio de fuerzas con los datos $H_b = 31,34 \text{ m}$ y $d = 0,146 \text{ m}$:

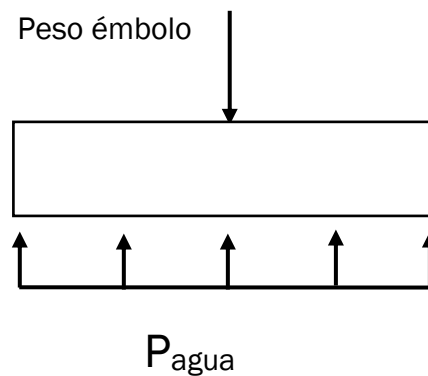


figura 1: equilibrio de fuerzas en el émbolo

Haciendo un equilibrio de fuerzas en el eje vertical:

$$\sum F = 0$$

$$P_{agua} * Area_{\acute{e}mbolo} - m_{\acute{e}mbolo} * g = 0$$

dónde:

$$P_{agua} = \rho * g * H_b = 1000 \frac{kg}{m^3} * 9,8 \frac{m}{s^2} * 31,34m = 307.132Pa$$

que es la presión que indica el texto: 4 - 5 kg/cm²

$$Área_{\acute{e}mbolo} = \frac{\pi * d^2}{4} = 0,0167m^2$$

$$g = 9,8 \frac{m}{s^2}$$

despejando:



$$m_{\text{émbolo}} = \frac{307.132 \text{ Pa} * 0,0167 \text{ m}^2}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 523,378 \text{ kg}$$

Para que la bomba tuviera este peso el tamaño sería el siguiente:

Sabiendo el área de la sección del émbolo:

$$\text{Área}_{\text{émbolo}} = \frac{\pi * d^2}{4} = 0,0167 \text{ m}^2$$

Y conocida la densidad del bronce: $\rho = 8900 \text{ kg/m}^3$

Se calcula el volumen del émbolo:

$$V_{\text{émbolo}} = \frac{M_{\text{émbolo}}}{\rho} = \frac{523,378 \text{ kg}}{8900 \text{ kg/m}^3} = 0,588 \text{ m}^3$$

Sabiendo el volumen necesario se calcula la altura del pistón:

$$h_{\text{émbolo}} = \frac{V_{\text{émbolo}}}{\text{Área}_{\text{émbolo}}} = 3,52 \text{ m}$$

2. CÁLCULO DE LA MOVILIDAD DEL MECANISMO DE TRANSMISIÓN

2.1 Mecanismo descrito por Nicolás García Tapia

La movilidad del mecanismo se calcula mediante la fórmula de Grübler:

$$GDL = 3 * (N - 1) - 2 * P_1 - P_2$$

Ecuación 1: fórmula de Grübler

dónde:

GDL = grados de libertad

N = barras del mecanismo

P_1 = enlaces que restringen dos grados de libertad (R = par rotativo; P = par prismático)

P_2 = enlaces que restringen un grado de libertad (Gb=Guía botón)

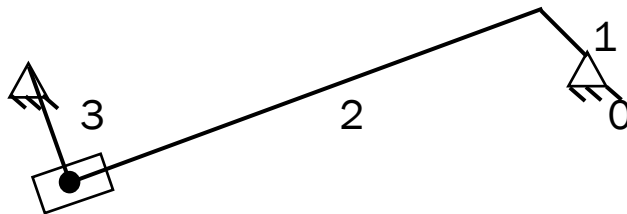


figura 2: mecanismo descrito por N.G.T.

- $N=4$ (la base 0 y las barras 1, 2 y 3)

- $P_1=R_{01}+R_{12}+R_{03} = 3$

- $P_2=Gb_{23} = 1$

Luego queda:

$$GDL = 3 * (4 - 1) - 2 * 3 - 1 = 2$$

Por lo tanto habrá que eliminar un grado de libertad para que el mecanismo funcione correctamente.

2.2 Mecanismo del Ingenio de Zubiaurre

Para que el mecanismo funcione correctamente se elimina el guía-botón G_{b23} y se pone en su lugar un par rotativo R_{23} entre las barras 2 y 3 de manera que el mecanismo queda:

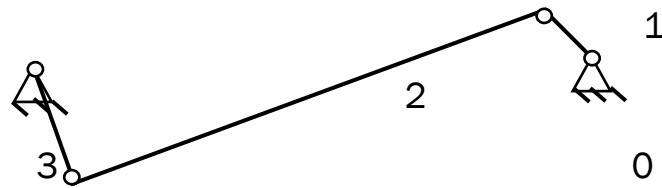


figura 3: mecanismo con 1 GDL

Siendo:

- $N=4$ (la base 0 y las barras 1, 2 y 3)
- $P_1=R_{01}+R_{12}+R_{03}+R_{23} = 4$

$$GDL = 3 * (4 - 1) - 2 * 4 = 1$$

De manera que este último es el mecanismo que utilizará este proyecto.

3. DIAGRAMA DE SÓLIDO LIBRE PARA TRANSMISIÓN POR CADENA

En este apartado se van a mostrar las fuerzas que intervendrían si la transmisión del luneto a los pistones se realizara por cadenas en lugar de por baquetones. Para ello se va a calcular un sumatorio de momentos en torno al eje del luneto. Como fuerzas intervienen los pesos de los émbolos $P_1=P_2$, el peso del luneto aplicado en su centro de gravedad P_{luneto} , la fuerza del agua a impulsar F_{agua} , y la fuerza de aspiración F_{asp} . El par buscado es M_{bomba} y se considerará positivo en sentido horario.

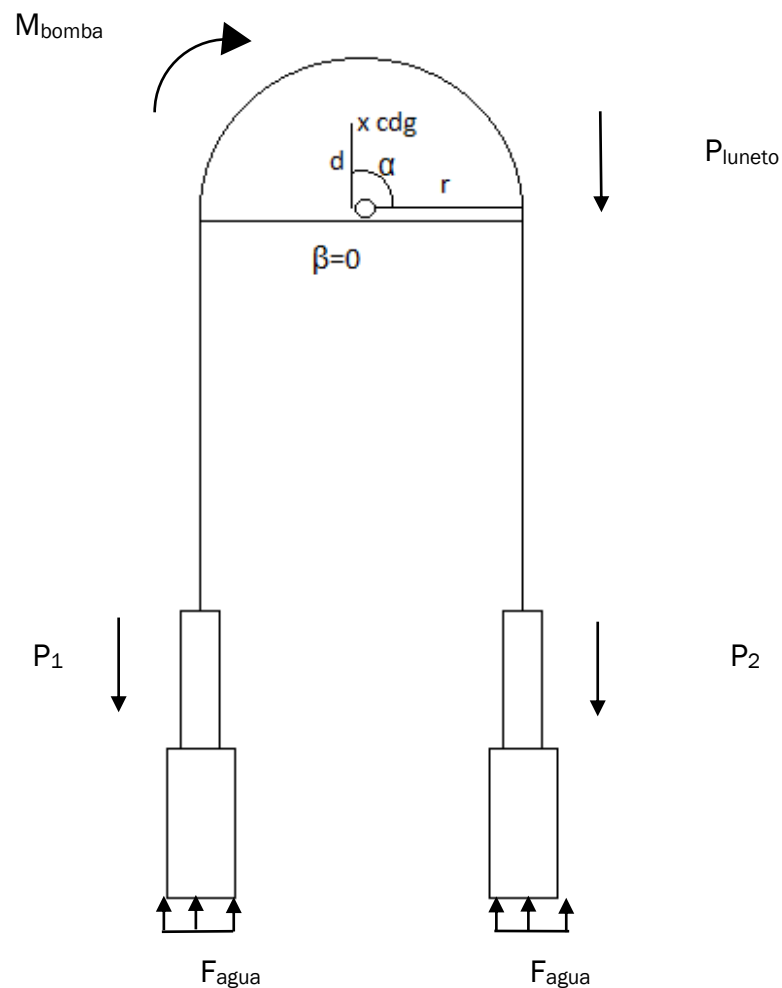


figura 4: diagrama de sólido libre del elemento impulsor

En la figura 4 se muestra el diagrama de sólido libre del elemento impulsor, en el que:

- r = radio del luneto.
- d = distancia del eje al centro de gravedad
- α = posición del centro de gravedad, en donde: $45^\circ < \alpha < 135^\circ$
- β = posición del vértice del luneto, en donde: $0^\circ < \beta < 45^\circ$

$$\sum_{eje} M = 0 \rightarrow$$

$$M_{bomba} + P_2 * r + P_{semi} * d \cos \alpha - P_1 \cos \beta * r - F_{agua} * r - F_{asp} * r = 0$$

Imponiendo la condición de que el trabajo de impulsión únicamente lo realiza el peso del émbolo descendente, ya que la cadena de transmisión sólo realiza trabajo a tracción y no a compresión, se divide la expresión en dos ecuaciones:

$$P_2 * r = F_{agua} * r \rightarrow P_2 = F_{agua}$$

Que es la expresión obtenida en el apartado 1

Y la segunda ecuación:

$$M_{bomba} + P_{semi} * d \cos \alpha = P_1 \cos \beta * r + F_{asp} * r$$

(*Nota: se llama P_1 al peso correspondiente al ascenso de la bomba y P_2 al descenso)

4. CÁLCULOS DE LA RUEDA HIDRÁULICA

En este apartado se muestran todos los cálculos relativos a la rueda hidráulica necesarios para el dimensionamiento de la máquina.

4.1 Velocidad del agua

Para calcular la velocidad del agua que incide en las palas se usa la ecuación de Bernoulli para un salto de agua:

$$\left(\frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2}{2} + gh_2\right) - \left(\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1}{2} + gh_1\right) = 0$$

Ecuación 2: Ecuación de Bernoulli o de la energía

Sabiendo que ambas presiones son igual a la presión atmosférica, la v_1 se puede aproximar a 0 y la diferencia de alturas $h_2 - h_1$ es un dato obtenido de un plano topográfico del ayuntamiento de Valladolid de 1997 y es igual a 1,05 metros, se despeja la ecuación quedando:

$$v_2 = \sqrt{2g(h_2 - h_1)} = \sqrt{2 * 9,8 * 1,05} = 4,537 \text{ m/s}$$

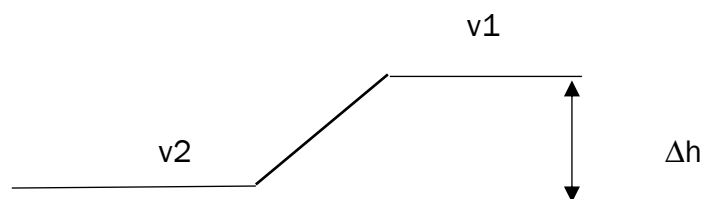


figura 5: salto de agua del Puente Mayor

4.2 Velocidad tangencial de la rueda

La velocidad tangencial para una rueda hidráulica se puede aproximar, según Poncelet, al 40% de la velocidad del agua que golpea contra las palas, por tanto:

$$u = v * 0,4 = 4,537 * 0,4 = 1,81 \text{ m/s}$$

4.3 Velocidad angular de la rueda

La velocidad angular de la rueda, sabiendo que el radio de la misma es igual a 2,5 metros será:

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{1,81}{2,5} = 0,726 \text{ rad/s}$$

Pasándolo a revoluciones por minuto queda:

$$n = \frac{\omega * 60}{2\pi} = 6,931 \text{ rpm}$$

4.4 Profundidad del canal

Poncelet estima que la profundidad del canal inferior de este tipo de ruedas es de un 33% la longitud de la pala, y esta es igual a 40 cm. Además la distancia entre la rueda y el fondo del canal debe de ser de 2 cm, por tanto:

$$e = \left(\frac{1}{3} * 0,4\right) - 0,02 = 0,113 \text{ m}$$

4.5 Caudal que impacta contra la pala

Conociendo el área, siendo e la longitud y L=1 metro el ancho, de impacto del agua y la velocidad de este se puede conocer el caudal de agua que impulsa a la rueda:

$$Q = e * L * v = 0,113 * 1 * 4,53 = 0.514 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.6 Cálculo de la fuerza que ejerce el agua sobre la pala

Para calcular la fuerza que se ejerce sobre las palas hay que usar la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento. Tomando un sistema de referencia fijo y como volumen de control el agua que golpea en ese instante se obtiene un sistema estacionario, por lo que no hay acumulación ni vaciado de volumen.

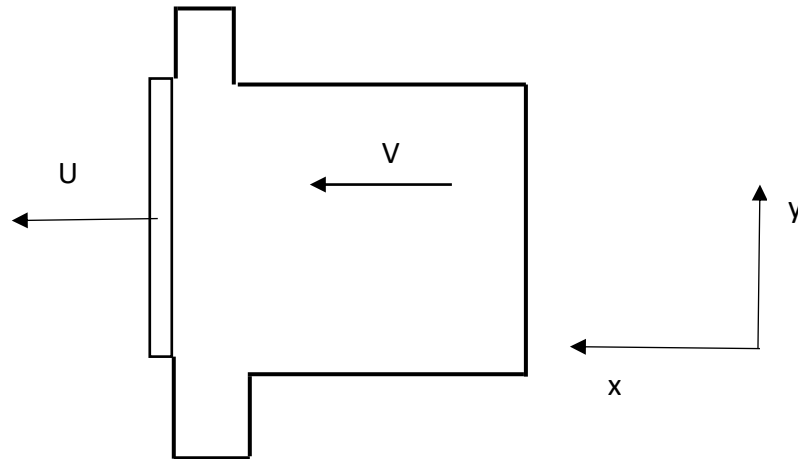


figura 6: impacto del agua sobre la pala

Evaluando el sistema en un eje x paralelo a la corriente del río queda:

$$F = \rho * A * v * (v - u)$$

Ecuación 3: ecuación de conservación de la cantidad de movimiento

Siendo:

- $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ densidad del agua.
- $A = 0,113 * 1 = 0,113 \text{ m.}$ el área de impacto
- F fuerza de impacto en N

Queda:

$$F = 1000 * 0,113 * 4,53 * (4,53 - 1,81) = 1.399,44 \text{ N}$$



4.7 Cálculo del par que ejerce la rueda

Sabiendo ya la fuerza ejercida por la rueda y conociendo el radio de la rueda, el par que ofrece la rueda hidráulica es:

$$T = F * r = 1399,4 * 2,5 = 3.498,6 Nm$$

4.8 Cálculo de la potencia de la rueda

Conocido tanto el par como la velocidad angular de la rueda se obtiene la potencia ofrecida por esta:

$$N = T * \omega = 3498,6 * 0,726 = 2.307,97 W$$

Además, según Poncelet, el rendimiento máximo de este tipo de ruedas es del 50%, por tanto haciendo una estimación a la baja del posible rendimiento del 35%, dado que este dato es experimental, la potencia efectiva por rueda es:

$$N_e = N * 0,35 = 2307,97 * 0,35 = 888,8 W$$

En total las dos ruedas dan una potencia efectiva de:

$$N_{e\ total} = N_e * 2 = 1777,06 W$$

5. CÁLCULOS DE LA BOMBA DE ÉMBOLO

En este apartado se muestran todos los cálculos relativos a la bomba de émbolo necesarios para el dimensionamiento de la máquina.

5.1 Cálculo de la fuerza de aspiración

Para el cálculo de la fuerza de aspiración se usa la ecuación de Bernoulli entre el punto más bajo de la alcachofa y la cara interior del pistón en la parte más alta de su recorrido:

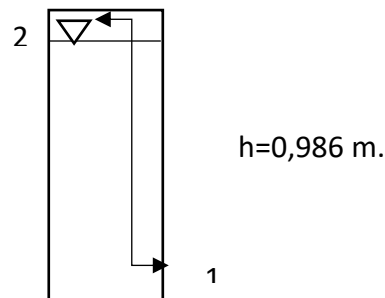


figura 7: Presión de aspiración

Para que la bomba aspire el fluido es necesario que la presión de aspiración sea inferior a la presión atmosférica. La diferencia entre estas dos presiones es la buscada para calcular la fuerza de aspiración, por tanto se van a utilizar presiones manométricas. Despejando de la ecuación 2 (Bernoulli) queda:

$$P_2^m = \rho gh = 0,986 * 9,8 * 1000 = 9.662,8 Pa$$

Sabiendo que el diámetro de la bomba es igual a 0,146 m. la fuerza de aspiración es:

$$F_{asp} = P_{asp} * A_{piston} = 9.662,8 * \frac{\pi * 0,146^2}{4} = 161,77 N$$

5.2 Cálculo de la fuerza de impulsión

Para el cálculo de la fuerza de impulsión se utiliza la ecuación 2 (Bernoulli) con el dato de la altura de la bomba $H_b = 31,34$ m. La ecuación particular para este caso queda:

$$P_{imp} = \rho * g * H_b = 1000 * 9,8 * 31,34 = 307.132 \text{ Pa}$$

Siendo ρ la densidad del agua y g la aceleración de la gravedad. Ahora multiplicando la presión por el área del pistón queda:

$$F_{imp} = P_{imp} * A_{piston} = 307.132 * \frac{\pi * 0,146^2}{4} = 5.141,865 \text{ N}$$

5.3 Cálculo del caudal impulsado

El caudal impulsado por bomba vendrá determinado por el volumen de la bomba y la velocidad del pistón por ciclo de impulsión. Este último depende de la velocidad de la rueda hidráulica, por lo tanto:

$$Q = A_{piston} * h_{bomba} * n/60 = \frac{\pi * 0,146^2}{4} * 0,707 * \frac{6,93}{60} = 0,00137 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con el caudal por bomba se obtiene el caudal total impulsado por las cuatro bombas:

$$Q_{total} = Q * n_{bombas} = 0,00137 * 4 = 0,00547 \text{ m}^3/\text{s}$$

En litros por segundo:

$$Q_{total} = 5,47 \text{ l/s}$$

Y en litros por minuto:

$$Q_{total} = 328,16 \text{ l/min}$$



5.4 Cálculo de la potencia requerida por la bomba

La potencia que requiere la bomba será la presión de impulsión calculada en el apartado 5.2 multiplicado por el caudal por metro cúbico por segundo calculado en el apartado 5.3, por tanto queda:

$$N = P_{imp} * Q = 307.132 Pa * 0,00137 = 419,95 W$$

Y la potencia total requerida por las cuatro bombas será:

$$N_{total} = 419,95 * 4 = 1.679,82 W$$

Que es menor que la potencia efectiva ofrecida por las dos ruedas hidráulicas.

6. CÁLCULO DE PÉRDIDAS EN LA IMPULSIÓN

En este apartado se van a calcular las pérdidas de altura que se tiene en el tramo de salida de la bomba, el acople bomba-pilar y la tubería. Esta última tiene una altura de 5 metros por ser el tamaño dado para esta, pero se podrá modificar dependiendo de la longitud de la tubería instalada. Son en total cuatro tramos con tres diámetros diferentes y dos tipos de materiales, y un codo:

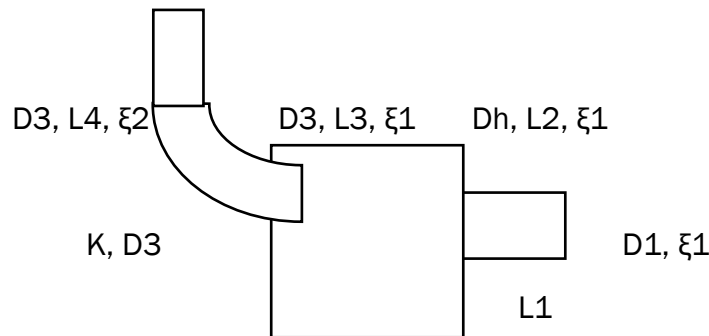


figura 8: tramos de pérdidas de la bomba

Datos:

- Rugosidad acero inoxidable: $\xi_1 = 0,002 \text{ mm}$
- Rugosidad PVC: $\xi_2 = 0,0015 \text{ mm}$
- Viscosidad del agua a $20 \text{ }^\circ\text{C}$: $\mu = 1,009 \cdot 10^{-3}$
- Longitudes de tramo: $L_1 = 57\text{mm}$; $L_2 = 95\text{mm}$; $L_3 = 24\text{mm}$; $L_4 = 5009\text{mm}$
- Codo: $k=0,5$
- Diámetros: $D_1 = 90\text{mm}$; $D_3 = 50\text{mm}$
- Diámetro hidráulico tramo rectangular: $D_H = \frac{4 \cdot (130 \cdot 98)}{130 + 130 + 98 + 98} = 111,75 \text{ mm}$
- Velocidades por tramo: $v_1 = 0,21 \text{ m/s}$; $v_2 = 0,106 \text{ m/s}$; $v_3 = 0,69 \text{ m/s}$

La fórmula de la altura de pérdidas es:

$$H_p = \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g} \cdot \left(\sum \frac{\lambda_i \cdot L_i}{D_i^5} + \sum \frac{k_i}{D_i^4} \right)$$

Ecuación 4: Altura de pérdidas

Para hallar λ_i hay que entrar en el diagrama de Moody (figura 9) con el número de Reynolds que se calcula como:

$$Re = \frac{\rho * v_i * D_i}{\mu}$$

Ecuación 5: número de Reynolds

Y con la rugosidad relativa: $\frac{\varepsilon_i}{D_i}$

Calculando los números de Reynolds para cada diámetro:

$$Re_1 = \frac{1000 * 0,21 * 0,09}{1,009 * 10^{-3}} = 18.731,41$$

$$Re_2 = \frac{1000 * 0,106 * 0,11175}{1,009 * 10^{-3}} = 11.739,84$$

$$Re_3 = \frac{1000 * 0,69 * 0,05}{1,009 * 10^{-3}} = 34.192,26$$

Y las rugosidades relativas:

$$\frac{\varepsilon_1}{D_1} = 0,00002; \frac{\varepsilon_2}{D_2} = 0,000018; \frac{\varepsilon_3}{D_3} = 0,00004; \frac{\varepsilon_4}{D_4} = 0,00003;$$

- Con Re_1 y 0,00002: $\lambda_1 = 0,027$
- Con Re_2 y 0,000018: $\lambda_2 = 0,03$
- Con Re_3 y 0,00004: $\lambda_3 = 0,023$
- Con Re_4 y 0,00003: $\lambda_4 = 0,023$

Introduciendo todos los datos en la ecuación 4:

$$H_p = \frac{8 * (1,36 * 10^{-3})^2}{\pi^2 * 9,8} * \left(\frac{0,027 * 0,057}{0,09^5} + \frac{0,03 * 0,095}{0,11175^5} + \frac{0,023 * 0,024}{0,05^5} + \frac{0,5}{0,05^4} + \frac{0,023 * 5,009}{0,05^5} \right) = 0,068 \text{ m}$$

Aproximadamente 7 cm de pérdidas, lo que puede considerarse despreciable.

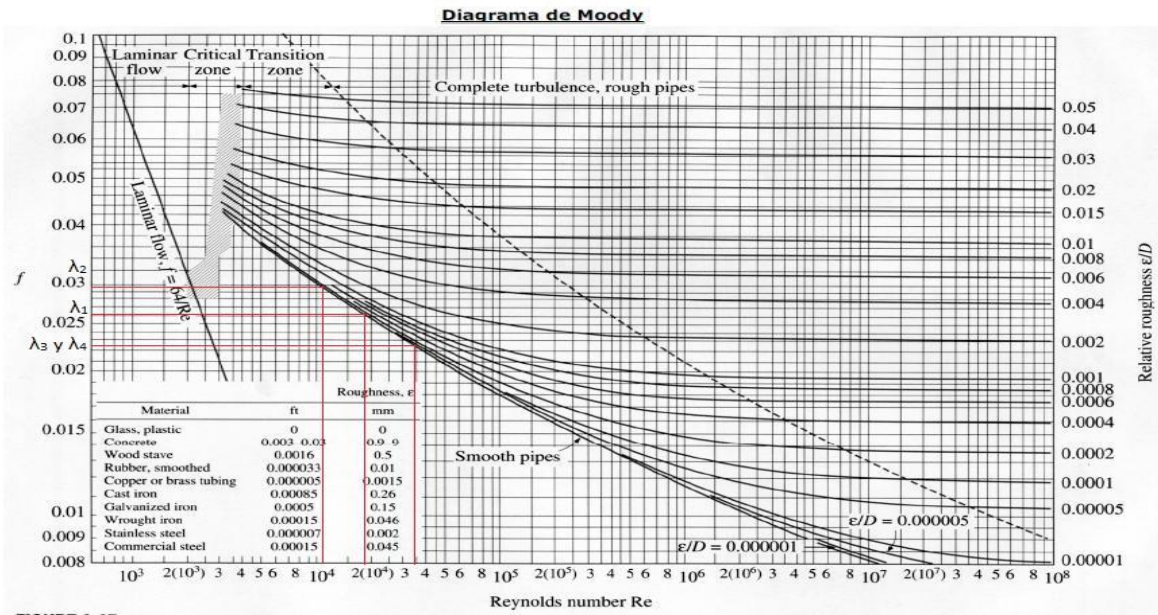


figura 9: Diagrama de Moody con los valores usados

7. ANÁLISIS TOPOLÓGICO

El siguiente paso es unir la rueda hidráulica con las bombas de émbolo. Para ello se dispone de un mecanismo de transmisión manivela-biela-balancín, que se calcula a continuación, para transformar el movimiento rotatorio en oscilatorio. Se parte de dos condiciones para el análisis topológico del mecanismo del ingenio de Zubiaurre:

- Para que el mecanismo transforme el movimiento rotatorio en oscilatorio tiene que cumplir la Ley de Grashof, por la que “en un mecanismo plano de cuatro barras articuladas con una de ellas fija, por lo menos una de las barras podrá hacer un giro completo, siempre que la suma de la barra más corta y la barra más larga, sea menor o igual que la suma de las otras dos”.
- El movimiento oscilatorio de la barra 3 son 90° .

El mecanismo es el mostrado en la figura 10, donde r_1 es el vector correspondiente a la barra 1 o manivela; r_2 es el vector de la barra 2 o biela; r_3 es el vector de la barra 3 o balancín; y r_4 es la distancia entre el eje de la rueda hidráulica y el eje del balancín. Los ángulos φ_1 , φ_2 , φ_3 , φ_4 son los ángulos que forman las barras respecto de la horizontal y que definen la posición del mecanismo.

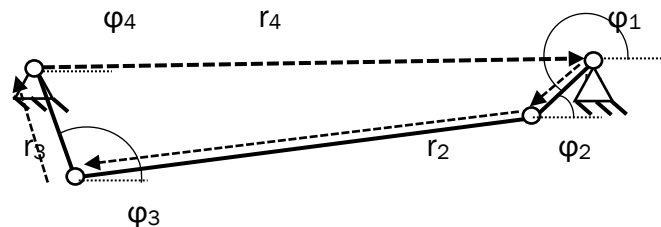


figura 10: Análisis topológico del mecanismo

Para relacionar los valores de las barras, y sabiendo que $\varphi_4 = 0$, se impone la condición de la oscilación de 90° , de manera que el balancín r_3 se mueve entre:

$$\varphi_3 = 45^\circ \text{ y } \varphi_3 = 135^\circ$$

Posiciones máxima y mínima del mecanismo respectivamente, por lo que las barras 1 y 2 estarán alineadas en ambas posiciones formando un mismo ángulo, en donde:

Cuando $\varphi_3 = 45^\circ$ el ángulo formado por r_3 y r_4 es 135°

Cuando $\varphi_3 = 135^\circ$ el ángulo formado por r_3 y r_4 es 45°

- Posición $\varphi_3 = 45^\circ$:

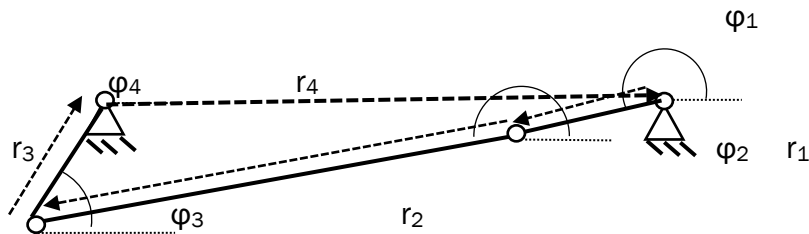


figura 11: Posición $\varphi_3 = 45^\circ$ del mecanismo

Asignando valores a r_3 y r_4 , se considera el triángulo formado por r_3 , r_4 y $r_1 + r_2$ por el teorema del coseno se calcula:

$$(r_1 + r_2)^2 = r_3^2 + r_4^2 - (2 * r_3 * r_4 * \cos 135^\circ)$$

- Posición $\varphi_3 = 135^\circ$:

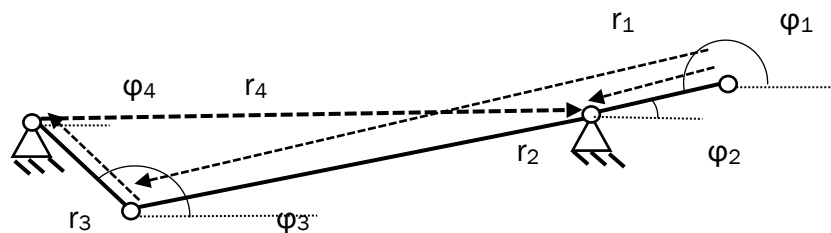


figura 12: Posición $\varphi_3 = 135^\circ$ del mecanismo

Asignando los mismos valores a r_3 y r_4 , se considera el triángulo formado por r_3 , r_4 y $r_2 - r_1$ por el teorema del coseno se calcula:

$$(r_2 - r_1)^2 = r_3^2 + r_4^2 - 2 * r_3 * r_4 * \cos 45$$

Obteniendo así la relación geométrica de las barras para la condición dada.

Asignando el valor $r_4=5$ y dando valores a r_3 de 0 a 2 en intervalos de 0,1, queda un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, cuyos resultados cumplen la ley de Grashof, y se obtienen varios valores de r_1 y r_2 que se muestran en la Tabla 1, en la que de r_3 dependerá el desplazamiento teórico de la cadena, que también se muestra en la Tabla 1.

r1	r2	r3	r4	desplazamiento embolo
0	5	0	5	0
0,070703607	5,00050007	0,1	5	0,157079633
0,141364776	5,0020012	0,2	5	0,314159265
0,21194103	5,00450607	0,3	5	0,471238898
0,282389806	5,00801917	0,4	5	0,628318531
0,352668422	5,01254676	0,5	5	0,785398163
0,422734038	5,01809684	0,6	5	0,942477796
0,492543633	5,02467917	0,7	5	1,099557429
0,562053975	5,03230517	0,8	5	1,256637061
0,63122161	5,04098793	0,9	5	1,413716694
0,700002855	5,05074212	1	5	1,570796327
0,768353802	5,06158398	1,1	5	1,727875959
0,836230334	5,0735312	1,2	5	1,884955592
0,903588156	5,08660284	1,3	5	2,042035225
0,970382837	5,10081926	1,4	5	2,199114858
1,036569873	5,116202	1,5	5	2,35619449
1,102104761	5,13277363	1,6	5	2,513274123
1,166943093	5,15055762	1,7	5	2,670353756
1,231040672	5,16957821	1,8	5	2,827433388
1,294353642	5,18986018	1,9	5	2,984513021
1,356838641	5,21142868	2	5	3,141592654

Tabla 1: valores que cumplen las condiciones del mecanismo buscado

De los valores anteriores se seleccionan:

- $r_1 = 0,3526$ m, que es la distancia entre los ejes de la manivela.
- $r_2 = 5,0125$ m, que es la distancia entre los ejes de la biela.
- $r_3 = 0,5$ m, que es la distancia entre el eje del balancín y su bulón.
- $r_4 = 5$ m, que es la distancia entre el eje de rotación de la manivela y el eje de rotación del balancín.

8. RELACIÓN TEÓRICA DE VELOCIDADES ANGULARES

A continuación se plantean las ecuaciones del mecanismo relacionando la velocidad independiente φ_1 con las velocidades dependientes φ_2 y φ_3 :

$$f_1 = (\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3) \rightarrow r_1 \cos \varphi_1 + r_2 \cos \varphi_2 + r_3 \cos \varphi_3 + r_4 \cos \varphi_4 = 0$$

$$f_2 = (\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3) \rightarrow r_1 \sin \varphi_1 + r_2 \sin \varphi_2 + r_3 \sin \varphi_3 + r_4 \sin \varphi_4 = 0$$

Dónde r_4 es constante y $\varphi_4 = 0$.

Planteando ahora la fórmula de velocidades:

$$[\dot{q}^d] = -[\phi_q^d]^{-1} * ([\phi_q^i] * \dot{q}^i + [\phi_t])$$

Ecuación 6: relación de velocidades angulares

Dónde $\phi_t=0$.

Resolviendo primero el término ϕ_q :

$$\begin{aligned} [\phi_q] &= [\phi_q^i : \phi_q^d] = \begin{pmatrix} \frac{\delta f_1}{\delta \varphi_1} & \frac{\delta f_1}{\delta \varphi_2} & \frac{\delta f_1}{\delta \varphi_3} \\ \frac{\delta f_2}{\delta \varphi_1} & \frac{\delta f_2}{\delta \varphi_2} & \frac{\delta f_2}{\delta \varphi_3} \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} -r_1 \sin \varphi_1 & -r_2 \sin \varphi_2 & -r_3 \sin \varphi_3 \\ r_1 \cos \varphi_1 & r_2 \cos \varphi_2 & r_3 \cos \varphi_3 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Obtenida la matriz de velocidades dependientes ϕ_q^d se saca su inversa $[\phi_q^d]^{-1}$:

$$[\phi_q^d]^{-1} = -\frac{1}{r_2 * r_3 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)} * \begin{pmatrix} r_3 \cos \varphi_3 & r_3 \sin \varphi_3 \\ -r_2 \cos \varphi_2 & -r_2 \sin \varphi_2 \end{pmatrix}$$

Incluyendo el término que falta $\phi_q^i * \dot{q}^i$:

$$\left[\begin{pmatrix} -r_1 \sin \varphi_1 \\ r_1 \cos \varphi_2 \end{pmatrix} * \dot{\varphi}_1 \right]$$

e incluyendo todo en la fórmula de velocidades queda:

$$\begin{pmatrix} \dot{\varphi}_2 \\ \dot{\varphi}_3 \end{pmatrix} = - \frac{\begin{pmatrix} r_3 r_1 \dot{\varphi}_1 \sin(\varphi_3 - \varphi_1) \\ r_2 r_1 \dot{\varphi}_1 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) \end{pmatrix}}{r_2 * r_3 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)}$$

Despejando se obtienen las velocidades dependientes $\dot{\varphi}_2$ y $\dot{\varphi}_3$:

$$\dot{\varphi}_2 = - \frac{r_1 \sin(\varphi_3 - \varphi_1)}{r_2 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)} * \dot{\varphi}_1$$

$$\dot{\varphi}_3 = - \frac{r_1 \sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{r_3 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)} * \dot{\varphi}_1$$

9. CÁLCULO TEÓRICO DE LA DINÁMICA DEL MECANISMO

Obtenida la cinemática del mecanismo se va a calcular ahora su dinámica, por la que se van a relacionar el momento que da el elemento motriz (rueda hidráulica) con el momento necesario por el elemento impulsor (bomba de émbolo).

Se va a usar la Versión Diferencial del Teorema de la Energía:

$$\dot{E}_c = \Sigma P$$

Ecuación 7: Versión Diferencial del Teorema de la Energía

Donde:

$$\frac{1}{2} * \frac{dI^*}{dq} * \dot{q}^2 + I^* * \ddot{q} = M^*$$

Con $\dot{q} = \dot{\varphi}_1$ y $\ddot{q} = \ddot{\varphi}_1 = 0$

Se obtiene ahora la energía cinética de la máquina, siendo esta un sumatorio de la energía cinética de cada barra:

$$\Sigma E_c = E_{c1} + E_{c2} + E_{c3}$$

La energía cinética de la barra 1 es:

$$E_{c1} = \frac{1}{2} * I_{G1} * \dot{\varphi}_1^2$$

Donde I_{G1} es el momento de inercia correspondiente a la barra 1.

La energía cinética de la barra 2 es:

$$E_{c2} = \frac{1}{2} * I_{G2} * \dot{\varphi}_2^2 + \frac{1}{2} * m_2 * v_{G2}^2$$

Donde I_{G2} es el momento de inercia correspondiente a la barra 2, m_2 es la masa de la barra dos y v_{G2} es la velocidad lineal del centro de masas de la barra 2.

Se calcula ahora v_{G2} como la derivada temporal de la posición del centro de masas de la barra 2:

$$\begin{aligned} \overline{O_{G2}} &= \begin{pmatrix} r_1 \cos \varphi_1 + \frac{r_2}{2} \cos \varphi_2 \\ r_1 \sin \varphi_1 + \frac{r_2}{2} \sin \varphi_2 \\ 0 \end{pmatrix} \rightarrow \overline{V_{G2}} = \frac{d(\overline{O_{G2}})}{dt} \\ &= \begin{pmatrix} -r_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - \frac{r_2}{2} \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 \\ r_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + \frac{r_2}{2} \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 \\ 0 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Elevando al cuadrado se obtiene el término buscado:

$$v_{G2}^2 = \left(-r_1 \sin \varphi_1 \dot{\varphi}_1 - \frac{r_2}{2} \sin \varphi_2 \dot{\varphi}_2 \right)^2 + \left(r_1 \cos \varphi_1 \dot{\varphi}_1 + \frac{r_2}{2} \cos \varphi_2 \dot{\varphi}_2 \right)^2$$

Despejando:

$$v_{G2}^2 = r_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + \frac{r_2^2}{4} \dot{\varphi}_2^2 + r_1 \dot{\varphi}_1 r_2 \dot{\varphi}_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$$

La energía cinética de la barra 3 es:

$$Ec_3 = \frac{1}{2} * I_{G3} * \dot{\varphi}_3^2$$

Donde I_{G3} es el momento de inercia correspondiente a la barra 3.

Sabiendo que:

$$\Sigma Ec = \frac{1}{2} * I^* * \dot{\varphi}_1^2$$

Se igualan ambos términos:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} * I^* * \dot{\varphi}_1^2 &= \frac{1}{2} * I_{G1} * \dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2} * I_{G2} * \dot{\varphi}_2^2 + \frac{1}{2} * m_2 \\ &* \left(r_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + \frac{r_2^2}{4} \dot{\varphi}_2^2 + r_1 \dot{\varphi}_1 r_2 \dot{\varphi}_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) \right) + \frac{1}{2} * I_{G3} * \dot{\varphi}_3^2 \end{aligned}$$

Y despejando:

$$\begin{aligned}
 I^* = I_{G1} + I_{G2} * & \left(-\frac{r_1 \sin(\varphi_3 - \varphi_1)}{r_2 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)} \right)^2 + m_2 \\
 & * \left(r_1^2 + \frac{r_2^2}{4} * \left(-\frac{r_1 \sin(\varphi_3 - \varphi_1)}{r_2 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)} \right)^2 + r_1 r_2 \right. \\
 & * \left. \left(-\frac{r_1 \sin(\varphi_3 - \varphi_1)}{r_2 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)} \right)^2 * \cos(\varphi_1 - \varphi_2) \right) + I_{G3} \\
 & * \left(-\frac{r_1 \sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{r_3 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)} \right)^2
 \end{aligned}$$

Se busca la derivada de I^* respecto a φ_1 :

$$\begin{aligned}
 \frac{dI^*}{d\varphi_1} = I_{G2} * & \left(\frac{-2 * r_1^2 \sin(\varphi_3 - \varphi_1) * \cos(\varphi_3 - \varphi_1)}{r_2^2 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)^2} \right) + m_2 * \frac{r_2^2}{4} \\
 & * \left(\frac{-2 * r_1^2 \sin(\varphi_3 - \varphi_1) * \cos(\varphi_3 - \varphi_1)}{r_2^2 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)^2} \right) + m_2 * r_1 r_2 \\
 & * \left(\frac{-2 * r_1^2 \sin(\varphi_3 - \varphi_1) * \cos(\varphi_3 - \varphi_1)}{r_2^2 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)^2} * \cos(\varphi_1 - \varphi_2) \right. \\
 & + \left. \left(-\frac{r_1 \sin(\varphi_3 - \varphi_1)}{r_2 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)} \right)^2 * (-\sin(\varphi_1 - \varphi_2)) \right) + I_{G3} \\
 & * \left(\frac{2 * r_1^2 \sin(\varphi_1 - \varphi_2) * \cos(\varphi_1 - \varphi_2)}{r_2^2 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)^2} \right)
 \end{aligned}$$

Se resuelve ahora la segunda parte del teorema buscando las potencias del mecanismo, que son los momentos de la rueda y la bomba:

$$\Sigma P \rightarrow M^* * \dot{\varphi}_1 = M_{bomba} * \dot{\varphi}_3 + M_{rueda} * \dot{\varphi}_1$$

$$M^* = M_{bomba} \left(-\frac{r_1 \sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{r_3 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)} \right) + M_{rueda}$$



Finalmente, igualando ambos términos del teorema, de manera simplificada, quedan relacionadas las fuerzas que actúan en el mecanismo:

$$\frac{1}{2} * \frac{dI^*}{d\varphi_1} * \dot{\varphi}_1^2 = M_{bomba} \left(- \frac{r_1 \sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{r_3 * \cos(\varphi_3 - \varphi_2)} \right) + M_{rueda}$$

10. VELOCIDADES ANGULARES EXPERIMENTALES

Las velocidades angulares para un ciclo de la máquina se obtienen mediante el programa de simulación de mecanismos “Working Model” y son las siguientes:

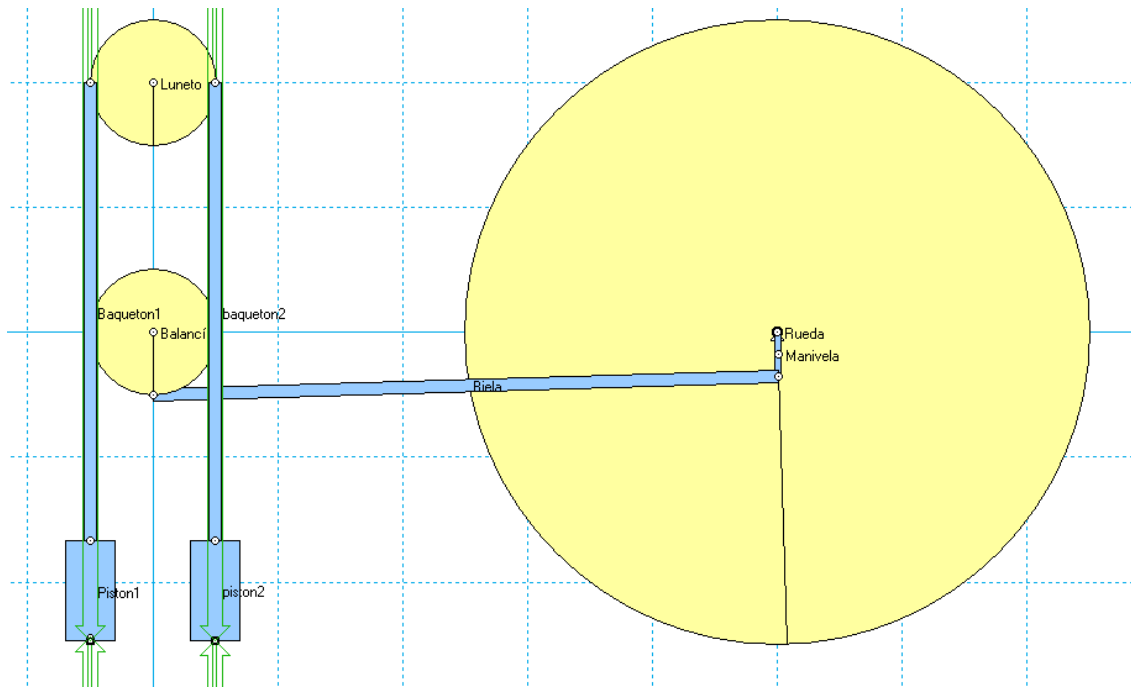


figura 13: Mecanismo simulado con Working Model

INSTANTE (SEGUNDOS)	ϕ_1 MANIVELA (RD/S)	ϕ_2 BIELA (RD/S)	ϕ_3 BALANCÍN (RD/S)	$\nabla\theta$ LUNETO (RD/S)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.050	-0.726	-0.046	-0.069	-0.069
0.100	-0.726	-0.045	-0.093	-0.093
0.150	-0.726	-0.043	-0.115	-0.115
0.200	-0.726	-0.041	-0.138	-0.138
0.250	-0.726	-0.039	-0.160	-0.160
0.300	-0.726	-0.038	-0.182	-0.182
0.350	-0.726	-0.036	-0.203	-0.203
0.400	-0.726	-0.034	-0.223	-0.223
0.450	-0.726	-0.033	-0.243	-0.243
0.500	-0.726	-0.031	-0.261	-0.261



