



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

**Determinación de las exigencias geométricas
funcionales en el lenguaje ISO-GPS de un
anteproyecto de bomba de agua de un motor de
automoción**

Autor:

García García, Marcos

Tutores:

Valin Ortega, Antonio Luis

Departamento de Expresión

Gráfica en la Ingeniería

San José Pérez, Eduardo

Líder Ingeniería Diseño Producto

MVS ICE

Renault Technology Spain

Valladolid, julio de 2022

AGRADECIMIENTOS:

Me gustaría agradecer a mis padres y a mi hermano, por apoyarme y tener confianza en mí, en especial a mi madre por ayudarme siempre a no rendirme. También quiero dar las gracias a mis abuelos y tíos, especialmente a mi tío Ramón por aconsejarme siempre.

Al profesor D. Antonio Luis Valín Ortega, por darme la oportunidad de realizar este trabajo de fin de grado. Quiero agradecer su gran predisposición y apoyo constante, su disponibilidad y orientación para desarrollar satisfactoriamente el proyecto. Ha sido muy gratificante poder trabajar junto a él.

A D. Eduardo San José Pérez, por la oportunidad que nos ha dado de trabajar junto a él. También quiero agradecer su gran predisposición y el tiempo que nos ha cedido para tutorizar este trabajo. Así mismo, quiero darle las gracias por su orientación técnica y metodológica que ha resultado vital para desarrollar este trabajo.

A Renault S.A, por la oportunidad que ha supuesto colaborar con una empresa de este calibre en el sector del automóvil. Quiero agradecer las facilidades que han proporcionado y la importancia con la que han tratado este proyecto, facilitando un tutor como D. Eduardo San José Pérez para orientarlo y supervisarlos.

Por último, agradecer a la Universidad de Valladolid el acceso a la licencia software de diseño mecánico Catia V5.

RESUMEN:

Este trabajo engloba el estudio de los métodos utilizados en la concepción de productos industriales, concretamente en el análisis funcional técnico. Su aplicación facilita la expresión del lenguaje de especificación geométrica en el área de Expresión Gráfica en la Ingeniería.

Para implementar el análisis funcional se utiliza un modelo 3D en formato Catia V5 de una bomba de agua de un motor de automoción, del que se determina, de forma global mediante el análisis funcional técnico, el cuaderno de cargas funcional técnico.

Este documento se desarrolla en base al dossier de anteproyecto; en el que se justifica técnicamente la elección del sistema mecánico, el dossier de exigencias funcionales; que versa sobre la definición funcional de cada una de las superficies de cada elemento que compone el sistema, el dossier de cadena de cotas ISO y los planos funcionales del producto.

PALABRAS CLAVE: Análisis funcional técnico, bomba de agua, cuaderno de cargas funcional técnico, diagrama pieuvre, interfaz.

ABSTRACT:

This work encompasses the study of the methods used in conception of industrial products, specifically in technical functional analysis. Its application facilitates the expression of geometric specification language in the area of Engineering Graphics.

In order to implement the functional analysis, 3D model in Catia V5 format of water pump is used, from which the technical functional analysis determines, in a global way, the technical functional charges book.

This document is developed on the basis of the preliminary project dossier, which technically justifies the choice of the mechanical system, the functional requirements dossier, which deals with the functional definition of each of the surfaces of each of the elements that make up the system, the ISO dimension chain dossier and the functional drawings of the product.

KEYWORDS: Technical functional analysis, water pump, technical functional charges book, pieuvre diagram, interface.

Índice General

1.INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos:.....	1
1.3. Contenido del trabajo:.....	2
2.CONTEXTUALIZACIÓN.CONCEPCIÓN Y DISEÑO DEL PRODUCTO INDUSTRIAL.....	5
2.1. Contexto:	5
2.2. Etapas de concepción del producto:	6
3. BOMBA DE AGUA EN AUTOMOCIÓN:.....	9
3.1. Definición y tipología:	9
3.2. Modelo sujeto a análisis. Bomba de Agua Rover V8-Buick-215:	10
3.3. Elementos de una bomba de agua:	10
3.4. Justificación de elección del modelo:.....	12
3.5. Modificaciones efectuadas sobre el modelo de anteproyecto:.....	12
4.ANÁLISIS FUNCIONAL:	17
4.1. Clasificación de las funciones:	17
4.2. Restricciones:	17
4.3. Métodos para identificar las funciones de un producto:	18
4.4. Justificación de la del análisis:	19
4.5. Metodología en el análisis funcional técnico:.....	20
4.5.1. Metodología común en los procesos industriales:.....	20
4.5.2. Metodología implementada.....	21
4.6. Documentos técnicos en el análisis funcional	24
4.6.1. Cuaderno de cargas funcional técnico	24
4.6.2. Diagrama Pieuvre.....	25
5.CUADERNO DE CARGAS FUNCIONAL TÉCNICO BOMBA DE AGUA ROVER V8-BUICK-215:.	28
6.LENGUAJE DE ESPECIFICACIÓN GEOMÉTRICA:	49
6.1.1. Principios de las especificaciones GPS	49
6.1.2. Referencias en las especificaciones GPS. “Mise en place”	49
6.2. Dossier de cadenas de cotas:.....	50
6.2.1. Posición polea:	50
6.2.2. Tornillos:.....	52
6.2.3. Posición del rodete:.....	54
6.3. Transformación del análisis funcional al lenguaje ISO-GPS:	55
6.3.1. Posicionamiento del cuerpo de la bomba sobre el bloque motor:	56
6.3.2. Posicionamiento del rodete sobre el cuerpo de la bomba:.....	59

6.3.3. Posicionamiento de polea sobre el cuerpo de la bomba:	59
7. ESTUDIO ECONÓMICO:	61
8. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURO:.....	63
8.1. Conclusiones:.....	63
8.2. Líneas de trabajo futuro:.....	64
BIBLIOGRAFÍA:	67
NORMATIVA:.....	69
ANEXO I: PLANOS BOMBA DE AGUA ROVER V8-BUICK-215	71

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama del entorno para el diseñador en la concepción del producto [4].....	6
Figura 2. Diagrama Pieuvre de un sistema de elevación eléctrica [3].....	7
Figura 3. Retroplanning tipo de un proceso industrial [4].....	8
Figura 4. Representación esquemática del circuito de refrigeración de un automóvil.....	9
Figura 5. Modelo en Catia V5 de bomba de agua Rover V8-Buick-215.....	10
Figura 6. Representación gráfica de los componentes de la bomba de agua de un automóvil.....	11
Figura 7. Sección obtenida en Catia V5 de los modelos inicial (izquierda) y modificado (derecha).....	13
Figura 8. Modelo en Catia V5 de bomba de agua Rover V8-Buick-215 inicial (izquierda) y modificado (derecha).....	13
Figura 9. Modelo en Catia V5 de cuerpo de la bomba con impulsión modificada.....	14
Figura 10. Sección axial obtenida en Catia V5 del conducto de impulsión modificado (izquierda) y original (derecha).....	15
Figura 11. Diagrama FAST de una bomba de agua de automóvil elaborado por el alumno.....	19
Figura 12. Modelo en Catia V5 de cuerpo de bomba de agua Rover V8-Buick-215.....	23
Figura 13. Diagrama Pieuvre teórico de bomba de agua Rover V8-Buick-215.....	26
Figura 14. Diagrama Pieuvre funcional de bomba de agua Rover V8-Buick-215.....	27
Figura 15. Ilustración sistema de referencia entre planos de contacto [7].....	50
Figura 16. Dibujo con referencias entre planos de contacto y especificaciones GPS [7].....	50
Figura 17. Cadena de cotas referente a la condición funcional JA.....	52
Figura 18. Cadena de cotas referente a la condición funcional JA en tornillos.....	52
Figura 19. Cadena de cotas referente a la condición funcional JB en tornillos.....	53
Figura 20. Cadena de cotas referente a la condición funcional JC en tornillos.....	53
Figura 21. Cadena de cotas referente a la condición funcional JD en tornillos.....	54
Figura 22. Cadena de cotas referente a la condición funcional JA en posición polea.....	55
Figura 23. Modelo “skin” referente a la interfaz pump housing-engine.....	57
Figura 24. Representación de especificación de posicionamiento (izquierda) y perpendicularidad (derecha) en la interfaz pump housing-engine.....	58
Figura 25. Representación de especificación de planitud (izquierda) en superficie frontal cilindros protectores.....	59

Índice de tablas

Tabla 1. Análisis mediante tabla de las funciones de bomba de agua Rover V8-Buick-215	24
Tabla 2. Tabla de necesidades que cumple la bomba de agua representadas en diagrama Pieuvre	26
Tabla 3. Categorías funcionales de bomba de agua Rover V8-Buick-215 para diagrama Pieuvre	27
Tabla 4. Categorías funcionales de bomba de agua Rover V8-Buick-215 para diagrama Pieuvre	28
Tabla 5. Datos para el cálculo de la cadena de cotas referente a la condición funcional JA51	
Tabla 6. Datos para el cálculo de la cadena de cotas referente a la condición funcional JA51	
Tabla 7. Datos de la cadena de cotas referente a la condición funcional JA en tornillos.....	52
Tabla 8. Datos de la cadena de cotas referente a la condición funcional JB en tornillos	53
Tabla 9. Datos de la cadena de cotas referente a la condición funcional JC en tornillos.....	53
Tabla 10. Datos de la cadena de cotas referente a la condición funcional JD en tornillos ..	54
Tabla 11. Datos de la cadena de cotas referente a la condición funcional JA en posición de polea	54
Tabla 12. Secuencia de operaciones de montaje referente a la interfaz pump housing-engine	56
Tabla 13. Tabla metodología CLIC referente a la interfaz pump housing-engine.....	57
Tabla 14. Resumen de tareas del ingeniero en el proyecto y costes asociados	61
Tabla 15. Resumen de costes del proyecto asociados a tarifa internet	61
Tabla 16. Resumen de costes del proyecto asociados a software de diseño Catia V5-R21. 61	
Tabla 17. Resumen de costes del proyecto asociados a impresión de planos y modelos	62
Tabla 18. Resumen de costes globales del proyecto	62

1.INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Introducción

Analizando los contenidos impartidos durante el grado de Ingeniería Mecánica son muchas las asignaturas que estudian diversos aspectos de la concepción mecánica. Todas ellas pertenecen a diferentes áreas de conocimiento dentro de la ingeniería mecánica. Por ello, se ha propuesto que un documento como el trabajo de fin de grado desarrolle el fundamento de la concepción mecánica.

El proceso industrial de producción a gran escala de un conjunto o, simplemente de un elemento, tiene numerosas etapas. Incluso si nos centramos en la fase de concepción de ese elemento, concluiremos que es extensa y compleja. Este trabajo se centra en el análisis funcional técnico del producto. La aplicación de este método y posterior implementación al lenguaje de especificación geométrica son también partes fundamentales del desarrollo y complemento de la formación del ingeniero industrial mecánico.

En este contexto, y con los grandes avances conseguidos en materia de concepción y diseño del producto en el ámbito industrial, es fundamental el papel que representa la colaboración del Groupe Renault. Esta cooperación tiene como objetivo incorporar conocimientos técnicos y funcionales, basados en la proactividad y rigurosidad.

1.2. Objetivos:

Este trabajo tiene como objetivo completar la formación académica adecuándose al plan de estudios del grado. Además, las exigencias presentes en la normativa universitaria referentes a los documentos y plazos de entrega del trabajo de fin de grado motivan la elaboración de documentos e informes técnicos de forma precisa y rigurosa en un periodo de tiempo limitado.

Asimismo, propiciará la conexión profesional del estudiante gracias a la colaboración de la universidad y una entidad profesional para realizar este trabajo. Todo ello permite el aprendizaje de diversas metodologías para explotar los conocimientos adquiridos durante la etapa académica de forma teórica, para adaptarlos a la resolución de problemas en el ámbito industrial con eficacia y precisión. En este sentido, es fundamental el estudio de bibliografía referente a lenguajes de representación [1], métodos de análisis funcional [2], diseño y dimensionamiento de elementos mecánicos [5].

Objetivo principal de este trabajo es el estudio y aprendizaje del método de análisis funcional empleado en el ámbito industrial en la concepción del producto. Todo ello, acompañado de la comprensión de la metodología empleada y los documentos técnicos definidos para completar el análisis.

Otro de los objetivos primordiales es adquirir los conocimientos adecuados en materia de lenguajes de representación, haciendo énfasis en la transferencia del método de análisis funcional al lenguaje de representación. La lectura precisa y

ordenada del proceso de análisis funcional permite plasmar de forma eficiente las especificaciones y requerimientos sobre los documentos técnicos.

Para alcanzar el objetivo principal de este trabajo, es necesario elaborar un procedimiento ordenado y eficiente para aplicarlo en el análisis funcional de cada elemento. Una de las premisas fundamentales es aprovechar los conocimientos técnicos sobre la materia que aporta la empresa Renault para, analizando los procedimientos que tienen lugar en el ámbito industrial y cotidiano de dicha industria, generar un método propio por el alumno.

Otra finalidad es la creación de un cuaderno de cargas funcional técnico que permita definir las características geométricas y funcionales, la montabilidad y condiciones de funcionamiento de un producto real de automoción, cuyo análisis sea reducido, para permitir la profundización. Para ello, se requiere de un análisis funcional técnico exhaustivo de cada una de las superficies, geometrías y uniones que forman el producto y cuyo aprendizaje está implícito en el proceso de realización de este trabajo. Además, se requiere un estudio previo del lenguaje ISO-GPS [6], todo ello supeditado al conocimiento de la normativa en lo que a representación gráfica y funcional se refiere.

Implícitamente en la generación de documentación técnica, que se realiza a través del software de diseño asistido por ordenador Catia V5, se adquieren conocimientos técnicos, dinámicas y competencias sobre funcionalidades de las diferentes herramientas y espacios de trabajo existentes.

1.3. Contenido del trabajo:

En el capítulo dos, se estudia la concepción del producto en la industria mecánica, definiendo su utilidad y su uso extendido en el campo ingenieril. Además, se analiza su entorno y las herramientas de trabajo que proporciona. Por último, se exponen las etapas en el proceso de concepción del producto.

El tercer capítulo se basa en la definición del elemento al que se aplica el análisis funcional: la bomba de agua de un automóvil. Se define la bomba de agua haciendo énfasis a su funcionamiento y operabilidad. También se exponen los tipos de bombas de agua disponibles en el mercado y sus distintos componentes. Posteriormente, se define el modelo seleccionado para el estudio, justificando su elección. Por último, se definen las distintas modificaciones implementadas en el modelo inicial para estudiar un elemento funcionalmente coherente.

Durante el cuarto capítulo se profundiza sobre el método de análisis funcional técnico: fundamento, contexto en el que se utiliza y objetivos. También se definen los criterios adoptados en la enumeración de la funcionalidad de componentes y los aspectos más importantes a tener en cuenta durante el análisis funcional técnico. Se incluye la justificación del análisis funcional técnico como método implementado en este trabajo de fin de grado y se desarrolla la metodología adoptada con ejemplos. Por último, se exponen los documentos técnicos resultado del análisis funcional técnico y el método de elaboración.

En el capítulo cinco se desarrolla el cuaderno de cargas funcional técnico, resultado del análisis funcional de la bomba de agua de automoción. Está basado en la metodología estudiada y recoge los resultados de la etapa de estudio.

El sexto capítulo está destinado a exponer la traslación de las especificaciones geométricas al lenguaje ISO-GPS. También recoge el estudio y definición del sistema de referencias y del “*mise en place*”. Para finalizar, se incluye el dossier de cadenas de cotas.

En séptimo capítulo se exponen las conclusiones después del estudio y aprendizaje de métodos en la concepción industrial. También se propone una serie de trabajos futuros para desarrollar a partir de este proyecto.

2.CONTEXTUALIZACIÓN.CONCEPCIÓN Y DISEÑO DEL PRODUCTO INDUSTRIAL

2.1. Contexto:

La ingeniería dota a la industria de numerosos procesos que le permiten cumplir sus objetivos de productividad. Una de las etapas más importantes desde el punto de vista industrial es la de concepción y diseño del producto.

La concepción y diseño del producto es un proceso que, basado en una metodología técnica y creativa, transforma las exigencias iniciales de un cliente en elementos físicos, procesos o servicios. El principal objetivo de la concepción es la generación de un archivo de definición completo e inequívoco a partir de la necesidad expresada por el cliente.

Se trata de un área de estudio muy amplia pues depende del campo de aplicación, tipo de producto o proyecto, entre otros. Los técnicos que llevan a cabo esta disciplina deben aunar conocimientos técnicos y habilidades creativas en cada etapa del proceso, en el que es primordial el control de factores como la experiencia de los profesionales y el tiempo consumido.

El proceso se basa en el desarrollo de una metodología clara y eficaz con una estructura bien definida y con objetivos bien marcados. Además, tiene en cuenta tres premisas fundamentales: implantación del proceso para llegar a un objetivo final bien delimitado, permitir desarrollar la creatividad por parte del técnico; es decir, no debe ser muy rígido, debe servir para enfocar y guiar al profesional.

El entorno es un factor de vital importancia en la concepción del producto pues delimita los recursos con los que se cuenta para desarrollar cada etapa. Se tiene en cuenta la jerarquía entre profesionales dentro del proyecto, las herramientas técnicas de las que se dispone para enfrentar la actividad de diseño, el cliente y las exigencias de este, punto de inicio de la concepción. También recoge las obligaciones del profesional, para redactar el documento técnico pertinente. Generalmente, se suelen utilizar diagramas (Figura 1) para precisar los recursos y obligaciones. Por lo común, se representan como flujos entrantes los recursos y como salientes las obligaciones.

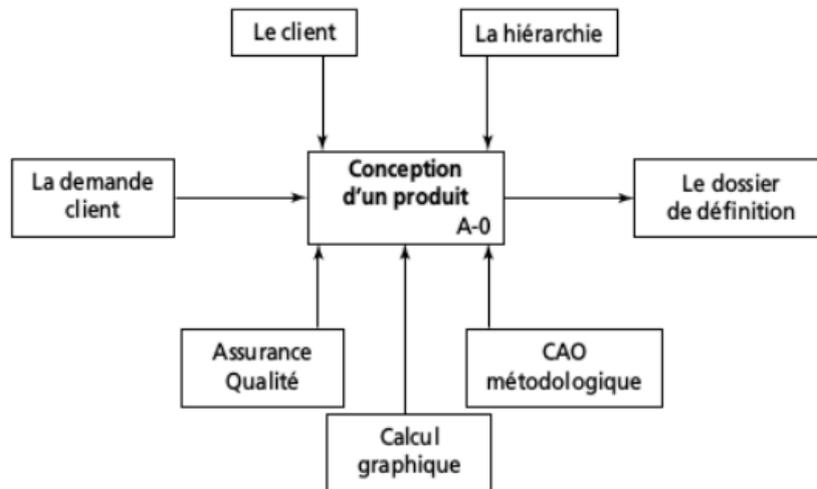


Figura 1. Diagrama del entorno para el diseñador en la concepción del producto [4]

2.2. Etapas de concepción del producto:

a.-Análisis de la necesidad del cliente: el técnico recoge las necesidades que transmite el cliente, en muchos casos imprecisas y con poca carga técnica. Es preciso establecer requerimientos funcionales, es decir, una definición del producto en términos de necesidad que complemente los datos aportados por el cliente. Hay que evitar especificaciones en términos de fabricación del producto u otras fórmulas que no son naturales de esta etapa.

Una vez definidos los requerimientos funcionales se ponen en común y son completados con el cliente. El fundamento principal de esta fase es identificar cómo va a funcionar el elemento mecánico y no cómo diseñar el producto. Por ello, en esta etapa es vital poner en práctica el método de análisis funcional.

Producto de este análisis, se consigue determinar las funciones de servicio del elemento, que profundiza en la definición de las funciones principales y restricciones que se han determinado. Para reflejar este procedimiento se utiliza el diagrama *Pieuvre* (Figura 2).

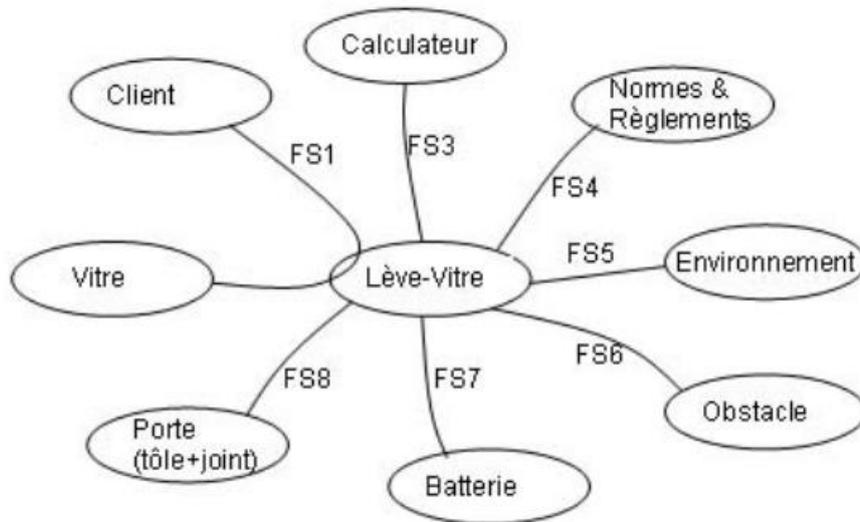


Figura 2. Diagrama Pieuvre de un sistema de elevación eléctrica [3]

El punto más importante de esta etapa es la redacción del cuaderno de cargas funcional técnico en el que aparecen presentes todos los requerimientos, resultado del análisis funcional y de necesidades del producto. Este documento se facilita al cliente que da su aprobación mediante su rúbrica.

b.-Estudio viabilidad: se centra en la búsqueda de soluciones una vez planteados los requerimientos funcionales mediante los documentos producto del análisis de necesidades del cliente. Se trata de un proceso complejo del que extraer las soluciones teóricas, descartando aquellas que son particularmente obvias.

El ingeniero de concepción ha de encontrar el máximo número de soluciones en un plazo de tiempo limitado para satisfacer la necesidad del cliente y determinar la solución óptima.

El estudio de viabilidad consta de tres etapas. Se definen las funciones técnicas de diseño extraídas. Posteriormente, se profundiza sobre las funciones definidas anteriormente. Es la operación más importante y difícil, en ella se debe priorizar en función de la complejidad de las funciones. Tiene gran influencia la experiencia del técnico, pues es una etapa en la que, frecuentemente, se extrapolan soluciones de casos que guardan alguna relación con el que se está trabajando. Por último, es preciso definir un orden cronológico, en el que podamos colocar las tareas de acuerdo con su duración y la fecha de entrega de los documentos generados en cada una de ellas. En el ámbito industrial se suele usar el *retroplanning* (Figura 3), un diagrama temporal en el que se representan las tareas partiendo de la fecha de entrega del proyecto y posicionándolas de acuerdo con su duración en forma de barras, las cuales, según su naturaleza y complejidad, pueden superponerse.

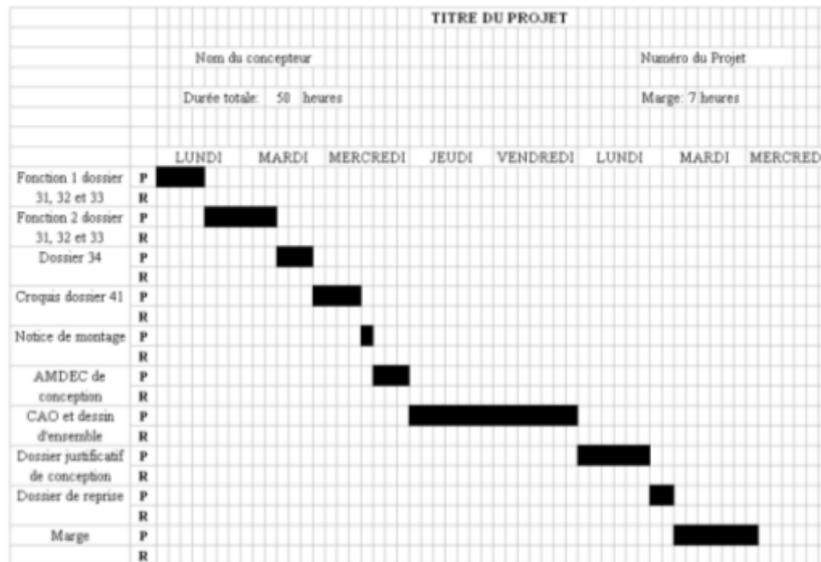


Figura 3. Retroplaning tipo de un proceso industrial [4]

Durante el estudio de viabilidad es común experimentar ciertos problemas debido a su complejidad. La incompatibilidad entre proyectos hace que sean difíciles de relacionar la dependencia del estado de ánimo de los técnicos y su influencia directa en la destreza con la que se realiza el estudio. El optar por un enfoque sistemático en contraposición a uno analítico o la limitación de tiempo son algunas de las dificultades más comunes.

c.-Concreción del Anteproyecto: etapa destinada a la elección de la solución idónea entre las definidas en el estudio de viabilidad. En ella se generan los documentos técnicos que materializan el estudio realizado en etapas anteriores, referentes a la solución seleccionada. El dibujo de diseño preliminar, el estudio de riesgos técnicos o el dossier previo de montaje son algunos ejemplos.