0.550	-0.726	-0.029	-0.280	-0.280
0.600	-0.726	-0.028	-0.297	-0.297
0.650	-0.726	-0.026	-0.313	-0.313
0.700	-0.726	-0.025	-0.329	-0.329
0.750	-0.726	-0.023	-0.344	-0.344
0.800	-0.726	-0.022	-0.358	-0.358
0.850	-0.726	-0.021	-0.371	-0.371
0.900	-0.726	-0.020	-0.384	-0.384
0.950	-0.726	-0.018	-0.396	-0.396
1.000	-0.726	-0.017	-0.407	-0.407
1.050	-0.726	-0.016	-0.417	-0.417
1.100	-0.726	-0.015	-0.427	-0.427
1.150	-0.726	-0.014	-0.436	-0.436
1.200	-0.726	-0.013	-0.444	-0.444
1.250	-0.726	-0.013	-0.452	-0.452
1.300	-0.726	-0.012	-0.459	-0.459
1.350	-0.726	-0.011	-0.466	-0.466
1.400	-0.726	-0.010	-0.472	-0.472
1.450	-0.726	-0.009	-0.478	-0.478
1.500	-0.726	-0.009	-0.483	-0.483
1.550	-0.726	-0.008	-0.488	-0.488
1.600	-0.726	-0.007	-0.492	-0.492
1.650	-0.726	-0.007	-0.496	-0.496
1.700	-0.726	-0.006	-0.499	-0.499
1.750	-0.726	-0.005	-0.503	-0.503
1.800	-0.726	-0.005	-0.505	-0.505
1.850	-0.726	-0.004	-0.508	-0.508
1.900	-0.726	-0.004	-0.510	-0.510
1.950	-0.726	-0.003	-0.511	-0.511
2.000	-0.726	-0.003	-0.513	-0.513
2.050	-0.726	-0.002	-0.514	-0.514
2.100	-0.726	-0.001	-0.514	-0.514
2.150	-0.726	-8,84E-01	-0.515	-0.515
2.200	-0.726	-3,42E-01	-0.515	-0.515
2.250	-0.726	2,02E-01	-0.514	-0.514
2.300	-0.726	7,50E-01	-0.514	-0.514
2.350	-0.726	0.001	-0.512	-0.512
2.400	-0.726	0.002	-0.511	-0.511
2.450	-0.726	0.002	-0.509	-0.509
2.500	-0.726	0.003	-0.507	-0.507
2.550	-0.726	0.004	-0.505	-0.505
2.600	-0.726	0.004	-0.502	-0.502



2.650	-0.726	0.005	-0.498	-0.498
2.700	-0.726	0.006	-0.495	-0.495
2.750	-0.726	0.006	-0.490	-0.490
2.800	-0.726	0.007	-0.486	-0.486
2.850	-0.726	0.008	-0.481	-0.481
2.900	-0.726	0.008	-0.475	-0.475
2.950	-0.726	0.009	-0.469	-0.469
3.000	-0.726	0.010	-0.462	-0.462
3.050	-0.726	0.011	-0.454	-0.454
3.100	-0.726	0.012	-0.446	-0.446
3.150	-0.726	0.013	-0.437	-0.437
3.200	-0.726	0.014	-0.428	-0.428
3.250	-0.726	0.015	-0.417	-0.417
3.300	-0.726	0.016	-0.406	-0.406
3.350	-0.726	0.017	-0.394	-0.394
3.400	-0.726	0.019	-0.381	-0.381
3.450	-0.726	0.020	-0.367	-0.367
3.500	-0.726	0.021	-0.352	-0.352
3.550	-0.726	0.023	-0.336	-0.336
3.600	-0.726	0.025	-0.319	-0.319
3.650	-0.726	0.026	-0.300	-0.300
3.700	-0.726	0.028	-0.281	-0.281
3.750	-0.726	0.030	-0.260	-0.260
3.800	-0.726	0.032	-0.238	-0.238
3.850	-0.726	0.034	-0.215	-0.215
3.900	-0.726	0.036	-0.191	-0.191
3.950	-0.726	0.038	-0.165	-0.165
4.000	-0.726	0.040	-0.139	-0.139
4.050	-0.726	0.043	-0.111	-0.111
4.100	-0.726	0.045	-0.083	-0.083
4.150	-0.726	0.047	-0.054	-0.054
4.200	-0.726	0.050	-0.024	-0.024
4.250	-0.726	0.052	0.006	0.006
4.300	-0.726	0.054	0.036	0.036
4.350	-0.726	0.056	0.066	0.066
4.400	-0.726	0.058	0.096	0.096
4.450	-0.726	0.060	0.126	0.126
4.500	-0.726	0.062	0.155	0.155
4.550	-0.726	0.063	0.184	0.184
4.600	-0.726	0.065	0.212	0.212
4.650	-0.726	0.066	0.238	0.238
4.700	-0.726	0.067	0.264	0.264
4.750	-0.726	0.068	0.288	0.288
4.800	-0.726	0.068	0.311	0.311



4.850	-0.726	0.069	0.333	0.333
4.900	-0.726	0.069	0.353	0.353
4.950	-0.726	0.069	0.372	0.372
5.000	-0.726	0.068	0.390	0.390
5.050	-0.726	0.068	0.407	0.407
5.100	-0.726	0.067	0.422	0.422
5.150	-0.726	0.066	0.435	0.435
5.200	-0.726	0.065	0.448	0.448
5.250	-0.726	0.063	0.460	0.460
5.300	-0.726	0.062	0.470	0.470
5.350	-0.726	0.060	0.479	0.479
5.400	-0.726	0.058	0.488	0.487
5.450	-0.726	0.056	0.495	0.495
5.500	-0.726	0.054	0.501	0.501
5.550	-0.726	0.051	0.507	0.507
5.600	-0.726	0.049	0.512	0.512
5.650	-0.726	0.046	0.516	0.516
5.700	-0.726	0.043	0.519	0.519
5.750	-0.726	0.040	0.522	0.522
5.800	-0.726	0.038	0.524	0.524
5.850	-0.726	0.035	0.526	0.526
5.900	-0.726	0.032	0.527	0.527
5.950	-0.726	0.028	0.528	0.528
6.000	-0.726	0.025	0.528	0.528
6.050	-0.726	0.022	0.527	0.527
6.100	-0.726	0.019	0.527	0.527
6.150	-0.726	0.016	0.525	0.525
6.200	-0.726	0.012	0.524	0.524
6.250	-0.726	0.009	0.522	0.522
6.300	-0.726	0.006	0.520	0.520
6.350	-0.726	0.003	0.517	0.517
6.400	-0.726	-4,67E-01	0.514	0.514
6.450	-0.726	-0.004	0.511	0.511
6.500	-0.726	-0.007	0.507	0.507
6.550	-0.726	-0.010	0.503	0.503
6.600	-0.726	-0.013	0.499	0.499
6.650	-0.726	-0.016	0.495	0.495
6.700	-0.726	-0.019	0.490	0.490
6.750	-0.726	-0.022	0.485	0.485
6.800	-0.726	-0.025	0.480	0.480
6.850	-0.726	-0.027	0.474	0.474
6.900	-0.726	-0.030	0.468	0.468
6.950	-0.726	-0.033	0.462	0.462



7.000	-0.726	-0.035	0.455	0.455
7.050	-0.726	-0.038	0.448	0.448
7.100	-0.726	-0.040	0.441	0.441
7.150	-0.726	-0.042	0.434	0.434
7.200	-0.726	-0.044	0.426	0.426
7.250	-0.726	-0.047	0.417	0.417
7.300	-0.726	-0.048	0.409	0.409
7.350	-0.726	-0.050	0.399	0.399
7.400	-0.726	-0.052	0.390	0.390
7.450	-0.726	-0.053	0.380	0.380
7.500	-0.726	-0.055	0.369	0.369
7.550	-0.726	-0.056	0.358	0.358
7.600	-0.726	-0.057	0.346	0.346
7.650	-0.726	-0.058	0.334	0.334
7.700	-0.726	-0.059	0.321	0.321
7.750	-0.726	-0.060	0.308	0.308
7.800	-0.726	-0.061	0.294	0.294
7.850	-0.726	-0.061	0.279	0.279
7.900	-0.726	-0.061	0.264	0.264
7.950	-0.726	-0.061	0.248	0.248
8.000	-0.726	-0.061	0.231	0.231
8.050	-0.726	-0.061	0.213	0.213
8.100	-0.726	-0.061	0.195	0.195
8.150	-0.726	-0.060	0.176	0.176
8.200	-0.726	-0.060	0.156	0.156
8.250	-0.726	-0.059	0.136	0.136
8.300	-0.726	-0.058	0.115	0.115
8.350	-0.726	-0.057	0.094	0.094
8.400	-0.726	-0.056	0.072	0.072
8.450	-0.726	-0.054	0.049	0.049
8.500	-0.726	-0.053	0.026	0.026
8.550	-0.726	-0.052	0.003	0.003
8.600	-0.726	-0.050	-0.020	-0.020
8.650	-0.726	-0.048	-0.043	-0.043

Tabla 2: Velocidades angulares del mecanismo

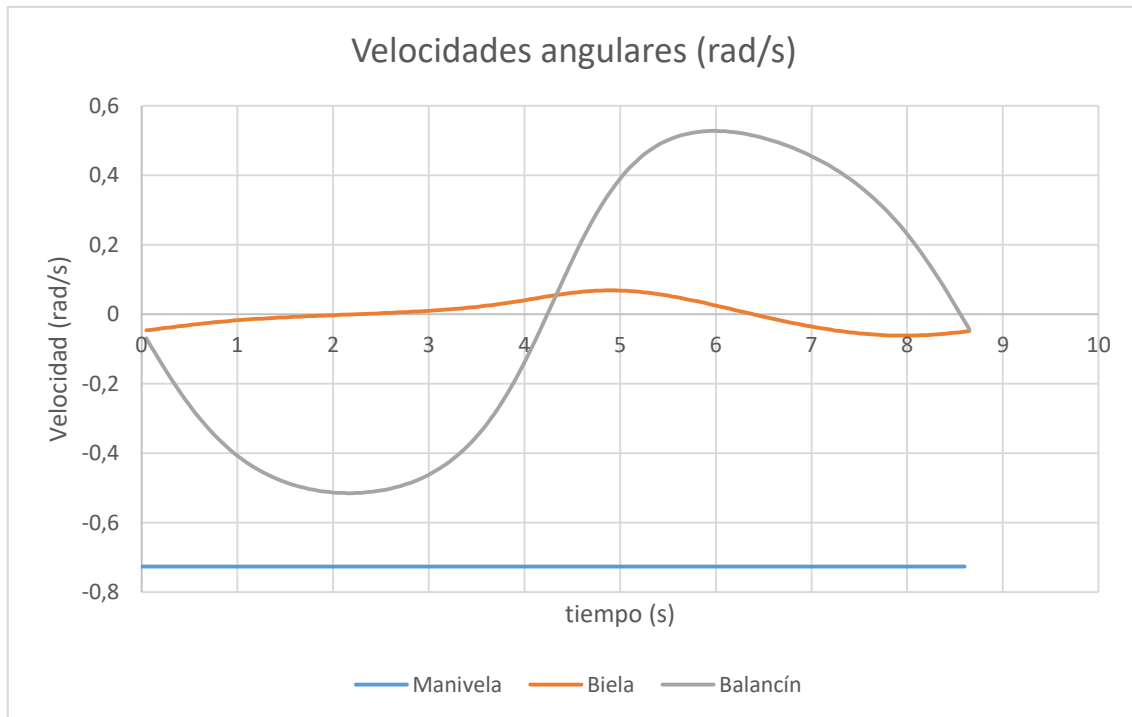


figura 14: Gráfica de velocidades angulares

Se puede apreciar que la velocidad angular que se cogió como independiente y constante φ_1 (manivela) experimentalmente lo es, y las velocidades angulares de la biela φ_2 y el balancín φ_3 dependen de esta y a su vez de la rueda hidráulica, ya que son solidarias. Además se observa que las velocidades angulares del luneto y el balancín son iguales, que es lo buscado.

En la gráfica se ve como una rotación constante (la manivela) se transforma en un movimiento oscilatorio (el balancín).

11. CÁLCULO EXPERIMENTAL DE FUERZAS

Mediante el programa de simulación de mecanismos “Working Model” se obtienen las fuerzas que intervienen en el mecanismo. Los datos totales se incluyen en el Anexo 8 “Datos numéricos del mecanismo”, y aquí se incluye la gráfica de fuerzas para un ciclo de la máquina de las zonas críticas para las que se han calculado los fallos a fatiga y el número de ciclos. Las fuerzas que interesan para estos cálculos son las máximas en valor absoluto. La gráfica es la siguiente:

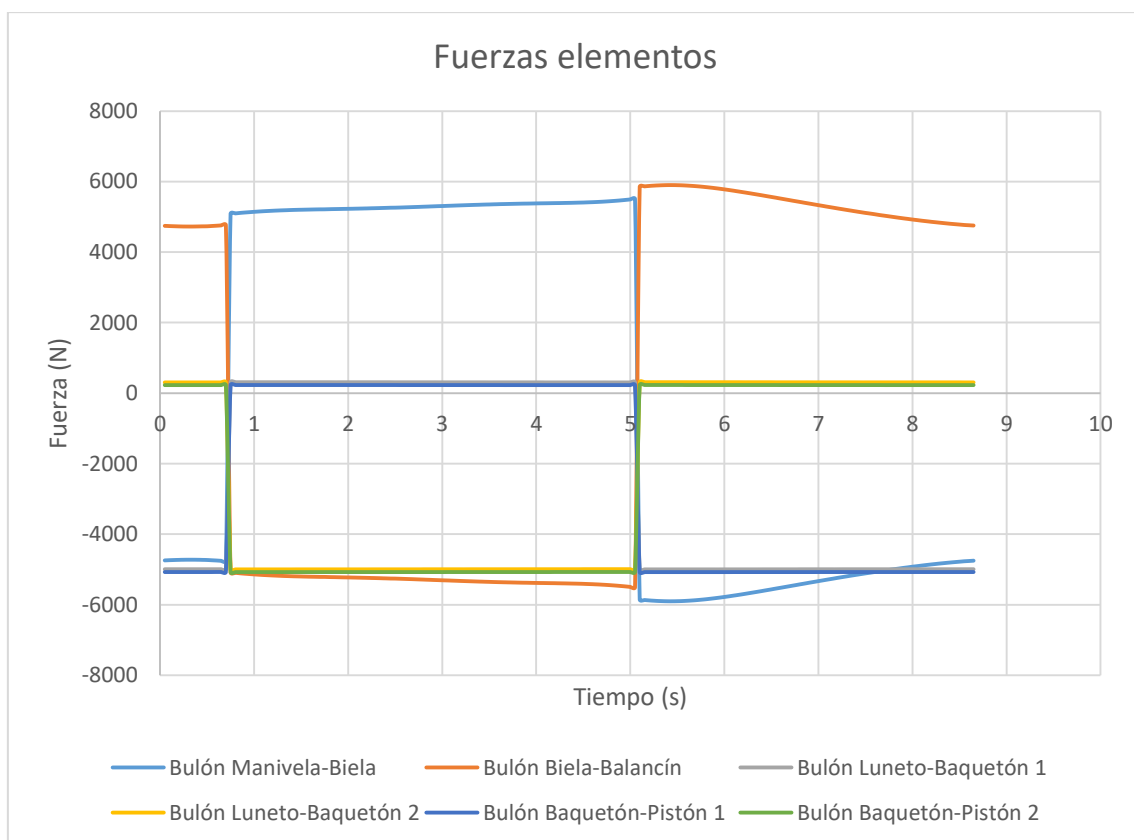


figura 15: Fuerzas que intervienen en los elementos críticos

En la gráfica se observa que la zona más crítica es el bulón biela-balancín con mayor valor absoluto y mayor amplitud de salto, seguido muy de cerca del bulón manivela-biela. Por otro lado, los bulones 1 van a la par y siguen una gráfica alterna a los bulones 2, que era lo esperado, ya que el mayor trabajo se lleva a cabo en la impulsión del agua. Los valores de fuerza utilizados para el diseño del mecanismo son los siguientes:



- Bulón Manivela – Biela: $F_{max} = 5.508,34 \text{ N}$; $F_{min} = -5.930,407 \text{ N}$
- Bulón Biela – Balancín: $F_{max} = 5.921,211 \text{ N}$; $F_{min} = -5.516,278 \text{ N}$
- Bulón Luneto – Baquetón: $F_{max} = 310,82 \text{ N}$; $F_{min} = -5.003,272 \text{ N}$
- Eslabón Cadena – Balancín y Cadena – Luneto: $F_{max} = 5.003,267 \text{ N}$;
 $F_{min} = 0$
- Bulón Baquetón – Pistón: $F_{max} = 230,78 \text{ N}$; $F_{min} = -5.079,704 \text{ N}$

Los signos negativos solo indican el cambio de sentido de la fuerza, que será necesaria para el cálculo a fatiga.

12. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS ELEMENTOS CRÍTICOS. FATIGA Y NÚMERO DE CICLOS

A continuación se van a calcular los límites de fatiga y el número de ciclos de cada uno de los elementos críticos de la máquina, que son los bulones o elementos de unión de los componentes y el contacto entre la cadena de acero y los eslabones del balancín y el luneto. Se usan dos materiales distintos: Aluminio 2024 T3 y Acero AISI 1050 CD.

12.1 Bulón Baquetón – Pistón

El primer elemento crítico es el bulón de unión entre el baquetón y el pistón, que es un elemento independiente de estos dos.

- 12.1.1 Cálculo del número de ciclos Baquetón – Pistón

Caracterización de la carga

Los datos de los que se dispone son:

- $F_{max} = 230,78 \text{ N}$
- $F_{min} = -5.079,704 \text{ N}$
- Diámetro bulón: $D = 25 \text{ mm}$
- Longitud bulón $L = 60 \text{ mm}$
- Diámetro taladros: $d = 3 \text{ mm}$

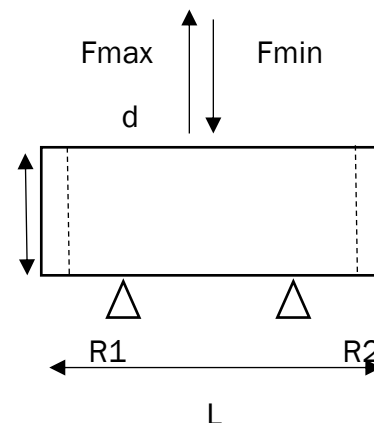


figura 16: Equilibrio de fuerzas del bulón

Las reacciones son para F_{min} : $R1=2.538,852 \text{ N}$ y $R2=2.539,852 \text{ N}$

Y para F_{max} : $R1=-115,365 \text{ N}$ y $R2=-115,365 \text{ N}$

Lo que deja unos momentos máximo y en el taladro para F_{min} de:

$$M_{max} = -5079,704 \text{ N} * 0,01 \text{ m} = -50,79 \text{ Nm}$$

$$M_{taladro} = -2538,095 \text{ N} * 0,0165 \text{ m} = -41,9 \text{ Nm}$$

Y unos momentos máximo y en el taladro para Fmax de:

$$M_{max} = 230,78 \text{ N} * 0,01 \text{ m} = 2,3 \text{ Nm}$$

$$M_{taladro} = 115,365 \text{ N} * 0,0165 \text{ m} = 1,9 \text{ Nm}$$

Por lo tanto se va a calcular la tensión en el punto de momento máximo:

$$\sigma_{min} = \frac{32 * M}{\pi * D^3} = -33,11 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = \frac{32 * M}{\pi * D^3} = 1,5 \text{ MPa}$$

Caracterización del Material

Datos:

- Acero AISI 1050 CD
- $S_{ut} = 690 \text{ MPa}$
- $S_y = 580 \text{ MPa}$
- Acabado en máquina

$$Se = Se' * Ki$$

Ecuación 8: Límite a fatiga real

$$Se' = 0,504 * S_{ut} = 347,76 \text{ MPa}$$

Ecuación 9: Criterio de Mischke

Factores que afectan a la fatiga (Tablas 6-2, 6-5, A-15-11 y 6-20 de Anexos 1 y 2):

$$Ka = 4,51 * S_{ut}^{-0,265} = 0,798$$

$$Kb = \left(\frac{D}{7,62}\right)^{-0,107} = 0,88$$

$$\text{con } d/D \text{ saco } Kt = 2,18 \text{ y } q = 0,75 \rightarrow Kf = 1 + q * (Kt - 1) = 1,885$$

$$Ke = \frac{1}{Kf} = 0,53$$

Luego queda:

$$Se = Se' * Ka * Kb * Ke = 129,43 \text{ MPa}$$

Aplicación de criterio

$$N = \left(\frac{\sigma}{a}\right)^{1/b}$$

Ecuación 10: resistencia a fatiga para vida infinita

Que da el número de ciclos que resiste el material a fatiga. Para aceros se considera infinita cuando el número de ciclos es superior a 1 millón. Calculando a y b:

$$a = \frac{(0,9 * S_{ut})^2}{S_e} = 2.979,53$$

$$b = -\frac{1}{3} * \log\left(\frac{0,9 * S_{ut}}{S_e}\right) = -0,227$$

Luego N queda:

$$N = \left(\frac{33,11}{2.979,53}\right)^{1/-0,227} = 406,21 * 10^6 \text{ ciclos}$$

- **12.1.2 Cálculo del límite a fatiga Baquetón – Pistón**

Con los datos obtenidos en el anterior apartado se busca hallar el factor de seguridad n y que este sea mayor que 1. Se usa el criterio de Goodman en fallo a fatiga que es el siguiente:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

Ecuación 11: Criterio de Goodman fallo a fatiga

Siendo:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \text{ y } \sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

Con los datos:

- $S_{ut} = 690 \text{ MPa}$
- $S_e = 129,43 \text{ MPa}$
- $\sigma_{max} = 1,5 \text{ MPa}$
- $\sigma_{min} = -33,11 \text{ MPa}$

Queda:

$$\sigma_m = -15,805 \text{ MPa} \text{ y } \sigma_a = 17,305 \text{ MPa}$$

Por tanto despejando n de la ecuación 10:

$$n = 9,19$$

12.2 Contacto de la cadena con el luneto y el balancín

En este caso se va a considerar un fallo a fatiga superficial entre el contacto de dos cilindros de materiales distintos, es decir, el contacto entre los eslabones pertenecientes al luneto y balancín con la cadena de acero.

• 12.2.1 Cálculo del número de ciclos balancín – luneto – cadena

Se busca el número de ciclos N con la ecuación 9, y para ello se necesita la presión máxima para una distribución semielíptica:

$$P_{max} = \frac{2F}{\pi b l}$$

Ecuación 12: Presión máxima para una distribución semielíptica

Donde b es la distribución semielíptica, l la longitud del cilindro y F la fuerza aplicada:

$$b = \sqrt{\frac{2F}{\pi l} * \frac{(1 - \nu_1)/E_1 + (1 - \nu_2)/E_2}{1/d_1 + 1/d_2}}$$

Ecuación 13: distribución semielíptica

Donde:

- Coeficiente de Poisson del aluminio: $\nu_1 = 0,333$
- Coeficiente de Poisson del acero: $\nu_2 = 0,242$
- Módulo de elasticidad del aluminio: $E_1 = 71,7 \text{ GPa}$
- Módulo de elasticidad del acero $E_2 = 207 \text{ GPa}$
- Diámetro del aluminio: $d_1 = 8 \text{ mm}$
- Diámetro del acero: $d_1 = 5 \text{ mm}$
- Fuerza aplicada: $F = 5.003,267 \text{ N}$

Despejando b de la ecuación 12:

$$b = 3,98 \text{ mm}$$

E introduciéndolo en la ecuación 11:

$$P_{max} = 100,03 \text{ MPa}$$

Caracterización del material

Datos:

- Aluminio 2024 T3
- $S_{ut} = 482 \text{ MPa}$
- $S_y = 345 \text{ MPa}$
- Acabado en máquina

$$Se' = 0,504 * S_{ut} = 242,928 \text{ MPa}$$

Factores que afectan a la fatiga (Tablas 6-2 y 6-5 de Anexos 1 y 2):

$$K_a = 4,51 * S_{ut}^{-0,265} = 0,877$$

$$K_b = \left(\frac{D}{7,62}\right)^{-0,107} = 0,995$$

De la ecuación 8 se saca:

$$Se = 211,98 \text{ MPa}$$

Entonces a y b serán:

$$a = \frac{(0,9 * S_{ut})^2}{Se} = 887,73$$

$$b = -\frac{1}{3} * \log\left(\frac{0,9 * S_{ut}}{Se}\right) = -0,104$$

Despejando de la ecuación 9:

$$N = 1.308 * 10^6 \text{ ciclos}$$

- **12.2.2 Cálculo del límite de fatiga Balancín – Cadena – Luneto**

Dado que la cadena solo actúa a tracción se tiene una fuerza alternante entre la tensión máxima y cero, por tanto la tensión media y la tensión alterna son iguales y de valor:

$$\sigma_m = \sigma_a = 50,015$$

Introduciendo los datos en la ecuación 10:

$$n = 2,94$$

12.2 Bulón Luneto – Baquetón

Este bulón no es una pieza independiente, como en el apartado 12.1, sino que es parte del luneto por lo que el apoyo es un empotramiento. En el caso del aluminio no tiene un límite de fatiga, por tanto su fallo dependerá del número de ciclos.

• 12.3.1 Cálculo del número de ciclos Luneto – Baquetón

Caracterización de la carga

Los datos de los que se dispone son:

F_{min}

- $F_{max} = 310,82 \text{ N}$
- $F_{min} = -5.003,267 \text{ N}$
- Diámetro bulón: $D = 50,8 \text{ mm}$
- Longitud apoyo-fuerza $L = 94,9 \text{ mm}$
- Longitud taladro-fuerza $l = 15 \text{ mm}$
- Diámetro taladros: $d = 5 \text{ mm}$

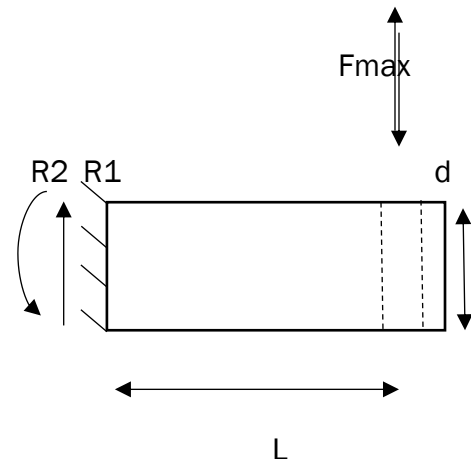


figura 17: Equilibrio de fuerzas del bulón L-B

Las reacciones son para F_{min} : $R1=5003,267 \text{ N}$ y $R2=470,3 \text{ Nm}$

Y para F_{max} : $R1=-310,82 \text{ N}$ y $R2=- 29,49 \text{ Nm}$

Lo que deja unos momentos máximo y en el taladro para F_{min} de:

$$M_{max} = -5003,267 \text{ N} * 0,0949 \text{ m} = -470,3 \text{ Nm}$$

$$M_{taladro} = -5003,267 \text{ N} * 0,015 \text{ m} = -75,05 \text{ Nm}$$

Y unos momentos máximo y en el taladro para F_{max} de:

$$M_{max} = 310,82 \text{ N} * 0,0949 \text{ m} = 29,49 \text{ Nm}$$

$$M_{taladro} = 310,82 \text{ N} * 0,015 \text{ m} = 4,66 \text{ Nm}$$

Por lo tanto se va a calcular la tensión en el punto de momento máximo:

$$\sigma_{min} = \frac{32 * M}{\pi * D^3} = -36,51 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = \frac{32 * M}{\pi * D^3} = 2,29 \text{ MPa}$$

Caracterización del Material

Datos:

- Aluminio 2024 T3
- $S_{ut} = 482 \text{ MPa}$
- $S_y = 345 \text{ MPa}$
- Acabado en máquina

$$Se' = 0,504 * S_{ut} = 242,928 \text{ MPa}$$

Factores que afectan a la fatiga (Tablas 6-2, 6-5, A-15-11 y 6-20 de Anexos 1 y 2):

$$Ka = 4,51 * S_{ut}'^{-0,265} = 0,877$$

$$Kb = \left(\frac{D}{7,62}\right)^{-0,107} = 0,816$$

$$\text{con } d/D \text{ saco } Kt = 2,2 \text{ y } q = 0,85 \rightarrow Kf = 1 + q * (Kt - 1) = 2,02$$

$$Ke = \frac{1}{Kf} = 0,495$$

Aplicando la ecuación 8 queda:

$$Se = Se' * Ka * Kb * Ke = 86,05 \text{ MPa}$$

Aplicación de criterio

Para aplicar la ecuación 9 se calcula a y b:

$$a = \frac{(0,9 * S_{ut})^2}{Se} = 2.186,9$$

$$b = -\frac{1}{3} * \log\left(\frac{0,9 * S_{ut}}{S_e}\right) = -0,234$$

Luego N queda:

$$N = \left(\frac{36,51}{2186,9}\right)^{1/-0,234} = 39,42 * 10^6 \text{ ciclos}$$

- **12.3.2 Cálculo del límite a fatiga Luneto – Baquetón**

Con los datos obtenidos en el anterior apartado se busca hallar el factor de seguridad n y que este sea mayor que 1. Se usa el criterio de Goodman en fallo a fatiga (ecuación 10) con los datos:

- $S_{ut} = 482 \text{ MPa}$
- $S_e = 87,1 \text{ MPa}$
- $\sigma_{max} = 2,29 \text{ MPa}$
- $\sigma_{min} = -36,51 \text{ MPa}$

Queda:

$$\sigma_m = -17,11 \text{ MPa y } \sigma_a = 19,4 \text{ MPa}$$

Por tanto despejando n de la ecuación 10:

$$n = 5,34$$

12.4 Bulón Balancín – Biela

Es el mismo caso que el apartado anterior, un bulón perteneciente al balancín, haciendo este de empotramiento. Este caso es más crítico que el anterior por tener mayor longitud y mayor amplitud de tensiones. En el caso del aluminio no tiene un límite de fatiga, por tanto su fallo dependerá del número de ciclos.

• **12.4.1 Cálculo del número de ciclos Balancín – Biela**

Caracterización de la carga

Los datos de los que se dispone son:

Fmin

- Fmax = 5921,211 N
- Fmin = -5.516,278
- Diámetro bulón: D = 78,2 mm
- Longitud apoyo-fuerza L = 203 mm
- Longitud taladro-fuerza l = 30 mm
- Diámetro taladros: d = 5 mm

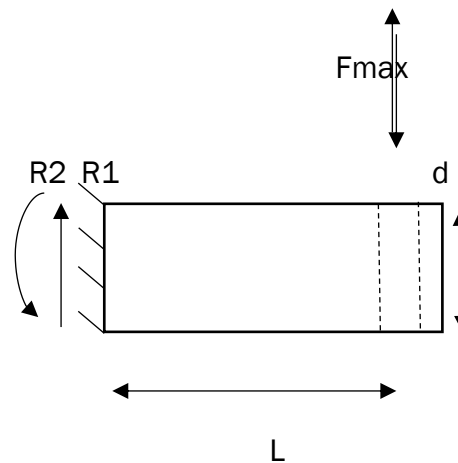


figura 18: Equilibrio de fuerzas del bulón B-B

Las reacciones son para Fmin: R1=5.516,278 N y R2=1.119,8 Nm

Y para Fmax: R1=-5.921,211 N y R2=- 1202 Nm

Lo que deja unos momentos máximo y en el taladro para Fmin de:

$$M_{max} = -5.516,278 \text{ N} * 0,203 \text{ m} = -1.119,8 \text{ Nm}$$

$$M_{taladro} = -5.516,278 \text{ N} * 0,03 \text{ m} = -165,49 \text{ Nm}$$

Y unos momentos máximo y en el taladro para Fmax de:

$$M_{max} = 5.921,211 \text{ N} * 0,203 \text{ m} = 1202 \text{ Nm}$$

$$M_{taladro} = 5921,211 \text{ N} * 0,03 \text{ m} = 177,63 \text{ Nm}$$

Por lo tanto se va a calcular la tensión en el punto de momento máximo:

$$\sigma_{min} = \frac{32 * M}{\pi * D^3} = -23,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = \frac{32 * M}{\pi * D^3} = 25,6 \text{ MPa}$$

Caracterización del Material

Datos:

- Aluminio 2024 T3

- $S_{ut} = 482 \text{ MPa}$
- $S_y = 345 \text{ MPa}$
- Acabado en máquina

$$Se' = 0,504 * Sut = 242,928 \text{ MPa}$$

Factores que afectan a la fatiga (Tablas 6-2, 6-5, A-15-11 y 6-20 de Anexos 1 y 2):

$$Ka = 4,51 * Sut^{-0,265} = 0,877$$

$$Kb = \left(\frac{D}{7,62}\right)^{-0,107} = 0,779$$

$$\text{con } d/D \text{ saco } Kt = 2,3 \text{ y } q = 0,85 \rightarrow Kf = 1 + q * (Kt - 1) = 2,105$$

$$Ke = \frac{1}{Kf} = 0,475$$

Aplicando la ecuación 8 queda:

$$Se = Se' * Ka * Kb * Ke = 78,83 \text{ MPa}$$

Aplicación de criterio

Para aplicar la ecuación 9 se calcula a y b:

$$a = \frac{(0,9 * Sut)^2}{Se} = 2387,19$$

$$b = -\frac{1}{3} * \log\left(\frac{0,9 * Sut}{Se}\right) = -0,247$$

Luego N queda:

$$N = \left(\frac{25,06}{2387,19}\right)^{1/-0,247} = 102,74 * 10^6 \text{ ciclos}$$

- **12.4.2 Cálculo del límite a fatiga Balancín – Biela**

Con los datos obtenidos en el anterior apartado se busca hallar el factor de seguridad n y que este sea mayor que 1. Se usa el criterio de Goodman en fallo a fatiga (ecuación 10) con los datos:

- $S_{ut} = 482 \text{ MPa}$
- $S_e = 78,83 \text{ MPa}$
- $\sigma_{max} = 25,06 \text{ MPa}$
- $\sigma_{min} = -23,85 \text{ MPa}$

Queda:

$$\sigma_m = 0,605 \text{ MPa} \text{ y } \sigma_a = 24,455 \text{ MPa}$$

Por tanto despejando n de la ecuación 10:

$$n = 3,21$$

12.5 Bulón Biela – Manivela

En este caso el bulón pertenece a la manivela, la cual hace de empotramiento al igual que en los casos anteriores. En el caso del aluminio no tiene un límite de fatiga, por tanto su fallo dependerá del número de ciclos.

• 12.5.1 Cálculo del número de ciclos Biela – Manivela

Caracterización de la carga

Los datos de los que se dispone son:

- $F_{max} = 5.508,234 \text{ N}$
- $F_{min} = -5.930,407 \text{ N}$
- Diámetro bulón: $D = 50,8 \text{ mm}$
- Longitud total $L = 70 \text{ mm}$
- Longitud taladro-fuerza $l = 30 \text{ mm}$
- Diámetro taladros: $d = 5 \text{ mm}$

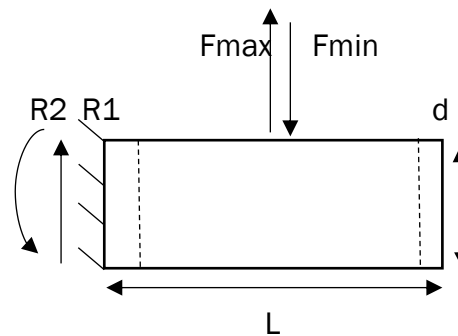


figura 19: Equilibrio de fuerzas del bulón B-M

Las reacciones son para F_{min} : $R1=5.930,407 \text{ N}$ y $R2=207,56 \text{ Nm}$

Y para F_{max} : $R1=-5.508,234 \text{ N}$ y $R2=- 192,79 \text{ Nm}$

Lo que deja unos momentos máximo y en el taladro para F_{min} de:

$$M_{max} = -5930,407 \text{ N} * 0,035 \text{ m} = -207,56 \text{ Nm}$$

$$M_{taladro} = -5.930,407 \text{ N} * 0,03 = -177,91 \text{ Nm}$$

Y unos momentos máximo y en el taladro para F_{max} de:

$$M_{max} = 5.508,234 \text{ N} * 0,035 \text{ m} = 192,79 \text{ Nm}$$

$$M_{taladro} = 5.508,234 \text{ N} * 0,03 = 165,25 \text{ Nm}$$

Por lo tanto se va a calcular la tensión en el punto de momento máximo:

$$\sigma_{min} = \frac{32 * M}{\pi * D^3} = -16,13 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = \frac{32 * M}{\pi * D^3} = 14,97 \text{ MPa}$$

Caracterización del Material

Datos:

- Aluminio 2024 T3
- $S_{ut} = 482 \text{ MPa}$
- $S_y = 345 \text{ MPa}$
- Acabado en máquina

$$Se' = 0,504 * S_{ut} = 242,928 \text{ MPa}$$

Factores que afectan a la fatiga (Tablas 6-2, 6-5, A-15-11 y 6-20 de Anexos 1 y 2):

$$K_a = 4,51 * S_{ut}'^{-0,265} = 0,877$$

$$K_b = \left(\frac{D}{7,62}\right)^{-0,107} = 0,816$$

$$\text{con } d/D \text{ saco } K_t = 2,2 \text{ y } q = 0,85 \rightarrow K_f = 1 + q * (K_t - 1) = 2,02$$

$$K_e = \frac{1}{K_f} = 0,495$$

Aplicando la ecuación 8 queda:

$$Se = Se' * K_a * K_b * K_e = 86,05 \text{ MPa}$$

Aplicación de criterio

Para aplicar la ecuación 9 se calcula a y b:

$$a = \frac{(0,9 * S_{ut})^2}{S_e} = 2.186,9$$

$$b = -\frac{1}{3} * \log\left(\frac{0,9 * S_{ut}}{S_e}\right) = -0,234$$

Luego N queda:

$$N = \left(\frac{16,13}{2186,9}\right)^{1/-0,234} = 1.294 * 10^6 \text{ ciclos}$$

- **12.1.2 Cálculo del límite a fatiga Biela – Manivela**

Con los datos obtenidos en el anterior apartado se busca hallar el factor de seguridad n y que este sea mayor que 1. Se usa el criterio de Goodman en fallo a fatiga (ecuación 10) con los datos:

- $S_{ut} = 482 \text{ MPa}$
- $S_e = 86,05 \text{ MPa}$
- $\sigma_{\max} = 14,97 \text{ MPa}$
- $\sigma_{\min} = -16,13 \text{ MPa}$

Queda:

$$\sigma_m = -0,58 \text{ MPa} \text{ y } \sigma_a = 15,55 \text{ MPa}$$

Por tanto despejando n de la ecuación 10:

$$n = 5,57$$

13. CÁLCULO MECÁNICO DE EJES

13.1 Cálculo del fallo a fatiga del eje de las ruedas hidráulicas

Se trata de un eje rotativo sometido a carga constante por lo que se va a calcular el número de ciclos que soporta. Al ser acero tendrá vida infinita si resiste más de un millón de ciclos.

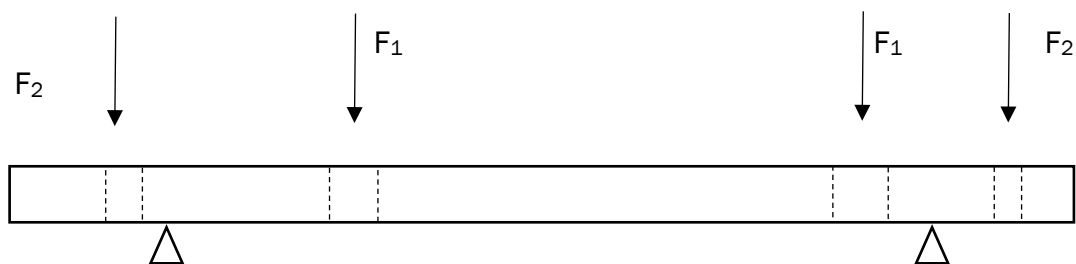


figura 20: diagrama del eje de las ruedas hidráulicas

Los datos de los que se dispone son: el peso de las ruedas, que están representados como F_1 , el peso de las manivelas y la mitad de las bielas que están representados como F_2 ; también se dispone de todas las medidas necesarias para calcular los momentos.

- $F_1 = 2.115,036 \text{ N}$
- $F_2 = 158,025 \text{ N}$
- Diámetro del eje: $D = 75 \text{ mm}$
- Longitud del eje $L = 3.178 \text{ mm}$
- Diámetro taladros ruedas: $d = 10 \text{ mm}$
- Diámetro taladros manivelas: $d = 5 \text{ mm}$

Las reacciones de cada uno de los apoyos son $R_1 = 2.273,08 \text{ N}$ y $R_2 = 2.273,08 \text{ N}$, iguales ya que es un sistema simétrico con cargas simétricas. El momento máximo se va a dar en los taladros más cercanos al eje de simetría. El valor de tensión en los taladros se corregirá en la caracterización del material. El valor del Momento máximo es:

$$M_{max} = 2.273,08 * 0,68345 = 1560,36 \text{ Nm}$$

Y la tensión máxima queda:

$$\sigma_{max} = \frac{32 * 1560,36}{\pi * 0,075^3} = 37,67 \text{ MPa}$$

Caracterización del Material

Datos:

- Acero AISI 1050 CD
- $S_{ut} = 690 \text{ MPa}$
- $S_y = 580 \text{ MPa}$
- Acabado en máquina

Aplicando la ecuación 9:

$$Se' = 0,504 * S_{ut} = 347,76 \text{ MPa}$$

Factores que afectan a la fatiga (Tablas 6-2, 6-5, A-15-11 y 6-20 de Anexos 1 y 2):

$$K_a = 4,51 * S_{ut}^{-0,265} = 798$$

$$K_b = \left(\frac{D}{7,62}\right)^{-0,107} = 0,783$$

$$\text{con } d/D \text{ saco } K_t = 2,1 \text{ y } q = 0,85 \rightarrow K_f = 1 + q * (K_t - 1) = 1,935$$

$$K_e = \frac{1}{K_f} = 0,517$$

Incluyéndolo en la ecuación 8 queda:

$$Se = Se' * K_a * K_b * K_e = 111,07 \text{ MPa}$$

Aplicación de criterio

Aplicando la ecuación 10 da el número de ciclos que resiste el material a fatiga. Para aceros se considera infinita cuando el número de ciclos es superior a 1 millón. Calculando a y b:

$$a = \frac{(0,9 * Sut)^2}{Se} = 3.472,05$$

$$b = -\frac{1}{3} * \log\left(\frac{0,9 * Sut}{Se}\right) = -0,249$$

Luego N queda:

$$N = \left(\frac{37,67}{3.472,05}\right)^{1/-0,249} = 77,61 * 10^6 \text{ ciclos}$$

13.2 Cálculo de fallo estático en los ejes no rotativos

Se trata de dos ejes de acero AISI 1050 CD sometido al mismo sistema de cargas pero con un valor de cargas diferente. Se va a usar el criterio de fallo estático de la energía de distorsión en ambos casos.