3. BOMBA DE AGUA EN AUTOMOCIÓN:

3.1. Definición y tipología:

La bomba de agua es un elemento integrado en el sistema de refrigeración de los automóviles cuya misión principal es impulsar el líquido refrigerante a través del sistema de refrigeración para disminuir la temperatura del motor, en concreto del bloque de cilindros y la culata.

Se encuentra unida al bloque de cilindros mediante el cuerpo de la bomba y al sistema de distribución mediante la conexión entre la polea y la correa de distribución, con conexión con el cigüeñal. En el cuerpo de la bomba, el impulsor permite la entrada de agua proveniente del radiador. (Figura 4)

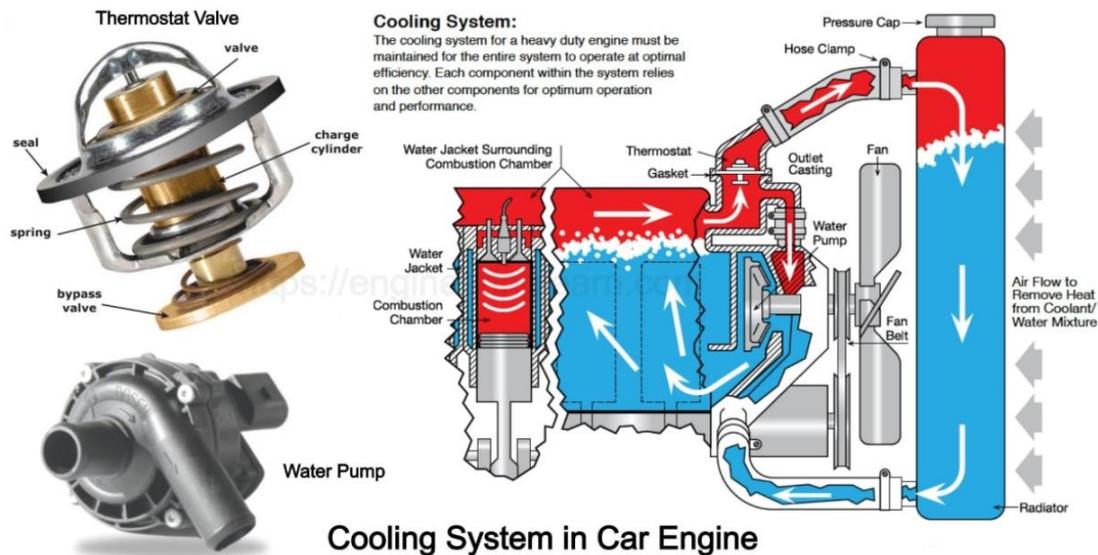


Figura 4. Representación esquemática del circuito de refrigeración de un automóvil

Actualmente, en la industria del automóvil se implantan diferentes bombas de agua de acuerdo con el tipo de vehículo y sus necesidades térmicas. Centrando el estudio en los turismos podemos distinguir entre las siguientes:

a.-Bombas de agua mecánicas: cuentan con el mecanismo más sencillo ya que el caudal de líquido refrigerante depende de las revoluciones del motor. Entre sus particularidades destacan, el lugar de instalación, suelen conectarse directamente al bloque de cilindros, aunque se pueden instalar en la carcasa externa del motor. Además, la transmisión del movimiento se realiza mediante correas trapezoidales o la correa de la distribución.

b.-Bombas de agua variables: se instalan en motores que requieren de una alta eficiencia del motor y un control minucioso del consumo de combustible. Destacan por su capacidad para regular el caudal de líquido refrigerante en función de la demanda del motor. Su aplicación está centrada en el mundo de la competición.

c.-Bombas de agua eléctricas: su uso está cada vez más extendido en los automóviles modernos. Su principal característica es el control eléctrico, el cual

motiva que el caudal suministrado sea independiente del número de revoluciones. Todo ello se traduce en disminución de la demanda de potencia y de las pérdidas por fricción y un mayor control del consumo y las emisiones.

d.-Bombas de agua auxiliares: tienen como objetivo complementar la labor de la bomba de agua principal, además, puede haber varias bombas auxiliares en un automóvil dependiendo de la complejidad de su sistema de refrigeración. Su conexión con el sistema de refrigeración se realiza de forma independiente.

En la actualidad su uso se ha implementado a los automóviles eléctricos e híbridos que precisan de un sistema de refrigeración más amplio, ya que las baterías alcanzan altas cargas térmicas que es necesario disminuir.

3.2. Modelo sujeto a análisis. Bomba de Agua Rover V8-Buick-215:

El modelo seleccionado es una bomba de agua diseñada para un motor Rover V8-Buick-215 (Figura 5), cuyo primer diseño data de los años sesenta en Reino Unido. La bomba corresponde a la categoría de las bombas mecánicas. Concretamente este modelo va instalado directamente en el bloque de cilindros. Entre sus particularidades está el montaje de polea, ya que el sistema de distribución está integrado por correa trapezoidal. El líquido refrigerante empleado está compuesto en su totalidad por agua, lo que puede dar una idea de la antigüedad del elemento estudiado.

La estructura de la bomba de agua contiene piezas como el cuerpo de la bomba, eje, rodete, polea. En este caso particular, el requisito de montaje de polea conlleva la introducción de otro elemento, el soporte de polea. Este va unido a la polea y encastrado al eje y posibilita la transmisión del movimiento.

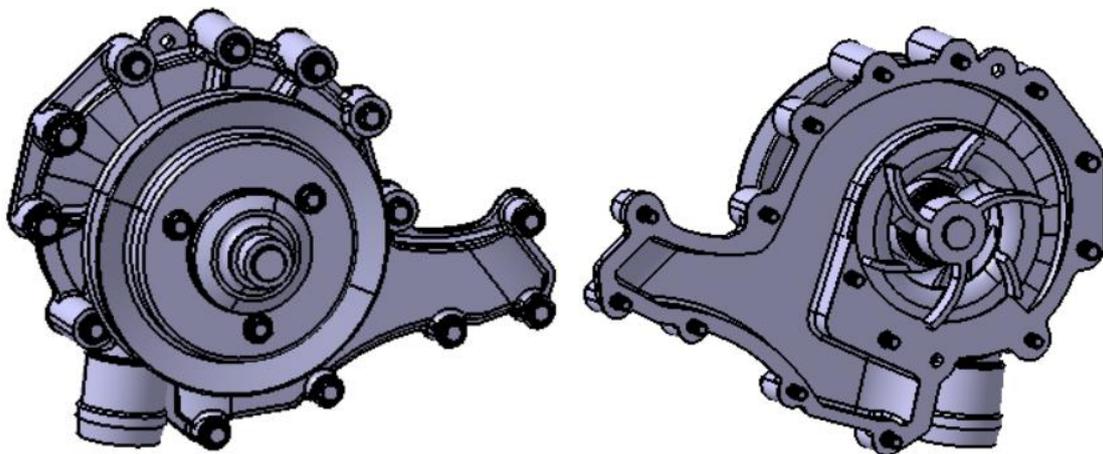


Figura 5. Modelo en Catia V5 de bomba de agua Rover V8-Buick-215

3.3. Elementos de una bomba de agua:

La estructura de una bomba de agua y los elementos que la componen puede variar según el tipo de bomba. Este epígrafe se centra en las bombas de agua de uso más extendido: las bombas de agua mecánicas. (Figura 6)

Centrando el estudio en un prototipo genérico de bomba de agua mecánica, esta cuenta con:

a.-Cuerpo de la bomba: es la parte principal por geometría y funcionalidades. A través de esta pieza circula el líquido refrigerante.

b.-Polea o rueda dentada: encargada de transmitir el movimiento generado por el sistema de distribución al eje de la bomba. La elección entre polea o rueda dentada viene determinada por la geometría y dimensiones de la correa. Actualmente se monta rueda dentada, ya que la correa de distribución es también dentada y se busca aumentar la superficie de contacto.

c.-Rodete: elemento destinado a impulsar y direccionar el flujo de líquido refrigerante que circula a través del cuerpo de la bomba

d.-Eje: su misión principal es transmitir el movimiento de la polea al rodete.

Implícitamente a los elementos nombrados anteriormente, la bomba de agua cuenta generalmente con juntas tóricas, juntas de estanqueidad, cierres o sellos mecánicos, rodamientos. Además, están presentes elementos destinados a la montabilidad como tornillos, pernos, pasadores, etc....

Por último, estas bombas trasiegan un caudal de líquido refrigerante que puede ser de diversa naturaleza en función del fabricante o la localización. Según los estándares se emplea un compuesto con un 45-75% de agua desionizada, 25-50% de etilenglicol y un 3-8% de aditivos de diversa índole.

Actualmente, se estima que el rango térmico implantado que debe soportar un líquido refrigerante es $[-37^{\circ}\text{C} - 108^{\circ}\text{C}]$ para ello es necesaria una proporción en el compuesto de, aproximadamente un 50% de agua desionizada.

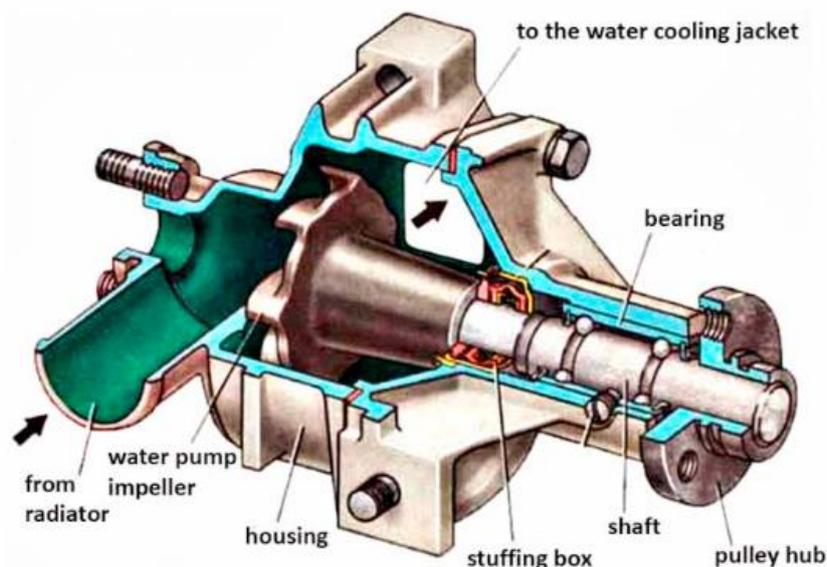


Figura 6. Representación gráfica de los componentes de la bomba de agua de un automóvil

3.4. Justificación de elección del modelo:

Uno de los objetivos planteados en la redacción de este documento es la aplicación de la metodología del análisis funcional técnico a un elemento real. La primera etapa en la realización de este trabajo ha sido la elección de un modelo de anteproyecto.

Establecer un modelo que represente un elemento real y ser familiar a un proceso de concepción en una compañía ingenieril, son algunas de las principales premisas durante la elección del modelo de anteproyecto. Estos, son aspectos fundamentales para obtener el máximo aprovechamiento de la colaboración con Renault. Otro de los requisitos debe ser la elección de un modelo sencillo, que permita poner en práctica los conceptos asimilados en el primer análisis funcional que se realiza de una pieza real.

3.5. Modificaciones efectuadas sobre el modelo de anteproyecto:

En el desarrollo de epígrafes anteriores se ha expuesto el proceso de búsqueda de un modelo de anteproyecto al que aplicar la metodología estudiada en este trabajo de fin de grado. El modelo cuenta con la singularidad de presentar algunos defectos o imperfecciones que evitan interferencias legales con el fabricante y Renault.

Además de estas imperfecciones, se han detectado en el modelo inicial ciertas deficiencias funcionales y de montabilidad del conjunto. Por este motivo, es necesario adoptar una serie de modificaciones en el modelo durante el proceso de concepción del producto. (Figuras 7 y 8)

En primer lugar, estudiando el modelo inicial, el eje de la bomba de agua tiene dos grados de libertad: rotación y desplazamiento axial. Es necesario eliminar este último, para que la bomba realice su función correctamente. El rodete cuenta con el mismo problema, tiene dos grados de libertad: rotación y desplazamiento axial, y es necesario restringir el desplazamiento axial. También la polea cuenta con grados de libertad referentes al desplazamiento axial y la rotación, y debemos mantener únicamente a la rotación.

Hay que tener en cuenta que el eje está montado sobre el subconjunto polea, formado por la polea y el soporte de la polea.

Para empezar, se enrasan las superficies laterales del soporte de la polea y del eje mediante el movimiento de este último. Esta modificación se efectúa mediante una operación de calado del eje. También, se genera un resalte en el taladro central del soporte de la polea y se modifica la geometría inicial del eje para asegurar el contacto entre superficies frontales. Para eliminar el desplazamiento axial del eje se encastra el rodamiento en el cuerpo de la bomba y el eje en el rodamiento. De este proceso resultan dos interacciones mediante apriete: rodamiento en el cuerpo de la bomba y eje en el rodamiento.

Por otra parte, para restringir el desplazamiento axial del rodete se ha generado una unión roscada entre rodete y eje. Asimismo, se ha originado un collar en el eje

con la finalidad de asegurar el contacto frontal, tanto con el rodete como con el cierre mecánico y asegurar la estanqueidad.

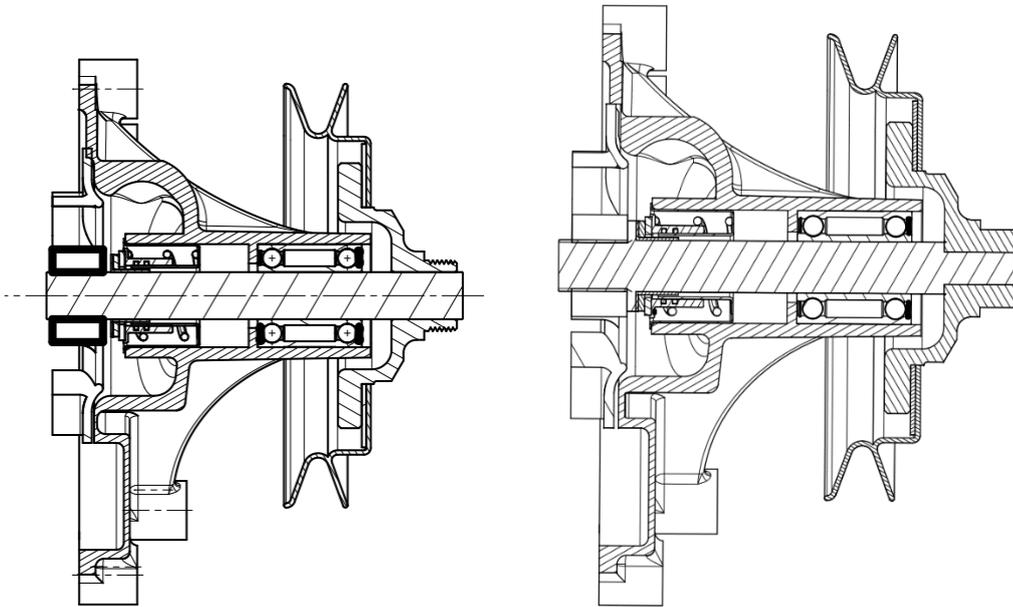


Figura 7. Sección obtenida en Catia V5 de los modelos inicial (izquierda) y modificado (derecha)

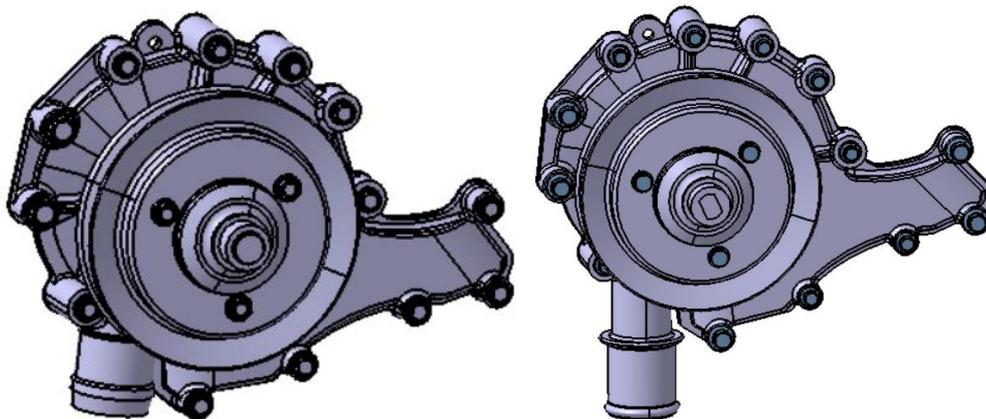


Figura 8. Modelo en Catia V5 de bomba de agua Rover V8-Buick-215 inicial (izquierda) y modificado (derecha)

Durante el ciclo de operabilidad del modelo de partida de la la bomba de agua, la rotación del rodete se puede ver afectada por la interferencia entre la superficie lateral del alojamiento del rodete en el cuerpo de la bomba y el extremo de los álabes. Para evitarlo, se ha aumentado el diámetro del alojamiento del rodete en el cuerpo de la bomba.

Otra de las modificaciones más relevantes se ha realizado en la impulsión (Figuras 9 y 10), en el cuerpo de la bomba. La conexión entre la bomba de agua y el circuito de refrigeración se realiza a través de una interfaz mediante *embout*. Un tubo de caucho con collarín se fija a la superficie lateral del conducto y propicia la entrada

del líquido refrigerante evitando fugas. Los aspectos más importantes en esta interfaz están relacionados con la fabricación y la funcionalidad.

El conducto de impulsión debe tener la longitud suficiente para asegurar el espacio que ocupa la herramienta de fresado al operar sobre el conducto. El modelo original contiene un conducto de impulsión demasiado corto que, impide la entrada de la herramienta de fresado por interferencia con la longitud bridada del perímetro del cuerpo de la bomba. La primera actuación en este aspecto es el alargamiento del conducto de impulsión; en este caso, de la parte de menor diámetro.

La interfaz por *embout* debe ser funcionalmente coherente. Para ello, el tubo de caucho tiene que permanecer fijo axialmente durante la circulación del fluido refrigerante. Es necesario un elemento en la superficie exterior de la impulsión que bloquee la traslación del *embout*. Para solucionar este problema, se ha generado un anillo de parada de traslación del *embout* en el modelo modificado.

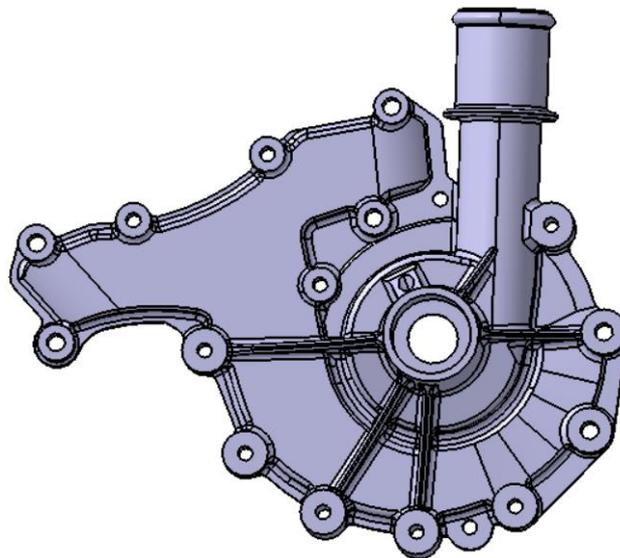


Figura 9. Modelo en Catia V5 de cuerpo de la bomba con impulsión modificada

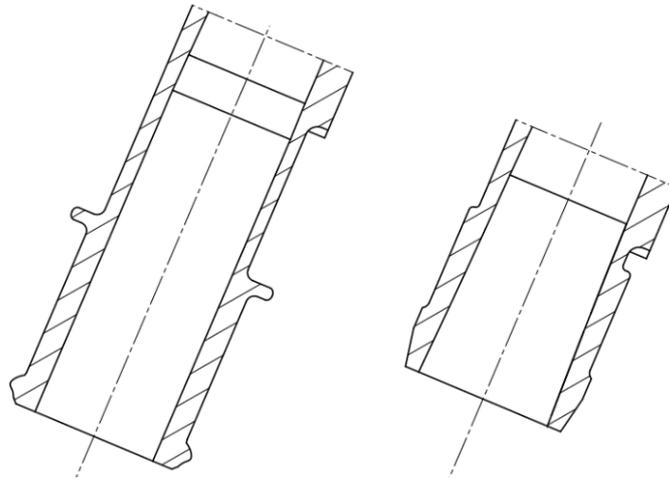


Figura 10. Sección axial obtenida en Catia V5 del conducto de impulsión modificado (izquierda) y original (derecha)

Adicionalmente se ha generado una boquilla en el extremo del conducto de admisión y se ha mantenido el diámetro interior uniforme a lo largo de todo el conducto.

Las modificaciones adoptadas en la impulsión del cuerpo de la bomba se han llevado a cabo siguiendo la normativa interna de Renault.

Por último, la bomba de agua requiere de una junta que asegure la estanqueidad de los canales del cuerpo de la bomba y que evite las fugas. Además, desde el punto de vista funcional su importancia determina especificaciones de planitud en superficies de contacto y en estanqueidades y longitud y diámetro de tornillos y pasadores.

La junta de estanqueidad está presente en el modelo inicial aunque no se ha incluido en algunos de los planos mostrados en los anexos de este documento. La junta de estanqueidad es un elemento elástico, por lo tanto, la normativa de acotación ISO emplea un tratamiento específico en su análisis. Su inclusión desborda el propósito de este trabajo de fin de grado.

No obstante, de realizar un estudio completo sería preciso incluir la junta de estanqueidad. En este caso, los valores de las tolerancias se verían alterados, aunque el tipo y número de especificaciones permanecerían invariables.

4. ANÁLISIS FUNCIONAL:

El análisis funcional es la etapa fundamental del análisis de valor del producto, que trata de asignar recursos al proyecto teniendo en consideración la jerarquía e importancia relativa de las necesidades requeridas.

Existen otras metodologías empleadas en el ámbito del diseño industrial, como: el *Total Design* de Stuart Pugh, *Engineering Design* de Pahl y Beitz o *Design for Aesthetics (DfA)*. Se ha seleccionado el método del análisis funcional técnico por su elevada carga técnica y no considerar el apartado estético del producto.

Se trata de una disciplina compuesta por un conjunto de técnicas empleadas para identificar las necesidades del proyecto y determinar el mejor procedimiento para satisfacerlas. Se puede aplicar tanto a productos nuevos como a productos ya existentes. Las necesidades, así como las funcionalidades y restricciones determinadas en este proceso deben incluirse en el cuaderno de cargas funcional técnico. Las restricciones deben cuantificarse, y es preciso indicar el valor nominal, las tolerancias y la calidad aceptable.

Para comenzar el proceso de análisis funcional es útil y preciso formular tres preguntas referentes al producto estudiado: “¿Quién es el cliente directo?, ¿Cuáles son las necesidades que requiere?, ¿Cómo satisfacer dichas necesidades?”

4.1. Clasificación de las funciones:

Durante el análisis funcional, al expresar una función es necesario abstenerse de cualquier referencia a las soluciones técnicas. Podemos distinguir varias categorías de función. Igualmente existen dos tipos de clasificación:

a.-Clasificación según la naturaleza del servicio: en la que distinguimos la función de servicio, centrada en dar respuesta a una necesidad planteada. La función técnica es la encargada de garantizar las funciones de servicio, por ello, no está solicitada por el cliente sino por el diseñador. Por último, la función de valor engloba generalmente el aspecto estético del producto, centrándose en la presencia de elementos considerados valiosos.

b.-Clasificación según la importancia: intenta establecer un orden jerárquico entre las funciones definidas. Esta clasificación se divide a su vez en función principal, aquella por la que fue diseñado el producto, en cada caso puede haber varias. La función secundaria engloba todas aquellas funciones no consideradas primarias. Por último, las funciones temporales son utilizadas durante ciertas fases de la vida de un producto, además engloban dos subcategorías: técnicas y de valor.

4.2. Restricciones:

Principalmente, el estudio de las restricciones en el análisis funcional nos permite conocer los límites en diversos ámbitos técnicos del producto. Por ello, se delimita la libertad de diseño del técnico, que debe adecuarse a unos estándares marcados en esta etapa.

Las restricciones generalmente vienen delimitadas por documentos técnicos como normas, documentos jurídicos en el ámbito industrial, documentos técnicos normativos de la industria o pliegos de condiciones.

4.3. Métodos para identificar las funciones de un producto:

a.-Método intuitivo: su finalidad es enumerar los servicios que puede aportar un producto, se trata de un procedimiento muy sencillo basado en el conocimiento previo y habilidades personales. Se utiliza en el diseño de productos de muy baja complejidad.

b.-Método S.A.F.E (Sequential Analysis of Function Estimation): se emplea en productos complejos de los que se tiene gran conocimiento. Estudia secuencias de uso del producto, fuerzas y movimientos. Mediante este método, es posible analizar distintas funciones a lo largo de la vida útil del producto.

Para aplicar este método es preciso tener información amplia sobre el producto: estructura, geometría y composición, para permitir un análisis de los aspectos mencionados anteriormente. También, es necesario conocer la normativa y las limitaciones relacionadas con la concepción del producto estudiado.

Este método se divide en el estudio de funciones asignadas a partir de secuencias de utilización y en el estudio de funciones asignadas a partir de esfuerzos ejercidos sobre el objeto.

c.-Método de estudio de producto existente: análisis de las funciones de productos similares al estudiado. Permite establecer criterios útiles para determinar el nivel de calidad requerido. Por otra parte, el conocimiento de funcionalidades útiles y demandadas por el usuario da una estimación de necesidades de diseño.

d.-Método de estudio del entorno: profundiza en las interacciones del producto con su entorno. Trata el producto como una “caja negra” colocada en el centro del sistema del que forma parte. El fundamento de este procedimiento es eliminar el análisis aislado del elemento y tomar una perspectiva integral del sistema del que forma parte.

Durante el estudio del entorno se distinguen varias etapas: expresar las necesidades fundamentales que cubre, determinar el ciclo de vida útil del producto, análisis de la interacción elemento-entorno mediante diagrama *Pieuvre*, generación de un árbol funcional en el que se exponen las funciones ordenadas jerárquicamente conectadas entre sí e indicando la proporción en tanto por ciento que supone cada función de su función superior. Por último, se realiza la etapa de caracterización de las funciones extraídas.

e.-Método de estudio mediante diagrama FAST: se enfoca en destacar las funciones técnicas de una solución mediante una estructura bien definida con fórmulas basadas en la exactitud y el orden. Dota el análisis de un medio de visualización progresiva y explícita, haciendo hincapié en los vínculos entre objetivos y funciones. (Figura 11)

Para implantar este método generalmente se emplea el árbol funcional como punto de partida, fomentando la creatividad y creando una estructura física.

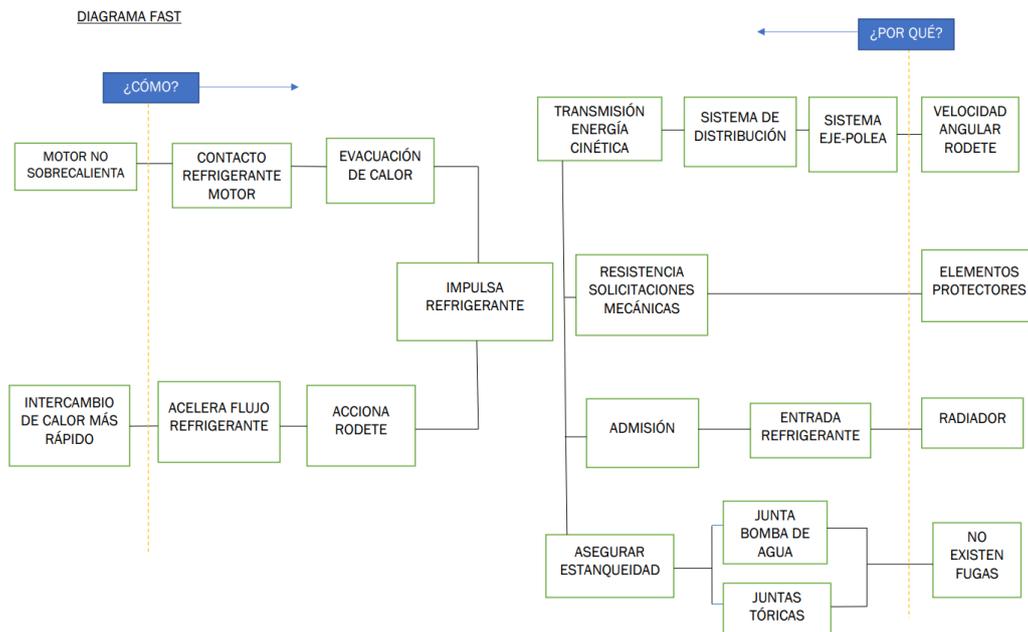


Figura 11. Diagrama FAST de una bomba de agua de automóvil elaborado por el alumno

4.4. Justificación de la del análisis:

Una vez presentado el fundamento teórico del análisis funcional técnico y el modelo a analizar, se debe justificar el análisis realizado.

El primer aspecto considerado, es el enfoque global sobre el que se basa el análisis del modelo. Es muy diferente el estudio que realiza un fabricante de cada uno de los elementos que componen la bomba del agua que el realizado por la compañía encargada de la distribución y logística relacionada con el producto.

Este documento se basa en el estudio que debe realizar la compañía que va a ensamblar la bomba de agua al bloque motor del automóvil. Renault se encarga del montaje de bombas de agua, por tanto, debe definir la funcionalidad y posición con gran precisión a sus proveedores, aunque no define la solución técnica concreta.

Es importante centrar el análisis técnico en los aspectos de la bomba de agua más relevantes e influyentes a la hora de realizar el ensamblaje. Por consiguiente, el análisis se orienta hacia la funcionalidad de los elementos y el posicionamiento de estos en su entorno.

Resulta contraproducente profundizar en el estudio de elementos que, aunque son parte del conjunto, no aportan información útil para la actividad que se va a realizar. Por ejemplo, la posición de los rodamientos desde el punto de vista del ensamblador es irrelevante, pues su propósito es recibir la bomba de agua en perfectas condiciones para acoplarla al bloque motor y al resto de sistemas del automóvil.

Por otra parte, la bomba de agua se integra en una serie de sistemas interconectados, por tanto, su estudio como un sistema independiente es erróneo. Es preciso definir con gran exactitud las funciones del elemento para delimitar su integración en el entorno. En el caso de estudio, la bomba de agua forma parte del circuito de refrigeración, pero también está conectada al sistema de distribución y al bloque motor.

Continuando la observación del entorno, la bomba de agua ocupa un lugar poco accesible con un espacio reducido en las inmediaciones del motor. Además, en su periferia, existen multitud de sistemas que deben seguir sus pautas de funcionamiento.

En este aspecto se requiere un análisis profundo de la posición de cada uno de los elementos relevantes funcionalmente de la bomba de agua para evitar interferencias con cualquier elemento del entorno. Todo ello se consigue mediante el análisis funcional y posterior determinación de las exigencias y requisitos funcionales en un lenguaje de representación.

Para finalizar, este trabajo está basado en técnicas de análisis y estudio en la concepción y diseño del producto en el ámbito industrial, por ende, al final del proceso se obtendrán grandes producciones de piezas, lo que se traduce en un gran desembolso económico y en gran cantidad de tiempo empleado. Es necesario asegurar la calidad del producto, siguiendo unos estándares de precisión durante la fabricación.

Una vez expuestas los aspectos que hay que estudiar acerca de la bomba de agua y las razones del estudio concluimos que el análisis funcional técnico es el método que mejor se adapta en términos de exactitud y tiempo.

4.5. Metodología en el análisis funcional técnico:

4.5.1. Metodología común en los procesos industriales:

El procedimiento se inicia discutiendo con el cliente las necesidades que ha de satisfacer el producto. Se trata de un paso necesario y de dificultad variable, dependiendo del conocimiento técnico del cliente y la complejidad de sus demandas. Por lo general, es una etapa caracterizada por el bajo contenido técnico y que requiere de un trabajo autónomo por parte del técnico.

Posteriormente, es necesario realizar un estudio en el que se definen el resto de las funciones que debe satisfacer el producto de manera más precisa y técnica, teniendo en cuenta el entorno que rodea el producto. Además, es preciso contrastarlas con el cliente para poder proseguir con el estudio.

Una vez clasificadas todas las necesidades que debe satisfacer el producto que hay que concebir, se acude a diversos procedimientos que permiten plasmar esas necesidades de forma jerárquica o esquemática. En este sentido, se emplean diferentes métodos como tablas, matrices o diagramas.

En el ámbito de la industria del automóvil está muy extendido el uso de diagramas *Pieuvre* para recopilar todas las funciones que debe cumplir el producto a diseñar y relacionarlas entre sí. En este punto se ha de tener un amplio conocimiento de todas las funcionalidades del producto. Muchas industrias utilizan el fundamento teórico del diagrama *Pieuvre* adaptándolo a sus criterios de compañía o simplemente al departamento al que pertenece el proyecto que se está llevando a cabo.

Tras elaborar el diagrama que recoge todas las necesidades hay que organizar las funciones ateniéndose a los criterios explicados anteriormente, de esa manera se obtiene una clasificación jerárquica de las funciones.

En esta etapa puede realizarse colocando las funciones en cada categoría de una forma más simple, aunque aproximada, ya que aporta pocos datos más allá de las propias funciones. Un recurso muy empleado en este punto es la creación de tablas en las que, además de jerarquizar las funciones se limitan y cuantifican, asignándoles una magnitud, escala y criterio. Se trata de un procedimiento de gran utilidad, pues es un punto de partida en la introducción de rangos de datos técnicos, a falta de los respectivos cálculos y ensayos en la etapa de diseño.

Por último, es necesario generar los documentos técnicos que reflejen la labor del análisis funcional realizado. En este sentido, el cuaderno de cargas funcional técnico es el documento técnico de referencia en esta etapa, en el que hay que reflejar todo el trabajo realizado anteriormente y que debe ser firmado por el cliente para expresar su conformidad.

4.5.2. Metodología implementada

Para realizar este trabajo se ha contado con varios datos de partida para afrontar un proceso, ya de por sí complicado para técnicos experimentados. Se pueden emplear varios años en realizar un análisis funcional técnico preciso y riguroso de un producto.

Por esta razón se parte de un modelo de anteproyecto en CAD de la bomba de agua, lo cual supone una particularidad en el proceso de análisis funcional técnico, concretamente en su metodología y estructura. Contar con el producto acabado supone una reducción de tiempo empleado en algunas etapas.

Para comenzar, hay que realizar un análisis detallado de las necesidades que han dado lugar al diseño de la bomba de agua. La necesidad principal es la refrigeración del bloque de cilindros y la culata, es decir, el motor precisa de un elemento que ayude a disminuir su temperatura. Después, se extraen el resto de las necesidades: impulsar el flujo de líquido refrigerante presente en el circuito de refrigeración o transformar el movimiento que realiza el sistema de distribución por mediación de la correa para la rotación del rodete.

Posteriormente, hay que iniciar una etapa de estudio dedicada a identificar los distintos elementos por los que está formada la bomba de agua. Es conveniente centrarse en la presencia de conjuntos y subconjuntos que, ensamblados, forman

el producto final. Para identificarlos, es muy útil acudir al modelo en Catia V5 y generar croquis o dibujos de conjunto en los que comprobar la jerarquía de cada elemento y poder realizar anotaciones como marcas o contabilizar elementos mediante listas de piezas.

Una vez realizada la identificación de las piezas se define de manera pormenorizada y precisa la función que cumple cada una de ellas, teniendo presente que el funcionamiento de cada elemento va integrado dentro de un sistema global, en este caso la bomba de agua. Como resultado de este estudio, podemos extraer, por ejemplo, que el cuerpo de la bomba es el elemento principal de la bomba de agua. A través del cuerpo de la bomba circula el flujo de líquido refrigerante y en su interior se alojan componentes como el rodete, el eje o elementos como el cierre mecánico, entre otros.

A continuación, se efectúa un análisis funcional de los elementos enfocado a diversos aspectos como: puntos de contacto entre superficies, uniones a realizar, estanqueidades, superficies de circulación de fluidos, superficies o puntos sometidos a sollicitaciones, etc... Se trata de un análisis más técnico y preciso gracias a los conocimientos adquiridos en etapas anteriores.

La bomba de agua va montada directamente sobre el bloque de cilindros, como consecuencia, una de las superficies del cuerpo de la bomba debe entrar en contacto con la superficie del bloque de cilindros.

En este punto, se inicia el análisis funcional y exhaustivo de cada superficie presente en la geometría de cada pieza. Este es el proceso más importante del análisis, pues ayuda a complementar y verificar la información extraída anteriormente.

Se trata de una etapa que únicamente se tiene en cuenta en la metodología académica. En vez de definir las funciones y diseñar el producto a partir de estas, se toma como dato el producto (modelo en CAD de la bomba de agua) y se extraen las funciones. Es una metodología que resulta muy útil ya que permite el ensayo y la verificación del análisis funcional técnico.

La dinámica que se ha seguido en este periodo es la creación de una tabla para cada elemento en la que se responde el “¿Por qué?” del diseño de cada superficie. Se trata de cuestionar todo el diseño de la geometría para extraer información funcional y datos técnicos, en menor medida. Esta información se ha conseguido gracias al asesoramiento y validación de las hipótesis por parte de Renault.

Por ejemplo, en el caso del cuerpo de la bomba, se estudia el diseño de las superficies cilíndricas alrededor de los taladros realizados para introducir los tornillos de fijación al bloque motor. Se formula la pregunta: (Figura 12).

“¿Por qué la cabeza de tornillo entra en contacto con la superficie frontal de dichos cilindros a diferentes alturas respecto de la superficie frontal posterior del cuerpo de la bomba?”

“La altura, principalmente, es función del tornillo seleccionado (longitud del tornillo) y del espesor de las piezas a unir. Asegura la distancia suficiente de taladro roscado que debe practicarse en la superficie del bloque de cilindros para permitir la entrada del vástago. También, es debido a las necesidades de estanqueidad que tiene el cuerpo de la bomba. Para ello, hay que ejercer una presión adecuada que viene determinada por el cono de presión, siendo los tornillos que tienen la cabeza a una distancia menor entre el apoyo y la superficie del cuerpo de la bomba los que dan lugar a un ángulo de presión que tiende a cerrarse (se debe ejercer más presión en esa zona). Los tornillos más largos están ideados para que el ángulo de presión se abra (ejerciendo una menor presión en esa zona)”

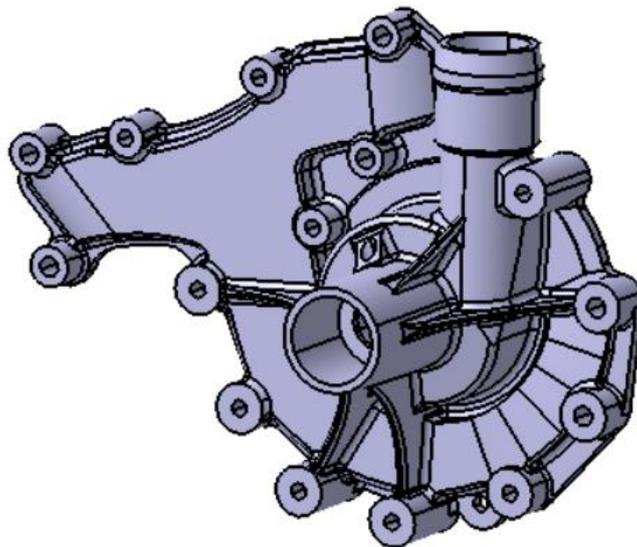


Figura 12. Modelo en Catia V5 de cuerpo de bomba de agua Rover V8-Buick-215

Por último, se implementa un análisis del montaje entre elementos con especial detalle en las interfaces existentes entre ellos. Esta etapa permite, a partir de las funciones delimitadas anteriormente, definir la montabilidad, el orden de montaje, los elementos necesarios para ejecutar la unión, el posicionamiento requerido entre las piezas antes de unir, etc....

Continuando con el caso del cuerpo de la bomba, el primer paso a realizar en el montaje es la unión del cuerpo de la bomba con el bloque de cilindros. Respecto a la ejecución de la unión: se posicionan ambas superficies frontales hasta entrar en contacto, después se centra el elemento mediante el uso de pasadores y, en último lugar, se ejecutan las uniones roscadas de manera no consecutiva y con el par de apriete estipulado para asegurar la estanqueidad.

Toda la metodología mostrada en este epígrafe aparece incluida en los documentos técnicos generados con motivo de este trabajo de fin de grado, en concreto, en el cuaderno de cargas y en los respectivos métodos de representación funcional esquematizada que en él se incluyen, como los diagramas *Pieuvre*.

4.6. Documentos técnicos en el análisis funcional

4.6.1. Cuaderno de cargas funcional técnico

Es el documento técnico más representativo de la etapa de concepción del producto industrial, su misión principal es expresar las necesidades en términos de funciones y limitaciones. Constituye una interfaz entre el solicitante (cliente) y el proyectista encargado de diseñar el producto. Además, debe servir para dar respuesta a todos los requerimientos planteados en el pliego de condiciones técnico.

El cuaderno de cargas debe centrarse en la descomposición del producto en funciones y limitaciones, utilizando como herramienta principal el análisis funcional técnico. Igualmente, este documento debe ser permisible con la creatividad del diseñador. Entre las características principales del cuaderno de cargas destacan:

a. Innovación: el desarrollo del documento se centra en la funcionalidad de los elementos, sin proponer soluciones técnicas a lo planteado.

b. Competitividad: todo el contenido está controlado por el técnico. No habrá presencia de elementos redundantes, generando un documento preciso, riguroso y de cierto argumento técnico.

c.- Flexibilidad: al igual que en la creación de otros documentos, el principio teórico sobre el que se sostiene es común, aunque los cuadernos de cargas elaborados por cada compañía tendrán estructura y matices diferentes en función del enfoque requerido.

El fundamento del cuaderno de cargas funcional técnico emplea en varios de sus epígrafes el uso de tablas, matrices o métodos esquemáticos para el desarrollo del contenido. Las tablas se emplean para ordenar y estudiar las características funcionales del producto. Simplemente, basta con definir las características de un elemento en una columna. Otra se utiliza para cuantificar cada una de esas características definidas en la magnitud correspondiente. Por último, existe una columna destinada a imponer el nivel de negociabilidad con el cliente que tiene esa característica, es decir, cómo puede comprometer al diseño del producto si no se cumple.

Utilizando una de las funciones definidas en el diagrama *Pieuvre* teórico de la bomba de agua (Tabla 2), se genera esta tabla de análisis funcional (Tabla 1):

FC7: Asegurar la estanqueidad entre el motor y la bomba de agua para evitar fugas de líquido refrigerante.

Características	Nivel	Flexibilidad
Par de apriete tornillos	15 Nm	F0
Espesor de junta de estanqueidad	2 mm	F0
Aplicación fluido sellador	Resistencia a ácidos, resistencia a solución alcalina, permanente.	F2

Tabla 1. Análisis mediante tabla de las funciones de bomba de agua Rover V8-Buick-215

La estructura del documento es variable según la industria en la que se realice. Por norma general, una estructura genérica de un cuaderno de cargas funcional técnico incluye: índice, glosario, normativa, objetivos, características generales, *planning*, dossier de intercambio de ficheros, dossier de diagramas, especificaciones técnicas, dossier de posibles fallos (incluirá subapartados de aquellas áreas donde el producto sea más susceptible de fallar, algunos ejemplos comunes son: corrosión, ruidos, vibraciones, etc....), limpieza y mantenimiento, test y validaciones, diagrama *Pieuvre*.

4.6.2. Diagrama *Pieuvre*

En la representación de los resultados del análisis funcional existen varios recursos para clasificar y definir la información esquemáticamente, uno de los más empleados es el diagrama *Pieuvre*.

Este método es empleado durante la etapa de estudio del entorno, incluido en el análisis funcional técnico del producto. Su misión principal es analizar las necesidades e identificar las funciones de servicio del producto, aunque también ayuda a establecer los límites del sistema. Se trata de un útil esquemático que facilita la investigación de las relaciones entre los elementos del sistema, concretamente debe hacer alusión a funciones y restricciones.

Previamente al desarrollo del diagrama *Pieuvre* es necesaria una etapa de selección y síntesis de información, de manera que la representación de la información sea lo más significativa y clara posible, haciendo hincapié en la búsqueda de elementos en el entorno del producto estudiado.

Su configuración está compuesta por una burbuja central "*le bulle*" que representa el producto estudiado, rodeada de burbujas que muestran los elementos significativos del entorno del producto. Las conexiones entre burbujas centro-entorno se realizan mediante líneas en las que se especifica una marca, haciendo alusión a la categoría de función que representa (Figura 13).

Para definir las funciones es útil formular la pregunta: "*¿Qué observo?*", como apoyo a la identificación del entorno del producto estudiado. Esta búsqueda se debe centrar en objetos materiales y elementos físicos concretos. Hay que evitar prejuzgar una solución técnica durante la etapa de construcción del diagrama *Pieuvre*.

Durante la representación del diagrama es posible hacer alusión a dos tipos de funciones (Tabla 2):

a.-Funciones principales: son aquellas que justifican la necesidad de diseño del producto. Utilizando el caso estudiado referente a la bomba de agua, una de sus necesidades principales es disminuir la temperatura del motor, en definitiva, evitar su sobrecalentamiento.

b.-Funciones restrictivas: destinadas a limitar la libertad del elemento dentro de su entorno de funcionamiento. En la bomba de agua, entre sus funciones restrictivas

se encuentra resistir las sollicitaciones mecánicas a las que está sometida, como pueden ser: fricción en el eje, esfuerzos cortantes de los fluidos, torsión en algunos elementos, etc....

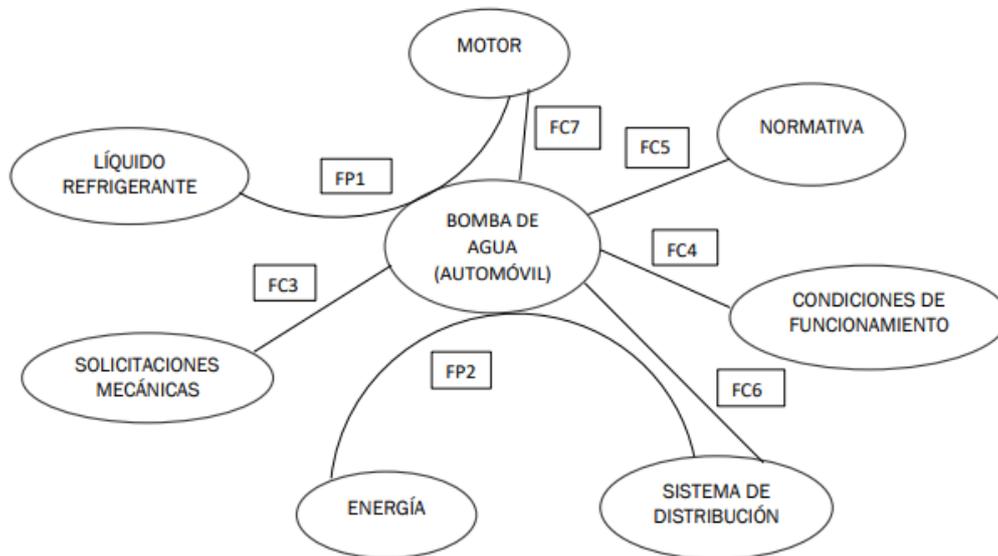


Figura 13. Diagrama Pieuvre teórico de bomba de agua Rover V8-Buick-215

Nº	Función
FP1	Impulsa el líquido refrigerante para evitar calentar el motor.
FP2	Utiliza la energía cinética aportada por el sistema de distribución para operar (mover el rodete).
FC3	Soporta sollicitaciones mecánicas a las que está sometida (polea con el sistema de distribución, vibraciones, líquido refrigerante).
FC4	Cumple durante su vida útil unas condiciones de funcionamiento (presión, temperatura, caudal, velocidad).
FC5	Respetar y cumplir la normativa en vigor referente a seguridad, contaminación y estanqueidad.
FC6	Debe efectuarse correctamente la interacción bomba de agua- sistema de distribución a través de la correa, además de sincronizarse el movimiento correapolea.
FC7	Asegurar la estanqueidad entre el motor y la bomba de agua para evitar fugas de líquido refrigerante.