• 13.2.1 Cálculo de fallo estático en el eje de balancines

En el eje de balancines se tiene como carga los balancines y la mitad del peso de las bielas:

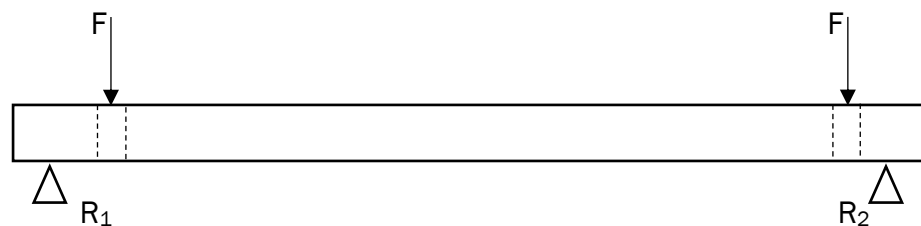


figura 21: diagrama del eje de balancines

Datos:

- Fuerza total: Peso balancín + peso media biela

$$F = \left(13,196 + \frac{9,778}{2}\right) * 9,8 = 177,233 \text{ N}$$

- Diámetro eje: $D = 0,0782 \text{ m}$
- Diámetro interior eje: $D' = 0,07 \text{ m}$
- Distancia apoyo - fuerza: $d = 0,05955 \text{ m}$

Por tanto:

- $R_1 = -177,233 \text{ N}$
- $R_2 = -177,233 \text{ N}$

Se calcula la tensión máxima:

$$M_{max} = F * d = 10,54 \text{ Nm}$$
$$\sigma_{max} = \frac{D/2 * M_{max}}{\pi/64 * (D^4 - D'^4)} = \frac{0,0375 * 10,54}{\pi/64 * (0,0782^4 - 0,07^4)} = 0,601 \text{ MPa}$$

Caracterización del material

Resistencia a fluencia: $S_{yt} = 580 \text{ MPa}$

Aplicación del criterio

Aplicando el criterio de la energía de distorsión:

$$\sigma_{max} < S_{yt} \rightarrow 0,601 < 580$$

Ecuación 14: Criterio energía de distorsión

• 13.2.1 Cálculo de fallo estático en el eje de lunetos

En el eje de lunetos se tiene como carga los lunetos y el peso de las cuatro cadenas:

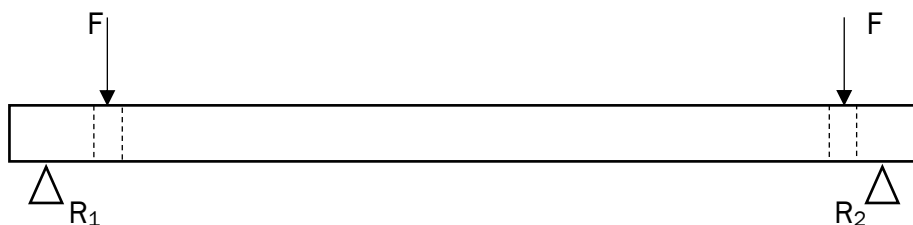


figura 22: diagrama del eje de lunetos

Datos:

- Fuerza total: Peso luneto + peso cadenas

$$F = (8,788 + 2 * 0,766) * 9,8 = 101,136 \text{ N}$$

- Diámetro eje: $D = 0,075 \text{ m}$
- Diámetro interior eje: $D' = 0,07 \text{ m}$
- Distancia apoyo - fuerza: $d = 0,05955 \text{ m}$

Por tanto:

- $R_1 = -101,136 \text{ N}$
- $R_2 = -101,136 \text{ N}$

Se calcula la tensión máxima:

$$M_{max} = F * d = 6,022 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{max} = \frac{D/2 * M_{max}}{\pi/64 * (D^4 - D'^4)} = \frac{0,0375 * 6,022}{\pi/64 * (0,0782^4 - 0,07^4)} = 0,343 \text{ MPa}$$

Caracterización del material

Resistencia a fluencia: $S_{yt} = 580 \text{ MPa}$

Aplicación del criterio

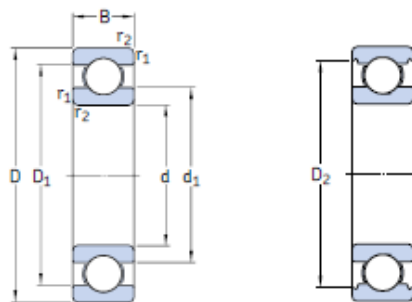
Aplicando el criterio de la energía de distorsión:

$$\sigma_{max} < S_{yt} \rightarrow 0,343 < 580$$

14. CÁLCULO DE LA VIDA DE LOS RODAMIENTOS

Se va a calcular la vida de los rodamientos o el número de ciclos, mediante los datos que aporta el catálogo de rodamientos de SKF (Anexo 4), para la fuerza máxima que soporta cada uno de ellos.

14.1 Rodamiento 6009



Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit P_u	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	dynamic C	static C_0		Reference speed	Limiting speed		
mm			kN		kN	r/min		kg	-
40	52	7	4,49	3,75	0,16	26 000	16 000	0,032	61808
	62	12	13,8	10	0,425	24 000	14 000	0,12	61908
	68	9	13,8	10,2	0,44	22 000	14 000	0,13	* 16008
	68	15	17,8	11	0,49	22 000	14 000	0,19	* 6008
	80	18	32,5	19	0,8	18 000	11 000	0,37	* 6208
45	80	18	35,8	20,8	0,88	18 000	11 000	0,34	6208 ETN9
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	11 000	0,63	* 6308
	110	27	63,7	36,5	1,53	14 000	9 000	1,25	6408
	58	7	6,63	6,1	0,26	22 000	14 000	0,04	61809
45	68	12	14	10,8	0,465	20 000	13 000	0,14	61909
	75	10	16,5	10,8	0,52	20 000	12 000	0,17	* 16009
	75	16	22,1	14,6	0,64	20 000	12 000	0,24	* 6009

figura 23: Datos rodamiento 6009

Datos

- La fuerza máxima que soporta este rodamiento se da en el apartado “11. Cálculo experimental de fuerzas” y es igual a $F = 5.930,407 \text{ N}$
- Diámetro exterior: $D = 75 \text{ mm}$
- Diámetro interior: $d = 45 \text{ mm}$
- Ancho: $B = 16 \text{ mm}$
- Carga dinámica soportada: $C = 22,1 \text{ kN}$



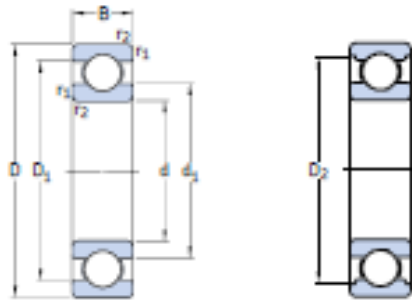
Aplicación del criterio

Se aplica el criterio de vida nominal del rodamiento al 90% de confiabilidad, con un valor de $a = 3$, ya que se trata de rodamientos de bolas:

$$L_{10} = 10^6 * \left(\frac{C}{F}\right)^3 = 10^6 * \left(\frac{22.100}{5.930,407}\right)^3 = 51,75 * 10^6 \text{ ciclos}$$

Ecuación 15: Criterio vida nominal de rodamientos

14.2 Rodamiento 61815



Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	C	C ₀	P ₀	Reference speed	Limiting speed	kg	-
mm			kN		kN	r/min			
60	78	10	11,9	11,4	0,49	17 000	11 000	0,11	61812
	85	13	16,5	14,3	0,6	16 000	10 000	0,2	61912
	95	11	20,8	15	0,735	15 000	9 500	0,29	* 16012
	95	18	30,7	23,2	0,98	15 000	9 500	0,41	* 6012
	110	22	55,3	36	1,53	13 000	8 000	0,78	* 6212
	130	31	85,2	52	2,2	11 000	7 000	1,7	* 6312
65	150	35	108	69,5	2,9	10 000	6 300	2,85	6412
	85	10	12,4	12,7	0,54	16 000	10 000	0,13	61813
	90	13	17,4	16	0,68	15 000	9 500	0,22	61913
	100	11	22,5	19,6	0,83	14 000	9 000	0,3	* 16013
70	100	18	31,9	25	1,06	14 000	9 000	0,44	* 6013
	120	23	58,5	40,5	1,73	12 000	7 500	1	* 6213
	140	33	97,5	60	2,5	10 000	6 700	2,1	* 6313
	160	37	119	78	3,15	9 500	6 000	3,35	6413
75	90	10	12,4	13,2	0,56	15 000	9 000	0,14	61814
	100	16	21,8	21,2	0,9	14 000	8 500	0,35	61914
	110	13	29,1	25	1,06	13 000	8 000	0,44	* 16014
	110	20	39,7	31	1,32	13 000	8 000	0,61	* 6014
	125	24	63,7	45	1,9	11 000	7 000	1,1	* 6214
	150	35	111	68	2,75	9 500	6 300	2,55	* 6314
75	180	42	143	104	3,9	8 500	5 300	4,95	6414
	95	10	12,7	14,3	0,61	14 000	8 500	0,15	61815
	105	16	24,2	22,4	0,965	13 000	8 000	0,37	61915
	115	13	30,2	27	1,14	12 000	7 500	0,46	* 16015
	115	20	41,6	33,5	1,43	12 000	7 500	0,65	* 6015
	130	25	68,9	49	2,04	10 000	6 700	1,2	* 6215
75	160	37	119	76,5	3	9 000	5 600	3,05	* 6315
	190	45	153	114	4,15	8 000	5 000	5,8	6415

figura 24: Datos rodamiento 61815

Datos

- La fuerza máxima que soporta este rodamiento se da en el apartado "11. Cálculo experimental de fuerzas" y es igual a $F = 5.921,211 \text{ N}$
- Diámetro exterior: $D = 95 \text{ mm}$
- Diámetro interior: $d = 75 \text{ mm}$



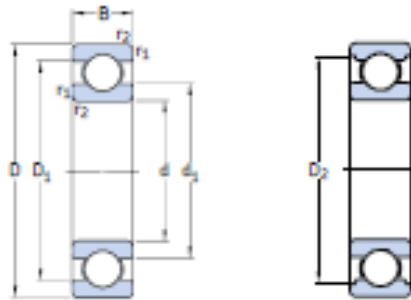
- Ancho: $B = 10 \text{ mm}$
- Carga dinámica soportada: $C = 12,7 \text{ kN}$

Aplicación del criterio

Se aplica el criterio de vida nominal del rodamiento al 90% de confiabilidad, con un valor de $a = 3$, ya que se trata de rodamientos de bolas:

$$L_{10} = 10^6 * \left(\frac{C}{F}\right)^3 = 10^6 * \left(\frac{12.700}{5.921,211}\right)^3 = 9,87 * 10^6 \text{ ciclos}$$

14.3 Rodamiento 6015



Principal dimensions	Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation		
	dynamic	static		Reference speed	Limiting speed				
d	D	B	C	C ₀	P ₀				
mm			kN		kN	r/min	kg	-	
60	78	10	11,9	11,4	0,49	17 000	11 000	0,11	61812
	85	13	16,5	14,3	0,6	16 000	10 000	0,2	61912
	95	11	20,8	15	0,735	15 000	9 500	0,29	* 16012
	95	18	30,7	23,2	0,98	15 000	9 500	0,41	* 6012
	110	22	55,3	36	1,53	13 000	8 000	0,78	* 6212
	130	31	85,2	52	2,2	11 000	7 000	1,7	* 6312
65	150	35	108	69,5	2,9	10 000	6 300	2,85	6412
	85	10	12,4	12,7	0,54	16 000	10 000	0,13	61813
	90	13	17,4	16	0,68	15 000	9 500	0,22	61913
	100	11	22,5	19,6	0,83	14 000	9 000	0,3	* 16013
	100	18	31,9	25	1,06	14 000	9 000	0,44	* 6013
	120	23	58,5	40,5	1,73	12 000	7 500	1	* 6213
70	140	33	97,5	60	2,5	10 000	6 700	2,1	* 6313
	160	37	129	78	3,15	9 500	6 000	3,35	6413
	90	10	12,4	13,2	0,56	15 000	9 000	0,14	61814
	100	16	23,8	21,2	0,9	14 000	8 500	0,35	61914
75	110	13	29,1	25	1,06	13 000	8 000	0,44	* 16014
	110	20	39,7	31	1,32	13 000	8 000	0,61	* 6014
	125	24	63,7	45	1,9	11 000	7 000	1,1	* 6214
	150	35	111	68	2,75	9 500	6 300	2,55	* 6314
	180	42	143	104	3,9	8 500	5 300	4,95	6414
75	95	10	12,7	14,3	0,61	14 000	8 500	0,15	61815
	105	16	24,2	22,4	0,965	13 000	8 000	0,37	61915
	115	13	30,2	27	1,14	12 000	7 500	0,46	* 16015
	115	20	41,6	33,5	1,43	12 000	7 500	0,65	* 6015
	130	25	68,9	49	2,04	10 000	6 700	1,2	* 6215
	160	37	129	76,5	3	9 000	5 600	3,05	* 6315
190	45	153	114	4,15	8 000	5 000	5,8	6415	

figura 25: Datos rodamiento 6015

Datos

- La fuerza máxima que soporta este rodamiento es la suma del peso de las ruedas hidráulicas, las manivelas y el eje: $F = 3164,88 \text{ N}$
- Diámetro exterior: $D = 115 \text{ mm}$
- Diámetro interior: $d = 95 \text{ mm}$
- Ancho: $B = 20 \text{ mm}$



- Carga dinámica soportada: $C = 41,6 \text{ kN}$

Aplicación del criterio

Se aplica el criterio de vida nominal del rodamiento al 90% de confiabilidad, con un valor de $a = 3$, ya que se trata de rodamientos de bolas:

$$L_{10} = 10^6 * \left(\frac{C}{F}\right)^3 = 10^6 * \left(\frac{41.600}{3.164,88}\right)^3 = 2.270 * 10^6 \text{ ciclos}$$

15. CÁLCULO ESTRUCTURAL

Para realizar el cálculo estructural se ha utilizado el programa de simulación de estructuras “MdrFx 8.0” cuyos autores son Eduardo Tuñón Cabeza y José Pereda Llamas del departamento de Construcciones Arquitectónicas, ingeniería del terreno y mecánica de los medios continuos y teoría de estructuras de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid.

Este programa da como resultado la matriz de rigidez de la estructura y la matriz de giros y desplazamientos, para lo cual hay que introducir las características de las barras, la geometría de la estructura, los apoyos utilizados y las fuerzas que intervienen.

Al ser una simulación en 2D se ha hecho el problema en dos partes: la primera es la parte lateral de la estructura de la máquina, considerando la mitad de la estructura y pensando en ello como un pórtico, siendo esta la más solicitada mecánicamente; y la segunda es la parte trasera de la estructura de la máquina, al ser esta la parte donde se concentraban mayores esfuerzos en la simulación anterior.

El material que se usa para esta estructura es acero S275, con dos tipos de secciones: un perfil normalizado IPN 220 (Anexo 3) y un perfil rectangular. El perfil normalizado se utiliza para los pilares, para los que en una posición se usará el eje de inercia y (fuerte) y en la otra el eje de inercia z (débil), y de vigas de apoyo para los tres ejes; y el perfil rectangular sirve de correa lateral para unir los dos pórticos. El cálculo en el programa se inicia con la introducción de los datos del material utilizado:

- Material: acero S275
- Modulo elástico: $E = 210 \text{ GPa}$
- Coeficiente de dilatación: $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$
- Peso específico: $\gamma = 76.500 \text{ kN/m}^3$
- Área Pilar fuerte y Viga IPN: $A = 39,5 \text{ cm}^2$
- Inercia Pilar fuerte y Viga IPN: $I_y = 3.060 \text{ cm}^4$
- Canto Pilar fuerte y Viga IPN: $h = 220 \text{ mm}$
- Área Perfil rectangular: $A = 22 \text{ cm}^2$
- Inercia Perfil rectangular: $I_y = 221,83 \text{ cm}^4$
- Canto Perfil rectangular: $h = 110 \text{ mm}$
- Área Pilar débil: $A = 39,5 \text{ cm}^2$
- Inercia Pilar débil: $I_z = 162 \text{ cm}^4$

- Canto Pilar débil: $h = 98 \text{ mm}$

Lista de secciones				
Id	Etiqueta	Area	Iz	Canto
1	IPN horizontal	0.00395	3.06E-5	0.22
2	horizontal	0.0022	2.2183E-6	0.11
3	vertical debil	0.00395	1.62E-6	0.098

figura 26: Datos del material introducidos

Lo siguiente es introducir los nodos (uniones entre barras), las barras cada una con sus datos correspondientes, los apoyos (empotramientos) y las fuerzas que intervienen:

Identificación de las barras:

- Amarillo: Pilar IPN eje fuerte y Viga IPN
- Verde: Perfil rectangular
- Azul: Pilar IPN eje débil

15.1 Cálculo parte lateral

Las fuerzas que intervienen en la parte lateral son:

- El peso del balancín, media biela, medio eje de balancines y un acople del eje del balancín: $P5 = 500,241 \text{ N}$
- El peso del luneto, dos cadenas, dos baquetones, dos pistones, medio eje de lunetos y un acople del eje de lunetos: $P6 = 695,26 \text{ N}$
- El peso de una rueda hidráulica, una manivela, media biela, medio eje y el acople del eje de la rueda hidráulica: $P7 = 2.857,4 \text{ N}$
- El peso de las dos bombas: $P1 = P2 = 1.686,45 \text{ N}$

Quedando así la estructura lista para la simulación:

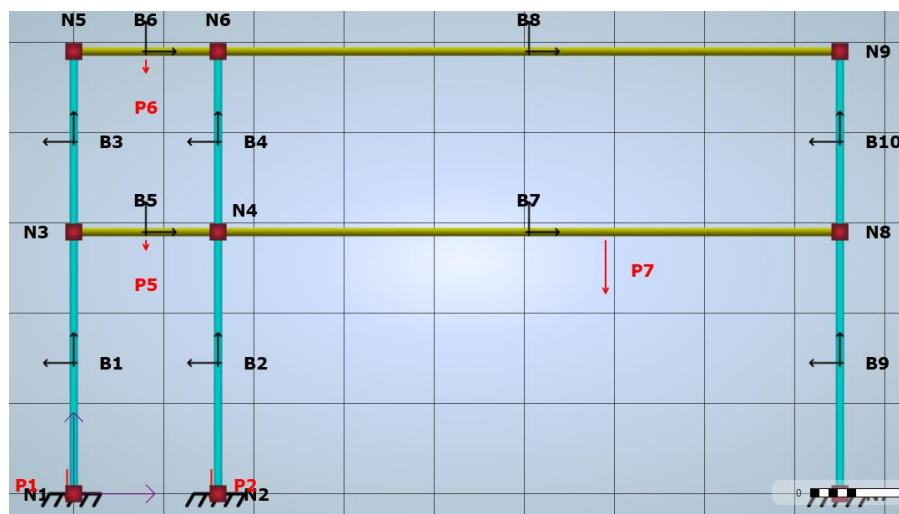


figura 27: Estructura del Ingenio en MdrFx

Los resultados son:

- Esfuerzos Axiles N_x : Interesan los esfuerzos axiles de las barras:
 - $B7 = 118,87 \text{ N}$
 - $B9 = 1.539,89 \text{ N}$
 - $B2 = 4684,01 \text{ N}$

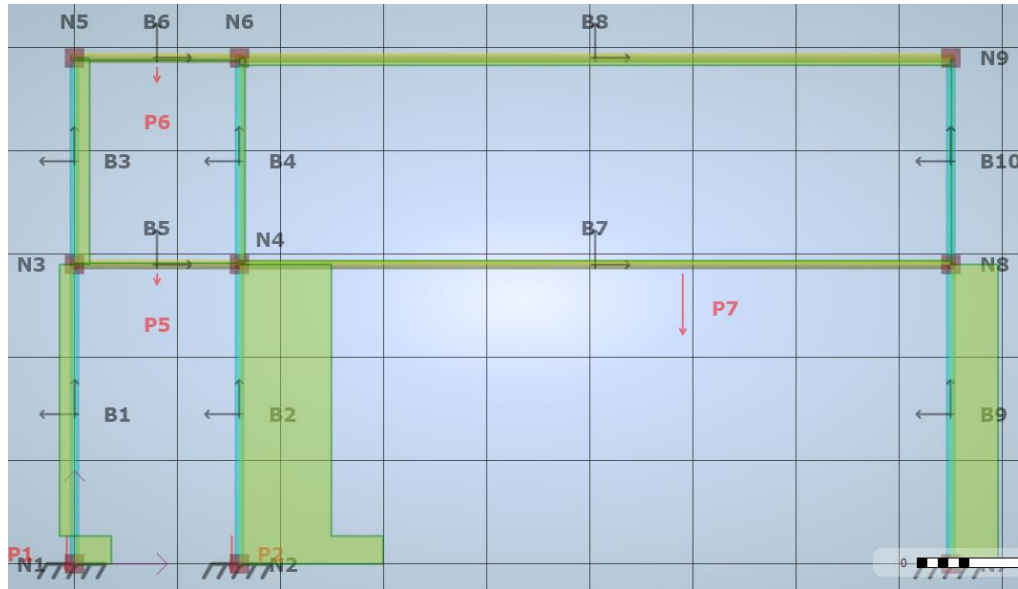


figura 28: Esfuerzo axiles en la parte lateral

- Esfuerzos cortantes V_y : En este caso los únicos esfuerzos que interesan son de las barra $B7 = 1522,24 \text{ N}$ y $B8 = 17,65 \text{ N}$, ya que son los que va a transmitir el esfuerzo a la parte trasera de la estructura.

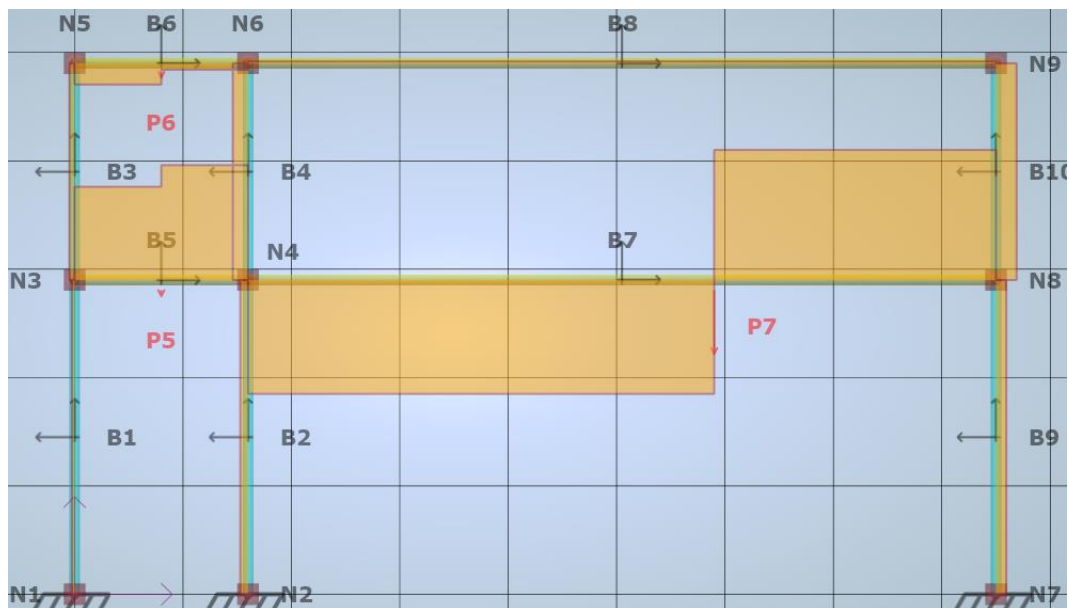


figura 29: Esfuerzos cortantes en la parte lateral

- Momentos internos M_z : Interesan los momentos internos de las barras:
 - $B7 = 3.308,62 \text{ Nm}$
 - $B9 = 255,62 \text{ Nm}$
 - $B2 = 107,22 \text{ Nm}$

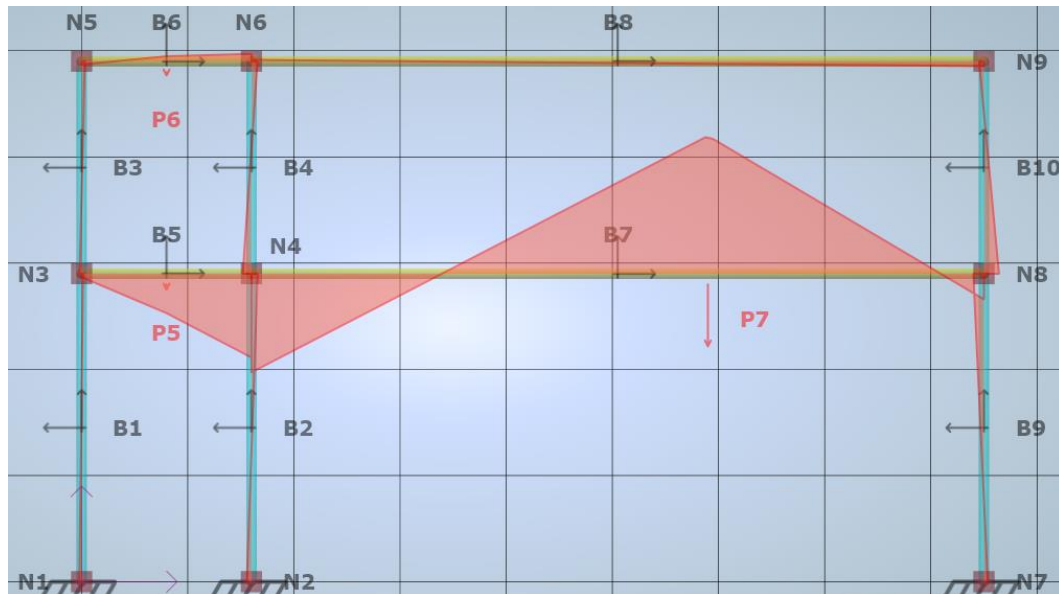


figura 30: Momentos internos de la parte lateral

- Desplazamientos: el máximo desplazamiento en el eje vertical se da en la barra $B7 = 1,4 \text{ mm}$ y en el eje horizontal en la barra $B10 = 0,5 \text{ mm}$, lo cual puede considerarse despreciable.

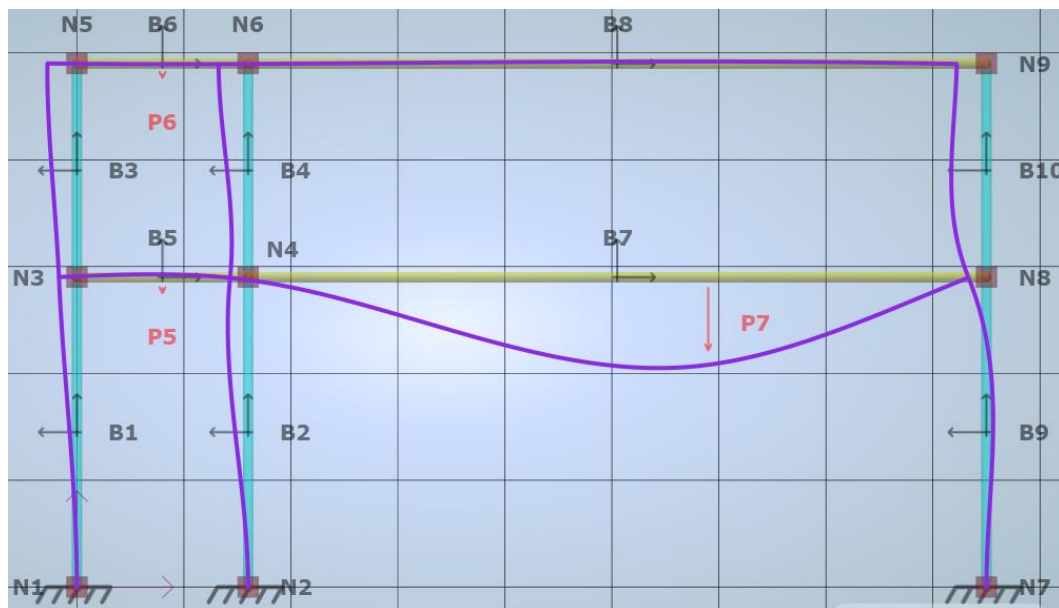


figura 31: Desplazamientos en la cara lateral

Por último se calculan las tensiones en las zonas más solicitadas, que tienen que ser menores que el límite elástico del material, en este caso 275 MPa.

- Barra 7:

$$\sigma_{xxB7} = \frac{M_z}{I_z} * y_{max} + \frac{N}{A} = \frac{3.308,62}{3.060 * 10^{-8}} * 0,11 + \frac{118,87}{0,00395} = 11,92 \text{ MPa}$$
$$< 275 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{yB7} = \frac{V_y}{A_{alma}} = \frac{1.522,24}{0,00142} = 1,07 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa}$$

- Barra 9:

$$\sigma_{xxB9} = \frac{M_z}{I_z} * y_{max} + \frac{N}{A} = \frac{255,62}{162 * 10^{-8}} * 0,049 + \frac{1.539,89}{0,00395} = 8,1 \text{ MPa}$$
$$< 275 \text{ MPa}$$

- Barra 2:

$$\sigma_{xxB9} = \frac{M_z}{I_z} * y_{max} + \frac{N}{A} = \frac{107,22}{162 * 10^{-8}} * 0,049 + \frac{4684,01}{0,00395} = 4,43 \text{ MPa}$$
$$< 275 \text{ MPa}$$

15.2 Cálculo de la parte trasera

Las fuerzas que intervienen en la parte trasera son:

- El cortante V en forma de fuerza nodal F_{y1} y F_{y2} de valor igual a 1522,08 N
- El cortante V en forma de fuerza nodal F_{y3} y F_{y4} de valor igual a 17,6 N

Quedando así:

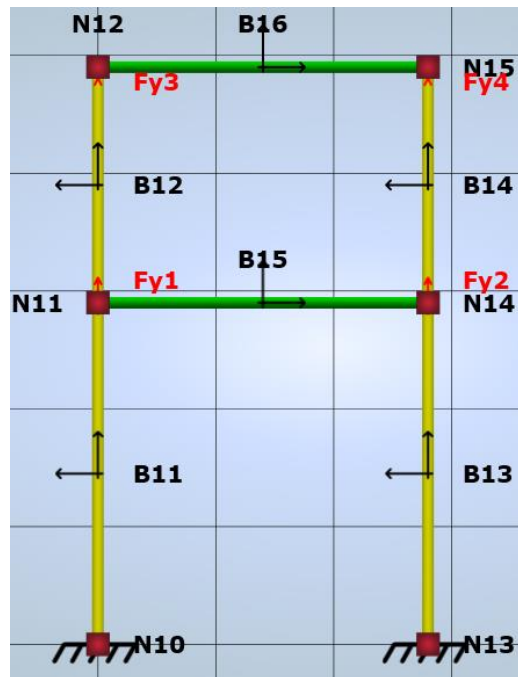


figura 32: Parte trasera de la estructura del Ingenio

En este caso únicamente existe esfuerzo axial de valor máximo igual a 1.539,73 N, el cual se usará para el cálculo de tensiones. Los desplazamientos también son nulos.

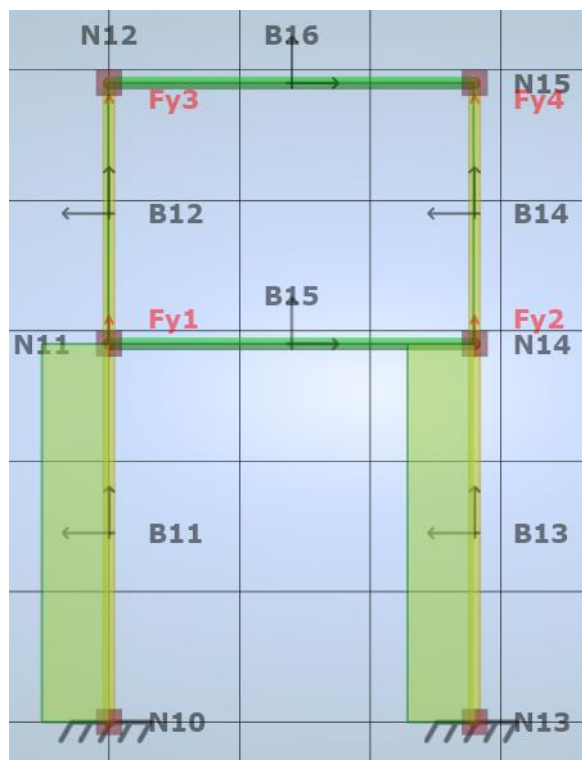


figura 33: Esfuerzos axiales en la parte trasera



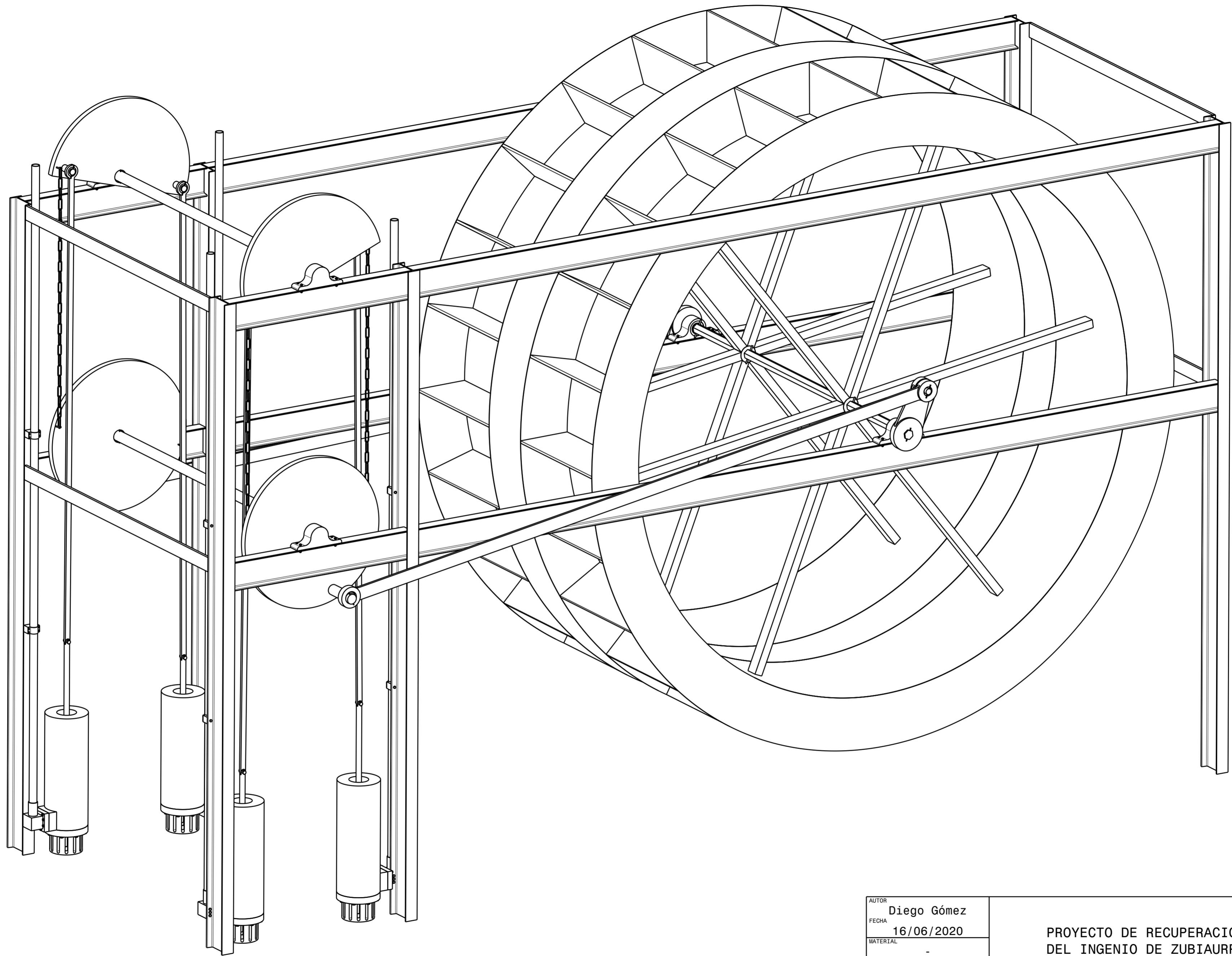
Calculando la tensión de la barra 11:

$$\sigma_{xxB7} = \frac{N}{A} = \frac{1539,73}{0,00395} = 0,389 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa}$$

III. PLANOS

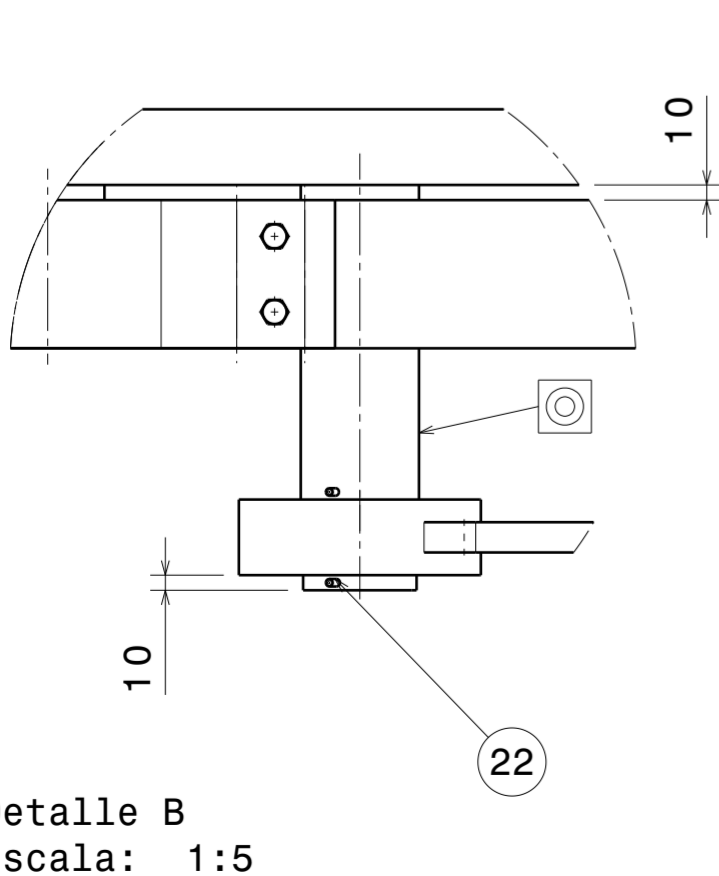
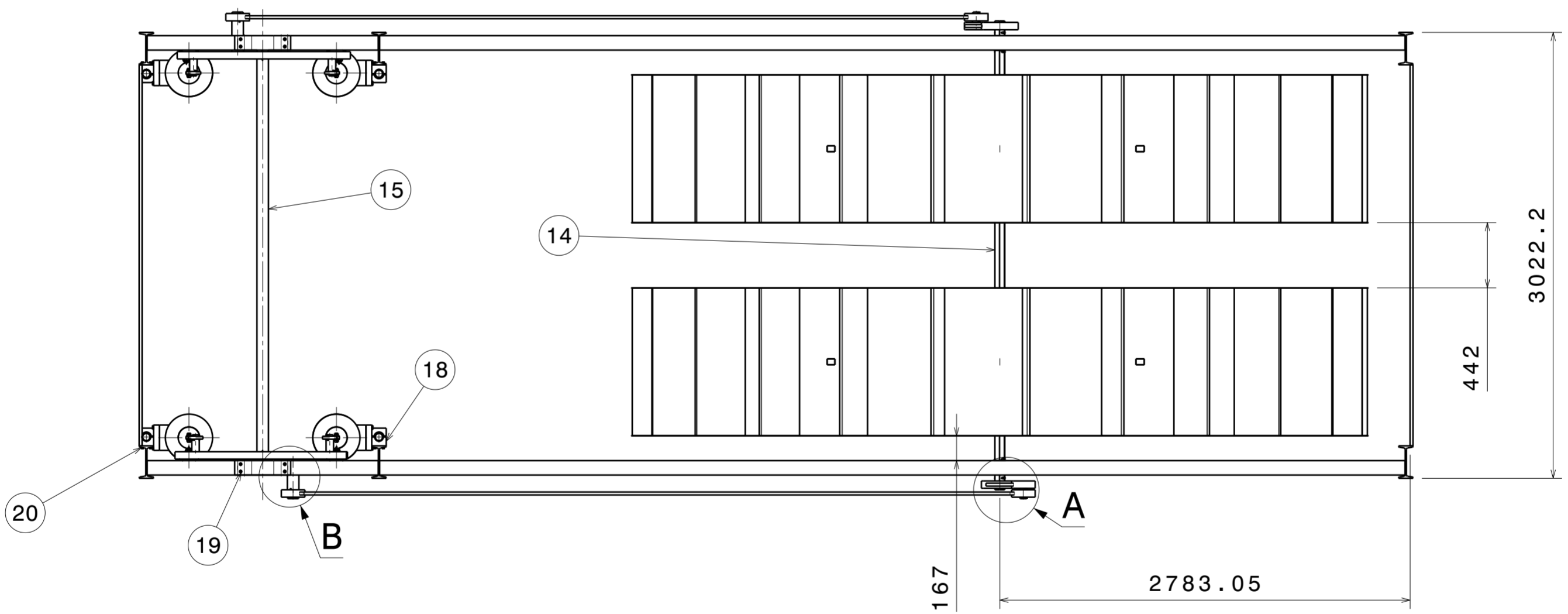
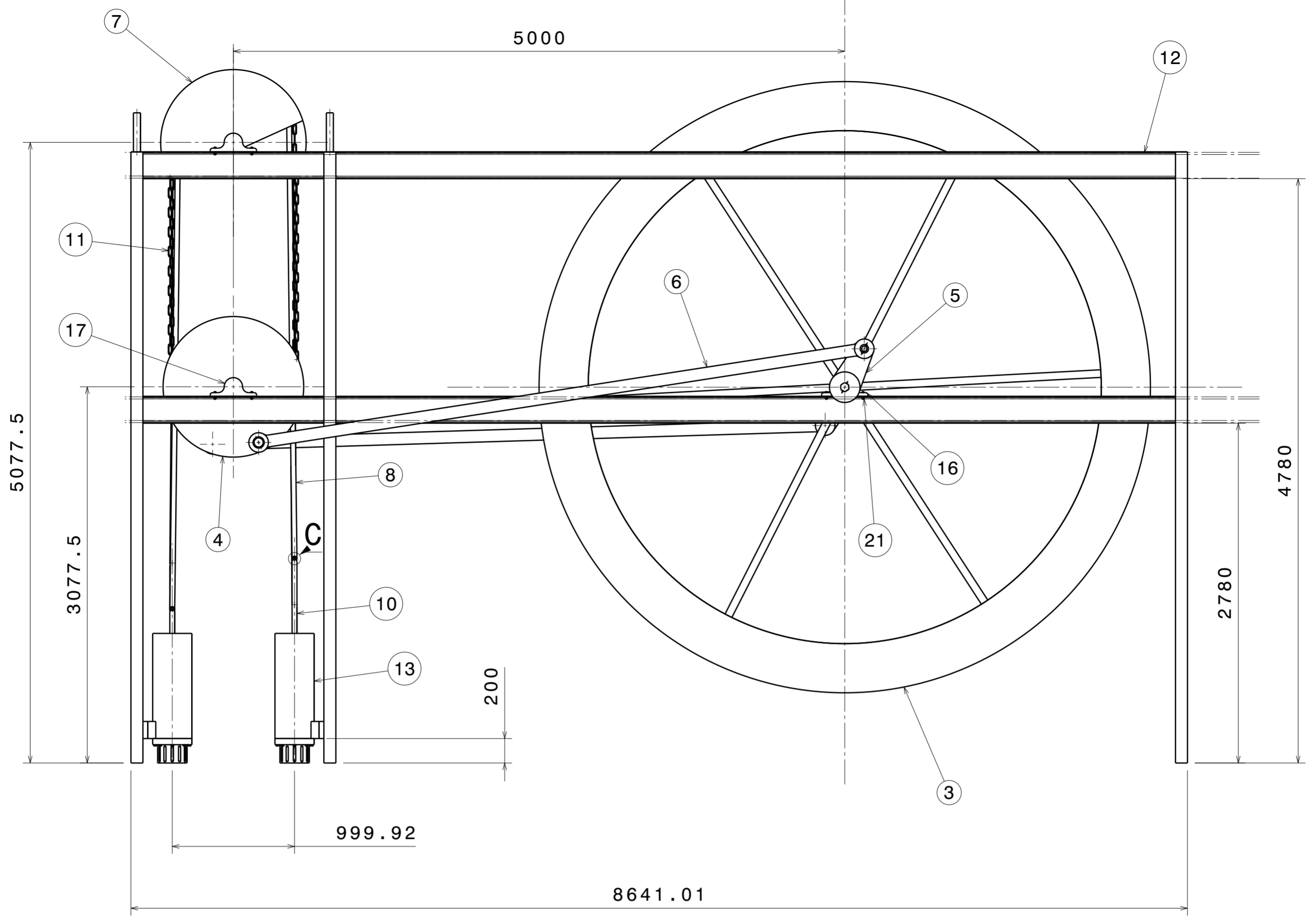
ÍNDICE

- Plano 1: Plano General
- Plano 2: Conjunto Máquina
- Plano 3: Conjunto Rueda Hidráulica
 - Plano 3.1: Pala
 - Plano 3.2: Buje
 - Plano 3.3: Cara Lateral
 - Plano 3.4: Llanta
 - Plano 3.5: Radio
- Plano 4: Balancín
- Plano 5: Manivela
- Plano 6: Biela
- Plano 7: Luneto
- Plano 8: Baquetón
- Plano 9: Bulón Pistón-Baquetón
- Plano 10: Pistón y Segmento
- Plano 11: Cadena
- Plano 12: Componentes Estructura
- Plano 13: Conjunto Bomba
 - Plano 13.1 A: Cuerpo Bomba
 - Plano 13.1 B: Simetría Cuerpo Bomba
 - Plano 13.2 A: Acople Bomba-Pilar
 - Plano 13.2 B: Simetría Acople Bomba-Pilar
 - Plano 13.3: Alcachofa
 - Plano 13.4: Conjunto Válvula de Aspiración
 - Plano 13.5: Conjunto Válvula de Impulsión
- Plano 14: Eje Rueda Hidráulica
- Plano 15: Eje Balancines y Lunetos
- Plano 16: Acople Eje Rueda Hidráulica
- Plano 17: Acople Eje Balancines
- Plano 18: Soporte Tubería
- Plano 19: Planta Edificio

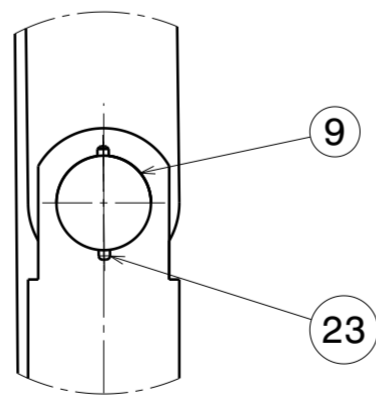


AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE	I	-
FECHA 16/06/2020			H	-
MATERIAL -			G	-
TAMANO A2		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	F	-
ESCALA 1:20			E	-
PESO (kg) -			D	-
NOMBRE DEL PLANO PLANO GENERAL		C	-	
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK		B	-	
		A	-	

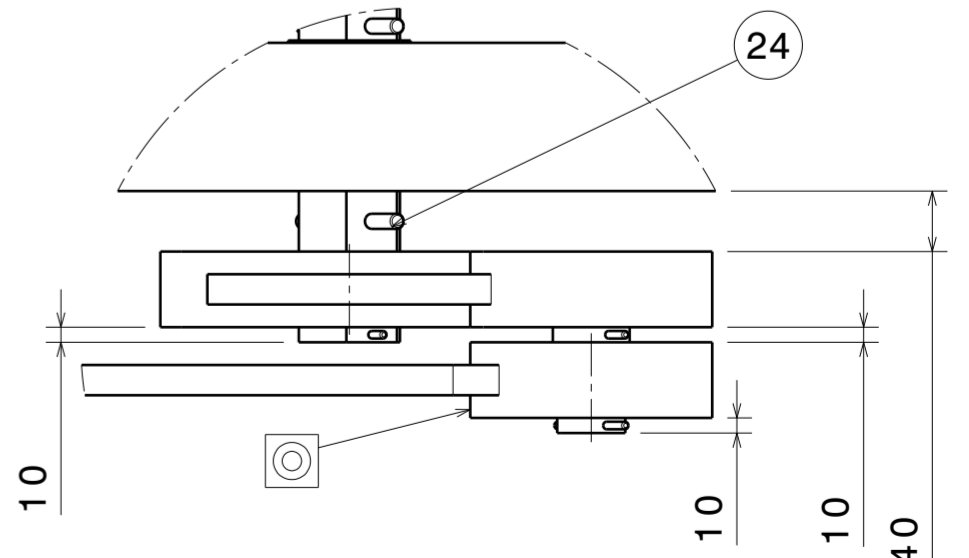
AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		
FECHA 15/06/2020				
MATERIAL -				
TAMAÑO A4	ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES			
ESCALA -	PESO -	NOMBRE DEL PLANO LISTA DE MATERIALES CONJUNTO MÁQUINA	PLANO 2	
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK				
Nº PIEZAS	DENOMINACIÓN	MARCA	REFERENCIA	MATERIAL
2	CONJUNTO RUEDA HIDRÁULICA	3		ALUMINIO 2024 T3
2	BALANCÍN	4		ALUMINIO 2024 T3
2	MANIVELA	5		ALUMINIO 2024 T3
2	BIELA	6		ALUMINIO 2024 T3
2	LUNETO	7		ALUMINIO 2024 T3
4	BAQUETÓN	8		ALUMINIO 2024 T3
4	BULÓN PISTÓN-BAQUETÓN	9		ACERO AISI 1050 CD
4	PISTÓN	10		ALUMINIO 2024 T3
4	SEGMENTO	10		CAUCHO
4	CADENA	11		ACERO AISI 430
1	COMPONENTES ESTRUCTURA	12		ACERO S275
4	CONJUNTO BOMBA	13		ALUMINIO 2024 T3
1	EJE RUEDA HIDRÁULICA	14		ACERO AISI 1050 CD
2	EJE BALANCINES Y LUNETOS	15		ACERO AISI 1050 CD
2	ACOPLE EJE RUEDA	16		ACERO E295
4	ACOPLE EJE BALANCINES	17		ACERO E295
8	SOPORTE TUBERÍA	18		ACERO E295
24	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL M10x55, DIN 558	19	ISO 4017	ACERO 8.8
40	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL M10x45, DIN558	20	ISO 4017	ACERO 8.8
24	TUERCA HEXAGONAL M10, DIN934	21	ISO 4032	ACERO 8.8
26	PASADOR CILÍNDRICO 5x100, h6	22	DIN 6325	ACERO 8.8
8	PASADOR CILINDRICO 3x30, h6	23	DIN 6325	ACERO 8.8
8	PASADOR CILINDRICO 10x140, h6	24	DIN 6325	ACERO 8.8



Detalle B
Escala: 1:5



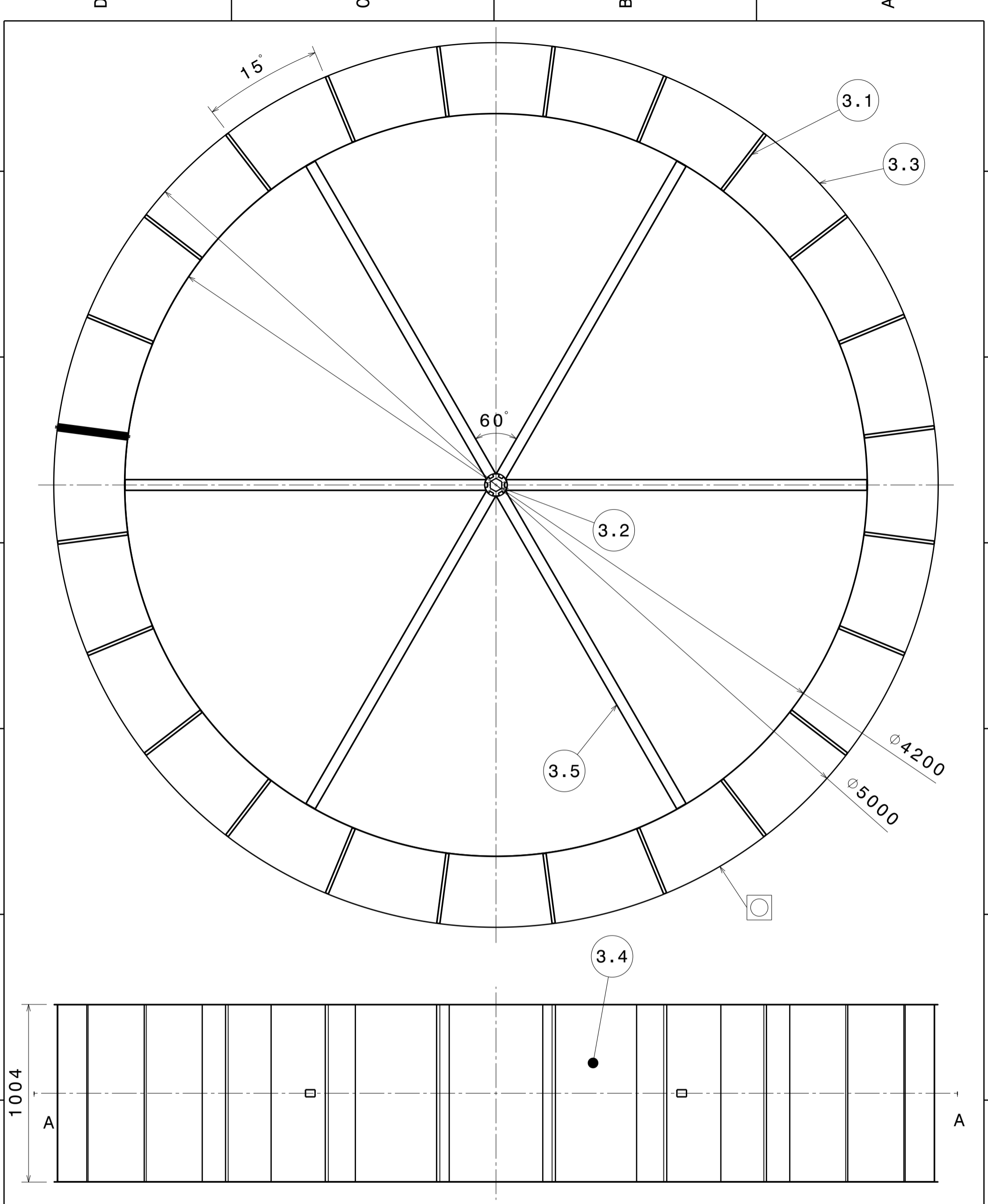
Detalle C
Escala: 1:2



Detalle A
Escala: 1:5

AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE	I	-
FECHA 15/06/2020			H	-
MATERIAL -			G	-
TAMANO A2		ESCUOLA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	F	-
ESCALA 1:30			E	-
PESO (kg) -	NOMBRE DEL PLANO CONJUNTO MÁQUINA	D	-	
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK		C	-	
		B	-	
		A	-	

AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		
FECHA 15/06/2020				
MATERIAL -				
TAMAÑO A4		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
ESCALA -	PESO -	NOMBRE DEL PLANO LISTA DE MATERIALES CONJUNTO RUEDA HIDRÁULICA		PLANO 3
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK				
Nº PIEZAS	DENOMINACIÓN	MARCA	REFERENCIA	MATERIAL
24	PALA	3.1		ALUMINIO 2024 T3
1	BUJE	3.2		ALUMINIO 2024 T3
2	CARA LATERAL	3.3		ALUMINIO 2024 T3
1	LLANTA	3.4		ALUMINIO 2024 T3
6	RADIO	3.5		ALUMINIO 2024 T3



AUTOR	Diego Gómez	
FECHA	15/06/2020	
MATERIAL	ALUMINIO 2024 T3	
TAMANO	A3	
ESCALA	PESO (kg)	NOMBRE DEL PLANO
1:20	215,8	CONJUNTO RUEDA HIDRÁULICA

PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		I	-
		H	-
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		G	-
		F	-
NOMBRE DEL PLANO		E	-
		D	-
PLANO		C	-
		B	-
3		A	-

TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK

D C B A

8 7 6 5 4 3 2 1

8 7 6 5 4 3 2 1

1004

1004

A A

15°

60°

3.1

3.3

3.2

3.5

3.4

∅4200

∅5000

1:20

215,8

CONJUNTO RUEDA HIDRÁULICA

3

D A

D

C

B

A

4

4

3

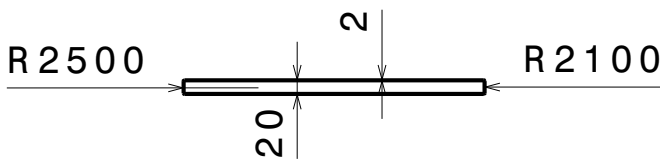
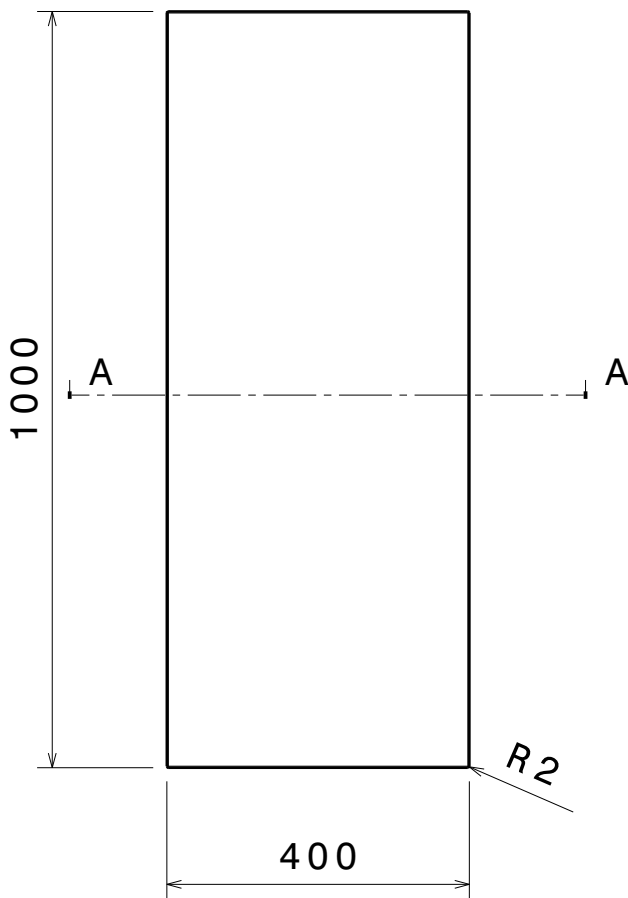
3

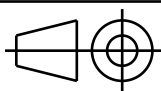
2

2

1

1



AUTOR Diego		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		I	-
FECHA 15/06/2020				H	-
MATERIAL ALUMINIO 2024 T3				G	-
TAMANO A4				F	-
ESCALA 1:10		PESO (kg) 4,57		E	-
NOMBRE DEL PLANO PALA		PLANO 3.1		D	-
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK				C	-
				B	-
				A	-

D

A

D

C

B

A

4

4

3

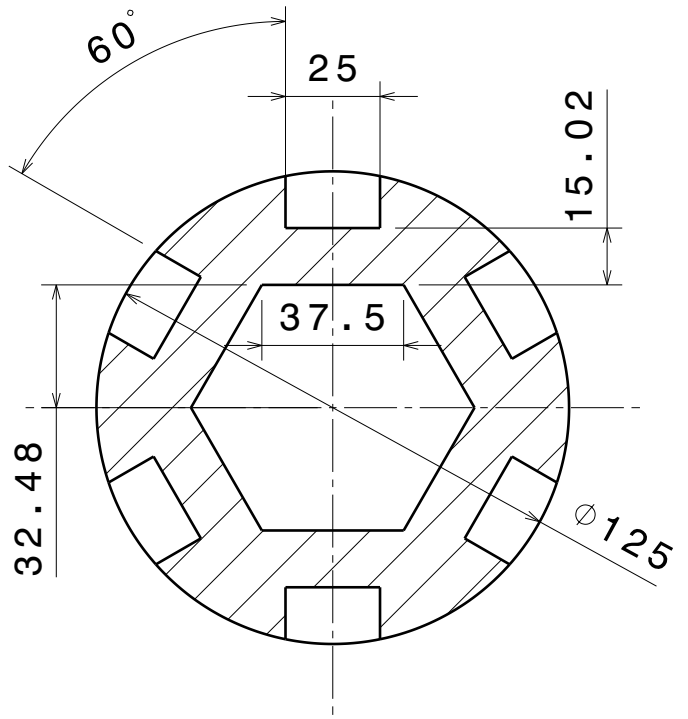
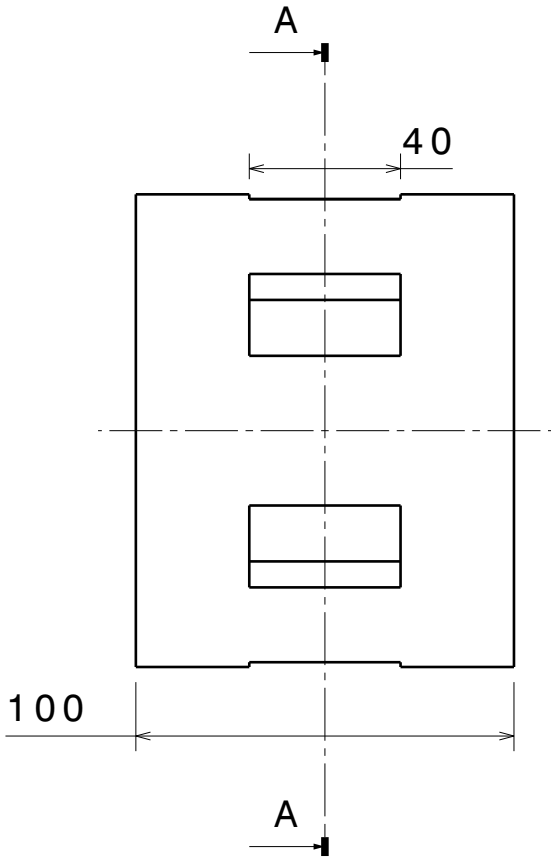
3

2

2

1

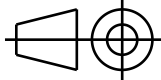
1



AUTOR
Diego Gómez
FECHA
15/06/2020

MATERIAL
**ALUMINIO
2024 T3**

TAMANO
A4



ESCALA
1:2

PESO (kg)
2,1

**PROYECTO DE RECUPERACION
DEL INGENIO DE ZUBIAURRE**

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

NOMBRE DEL PLANO
BUJE

PLANO
3.2

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK

D

A

D

C

B

A

4

4

3

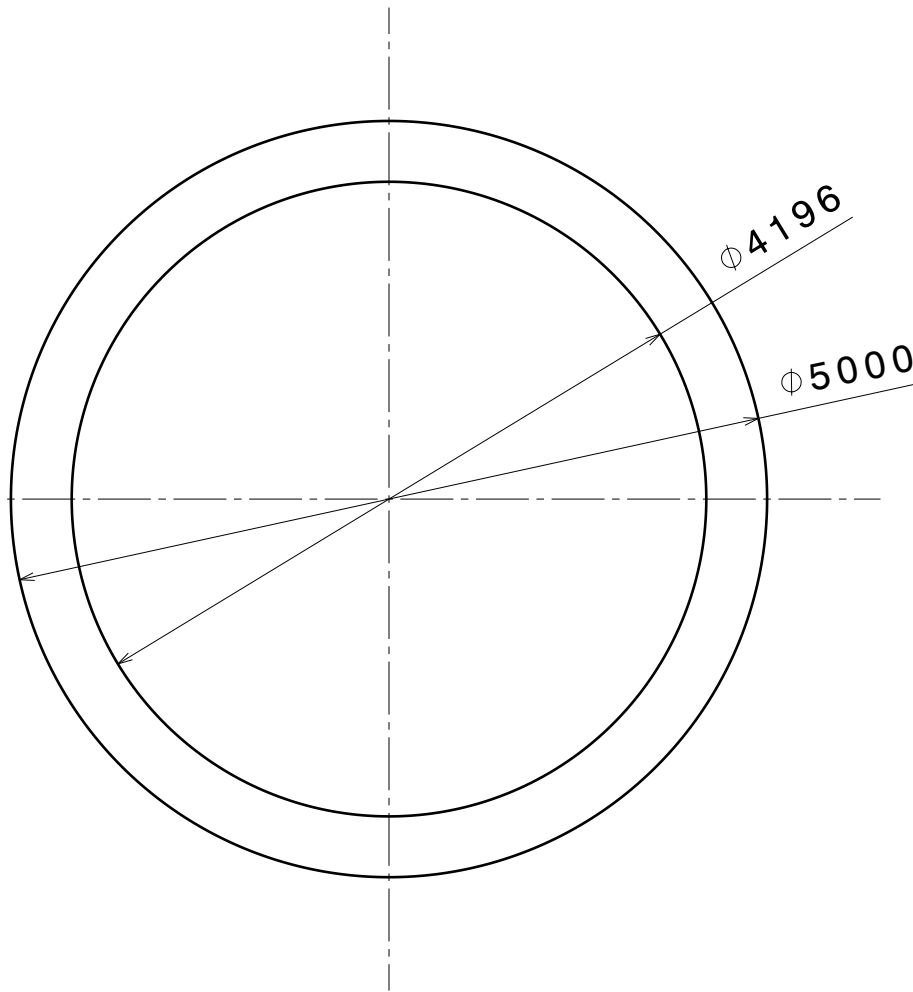
3

2

2

1

1



AUTOR

Diego

FECHA

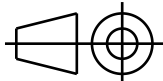
15/06/2020

MATERIAL

ALUMINIO
2024 T3

TAMANO

A4



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

ESCALA

1:50

PESO (kg)

31,47

NOMBRE DEL PLANO

CARA LATERAL

PLANO

3.3

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK

D

A

D

C

B

A

4

4

3

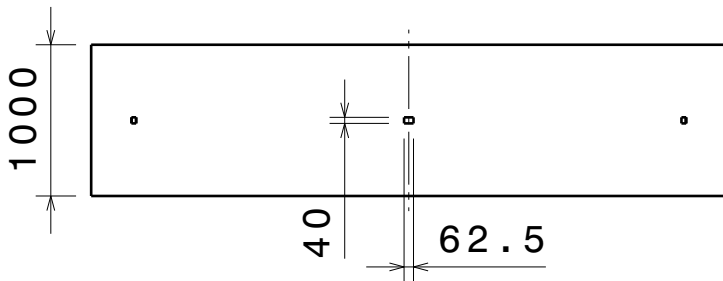
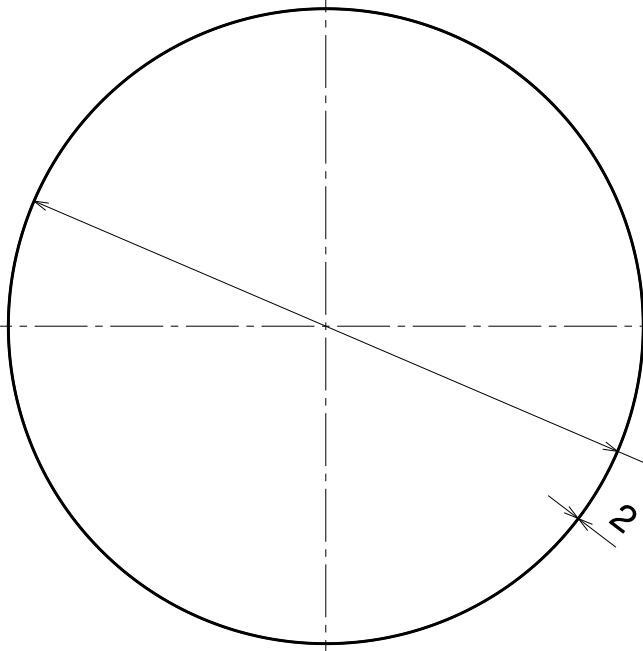
3

2

2

1

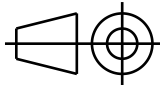
1



AUTOR
Diego Gómez
FECHA
15/06/2020

MATERIAL
**ALUMINIO
2024 T3**

TAMANO
A4



ESCALA
1:50

PESO (kg)
71,4

**PROYECTO DE RECUPERACION
DEL INGENIO DE ZUBIAURRE**

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

LLANTA

PLANO
3.4

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK

D

A

H G F E D C B A

4

4

3

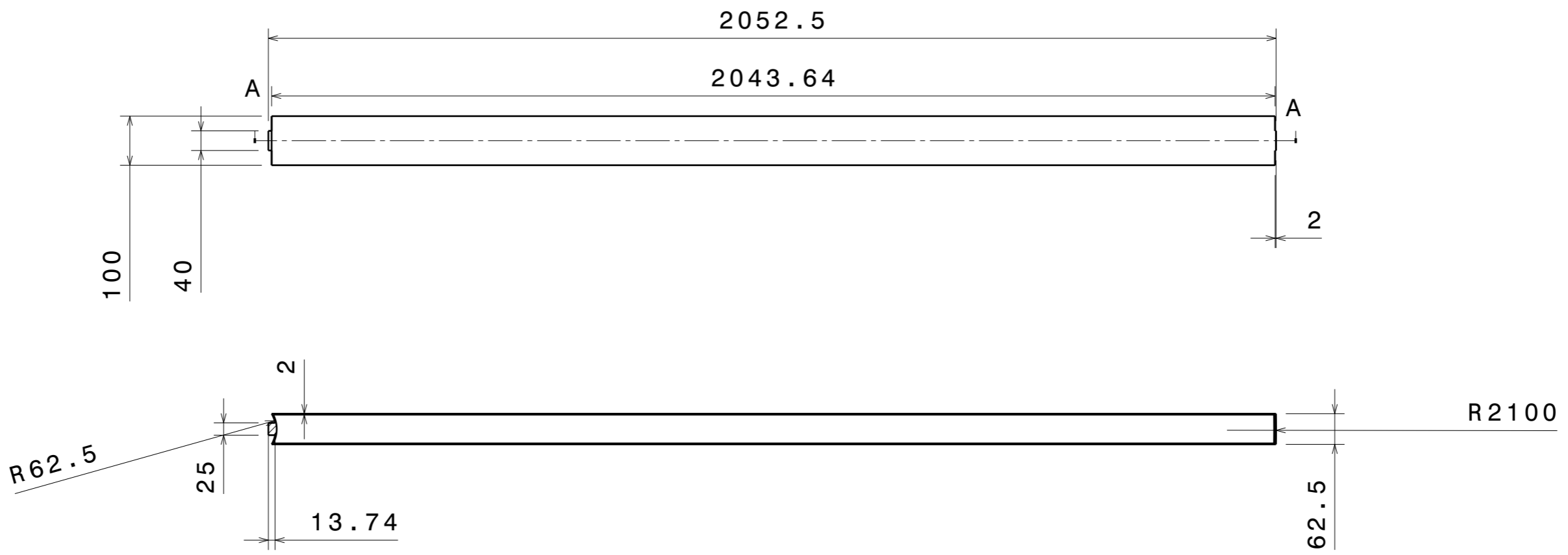
3

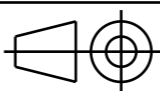
2

2

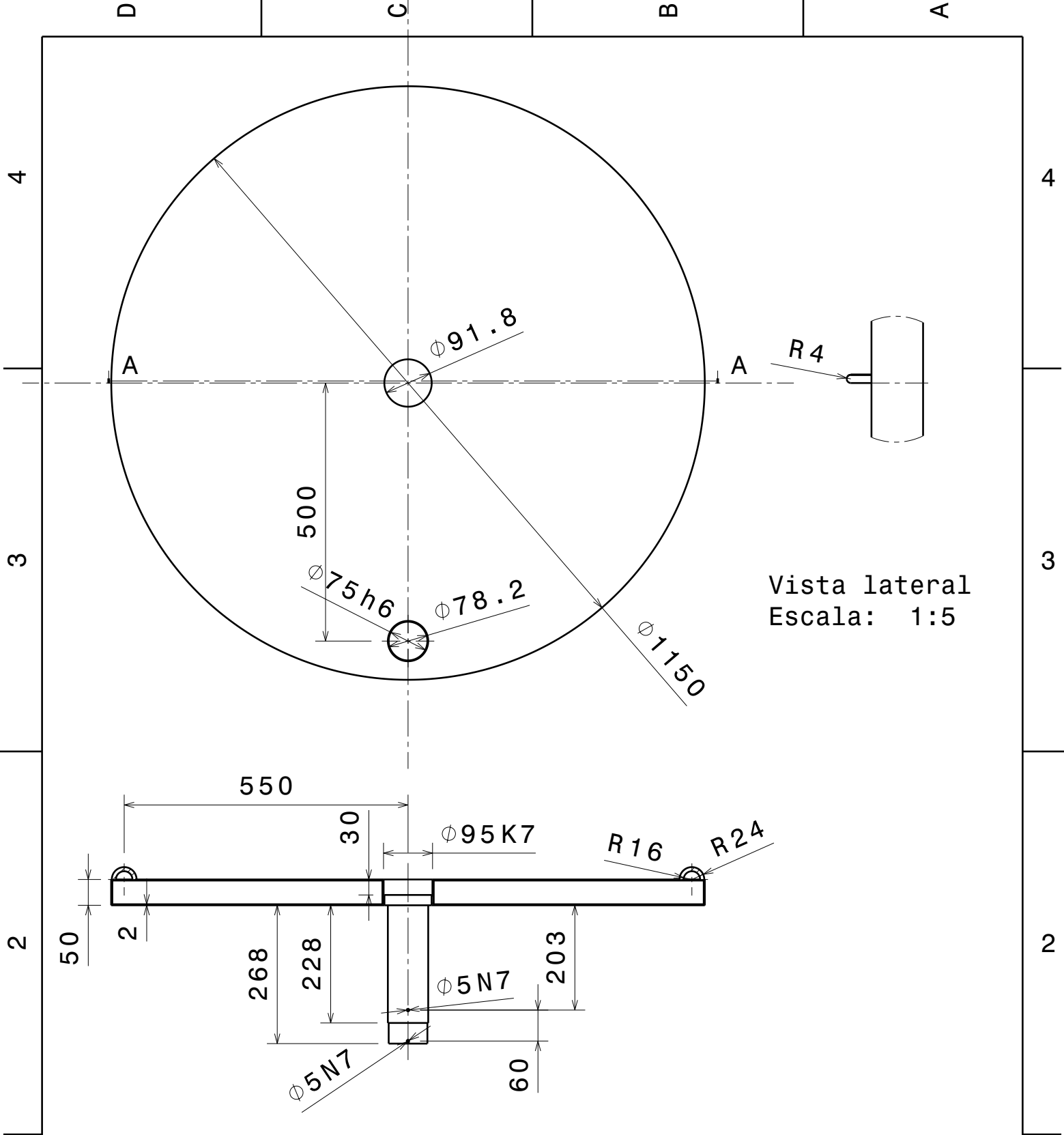
1

1

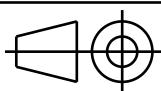


AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		I	-
FECHA 15/06/2020				H	-
MATERIAL ALUMINIO 2024 T3		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		G	-
TAMANO A3				E	-
ESCALA 1:10	PESO (kg) 3,61	NOMBRE DEL PLANO RADIO		D	-
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK		PLANO 3.5		C	-
				B	-
				A	-

H G B A

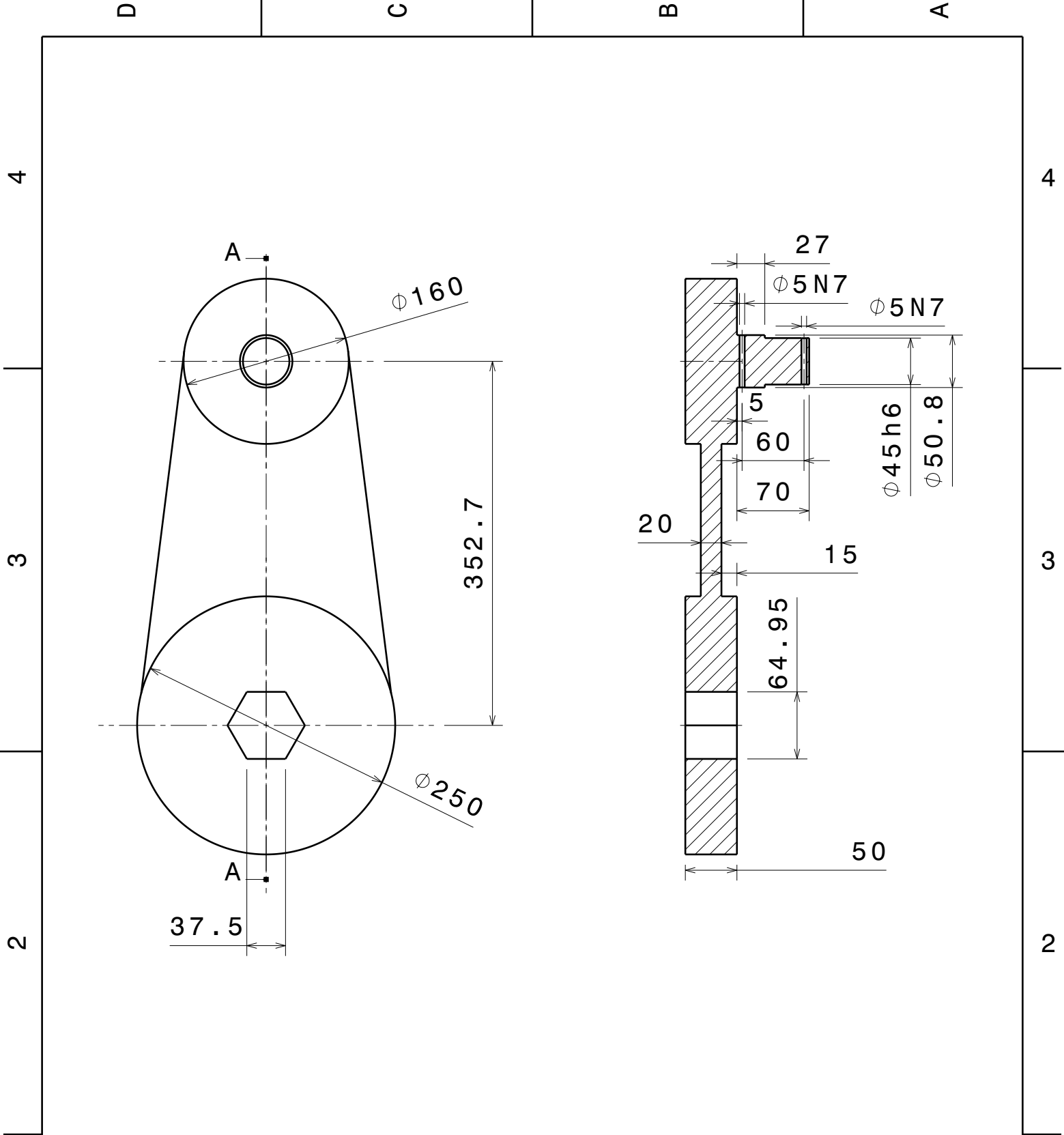


Vista lateral
Escala: 1:5

AUTOR Diego Gómez		<p align="center">PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE</p>		I	-
FECHA 15/06/2020				H	-
MATERIAL ALUMINIO 2024 T3				G	-
TAMANO A4		<p align="center">ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES</p>		F	-
				E	-
ESCALA 1:10	PESO (kg) 15,64	NOMBRE DEL PLANO BALANCÍN		D	-
		PLANO 4		C	-
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK				B	-
				A	-

D

A

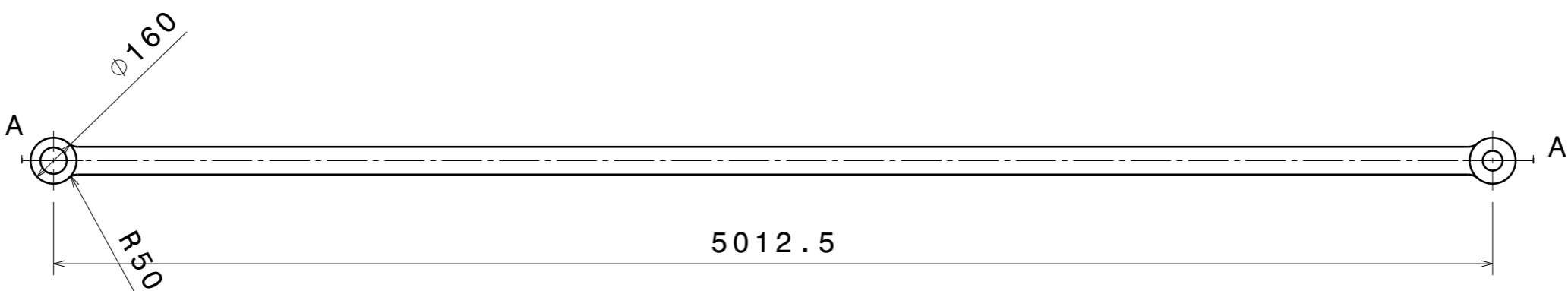


AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		I	-
FECHA 15/06/2020				H	-
MATERIAL ALUMINIO 2024 T3				G	-
TAMANO A4		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		F	-
ESCALA 1:5				PESO (kg) 11,27	NOMBRE DEL PLANO MANIVELA
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK				D	-
				C	-
				B	-
				A	-

H G F E D C B A

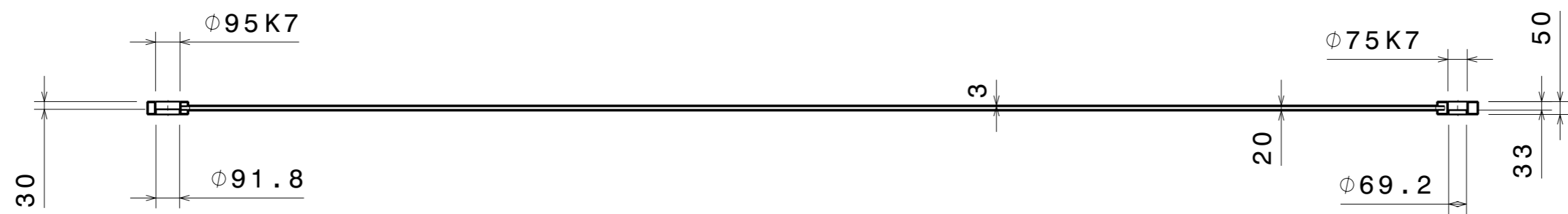
4

4



3

3



2

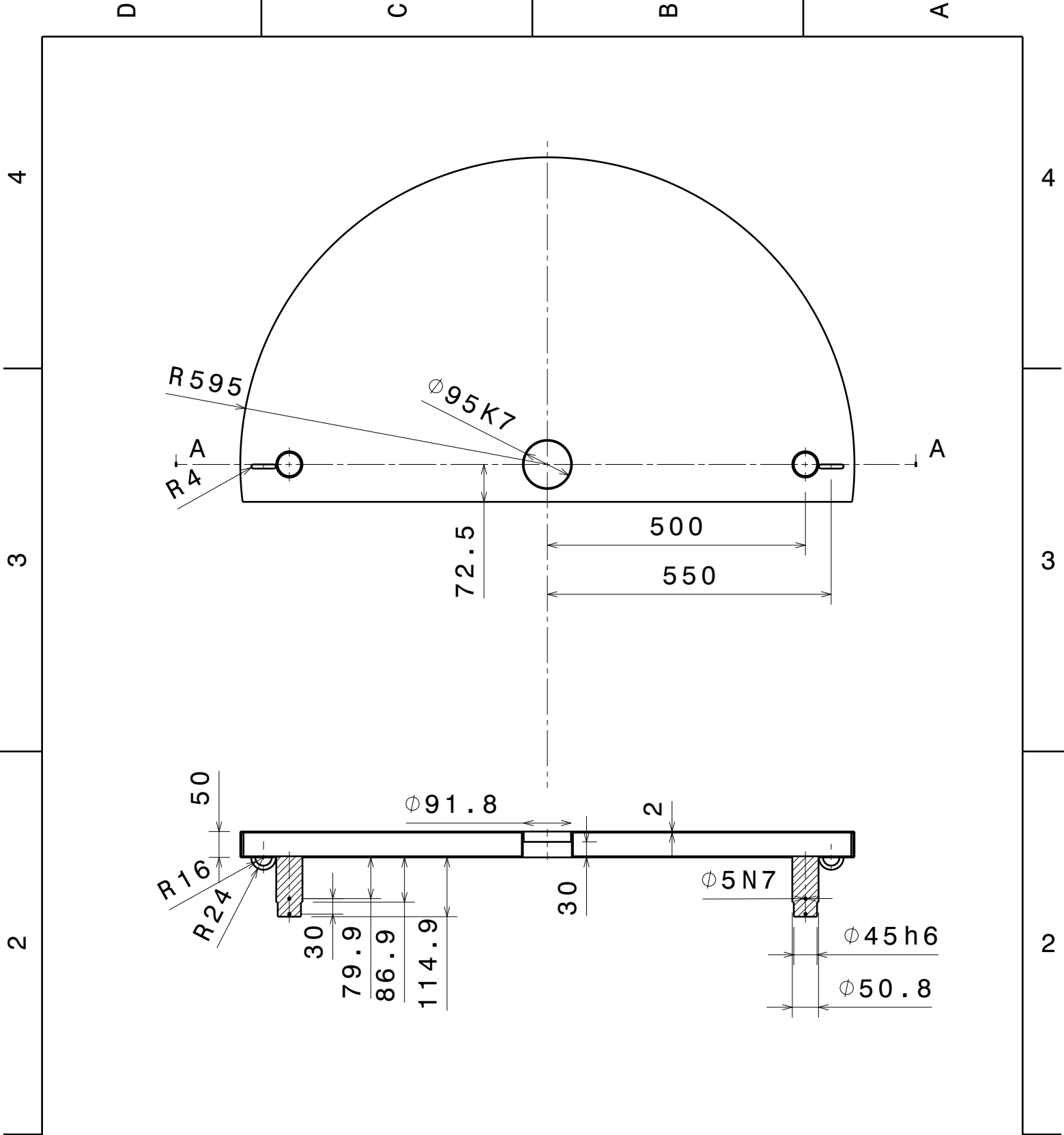
2

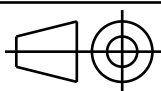
1

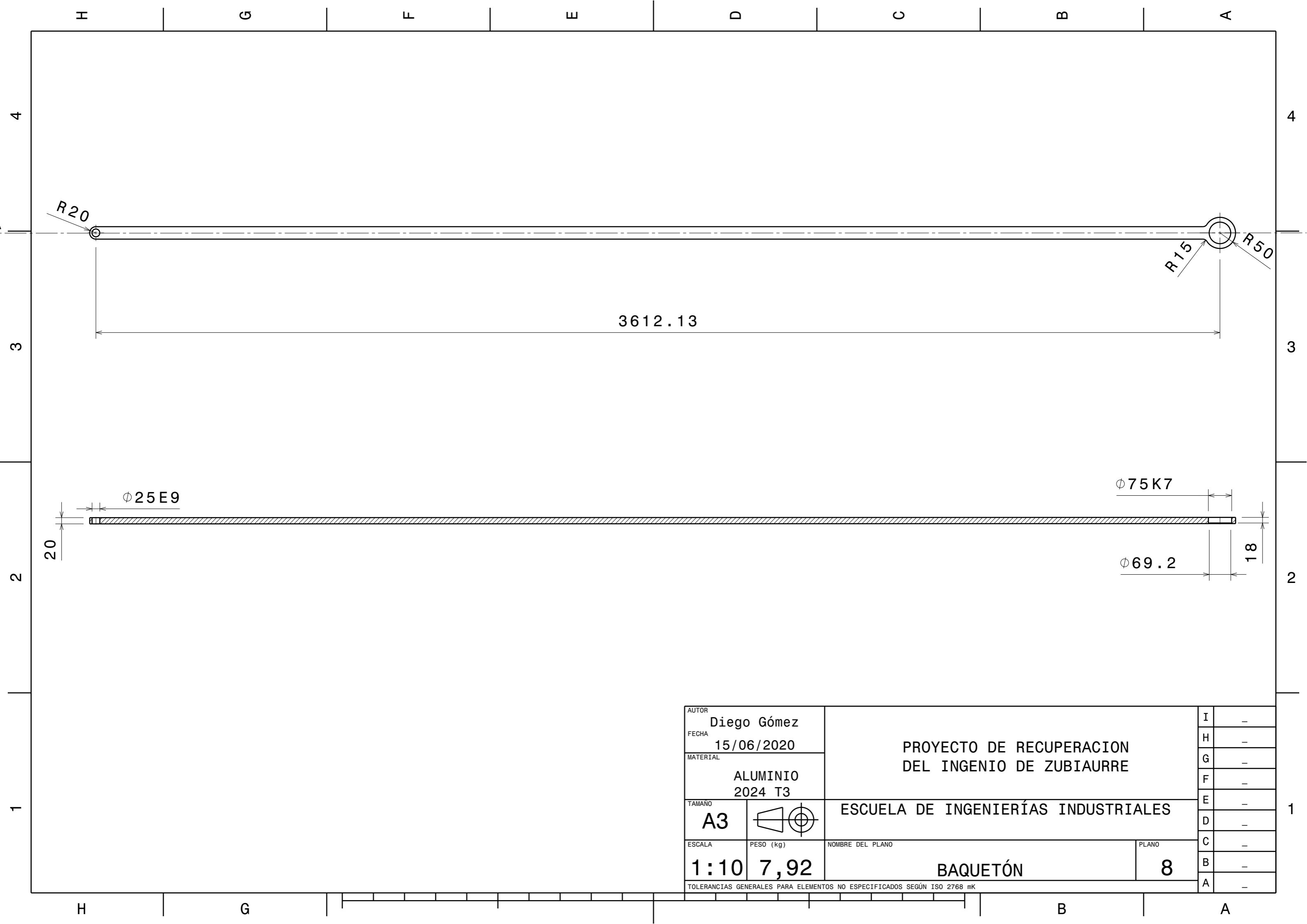
1

AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		I	-
FECHA 15/06/2020				H	-
MATERIAL ALUMINIO 2024 T3				G	-
TAMANO A3		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		F	-
ESCALA 1:20				E	-
PESO (kg) 9,81		BIELA		D	-
NOMBRE DEL PLANO 6				C	-
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK		6		B	-
				A	-