Tabla 2. Tabla de necesidades que cumple la bomba de agua representadas en diagrama Pieuvre

Posteriormente, es posible profundizar en el análisis de la función de servicio mediante la etapa de validación. Consiste en responder sobre tres cuestiones a plantear para cada función, tanto principal como restrictiva: “¿Qué objetivo tiene? ¿En base a qué razón se establece el objetivo? ¿Cómo se consigue el objetivo?”

Analizando la función principal 2 de la bomba “FP2” “Utiliza la energía cinética aportada por el sistema de distribución para mover el rodete” se puede determinar (Tabla 3):

FC2	Objetivo:	Rotación del rodete
	Razón:	Impulsión del flujo de líquido refrigerante
	Solución:	Introducción de polea integrada en el sistema

Tabla 3. Categorías funcionales de bomba de agua Rover V8-Buick-215 para diagrama Pieuvre

En la industria, la metodología de creación del diagrama *Pieuvre* sigue estos fundamentos teóricos y estructurales, aunque incluye matices propios de cada compañía o de cada departamento dentro de una empresa, muy similar a lo que ocurre con el cuaderno de cargas funcional técnico. Estas modificaciones aportan una perspectiva más cercana a la necesidad del proyecto, que ayuda a su resolución.

En referencia al análisis de la bomba de agua, se ha creado un diagrama *Pieuvre* desde un enfoque más práctico. Trata de fijar unos criterios de interés para una compañía de ensamblaje de motores (Figura 14). Se ha establecido un código de colores que identifica a cada una de las categorías seleccionadas por su importancia en la definición de la funcionalidad en la bomba de agua (Tabla 4).

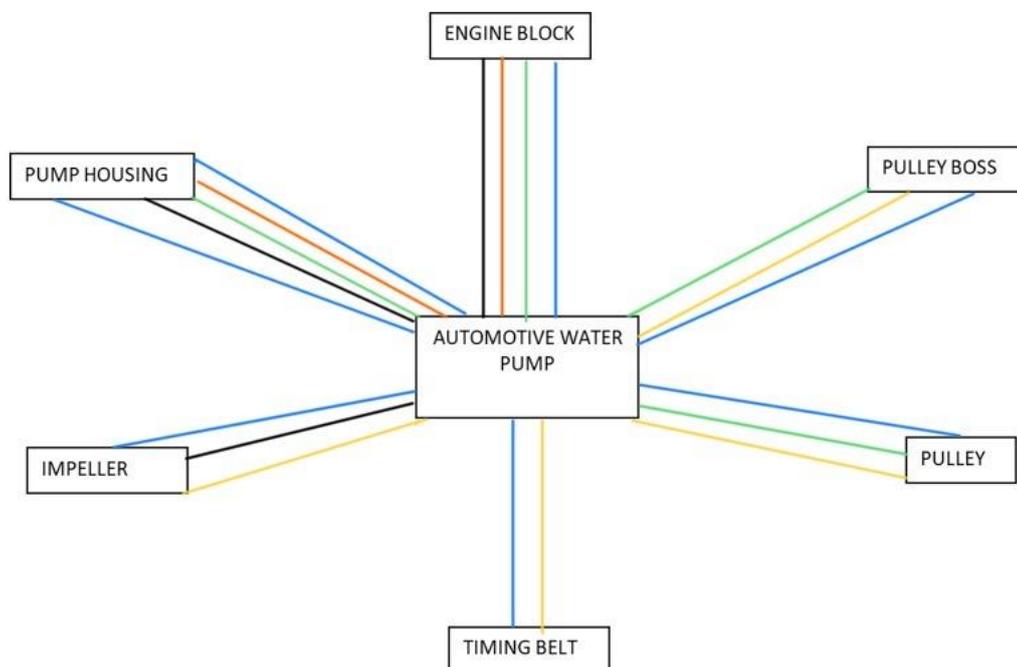


Figura 14. Diagrama Pieuvre funcional de bomba de agua Rover V8-Buick-215

CONTACTO MECÁNICO
1.Contacto superficie frontal interior pulley con superficie frontal exterior pulley boss.
2.Contacto superficie frontal pump housing sobre superficie engine block para posicionamiento.
3.Contacto superficie frontal impeller sobre superficie frontal pump housing.
4.Contacto superficie timing belt sobre superficie lateral (acanaladura trapezoidal) pulley.
FIJACIONES
1.Uniones atornilladas para obtención de subconjunto pulley-pulley boss.
2.Uniones atornilladas para ensamblar pump housing a engine block.También destinadas a asegurar la estanqueidad.
3.Pasadores para posicionar y restringir movimiento relativo de pump housing sobre engine block.
ESTANQUEIDADES
1.Orificios y elementos de cierre mecánico presentes en el engine block.
2.Canales interiores y orificios para conexiones de admisión/expulsión.Orificio central para alojar el eje, cierres mecánicos y juntas tóricas.
MOVIMIENTO RELATIVO (RESPECTO DE ENGINE BLOCK)
1.Movimiento rotativo de pulley boss generado por timing belt y transmitido mediante pulley.
2.Movimiento rotativo de impeller y transmitido mediante shaft.
3.Movimiento de traslación de timing belt que es transmitido a pulley.
4.Movimiento rotativo de pulley transmitido mediante timing belt.
FLUIDOS ENTORNO
1.Líquido refrigerante circula a través de los canales del pump housing hacia el engine block con el objetivo de refrigerar.
2.Líquido refrigerante es impulsado mediante impeller para hacer circular el caudal a través de los canales del pump housing.

Tabla 4. Categorías funcionales de bomba de agua Rover V8-Buick-215 para diagrama Pieuvre

5.CUADERNO DE CARGAS FUNCIONAL TÉCNICO BOMBA DE AGUA ROVER V8-BUICK-215:

Cuaderno de cargas funcional técnico

Bomba de Agua Rover V8-Buick-215

Especificaciones geométricas de conjunto, posicionamiento, montabilidad, condiciones de funcionamiento y diagramas funcionales

Con la redacción de este cuaderno proyectista y cliente se comprometen, previa lectura, discusión y aceptación de la información que contiene, al desarrollo del proyecto según las condiciones marcadas. Todas las etapas se ajustarán a la normativa vigente. Este es un documento técnico de acceso exclusivo para el departamento del proyectista y el cliente.

Tabla de contenido

1.OBJETIVOS.....	31
2.CARACTERÍSTICAS GENERALES. BOMBA DE AGUA ROVER V8-Buick-215.....	31
3.PLANIFICACIÓN.....	32
3.SUPERFICIES FUNCIONALES. BOMBA DE AGUA ROVER V8-Buick-215.....	33
3.1. Pump housing.....	33
3.2. Pulley	36
3.3. Pulley Boss.....	38
4.MONTABILIDAD.INTERFACES ENTRE SUPERFICIES.....	40
4.1. Pump Housing- Engine Block.....	40
4.2. Impeller- Pump Housing.....	41
4.3. Pulley-Pulley Boss.....	42
4.4. Pulley Boss-Shaft.....	43
5.DIAGRAMAS.....	44
5.1. Diagrama FAST	44
5.2. Diagrama Necesidades.” Pulpo”.	44
6.ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. BOMBA DE AGUA ROVER V8-Buick-215.....	45
7.PIEUVRE.....	46
8.PLANOS.....	46

1.OBJETIVOS

El presente cuaderno de cargas funcional técnico tiene como objetivo principal analizar la funcionalidad de la bomba de agua Rover V8-Buick-215 mediante la metodología del análisis funcional técnico.

La descomposición del producto y posterior identificación de sus elementos permiten la definición de sus funciones y limitaciones. Además, la jerarquización y clasificación de las funciones en niveles mediante la colaboración del cliente posibilitan la redacción de este cuaderno técnico.

La definición de las necesidades descritas por el cliente y la información técnica acerca de la geometría, composición, conformado, condiciones de funcionamiento, limpieza y mantenimiento facilitadas por el fabricante de los componentes se especificarán en el cuaderno de cargas. Todo ello es, objeto de estudio en el contexto de la actividad de montaje de la bomba de agua en el motor de automóvil.

Implícitamente se entiende, si el documento está debidamente firmado, la aprobación del cliente con los procedimientos y resultados aquí mostrados.

2.CARACTERÍSTICAS GENERALES. BOMBA DE AGUA ROVER V8-Buick-215

En este documento se estudia el diseño de una bomba de agua para el montaje en motor Rover V8-Buick-215.

La fabricación de este motor (1960-2006) ha sido realizada por distintas compañías: General Motors, Rover, Land Rover, MG y TVR. Sus parámetros de operación son:

Configuration	
Engine Displacement	3.5–5.0 L; 215.3–304.9 cu in (3,528–4,997 cc)
Cylinder bore	88.9 mm (3.50 in), 93.5 mm (3.68 in),94 mm (3.7 in)
Piston Stroke	71 mm (2.8 in) 77 mm (3.03 in) 80 mm (3.15 in) 82 mm (3.23 in) 88.9 mm (3.50 in) 90 mm (3.54 in)
Block Material	Aluminio
Head material	Aluminio
Valvetrain	OHV 2 valves x cylinder
Compression ratio	8.13:1, 9.35:1, 10.5:1

Output	
Power Output	158–340 hp (118–254 kW; 160– 345 PS)
Torque Output	210–350 lb·ft (285–475 N·m)

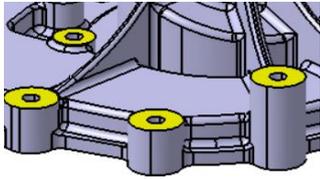
3.PLANIFICACIÓN

Nombre etapa	Descripción	Duración (días)	Tipo de etapa	Comienzo	Fin	Demora	Responsable
Reunión inicial	Obtención datos iniciales	1	Cooperativa	09/03/2022	10/03/2022		Tutores
Análisis necesidades y limitaciones	Necesidades diseño bomba de agua	2	Individual	11/03/2022	13/03/2022		Alumno
Descomposición elementos	Identificación de piezas de la bomba de agua	2	Individual	14/03/2022	16/03/2022		Alumno
Croquización elementos	Solución de dudas funcionalidad mediante croquis.	3	Individual	16/03/2022	19/03/2022	20/03/2022	Alumno
Reunión equipo	Puesta en común trabajo individual.	1	Cooperativa	04/04/2022	05/04/2022		Alumno
Funcionalidad elementos	Definición función principal de cada elemento en la bomba de agua.	2	Individual	06/04/2022	08/04/2022		Alumno
Reunión equipo	Supervisión análisis de elementos con cliente y modificaciones.	1	Cooperativa	15/04/2022	16/04/2022		Tutores
Análisis superficies	Estudio exhaustivo superficies de las piezas de la bomba.	7	Individual	16/04/2022	23/04/2022	26/04/2022	Alumno
Identificación puntos montabilidad	Obtención de puntos de posicionamiento y superficies de contacto.	2	Individual	17/04/2022	19/04/2022		Alumno
Definición montabilidad	Estudio de orden, restricciones y requisitos de montabilidad.	3	Individual	19/04/2022	22/04/2022		Alumno
Redacción diagrama Pieuvre	Puesta en práctica metodología y creación de diagrama.	2	Individual	05/05/2022	07/05/2022		Alumno
Reunión final	Supervisión de montabilidad. Verificación general.	1	Cooperativa	08/05/2022	09/05/2022		Tutores
Entrega del proyecto	Entrega y firma de la documentación.	1	Cooperativa	09/05/2022	10/05/2022		Cliente
Duración del proyecto (días)	62						
Fecha de finalización	10/05/2022						

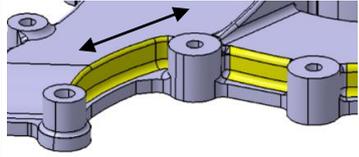
3.SUPERFICIES FUNCIONALES. BOMBA DE AGUA ROVER V8-Buick-215

3.1. Pump housing

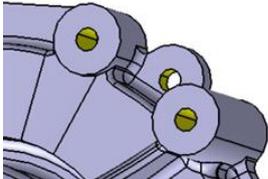
Superficie: Superficie frontal cilindro protector taladros

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Apoyo cabeza de tornillo a diferentes alturas respecto a la base	La altura depende de la longitud del tornillo y de las piezas a unir. Asegura la distancia suficiente de taladro roscado que debe existir en la superficie del bloque de cilindros para permitir la entrada del vástago. Infiuye en el mantenimiento de la estanqueidad.	

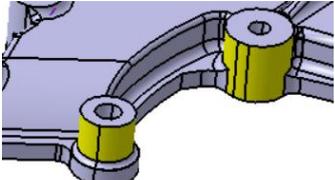
Superficie: Superficie lateral entre cilindro protector de taladros

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Distancia entre cilindros protectores. Longitud de brida	Distancia determinada por el cono de presión. El objetivo del diseño es que las bases de ambos conos de presión estén lo más cercanas posibles. La separación entre taladros será en función de la naturaleza del esfuerzo que actúa sobre el elemento.	

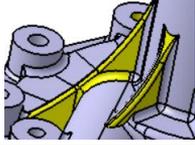
Superficie: Superficie lateral interior de los taladros

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Taladros para diferentes funcionalidades	Los taladros de menor longitud de implantación están destinados al posicionamiento y los de mayor longitud de implantación realizan el esfuerzo mecánico principal mediante los tornillos. Los taladros sin roscar no están expuestos a esfuerzos de cortadura y montan pasadores cilíndricos.	

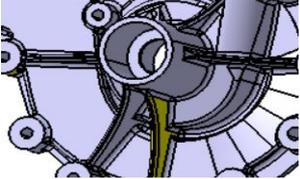
Superficie: Superficie lateral exterior del cilindro protector

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Diámetro cilindro protector	Los esfuerzos cortantes que genera la unión incrementan el diámetro. Las necesidades de la superficie de matado determinan la elección del diámetro. Se intenta evitar que la cabeza del tornillo se introduzca en la pieza. El objetivo principal es desarrollar una resistencia residual suficiente.	

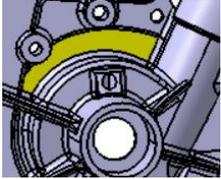
Superficie: Nervios radiales

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Diseño de nervios en la pieza	Aumentan la rigidez de la pieza. Algunos de ellos se emplean para llevar material hacia posiciones alejadas, en el reparto de la colada durante el proceso de moldeo.	

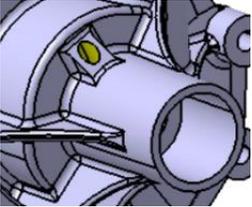
Superficie: Nervios radiales

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Desalineamiento de nervio	El diseño del nervio viene planteado por necesidades durante la etapa de moldeo, en la que hay que desplazar gran cantidad de material hacia esa área.	

Superficie: Superficie frontal exterior

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Propósito en su diseño	Superficie no funcional generada por el proceso de fabricación de moldeo que no ha sido rectificada. No limita ninguna función de la pieza.	

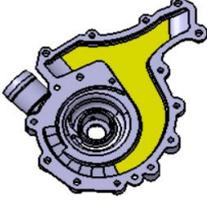
Superficie: Superficie taladro perpendicular orificio central

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Propósito en su diseño	Es un orificio de purga para evacuar el líquido refrigerante fugado. Impide que el líquido refrigerante pase al mismo compartimento que el eje y el cojinete.	

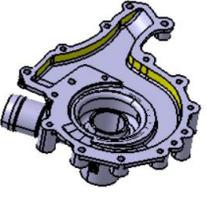
Superficie: Superficie lateral interior en el colector de admisión

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Modificación del diámetro	Boquilla para facilitar la conexión con el conducto que conecta el radiador con la admisión de la bomba. Colabora en el bloqueo de traslación del conducto de caucho en la interfaz del embout.	

Superficie: Superficie frontal canales interiores

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Profundidad variable	Depende de los valores de: caudal, velocidad del fluido y condiciones de estanqueidad marcadas desde el inicio. Valor de los redondeos es función de la fluidodinámica del líquido refrigerante, en ningún caso dejando aristas vivas.	

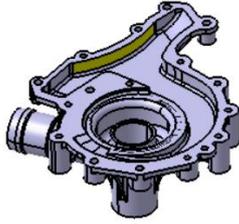
Superficie: Superficie lateral canales interiores

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Ancho variable	Este parámetro varía para aumentar o disminuir la velocidad del fluido a su paso por cada tramo, según la velocidad que se precise a la salida.	

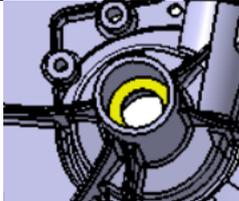
Superficie: Superficie frontal final en canales interiores

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Propósito en su diseño	Superficies producto del proceso de fabricación debido a la morfología del molde. Tras el proceso de fabricación, se mecanizan estas superficies para darle el radio de curvatura adecuado.	

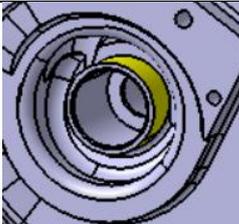
Superficie: Superficie lateral diametral canales interiores

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Propósito en su diseño	Ajusta el ángulo de incidencia del fluido a los parámetros de operación solicitados y hace que el fluido salga orientado correctamente. Es recomendable aumentar la resistencia de esta superficie pues el fluido va a estar incidiendo constantemente sobre esa cara.	

Superficie: Superficie frontal retén orificio central

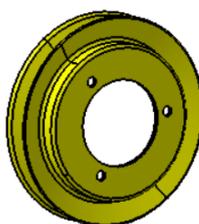
Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Propósito en su diseño	Es uno de los elementos que conforman el cierre mecánico de la bomba de agua. Separa el cierre mecánico del rodamiento. Evita la fuga de líquido refrigerante y su mezcla con el lubricante.	

Superficie: Superficie lateral eje cuerpo de bomba

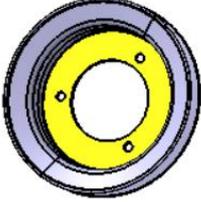
Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Longitud en la parte posterior	Asegura el ajuste del eje y lo protege. También aísla los componentes que van unidos a él como rodamientos o juntas tóricas, por lo que impide la fuga del líquido refrigerante.	

3.2. Pulley

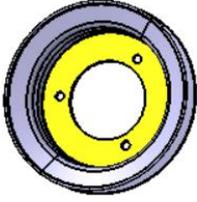
Superficie: Superficie total de la pieza

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Concepción y diseño	Subconjunto formado por tres elementos: tambor, polea y placa. Las uniones de estos elementos se realizan mediante soldadura por resistencia por puntos: la placa se suelda al cubo y, posteriormente, todo ello a la polea.	

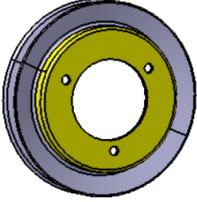
Superficie: Superficie frontal de la placa

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Propósito en su diseño	La placa se suelda para aumentar el espesor de la superficie frontal del tambor y dotarla de mayor resistencia. Aumenta la superficie de contacto en la unión polea - soporte de la polea.	

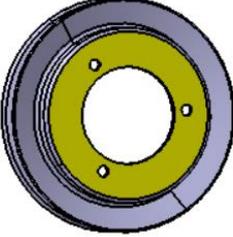
Superficie: Superficie frontal de la placa

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Diámetro	Se estima un diámetro que asegure el contacto y el proceso de soldadura de la placa al tambor. Facilita los procesos de mecanizado posteriores a la soldadura.	

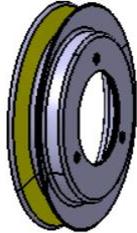
Superficie: Superficies pertenecientes al tambor

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Propósito en su diseño	Protege a modo de carcasa de cierre al subconjunto, para evitar el paso de agentes contaminantes y nocivos para los componentes del eje. Trata de asegurar la unión del subconjunto polea.	

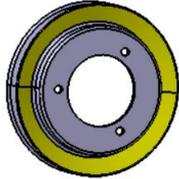
Superficie: Superficie frontal del tambor

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Diámetro	El diámetro del tambor viene dado por: diámetro de polea, diámetro del soporte de la polea y el diámetro donde están posicionados los centros de los tres taladros. Se debe asegurar que el diámetro sea, mayor o igual al diámetro del soporte de la polea para asegurar el contacto.	

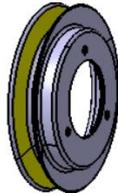
Superficie: Superficie lateral acanaladura

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Concepción y diseño	La acanaladura de la polea depende directamente de la correa que se va a montar. Una correa trapezoidal permite pares de giro más elevados que otro tipo de correas, ocupando el mismo espacio y generando menos sollicitaciones en los rodamientos. Los valores de fricción deben ser mínimos.	

Superficie: Superficie frontal diámetro mayor

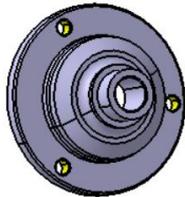
Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Diámetro	Directamente proporcional a la longitud de la polea y al diámetro del resto de ruedas que forman el sistema de distribución. También es función de la distancia entre los centros de las diferentes ruedas.	

Superficie: Superficie interior acanaladura

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Profundidad y ángulo de los flancos	Tiene relación directa con la correa elegida, una vez obtenida la longitud de la correa obtendremos aspectos como la altura, el ancho y el ángulo. Norma ISO 4184 referente a correas.	

3.3. Pulley Boss

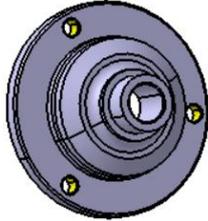
Superficie: Superficie lateral interior taladros

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Numero de taladros y distancia entre sí	Separación entre taladros función de la naturaleza del esfuerzo sobre el elemento. Estas uniones no tienen como objetivo asegurar estanqueidades, con lo que se pueden equidistar los taladros. La distancia viene determinada por el cono de presión que debe generarse para cada una de las uniones.	

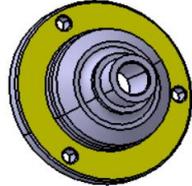
Superficie: Superficie lateral diámetro mayor

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Longitud de espesor	Es función de la unión roscada y de la otra pieza a unir, la polea. Asegura la longitud roscada para que pueda penetrar el vástago del tornillo y evitar que la cabeza de este se hunda provocando daños en la pieza debido al esfuerzo mecánico de la unión.	

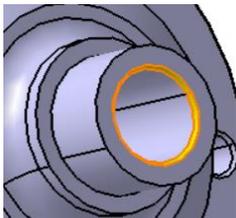
Superficie: Superficie lateral interior taladros

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Diámetro	No se emplea ningún elemento de bloqueo, aunque será necesario escoger el tornillo en función de la distancia que debe entrar el vástago en el taladro roscado del soporte de la polea. También hay que diseñar la superficie de contacto de la cabeza del tornillo (matado) para resistir las sollicitaciones mecánicas.	

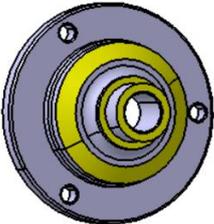
Superficie: Superficie frontal exterior

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Diámetro	El diámetro debe cumplir dos requisitos: ser inferior al diámetro de la polea y ser lo suficientemente grande como para contener el diámetro donde están situados los centros de los tres taladros equidistantes.	

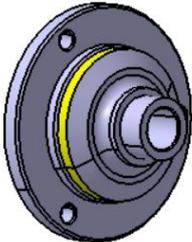
Superficie: Superficie achaflanada del orificio central

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Propósito en su diseño	Facilitar la montabilidad del conjunto. Es frecuente tener que lubricar el eje y dichos elementos durante el transcurso de la vida útil de la bomba.	

Superficie: Superficies frontales de diámetro decreciente

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Propósito en su diseño	La interacción eje-agujero condiciona el diseño del eje del soporte de la polea, garantizando la unión con la polea y a su vez la incorporación del eje. La principal función de esta pieza es transmitir al rodete el movimiento del eje que viene dado por la rotación de la polea.	

Superficie: Superficie lateral de diámetro intermedio

Característica referente a superficie	Funcionalidad	Imagen
Propósito en su diseño	Su espesor coincide con el de la polea. Está diseñado para la interfaz agujero-eje que tendrá lugar entre polea y soporte de la polea. Posteriormente se estrecha para finalizar en un diámetro que permita alojar en su interior el eje.	

4.MONTABILIDAD.INTERFACES ENTRE SUPERFICIES.

4.1. Pump Housing- Engine Block

Operación: 1. Apoyo sobre plano de superficie bloque de cilindros

GDL Restantes	Criterio de aceptación	Riesgos
3 GDL	Elección de tres puntos que delimitan el plano. Asegurar el correcto tratamiento superficial de ambas superficies a unir para garantizar el contacto.	Problemas de estanqueidad que dan lugar a fugas de líquido refrigerante.

Operación: 2. Posicionamiento pasadores

GDL Restantes	Criterio de aceptación	Riesgos
1GDL (primer pasador) OGD (segundo pasador)	Elección del pasador cilíndrico y del extractor del pasador. En la operación se realiza una fuerza de compresión o tracción dentro de los estándares recomendados. Previamente se ha asegurado el contacto entre las dos superficies a unir.	Problemas de desalineamiento que pueden no garantizar el isostatismo del elemento.

Operación: 3. Ejecución de uniones atornilladas

GDL Restantes	Criterio de aceptación	Riesgos
0 GDL ISOSTÁTICO	Uso de la herramienta adecuada para ejecutar las uniones roscadas. Aplicar el par de apriete estipulado para motor estimado en 15 Nm. En las uniones generar un reparto equilibrado de la presión, instalando de manera entrecruzada los tornillos.	Aparición de concavidad o convexidad en la superficie a unir, no asegurando el contacto total entre superficies. Problemas de estanqueidad y aparición de fugas que generan sobrecalentamiento del motor. Aumentan las pérdidas de carga. Posible aparición de cavitación y de problemas de implosión.

4.2. Impeller- Pump Housing

Operación: 1. Apoyo sobre plano de superficie lateral pump housing

GDL Restantes	Criterio de aceptación	Riesgos
2 GDL	Asegurar el correcto acabado superficial de la superficie a unir teniendo en cuenta que va a estar en permanente contacto con el cuerpo de la bomba. Verificar que el contacto es compatible en el rango de velocidades angulares en el que se estima el funcionamiento del rodete.	Imposibilidad de alcanzar rangos de velocidad angular de funcionamiento. Desgaste excesivo de la superficie de contacto que provoca fugas. Modificación del ángulo de salida (β)

Operación: 2. Apoyo sobre plano de superficie frontal pump housing

GDL Restantes	Criterio de aceptación	Riesgos
2 GDL	Asegurar el correcto acabado superficial de la superficie a unir teniendo en cuenta que va a estar en permanente contacto con el cuerpo de la bomba. Verificar que el contacto es compatible en el rango de velocidades angulares en el que se estima el funcionamiento del rodete.	Imposibilidad de alcanzar rangos de velocidad angular de funcionamiento. Desgaste excesivo de la superficie de contacto que provoca fugas. Modificación del ángulo de salida (β)

Operación: 3. Posicionamiento eje bomba

GDL Restantes	Criterio de aceptación	Riesgos
1 GDL MECANISMO	En la introducción del eje se debe tener en cuenta el posicionamiento del mismo respecto al resto de elementos del sistema, teniendo en cuenta el posicionamiento de rodamientos y juntas que permiten el movimiento relativo.	Desalineamiento del rodete. Pérdida de energía cinética en el mecanismo debido al rozamiento. Modificación de ángulo de salida del rodete. Posible presencia de problemas de implosión al originarse burbujas en ciertas áreas de la estanqueidad

4.3. Pulley-Pulley Boss

Operación: 1. Apoyo sobre plano de superficie frontal pump housing

GDL Restantes	Criterio de aceptación	Riesgos
3 GDL	Asegurar el correcto acabado superficial de la superficie a unir teniendo en cuenta que van a estar en permanente contacto polea y soporte de la polea. Verificar que el contacto es compatible con la velocidad y el alineamiento de la correa trapezoidal.	Desalineamiento y desgaste de la correa. Problemas en el sistema de distribución. Pérdidas de potencia y problemas de fricción. Modificación de la orientación del eje y el rodete y sus problemas asociados.

Operación: 2. Ejecución de uniones atornilladas

GDL Restantes	Criterio de aceptación	Riesgos
0 GDL ISOSTÁTICO	Uso de la herramienta adecuada para ejecutar las uniones roscadas. Aplicar el par de apriete estipulado para motor estimado en 8-10 Nm. En las uniones generar un reparto equilibrado de la presión, instalando de manera entrecruzada los tornillos.	Pérdidas de energía y potencia. Dificultad para transmitir el movimiento producida por desalineamiento polea-soporte de la polea. Aparición de desalineamiento en el eje con lo que se produciría fricción constante y degradación final de las piezas que forman el sistema.

4.4. Pulley Boss-Shaft

Operación: 1. Contacto entre superficies laterales

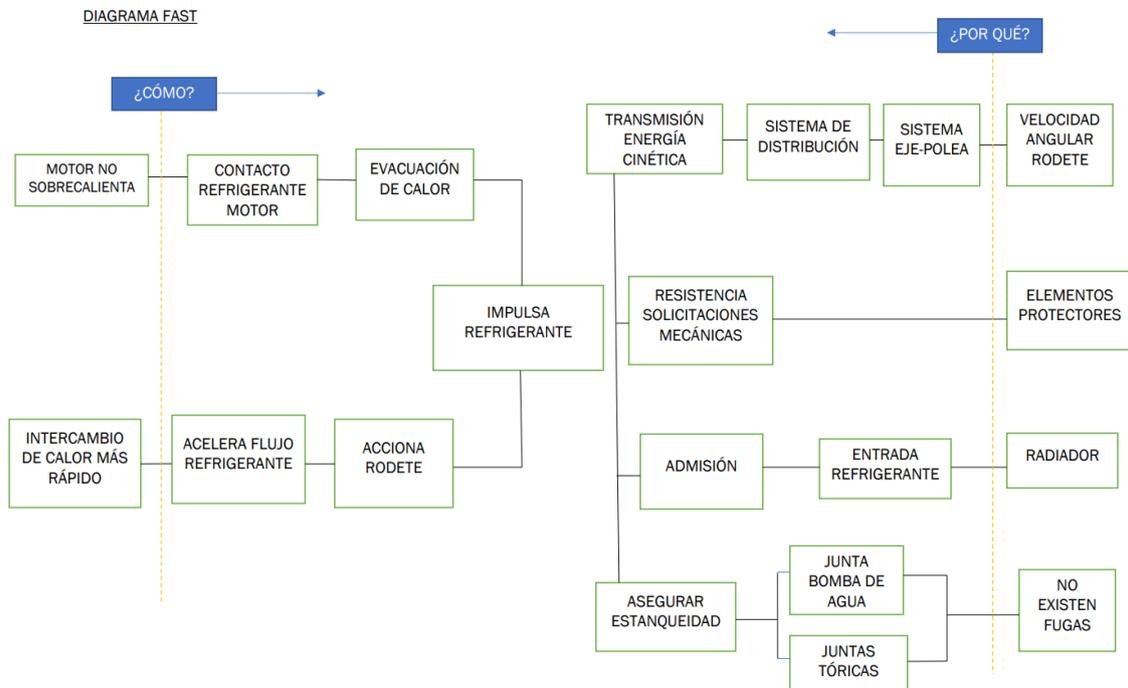
GDL Restantes	Criterio de aceptación	Riesgos
2 GDL MECANISMO	Comprobación del acabado realizado en la superficie lateral del taladro. Verificación de la holgura existente que permita la posibilidad de incorporar elementos solidarios al eje como rodamientos y el cierre mecánico.	Problemas de transmisión de movimiento que pueden repercutir en el resto de las uniones en las que el eje está involucrado. Imposibilidad de alcanzar los regímenes de giro estipulados en el funcionamiento del rodete. Movimientos relativos no deseados. Posibilidad de fugas de líquido refrigerante con la aparición de holguras entre el eje y el taladro pasante del rodete.

Operación: 2. Contacto entre superficies frontales

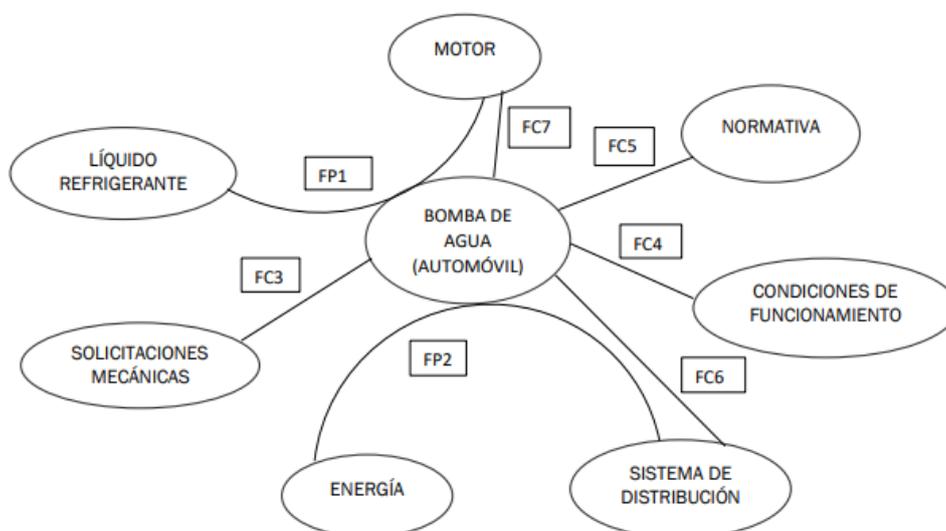
GDL Restantes	Criterio de aceptación	Riesgos
1 GDL MECANISMO	Comprobación del acabado realizado en la superficie frontal. Comprobar si la superficie frontal del eje que determina el contacto requiere de un acabado superficial específico.	Problemas de transmisión de movimiento que pueden repercutir en el resto de las uniones en las que el eje está involucrado. Imposibilidad de alcanzar los regímenes de giro estipulados en el funcionamiento del rodete. Movimientos relativos no deseados. Desgaste y pérdida de material en la superficie frontal del eje, que puede modificar la posición y orientación.

5. DIAGRAMAS

5.1. Diagrama FAST



5.2. Diagrama Necesidades." Pulpo".



N°	Función
FP1	Impulsa el líquido refrigerante para evitar calentar el motor.
FP2	Utiliza la energía cinética aportada por el sistema de distribución para operar (mover el rodete).
FC3	Soporta solicitaciones mecánicas a las que está sometida (polea con el sistema de distribución, vibraciones, líquido refrigerante).
FC4	Cumple durante su vida útil unas condiciones de funcionamiento (presión, temperatura, caudal, velocidad).
FC5	Respeto y cumple la normativa en vigor referente a seguridad, contaminación y estanqueidad.
FC6	Debe efectuarse correctamente la interacción bomba de agua- sistema de distribución a través de la correa, además de sincronizarse el movimiento correapolea.
FC7	Asegurar la estanqueidad entre el motor y la bomba de agua para evitar fugas de líquido refrigerante.

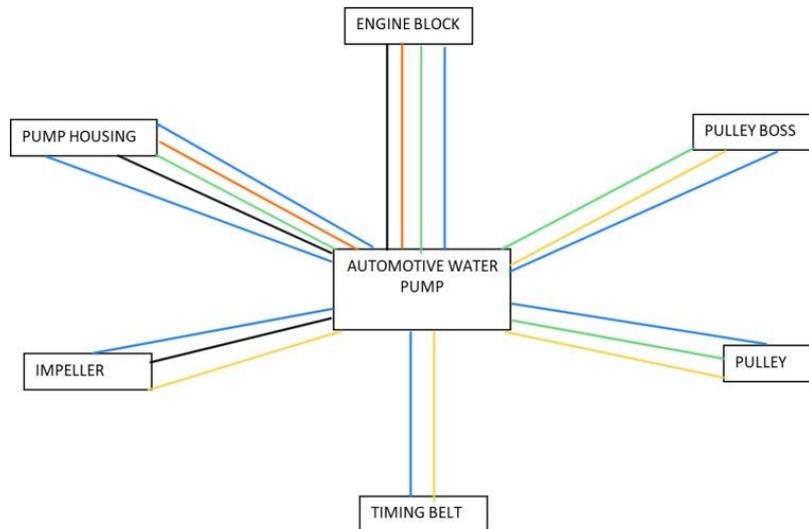
6.ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. BOMBA DE AGUA ROVER V8-Buick-215

Condiciones de servicio: caudal/ciclo de carga		
Velocidad motor (rpm)	Velocidad bomba (rpm)	Caudal (l/min)
1000	1330	
1500	1995	20
2000	2660	
2500	3325	
3000	3990	
3500	4655	
4000	5320	
4500	5985	130
5000	6650	

	Esfuerzo mínimo extracción axial (N)	Par de desensamblado (Nm)
Polea/ eje	1000	20-25
Rodete / eje	2000	10-15
Rodamientos / cuerpo de la bomba	5000	20-30
Rodamientos / eje	3000	10-15
Junta dinámica / alojamiento	4000	9-15

Rango de temperaturas de funcionamiento de la pieza (temperaturas del refrigerante)	
Temp.min °C	-40
Temp.max °C	125

7. PIEUVRE



CONTACTO MECÁNICO

1. Contacto superficie frontal interior pulley con superficie frontal exterior pulley boss.
2. Contacto superficie frontal pump housing sobre superficie engine block para posicionamiento.
3. Contacto superficie frontal impeller sobre superficie frontal pump housing.
4. Contacto superficie timing belt sobre superficie lateral (acanaladura trapezoidal) pulley.

FIJACIONES

1. Uniones atornilladas para obtención de subconjunto pulley-pulley boss.
2. Uniones atornilladas para ensamblar pump housing a engine block. También destinadas a asegurar la estanqueidad.
3. Pasadores para posicionar y restringir movimiento relativo de pump housing sobre engine block.

ESTANQUEIDADES

1. Orificios y elementos de cierre mecánico presentes en el engine block.
2. Canales interiores y orificios para conexiones de admisión/expulsión. Orificio central para alojar el eje, cierres mecánicos y juntas tóricas.

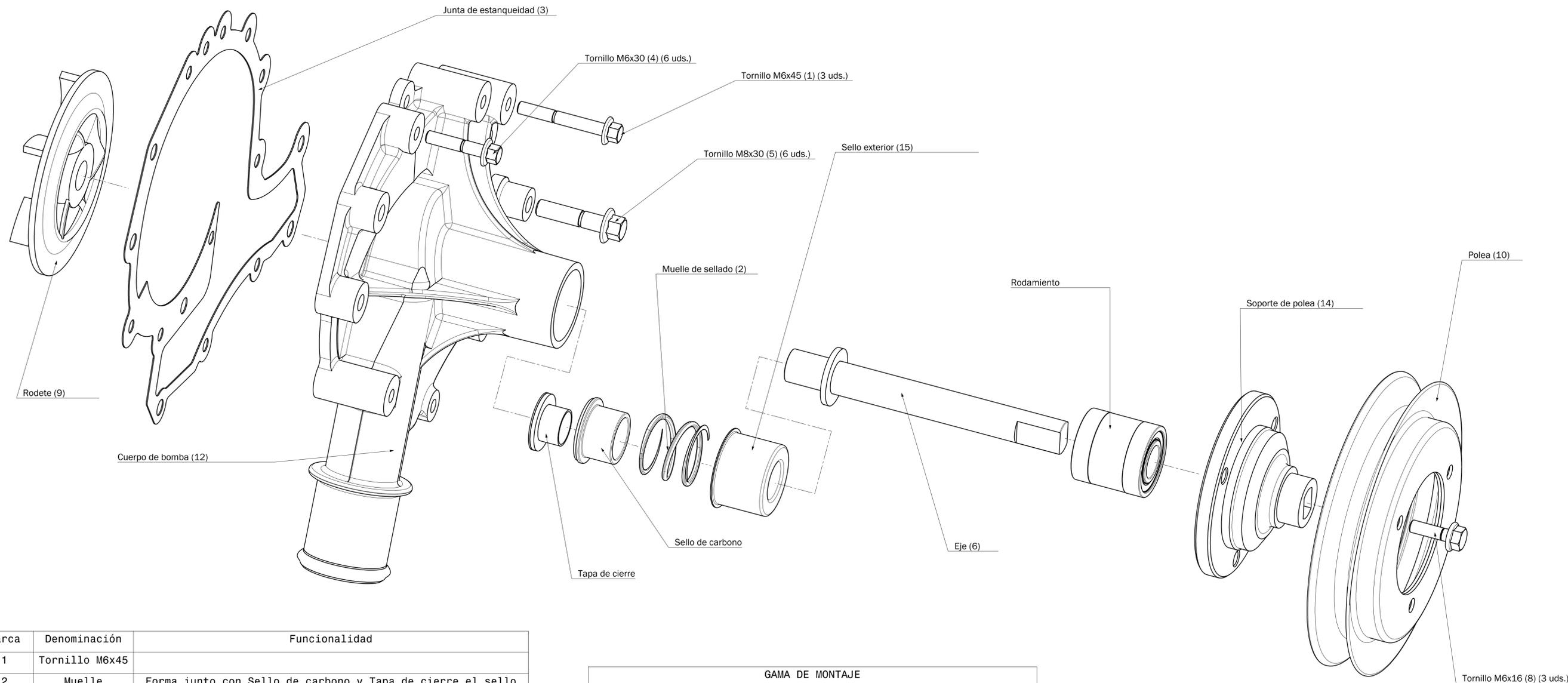
MOVIMIENTO RELATIVO (RESPECTO DE ENGINE BLOCK)

1. Movimiento rotativo de pulley boss generado por timing belt y transmitido mediante pulley.
2. Movimiento rotativo de impeller y transmitido mediante shaft.
3. Movimiento de traslación de timing belt que es transmitido a pulley.
4. Movimiento rotativo de pulley transmitido mediante timing belt.

FLUIDOS ENTORNO

1. Líquido refrigerante circula a través de los canales del pump housing hacia el engine block con el objetivo de refrigerar.
2. Líquido refrigerante es impulsado mediante impeller para hacer circular el caudal a través de los canales del pump housing.

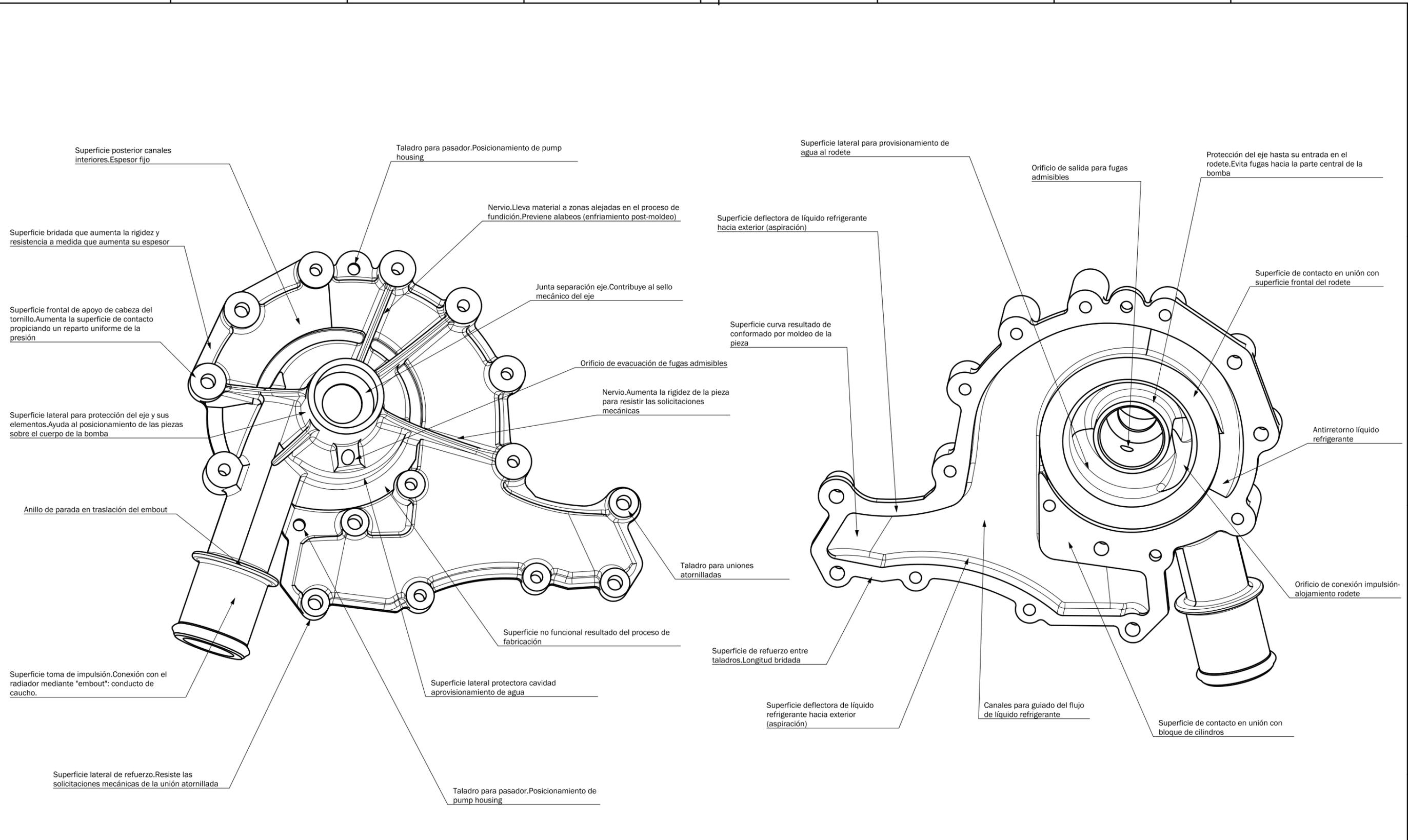
8. PLANOS



Marca	Denominación	Funcionalidad
1	Tornillo M6x45	
2	Muelle	Forma junto con Sello de carbono y Tapa de cierre el sello mecánico del eje. Asegura la estanqueidad y evita fugas. Reduce la fricción y evita pérdidas de potencia
3	Junta de estanqueidad	Evita las fugas de líquido refrigerante al bloque de cilindros asegurando la estanqueidad del pump housing
4	Tornillo M6x30	
5	Tornillo M8x30	
6	Eje	Transmite el movimiento de rotación al rodete
7	Rodamiento	
8	Tornillo M6x16	
9	Rodete	Acelera y guía el flujo proveniente de la impulsión mediante la rotación transmitida por el eje
10	Polea	Capta la energía cinética del sistema de distribución que permite la rotación del rodete. Su geometría y dimensiones son función de la geometría de la correa
11	Tapa de cierre	Forma el sello mecánico. Evita la fricción y deterioro del resto de elementos del cierre mecánico
12	Cuerpo de bomba	Principal componente de la bomba de agua. A través de sus canales circula el flujo de líquido refrigerante. Conecta la bomba de agua con el bloque de cilindros y aloja en su orificio central el rodete
13	Sello de carbono	Compone el sello mecánico. Asegura la estanqueidad mediante el movimiento de rotación solidario al eje.
14	Soporte de polea	Transmite la energía cinética captada en la polea al eje de la bomba de agua. Protege el eje y sus elementos. Evita la entrada de agentes contaminantes
15	Sello exterior	Evita las fugas y protege el muelle. Componente principal de la estanqueidad

GAMA DE MONTAJE	
Nº Operación	Operación de montaje
1	Unión de polea (10) y soporte de polea (14) mediante tornillos M6x16 (8)
2	Introducción de rodamiento (7) en el cuerpo de la bomba (12) hasta contacto entre caras frontales
3	Introducción de cierre mecánico hasta contacto de las pestañas del sello exterior (15) con el cuerpo de la bomba (12)
4	Alineamiento de subconjunto polea
5	Montaje del eje (6) pasante al cuerpo
6	Roscado de rodete (9) sobre el eje (6) ya montado
7	Montaje del conjunto de la bomba de agua sobre el bloque motor mediante tornillos M6x30 (4) M6x45 (1) y M8x30 (5)

Component Name:		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
Assembly Name:		Universidad de Valladolid		
Water Pump		DRAWING TITLE		
		Plano explotado		
Tolerancia general:		SCALE	DATE	DRAWN BY
Calidad superficial:				M. García
ASSEMBLY FILE NAME:		FILE NAME:	DRAWING Nº	SHEET
				1/6
				SIZE
				A1



Component Name: Pump housing		Expresión Gráfica en la Ingeniería Universidad de Valladolid		
Assembly Name: Water Pump		DRAWING TITLE Plano 3D funcional pump housing		
Tolerancia general:		SCALE	DATE	DRAWN BY M. García
Calidad superficial:				SHEET 2/6
ASSEMBLY FILE NAME:		FILE NAME:		DRAWING Nº
				SIZE A1

6. LENGUAJE DE ESPECIFICACIÓN GEOMÉTRICA:

En este epígrafe se desarrolla la transformación del análisis funcional técnico realizado, al lenguaje de especificación geométrica en los planos.