H G B A



AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE	I	-
FECHA 15/06/2020			H	-
MATERIAL ALUMINIO 2024 T3			G	-
TAMANO A4		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	F	-
			E	-
ESCALA 1:10	PESO (kg) 8,98	LUNETO	D	-
NOMBRE DEL PLANO			C	-
PLANO 7		B	-	
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK		A	-	



3612.13

Ø25 E9

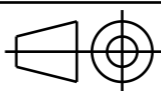
Ø75 K7

Ø69.2

R20

R15

R50

AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		I	-
FECHA 15/06/2020				H	-
MATERIAL ALUMINIO 2024 T3				G	-
TAMANO A3		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		E	-
ESCALA 1:10				PESO (kg) 7,92	C
		BAQUETÓN		B	-
				8	
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK					

D

C

B

A

4

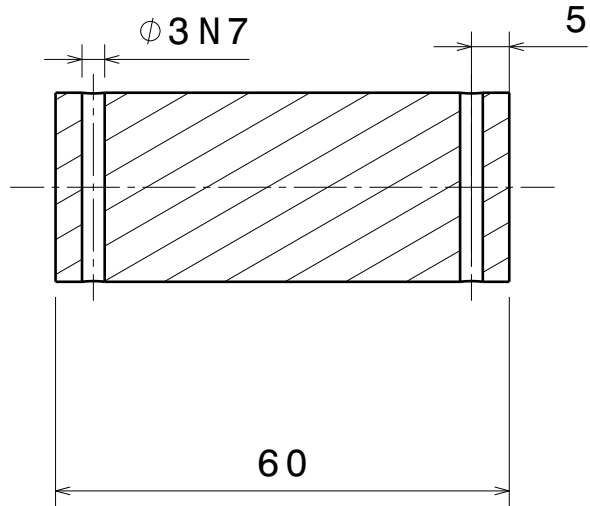
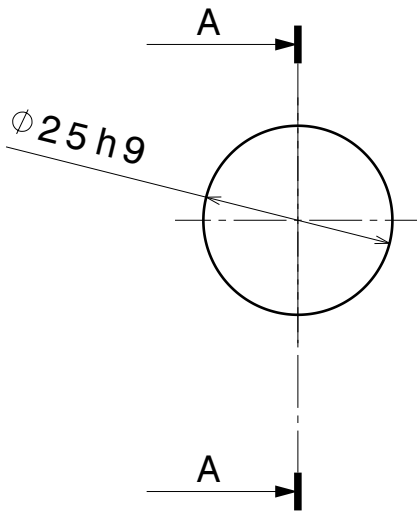
4

3

3

2

2



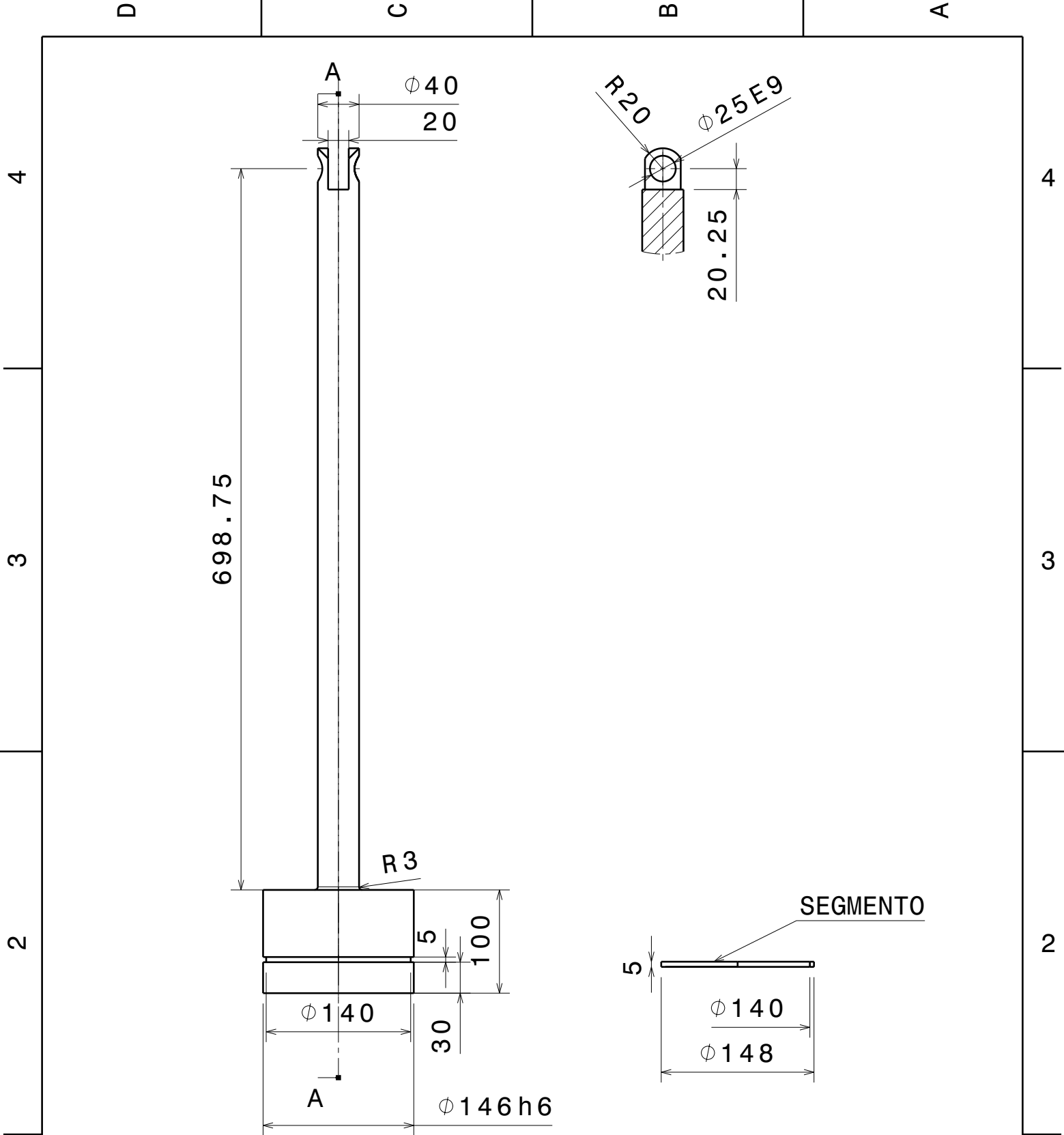
1

1

AUTOR Diego		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		I	-
FECHA 15/06/2020				H	-
MATERIAL ACERO AISI 1050 CD		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		G	-
TAMANO A4				E	-
ESCALA 1:1		NOMBRE DEL PLANO BULÓN PISTÓN-BAQUETÓN		D	-
PESO (kg) 0,23		PLANO 9		C	-
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK				B	-
				A	-

D

A



AUTOR Diego Gómez		<p style="text-align: center;">PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE</p>		I	-
FECHA 16/06/2020				H	-
MATERIAL ALUMINIO 2024 T3				G	-
TAMANO A4		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		F	-
ESCALA 1:5		NOMBRE DEL PLANO PISTÓN Y SEGMENTO		E	-
PESO (kg) 6,86		PLANO 10		D	-
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK				C	-
				B	-
				A	-

D

C

B

A

4

4

3

3

2

2

1980

60

R10

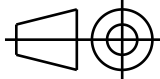
R15

AUTOR
Diego Gómez

FECHA
16/06/2020

MATERIAL
ACERO AISI 430

TAMANO
A4



ESCALA
1:2

PESO (kg)
0,77

**PROYECTO DE RECUPERACION
DEL INGENIO DE ZUBIAURRE**

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

NOMBRE DEL PLANO
CADENA

PLANO
11

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

1

TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK

D

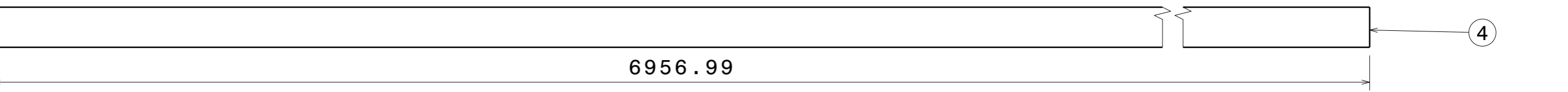
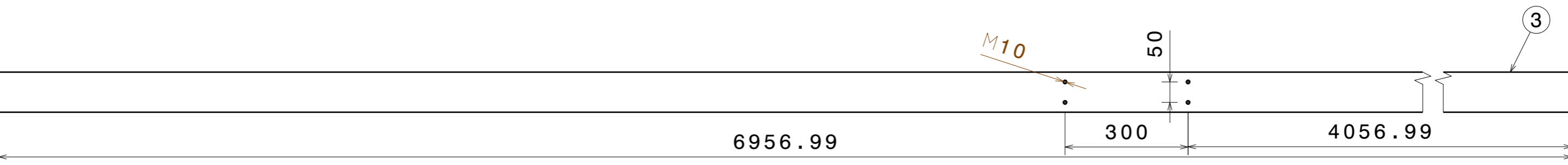
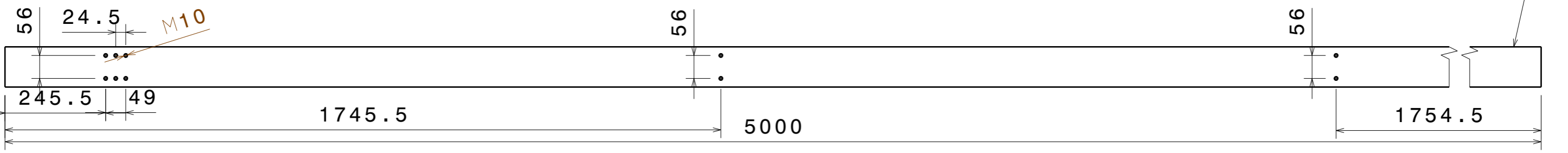
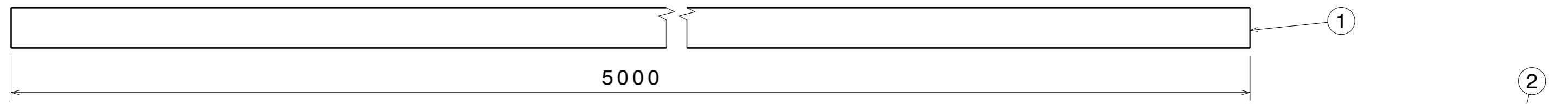
A

AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		
FECHA 15/06/2020				
MATERIAL -				
TAMAÑO A4		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
ESCALA -	PESO -	NOMBRE DEL PLANO LISTA DE MATERIALES COMPONENTES ESTRUCTURA		PLANO 12
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK				
Nº PIEZAS	DENOMINACIÓN	MARCA	REFERENCIA	MATERIAL
2	PILAR	1		ACERO S275
4	PILAR BOMBA	2		ACERO S275
2	VIGA INFERIOR	3		ACERO S275
2	VIGA SUPERIOR	4		ACERO S275
4	CORREA LATERAL	5		ACERO S275
4	VIGA MENOR	6		ACERO S275

H G F E D C B A

4

4



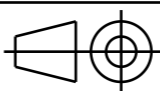
2

2

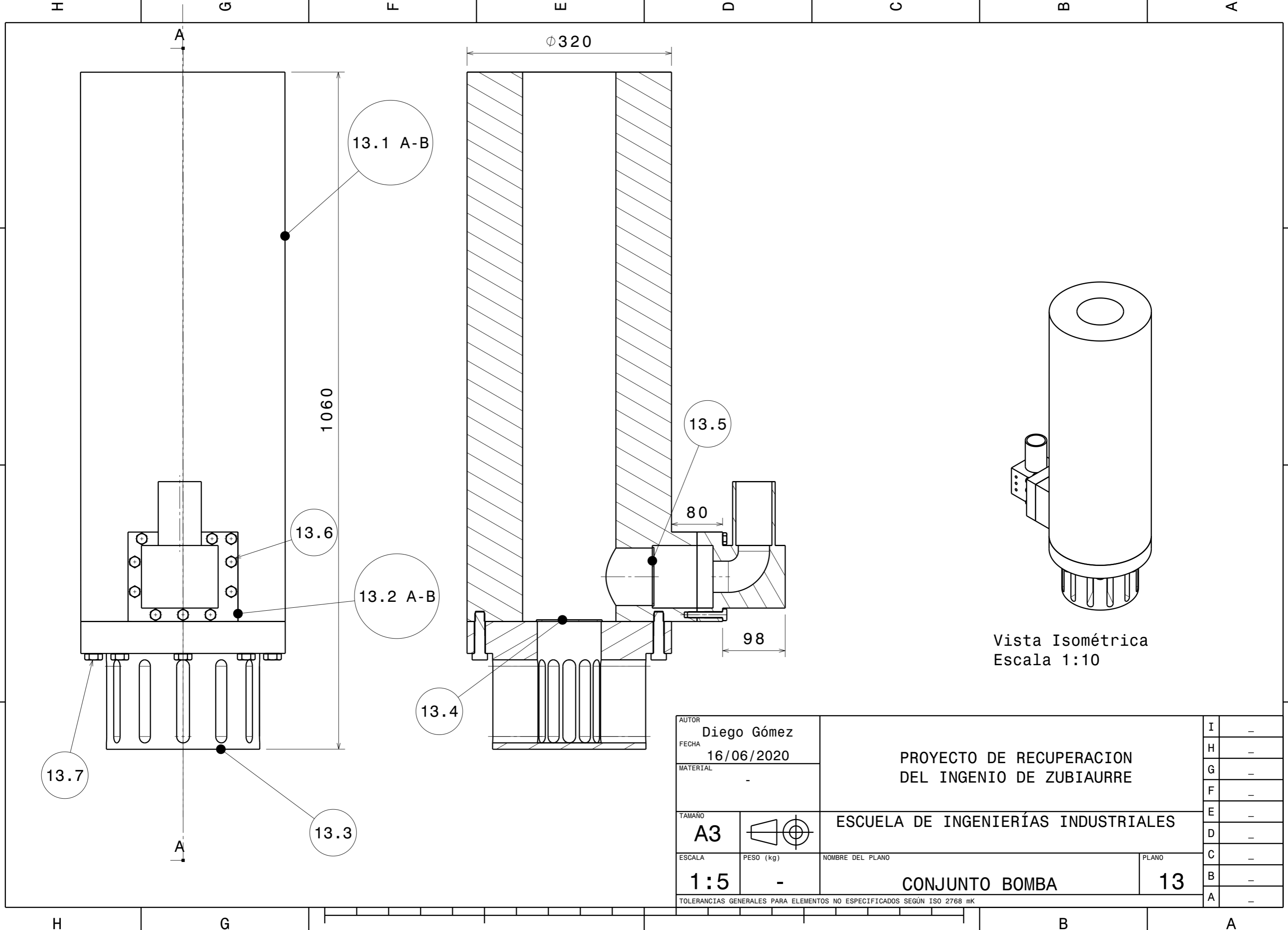
1

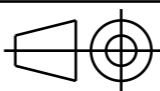
1

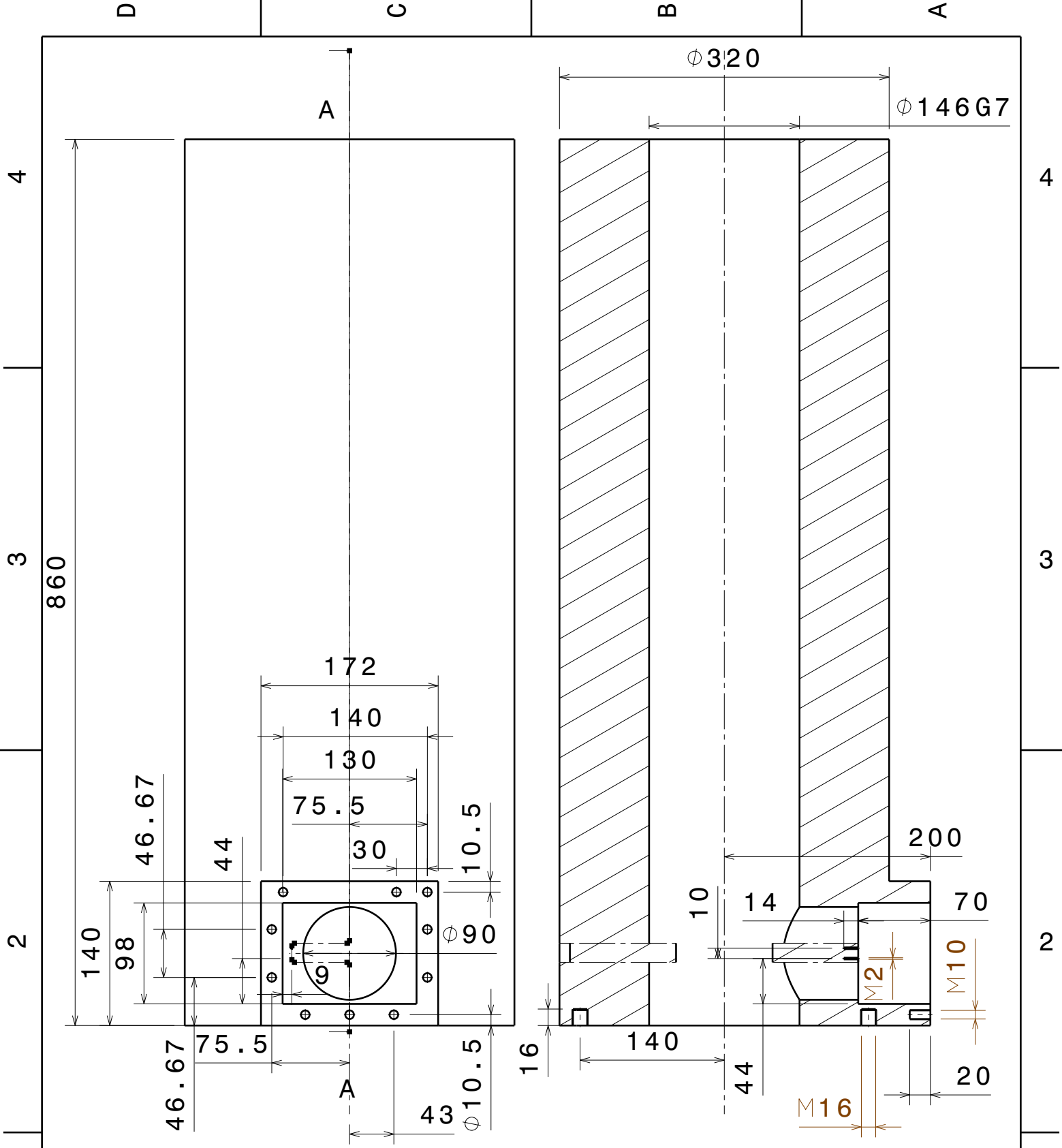
H G B A

AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		I	-
DATE: 16/06/2020				H	-
MATERIAL ACERO S275		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		G	-
TAMANO A3				E	-
ESCALA 1:10	PESO (kg) -			D	-
NOMBRE DEL PLANO COMPONENTES ESTRUCTURA		C	-	B	-
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK		PLANO 12		A	-

AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		
FECHA 15/06/2020				
MATERIAL -				
TAMAÑO A4		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
ESCALA -	PESO -	NOMBRE DEL PLANO LISTA DE MATERIALES CONJUNTO BOMBA	PLANO 13	
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK				
Nº PIEZAS	DENOMINACION	MARCA	REFERENCIA	MATERIAL
1	CUERPO BOMBA	13.1 A-B		ALUMINIO 2024 T3
1	ACOPLE BOMBA-PILAR	13.2 A-B		ALUMINIO 2024 T3
1	ALCACHOFA	13.3		ALUMINIO 2024 T3
1	VÁLVULA ASPIRACIÓN	13.4		ACERO AISI 430
1	VÁLVULA IMPULSIÓN	13.5		ACERO AISI 430
10	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL M10x55, DIN558	13.6	ISO 4017	ACERO 8.8
8	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL M16x65, DIN558	13.7	ISO 4017	ACERO 8.8

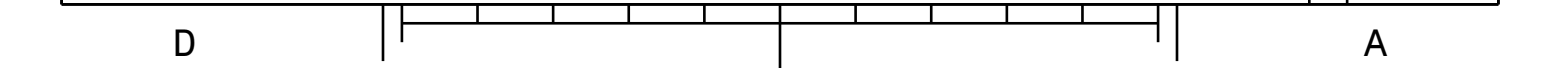


AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE	I	-
FECHA 16/06/2020			H	-
MATERIAL -		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	G	-
TAMANO A3			F	-
ESCALA 1:5	PESO (kg) -		E	-
NOMBRE DEL PLANO CONJUNTO BOMBA		PLANO 13	D	-
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK			C	-
			B	-
			A	-



AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		I	-
FECHA 16/06/2020				H	-
MATERIAL ALUMINIO 2024 T3		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		G	-
TAMANO A4				F	-
ESCALA 1:5		NOMBRE DEL PLANO CUERPO BOMBA		E	-
PESO (kg) 148				D	-
		PLANO 13.1 A		C	-
				B	-
				A	-

TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK



D

C

B

A

4

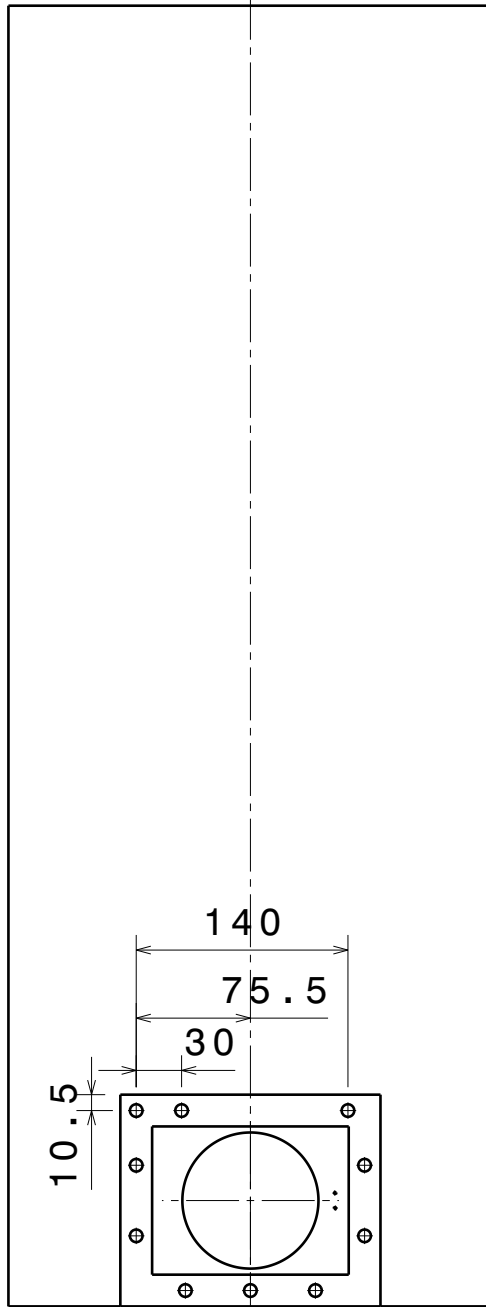
4

3

3

2

2



3

140

75.5

30

10.5

2

AUTOR

Diego Gómez

FECHA

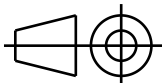
16/06/2020

MATERIAL

ALUMINIO
2024 T3

TAMANO

A4



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

ESCALA

1:5

PESO (kg)

148

NOMBRE DEL PLANO

SIMETRÍA CUERPO BOMBA

PLANO

13.1 B

I

-

H

-

G

-

F

-

E

-

D

-

C

-

B

-

A

-

1

TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK

D

A

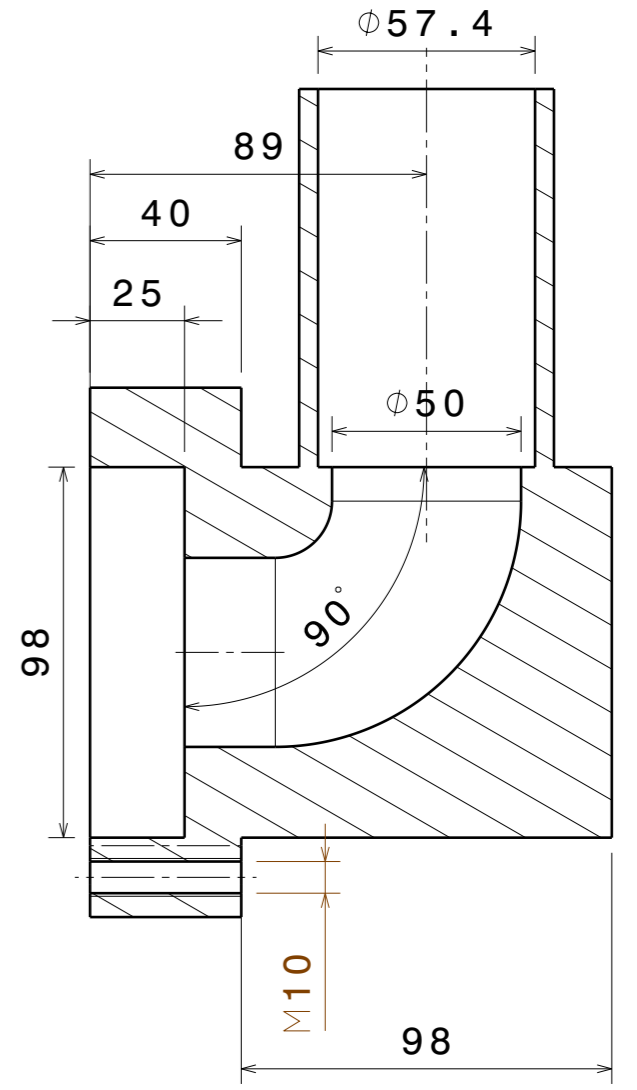
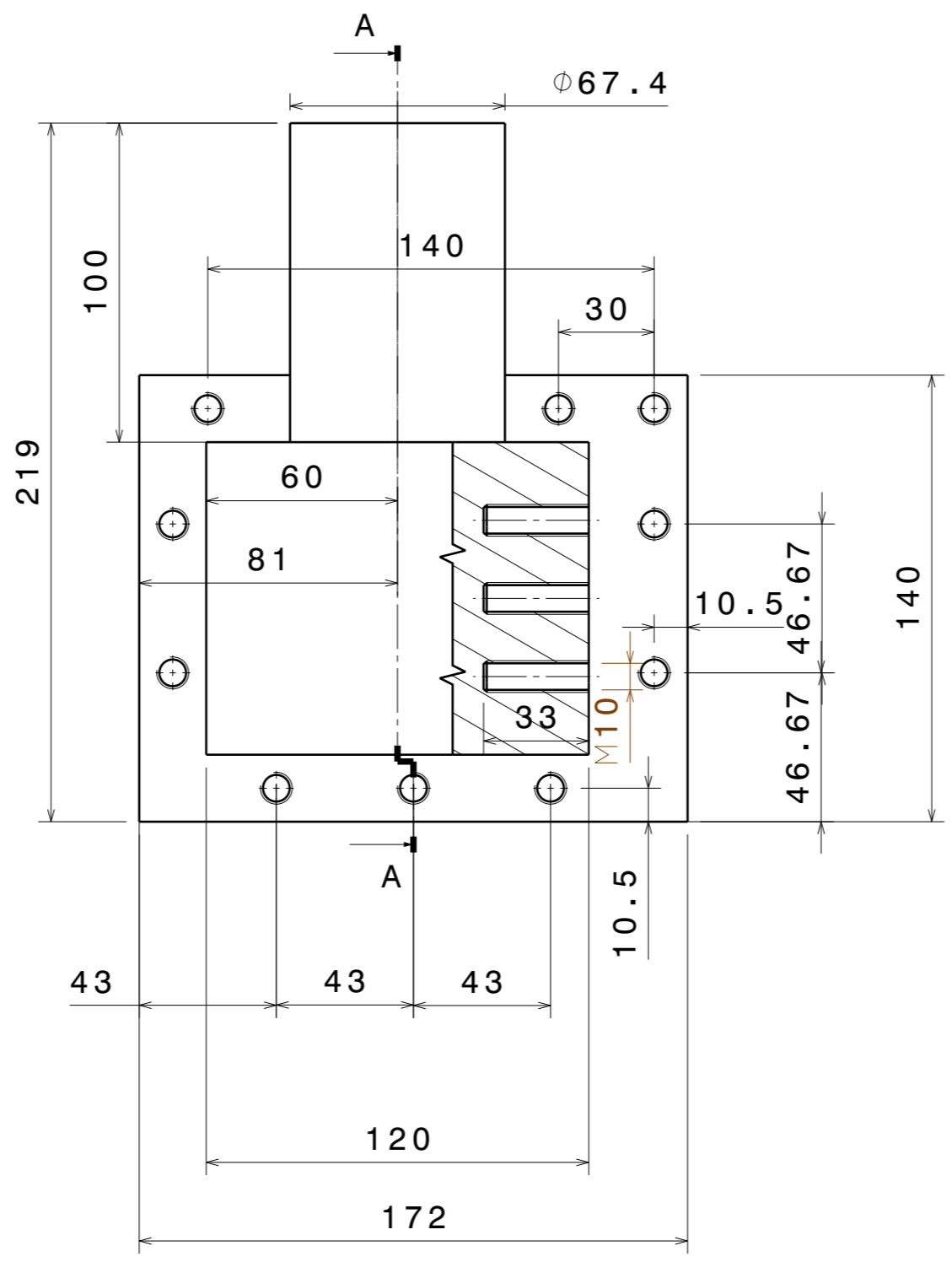
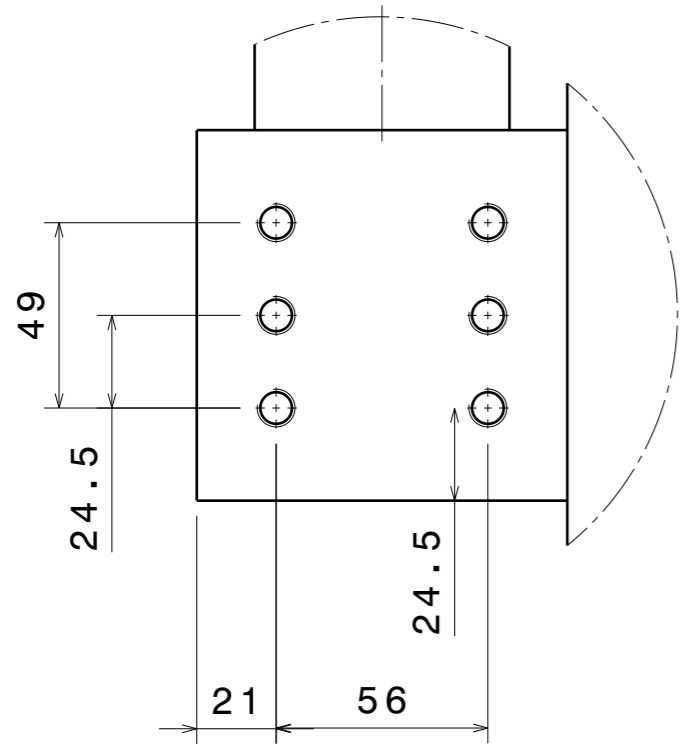
H G F E D C B A

4

3

2

1



4

3

2

1

H G F E D C B A

AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		I	-
DATE: 16/06/2020				H	-
MATERIAL ALUMINIO 2024 T3		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		G	-
TAMANO A3				E	-
ESCALA 1:2	PESO (kg) 4,54	NOMBRE DEL PLANO ACOPLE BOMBA-PILAR		D	-
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK		PLANO 13.2 A		C	-
				B	-
				A	-

D

C

B

A

4

4

3

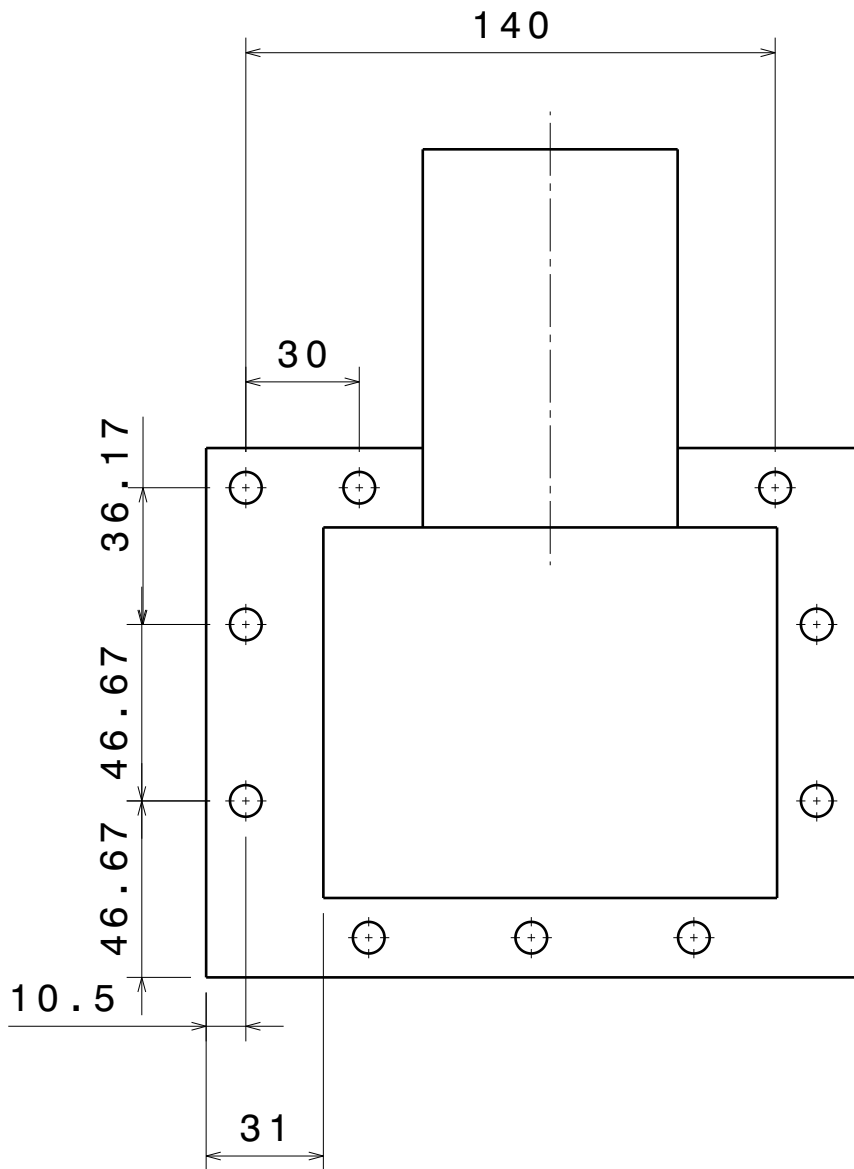
3

2

2

1

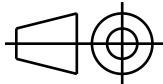
1



AUTOR
Diego Gómez
FECHA
16/06/2020

MATERIAL
**ALUMINIO
2024 T3**

TAMANO
A4



**PROYECTO DE RECUPERACION
DEL INGENIO DE ZUBIAURRE**

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

ESCALA
1:2

PESO (kg)
4,54

NOMBRE DEL PLANO
SIMETRÍA ACOPLE BOMBA-PILAR

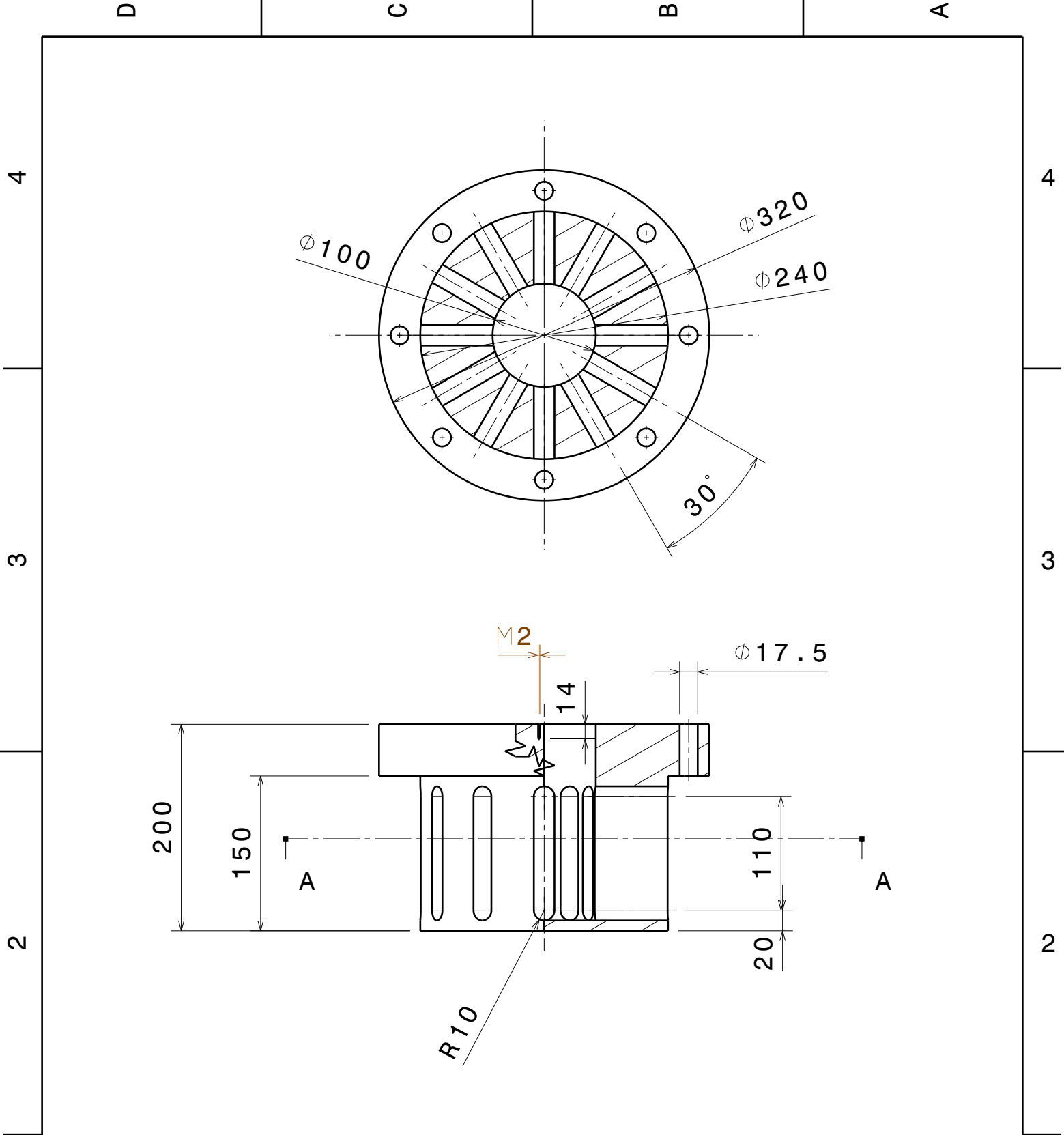
PLANO
13.2 B

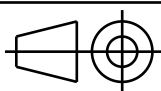
I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

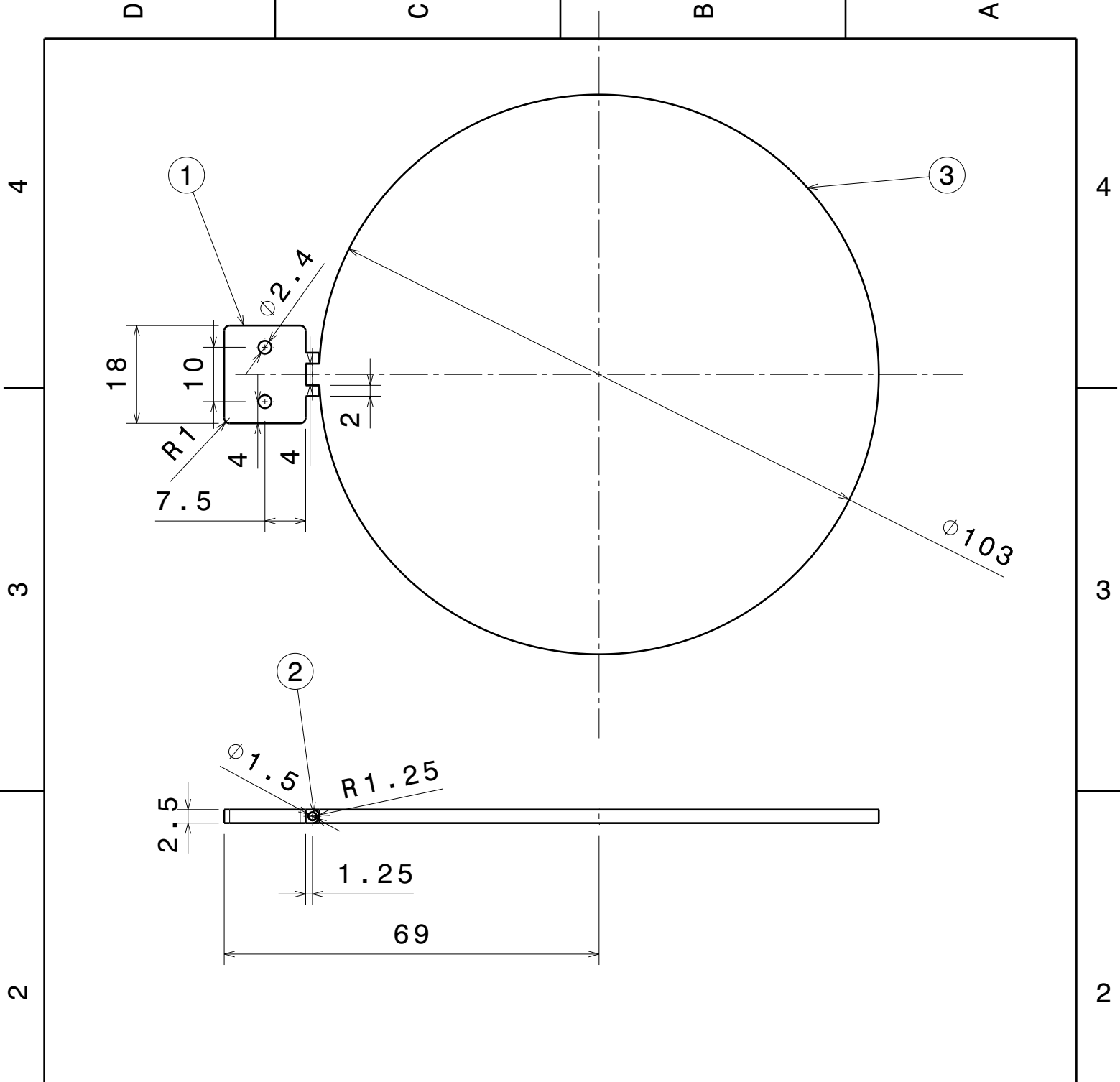
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK

D

A



AUTOR Diego Gómez		<p style="text-align: center;">PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE</p>		I	-
DATE: 16/06/2020				H	-
AUTOR ALUMINIO 2024 T3		<p style="text-align: center;">ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES</p>		G	-
TAMANO A4				F	-
		<p style="text-align: center;">ALCACHOFA</p>		E	-
ESCALA 1:5	PESO (kg) 19,24			NOMBRE DEL PLANO	PLANO 13.3
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK				C	-
				B	-
				A	-



1	TAPA	3	ACERO AISI 430
1	BULON	2	ACERO AISI 430
1	BISAGRA	1	ACERO AISI 430
Nº PIEZAS	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL

AUTOR Diego Gómez		<p style="text-align: center;">PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE</p>		I	-
FECHA 16/06/2020				H	-
MATERIAL ACERO AISI 430				G	-
TAMANO A4		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		F	-
ESCALA 1:1		NOMBRE DEL PLANO CONJUNTO VALVULA ASPIRACIÓN		E	-
PESO (kg) 0,17		PLANO 13.4		D	-
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK				C	-
				B	-
				A	-