En concreto, se va a emplear el lenguaje ISO-GPS, ya que es el lenguaje internacional para representar las especificaciones y requerimientos funcionales. Se trata de un lenguaje estándar y normalizado. Para definir sus principios, simbología y reglas acudimos a la normativa vigente ISO [32] regulada por el comité técnico doscientos trece.

El fundamento del lenguaje ISO-GPS se basa en describir mediante indicaciones, en un dibujo, los límites admisibles de las variaciones de acabado superficial, tamaño, forma, dimensión, orientación y posición en el producto. En el proceso de diseño, la aplicación del lenguaje ISO-GPS depende directamente del análisis funcional realizado previamente sobre el producto.

6.1.1. Principios de las especificaciones GPS

El lenguaje ISO-GPS y su interpretación se basan en los siguientes principios:

a.-Principio de Independencia: cada una de las especificaciones GPS debe interpretarse individualmente, a menos que se especifique lo contrario.

b.-Principio de Definición: sólo las exigencias que aparecen incluidas en el dibujo pueden imponerse, con lo que, únicamente pueden imponerse especificaciones generales e individuales.

c.-Principio de elemento: una pieza está formada por un número de elementos simples limitados por fronteras naturales. Esta norma sostiene que, cualquier especificación GPS referida a un elemento o relación entre elementos se aplica a la totalidad de la pieza.

d.-Principio de rigidez: la pieza es considerada rígida e insensible a factores del entorno exterior, excepto si se hace referencia a normativa expresa.

e.-Principio de condición de referencia: por defecto, todas las especificaciones GPS se aplican en las condiciones de referencia. Por ejemplo, la temperatura de referencia normal es de 20°C.

f.-Principio de responsabilidad: esta norma establece la distribución de responsabilidades en términos de acotación funcional mediante el lenguaje ISO-GPS. La especificación e incertidumbre de especificación son responsabilidad del proyectista mientras que, la incertidumbre de medida es responsabilidad de la parte que, en el marco del proyecto, proporciona las pruebas de conformidad.

6.1.2. Referencias en las especificaciones GPS. “Mise en place”.

Antes de definir las especificaciones GPS, es necesario establecer una serie de referencias específicas de naturaleza geométrica que posicionen y orienten con precisión el elemento. Estas, dan sentido la información aportada por la definición de la zona de tolerancia en el dibujo.

También es importante la función del elemento de referencia, ya que se trata de un componente integral no ideal utilizado para establecer una referencia específica. Puede ser una superficie completa o una fracción de superficie.

En el caso particular de estudio en el que se basa este documento, los dibujos se centrarán en la funcionalidad y montabilidad de la bomba de agua como elemento completo, con lo que será, ese enfoque, el que se emplea al establecer las referencias o sistemas de referencia.

El sistema de referencia principal representa el entorno ideal que determina la posición final de la pieza en el espacio durante su funcionamiento. Tendrá principalmente en cuenta: la interfaz ideal de la pieza sobre la que se establece el contacto y el medio de montaje.

Entorno al sistema de referencia principal se ha definido el “*Mise en place*” que determina las referencias según la montabilidad del elemento, definiendo un sistema de referencias A, B, C siguiendo un criterio de orden de operaciones sobre interfaces en la montabilidad. (Figuras 15 y 16)

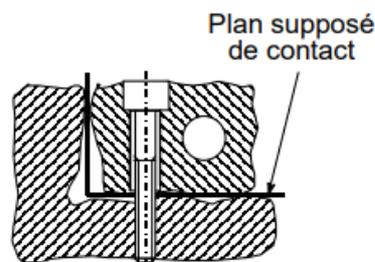


Figura 15. Ilustración sistema de referencia entre planos de contacto [7]

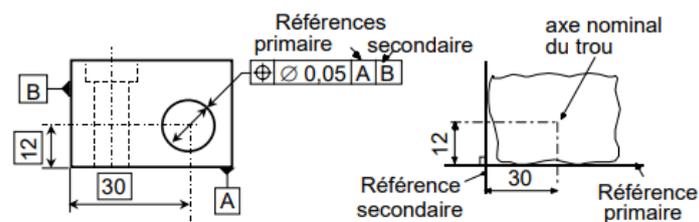


Figura 16. Dibujo con referencias entre planos de contacto y especificaciones GPS [7]

6.2. Dossier de cadenas de cotas:

La primera etapa para representar los requerimientos funcionales geométricos es la determinación de las cadenas de cotas dimensionales. Por este motivo se ha elaborado un dossier de cadenas de cotas.

6.2.1. Posición polea:

El requisito funcional que ha llevado a definir la condición JA, ha sido la distancia paralela al eje necesaria para el posicionamiento de la polea respecto de la superficie frontal del cuerpo de la bomba “*pump housing*”.

En la cadena de cotas referente a la condición JA (Figura 17) se detallará el proceso de cálculo de los juegos máximo, mínimo y el IT de la condición:

Condición Funcional (JA): Distancia axial entre el plano medio de la polea y la superficie frontal del cuerpo de la bomba (Referencia A)					
Condición	Vectores	Positivo=1; Negativo= -1	Dimensiones	Tolerancia Dim.	Datos IT
JA	A12	1	60	+0.1/-0.1	0.2
	A7	1	35	+0.2/-0.2	0.4
	AM	1	10	+0.1/-0.1	0.2
	A10	-1	24.67	+0.1	0.1

Tabla 5. Datos para el cálculo de la cadena de cotas referente a la condición funcional JA

El vector condición \vec{JA} define arbitrariamente el sentido positivo. Con $\vec{A12}$, $\vec{A7}$ y \vec{AM} > 0 y $\vec{A10} < 0$ obtenemos la siguiente expresión:

$$JA = A12 + A7 + AM - A10$$

Para obtener el juego mínimo y el juego máximo, definimos las siguientes expresiones:

$$JA \text{ MAX} = A12 \text{ MAX} + A17 \text{ MAX} + AM \text{ MAX} - A10 \text{ min}$$

$$JA \text{ min} = A12 \text{ min} + A17 \text{ min} + AM \text{ min} - A10 \text{ MAX}$$

Para el cálculo del IT de la condición, hay que realizar el sumatorio de todos los IT de los vectores:

$$IT \text{ JA} = IT \text{ A10} + IT \text{ A11} + IT \text{ A6} + IT \text{ A12}$$

Con los datos especificados anteriormente (Tabla 5), obtenemos los siguientes resultados (Tabla 6):

Condición	Cadena de Cotras	Juego MAX	Juego min	IT Condición
JA	JA=A12+A7+JAM-A10	80.73	79.83	0.9

Tabla 6. Datos para el cálculo de la cadena de cotas referente a la condición funcional JA

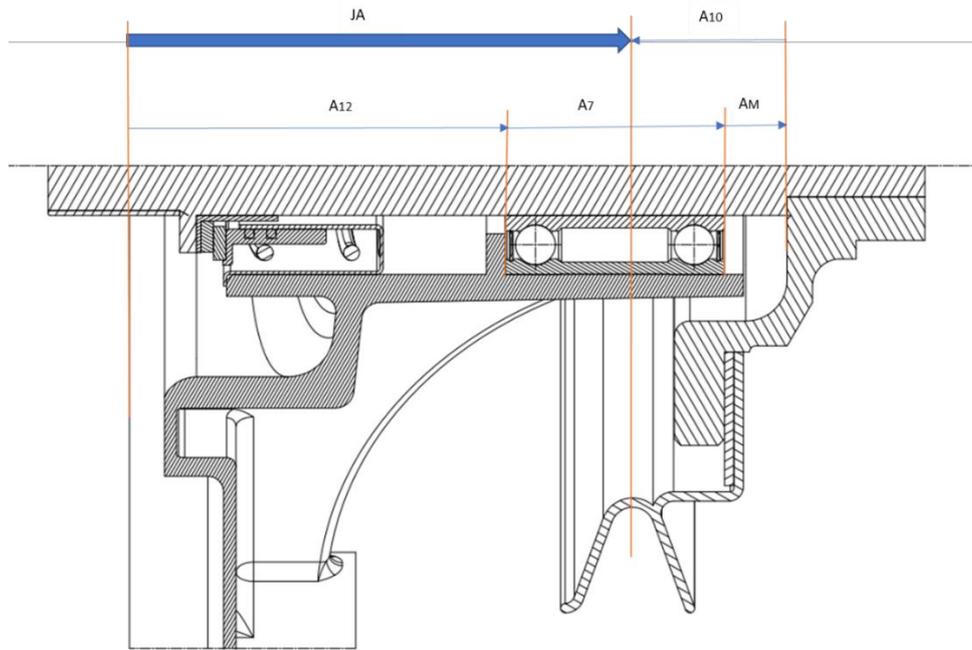


Figura 17. Cadena de cotas referente a la condición funcional JA

6.2.2. Tornillos:

Condición Funcional (JA): Distancia referente a guarda fondos taladro					
Condición	Vectores	Positivo=1; Negativo= -1	Dimensiones	Tolerancia Dim.	Datos IT
JA	A0	1			
	A12	1			
	A4	-1			

Tabla 7. Datos de la cadena de cotas referente a la condición funcional JA en tornillos

El vector condición \vec{JA} define arbitrariamente el sentido positivo. Con $\vec{A0}$, $\vec{A12} > 0$ y $\vec{A4} < 0$ obtenemos la siguiente expresión:

$$JA = A0 + A12 - A4$$

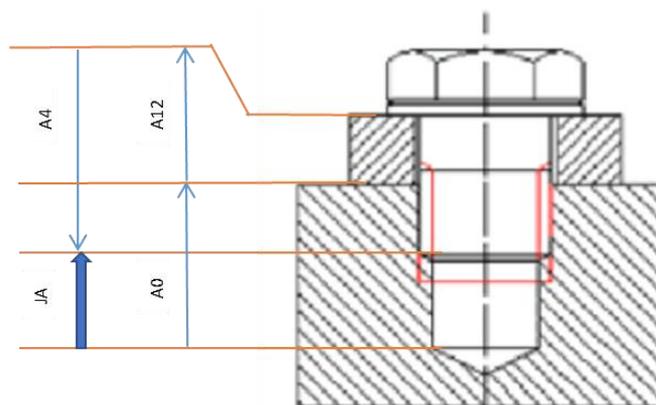


Figura 18. Cadena de cotas referente a la condición funcional JA en tornillos

Condición Funcional (JB): Distancia referente a guarda fondos de rosca					
Condición	Vectores	Positivo=1; Negativo=-1	Dimensiones	Tolerancia Dim.	Datos IT
JB	B0	1			
	B12	1			
	B4	-1			

Tabla 8. Datos de la cadena de cotas referente a la condición funcional JB en tornillos

El vector condición \vec{JB} define arbitrariamente el sentido positivo. Con $\vec{B0}$, $\vec{B12} > 0$ y $\vec{B4} < 0$ obtenemos la siguiente expresión:

$$JB = B0 + B12 - B4$$

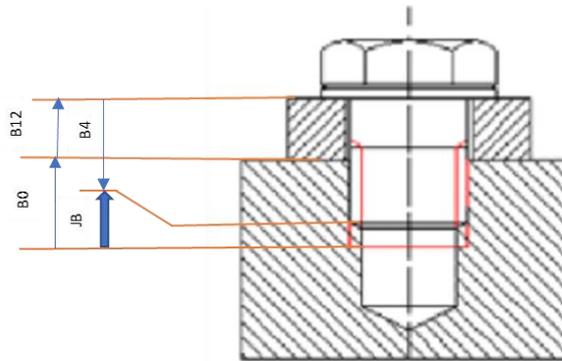


Figura 19. Cadena de cotas referente a la condición funcional JB en tornillos

Condición Funcional (JC): Distancia referente longitud de implantación del tornillo					
Condición	Vectores	Positivo=1; Negativo=-1	Dimensiones	Tolerancia Dim.	Datos IT
JC	C12	1			
	C4	-1			

Tabla 9. Datos de la cadena de cotas referente a la condición funcional JC en tornillos

El vector condición \vec{JC} define arbitrariamente el sentido positivo. Con $\vec{C12} > 0$ y $\vec{C4} < 0$ obtenemos la siguiente expresión:

$$JC = C12 - C4$$

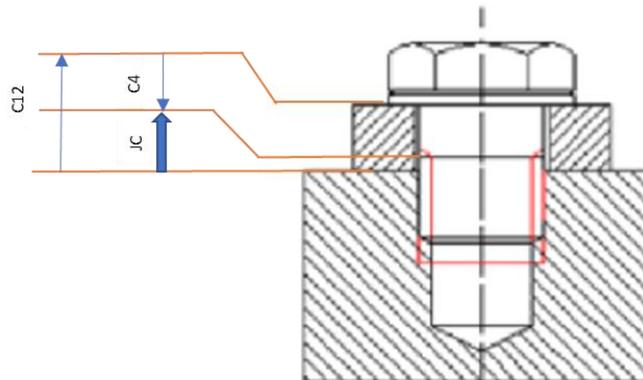


Figura 20. Cadena de cotas referente a la condición funcional JC en tornillos

Condición Funcional (JD): Distancia referente al juego entre tornillo y taladro					
Condición	Vectores	Positivo=1; Negativo=-1	Dimensiones	Tolerancia Dim.	Datos IT
JD	D12	1			
	D4	-1			

Tabla 10. Datos de la cadena de cotas referente a la condición funcional JD en tornillos

El vector condición \vec{JD} define arbitrariamente el sentido positivo. Con $\vec{D12} > 0$ y $\vec{D4} < 0$ obtenemos la siguiente expresión:

$$JD = D12 - D4$$

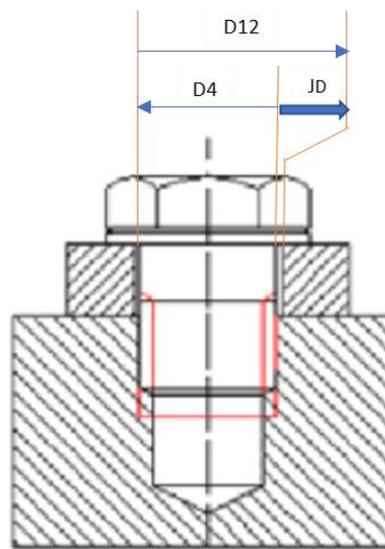


Figura 21. Cadena de cotas referente a la condición funcional JD en tornillos

6.2.3. Posición del rodete:

Condición Funcional (JA): Holgura axial de posicionamiento del rodete sobre el cuerpo de la bomba					
Condición	Vectores	Positivo=1; Negativo=-1	Dimensiones	Tolerancia Dim.	Datos IT
JA	A9	1			
	AM	1			
	A6	-1			
	A7	-1			
	A12	-1			

Tabla 11. Datos de la cadena de cotas referente a la condición funcional JA en posición de polea

El vector condición \vec{JA} define arbitrariamente el sentido positivo. Con $\vec{A9}$, \vec{AM} y $\vec{A12} > 0$ y $\vec{A6}$, $\vec{A7}$, $\vec{A12} < 0$ obtenemos la siguiente expresión:

$$JA = A9 + AM - A6 - A7 - A12$$

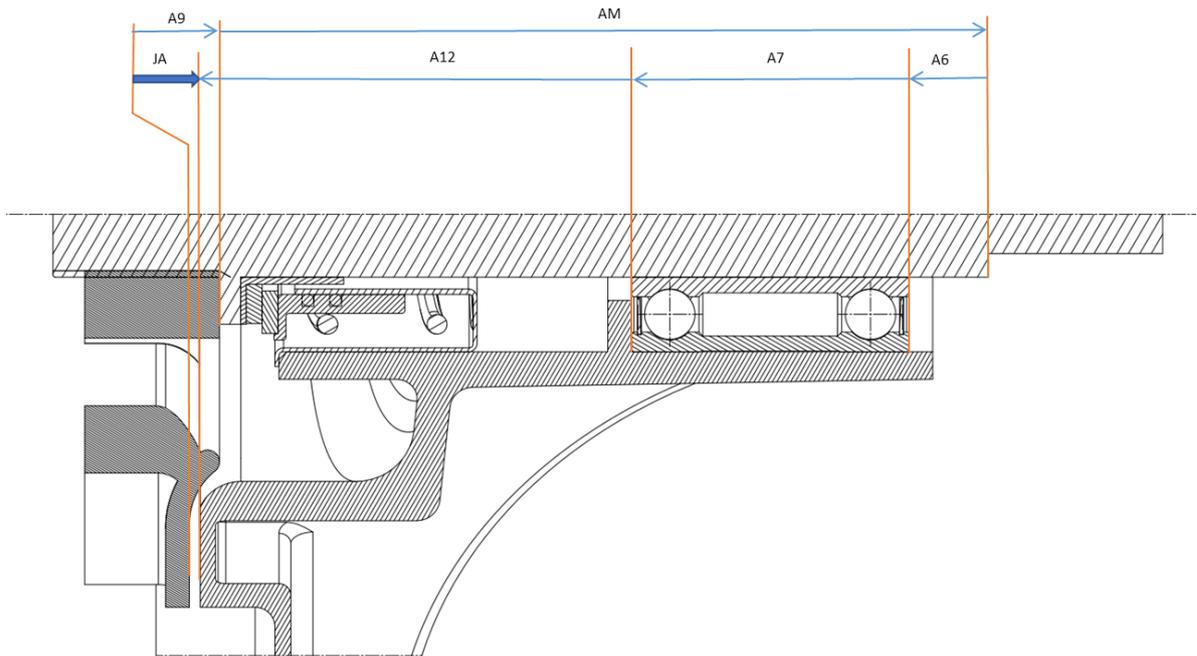


Figura 22. Cadena de cotas referente a la condición funcional JA en posición polea

6.3. Transformación del análisis funcional al lenguaje ISO-GPS:

En epígrafes anteriores se ha redactado el cuaderno de cargas funcional técnico de la bomba de agua. El resultado del análisis funcional se traduce en especificaciones geométricas en los planos del elemento.

En primer lugar, es necesario establecer un orden lógico y específico para cada interfaz, que aporte datos sobre el proceso de montaje, pormenorizando cada uno de los procedimientos y haciendo hincapié en aspectos técnicos dinámicos y estáticos durante el proceso. Así, se especifican grados de libertad que restringe cada operación o movimientos relativos entre las piezas. Este procedimiento comienza en el cuaderno de cargas funcional técnico y el dossier de cadenas de cotas y son la base en la definición de los referenciales y de las especificaciones GPS.

Posteriormente, se define el “*mise en position*” de cada elemento, se establecen los referenciales A, B, C en el dibujo, atendiendo a criterios funcionales y de puesta en posición de cada elemento que participa en el montaje. Es preciso generar el apoyo en un referencial de soporte “*batî*”, en la bomba de agua es la superficie frontal del bloque motor.

Además, hay que definir unos planos y orientaciones básicas, como: planos horizontales, frontales y transversales que posicionan los sistemas de referencia de la pieza base del conjunto, en este caso, del cuerpo de la bomba.

Una vez definidos los referenciales, se analiza la montabilidad, haciendo hincapié en los requerimientos necesarios para poder asegurar y completar cada operación del proceso. Se trata de la fase inicial en la implantación de la especificación, ya

que, seguidamente se realizará un estudio de las referencias para complementar la especificación.

Durante el proceso, es muy común el uso de herramientas como tablas, que ayudan a clasificar y sintetizar la información, con el objetivo de ser claros y precisos en el momento de definir la especificación GPS en el dibujo o en el modelo.

A continuación, se definirán los procesos de transformación seguidos en las interfaces principales de la bomba de agua.

6.3.1. Posicionamiento del cuerpo de la bomba sobre el bloque motor:

La interfaz más importante entre elementos de la bomba es la generada por el cuerpo de la bomba “*pump housing*” y el bloque de cilindros “*cylinder block*”.

El proceso de montaje comenzará con el contacto de la superficie frontal del cuerpo de la bomba sobre la superficie frontal del bloque de cilindros, posteriormente se alinearán los ejes de los taladros de centrado, pues se introducirán los pasadores. Por último, una vez posicionado el cuerpo de la bomba, se ejecutarán las uniones atornilladas. (Tabla 13)

Estas operaciones se llevan a cabo con una dirección y sentido estipulados y referentes a un sistema de referencias generados en el bloque motor.

Es importante, estudiar el requerimiento de la pieza en lo que a isostatismo se refiere. Con la primera operación de contacto no se restringe ningún grado de libertad, montando el primer pasador se restringen dos grados de libertad de traslación del cuerpo de la bomba. Mediante el montaje del segundo pasador se restringe la rotación del cuerpo de la bomba sobre el eje del primer pasador. Con estas operaciones conseguimos un sistema isostático (GDL=0)

Interfaces	Operaciones	GDL Restantes
Pump Housing-Engine	Apoyo sobre plano (superficie motor)	3 GDL
	Posicionamiento pasadores	1GDL (primer pasador) 0GDL (segundo pasador)
	Ejecución de uniones atornilladas	0 GDL ISOSTÁTICO
	Solicitaciones a tracción y punzonamiento	

Tabla 12. Secuencia de operaciones de montaje referente a la interfaz pump housing-engine

Para definir los referenciales A, B, C, se seguirá el mismo orden que el implementado en el montaje. Asimismo, el plano frontal del cuerpo de la bomba será el referencial A, pues es el primer contacto. Posteriormente se situarán los taladros de los pasadores, por lo que el referencial B se refiere al eje del primero. Por último, el referencial C hace referencia al eje del segundo taladro para pasador.