D

C

B

A

4

4

3

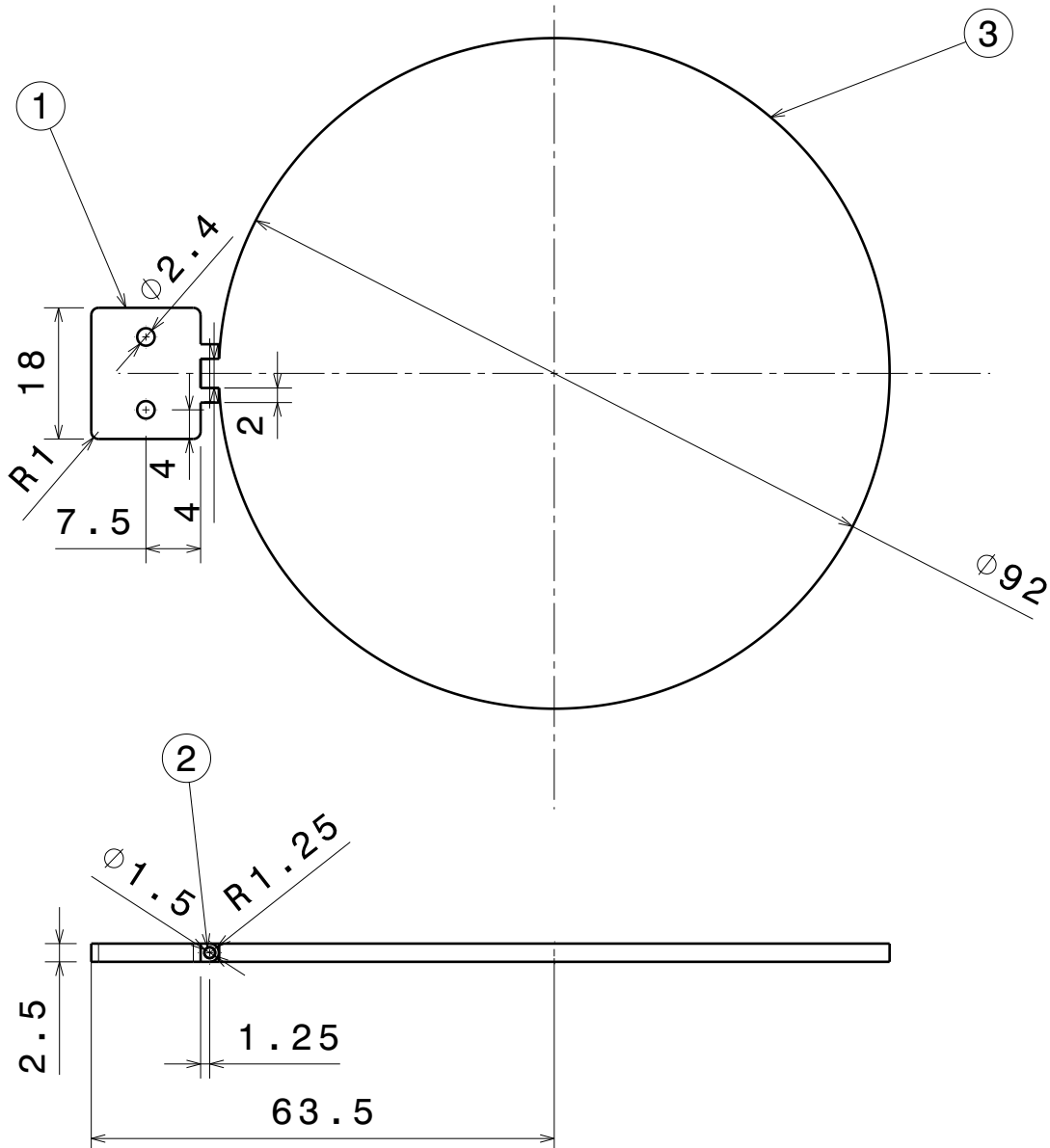
3

2

2

1

1



1	TAPA	3	ACERO AISI 430
1	BULON	2	ACERO AISI 430
1	BISAGRA	1	ACERO AISI 430
Nº PIEZAS	DENOMINACIÓN	MARCA	MATERIAL

AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		I	-
FECHA 16/06/2020				H	-
MATERIAL ACERO AISI 430				G	-
TAMANO A4		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		F	-
ESCALA 1:1		NOMBRE DEL PLANO CONJUNTO VALVULA IMPULSION		E	-
PESO (kg) 0,14		PLANO 13.5		D	-
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK				C	-
				B	-
				A	-

D

A

H G F E D C B A

4

4

3

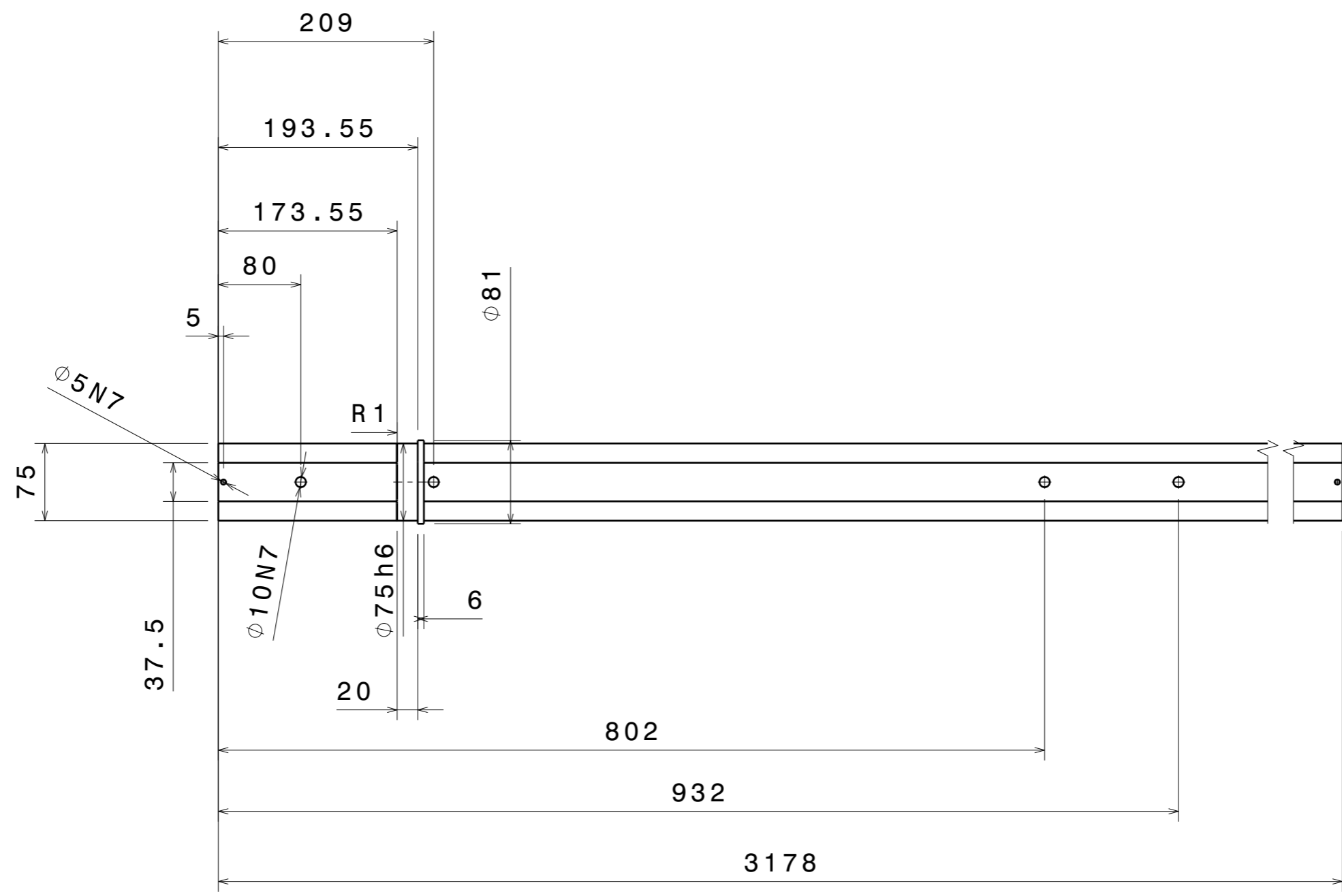
3

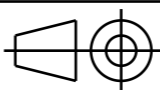
2

2

1

1



AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		I	-	
FECHA 16/06/2020				H	-	
MATERIAL ACERO AISI 1050 CD				G	-	
TAMANO A3		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES			E	-
ESCALA 1:5		PESO (kg) 91,3	DRAWING NUMBER EJE RUEDA HIDRÁULICA	SHEET 14	D	-
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK				C	-	
				B	-	
				A	-	

H G F E D C B A

H G F E D C B A

4

4

3

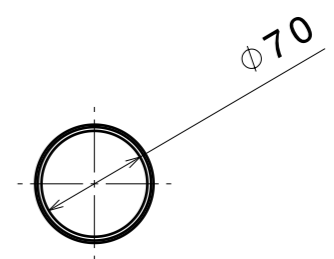
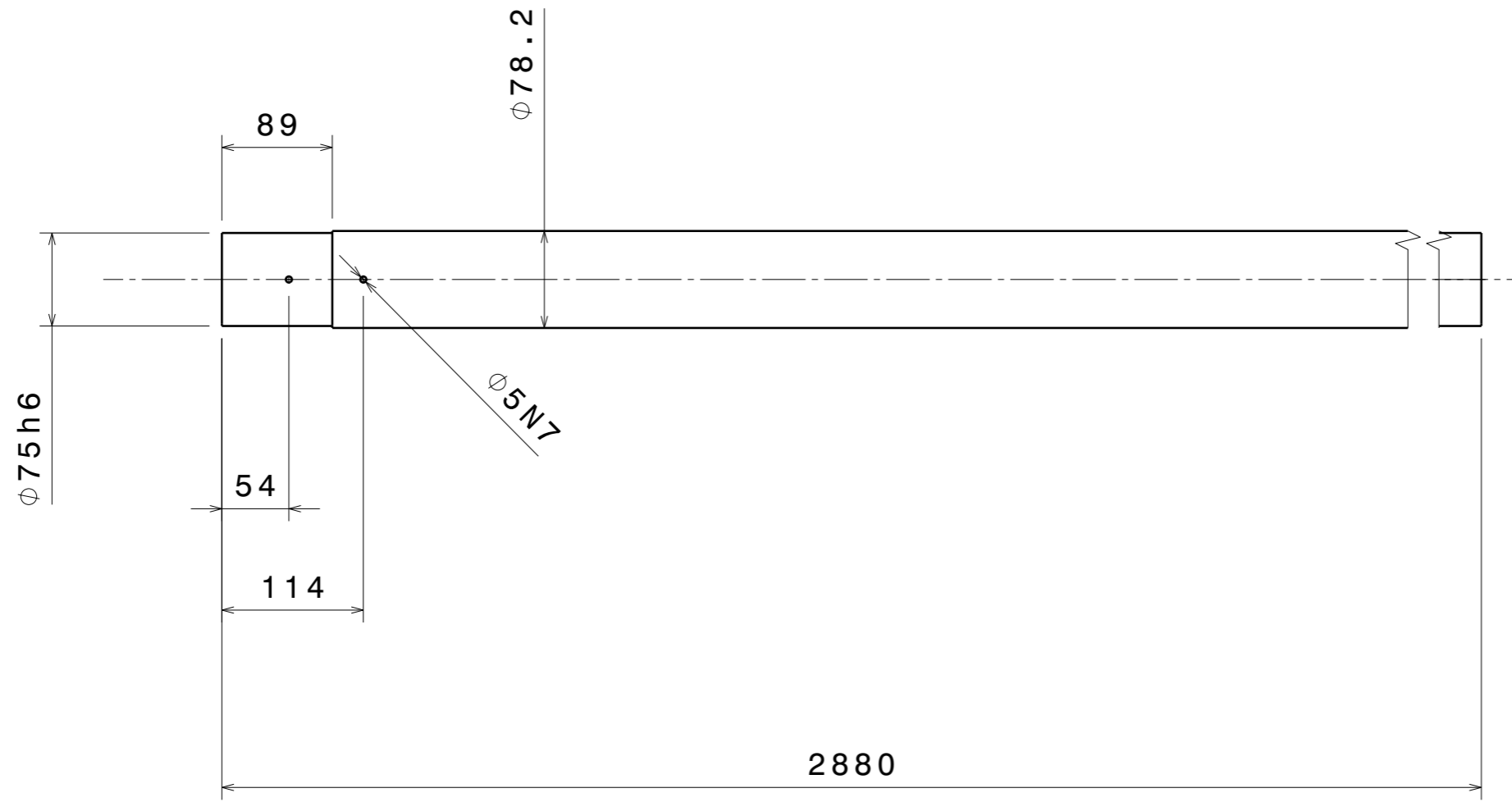
3

2

2

1

1



AUTOR Diego Gómez		PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE		I	-
FECHA 16/06/2020				H	-
MATERIAL ACERO AISI 1050 CD				G	-
TAMANO A3		ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		F	-
ESCALA 1:5				E	-
PESO (kg) 21,06		EJE BALANCINES Y LUNETOS		D	-
NOMBRE DEL PLANO 15				C	-
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK		PLANO 15		B	-
				A	-

H G B A

D

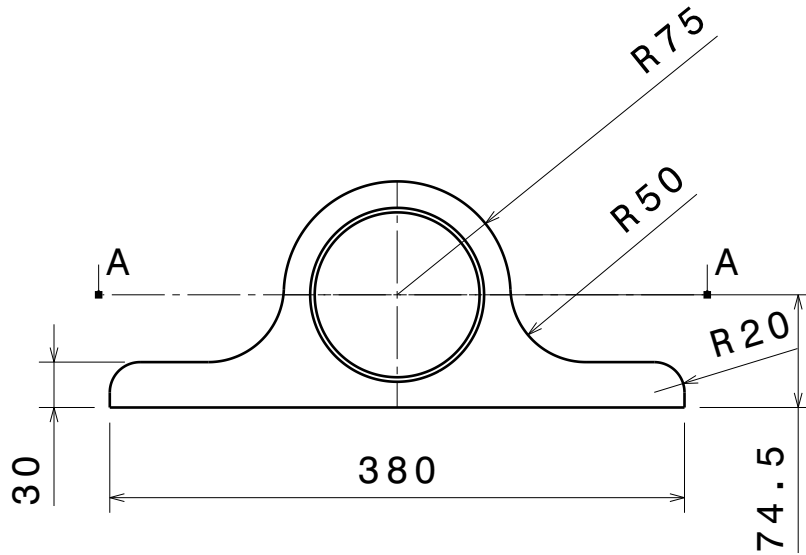
C

B

A

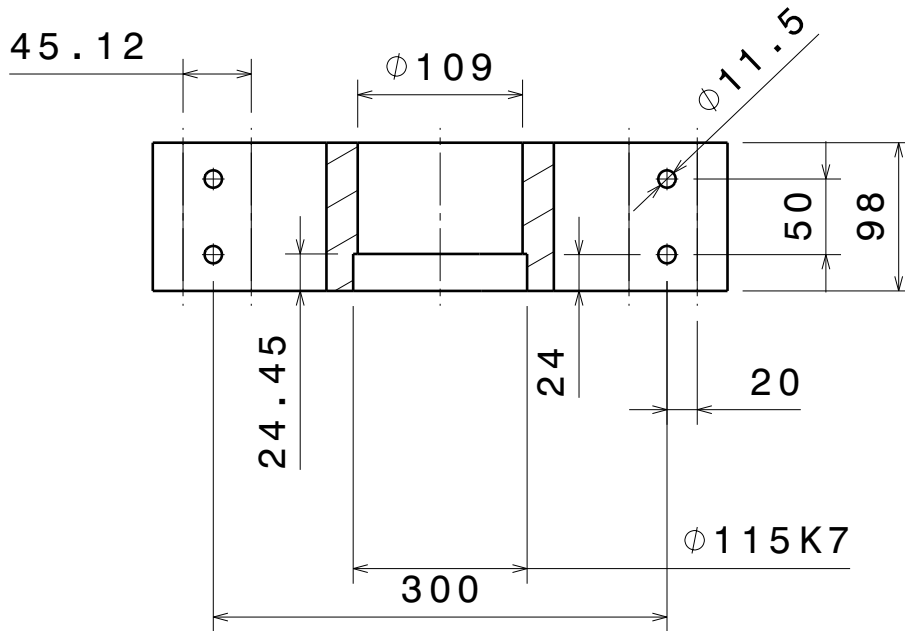
4

4



3

3



2

2

AUTOR
Diego Gómez

FECHA
16/06/2020

MATERIAL
ACERO E295

**PROYECTO DE RECUPERACION
DEL INGENIO DE ZUBIAURRE**

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

TAMANO
A4

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

ESCALA
1:5

PESO (kg)
13,93

DRAWING NUMBER
ACOPLE EJE RUEDA HIDRÁULICA

PLANO
16

TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK

D

A

1

1

D

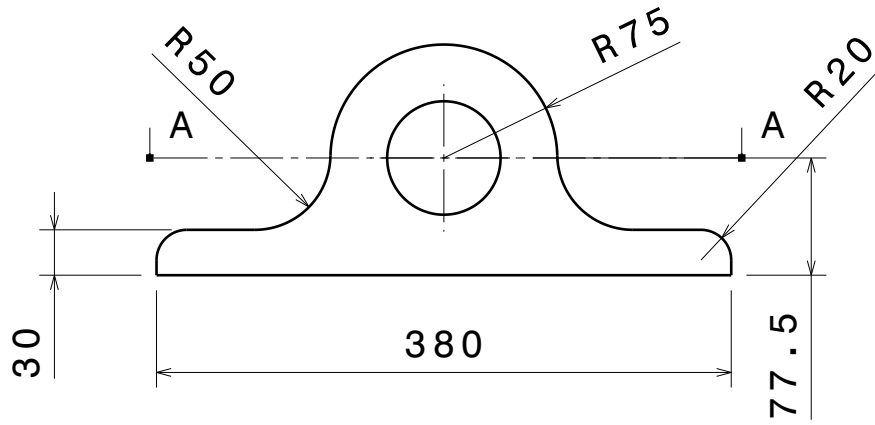
C

B

A

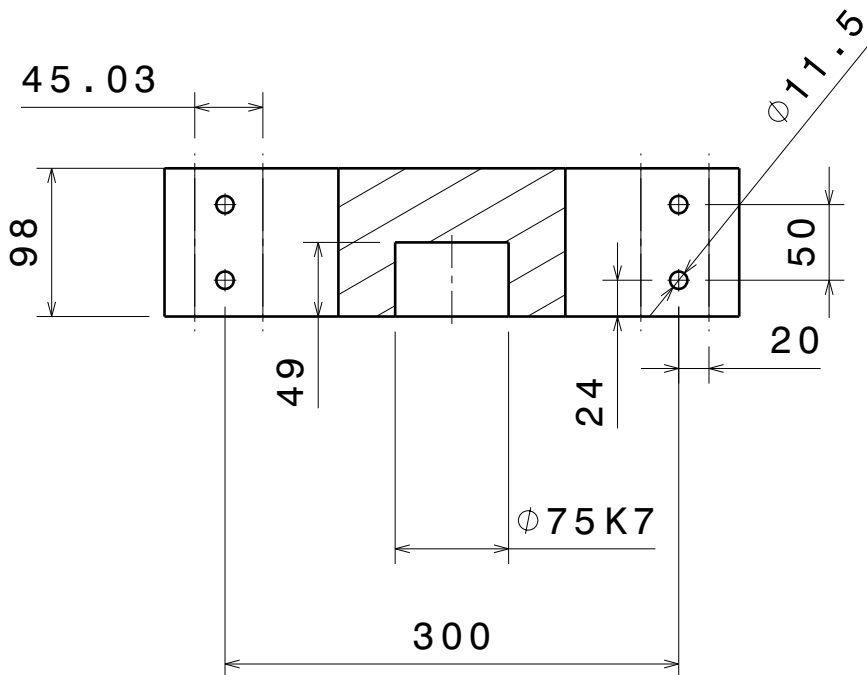
4

4



3

3




2

2

AUTOR
Diego Gómez
FECHA
16/06/2020

MATERIAL
ACERO E295

TAMANO
A4



ESCALA
1:5

PESO (kg)
19,97

PROYECTO DE RECUPERACION
DEL INGENIO DE ZUBIAURRE

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

DRAWING NUMBER
ACOPLE EJE BALANCINES

PLANO
17

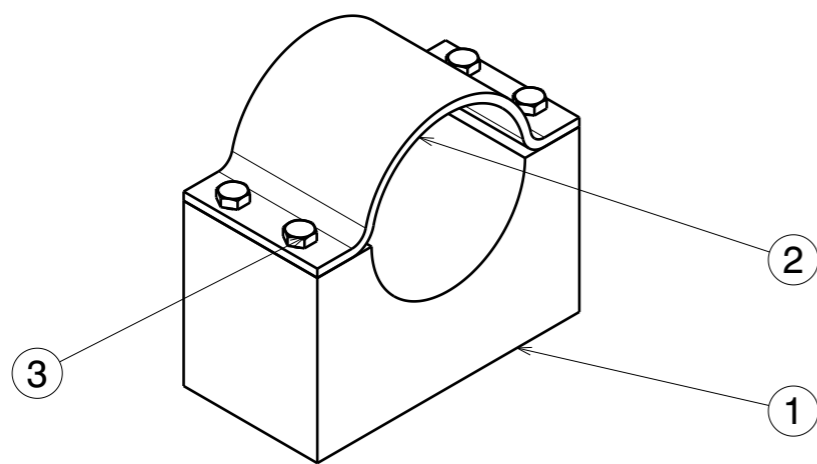
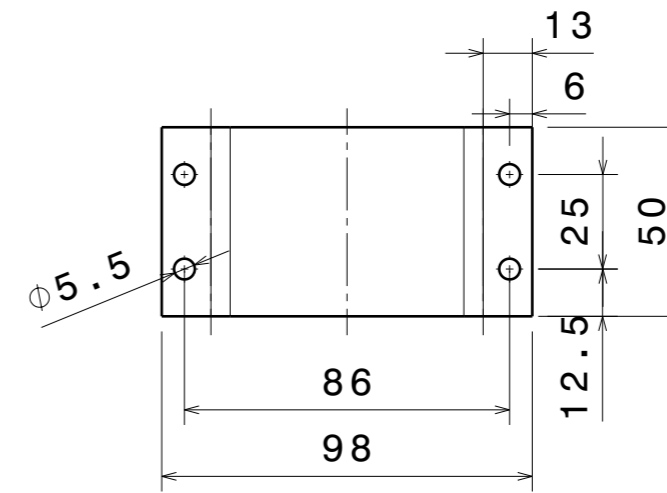
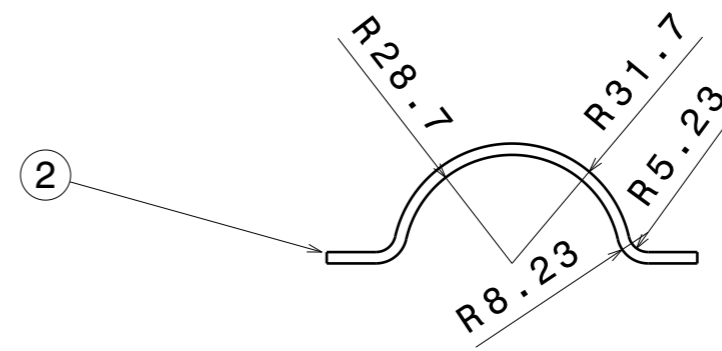
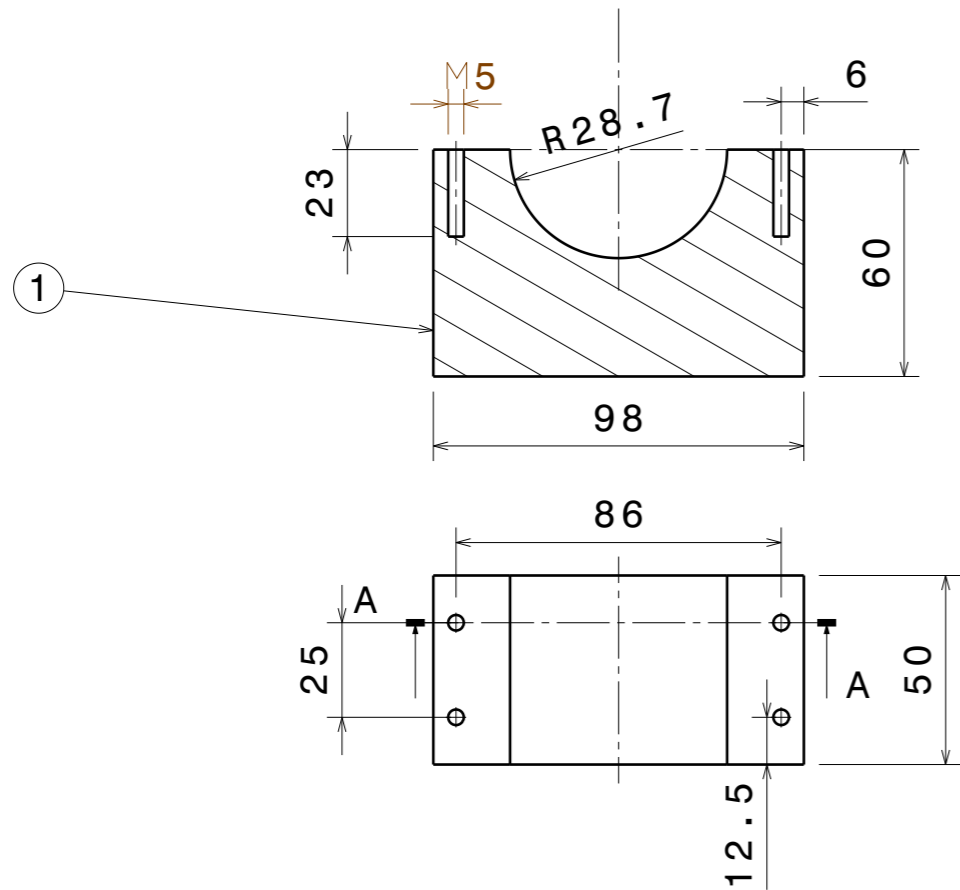
I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

1

TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK

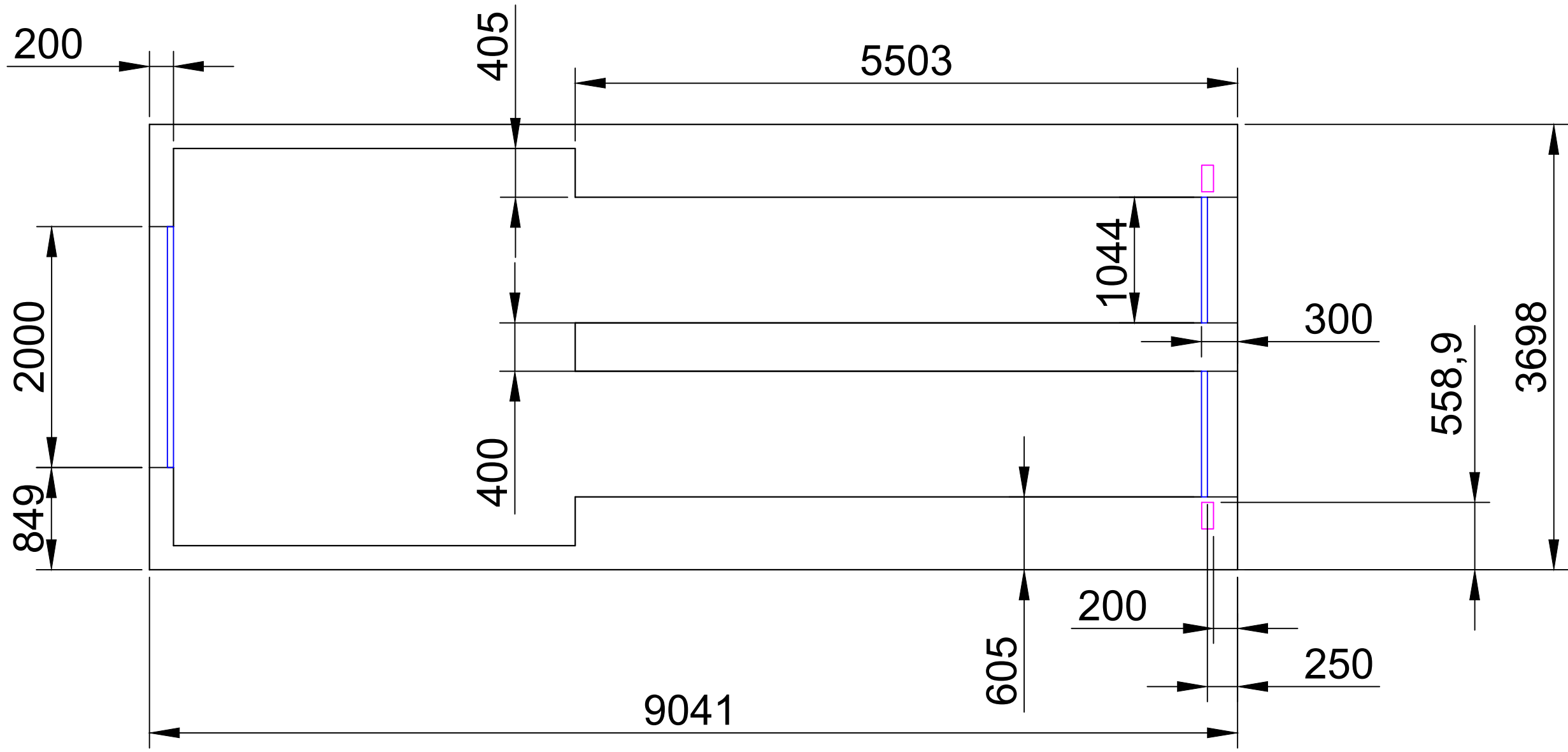
D

A



Conjunto Isométrico

4	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL M5x25, DIN 558	3	ACERO 8.8
1	ABRAZADERA	2	ACERO E295
1	BASE	1	ACERO E295
Nº PIEZAS DENOMINACIÓN		MARCA	MATERIAL
AUTOR	Diego Gómez	PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE	
FECHA	16/06/2020		
MATERIAL	-		
TAMANO	A3	ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	
ESCALA	1:2	PESO (kg)	1,91
NOMBRE DEL PLANO		SOPORTE TUBERIA	
TOLERANCIAS GENERALES PARA ELEMENTOS NO ESPECIFICADOS SEGÚN ISO 2768 mK		PLANO	18
		I	-
		H	-
		G	-
		F	-
		E	-
		D	-
		C	-
		B	-
		A	-




UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TITULO PROYECTO:
PROYECTO DE RECUPERACION DEL INGENIO DE ZUBIAURRE

PLANO:
PLANTA DEL EDIFICIO

AUTOR
DIEGO GÓMEZ

FECHA:
5-2020

Nº PLANO:
19

PROMOTOR:
Universidad de Valladolid

ESCALA:
1:40

FIRMA:
 EL/LOS ALUMNO/S:

IV. PLIEGO DE CONDICIONES



Según figura en el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", el proyecto definirá las obras proyectadas con el detalle adecuado a sus características, de modo que pueda comprobarse que las soluciones propuestas cumplen las exigencias básicas del CTE y demás normativa aplicable. Esta definición incluirá, al menos, la siguiente información contenida en el Pliego de Condiciones:

- Las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen de forma permanente al edificio proyectado, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción que deba realizarse. Esta información se encuentra en el apartado correspondiente a las Prescripciones sobre los materiales, del presente Pliego de Condiciones.
- Las características técnicas de cada unidad de obra, con indicación de las condiciones para su ejecución y las verificaciones y controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto. Se precisarán las medidas a adoptar durante la ejecución de las obras y en el uso y mantenimiento del edificio, para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos. Esta información se encuentra en el apartado correspondiente a las Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidades de obra, del presente Pliego de Condiciones.
- Las verificaciones y las pruebas de servicio que, en su caso, deban realizarse para comprobar las prestaciones finales del edificio. Esta información se encuentra en el apartado correspondiente a las Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado, del presente Pliego de Condiciones.



ÍNDICE

1.- PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS.....	219
1.1.- Disposiciones Generales	219
1.2.- Disposiciones Facultativas	219
1.2.1.- Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación	219
1.2.2.- Agentes que intervienen en la obra.....	221
1.2.3.- La Dirección Facultativa	222
1.2.4.- Visitas facultativas	222
1.2.5.- Obligaciones de los agentes intervinientes.....	222
1.2.6.- Documentación final de obra: Libro del Edificio.....	232
1.3.- Disposiciones Económicas.....	233
2.- PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES	234
2.1.- Prescripciones sobre los materiales.....	234
2.1.1.- Garantías de calidad (Marcado CE).....	235
2.1.2.- Hormigones	237
2.1.3.- Aceros para hormigón armado.....	240
2.1.4.- Aceros para estructuras metálicas	243
2.1.5.- Prefabricados de cemento	245
2.1.6.- Varios	246
2.2.- Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.....	248
2.2.1.- Estructuras	253
2.2.2.- Fachadas y particiones.....	262
2.2.3.- Revestimientos y trasdosados	264
2.3.- Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado.....	269
2.4.- Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición.....	269



1.- PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

1.1.- Disposiciones Generales

Las disposiciones de carácter general, las relativas a trabajos y materiales, así como las recepciones de edificios y obras anejas, se regirán por lo expuesto en el Pliego de Cláusulas Particulares para contratos con la Administración Pública correspondiente, según lo dispuesto en la "Ley 9/2017. Ley de Contratos del Sector Público".

1.2.- Disposiciones Facultativas

1.2.1.- Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación".

Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la edificación quedan recogidas en el capítulo III "Agentes de la edificación", considerándose:

1.2.1.1.- El promotor

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la edificación.



Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la "Ley 9/2017. Ley de Contratos del Sector Público" y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación".

1.2.1.2.- El proyectista

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

1.2.1.3.- El contratista

Es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

CABE EFECTUAR ESPECIAL MENCIÓN DE QUE LA LEY SEÑALA COMO RESPONSABLE EXPLÍCITO DE LOS VICIOS O DEFECTOS CONSTRUCTIVOS AL CONTRATISTA GENERAL DE LA OBRA, SIN PERJUICIO DEL DERECHO DE REPETICIÓN DE ÉSTE HACIA LOS SUBCONTRATISTAS.

1.2.1.4.- El director de obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del director de obra.

1.2.1.5.- El director de la ejecución de la obra

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el director de obra, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimare necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

1.2.1.6.- Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Son entidades de control de calidad de la edificación aquéllas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

1.2.1.7.- Los suministradores de productos

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

1.2.2.- Agentes que intervienen en la obra

La relación de agentes intervinientes se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.



1.2.3.- La Dirección Facultativa

La Dirección Facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la Dirección Facultativa se integrará el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a facultativo distinto de los anteriores.

Representa técnicamente los intereses del promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.

1.2.4.- Visitas facultativas

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la Dirección Facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra. Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

1.2.5.- Obligaciones de los agentes intervinientes

Las obligaciones de los agentes que intervienen en la edificación son las contenidas en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás legislación aplicable.

1.2.5.1.- El promotor

Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.

Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra, al director de la ejecución de la obra y al contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.

Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las



condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.

Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.

Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.

Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

1.2.5.2.- El proyectista

Redactar el proyecto por encargo del promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.

Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales de la máquina. Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al director de obra antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.

Acordar con el promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.



Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso edificatorio, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del director de obra y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.

Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del director de obra y previo acuerdo con el promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.

Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

1.2.5.3.- El constructor o contratista

Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.

Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.

Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.

Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que



establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.

Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del director de obra y del director de la ejecución material de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.

Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales o *lex artis*, aun cuando estos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.

Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.

Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el director de ejecución material de la obra.

Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo



autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.

Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del director de la ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.

Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen el edificio una vez finalizado.

Poner a disposición del director de ejecución material de la obra los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.

Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la Dirección Facultativa.

Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.

Facilitar a los directores de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.

Suscribir las garantías de obra que se señalan en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

1.2.5.4.- El director de obra

Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.



Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al promotor.

Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten sustancialmente a la distribución de espacios y las soluciones de fachada y cubierta y dimensionado y composición de huecos, así como la modificación de los materiales previstos.

Asesorar al director de la ejecución de la obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.

Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.

Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Informar puntualmente al promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conllevan una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales.

Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello, los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados.



Al Proyecto Final de Obra se anexará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Además de todas las facultades que corresponden al director de obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada alta dirección en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.

Cabe señalar expresamente que la resistencia al cumplimiento de las órdenes de los directores de obra en su labor de alta dirección se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá recusar al contratista y/o acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.

1.2.5.5.- El director de la ejecución de la obra

Corresponde al director de ejecución material de la obra, según se establece en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás legislación vigente al efecto, las atribuciones competenciales y obligaciones que se señalan a continuación:

- La Dirección inmediata de la Obra.

- Verificar personalmente la recepción a pie de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.

- Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del director de obra.

- Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al director de obra o directores de obra que fueran necesarias y planificando de manera

anticipada y continuada con el contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.

- Comprobar los replanteos, los materiales, hormigones y demás productos suministrados, exigiendo la presentación de los oportunos certificados de idoneidad de los mismos.

- Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, extendiéndose dicho cometido a todos los elementos de cimentación y estructura horizontal y vertical, con comprobación de sus especificaciones concretas de dimensionado de elementos, tipos de viguetas y adecuación a ficha técnica homologada, diámetros nominales, longitudes de anclaje y adecuados solape y doblado de barras.

- Observancia de los tiempos de encofrado y desencofrado de vigas, pilares y forjados señalados por la Instrucción del Hormigón vigente y de aplicación.

- Comprobación del correcto dimensionado de rampas y escaleras y de su adecuado trazado y replanteo con acuerdo a las pendientes, desniveles proyectados y al cumplimiento de todas las normativas que son de aplicación; a dimensiones parciales y totales de elementos, a su forma y geometría específica, así como a las distancias que deben guardarse entre ellos, tanto en horizontal como en vertical.

- Verificación de la adecuada puesta en obra de fábricas y cerramientos, a su correcta y completa trabazón y, en general, a lo que atañe a la ejecución material de la totalidad de la obra y sin excepción alguna, de acuerdo a los criterios y leyes de los materiales y de la correcta construcción (lex artis) y a las normativas de aplicación.

- Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencia necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización de la obra, dando las órdenes precisas de ejecución al contratista y, en su caso, a los subcontratistas.



- Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.
- Supervisar posteriormente el correcto cumplimiento de las órdenes previamente efectuadas y la adecuación de lo realmente ejecutado a lo ordenado previamente.
- Verificar el adecuado trazado de instalaciones, conductos, acometidas, redes de evacuación y su dimensionado, comprobando su idoneidad y ajuste tanto a las especificaciones del proyecto de ejecución como de los proyectos parciales, coordinando dichas actuaciones con los técnicos redactores correspondientes.
- Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los directores de obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al promotor.
- Supervisar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, respecto a lo especificado por la normativa vigente, en cuyo cometido y obligaciones tiene legalmente competencia exclusiva, programando bajo su responsabilidad y debidamente coordinado y auxiliado por el contratista, las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias de elementos estructurales, así como las pruebas de estanqueidad de fachadas y de sus elementos, de cubiertas y sus impermeabilizaciones, comprobando la eficacia de las soluciones.
- Informar con prontitud a los directores de obra de los resultados de los Ensayos de Control conforme se vaya teniendo conocimiento de los mismos, proponiéndole la realización de pruebas complementarias en caso de resultados adversos.
- Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Colaborar activa y positivamente con los restantes agentes intervinientes, sirviendo de nexo de unión entre éstos, el contratista, los subcontratistas y el personal de la obra.

- Elaborar y suscribir responsablemente la documentación final de obra relativa a los resultados del Control de Calidad y, en concreto, a aquellos ensayos y verificaciones de ejecución de obra realizados bajo su supervisión relativos a los elementos de la cimentación, muros y estructura, a las pruebas de estanqueidad y escorrentía de cubiertas y de fachadas, a las verificaciones del funcionamiento de las instalaciones de saneamiento y desagües de pluviales y demás aspectos señalados en la normativa de Control de Calidad.
- Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.
- Si se hiciera caso omiso de las órdenes efectuadas por el director de la ejecución de la obra, se considerara como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.

1.2.5.6.- Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de la obra.

Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

1.2.5.7.- Los suministradores de productos

Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.

Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad



correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

1.2.5.8.- Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuenta.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

1.2.6.- Documentación final de obra: Libro del Edificio

De acuerdo a la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el director de obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, que constituirá el {{Libro del Edificio}}, será entregada a los usuarios finales del edificio.

1.2.6.1.- Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuenta.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.



1.3.- Disposiciones Económicas

Se registrarán por lo expuesto en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares para contratos con la Administración Pública correspondiente, según lo dispuesto en la "Ley 9/2017. Ley de Contratos del Sector Público".



2.- PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1.- Prescripciones sobre los materiales

Para facilitar la labor a realizar, por parte del director de la ejecución de la obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus calidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá:

- El control de la documentación de los suministros.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.
- El control mediante ensayos.

Por parte del constructor o contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las calidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del director de ejecución de la obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El contratista notificará al director de ejecución de la obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el director de ejecución de la obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el director de ejecución de la obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en

perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del contratista.

El hecho de que el contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no extinguiéndose la responsabilidad contractual del contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

2.1.1.- Garantías de calidad (Marcado CE)

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones indicadas en los mandatos relativos a las normas armonizadas y en las especificaciones técnicas armonizadas.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del director de la ejecución de la obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del marcado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el "Real Decreto 1630/1992. Disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE".

El marcado CE se materializa mediante el símbolo "CE" acompañado de una información complementaria.



El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE deben tener una dimensión vertical no inferior a 5mm.

Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- el número de identificación del organismo notificado (cuando proceda)
- el nombre comercial o la marca distintiva del fabricante
- la dirección del fabricante
- el nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica
- las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto
- el número del certificado CE de conformidad (cuando proceda)
- el número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias los números de todas ellas
- la designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada
- información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas

Las inscripciones complementarias del marcado CE no tienen por qué tener un formato, tipo de letra, color o composición especial, debiendo cumplir únicamente las características reseñadas anteriormente para el símbolo.

Dentro de las características del producto podemos encontrar que alguna de ellas presente la mención "Prestación no determinada" (PND).

La opción PND es una clase que puede ser considerada si al menos un estado miembro no tiene requisitos legales para una determinada característica y el fabricante no desea facilitar el valor de esa característica.

2.1.2.- Hormigones

2.1.2.1.- Hormigón estructural

2.1.2.1.1.- Condiciones de suministro

- El hormigón se debe transportar utilizando procedimientos adecuados para conseguir que las masas lleguen al lugar de entrega en las condiciones estipuladas, sin experimentar variación sensible en las características que poseían recién amasadas.

- Cuando el hormigón se amasa completamente en central y se transporta en amasadoras móviles, el volumen de hormigón transportado no deberá exceder del 80% del volumen total del tambor. Cuando el hormigón se amasa, o se termina de amasar, en amasadora móvil, el volumen no excederá de los dos tercios del volumen total del tambor.

- Los equipos de transporte deberán estar exentos de residuos de hormigón o mortero endurecido, para lo cual se limpiarán cuidadosamente antes de proceder a la carga de una nueva masa fresca de hormigón. Asimismo, no deberán presentar desperfectos o desgastes en las paletas o en su superficie interior que puedan afectar a la homogeneidad del hormigón.

- El transporte podrá realizarse en amasadoras móviles, a la velocidad de agitación, o en equipos con o sin agitadores, siempre que tales equipos tengan superficies lisas y redondeadas y sean capaces de mantener la homogeneidad del hormigón durante el transporte y la descarga.

2.1.2.1.2.- Recepción y control

Documentación de los suministros:

- Los suministradores entregarán al Constructor, quién los facilitará a la Dirección Facultativa, cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación aplicable o, en su caso, por el proyecto o por la Dirección Facultativa. Se facilitarán los siguientes documentos:
 - Antes del suministro:
 - Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.
 - Se entregarán los certificados de ensayo que garanticen el cumplimiento de lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).



- Durante el suministro:
 - Cada carga de hormigón fabricado en central, tanto si ésta pertenece o no a las instalaciones de obra, irá acompañada de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra, y en la que deberán figurar, como mínimo, los siguientes datos:
 - Nombre de la central de fabricación de hormigón.
 - Número de serie de la hoja de suministro.
 - Fecha de entrega.
 - Nombre del peticionario y del responsable de la recepción.
 - Especificación del hormigón.
 - En el caso de que el hormigón se designe por propiedades:
 - Designación.
 - Contenido de cemento en kilos por metro cúbico (kg/m^3) de hormigón, con una tolerancia de ± 15 kg.
 - Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de $\pm 0,02$.
 - En el caso de que el hormigón se designe por dosificación:
 - Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón.
 - Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de $\pm 0,02$.
 - Tipo de ambiente.
 - Tipo, clase y marca del cemento.
 - Consistencia.
 - Tamaño máximo del árido.
 - Tipo de aditivo, si lo hubiere, y en caso contrario indicación expresa de que no contiene.
 - Procedencia y cantidad de adición (cenizas volantes o humo de sílice) si la hubiere y, en caso contrario, indicación expresa de que no contiene.
 - Designación específica del lugar del suministro (nombre y lugar).
 - Cantidad de hormigón que compone la carga, expresada en metros cúbicos de hormigón fresco.
 - Identificación del camión hormigonera (o equipo de transporte) y de la persona que proceda a la descarga.
 - Hora límite de uso para el hormigón.
- Después del suministro:
 - El certificado de garantía del producto suministrado, firmado por persona física con poder de representación suficiente.

- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

2.1.2.1.3.- Conservación, almacenamiento y manipulación

- En el vertido y colocación de las masas, incluso cuando estas operaciones se realicen de un modo continuo mediante conducciones apropiadas, se adoptarán las debidas precauciones para evitar la disgregación de la mezcla.

2.1.2.1.4.- Recomendaciones para su uso en obra

- El tiempo transcurrido entre la adición de agua de amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media. En tiempo caluroso, o bajo condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser inferior, a menos que se adopten medidas especiales que, sin perjudicar la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado.
- Hormigonado en tiempo frío:
 - La temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5 °C.
 - Se prohíbe verter el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a cero grados centígrados.
 - En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de cero grados centígrados.
 - En los casos en que, por absoluta necesidad, se hormigone en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón, no se producirán deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material.
- Hormigonado en tiempo caluroso:
 - Si la temperatura ambiente es superior a 40 °C o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la Dirección de Obra, se adopten medidas especiales.



2.1.3.- Aceros para hormigón armado

2.1.3.1.- Aceros corrugados

2.1.3.1.1.- Condiciones de suministro

- Los aceros se deben transportar protegidos adecuadamente contra la lluvia y la agresividad de la atmósfera ambiental.

2.1.3.1.2.- Recepción y control

Documentación de los suministros:

- Los suministradores entregarán al Constructor, quién los facilitará a la Dirección Facultativa, cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación aplicable o, en su caso, por el proyecto o por la Dirección Facultativa. Se facilitarán los siguientes documentos:
 - Antes del suministro:
 - Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.
 - Hasta la entrada en vigor del mercado CE, se adjuntarán los certificados de ensayo que garanticen el cumplimiento de las siguientes características:
 - Características mecánicas mínimas garantizadas por el fabricante.
 - Ausencia de grietas después del ensayo de doblado-desdoblado.
 - Aptitud al doblado simple.
 - Los aceros soldables con características especiales de ductilidad deberán cumplir los requisitos de los ensayos de fatiga y deformación alternativa.
 - Características de adherencia. Cuando el fabricante garantice las características de adherencia mediante el ensayo de la viga, presentará un certificado de homologación de adherencia, en el que constará, al menos:
 - Marca comercial del acero.
 - Forma de suministro: barra o rollo.
 - Límites admisibles de variación de las características geométricas de los resaltos.

- Composición química.
- En la documentación, además, constará:
 - El nombre del laboratorio. En el caso de que no se trate de un laboratorio público, declaración de estar acreditado para el ensayo referido.
 - Fecha de emisión del certificado.
- Durante el suministro:
 - Las hojas de suministro de cada partida o remesa.
 - Hasta la entrada en vigor del marcado CE, se adjuntará una declaración del sistema de identificación del acero que haya empleado el fabricante.
 - La clase técnica se especificará mediante un código de identificación del tipo de acero mediante engrosamientos u omisiones de corrugas o grafilas. Además, las barras corrugadas deberán llevar grabadas las marcas de identificación que incluyen información sobre el país de origen y el fabricante.
 - En el caso de que el producto de acero corrugado sea suministrado en rollo o proceda de operaciones de enderezado previas a su suministro, deberá indicarse explícitamente en la correspondiente hoja de suministro.
 - En el caso de barras corrugadas en las que, dadas las características del acero, se precise de procedimientos especiales para el proceso de soldadura, el fabricante deberá indicarlos.
- Después del suministro:
 - El certificado de garantía del producto suministrado, firmado por persona física con poder de representación suficiente.
- Distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica:
 - En su caso, los suministradores entregarán al Constructor, quién la facilitará a la Dirección Facultativa, una copia compulsada por persona física de los certificados que avalen que los productos que se suministrarán están en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, donde al menos constará la siguiente información:
 - Identificación de la entidad certificadora.
 - Logotipo del distintivo de calidad.
 - Identificación del fabricante.
 - Alcance del certificado.
 - Garantía que queda cubierta por el distintivo (nivel de certificación).



- Número de certificado.
- Fecha de expedición del certificado.
- Antes del inicio del suministro, la Dirección Facultativa valorará, en función del nivel de garantía del distintivo y de acuerdo con lo indicado en el proyecto y lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), si la documentación aportada es suficiente para la aceptación del producto suministrado o, en su caso, qué comprobaciones deben efectuarse.

- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
 - En el caso de efectuarse ensayos, los laboratorios de control facilitarán sus resultados acompañados de la incertidumbre de medida para un determinado nivel de confianza, así como la información relativa a las fechas, tanto de la entrada de la muestra en el laboratorio como de la realización de los ensayos.
 - Las entidades y los laboratorios de control de calidad entregarán los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, a la Dirección Facultativa.

2.1.3.1.3.- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Durante el almacenamiento las armaduras se protegerán adecuadamente contra la lluvia y de la agresividad de la atmósfera ambiental. Hasta el momento de su empleo, se conservarán en obra, cuidadosamente clasificadas según sus tipos, calidades, diámetros y procedencias, para garantizar la necesaria trazabilidad.

- Antes de su utilización y especialmente después de un largo periodo de almacenamiento en obra, se examinará el estado de su superficie, con el fin de asegurarse de que no presenta alteraciones perjudiciales. Una ligera capa de óxido en la superficie de las barras no se considera perjudicial para su utilización. Sin embargo, no se admitirán pérdidas de peso por oxidación superficial, comprobadas después de una limpieza con cepillo de alambres hasta quitar el óxido adherido, que sean superiores al 1% respecto al peso inicial de la muestra.

- En el momento de su utilización, las armaduras pasivas deben estar exentas de sustancias extrañas en su superficie tales como grasa, aceite, pintura, polvo, tierra o cualquier otro material perjudicial para su buena conservación o su adherencia.

- La elaboración de armaduras mediante procesos de ferralla requiere disponer de unas instalaciones que permitan desarrollar, al menos, las siguientes actividades:
 - Almacenamiento de los productos de acero empleados.
 - Proceso de enderezado, en el caso de emplearse acero corrugado suministrado en rollo.
 - Procesos de corte, doblado, soldadura y armado, según el caso.

2.1.3.1.4.- Recomendaciones para su uso en obra

Para prevenir la corrosión, se deberá tener en cuenta todas las consideraciones relativas a los espesores de recubrimiento.

- Con respecto a los materiales empleados, se prohíbe poner en contacto las armaduras con otros metales de muy diferente potencial galvánico.
- Se prohíbe emplear materiales componentes (agua, áridos, aditivos y/o adiciones) que contengan iones despasivantes, como cloruros, sulfuros y sulfatos, en proporciones superiores a las establecidas.

2.1.4.- Aceros para estructuras metálicas

2.1.4.1.- Aceros en perfiles laminados

2.1.4.1.1.- Condiciones de suministro

- Los aceros se deben transportar de una manera segura, de forma que no se produzcan deformaciones permanentes y los daños superficiales sean mínimos. Los componentes deben estar protegidos contra posibles daños en los puntos de eslingado (por donde se sujetan para izarlos).
- Los componentes prefabricados que se almacenan antes del transporte o del montaje deben estar apilados por encima del terreno y sin contacto directo con éste. Debe evitarse cualquier acumulación de agua. Los componentes deben mantenerse limpios y colocados de forma que se eviten las deformaciones permanentes.
- Se verificará que las piezas de acero que lleguen a obra acabadas con imprimación antioxidante tengan una preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y hayan recibido en taller dos manos de imprimación anticorrosiva, libre de plomo y de cromados, con un espesor mínimo de película seca de 35 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura.



- Se verificará que las piezas de acero que lleguen a obra con acabado galvanizado tengan el recubrimiento de zinc homogéneo y continuo en toda su superficie, y no se aprecien grietas, exfoliaciones, ni desprendimientos en el mismo.

2.1.4.1.2.- Recepción y control

- Documentación de los suministros:
 - Para los productos planos:
 - Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos planos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.
 - Si en el pedido se solicita inspección y ensayo, se deberá indicar:
 - Tipo de inspección y ensayos (específicos o no específicos).
 - El tipo de documento de la inspección.
 - Para los productos largos:
 - Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos largos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.
- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

2.1.4.1.3.- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Si los materiales han estado almacenados durante un largo periodo de tiempo, o de una manera tal que pudieran haber sufrido un deterioro importante, deberán ser comprobados antes de ser utilizados, para asegurarse de que siguen cumpliendo con la norma de producto correspondiente. Los productos de acero resistentes a la corrosión atmosférica pueden requerir un chorreo ligero antes de su empleo para proporcionarles una base uniforme para la exposición a la intemperie.
- El material deberá almacenarse en condiciones que cumplan las instrucciones de su fabricante, cuando se disponga de éstas.

2.1.4.1.4.- Recomendaciones para su uso en obra

- El material no deberá emplearse si se ha superado la vida útil en almacén especificada por su fabricante.

2.1.5.- Prefabricados de cemento

2.1.5.1.- Bloques de hormigón

2.1.5.1.1.- Condiciones de suministro

- Los bloques se deben suministrar empaquetados y sobre palets, de modo que se garantice su inmovilidad tanto longitudinal como transversal, procurando evitar daños a los mismos.
- Los paquetes no deben ser totalmente herméticos, para permitir la transpiración de las piezas en contacto con la humedad ambiente.
- En caso de utilizar cintas o eslingas de acero para la sujeción de los paquetes, éstos deben tener los cantos protegidos por medio de cantoneras metálicas o de madera, a fin de evitar daños en la superficie de los bloques.

2.1.5.1.2.- Recepción y control

- Documentación de los suministros:
 - Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.
- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

2.1.5.1.3.- Conservación, almacenamiento y manipulación

- Se deben apilar sobre superficies limpias, planas, horizontales y donde no se produzcan aportes de agua, ni se recepcionen otros materiales o se realicen otros trabajos de la obra que los puedan manchar o deteriorar.
- Los bloques no deben estar en contacto con el terreno, ya que pueden absorber humedad, sales solubles, etc., provocando en la posterior puesta en obra la aparición de manchas y eflorescencias.



- El traslado se debe realizar, siempre que se pueda, con medios mecánicos y su manipulación debe ser cuidadosa, evitando roces entre las piezas.

- Cuando sea necesario, las piezas se deben cortar limpiamente con la maquinaria adecuada.

2.1.5.1.4.- Recomendaciones para su uso en obra

- Se aconseja que en el momento de la puesta en obra hayan transcurrido al menos 28 días desde la fecha de fabricación.

- Se debe evitar el uso de bloques secos, que hayan permanecido largo tiempo al sol y se encuentren deshidratados, ya que se provocaría la deshidratación por absorción del mortero de juntas.

2.1.6.- Varios

2.1.6.1.- Tableros para encofrar

2.1.6.1.1.- Condiciones de suministro

- Los tableros se deben transportar convenientemente empaquetados, de modo que se eviten las situaciones de riesgo por caída de algún elemento durante el trayecto.

- Cada paquete estará compuesto por 100 unidades aproximadamente.

2.1.6.1.2.- Recepción y control

Documentación de los suministros:

- El suministrador facilitará la documentación que se relaciona a continuación:
 - Documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
 - Certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física.
 - Documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.

- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

■ Inspecciones:

- En cada suministro de este material que llegue a la obra se debe controlar como mínimo:
 - Que no haya deformaciones tales como alabeo, curvado de cara y curvado de canto.
 - Que ninguno esté roto transversalmente, y que sus extremos longitudinales no tengan fisuras de más de 50 cm de longitud que atraviesen todo el grosor del tablero.
 - En su caso, que tenga el perfil que protege los extremos, puesto y correctamente fijado.
 - Que no tengan agujeros de diámetro superior a 4 cm.
 - Que el tablero esté entero, es decir, que no le falte ninguna tabla o trozo al mismo.

2.1.6.1.3.- Conservación, almacenamiento y manipulación

- El almacenamiento se realizará de manera que no se deformen y en lugares secos y ventilados, sin contacto directo con el suelo.

2.1.6.2.- Sopandas, portasopandas y basculantes.**2.1.6.2.1.- Condiciones de suministro**

Las sopandas, portasopandas y basculantes se deben transportar convenientemente empaquetados, de modo que se eviten las situaciones de riesgo por caída de algún elemento durante el trayecto.

- Las sopandas y portasopandas se deben transportar en paquetes con forma de cilindros de aproximadamente un metro de diámetro.
- Los basculantes se deben transportar en los mismos palets en que se suministran.

2.1.6.2.2.- Recepción y control

- Documentación de los suministros:
 - El suministrador facilitará la documentación que se relaciona a continuación:
 - Documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
 - Certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física.
 - Documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.



- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

- Inspecciones:
 - En cada suministro de este material que llegue a la obra se debe controlar como mínimo:
 - La rectitud, planeidad y ausencia de grietas en los diferentes elementos metálicos.
 - Verificación de las dimensiones de la pieza.
 - El estado y acabado de las soldaduras.
 - La homogeneidad del acabado final de protección (pintura), verificándose la adherencia de la misma con rasqueta.
 - En el caso de sopandas y portasopandas, se debe controlar también:
 - Que no haya deformaciones longitudinales superiores a 2 cm, ni abolladuras importantes, ni falta de elementos.
 - Que no tengan manchas de óxido generalizadas.
 - En el caso de basculantes, se debe controlar también:
 - Que no estén doblados, ni tengan abolladuras o grietas importantes.
 - Que tengan los dos tapones de plástico y los listones de madera fijados.
 - Que el pasador esté en buen estado y que al cerrarlo haga tope con el cuerpo del basculante.

2.1.6.2.3.- Conservación, almacenamiento y manipulación

- El almacenamiento se realizará de manera que no se deformen y en lugares secos y ventilados, sin contacto directo con el suelo.

2.2.- Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra

Las prescripciones para la ejecución de cada una de las diferentes unidades de obra se organizan en los siguientes apartados:

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

Se especifican, en caso de que existan, las posibles incompatibilidades, tanto físicas como químicas, entre los diversos

componentes que componen la unidad de obra, o entre el soporte y los componentes.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Se describe la unidad de obra, detallando de manera pormenorizada los elementos que la componen, con la nomenclatura específica correcta de cada uno de ellos, de acuerdo a los criterios que marca la propia normativa.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Se especifican las normas que afectan a la realización de la unidad de obra.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Indica cómo se ha medido la unidad de obra en la fase de redacción del proyecto, medición que luego será comprobada en obra.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

Antes de iniciarse los trabajos de ejecución de cada una de las unidades de obra, el director de la ejecución de la obra habrá recepcionado los materiales y los certificados acreditativos exigibles, en base a lo establecido en la documentación pertinente por el técnico redactor del proyecto. Será preceptiva la aceptación previa por parte del director de la ejecución de la obra de todos los materiales que constituyen la unidad de obra.

Así mismo, se realizarán una serie de comprobaciones previas sobre las condiciones del soporte, las condiciones ambientales del entorno, y la cualificación de la mano de obra, en su caso.

DEL SOPORTE

Se establecen una serie de requisitos previos sobre el estado de las unidades de obra realizadas previamente, que pueden servir de soporte a la nueva unidad de obra.

AMBIENTALES

En determinadas condiciones climáticas (viento, lluvia, humedad, etc.) no podrán iniciarse los trabajos de ejecución de la unidad de obra, deberán interrumpirse o será necesario adoptar una serie de medidas protectoras.



DEL CONTRATISTA

En algunos casos, será necesaria la presentación al director de la ejecución de la obra de una serie de documentos por parte del contratista, que acrediten su cualificación, o la de la empresa por él subcontratada, para realizar cierto tipo de trabajos. Por ejemplo la puesta en obra de sistemas constructivos en posesión de un Documento de Idoneidad Técnica (DIT), deberán ser realizados por la propia empresa propietaria del DIT, o por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por ésta y bajo su control técnico.

PROCESO DE EJECUCIÓN

En este apartado se desarrolla el proceso de ejecución de cada unidad de obra, asegurando en cada momento las condiciones que permitan conseguir el nivel de calidad previsto para cada elemento constructivo en particular.

FASES DE EJECUCIÓN

Se enumeran, por orden de ejecución, las fases de las que consta el proceso de ejecución de la unidad de obra.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

En algunas unidades de obra se hace referencia a las condiciones en las que debe finalizarse una determinada unidad de obra, para que no interfiera negativamente en el proceso de ejecución del resto de unidades.

Una vez terminados los trabajos correspondientes a la ejecución de cada unidad de obra, el contratista retirará los medios auxiliares y procederá a la limpieza del elemento realizado y de las zonas de trabajo, recogiendo los restos de materiales y demás residuos originados por las operaciones realizadas para ejecutar la unidad de obra, siendo todos ellos clasificados, cargados y transportados a centro de reciclaje, vertedero específico o centro de acogida o transferencia.

PRUEBAS DE SERVICIO

En aquellas unidades de obra que sea necesario, se indican las pruebas de servicio a realizar por el propio contratista o empresa instaladora, cuyo coste se encuentra incluido en el propio precio de la unidad de obra.

Aquellas otras pruebas de servicio o ensayos que no están incluidos en el precio de la unidad de obra, y que es obligatoria su realización por medio de laboratorios acreditados se encuentran detalladas y

presupuestadas, en el correspondiente capítulo X de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución Material (PEM).

Por ejemplo, esto es lo que ocurre en la unidad de obra ADP010, donde se indica que no está incluido en el precio de la unidad de obra el coste del ensayo de densidad y humedad "in situ".

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

En algunas unidades de obra se establecen las condiciones en que deben protegerse para la correcta conservación y mantenimiento en obra, hasta su recepción final.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Indica cómo se comprobarán en obra las mediciones de Proyecto, una vez superados todos los controles de calidad y obtenida la aceptación final por parte del director de ejecución de la obra.

La medición del número de unidades de obra que ha de abonarse se realizará, en su caso, de acuerdo con las normas que establece este capítulo, tendrá lugar en presencia y con intervención del contratista, entendiendo que éste renuncia a tal derecho si, avisado oportunamente, no compareciere a tiempo. En tal caso, será válido el resultado que el director de ejecución de la obra consigne.

Todas las unidades de obra se abonarán a los precios establecidos en el Presupuesto. Dichos precios se abonarán por las unidades terminadas y ejecutadas con arreglo al presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.

Estas unidades comprenden el suministro, cánones, transporte, manipulación y empleo de los materiales, maquinaria, medios auxiliares, mano de obra necesaria para su ejecución y costes indirectos derivados de estos conceptos, así como cuantas necesidades circunstanciales se requieran para la ejecución de la obra, tales como indemnizaciones por daños a terceros u ocupaciones temporales y costos de obtención de los permisos necesarios, así como de las operaciones necesarias para la reposición de servidumbres y servicios públicos o privados afectados tanto por el proceso de ejecución de las obras como por las instalaciones auxiliares.



Igualmente, aquellos conceptos que se especifican en la definición de cada unidad de obra, las operaciones descritas en el proceso de ejecución, los ensayos y pruebas de servicio y puesta en funcionamiento, inspecciones, permisos, boletines, licencias, tasas o similares.

No será de abono al contratista mayor volumen de cualquier tipo de obra que el definido en los planos o en las modificaciones autorizadas por la Dirección Facultativa. Tampoco le será abonado, en su caso, el coste de la restitución de la obra a sus dimensiones correctas, ni la obra que hubiese tenido que realizar por orden de la Dirección Facultativa para subsanar cualquier defecto de ejecución.

TERMINOLOGÍA APLICADA EN EL CRITERIO DE MEDICIÓN.

A continuación, se detalla el significado de algunos de los términos utilizados en los diferentes capítulos de obra.

ESTRUCTURAS

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones de los elementos estructurales hubieran quedado con mayores dimensiones.

ESTRUCTURAS METÁLICAS

Peso nominal medido. Serán los kg que resulten de aplicar a los elementos estructurales metálicos los pesos nominales que, según dimensiones y tipo de acero, figuren en tablas.

ESTRUCTURAS (FORJADOS)

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se medirá la superficie de los forjados de cara exterior a cara exterior de los zunchos que delimitan el perímetro de su superficie, descontando únicamente los huecos o pasos de forjados que tengan una superficie mayor de $X \text{ m}^2$.

En los casos de dos paños formados por forjados diferentes, objeto de precios unitarios distintos, que apoyen o empotren en una jácena o muro de carga común a ambos paños, cada una de las unidades de obra de forjado se medirá desde fuera a cara exterior de los elementos delimitadores al eje de la jácena o muro de carga común.

En los casos de forjados inclinados se tomará en verdadera magnitud la superficie de la cara inferior del forjado, con el mismo criterio anteriormente señalado para la deducción de huecos.

ESTRUCTURAS (MUROS)

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se aplicará el mismo criterio que para fachadas y particiones.

INSTALACIONES

Longitud realmente ejecutada. Medición según desarrollo longitudinal resultante, considerando, en su caso, los tramos ocupados por piezas especiales.

REVESTIMIENTOS (YESOS Y ENFOCADOS DE CEMENTO)

Deduciendo, en los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$, el exceso sobre los $X \text{ m}^2$. Los paramentos verticales y horizontales se medirán a cinta corrida, sin descontar huecos de superficie menor a $X \text{ m}^2$. Para huecos de mayor superficie, se descontará únicamente el exceso sobre esta superficie. En ambos casos se considerará incluida la ejecución de mochetas, fondos de dinteles y aristados. Los paramentos que tengan armarios empotrados no serán objeto de descuento, sea cual fuere su dimensión.

2.2.1.- Estructuras

Unidad de obra EAS010

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

La zona de soldadura no se pintará.

No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.



NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución:

- CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero.

- UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

- Instrucción de Acero Estructural (EAE).

- NTE-EAS. Estructuras de acero: Soportes.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

AMBIENTALES

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

DEL CONTRATISTA

Presentará para su aprobación, al director de la ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional del pilar. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.

Unidad de obra EAV010**MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.**

La zona de soldadura no se pintará.

No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución:

- CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero.

- UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

- Instrucción de Acero Estructural (EAE).

- NTE-EAV. Estructuras de acero: Vigas.



CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

AMBIENTALES

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0 °C.

DEL CONTRATISTA

Presentará para su aprobación, al director de la ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la viga. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.



Unidad de obra EAV010b

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

La zona de soldadura no se pintará.

No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución:

- CTE. DB-SE-A Seguridad estructural: Acero.

- UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

- Instrucción de Acero Estructural (EAE).

- NTE-EAV. Estructuras de acero: Vigas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

AMBIENTALES

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

DEL CONTRATISTA

Presentará para su aprobación, al director de la ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las



indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la viga. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.

Unidad de obra EHL010

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Losa maciza de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 24 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante y agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros.



NORMATIVA DE APLICACIÓN

Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón:

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Montaje y desmontaje del sistema de encofrado:

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

- NTE-EME. Estructuras de madera: Encofrados.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Superficie medida en verdadera magnitud desde las caras exteriores de los zunchos del perímetro, según documentación gráfica de Proyecto, deduciendo los huecos de superficie mayor de 6 m².

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

AMBIENTALES

Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40 °C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0 °C.

DEL CONTRATISTA

Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del director de la ejecución de la obra.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo del sistema de encofrado. Montaje del sistema de encofrado. Replanteo de la geometría de la planta sobre el encofrado. Colocación de armaduras con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Regleado y nivelación de la capa de compresión. Curado del hormigón. Desmontaje del sistema de encofrado.



CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La losa será monolítica y transmitirá correctamente las cargas. La superficie quedará uniforme y sin irregularidades.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá, en verdadera magnitud, desde las caras exteriores de los zunchos del perímetro, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, deduciendo los huecos de superficie mayor de 6 m².

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye los pilares.

Unidad de obra EHL010b

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Losa maciza de hormigón armado, inclinada, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 24 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante y agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón:

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Montaje y desmontaje del sistema de encofrado:

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

- NTE-EME. Estructuras de madera: Encofrados.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Superficie medida en verdadera magnitud desde las caras exteriores de los zunchos del perímetro, según documentación gráfica de Proyecto, deduciendo los huecos de superficie mayor de 6 m².

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

AMBIENTALES

Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40 °C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0 °C.

DEL CONTRATISTA

Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del director de la ejecución de la obra.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Replanteo del sistema de encofrado. Montaje del sistema de encofrado. Replanteo de la geometría de la planta sobre el encofrado. Colocación de armaduras con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Regleado y nivelación de la capa de compresión. Curado del hormigón. Desmontaje del sistema de encofrado.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La losa será monolítica y transmitirá correctamente las cargas. La superficie quedará uniforme y sin irregularidades.



CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá, en verdadera magnitud, desde las caras exteriores de los zunchos del perímetro, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, deduciendo los huecos de superficie mayor de 6 m².

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye los pilares.

2.2.2.- Fachadas y particiones

Unidad de obra FEF020

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Muro de carga de 20 cm de espesor de fábrica de bloque de hormigón celular, bloque liso, 62,5x25x20 cm, resistencia normalizada 4 N/mm², densidad 500 kg/m³, conductividad térmica 0,125 W/(mK), para revestir, recibida con mortero para juntas finas.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución:

- CTE. DB-SE-F Seguridad estructural: Fábrica.

- NTE-EFB. Estructuras: Fábrica de bloques.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 2 m².



CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE

Se comprobará que el plano de apoyo tiene la resistencia necesaria, es horizontal, y presenta una superficie limpia.

AMBIENTALES

Se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C o superior a 35°C, llueva, nieve o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Limpieza y preparación de la superficie soporte. Replanteo, planta a planta. Colocación y aplomado de miras de referencia. Tendido de hilos entre miras. Colocación de plomos fijos en las aristas. Corte y lijado de las piezas. Colocación de las piezas por hiladas a nivel. Resolución de esquinas y encuentros. Limpieza.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

La fábrica quedará monolítica, estable frente a esfuerzos horizontales, plana y aplomada. Tendrá una composición uniforme en toda su altura y buen aspecto.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá la obra recién ejecutada frente a lluvias, heladas y temperaturas elevadas. Se evitará el vertido sobre la fábrica de productos que puedan ocasionar falta de adherencia con el posterior revestimiento. Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 2 m².

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio no incluye los zunchos horizontales ni la formación de los dinteles de los huecos del paramento.



2.2.3.- Revestimientos y trasdosados

Unidad de obra RNE010b

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color a elegir, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre viga formada por piezas simples de perfiles laminados de acero.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución: NTE-RPP. Revestimientos de paramentos: Pinturas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE

Se comprobará que la superficie soporte está limpia de óxidos, seca, libre de aceites, grasas o cualquier resto de suciedad que pudiera perjudicar a la adherencia del producto.

Se comprobará que la imprimación ha sido aplicada.

AMBIENTALES

Se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 °C, llueva o nieve.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Preparación y limpieza de la superficie soporte. Aplicación de dos manos de acabado.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

Tendrá buen aspecto.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente al polvo durante el tiempo de secado y, posteriormente, frente a acciones químicas y mecánicas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio no incluye la imprimación previa del soporte.

Unidad de obra RNE010c**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color a elegir, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre pilar formado por piezas simples de perfiles laminados de acero.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución: NTE-RPP. Revestimientos de paramentos: Pinturas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA**DEL SOPORTE**

Se comprobará que la superficie soporte está limpia de óxidos, seca, libre de aceites, grasas o cualquier resto de suciedad que pudiera perjudicar a la adherencia del producto.

Se comprobará que la imprimación ha sido aplicada.

AMBIENTALES

Se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 °C, llueva o nieve.



PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Preparación y limpieza de la superficie soporte. Aplicación de dos manos de acabado.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

Tendrá buen aspecto.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente al polvo durante el tiempo de secado y, posteriormente, frente a acciones químicas y mecánicas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio no incluye la imprimación previa del soporte.

Unidad de obra RNE021

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color a elegir, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre verja de chapa perforada, de acero galvanizado o metal no férreo.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución: NTE-RPP. Revestimientos de paramentos: Pinturas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Superficie del polígono envolvente, medida según documentación gráfica de Proyecto, por una sola cara, sin descontar huecos.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE

Se comprobará que la superficie soporte está limpia de óxidos, seca, libre de aceites, grasas o cualquier resto de suciedad que pudiera perjudicar a la adherencia del producto.

Se comprobará que la imprimación ha sido aplicada.

AMBIENTALES

Se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 °C, llueva o nieve.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Preparación y limpieza de la superficie soporte. Aplicación de dos manos de acabado.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

Tendrá buen aspecto.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente al polvo durante el tiempo de secado y, posteriormente, frente a acciones químicas y mecánicas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá la superficie del polígono envolvente de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto, por una sola cara.

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio no incluye la imprimación previa del soporte.

Unidad de obra RNE021c

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color a elegir, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre verja de chapa perforada, de acero galvanizado o metal no férreo.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Ejecución: NTE-RPP. Revestimientos de paramentos: Pinturas.



CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Superficie del polígono envolvente, medida según documentación gráfica de Proyecto, por una sola cara, sin descontar huecos.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE

Se comprobará que la superficie soporte está limpia de óxidos, seca, libre de aceites, grasas o cualquier resto de suciedad que pudiera perjudicar a la adherencia del producto.

Se comprobará que la imprimación ha sido aplicada.

AMBIENTALES

Se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 °C, llueva o nieve.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN

Preparación y limpieza de la superficie soporte. Aplicación de dos manos de acabado.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

Tendrá buen aspecto.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se protegerá frente al polvo durante el tiempo de secado y, posteriormente, frente a acciones químicas y mecánicas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá la superficie del polígono envolvente de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto, por una sola cara.

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio no incluye la imprimación previa del soporte.

2.3.- Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado

De acuerdo con el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", en la obra terminada, bien sobre el edificio en su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el presente pliego, por parte del constructor, y a su cargo, independientemente de las ordenadas por la Dirección Facultativa y las exigidas por la legislación aplicable, que serán realizadas por laboratorio acreditado y cuyo coste se especifica detalladamente en el capítulo de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución material (PEM) del proyecto.

E ESTRUCTURAS

Una vez finalizada la ejecución de cada fase de la estructura, al entrar en carga se comprobará visualmente su eficaz comportamiento, verificando que no se producen deformaciones no previstas en el proyecto ni aparecen grietas en los elementos estructurales.

En caso contrario y cuando se aprecie algún problema, se deben realizar pruebas de carga, cuyo coste será a cargo de la empresa constructora, para evaluar la seguridad de la estructura, en su totalidad o de una parte de ella. Estas pruebas de carga se realizarán de acuerdo con un Plan de Ensayos que evalúe la viabilidad de las pruebas, por una organización con experiencia en este tipo de trabajos, dirigida por un técnico competente.

F FACHADAS Y PARTICIONES

Prueba de escorrentía para comprobar la estanqueidad al agua de una zona de fachada mediante simulación de lluvia sobre la superficie de prueba, en el paño más desfavorable.

2.4.- Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición

El correspondiente Estudio de Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición, contendrá las siguientes prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de la obra:

El depósito temporal de los escombros se realizará en contenedores metálicos con la ubicación y condiciones establecidas en las ordenanzas municipales, o bien en sacos industriales con un volumen inferior a un metro cúbico, quedando debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.



Aquellos residuos valorizables, como maderas, plásticos, chatarra, etc., se depositarán en contenedores debidamente señalizados y segregados del resto de residuos, con el fin de facilitar su gestión.

Los contenedores deberán estar pintados con colores vivos, que sean visibles durante la noche, y deben contar con una banda de material reflectante de, al menos, 15 centímetros a lo largo de todo su perímetro, figurando de forma clara y legible la siguiente información:

- Razón social.
- Código de Identificación Fiscal (C.I.F.).
- Número de teléfono del titular del contenedor/envase.
- Número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos del titular del contenedor.

Dicha información deberá quedar también reflejada a través de adhesivos o placas, en los envases industriales u otros elementos de contención.

El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas pertinentes para evitar que se depositen residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos fuera del horario de trabajo, con el fin de evitar el depósito de restos ajenos a la obra y el derramamiento de los residuos.

En el equipo de obra se deberán establecer los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de RCD.

Se deberán cumplir las prescripciones establecidas en las ordenanzas municipales, los requisitos y condiciones de la licencia de obra, especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición, debiendo el constructor o el jefe de obra realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, considerando las posibilidades reales de llevarla a cabo, es decir, que la obra o construcción lo permita y que se disponga de plantas de reciclaje o gestores adecuados.

El constructor deberá efectuar un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCD presenten los vales de cada retirada y entrega en destino final. En el caso de que los residuos se reutilicen en otras obras o proyectos de restauración, se deberá aportar evidencia documental del destino final.

Los restos derivados del lavado de las canaletas de las cubas de suministro de hormigón prefabricado serán considerados como residuos y gestionados como le corresponde (LER 17 01 01).

Se evitará la contaminación mediante productos tóxicos o peligrosos de los materiales plásticos, restos de madera, acopios o contenedores de escombros, con el fin de proceder a su adecuada segregación.



Las tierras superficiales que puedan destinarse a jardinería o a la recuperación de suelos degradados, serán cuidadosamente retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, dispuestas en caballones de altura no superior a 2 metros, evitando la humedad excesiva, su manipulación y su contaminación.

V. PRESUPUESTO

Presupuesto.

- Cuadro de Precios Unitarios. MO, MT, MQ.
- Cuadro de Precios Auxiliares y Descompuestos.
- Cuadro de Precios nº1. En Letra.
- Cuadro de Precios nº2. MO, MT, MQ, RESTOS DE OBRA, COSTES INDIRECTOS.
- Presupuesto con Medición Detallada. Por capítulos.
- Resumen de Presupuesto. PEM, PEC, PCA.

Cuadro de mano de obra

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad (Horas)	Total (Euros)
1	Operación de mecanizado de piezas, con maquinaria especializada y operario cualificado	60,000	99,402 h	5.964,12
2	Oficial 1ª construcción en trabajos de albañilería.	16,980	27,465 h	466,22
3	Oficial 1ª pintor.	16,980	117,807 h	2.000,40
4	Oficial 1ª ferrallista.	17,740	12,833 h	227,59
5	Oficial 1ª encofrador.	17,740	27,097 h	480,77
6	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	17,740	2,674 h	47,46
7	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	17,740	53,905 h	957,28
8	Ayudante pintor.	16,570	11,799 h	195,23
9	Ayudante ferrallista.	17,310	10,694 h	185,15
10	Ayudante encofrador.	17,310	27,097 h	468,97
11	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	17,310	10,995 h	190,16
12	Ayudante montador de estructura metálica.	17,310	39,055 h	675,73
13	Peón ordinario construcción en trabajos de albañilería.	16,270	27,465 h	446,60
			Importe total:	12.305,68

Cuadro de materiales

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad Empleada	Total (Euros)
1	Acero AISI 1050 CD	0,600	134,346 kg	80,62
2	Cilindro de Aluminio 2024 T3	4,000	746,292 kg	2.985,20
3	Acero Inoxidable AISI 430	0,641	1,228 kg	0,76
4	Chapa de aluminio 2024 T3	4,000	626,566 kg	2.506,22
5	Acero para construcciones mecánicas E295	0,700	122,988 kg	86,14
6	Bloque de hormigón celular, bloque liso, 62,5x25x20 cm, resistencia normalizada 4 N/mm ² , categoría I, densidad 500 kg/m ³ , conductividad térmica 0,125 W/(mK), para revestir, según UNE-EN 771-4.	4,460	387,744 Ud	1.729,27
7	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	0,810	701,820 kg	568,47
8	Separador homologado para losas macizas.	0,080	100,260 Ud	8,02
9	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales, de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	0,960	1.990,398 kg	1.910,78
10	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales, de las series L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	1,030	178,604 kg	183,96
11	Madera de pino.	236,320	0,100 m ³	23,73
12	Agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros.	1,930	5,013 l	9,69
13	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	1,960	1,003 l	2,01
14	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	37,210	1,470 m ²	54,81
15	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	84,340	0,234 m ²	19,72
16	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	1,090	8,422 kg	9,02
17	Puntas de acero de 20x100 mm.	6,950	1,337 kg	9,36
18	Mortero para juntas finas, compuesto por cemento blanco, cal grasa, arena silíceas y aditivo retenedor de agua a base de celulosa, de aplicación en fábricas de bloque de hormigón celular, suministrado en sacos de 25 kg, según UNE-EN 998-2.	0,550	230,800 kg	126,94
19	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	64,630	8,422 m ³	544,41
20	Esmalte sintético de secado rápido, para exterior, color a elegir, acabado brillante, a base de resinas alquídicas, pigmentos orgánicos, pigmentos inorgánicos, pigmentos antioxidantes y disolvente formulado a base de una mezcla de hidrocarburos, para aplicar con brocha, rodillo o pistola sobre superficies metálicas.	13,260	8,099 l	107,29
21	Esmalte de poliuretano color a elegir, acabado brillante, a base de resinas acrílicas hidroxiladas, isocianatos alifáticos, pigmentos minerales, pigmentos orgánicos y disolvente formulado a base de una mezcla de hidrocarburos y disolvente cetónico, de muy alta resistencia a la corrosión, para aplicar con pistola sobre superficies metálicas.	20,640	26,981 l	557,16

Cuadro de materiales

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad Empleada	Total (Euros)
22	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	13,390	0,902 Ud	12,03
			Importe total:	11.535,61

Cuadro de maquinaria

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad	Total (Euros)
1	Alquiler diario de cesta elevadora de brazo articulado, motor diesel, de 16 m de altura máxima de trabajo, incluso mantenimiento y seguro de responsabilidad civil.	119,520	0,683 Ud	81,53
2	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	3,160	48,329 h	154,89
			Importe total:	236,42

Cuadro de precios auxiliares

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1 EDIFICIO				
1.1	FEF020	m ²	Muro de carga de 20 cm de espesor de fábrica de bloque de hormigón celular, bloque liso, 62,5x25x20 cm, resistencia normalizada 4 N/mm², densidad 500 kg/m³, conductividad térmica 0,125 W/(mK), para revestir, recibida con mortero para juntas finas.	
	mt02bhc010a	6,720 Ud	Bloque de hormigón celular, bloque liso,...	4,460
	mt09mif065a	4,000 kg	Mortero para juntas finas, compuesto p...	0,550
	mo021	0,476 h	Oficial 1ª construcción en trabajos de al...	16,980
	mo114	0,476 h	Peón ordinario construcción en trabajos...	16,270
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	47,990
		3,000 %	Costes indirectos	48,950
Precio total por m²				50,42
Son cincuenta Euros con cuarenta y dos céntimos				
1.2	EHL010	m ²	Losa maciza de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 24 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante y agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros.	
	mt08eft030a	0,044 m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm d...	37,210
	mt08eva030	0,007 m ²	Estructura soporte para encofrado recu...	84,340
	mt50spa081a	0,027 Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 ...	13,390
	mt08cim030b	0,003 m ³	Madera de pino.	236,320
	mt08var060	0,040 kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	6,950
	mt08dba010b	0,030 l	Agente desmoldeante, a base de aceite...	1,960
	mt07aco020i	3,000 Ud	Separador homologado para losas maci...	0,080
	mt07aco010c	21,000 kg	Ferralla elaborada en taller industrial co...	0,810
	mt08var050	0,252 kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 ...	1,090
	mt10haf010...	0,252 m ³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en ...	64,630
	mt08cur020a	0,150 l	Agente filmógeno para el curado de hor...	1,930
	mo044	0,762 h	Oficial 1ª encofrador.	17,740
	mo091	0,762 h	Ayudante encofrador.	17,310
	mo043	0,384 h	Oficial 1ª ferrallista.	17,740
	mo090	0,320 h	Ayudante ferrallista.	17,310
	mo045	0,080 h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de p...	17,740
	mo092	0,329 h	Ayudante estructurista, en trabajos de p...	17,310
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	83,910
		3,000 %	Costes indirectos	85,590
Precio total por m²				88,16
Son ochenta y ocho Euros con dieciseis céntimos				

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1.3	EHL010b	m ²	Losa maciza de hormigón armado, inclinada, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 24 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante y agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros.	
	mt08eft030a	0,044 m ²	Tablero de madera tratada, de 22 mm d...	37,210
	mt08eva030	0,007 m ²	Estructura soporte para encofrado recu...	84,340
	mt50spa081a	0,027 Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 ...	13,390
	mt08cim030b	0,003 m ³	Madera de pino.	236,320
	mt08var060	0,040 kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	6,950
	mt08dba010b	0,030 l	Agente desmoldeante, a base de aceite...	1,960
	mt07aco020i	3,000 Ud	Separador homologado para losas maci...	0,080
	mt07aco010c	21,000 kg	Ferralla elaborada en taller industrial co...	0,810
	mt08var050	0,252 kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 ...	1,090
	mt10haf010...	0,252 m ³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en ...	64,630
	mt08cur020a	0,150 l	Agente filmógeno para el curado de hor...	1,930
	mo044	0,846 h	Oficial 1ª encofrador.	17,740
	mo091	0,846 h	Ayudante encofrador.	17,310
	mo043	0,384 h	Oficial 1ª ferrallista.	17,740
	mo090	0,320 h	Ayudante ferrallista.	17,310
	mo045	0,080 h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de p...	17,740
	mo092	0,329 h	Ayudante estructurista, en trabajos de p...	17,310
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	86,850
		3,000 %	Costes indirectos	88,590
Precio total por m²				91,25
Son noventa y un Euros con veinticinco céntimos				
1.4	CCIIIE316La	ud	CC IIE316L 2000X1000 , ACTUADOR ELECTRICO A 2100mm PARA CARGA DE AGUA MAXIMA 1MCA. Cuerpo , tablero y husillo en inoxidable inox 316. Cierre epdm Bidireccional. Accionamiento ELECTRICO on off 400v50hz.	
			Sin descomposición	6.000,000
		3,000 %	Costes indirectos	6.000,000
Precio total redondeado por ud				6.180,00
Son seis mil ciento ochenta Euros				
1.5	CCIIIE316Lb	ud	CC IIE316L 1044X1000 , ACTUADOR ELECTRICO A 2100mm PARA CARGA DE AGUA MAXIMA 1MCA. Cuerpo , tablero y husillo en inoxidable inox 316. Cierre epdm Bidireccional. Accionamiento ELECTRICO on off 400v50hz.	
			Sin descomposición	4.500,000
		3,000 %	Costes indirectos	4.500,000
Precio total redondeado por ud				4.635,00
Son cuatro mil seiscientos treinta y cinco Euros				

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
2 ESTRUCTURA				
2.1	EAS010	kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.	
	mt07ala010...	1,000 kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275J...	0,960
	mq08sol020	0,020 h	Equipo y elementos auxiliares para sold...	3,160
	mo047	0,022 h	Oficial 1ª montador de estructura metáli...	17,740
	mo094	0,022 h	Ayudante montador de estructura metáli...	17,310
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	1,790
		3,000 %	Costes indirectos	1,830
			Precio total redondeado por kg	1,88
Son un Euro con ochenta y ocho céntimos				
2.2	EAV010	kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.	
	mt07ala010...	1,000 kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275J...	0,960
	mq08sol020	0,024 h	Equipo y elementos auxiliares para sold...	3,160
	mo047	0,027 h	Oficial 1ª montador de estructura metáli...	17,740
	mo094	0,015 h	Ayudante montador de estructura metáli...	17,310
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	1,780
		3,000 %	Costes indirectos	1,820
			Precio total redondeado por kg	1,87
Son un Euro con ochenta y siete céntimos				
2.3	EAV010b	kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.	
	mt07ala010...	1,000 kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275J...	1,030
	mq08sol020	0,024 h	Equipo y elementos auxiliares para sold...	3,160
	mo047	0,027 h	Oficial 1ª montador de estructura metáli...	17,740
	mo094	0,015 h	Ayudante montador de estructura metáli...	17,310
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	1,850
		3,000 %	Costes indirectos	1,890
			Precio total redondeado por kg	1,95
Son un Euro con noventa y cinco céntimos				