Como resultado de esta etapa, se ha utilizado el diagrama CLIC [8], con el objetivo de agrupar y sintetizar la información del “mise en position” (Tabla 14):

INTERFAZ: Pump Housing- Cylinder Block					
Pump Housing		Marca:12		Conjunto: Water Pump	
Plano		Grupo de dos taladros para pasador cilíndrico		Grupo de dos taladros para pasador cilíndrico	
A	12	B	12	C	12
Contacto		Pasador cilíndrico: apriete en Cylinder Block, apriete en Pump Housing		Pasador cilíndrico: apriete en Cylinder Block, apriete en Pump Housing	
D	0	E	0	F	0
Plano		Grupo de dos taladros para pasador cilíndrico		Grupo de dos taladros para pasador cilíndrico	

Tabla 13. Tabla metodología CLIC referente a la interfaz pump housing-engine

La información incluida en esta tabla se complementa a partir del dibujo de la interfaz mediante un modelo “skin”, que muestra la geometría real de la pieza, producto de la fabricación (Figura 24):

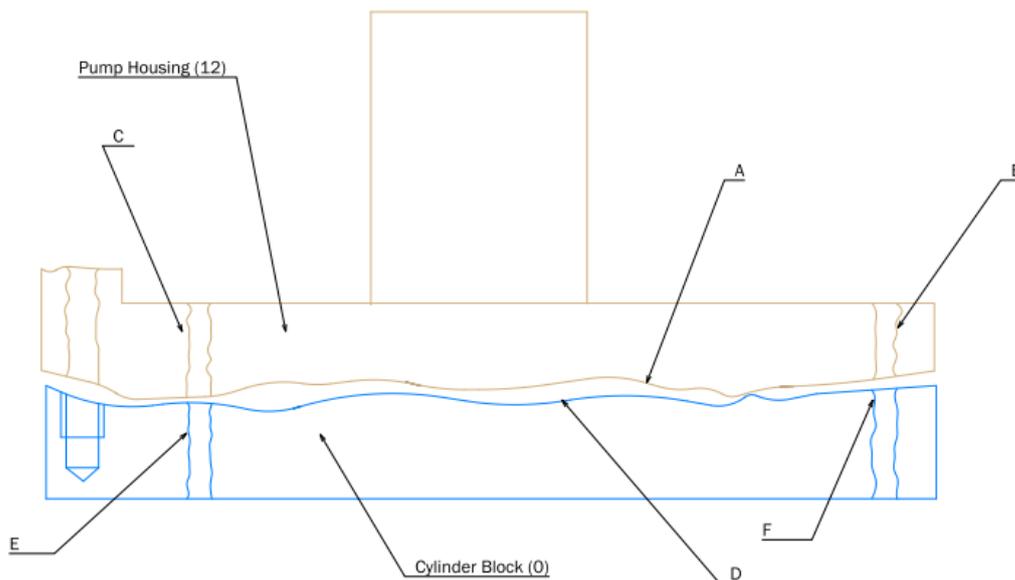


Figura 23. Modelo “skin” referente a la interfaz pump housing-engine

Por último, se fijan los requerimientos necesarios y que afectan a los operadores geométricos que participan en la unión. Para comenzar, la superficie frontal del cuerpo de la bomba (Ref:A) debe tener un cierto grado de planitud para asegurar el contacto y la estanqueidad con el bloque de cilindros, con lo que requiere de una tolerancia de planitud.

Centrando el estudio en los taladros destinados a uniones atornilladas, su eje está referenciado respecto las referencias A,B y C y precisa definir su posición y orientación.

Volviendo al estudio del montaje, la ejecución de las uniones atornilladas suponía la última operación, tras el contacto de las superficies y la ejecución del centrado mediante pasadores. Por lo tanto, para restringir su posición es necesaria una tolerancia de posicionamiento referida al eje, respecto de una referencia primaria (Ref: A) y secundaria (Ref:B).

Esta tolerancia define un cilindro teóricamente perpendicular al plano con referencia A al taladro y de diámetro marcado por el valor de la tolerancia de posicionamiento. En este cilindro debe estar incluido el eje (Figura 24):

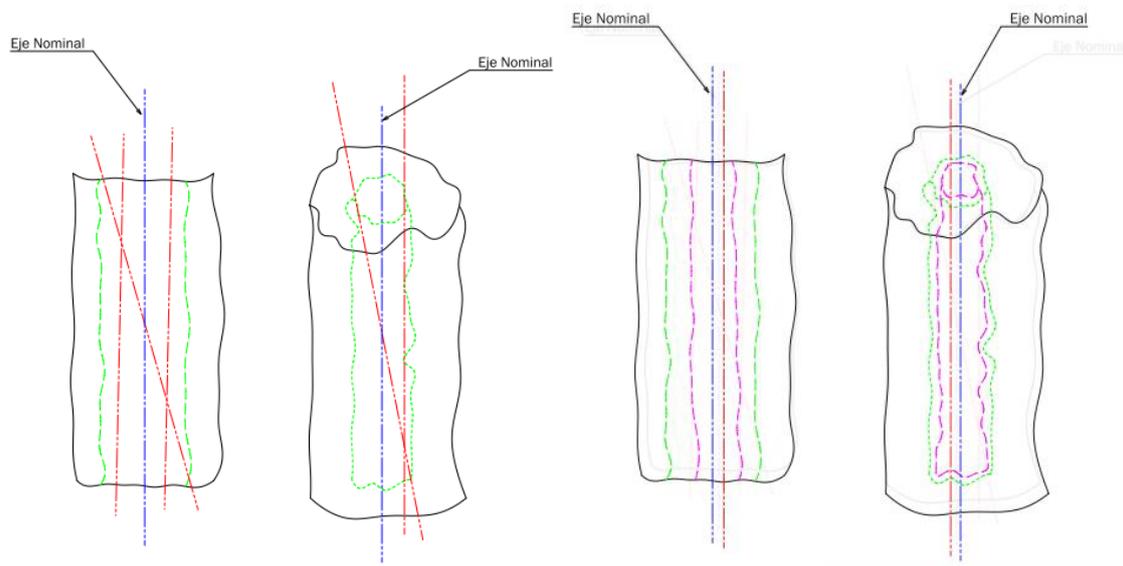


Figura 24. Representación de especificación de posicionamiento (izquierda) y perpendicularidad (derecha) en la interfaz pump housing-engine

En cuanto a la orientación del eje, se establece una tolerancia de perpendicularidad respecto de la superficie frontal del cuerpo de la bomba (Ref: A). Esta operación consigue que la zona de tolerancia delimitada por la especificación de posicionamiento afectada al eje se reduzca aún más, siendo su diámetro el valor de la tolerancia de perpendicularidad. (Figura 25)

Fijando estas dos especificaciones se consigue determinar con precisión y de manera inequívoca la funcionalidad y situación en el espacio del eje, de los taladros de los tornillos. El valor de la zona de tolerancia de perpendicularidad depende de la anchura del cuerpo para cada tornillo.

Por último, es necesario fijar una especificación de planitud a la superficie plana de apoyo del tornillo. La cabeza de este apoya en dicha superficie y es necesario un

grado de planitud para que la cabeza del tornillo no quede embebida en algún momento debido al esfuerzo mecánico de la unión atornillada. (Figura 26)

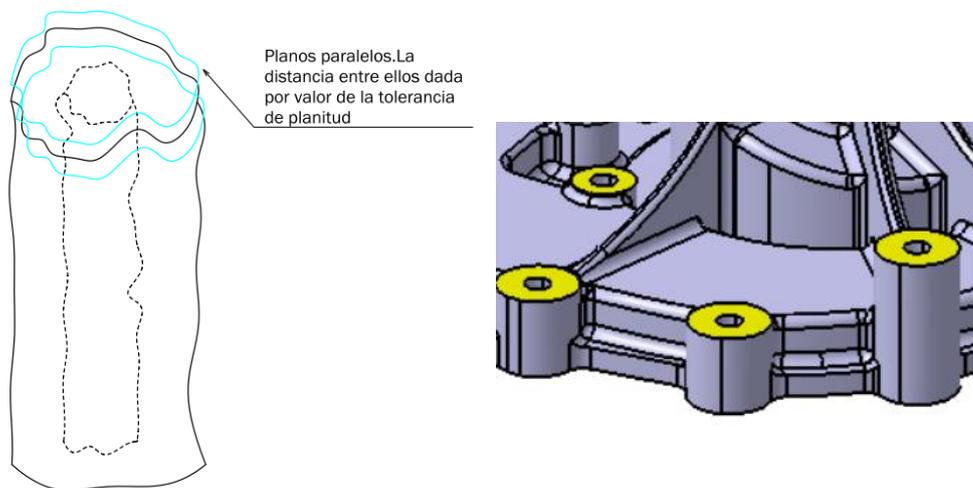


Figura 25. Representación de especificación de planitud (izquierda) en superficie frontal cilindros protectores

6.3.2. Posicionamiento del rodete sobre el cuerpo de la bomba:

El rodete durante su funcionamiento va a estar en continuo movimiento de rotación, por lo que es importante asegurar cierta holgura, sobre todo axialmente, algo que vendrá determinado por la resolución de la condición funcional definida en la cadena de cotas de epígrafes anteriores.

La movilidad del rodete debe estar reducida a un grado de libertad ($GDL=1$), su rotación. Es decir, con las operaciones definidas anteriormente es preciso restringir cinco grados de libertad. Con el montaje del eje roscado pasante al rodete se eliminan los grados de libertad referentes al desplazamiento axial y radial del rodete. La unión del eje con el rodete elimina los dos grados de libertad restantes.

Posteriormente, teniendo en cuenta la metodología de montaje y la condición funcional fijada en la cadena de cotas, se definen las especificaciones geométricas referentes a los vectores de la cadena de cotas.

En primer lugar, hay que situar el rodete respecto al cuerpo de la bomba, para ello se requiere una tolerancia de localización que afecta al eje de la superficie cilíndrica exterior del rodete respecto de la referencia A, fijada en la superficie frontal del cuerpo de la bomba. Además, la superficie frontal izquierda del rodete requiere una tolerancia de planitud. También es necesaria una especificación de localización de la superficie frontal del rodete respecto del referencial A.

6.3.3. Posicionamiento de polea sobre el cuerpo de la bomba:

La posición y orientación de la polea respecto del cuerpo de la bomba son fundamentales durante la etapa de montaje. Un error de orientación de la polea

puede repercutir negativamente en la función de la bomba de agua y de los sistemas de su entorno, como el de distribución. Se pueden originar problemas de desalineamiento, pérdidas de potencia o fricción en los elementos.

En el dossier de cadenas de cotas se ha definido la condición funcional referente al desplazamiento axial de la polea respecto de la superficie frontal del cuerpo de la bomba.

Analizando el funcionamiento de la bomba de agua, la movilidad de esta interfaz debe permitir un grado de libertad (GDL=1), ya que la polea debe rotar respecto al cuerpo de la bomba, que se mantiene inmóvil. Es necesario restringir cinco grados de libertad referentes al desplazamiento axial y al desplazamiento radial. Con el montaje del eje encastrado en el rodamiento se eliminan ambos. En la unión entre el eje y la polea se eliminan los tres grados de libertad restantes.

Respecto a las especificaciones geométricas necesarias en las condiciones funcionales definidas en la cadena de cotas, es necesaria una tolerancia de forma individual que afecta a los dos flancos, con lo que debe incluir un requerimiento de zona compartida. Esta zona compartida no es parcial, por tanto, es preciso fijar sus dimensiones y posición mediante cotas teóricamente exactas. También es necesario fijar una segunda especificación de forma que afecta a la misma zona respecto de las referencias A, B, D, que son respectivamente la superficie frontal del cuerpo de la bomba, el taladro de posicionamiento del cuerpo de la bomba donde se monta el primer pasador y el eje central del cuerpo de la bomba. Por último, es preciso definir una especificación de oscilación radial que afecta a ambos flancos de la polea respecto del referencial D, y que sirve para posicionar y orientar la polea. Es necesario definir el diámetro eficaz de la polea mediante cotas teóricamente exactas para poder verificar su posición respecto a las superficies de apoyo de la correa especificadas anteriormente.

7. ESTUDIO ECONÓMICO:

En este epígrafe se desglosa el coste asociado al proyecto realizado en este trabajo de fin de grado. Ningún proyecto real llevado a cabo, aunque sea de forma simplificada, puede carecer de un estudio económico.

Se estiman costes referentes al trabajo del ingeniero, coste de software de diseño, tarifa de internet y el coste relativo a la impresión de planos y modelos.

A continuación, se muestra un desglose de las tareas realizadas, el tiempo empleado por el ingeniero en cada una de ellas y el coste que representa. Hay que destacar que el precio de las horas es diferente en función de la tarea a realizar, dependiendo de su complejidad y carga técnica.

Tarea	Tiempo invertido (hora)	Coste (€/hora)	Coste total (€)
Búsqueda modelo anteproyecto	22	15.61	343.42
Análisis Funcional	127	25.5	3,238.50
Modificación anteproyecto	25	20.12	503.00
Redacción cuaderno de cargas	61	15.61	952.21
Obtención de planos	82	20.12	1,649.84
Total			6,686.97

Tabla 14. Resumen de tareas del ingeniero en el proyecto y costes asociados

Respecto al coste derivado del gasto en internet en una compañía estándar del sector, contemplamos:

Servicio	Tiempo de uso (meses)	Coste (€/mes)	Coste total (€)
Conexión a internet	5	50.00	250.00

Tabla 15. Resumen de costes del proyecto asociados a tarifa internet

El software de diseño Catia V5-R21 conlleva unos costes asociados a su licencia fijados por la compañía Dassault Systèmes:

Servicio	Tiempo de uso (trimestre)	Coste (€/trimestre)	Coste total (€)
Catia V5-R21	2	1,700.00	3,400.00

Tabla 16. Resumen de costes del proyecto asociados a software de diseño Catia V5-R21

La adquisición de la licencia lleva además asociado una tarifa mensual de 200 €/mes en concepto de mantenimiento, actualizaciones y parches del programa:

$$200.00 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \cdot 5 \text{ meses} = 1,000.00 \text{ €}$$

Sumando ambas cantidades, el gasto que supone el software de diseño se estima en 4,400.00 €.

Por último, los gastos derivados de la impresión de planos e impresión de modelos mediante impresoras 3D se estima:

Servicio	Unidades	Coste (€/unidad)	Coste total (€)
Impresión planos A1	15	2.10	31.50
Impresión 3D modelo	2	30.15	60.30
Total			91.80

Tabla 17. Resumen de costes del proyecto asociados a impresión de planos y modelos

En el proceso de impresión 3D, se ha tenido en cuenta una estimación media de una empresa especializada. Esta incluye: material, energía, electricidad, amortización de maquinaria, fallos en la producción, etc.

Por último, se recoge un resumen de todos los costes asociados al proyecto, obteniendo un coste total de 11,428.77€.

Servicio	Coste total (€)
Ingeniero	6,686.97
Conexión a internet	250.00
Software Catia V5-R21	4,400.00
Impresión planos y modelos	91.80
Total	11,428.77

Tabla 18. Resumen de costes globales del proyecto

8.CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURO:

8.1. Conclusiones:

A través del estudio del análisis funcional técnico y de su transformación a exigencias geométricas funcionales sobre un modelo de anteproyecto se han obtenido las siguientes conclusiones:

-El análisis funcional técnico es el método más preciso y eficaz para definir las especificaciones y requerimientos funcionales de un producto mecánico industrializado.

-El uso de recursos como diagramas (F.A.S.T o *Pieuvre*), tablas de análisis de contactos (CLIC) y otros elementos de análisis y registro durante el análisis funcional técnico facilitan el orden y jerarquización de las funcionalidades y las interfaces entre elementos.

-La elección de la bomba de agua de un automóvil como modelo de anteproyecto es conveniente por ser simple, representar un producto industrial y permitir la colaboración con Renault para obtener un asesoramiento y verificación.

-El modelo de anteproyecto no es el definitivo, sino que requiere modificaciones para que sea funcionalmente coherente, con especial importancia en el apartado dinámico, estático y de interfaces. Estas modificaciones están incluidas en el análisis funcional técnico del producto y son resultado del proceso.

-A partir de un modelo imperfecto, aproximado y mediante su análisis riguroso es posible definir el producto con precisión y asegurando el cumplimiento de las especificaciones recogidas en el cuaderno de cargas funcional técnico.

-Estudiar los procesos de fabricación mediante los que han sido conformados los elementos es esencial para determinar modificaciones en el modelo de anteproyecto y el orden y jerarquía de las etapas de montaje.

-Conocer el funcionamiento de cada uno de los elementos y superficies de la bomba de agua ayuda a establecer una jerarquía de ensamblaje para cada interfaz.

-Antes de crear un plano de especificaciones ISO-GPS hay que determinar el propósito (fabricación, montaje en motor, ensamblaje de componentes entre sí, etc...) y los elementos imprescindibles que deben aparecer en él.

-Existen diferentes formas de representar una especificación funcional a través del lenguaje ISO-GPS. Es preciso estudiar las diferentes posibilidades y seleccionar la que exprese las exigencias o requerimientos de forma funcional.

Respecto al modelo de la bomba de agua de motor Rover V8-Buick-215 se pueden extraer las siguientes conclusiones:

-La tipología, geometría y longitud de la correa empleada tiene gran influencia sobre la concepción y diseño de la bomba de agua.

-En el modelo de anteproyecto las funciones de estanqueidad y resistencia de esfuerzos mecánicos la realizan elementos diferentes. El cierre mecánico asegura la estanqueidad, mientras que el rodamiento está destinado a resistir las sollicitaciones.

- El rodamiento va montado en ajuste con el eje y, a su vez, con el cuerpo de la bomba. Esta interacción será la necesaria para impedir el desplazamiento axial del eje y resistir las sollicitaciones.

- El valor de la estanqueidad de los canales interiores del cuerpo de la bomba se obtiene estableciendo calidad superficial, valor de especificación de planitud y las fijaciones correspondientes.

-El espesor de brida determina la separación entre la base del cono de presiones originado por la unión atornillada. Por lo tanto, es el parámetro que rige la distancia entre las fijaciones del cuerpo de la bomba.

-El diseño mecánico de la admisión (*embout*) debe ser modificado por motivos de fabricación y de funcionamiento, ya que requiere de una parada de traslación para el conducto de caucho que va unido a él.

El desarrollo de este proyecto aporta grandes conocimientos técnicos y metodológicos gracias a la colaboración con Renault y profesionales con elevada experiencia y rigurosidad en el área de la concepción mecánica.

8.2. Líneas de trabajo futuro:

En este trabajo se ha aplicado la metodología referente al análisis funcional técnico. Se ha implementado a un caso real en la industria como la bomba de agua de un automóvil y se han determinado las exigencias geométricas funcionales.

Debido a la amplitud de la etapa de concepción del producto industrial se propone desarrollar algunos trabajos futuros que continúan la labor realizada en este proyecto.

El paso siguiente se basa en crear planos de definición de cada uno de los elementos que componen la bomba de agua, indicando en cada uno de ellos: referencias (“mise en place”), especificaciones funcionales, cotas teóricamente exactas (TED), requerimientos funcionales. De esta forma se obtendría información complementaria a la del montaje de la bomba de agua. Además, se puede plantear un estudio estadístico de las tolerancias obtenidas.

Tomando como referencia el modelo de anteproyecto de la bomba de agua es interesante realizar cambios profundos que modifiquen y actualicen el producto. Eliminando elementos por completo y creando e implantando otros. Se pretende aumentar la funcionalidad de los elementos y disminuir el número de piezas, facilitar las tareas de montaje y ahorrar tiempo y costes de fabricación y montaje. Una vez realizada esta etapa, sería conveniente crear los documentos técnicos acordes al análisis funcional, como cuaderno de cargas y plano de definición del conjunto.

Otra de las posibilidades es aplicar la metodología de análisis funcional técnico definida en este documento a un modelo de anteproyecto industrial diferente a la bomba de agua, que implique otras funcionalidades, mayor complejidad, o simplemente, otros matices de interés.

Por último, es conveniente continuar la colaboración con Renault para poder desarrollar el proyecto de manera práctica en base a metodología y conocimientos técnicos a los que no es posible acceder de otra forma.

BIBLIOGRAFÍA:

[1] Charpentier, F. (2021). Mémento de spécification géométrique des produits: les normes ISO-GPS. Dunod.

[2] Jacotin, Y.I., & Perot, S. (2020). Fascicule de cours: Étude de conception. Département de Génie Mécanique: deuxième année mécanique. ENIM

[3] Bachelet, R. OUTILS PROJET: Analyse Fonctionnelle. cours de l'école Centrale de Lille.

[4] Boisseau, P. (2016). La conception mécanique-2e éd. Dunod.

[5] Chevalier, A. (2005). Guide du dessinateur industriel. Hachette.

[6] Nielsen, H. S. (2012). The ISO Geometrical Product Specification Handbook. Find your way in GPS, 1st edn. ISO/Danish Standards, Denmark.

[7] Anselmetti, B. Manuel de tolérancement. Vol. 1, langage des normes ISO de cotation.

[8] Anselmetti, B. Manuel de tolérancement. Vol. 2, bases de la cotation fonctionnelle.

[9] Arias-Paz, M. (1990). Manual de automóviles. Dossat.

[10] Félez, J., & Aguado, M. L. (2008). Ingeniería gráfica y diseño. Síntesis.

[11] Brusola, S., Calandin, E., & Baixauli, J. (1986). Acotación funcional. Tebas Flores, Madrid España.

[12] Jiménez, P. (1985). Acotación funcional, dimensionamiento para diseño industrial y procesos de manufactura. Limusa.

[13] Benamara, A. (2006). Livret tolérancement ISO/GPS. Cetim Centre-Val de Loire. Carnot.

[14] Charpentier, F., Pailhes, J., & Ballu, A. (2013, August). Eléments de modélisation des systèmes en conception: vue tolérancement géométrique. In Congrès Français de Mécanique (21; 2013; Bordeaux) (pp. 1-6).

[15] Charpentier, F., & Prenel, J. M. Les normes ISO de tolérancement GPS, une fracture dans le processus d'apprentissage.

[16] Mathieu, L., & Ballu, A. (2005). La «Fiche GPS», outil d'expression univoque des spécifications géométriques. Actes AIP-PRIMECA de la journée thématique le tolérancement le long du cycle de vie du produit.

[17] Audry, M. F. (2010). La démarche d'analyse fonctionnelle. Académie de Versailles.

[18] Anselmetti, B. (2016). EASY GPS: nouvelle génération de norme de cotation adaptée à l'ère numérique.

- [19] Anselmetti, B. (2017). Stage de formation COTATION ISO: Chaînes de cotes. Département Génie Mécanique et Productique. Université Paris Sud.
- [20] Anselmetti, B. De la chaîne de cotes unidirectionnelle à la cotation ISO 3D. Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée ENS de Cachan. Université Paris Sud.
- [21] Charpentier, F. (Septembre-octobre 2007). Les nouvelles normes. Technologie, sciences & techniques industrielles (151).
- [22] Renault. (Février 2007). Guide de cotation: Perçage-Lamage-Taraudage.SCI.
- [23] Anselmetti, B. (Juin 2017). Cotation fonctionnelle selon les normes ISO: Méthode CLIC. Université Paris Sud. Université Paris-Saclay.
- [24] Anselmetti, B. (2016). Cotation fonctionnelle quick GPS. Université Paris Sud.
- [25] Baillarguet, G. Analyse fonctionnelle Cours. Université D´Orleans. Département Génie Mécanique et Productique.
- [26] Description fonctionnelle des systèmes. Sciences de l´Ingénieur. Lycée Victor Duruy.
- [27] Spécification géométrique des produits (GPS) de l´Ingénieur. Analyse et conception des mécanismes.Lycée Jules Garnier.
- [28] Land Rover. (2003). 3.5/3.9 & 4.2 litre V8 Engine Overhaul Manual.
- [29] Cotation GPS (Rappels) les outils de la définition de produit. IUT-GMP Mulhouse.
- [30] Anselmetti, B. (2006). Generation of functional tolerancing based on positioning features. Computer-Aided Design, 38(8), 902-919.
- [31] Gust, P., & Sersch, A. (2020). Geometrical Product Specifications (GPS): A Review of Teaching Approaches. Procedia CIRP, 92, 123-128.

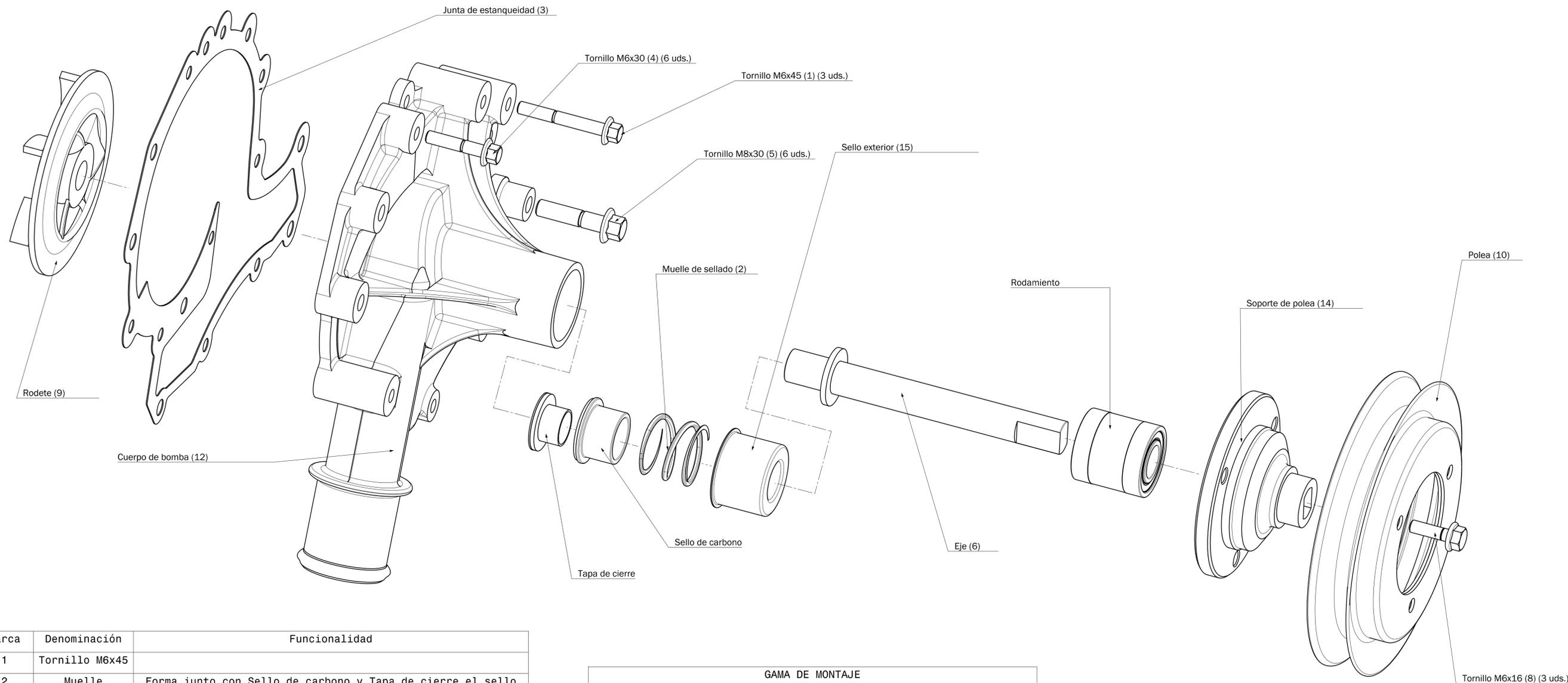
NORMATIVA:

- [32] European Committee for Standardization. (2017). UNE-EN ISO 1101:2017. Geometrical product specifications (GPS) - Geometrical tolerancing - Tolerances of form, orientation, location and run-out. (ISO 1101:2017).
- [33] Comité técnico AEN/CTN 82. (2011). UNE-EN ISO 5459. Especificación geométrica de productos (GPS) - Tolerancia geométrica - Referencias específicas y sistemas de referencias específicas. (ISO 5459:2011).
- [34] European Committee for Standardization. (2021). UNE-EN ISO 129-1:2019/A1:2021. Documentación técnica de los productos (TPD). Representación de dimensiones y tolerancias. Parte 1: Principios generales. Modificación 1 (ISO 129-1:2018/Amd 1:2020). Ratificada por la Asociación Española de Normalización en febrero de 2021.
- [35] European Committee for Standardization. (1998). UNE-EN ISO 2338:1998. Pasadores cilíndricos, de acero no templado y acero inoxidable austenítico. (ISO 2338:1997).
- [36] European Committee for Standardization. (2011). UNE-EN ISO 8015:2012. Especificación geométrica de productos (GPS). Fundamentos. Conceptos, principios y reglas. (ISO 8015:2011).
- [37] European Committee for Standardization. (2012). ISO 4162:2012. Hexagon bolts with flange — Small series — Product grade A with driving feature of product grade B.
- [38] European Committee for Standardization. (1992). ISO 4184:1992. Belt drives - Classical and narrow V-belts - Lengths in datum system.
- [39] European Committee for Standardization. (1991). ISO 18165:1:1991. Correas trapeciales clásicas y estrechas. Longitudes. Parte 1: longitudes y tolerancias.
- [40] European Committee for Standardization. (1991). UNE-EN 20273:1992. Elementos de fijación. Agujeros de paso para pernos y tornillos. (ISO 273:1979).
- [41] European Committee for Standardization. (1998). UNE-EN 1665:1998. Hexagon bolts with flange.(DIN 6921).
- [42] European Committee for Standardization. (2002). UNE-EN ISO 1302:2002. Especificación geométrica de productos (GPS). Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos. (ISO 1302:2002).

ANEXO I: PLANOS BOMBA DE AGUA ROVER V8-BUICK-215

ÍNDICE DE PLANOS:

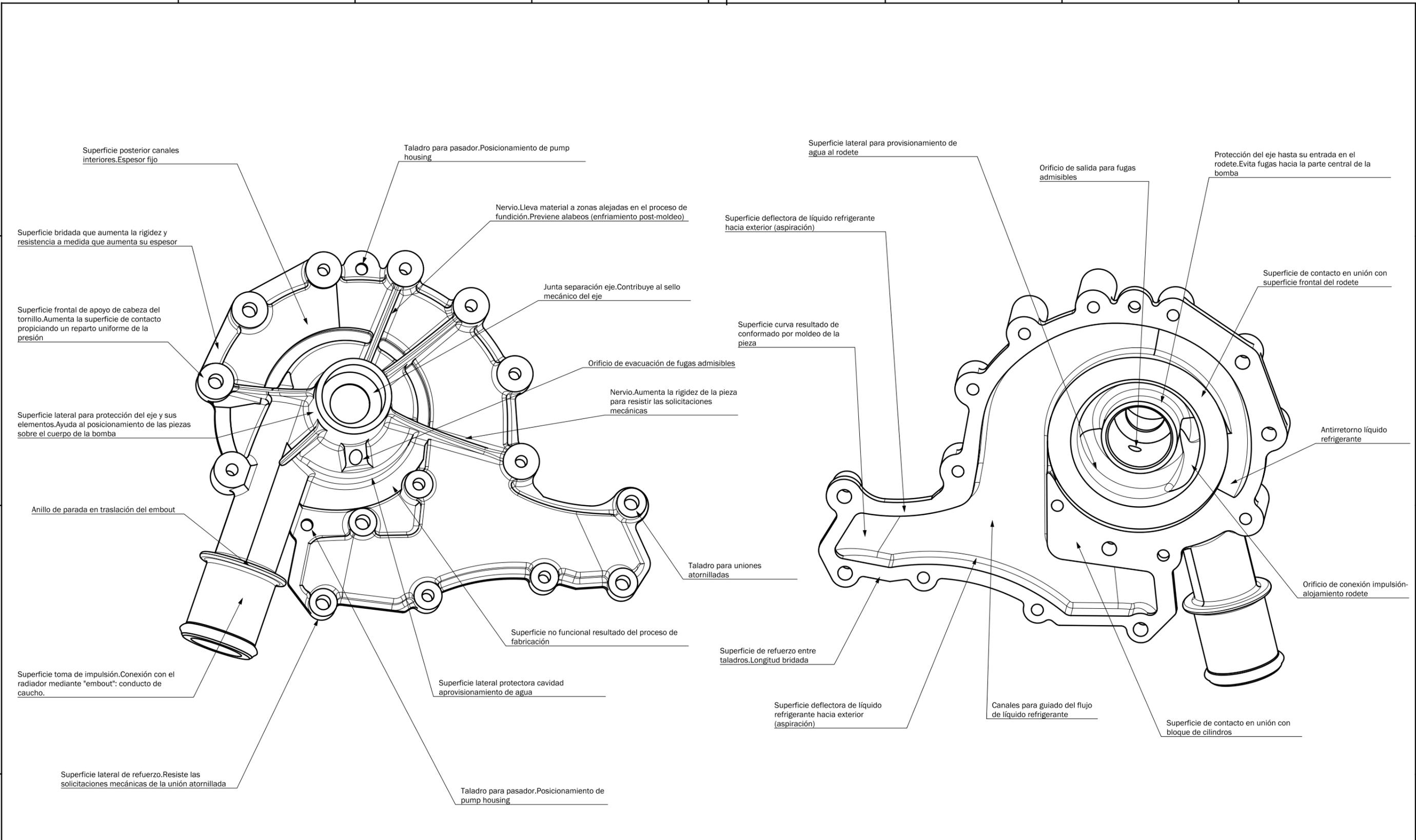
1. Plano explotado
2. Plano 3D funcional pump housing
3. Plano de conjunto
4. Plano de cadena de cotas polea
5. Plano de cadena de cotas rodete
6. Plano de acotación conjunto



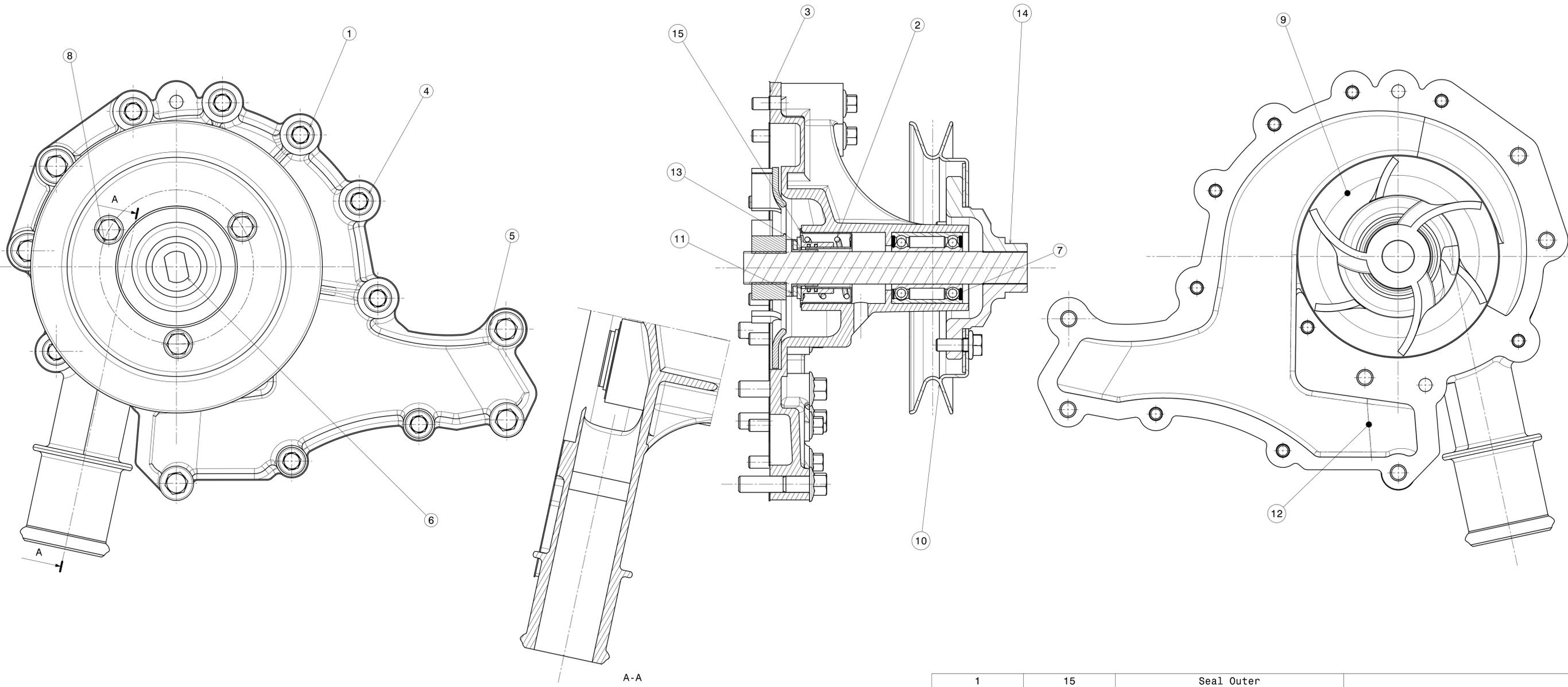
Marca	Denominación	Funcionalidad
1	Tornillo M6x45	
2	Muelle	Forma junto con Sello de carbono y Tapa de cierre el sello mecánico del eje. Asegura la estanqueidad y evita fugas. Reduce la fricción y evita pérdidas de potencia
3	Junta de estanqueidad	Evita las fugas de líquido refrigerante al bloque de cilindros asegurando la estanqueidad del pump housing
4	Tornillo M6x30	
5	Tornillo M8x30	
6	Eje	Transmite el movimiento de rotación al rodete
7	Rodamiento	
8	Tornillo M6x16	
9	Rodete	Acelera y guía el flujo proveniente de la impulsión mediante la rotación transmitida por el eje
10	Polea	Capta la energía cinética del sistema de distribución que permite la rotación del rodete. Su geometría y dimensiones son función de la geometría de la correa
11	Tapa de cierre	Forma el sello mecánico. Evita la fricción y deterioro del resto de elementos del cierre mecánico
12	Cuerpo de bomba	Principal componente de la bomba de agua. A través de sus canales circula el flujo de líquido refrigerante. Conecta la bomba de agua con el bloque de cilindros y aloja en su orificio central el rodete
13	Sello de carbono	Compone el sello mecánico. Asegura la estanqueidad mediante el movimiento de rotación solidario al eje.
14	Soporte de polea	Transmite la energía cinética captada en la polea al eje de la bomba de agua. Protege el eje y sus elementos. Evita la entrada de agentes contaminantes
15	Sello exterior	Evita las fugas y protege el muelle. Componente principal de la estanqueidad

GAMA DE MONTAJE	
Nº Operación	Operación de montaje
1	Unión de polea (10) y soporte de polea (14) mediante tornillos M6x16 (8)
2	Introducción de rodamiento (7) en el cuerpo de la bomba (12) hasta contacto entre caras frontales
3	Introducción de cierre mecánico hasta contacto de las pestañas del sello exterior (15) con el cuerpo de la bomba (12)
4	Alineamiento de subconjunto polea
5	Montaje del eje (6) pasante al cuerpo
6	Roscado de rodete (9) sobre el eje (6) ya montado
7	Montaje del conjunto de la bomba de agua sobre el bloque motor mediante tornillos M6x30 (4) M6x45 (1) y M8x30 (5)

Component Name:		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
Assembly Name:		Universidad de Valladolid		
Water Pump		DRAWING TITLE		
		Plano explotado		
Tolerancia general:		SCALE	DATE	DRAWN BY
Calidad superficial:				M. García
ASSEMBLY FILE NAME:		FILE NAME:	DRAWING Nº	SHEET
				1/6
				SIZE
				A1



Component Name: Pump housing		Expresión Gráfica en la Ingeniería Universidad de Valladolid		
Assembly Name: Water Pump		DRAWING TITLE Plano 3D funcional pump housing		
Tolerancia general:		SCALE	DATE	DRAWN BY M. García
Calidad superficial:				SHEET 2/6
	ASSEMBLY FILE NAME:	FILE NAME:	DRAWING Nº	SIZE A1



1	15	Seal Outer	
1	14	Pulley boss	
1	13	Carbon seal	
1	12	Pump housing	
1	11	Seal cap	
1	10	Pulley	
1	9	Impeller	
3	8	M6x16 bolt	Tornillo M6x16 6g 8.8 DIN 6921
1	7	Bearing	
1	6	Shaft	
6	5	M8x30 bolt	Tornillo M8x30 6g 8.8 ISO 4162
6	4	M6x30 bolt	Tornillo M6x30 6g 8.8 ISO 4162
1	3	Gasket	
1	2	Seal spring	
3	1	M6x45 bolt	Tornillo M6x45 6g 8.8 ISO 4162
Nº Piezas	Marca	Denominación	Referencia

Component Name:		Expresión Gráfica en la Ingeniería	
Assembly Name:		Universidad de Valladolid	
Water Pump		DRAWING TITLE	
		Plano de Conjunto	
Tolerancia general:		SCALE	DATE
Calidad superficial:		1:1	
ASSEMBLY FILE NAME:		DRAWN BY	SHEET
		M.García	3/6
		FILE NAME:	SIZE
			A1

H

G

F

E

D

C

B

A

4

4

3

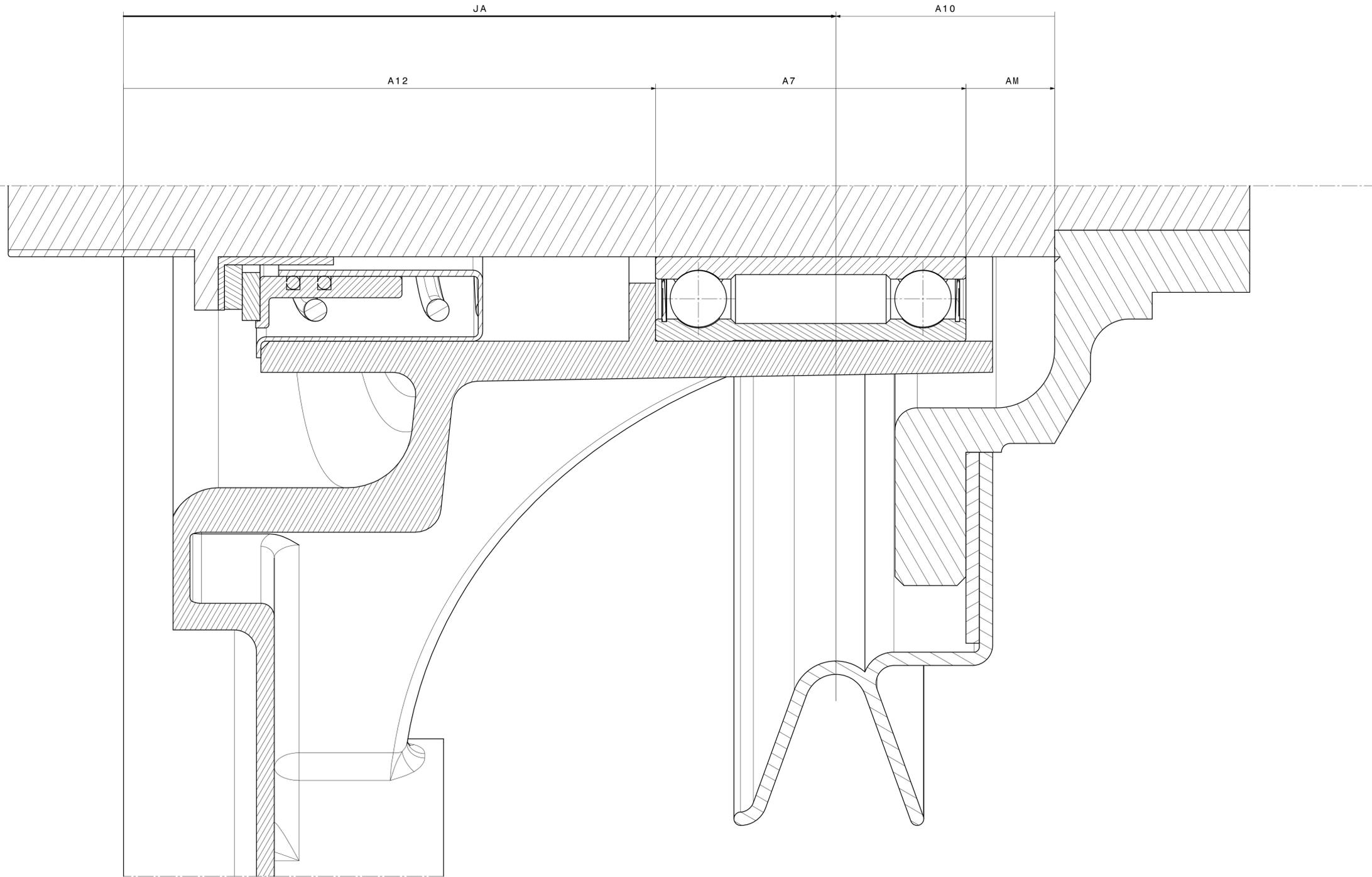
3

2

2

1

1



Component Name:		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
Assembly Name:		Universidad de Valladolid		
Water Pump		DRAWING TITLE		
		Plano de cadena de cotas polea		
Tolerancia general:		SCALE	DATE	DRAWN BY
Calidad superficial:				M.García
ASSEMBLY FILE NAME:		FILE NAME:	DRAWING Nº	SHEET
				4/6
				SIZE
				A1

H

G

B

A

H

G

F

E

D

C

B

A

4

4

3

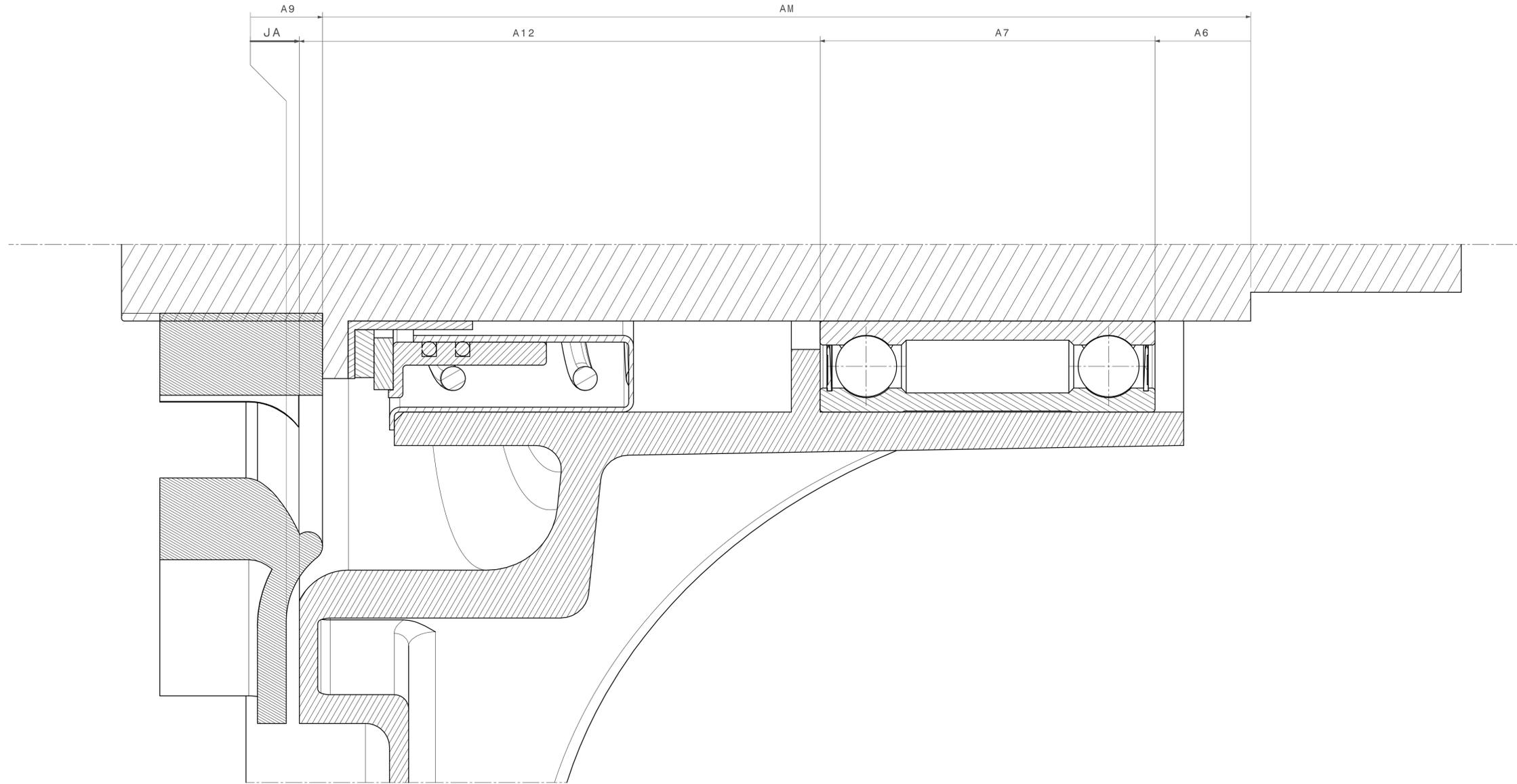
3

2

2

1

1



Component Name:		Expresión Gráfica en la Ingeniería		
Assembly Name:		Universidad de Valladolid		
Water Pump		DRAWING TITLE		
		Plano de cadena de cotas rodete		
Tolerancia general:		SCALE	DATE	DRAWN BY
Calidad superficial:				M.García
ASSEMBLY FILE NAME:		FILE NAME:	DRAWING Nº	SHEET
				5/6
				SIZE
				A1

H

G

B

A