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
3 COMPONENTES				
3.1 RUEDA HIDRÁULICA				
3.1.1	P004	ud	PALA DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Espesor de 20 mm, longitud radial de 400 mm y ancho de 1000 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	
	OP2		0,250 h Técnico mecanizado	60,000
	M1		4,565 kg Chapa de aluminio 2024 T3	4,000
			3,000 % Costes indirectos	33,260
			Precio total redondeado por ud	34,26
Son treinta y cuatro Euros con veintiseis céntimos				
3.1.2	P005	ud	BUJE DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Longitud de 100 mm, diámetro de 125 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	
	OP2		1,666 h Técnico mecanizado	60,000
	M1		2,098 kg Chapa de aluminio 2024 T3	4,000
			3,000 % Costes indirectos	108,350
			Precio total redondeado por ud	111,60
Son ciento once Euros con sesenta céntimos				
3.1.3	P006	ud	CARA LATERAL DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Espesor de 2 mm y radio exterior de 5000 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	
	OP2		0,133 h Técnico mecanizado	60,000
	M1		31,473 kg Chapa de aluminio 2024 T3	4,000
			3,000 % Costes indirectos	133,870
			Precio total redondeado por ud	137,89
Son ciento treinta y siete Euros con ochenta y nueve céntimos				
3.1.4	P007	ud	LLANTA DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Espesor de 2 mm y diámetro exterior de 4200 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	
	OP2		0,133 h Técnico mecanizado	60,000
	M1		71,400 kg Chapa de aluminio 2024 T3	4,000
			3,000 % Costes indirectos	293,580
			Precio total redondeado por ud	302,39
Son trescientos dos Euros con treinta y nueve céntimos				
3.1.5	P008	ud	RADIO DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Longitud de 2052 mm, perfil de 62.5 x100 y espesor de chapa de 2 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	
	OP2		0,333 h Técnico mecanizado	60,000
	M1		3,611 kg Chapa de aluminio 2024 T3	4,000
			3,000 % Costes indirectos	34,420
			Precio total redondeado por ud	35,45
Son treinta y cinco Euros con cuarenta y cinco céntimos				
3.2 MECANISMO DE TRANSMISIÓN				
3.2.1	P009	ud	BALANCÍN. Elemento circular de 575 mm de radio, anchura de 50 mm y espesor de chapa de 2 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	
	OP2		1,333 h Técnico mecanizado	60,000
	M1		15,639 kg Chapa de aluminio 2024 T3	4,000
			3,000 % Costes indirectos	142,540
			Precio total redondeado por ud	146,82
Son ciento cuarenta y seis Euros con ochenta y dos céntimos				

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
3.2.2	P010	ud	MANIVELA. Longitud entre ejes de 352,6 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	
	OP2	5,000 h	Técnico mecanizado	60,000
	M1	11,267 kg	Chapa de aluminio 2024 T3	4,000
		3,000 %	Costes indirectos	345,070
			Precio total redondeado por ud	355,42
			Son trescientos cincuenta y cinco Euros con cuarenta y dos céntimos	
3.2.3	P011	ud	BIELA. Longitud entre ejes de 5.012,5 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	
	OP2	1,000 h	Técnico mecanizado	60,000
	M1	9,813 kg	Chapa de aluminio 2024 T3	4,000
		3,000 %	Costes indirectos	99,250
			Precio total redondeado por ud	102,23
			Son ciento dos Euros con veintitres céntimos	
3.2.4	P012	ud	LUNETO. Elemento semicircular de 500 mm de radio entre su eje y los bulones. Ancho de 50 mm y espesor de chapa de 2 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	
	OP2	1,333 h	Técnico mecanizado	60,000
	M1	8,894 kg	Chapa de aluminio 2024 T3	4,000
		3,000 %	Costes indirectos	115,560
			Precio total redondeado por ud	119,03
			Son ciento diecinueve Euros con tres céntimos	
3.2.5	P013	ud	BAQUETÓN. Elemento largo y delgado, distancia entre ejes de 3.612,125mm y perfil 40x20 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	
	OP2	0,666 h	Técnico mecanizado	60,000
	M03	7,924 kg	Aluminio 2024 T3	4,000
		3,000 %	Costes indirectos	71,660
			Precio total redondeado por ud	73,81
			Son setenta y tres Euros con ochenta y un céntimos	
3.2.6	P015	m	CADENA DE TRANSMISIÓN. Fabricada en acero inoxidable ASIS 430.	
			Sin descomposición	4,500
		3,000 %	Costes indirectos	4,500
			Precio total redondeado por m	4,64
			Son cuatro Euros con sesenta y cuatro céntimos	
			3.3 BOMBA	
3.3.1	P018	ud	CUERPO DE BOMBA. Diámetro exterior de 320 mm y diámetro interior 146 mm. Fabricada en Aluminio 2024 T3 y recubierta de pintura color bronce	
	OP2	2,000 h	Técnico mecanizado	60,000
	M03	148,013 kg	Aluminio 2024 T3	4,000
		3,000 %	Costes indirectos	712,050
			Precio total redondeado por ud	733,41
			Son setecientos treinta y tres Euros con cuarenta y un céntimos	
3.3.2	P020	ud	ACOPLE BOMBA-PILAR. Fabricado en Aluminio 2024 T3, con capa de pintura color bronce.	
	OP2	1,333 h	Técnico mecanizado	60,000
	M03	4,535 kg	Aluminio 2024 T3	4,000
		3,000 %	Costes indirectos	98,120
			Precio total redondeado por ud	101,06
			Son ciento un Euros con seis céntimos	

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
3.3.3	P022	ud	ALCACHOFA. Fabricada en Aluminio 2024 T3, con capa de pintura color bronce.	
	OP2		2,500 h Técnico mecanizado	60,000
	M03		19,244 kg Aluminio 2024 T3	4,000
			3,000 % Costes indirectos	226,980
			Precio total redondeado por ud	150,00
				76,98
				6,81
				233,79
			Son doscientos treinta y tres Euros con setenta y nueve céntimos	
3.3.4	P014c	ud	Bulón de acero AISI 1050 CD para la unión entre el pistón y el baquetón	
	OP2		0,020 h Técnico mecanizado	60,000
	M02		0,229 kg Acero AISI 1050 CD	0,600
			3,000 % Costes indirectos	1,340
			Precio total redondeado por ud	1,20
				0,14
				0,04
				1,38
			Son un Euro con treinta y ocho céntimos	
3.3.5	P014a	ud	PISTÓN. Fabricado en Aluminio 2024 T3, con capa de pintura de color bronce.	
	OP2		2,000 h Técnico mecanizado	60,000
	M03		6,857 kg Aluminio 2024 T3	4,000
			3,000 % Costes indirectos	147,430
			Precio total redondeado por ud	120,00
				27,43
				4,42
				151,85
			Son ciento cincuenta y un Euros con ochenta y cinco céntimos	
3.3.6	P014b	ud	SEGMENTO. Junta de estanqueidad de caucho hecha a medida para pistón de 146 mm de diámetro	
			Sin descomposición	3,000
			3,000 % Costes indirectos	3,000
			Precio total redondeado por ud	0,09
				3,09
			Son tres Euros con nueve céntimos	
3.3.7	P023	ud	TAPA DE LA VÁLVULA DE ASPIRACIÓN. Fabricada en acero inoxidable AISI 430	
	OP2		0,500 h Técnico mecanizado	60,000
	M04		0,164 kg Acero inoxidable AISI 430	0,641
			3,000 % Costes indirectos	30,110
			Precio total redondeado por ud	30,00
				0,11
				0,90
				31,01
			Son treinta y un Euros con un céntimo	
3.3.8	P024	ud	TAPA DE LA VÁLVULA DE IMPULSIÓN. Fabricada en acero inoxidable AISI 430	
	OP2		0,500 h Técnico mecanizado	60,000
	M04		0,131 kg Acero inoxidable AISI 430	0,641
			3,000 % Costes indirectos	30,080
			Precio total redondeado por ud	30,00
				0,08
				0,90
				30,98
			Son treinta Euros con noventa y ocho céntimos	
3.3.9	P0235a	ud	BISAGRA. Fabricada en acero inoxidable AISI 430	
	OP2		0,500 h Técnico mecanizado	60,000
			3,000 % Costes indirectos	30,000
			Precio total redondeado por ud	30,00
				0,90
				30,90
			Son treinta Euros con noventa céntimos	

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
3.3.10	P0235b	ud	BULÓN VÁLVULA. Fabricada en acero inoxidable AISI 430	
	OP2		0,005 h Técnico mecanizado	60,000
			3,000 % Costes indirectos	0,300
			Precio total redondeado por ud	0,31
				Son treinta y un céntimos
3.3.11	P020a	m	TUBERÍA. Diámetro de 50 mm y 3,7 mm de espesor. Fabricada en PVC.	
			Sin descomposición	1,476
			3,000 % Costes indirectos	0,04
			Precio total redondeado por m	1,52
				Son un Euro con cincuenta y dos céntimos
			3.4 APOYOS	
3.4.1	P025	ud	EJE DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Eje rotatorio de dos perfiles: hexagonal de diagonal igual 37,5 mm y circular de diámetro 75 mm. Fabricado en acero AISI 1050 CD	
	OP2		2,500 h Técnico mecanizado	60,000
	M02		91,304 kg Acero AISI 1050 CD	0,600
			3,000 % Costes indirectos	204,780
			Precio total redondeado por ud	210,92
				Son doscientos diez Euros con noventa y dos céntimos
3.4.2	P026	ud	EJE DE BALANCINES. Eje hueco de diámetro interior de 70 mm. Fabricado en acero AISI 1050 CD	
	OP2		1,000 h Técnico mecanizado	60,000
	M02		21,063 kg Acero AISI 1050 CD	0,600
			3,000 % Costes indirectos	72,640
			Precio total redondeado por ud	74,82
				Son setenta y cuatro Euros con ochenta y dos céntimos
3.4.3	P27	ud	ACOPLE EJE RUEDA. Pieza diseñada para apoyar el eje de la rueda hidráulica y fijarse sobre la viga IPN 220. Fabricado en Acero E 295.	
	OP2		2,000 h Técnico mecanizado	60,000
	M4		13,926 kg Acero E295	0,700
			3,000 % Costes indirectos	129,750
			Precio total redondeado por ud	133,64
				Son ciento treinta y tres Euros con sesenta y cuatro céntimos
3.4.4	P028	ud	ACOPLE EJE BALANCINES. Pieza diseñada para apoyar el eje de balancines y lunetos, y fijarse sobre la viga IPN 220. Fabricado en Acero E 295.	
	OP2		2,000 h Técnico mecanizado	60,000
	M4		19,968 kg Acero E295	0,700
			3,000 % Costes indirectos	133,980
			Precio total redondeado por ud	138,00
				Son ciento treinta y ocho Euros
3.4.5	P029	ud	SOPORTE DE TUBERÍA. Fija la tubería a la estructura. Formado por una abrazadera que se atornilla a la base con 4 tornillos de paso medio M5. Fabricado en acero E295.	
	OP2		0,416 h Técnico mecanizado	60,000
	M4		1,908 kg Acero E295	0,700
			3,000 % Costes indirectos	26,300
			Precio total redondeado por ud	27,09
				Son veintisiete Euros con nueve céntimos

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
3.5 AUXILIARES				
3.5.1	A001	ud	Pasador DIN6325 3x30	
			Sin descomposición	0,067
		3,000 %	Costes indirectos	0,00
			Precio total redondeado por ud	0,07
				Son siete céntimos
3.5.2	A002	ud	Pasador DIN6325 5x100	
			Sin descomposición	0,316
		3,000 %	Costes indirectos	0,01
			Precio total redondeado por ud	0,33
				Son treinta y tres céntimos
3.5.3	A003	ud	Pasador DIN6325 10x140	
			Sin descomposición	1,400
		3,000 %	Costes indirectos	0,04
			Precio total redondeado por ud	1,44
				Son un Euro con cuarenta y cuatro céntimos
3.5.4	T216	ud	Tornillo M2x16	
			Sin descomposición	0,100
		3,000 %	Costes indirectos	0,00
			Precio total redondeado por ud	0,10
				Son diez céntimos
3.5.5	T525	ud	Tornillo M5x25	
			Sin descomposición	0,150
		3,000 %	Costes indirectos	0,00
			Precio total redondeado por ud	0,15
				Son quince céntimos
3.5.6	T1045	ud	Tornillo M10x45	
			Sin descomposición	0,200
		3,000 %	Costes indirectos	0,01
			Precio total redondeado por ud	0,21
				Son veintiun céntimos
3.5.7	T1055	ud	Tornillo M10x55	
			Sin descomposición	0,250
		3,000 %	Costes indirectos	0,01
			Precio total redondeado por ud	0,26
				Son veintiseis céntimos
3.5.8	T1665	ud	Tornillo M16x65	
			Sin descomposición	0,300
		3,000 %	Costes indirectos	0,01
			Precio total redondeado por ud	0,31
				Son treinta y un céntimos

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
3.5.9	T10	ud	Tuerca ISO4032 M10	
			Sin descomposición	0,170
		3,000 %	Costes indirectos	0,01
			Precio total redondeado por ud	0,18
				Son dieciocho céntimos
3.5.10	R6009	ud	Rodamiento 6009. Rodamiento de bolas impermeable del catálogo del fabricante SKF	
			Sin descomposición	13,864
		3,000 %	Costes indirectos	0,42
			Precio total redondeado por ud	14,28
				Son catorce Euros con veintiocho céntimos
3.5.11	R61815	ud	Rodamiento 61815. Rodamiento de bolas impermeable del catálogo del fabricante SKF	
			Sin descomposición	70,544
		3,000 %	Costes indirectos	2,12
			Precio total redondeado por ud	72,66
				Son setenta y dos Euros con sesenta y seis céntimos
3.5.12	R6015	ud	Rodamiento 6015. Rodamiento de bolas impermeable del catálogo del fabricante SKF	
			Sin descomposición	37,408
		3,000 %	Costes indirectos	1,12
			Precio total redondeado por ud	38,53
				Son treinta y ocho Euros con cincuenta y tres céntimos

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
4 RECUBRIMIENTOS				
4.1	RNE010b	m ²	Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color TITANLAK 2804 Caoba, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre viga formada por piezas simples de perfiles laminados de acero.	
	mt27eer030d	0,154 l	Esmalte sintético de secado rápido, par...	13,260
	mq07ple010bg	0,013 Ud	Alquiler diario de cesta elevadora de br...	119,520
	mo038	0,761 h	Oficial 1ª pintor.	16,980
	mo076	0,076 h	Ayudante pintor.	16,570
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	17,770
		3,000 %	Costes indirectos	18,130
			Precio total redondeado por m²	18,67
			Son dieciocho Euros con sesenta y siete céntimos	
4.2	RNE010c	m ²	Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color TITANLAK 2804 Caoba, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre pilar formado por piezas simples de perfiles laminados de acero.	
	mt27eer030d	0,154 l	Esmalte sintético de secado rápido, par...	13,260
	mq07ple010bg	0,013 Ud	Alquiler diario de cesta elevadora de br...	119,520
	mo038	0,663 h	Oficial 1ª pintor.	16,980
	mo076	0,065 h	Ayudante pintor.	16,570
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	15,930
		3,000 %	Costes indirectos	16,250
			Precio total redondeado por m²	16,74
			Son dieciseis Euros con setenta y cuatro céntimos	
4.3	RNE021	m ²	Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color TITANLAK 2808 Sapeli, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre elementos de aluminio de los componentes.	
	mt27eer080d	0,154 l	Esmalte de poliuretano color a elegir, a...	20,640
	mo038	0,457 h	Oficial 1ª pintor.	16,980
	mo076	0,046 h	Ayudante pintor.	16,570
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	11,700
		3,000 %	Costes indirectos	11,930
			Precio total redondeado por m²	12,29
			Son doce Euros con veintinueve céntimos	
4.4	RNE021c	m ²	Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color bronce, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre elementos de aluminio de los componentes.	
	mt27eer080d	0,154 l	Esmalte de poliuretano color a elegir, a...	20,640
	mo038	0,457 h	Oficial 1ª pintor.	16,980
	mo076	0,046 h	Ayudante pintor.	16,570
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	11,700
		3,000 %	Costes indirectos	11,930
			Precio total redondeado por m²	12,29
			Son doce Euros con veintinueve céntimos	
4.5	RNE021d	m ²	Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color gris forja, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre elementos de acero y aluminio de los componentes.	
	mt27eer080d	0,154 l	Esmalte de poliuretano color a elegir, a...	20,640
	mo038	0,457 h	Oficial 1ª pintor.	16,980
	mo076	0,046 h	Ayudante pintor.	16,570
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	11,700
		3,000 %	Costes indirectos	11,930
			Precio total redondeado por m²	12,29
			Son doce Euros con veintinueve céntimos	

Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
	1 EDIFICIO		
1.1	m² Muro de carga de 20 cm de espesor de fábrica de bloque de hormigón celular, bloque liso, 62,5x25x20 cm, resistencia normalizada 4 N/mm², densidad 500 kg/m³, conductividad térmica 0,125 W/(mK), para revestir, recibida con mortero para juntas finas.	50,42	CINCUENTA EUROS CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS
1.2	m² Losa maciza de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 24 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante y agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros.	88,16	OCHENTA Y OCHO EUROS CON DIECISEIS CÉNTIMOS
1.3	m² Losa maciza de hormigón armado, inclinada, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 24 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante y agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros.	91,25	NOVENTA Y UN EUROS CON VEINTICINCO CÉNTIMOS
1.4	ud CC IIE316L 2000X1000 , ACTUADOR ELECTRICO A 2100mm PARA CARGA DE AGUA MAXIMA 1MCA. Cuerpo , tablero y husillo en inoxidable inox 316. Cierre epdm Bidireccional. Accionamiento ELECTRICO on off 400v50hz.	6.180,00	SEIS MIL CIENTO OCHENTA EUROS
1.5	ud CC IIE316L 1044X1000 , ACTUADOR ELECTRICO A 2100mm PARA CARGA DE AGUA MAXIMA 1MCA. Cuerpo , tablero y husillo en inoxidable inox 316. Cierre epdm Bidireccional. Accionamiento ELECTRICO on off 400v50hz.	4.635,00	CUATRO MIL SEISCIENTOS TREINTA Y CINCO EUROS
	2 ESTRUCTURA		
2.1	kg Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.	1,88	UN EURO CON OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS
2.2	kg Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.	1,87	UN EURO CON OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS

Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
2.3	kg Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.	1,95	UN EURO CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS
	3 COMPONENTES		
	3.1 RUEDA HIDRÁULICA		
3.1.1	ud PALA DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Espesor de 20 mm, longitud radial de 400 mm y ancho de 1000 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	34,26	TREINTA Y CUATRO EUROS CON VEINTISEIS CÉNTIMOS
3.1.2	ud BUJE DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Longitud de 100 mm, diámetro de 125 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	111,60	CIENTO ONCE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS
3.1.3	ud CARA LATERAL DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Espesor de 2 mm y radio exterior de 5000 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	137,89	CIENTO TREINTA Y SIETE EUROS CON OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
3.1.4	ud LLANTA DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Espesor de 2 mm y diámetro exterior de 4200 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	302,39	TRESCIENTOS DOS EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS
3.1.5	ud RADIO DE LA REUDA HIDRÁULICA. Longitud de 2052 mm, perfil de 62.5 x100 y espesor de chapa de 2 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	35,45	TREINTA Y CINCO EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS
	3.2 MECANISMO DE TRANSMISIÓN		
3.2.1	ud BALANCÍN. Elemento circular de 575 mm de radio, anchura de 50 mm y espesor de chapa de 2 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	146,82	CIENTO CUARENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS
3.2.2	ud MANIVELA. Longitud entre ejes de 352,6 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	355,42	TRESCIENTOS CINCUENTA Y CINCO EUROS CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS
3.2.3	ud BIELA. Longitud entre ejes de 5.012,5 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	102,23	CIENTO DOS EUROS CON VEINTITRES CÉNTIMOS
3.2.4	ud LUNETO. Elemento semicircular de 500 mm de radio entre su eje y los bulones. Ancho de 50 mm y espesor de chapa de 2 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	119,03	CIENTO DIECINUEVE EUROS CON TRES CÉNTIMOS
3.2.5	ud BAQUETÓN. Elemento largo y delgado, distancia entre ejes de 3.612,125mm y perfil 40x20 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3	73,81	SETENTA Y TRES EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS
3.2.6	m CADENA DE TRANSMISIÓN. Fabricada en acero inoxidable ASIS 430.	4,64	CUATRO EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
	3.3 BOMBA		
3.3.1	ud CUERPO DE BOMBA. Diámetro exterior de 320 mm y diámetro interior 146 mm. Fabricada en Aluminio 2024 T3 y recubierta de pintura color bronce	733,41	SETECIENTOS TREINTA Y TRES EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS

Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
3.3.2	ud ACOUPLE BOMBA-PILAR. Fabricado en Aluminio 2024 T3, con capa de pintura color bronce.	101,06	CIENTO UN EUROS CON SEIS CÉNTIMOS
3.3.3	ud ALCACHOFA. Fabricada en Aluminio 2024 T3, con capa de pintura color bronce.	233,79	DOSCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
3.3.4	ud Bulón de acero AISI 1050 CD para la unión entre el pistón y el baquetón	1,38	UN EURO CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS
3.3.5	ud PISTÓN. Fabricado en Aluminio 2024 T3, con capa de pintura de color bronce.	151,85	CIENTO CINCUENTA Y UN EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS
3.3.6	ud SEGMENTO. Junta de estanqueidad de caucho hecha a medida para pistón de 146 mm de diámetro	3,09	TRES EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS
3.3.7	ud TAPA DE LA VÁLVULA DE ASPIRACIÓN. Fabricada en acero inoxidable AISI 430	31,01	TREINTA Y UN EUROS CON UN CÉNTIMO
3.3.8	ud TAPA DE LA VÁLVULA DE IMPULSIÓN. Fabricada en acero inoxidable AISI 430	30,98	TREINTA EUROS CON NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS
3.3.9	ud BISAGRA. Fabricada en acero inoxidable AISI 430	30,90	TREINTA EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS
3.3.10	ud BULÓN VÁLVULA. Fabricada en acero inoxidable AISI 430	0,31	TREINTA Y UN CÉNTIMOS
3.3.11	m TUBERÍA. Diámetro de 50 mm y 3,7 mm de espesor. Fabricada en PVC.	1,52	UN EURO CON CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS
3.4 APOYOS			
3.4.1	ud EJE DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Eje rotatorio de dos perfiles: hexagonal de diagonal igual 37,5 mm y circular de diámetro 75 mm. Fabricado en acero AISI 1050 CD	210,92	DOSCIENTOS DIEZ EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS
3.4.2	ud EJE DE BALANCINES. Eje hueco de diámetro interior de 70 mm. Fabricado en acero AISI 1050 CD	74,82	SETENTA Y CUATRO EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS
3.4.3	ud ACOUPLE EJE RUEDA. Pieza diseñada para apoyar el eje de la rueda hidráulica y fijarse sobre la viga IPN 220. Fabricado en Acero E 295.	133,64	CIENTO TREINTA Y TRES EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
3.4.4	ud ACOUPLE EJE BALANCINES. Pieza diseñada para apoyar el eje de balancines y lunetos, y fijarse sobre la viga IPN 220. Fabricado en Acero E 295.	138,00	CIENTO TREINTA Y OCHO EUROS
3.4.5	ud SOPORTE DE TUBERÍA. Fija la tubería a la estructura. Formado por una abrazadera que se atornilla a la base con 4 tornillos de paso medio M5. Fabricado en acero E295.	27,09	VEINTISIETE EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS
3.5 AUXILIARES			
3.5.1	ud Pasador DIN6325 3x30	0,07	SIETE CÉNTIMOS
3.5.2	ud Pasador DIN6325 5x100	0,33	TREINTA Y TRES CÉNTIMOS
3.5.3	ud Pasador DIN6325 10x140	1,44	UN EURO CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
3.5.4	ud Tornillo M2x16	0,10	DIEZ CÉNTIMOS

Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
3.5.5	ud Tornillo M5x25	0,15	QUINCE CÉNTIMOS
3.5.6	ud Tornillo M10x45	0,21	VEINTIUN CÉNTIMOS
3.5.7	ud Tornillo M10x55	0,26	VEINTISEIS CÉNTIMOS
3.5.8	ud Tornillo M16x65	0,31	TREINTA Y UN CÉNTIMOS
3.5.9	ud Tuerca ISO4032 M10	0,18	DIECIOCHO CÉNTIMOS
3.5.10	ud Rodamiento 6009. Rodamiento de bolas impermeable del catálogo del fabricante SKF	14,28	CATORCE EUROS CON VEINTIOCHO CÉNTIMOS
3.5.11	ud Rodamiento 61815. Rodamiento de bolas impermeable del catálogo del fabricante SKF	72,66	SETENTA Y DOS EUROS CON SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS
3.5.12	ud Rodamiento 6015. Rodamiento de bolas impermeable del catálogo del fabricante SKF	38,53	TREINTA Y OCHO EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS
4 RECUBRIMIENTOS			
4.1	m² Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color TITANLAK 2804 Caoba, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre viga formada por piezas simples de perfiles laminados de acero.	18,67	DIECIOCHO EUROS CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS
4.2	m² Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color TITANLAK 2804 Caoba, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre pilar formado por piezas simples de perfiles laminados de acero.	16,74	DIECISEIS EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
4.3	m² Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color TITANLAK 2808 Sapeli, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre elementos de aluminio de los componentes.	12,29	DOCE EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS
4.4	m² Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color bronce, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre elementos de aluminio de los componentes.	12,29	DOCE EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS
4.5	m² Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color gris forja, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre elementos de acero y aluminio de los componentes.	12,29	DOCE EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
	1 EDIFICIO		
1.1	m² Muro de carga de 20 cm de espesor de fábrica de bloque de hormigón celular, bloque liso, 62,5x25x20 cm, resistencia normalizada 4 N/mm², densidad 500 kg/m³, conductividad térmica 0,125 W/(mK), para revestir, recibida con mortero para juntas finas. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	15,82 32,17 0,96 1,47	50,42
1.2	m² Losa maciza de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 24 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante y agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	46,17 37,74 1,68 2,57	88,16
1.3	m² Losa maciza de hormigón armado, inclinada, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 24 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 21 kg/m²; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante y agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	49,11 37,74 1,74 2,66	91,25
1.4	ud CC IIE316L 2000X1000 , ACTUADOR ELECTRICO A 2100mm PARA CARGA DE AGUA MAXIMA 1MCA. Cuerpo , tablero y husillo en inoxidable inox 316. Cierre epdm Bidireccional. Accionamiento ELECTRICO on off 400v50hz. <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	6.000,00 180,00	6.180,00
1.5	ud CC IIE316L 1044X1000 , ACTUADOR ELECTRICO A 2100mm PARA CARGA DE AGUA MAXIMA 1MCA. Cuerpo , tablero y husillo en inoxidable inox 316. Cierre epdm Bidireccional. Accionamiento ELECTRICO on off 400v50hz. <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	4.500,00 135,00	4.635,00
	2 ESTRUCTURA		
2.1	kg Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m. <i>Mano de obra</i> <i>Maquinaria</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	0,77 0,06 0,96 0,04 0,05	1,88

Cuadro de precios nº 2			
Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
2.2	kg Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.		
	<i>Mano de obra</i>	0,74	
	<i>Maquinaria</i>	0,08	
	<i>Materiales</i>	0,96	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,04	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,05	
			1,87
2.3	kg Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabadas con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.		
	<i>Mano de obra</i>	0,74	
	<i>Maquinaria</i>	0,08	
	<i>Materiales</i>	1,03	
	<i>Medios auxiliares</i>	0,04	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,06	
			1,95
3 COMPONENTES			
3.1 RUEDA HIDRÁULICA			
3.1.1	ud PALA DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Espesor de 20 mm, longitud radial de 400 mm y ancho de 1000 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3		
	<i>Mano de obra</i>	15,00	
	<i>Materiales</i>	18,26	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	1,00	
			34,26
3.1.2	ud BUJE DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Longitud de 100 mm, diámetro de 125 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3		
	<i>Mano de obra</i>	99,96	
	<i>Materiales</i>	8,39	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	3,25	
			111,60
3.1.3	ud CARA LATERAL DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Espesor de 2 mm y radio exterior de 5000 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3		
	<i>Mano de obra</i>	7,98	
	<i>Materiales</i>	125,89	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	4,02	
			137,89
3.1.4	ud LLANTA DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Espesor de 2 mm y diámetro exterior de 4200 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3		
	<i>Mano de obra</i>	7,98	
	<i>Materiales</i>	285,60	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	8,81	
			302,39
3.1.5	ud RADIO DE LA REUDA HIDRÁULICA. Longitud de 2052 mm, perfil de 62.5 x100 y espesor de chapa de 2 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3		
	<i>Mano de obra</i>	19,98	
	<i>Materiales</i>	14,44	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	1,03	
			35,45
3.2 MECANISMO DE TRANSMISIÓN			
3.2.1	ud BALANCÍN. Elemento circular de 575 mm de radio, anchura de 50 mm y espesor de chapa de 2 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3		
	<i>Mano de obra</i>	79,98	
	<i>Materiales</i>	62,56	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	4,28	
			146,82

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
3.2.2	ud MANIVELA. Longitud entre ejes de 352,6 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3 <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	300,00 45,07 10,35	355,42
3.2.3	ud BIELA. Longitud entre ejes de 5.012,5 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3 <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	60,00 39,25 2,98	
3.2.4	ud LUNETO. Elemento semicircular de 500 mm de radio entre su eje y los bulones. Ancho de 50 mm y espesor de chapa de 2 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3 <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	79,98 35,58 3,47	102,23
3.2.5	ud BAQUETÓN. Elemento largo y delgado, distancia entre ejes de 3.612,125mm y perfil 40x20 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3 <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	39,96 31,70 2,15	119,03
3.2.6	m CADENA DE TRANSMISIÓN. Fabricada en acero inoxidable ASIS 430. <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	4,50 0,14	73,81
3.3 BOMBA			
3.3.1	ud CUERPO DE BOMBA. Diámetro exterior de 320 mm y diámetro interior 146 mm. Fabricada en Aluminio 2024 T3 y recubierta de pintura color bronce <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	120,00 592,05 21,36	733,41
3.3.2	ud ACOPLA BOMBA-PILAR. Fabricado en Aluminio 2024 T3, con capa de pintura color bronce. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	79,98 18,14 2,94	101,06
3.3.3	ud ALCACHOFA. Fabricada en Aluminio 2024 T3, con capa de pintura color bronce. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	150,00 76,98 6,81	233,79
3.3.4	ud Bulón de acero AISI 1050 CD para la unión entre el pistón y el baquetón <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	1,20 0,14 0,04	1,38
3.3.5	ud PISTÓN. Fabricado en Aluminio 2024 T3, con capa de pintura de color bronce. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	120,00 27,43 4,42	151,85
3.3.6	ud SEGMENTO. Junta de estanqueidad de caucho hecha a medida para pistón de 146 mm de diámetro <i>Sin descomposición</i> 3 % Costes indirectos	3,00 0,09	3,09

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
3.3.7	ud TAPA DE LA VÁLVULA DE ASPIRACIÓN. Fabricada en acero inoxidable AISI 430 <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	30,00 0,11 0,90	31,01
3.3.8	ud TAPA DE LA VÁLVULA DE IMPULSIÓN. Fabricada en acero inoxidable AISI 430 <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	30,00 0,08 0,90	30,98
3.3.9	ud BISAGRA. Fabricada en acero inoxidable AISI 430 <i>Mano de obra</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	30,00 0,90	30,90
3.3.10	ud BULÓN VÁLVULA. Fabricada en acero inoxidable AISI 430 <i>Mano de obra</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	0,30 0,01	0,31
3.3.11	m TUBERÍA. Diámetro de 50 mm y 3,7 mm de espesor. Fabricada en PVC. <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	1,48 0,04	1,52
3.4 APOYOS			
3.4.1	ud EJE DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Eje rotatorio de dos perfiles: hexagonal de diagonal igual 37,5 mm y circular de diámetro 75 mm. Fabricado en acero AISI 1050 CD <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	150,00 54,78 6,14	210,92
3.4.2	ud EJE DE BALANCINES. Eje hueco de diámetro interior de 70 mm. Fabricado en acero AISI 1050 CD <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	60,00 12,64 2,18	74,82
3.4.3	ud ACOPLA EJE RUEDA. Pieza diseñada para apoyar el eje de la rueda hidráulica y fijarse sobre la viga IPN 220. Fabricado en Acero E 295. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	120,00 9,75 3,89	133,64
3.4.4	ud ACOPLA EJE BALANCINES. Pieza diseñada para apoyar el eje de balancines y lunetos, y fijarse sobre la viga IPN 220. Fabricado en Acero E 295. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	120,00 13,98 4,02	138,00
3.4.5	ud SOPORTE DE TUBERÍA. Fija la tubería a la estructura. Formado por una abrazadera que se atornilla a la base con 4 tornillos de paso medio M5. Fabricado en acero E295. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	24,96 1,34 0,79	27,09
3.5 AUXILIARES			
3.5.1	ud Pasador DIN6325 3x30 <i>Sin descomposición</i>	0,07	0,07

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
3.5.2	ud Pasador DIN6325 5x100 <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	0,32 0,01	0,33
3.5.3	ud Pasador DIN6325 10x140 <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	1,40 0,04	
3.5.4	ud Tornillo M2x16 <i>Sin descomposición</i>	0,10	0,10
3.5.5	ud Tornillo M5x25 <i>Sin descomposición</i>	0,15	0,15
3.5.6	ud Tornillo M10x45 <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	0,20 0,01	0,21
3.5.7	ud Tornillo M10x55 <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	0,25 0,01	0,26
3.5.8	ud Tornillo M16x65 <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	0,30 0,01	0,31
3.5.9	ud Tuerca ISO4032 M10 <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	0,17 0,01	0,18
3.5.10	ud Rodamiento 6009. Rodamiento de bolas impermeable del catálogo del fabricante SKF <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	13,86 0,42	14,28
3.5.11	ud Rodamiento 61815. Rodamiento de bolas impermeable del catálogo del fabricante SKF <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	70,54 2,12	72,66
3.5.12	ud Rodamiento 6015. Rodamiento de bolas impermeable del catálogo del fabricante SKF <i>Sin descomposición</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	37,41 1,12	38,53
4 RECUBRIMIENTOS			
4.1	m² Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color TITANLAK 2804 Caoba, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre viga formada por piezas simples de perfiles laminados de acero. <i>Mano de obra</i> <i>Maquinaria</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	14,18 1,55 2,04 0,36 0,54	18,67
4.2	m² Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color TITANLAK 2804 Caoba, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre pilar formado por piezas simples de perfiles laminados de acero. <i>Mano de obra</i> <i>Maquinaria</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	12,34 1,55 2,04 0,32 0,49	16,74

Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
4.3	m² Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color TITANLAK 2808 Sapeli, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre elementos de aluminio de los componentes. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	8,52 3,18 0,23 0,36	12,29
4.4	m² Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color bronce, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre elementos de aluminio de los componentes. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	8,52 3,18 0,23 0,36	12,29
4.5	m² Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color gris forja, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre elementos de acero y aluminio de los componentes. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	8,52 3,18 0,23 0,36	12,29

PRESUPUESTO Y MEDICION

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 EDIFICIO

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.1	M ² . Muro de carga de 20 cm de espesor de fábrica de bloque de hormigón celular, bloque liso, 62,5x25x20 cm, resistencia normalizada 4 N/mm ² , densidad 500 kg/m ³ , conductividad térmica 0,125 W/(mK), para revestir, recibida con mortero para juntas finas.					57,700	50,42	2.909,23
1.2	M ² . Losa maciza de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 24 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 21 kg/m ² ; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante y agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros.					14,000	88,16	1.234,24
1.3	M ² . Losa maciza de hormigón armado, inclinada, con altura libre de planta de hasta 3 m, canto 24 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 21 kg/m ² ; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar, separadores, aplicación de líquido desencofrante y agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros.					19,420	91,25	1.772,08
1.4	Ud. CC IIE316L 2000X1000 , ACTUADOR ELECTRICO A 2100mm PARA CARGA DE AGUA MAXIMA 1MCA. Cuerpo , tablero y husillo en inoxidable inox 316. Cierre epdm Bidireccional. Accionamiento ELECTRICO on off 400v50hz.					1,000	6.180,00	6.180,00
1.5	Ud. CC IIE316L 1044X1000 , ACTUADOR ELECTRICO A 2100mm PARA CARGA DE AGUA MAXIMA 1MCA. Cuerpo , tablero y husillo en inoxidable inox 316. Cierre epdm Bidireccional. Accionamiento ELECTRICO on off 400v50hz.					2,000	4.635,00	9.270,00

Total presupuesto parcial nº 1 ... 21.365,55

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 2 ESTRUCTURA

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.1	Kg. Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.					931,518	1,88	1.751,25
2.2	Kg. Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.					1.058,880	1,87	1.980,11
2.3	Kg. Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.					178,604	1,95	348,28

Total presupuesto parcial nº 2 ... 4.079,64

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 3 COMPONENTES

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.1 RUEDA HIDRÁULICA								
3.1.1	Ud. PALA DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Espesor de 20 mm, longitud radial de 400 mm y ancho de 1000 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3					48,000	34,26	1.644,48
3.1.2	Ud. BUJE DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Longitud de 100 mm, diámetro de 125 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3					2,000	111,60	223,20
3.1.3	Ud. CARA LATERAL DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Espesor de 2 mm y radio exterior de 5000 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3					4,000	137,89	551,56
3.1.4	Ud. LLANTA DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Espesor de 2 mm y diámetro exterior de 4200 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3					2,000	302,39	604,78
3.1.5	Ud. RADIO DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Longitud de 2052 mm, perfil de 62.5 x100 y espesor de chapa de 2 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3					12,000	35,45	425,40
3.2 MECANISMO DE TRANSMISIÓN								
3.2.1	Ud. BALANCÍN. Elemento circular de 575 mm de radio, anchura de 50 mm y espesor de chapa de 2 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3					2,000	146,82	293,64
3.2.2	Ud. MANIVELA. Longitud entre ejes de 352,6 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3					2,000	355,42	710,84
3.2.3	Ud. BIELA. Longitud entre ejes de 5.012,5 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3					2,000	102,23	204,46
3.2.4	Ud. LUNETO. Elemento semicircular de 500 mm de radio entre su eje y los bulones. Ancho de 50 mm y espesor de chapa de 2 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3					2,000	119,03	238,06
3.2.5	Ud. BAQUETÓN. Elemento largo y delgado, distancia entre ejes de 3.612,125mm y perfil 40x20 mm. Fabricado en Aluminio 2024 T3					4,000	73,81	295,24
3.2.6	M. CADENA DE TRANSMISIÓN. Fabricada en acero inoxidable ASIS 430.					8,000	4,64	37,12
3.3 BOMBA								
3.3.1	Ud. CUERPO DE BOMBA. Diámetro exterior de 320 mm y diámetro interior 146 mm. Fabricada en Aluminio 2024 T3 y recubierta de pintura color bronce					4,000	733,41	2.933,64
3.3.2	Ud. ACOPLA BOMBA-PILAR. Fabricado en Aluminio 2024 T3, con capa de pintura color bronce.					4,000	101,06	404,24
3.3.3	Ud. ALCACHOFA. Fabricada en Aluminio 2024 T3, con capa de pintura color bronce.					4,000	233,79	935,16
3.3.4	Ud. Bulón de acero AISI 1050 CD para la unión entre el pistón y el baquetón					4,000	1,38	5,52
3.3.5	Ud. PISTÓN. Fabricado en Aluminio 2024 T3, con capa de pintura de color bronce.					4,000	151,85	607,40

Suma y sigue ... 10.114,74

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 3 COMPONENTES

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.3.6	Ud. SEGMENTO. Junta de estanqueidad de caucho hecha a medida para pistón de 146 mm de diámetro					4,000	3,09	12,36
3.3.7	Ud. TAPA DE LA VÁLVULA DE ASPIRACIÓN. Fabricada en acero inoxidable AISI 430					4,000	31,01	124,04
3.3.8	Ud. TAPA DE LA VÁLVULA DE IMPULSIÓN. Fabricada en acero inoxidable AISI 430					4,000	30,98	123,92
3.3.9	Ud. BISAGRA. Fabricada en acero inoxidable AISI 430					8,000	30,90	247,20
3.3.10	Ud. BULÓN VÁLVULA. Fabricada en acero inoxidable AISI 430					8,000	0,31	2,48
3.3.11	M. TUBERÍA. Diámetro de 50 mm y 3,7 mm de espesor. Fabricada en PVC.					20,000	1,52	30,40
3.4 APOYOS								
3.4.1	Ud. EJE DE LA RUEDA HIDRÁULICA. Eje rotatorio de dos perfiles: hexagonal de diagonal igual 37,5 mm y circular de diámetro 75 mm. Fabricado en acero AISI 1050 CD					1,000	210,92	210,92
3.4.2	Ud. EJE DE BALANCINES. Eje hueco de diámetro interior de 70 mm. Fabricado en acero AISI 1050 CD					2,000	74,82	149,64
3.4.3	Ud. ACOPL EJE RUEDA. Pieza diseñada para apoyar el eje de la rueda hidráulica y fijarse sobre la viga IPN 220. Fabricado en Acero E 295.					2,000	133,64	267,28
3.4.4	Ud. ACOPL EJE BALANCINES. Pieza diseñada para apoyar el eje de balancines y lunetos, y fijarse sobre la viga IPN 220. Fabricado en Acero E 295.					4,000	138,00	552,00
3.4.5	Ud. SOPORTE DE TUBERÍA. Fija la tubería a la estructura. Formado por una abrazadera que se atornilla a la base con 4 tornillos de paso medio M5. Fabricado en acero E295.					8,000	27,09	216,72
3.5 AUXILIARES								
3.5.1	Ud. Pasador DIN6325 3x30					8,000	0,07	0,56
3.5.2	Ud. Pasador DIN6325 5x100					26,000	0,33	8,58
3.5.3	Ud. Pasador DIN6325 10x140					8,000	1,44	11,52
3.5.4	Ud. Tornillo M2x16					16,000	0,10	1,60
3.5.5	Ud. Tornillo M5x25					32,000	0,15	4,80
3.5.6	Ud. Tornillo M10x45					40,000	0,21	8,40

Suma y sigue ... 12.087,16

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 3 COMPONENTES

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.5.7	Ud. Tornillo M10x55					64,000	0,26	16,64
3.5.8	Ud. Tornillo M16x65					32,000	0,31	9,92
3.5.9	Ud. Tuerca ISO4032 M10					24,000	0,18	4,32
3.5.10	Ud. Rodamiento 6009. Rodamiento de bolas impermeable del catálogo del fabricante SKF					6,000	14,28	85,68
3.5.11	Ud. Rodamiento 61815. Rodamiento de bolas impermeable del catálogo del fabricante SKF					6,000	72,66	435,96
3.5.12	Ud. Rodamiento 6015. Rodamiento de bolas impermeable del catálogo del fabricante SKF					2,000	38,53	77,06

Total presupuesto parcial nº 3 ... 12.716,74

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 4 RECUBRIMIENTOS

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.1	M². Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color TITANLAK 2804 Caoba, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre viga formada por piezas simples de perfiles laminados de acero.					29,256	18,67	546,21
4.2	M². Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color TITANLAK 2804 Caoba, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre pilar formado por piezas simples de perfiles laminados de acero.					23,340	16,74	390,71
4.3	M². Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color TITANLAK 2808 Sapeli, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre elementos de aluminio de los componentes.					156,236	12,29	1.920,14
4.4	M². Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color bronce, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre elementos de aluminio de los componentes.					9,656	12,29	118,67
4.5	M². Aplicación manual de dos manos de esmalte de poliuretano, color gris forja, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m² cada mano); (), sobre elementos de acero y aluminio de los componentes.					9,314	12,29	114,47

Total presupuesto parcial nº 4 ... 3.090,20

RESUMEN POR CAPITULOS

CAPITULO EDIFICIO	21.365,55
CAPITULO ESTRUCTURA	4.079,64
CAPITULO COMPONENTES	12.716,74
CAPITULO RECUBRIMIENTOS	3.090,20
REDONDEO.....	
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL.....	<u>41.252,13</u>

EL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL ASCIENDE A LAS EXPRESADAS CUARENTA Y UN MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS CON TRECE CÉNTIMOS.

Proyecto: INGENIO DE ZUBIAURRE

Capítulo	Importe
Capítulo 1 EDIFICIO	21.365,55
Capítulo 2 ESTRUCTURA	4.079,64
Capítulo 3 COMPONENTES	12.716,74
Capítulo 3.1 RUEDA HIDRÁULICA	3.449,42
Capítulo 3.2 MECANISMO DE TRANSMISIÓN	1.779,36
Capítulo 3.3 BOMBA	5.426,36
Capítulo 3.4 APOYOS	1.396,56
Capítulo 3.5 AUXILIARES	665,04
Capítulo 4 RECUBRIMIENTOS	3.090,20
Presupuesto de ejecución material	41.252,13
13% de gastos generales	5.362,78
6% de beneficio industrial	2.475,13
Suma	49.090,04
21% IVA	10.308,91
Presupuesto de ejecución por contrata	59.398,95

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CINCUENTA Y NUEVE MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS.