



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



Universidad de Valladolid

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
Escuela de Ingenierías Industriales
Grado en Ingeniería Mecánica

Diseño de una biela para un motor de combustión

Trabajo Fin de Grado

Autor: Adrián Francisco González

Tutor: Juan Manuel Sanz Arranz

Valladolid, Julio de 2016

A mi hermana, por ser la alegría que me mantiene en pie después de cada tropiezo, a mi familia por su apoyo incondicional durante toda esta etapa y especialmente a mis padres, por cada gota de sudor que derramaron para que toda mi formación y este documento, como punto final, fuera posible.

Ojalá algún día valga la mitad que ellos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	5
a. Justificación del proyecto.....	7
b. Objetivos.....	8
3. Contextualización.....	9
a. La biela. Descripción y localización dentro del motor.....	11
b. El proyecto: definición, ciclo de vida e identificación de nuestro trabajo dentro de él.....	15
4. Diseño mecánico de la biela.....	21
a. Parámetros geométricos de funcionamiento.....	23
b. Dimensionado inicial.....	25
c. Análisis funcional.....	27
d. Desarrollo de los criterios de diseño y dimensionado en base al mercado.....	29
e. Pre-diseño realizado en CAD.....	45
f. Cálculo de presiones en el pistón.....	51
g. Análisis cinemático y dinámico.....	69
h. Definición del material.....	83
i. Simulación mediante elementos finitos.....	85
j. Análisis de resultados y optimización del diseño.....	101
k. Documentación de validación (3D, plano y ficha de material).....	107
5. Conclusiones.....	109
6. Anexos.....	113
7. Bibliografía.....	169
8. Agradecimientos.....	173

1. Resumen

El presente Trabajo Fin de Grado presenta la realización del diseño mecánico de una pieza integrada dentro de un motor de combustión, en concreto, la biela.

En primer lugar se hará una breve descripción del ciclo de vida de un proyecto, para enmarcar así la posición de este trabajo.

Posteriormente se hará una presentación de nuestra pieza y se ubicará dentro del motor, con el objetivo de conocer cuál es su función y su entorno.

Por último se llevarán a cabo todos los estudios y cálculos pertinentes que justifiquen nuestro diseño final, haciendo uso de conceptos teóricos y sobre todo de software ingenieril específico. Esta última fase en su conjunto, responderá a un ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), icono de la ingeniería como símbolo de optimización.

Palabras clave: Diseño mecánico, CAD, motor de combustión, biela, elementos finitos.

2. Introducción

a. Justificación del proyecto.

El mundo de la ingeniería en general y del diseño mecánico en particular, se encuentra en un continuo desarrollo debido al exponencial avance de la tecnología. Esto permite optimizar muy rápidamente todo aquello que nos rodea.

Este trabajo plasma la esencia de la mejora continua, a través del uso de herramientas modernas implantadas en la ingeniería en los últimos años.

Además, los medios de transporte están en pleno auge debido al mundo globalizado en el que vivimos. Por lo tanto, el estudio y desarrollo de las máquinas relacionadas con este sector, es un objetivo actual y de futuro, que mejorará la vida de todos nosotros.



b. Objetivos.

- Aplicación de los conocimientos obtenidos en varias asignaturas del Grado en Ingeniería Mecánica, trabajando en conjunto sobre un problema real.
- Profundización en el conocimiento sobre motores de combustión interna, diseño de máquinas, análisis de mecanismos y resistencia de materiales.
- Aprendizaje más en detalle de las herramientas de diseño utilizadas actualmente en la industria.
- Aprendizaje sobre la gestión, el desarrollo y la ejecución de un proyecto.
- Obtención de una solución bien justificada de nuestro problema, que pueda ser llevada a la realidad con un propósito de mejora.
- Realización de la documentación necesaria para la validación de un componente mecánico, siguiendo los estándares exigidos actualmente en la industria.

3. Contextualización

a. La biela. Descripción y localización dentro del motor.

Una biela es un elemento mecánico que sirve como unión entre dos piezas, haciendo posible la transformación de un movimiento lineal en uno rotativo o viceversa. Por tanto, la función fundamental de nuestra pieza será la de soportar los esfuerzos de sollicitación involucrados en esa transformación de movimiento.

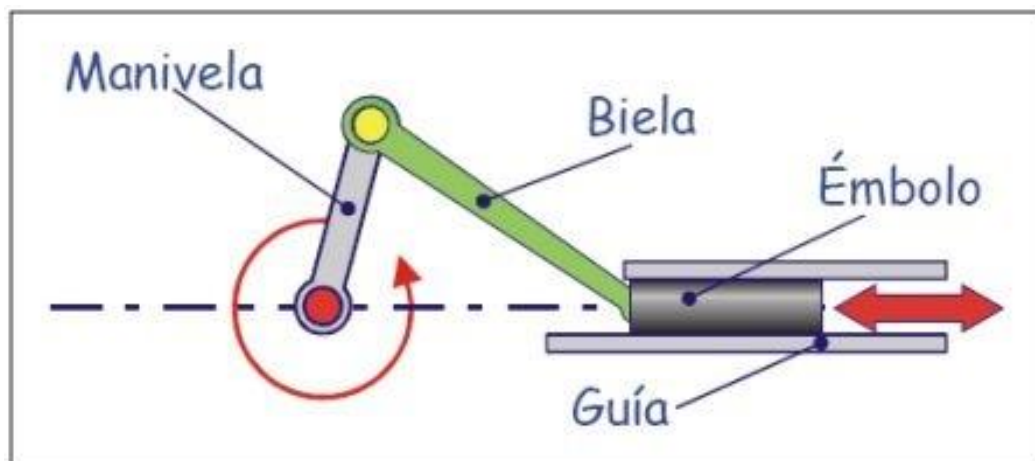


Imagen 1. Esquema biela-manivela.

Interpretando la *Imagen 1*, se puede ver como uno de los extremos de la biela sigue un movimiento rotativo y el otro un movimiento alternativo, mientras que el resto de puntos tiene una trayectoria compuesta de ambos. Este mecanismo es conocido como biela-manivela y tiene multitud de aplicaciones.

En este trabajo, nos vamos a centrar en el diseño de la biela de un motor de combustión, donde la manivela va a ser la parte del cigüeñal denominada muñequilla. Su esquema representativo se muestra en la *Imagen 2*. En ella podemos ver 4 cilindros en línea, que será una de las características del motor para el que vamos a hacer nuestro diseño. El conjunto de todas ellas se indicará más adelante. En cada uno de los cilindros se produce la reacción del combustible, que produce una presión sobre el pistón, generando un movimiento alternativo de éste dentro del cilindro. El pistón transmite esa fuerza a nuestra biela, que a su vez moverá el cigüeñal, de manera que tenemos como salida un movimiento rotativo. Antes de que este movimiento llegue a las ruedas del automóvil, será transformado a través de diversos sistemas que favorezcan un correcto funcionamiento (volante de inercia, caja de cambios, etc).

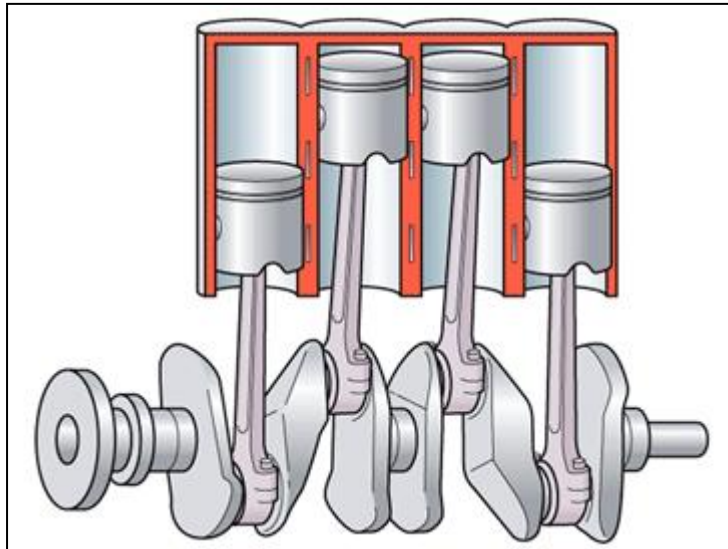


Imagen 2. Mecanismo pistón-biela-cigüeñal de un motor de combustión.

Podemos concluir de este análisis, que este mecanismo es la base fundamental de cualquier motor de combustión y por tanto, la biela, una de las piezas más importantes del mismo.

En la *Imagen 3*, se muestra la división de la biela en sus 3 partes principales:

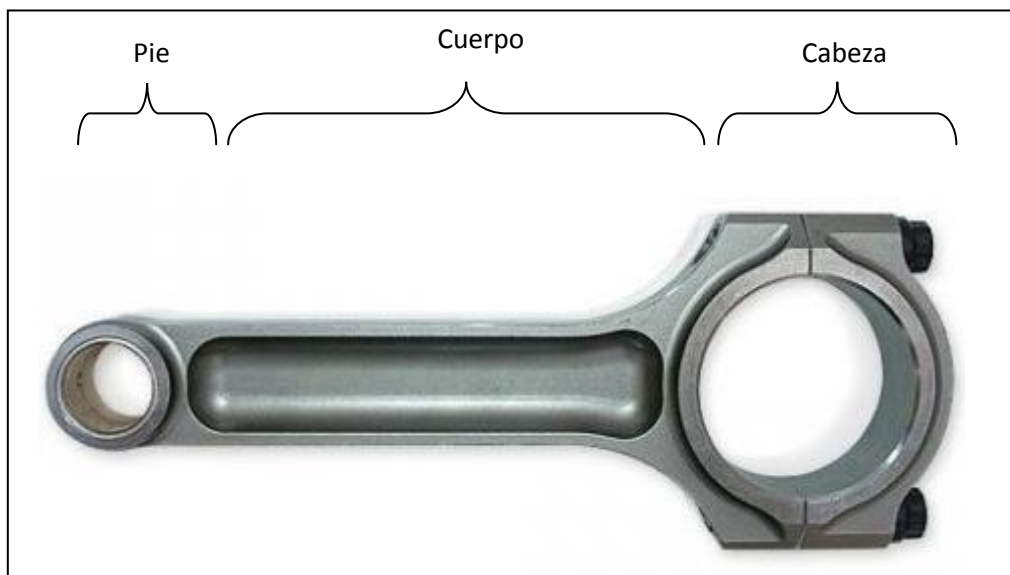


Imagen 3. Partes fundamentales de una biela.

Se denomina pie de biela, a la parte encargada de la unión con el pistón y que tiene un movimiento alternativo. De la misma manera, la cabeza de la biela, es la

zona encargada de unir biela y cigüeñal y sigue un movimiento rotativo. Finalmente el cuerpo de la biela, es la parte encargada de unir pie y cabeza. Tiene un movimiento compuesto de rotación y traslación y es la zona que soportará principalmente los esfuerzos de compresión.

A continuación se muestra en la *Imagen 4*, un gráfico explosionado de la unión biela y pistón, junto con los componentes básicos en su funcionamiento.

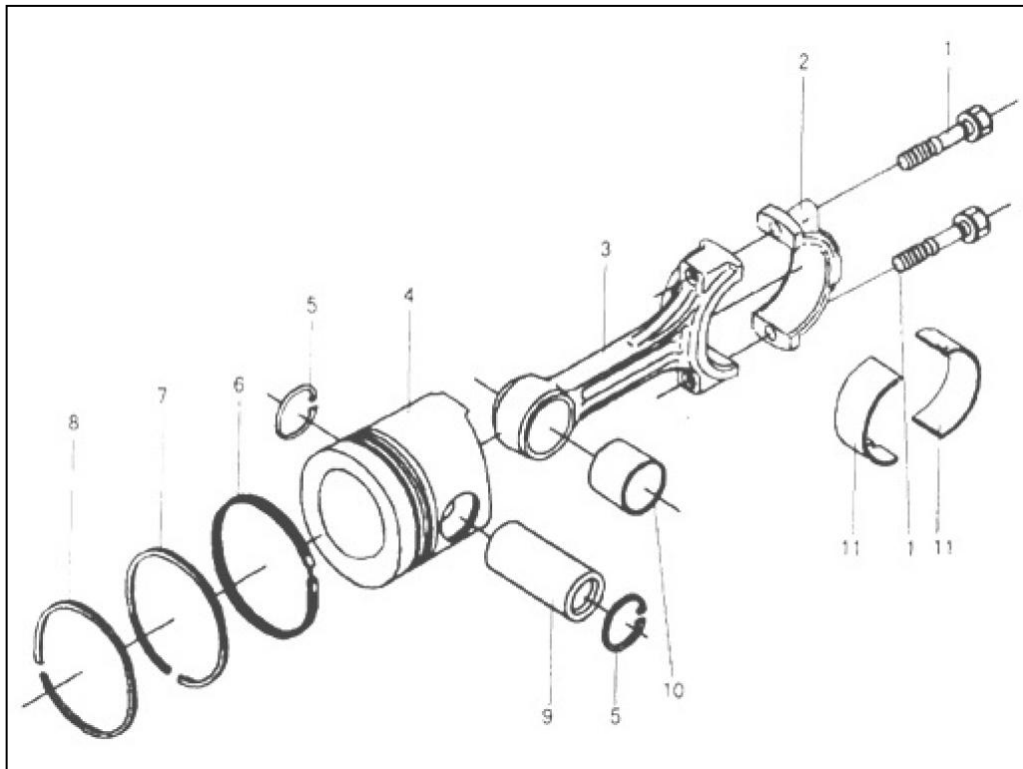


Imagen 4. Gráfico explosionado de la unión biela pistón.

Puede haber multitud de variantes geométricas en cuanto a las piezas que forman ese conjunto, pero para hacernos una idea inicial y poner nombre a las más importantes es suficiente. Más adelante se concretarán las piezas en detalle justificando su función y su definición. A continuación y siguiendo la numeración de la *Imagen 4*, se identifican las más destacadas, las cuáles van a ser nombradas durante todo el trabajo:

- 1- Tornillos de unión entre biela y casquillo.
- 2- Casquillo o sombrerete.
- 3- Cuerpo de biela.
- 4- Pistón.
- 9- Bulón.
- 10- Cojinete pie de biela.
- 11- Semicojinetes cabeza de biel

b. El proyecto: definición, ciclo de vida e identificación de nuestro trabajo dentro de él.

Se entiende como proyecto al proceso que consiste en un conjunto de actividades coordinadas y controladas, llevadas a cabo para lograr un objetivo, a través de unas limitaciones de tiempo, coste y recursos. Surge con la aparición de una necesidad y finaliza con una solución que la satisface, cumpliendo una serie de requisitos.

Ese conjunto de fases, es lo que denominamos ciclo de vida del proyecto. Cada fase a su vez es un conjunto de actividades, con entidad propia y relacionadas entre sí, que cubren un objetivo parcial del proyecto. Cada una de ellas se caracteriza por generar un conjunto de salidas concretas y medibles, que se materializan en documentación y en resultados. En la *Imagen 5*, podemos ver un esquema representativo de cada fase:

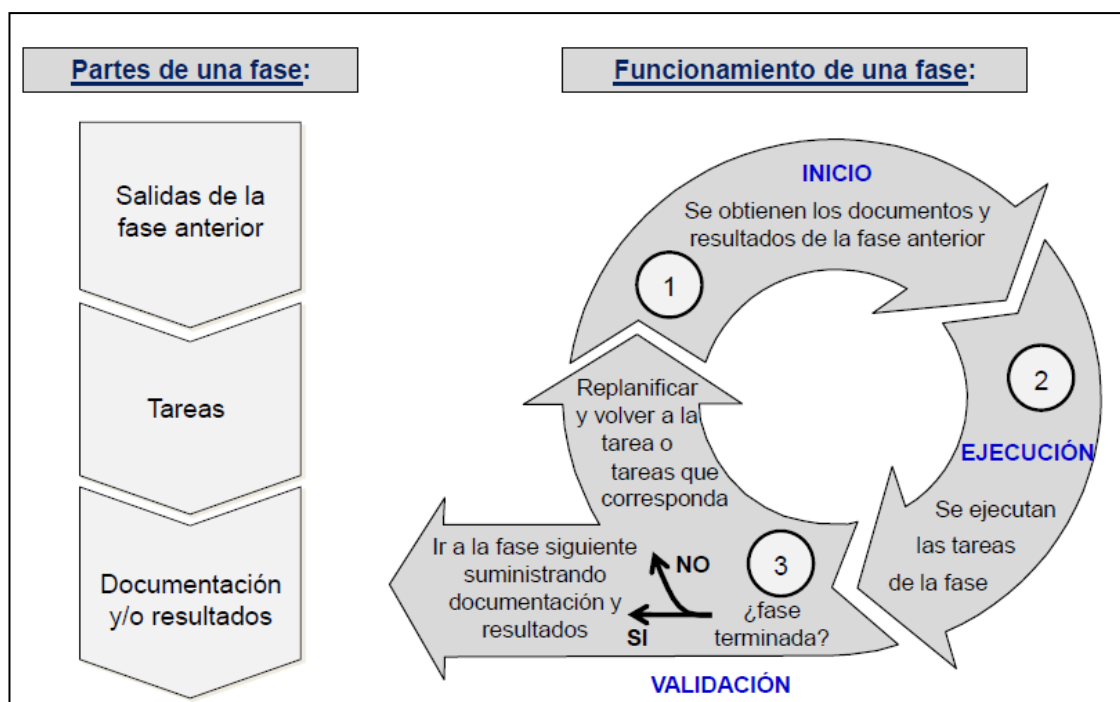


Imagen 5. Esquema del funcionamiento de una fase proyecto.

Podemos dividir un proyecto en 4 fases fundamentales:

Definición → Diseño → Construcción y Pruebas → Implantación



A continuación vamos a dar una descripción de cada una de ellas y vamos a aplicarlas al caso concreto de un proyecto mecánico, como es el que se va a abordar en este trabajo.

✓ Definición:

Comienza a partir de la identificación de una idea, que tiene el potencial de convertirse en una nueva actividad o proyecto dentro de la organización. Esta idea puede ser una necesidad, una solución para resolver un problema, una oportunidad o amenaza del entorno, una nueva regulación que es preciso implantar, el desarrollo de una tecnología que pueda dar lugar a una ventaja competitiva, etc.

El objetivo fundamental de esta fase, es establecer los objetivos del proyecto de acuerdo a las necesidades para las que va a ser ejecutado. No siempre las necesidades vienen claramente definidas y aun cuando así sea, es preciso traducirlas en objetivos (de alcance, calidad, costes y plazos) a partir de los cuales pueda gestionarse el proyecto. Un proyecto debe gestionarse a partir de unos objetivos medibles, realistas y relacionados con el tiempo.

La fase de definición es fundamentalmente una fase de planificación. En todo proyecto debe existir cierta proporcionalidad entre el esfuerzo de planificación y el esfuerzo de ejecución. Tan malo es intentar conseguir un plan perfecto que considere hasta el último detalle, como un proyecto sin plan. Es preciso planificar el trabajo para después trabajar según el plan. La planificación inteligente, es una de las claves del éxito de la dirección del proyecto. El plan de negocio es el entregable principal de esta fase y está compuesto de:

- Razones que justifican el proyecto.
- Identificación de diversas alternativas u opciones que permitan alcanzar los objetivos.
- Estrategia de proyecto.
- Beneficios esperados de acometer el proyecto (o consecuencias negativas si no se realiza).
- Estimación de costes, plazos y riesgos.
- Análisis y valoración de la inversión.

El documento que autoriza el proyecto formalmente dentro de la organización asignándole recursos y nombrando un director de proyecto, recibe el nombre de acta de proyecto.

✓ Diseño:

Una vez tomada la decisión de realizar el proyecto, la primera actividad que lleva a cabo el director de proyecto es constituir el equipo. En el caso de grandes proyectos, esta actividad comenzará en la fase de definición anterior, ya que el trabajo a realizar puede ser considerable debido a la dimensión del proyecto, constituyendo la fase de definición o viabilidad un proyecto en sí misma. La constitución del equipo siempre llevará asociada en mayor o menor medida la negociación con los dueños de los recursos, sobre las personas que trabajarán en el proyecto. La asignación de personas debe llevarse a cabo de acuerdo a las competencias y experiencia requeridas por el proyecto, por lo que es necesario que el director de proyecto las defina con claridad. El éxito de nuestro proyecto dependerá en gran medida de la calidad de los miembros del equipo de proyecto.

Los objetivos fundamentales de la fase de diseño son los siguientes:

- Desarrollo de una solución que permita satisfacer los requisitos del cliente (no sólo en términos de calidad, sino también en términos de coste y plazo) de manera que todas y cada una de las características de diseño sean trazables a los requisitos de cliente y viceversa. En el caso de existir diversas alternativas de diseño, el director de proyecto deberá analizar las mismas de acuerdo a los objetivos de proyecto, eligiendo aquella que maximice la probabilidad de éxito del proyecto.
- Elaboración de estrategia de pruebas que permita detectar, en una fase posterior, incumplimientos de los requisitos por parte de la solución adoptada, para así proceder a su corrección. Ésta consistirá básicamente en determinar cómo se demostrará cada uno de los requisitos de cliente (ensayo, análisis, simulación), número de prototipos, etc.

Los entregables de la fase de diseño son la solución o diseño, la estrategia de pruebas y la actualización del plan de proyecto a partir de la información disponible al acabar la fase. En el caso de nuestro proyecto, la estrategia de pruebas está estandarizada para todos los fabricantes.



✓ Construcción y Pruebas:

El objetivo fundamental de esta fase es demostrar que el producto cumple con los requisitos de cliente para así alcanzar los objetivos del proyecto. Para ello será preciso:

- Fabricar, construir, o integrar el producto de acuerdo al diseño de la fase anterior, de manera que éste no pierda sus características debido a una fabricación defectuosa. **En un proyecto como el que nos ocupa, normalmente se irán optimizando los prototipos hasta llegar a una solución válida.**
- Identificar las pruebas que han de realizarse para validar el producto y llevarlas a cabo.
- Validar y depurar el diseño, modificando el mismo si fuera necesario a la vista de los resultados de las pruebas.
- Industrializar el proceso de fabricación de manera que nos permita fabricar en serie el producto, cumpliendo los requisitos funcionales, temporales y económicos para los que ha sido creado.
- Gestionar la fase de acuerdo al plan de proyecto dentro del coste y plazo asignado.

En cualquier proyecto, independientemente del tipo que sea, siempre habrá en mayor o menor medida pruebas sobre prototipos o sobre el producto final, para reducir el riesgo de fallo en la fase de operación. Las pruebas pueden considerarse, por tanto, como un instrumento de gestión de riesgos del proyecto.

✓ Implantación o despliegue:

En muchos casos el proyecto finaliza en la fase de construcción y pruebas, tras la entrega y aceptación del producto por parte del cliente. En otros, sin embargo, es preciso influir sobre el comportamiento del cliente y de los usuarios del producto para que éstos lo adopten. Esta fase es típica de proyectos internos de cambio en una organización (como por ejemplo, en un proyecto de rediseño de procesos, reingeniería, etc.) en los que el personal de la organización debe aceptar y aprender a manejar el nuevo producto. Los objetivos fundamentales de esta fase son:

- Conseguir que el producto sea utilizado por los usuarios dándoles el apoyo y la formación que precisen.
- Asegurar que los beneficios alcanzados gracias al proyecto, se mantengan una vez el equipo de proyecto se retire y finaliza el proyecto.

Al igual que las fases anteriores, esta fase debe ser planificada asignándole un presupuesto y un plazo de ejecución determinados, ya que no es infrecuente que su coste y duración supere con creces a las de las fases anteriores para el tipo de proyectos considerado. Esta fase es más importante de lo que a primera vista pueda parecer. Entre las causas más frecuentes de fallo se encuentran:

- El producto no satisface las necesidades del usuario o cliente al no haber tenido en cuenta sus necesidades.
- Falta de formación y de apoyo durante la fase inicial de operación.
- Resistencia al cambio de los usuarios.

Por ello es en esta fase cuando más se precisarán las habilidades de liderazgo, comunicación, y resolución de problemas del director de proyecto, para conseguir la aceptación del producto por parte de todas las partes interesadas.

Por tanto, a la vista de todo lo mencionado anteriormente, **el presente Trabajo Fin de Grado se va a desarrollar dentro de la fase de diseño**, en su parte más técnica. Para ello, tendremos que definir unas condiciones de entrada en forma de objetivos a alcanzar con nuestro diseño y finalizaremos con una salida en forma de figura 3D, plano de definición 2D y ficha de material. Este diseño estará sustentado por una serie de cálculos que lo justifiquen y por unas simulaciones que nos permitan optimizarlo. Sin embargo, como hemos visto, **esta definición estará siempre sujeta a los resultados de los ensayos que se realizan con prototipos, en una fase posterior del proyecto y que no es objetivo del presente documento.**

4. Diseño mecánico de la biela

a. Parámetros geométricos de funcionamiento.

En primer lugar, vamos a hacer una presentación de los parámetros geométricos del mecanismo biela-manivela que van a intervenir en el proceso de diseño y que serán utilizados de aquí en adelante en este texto.

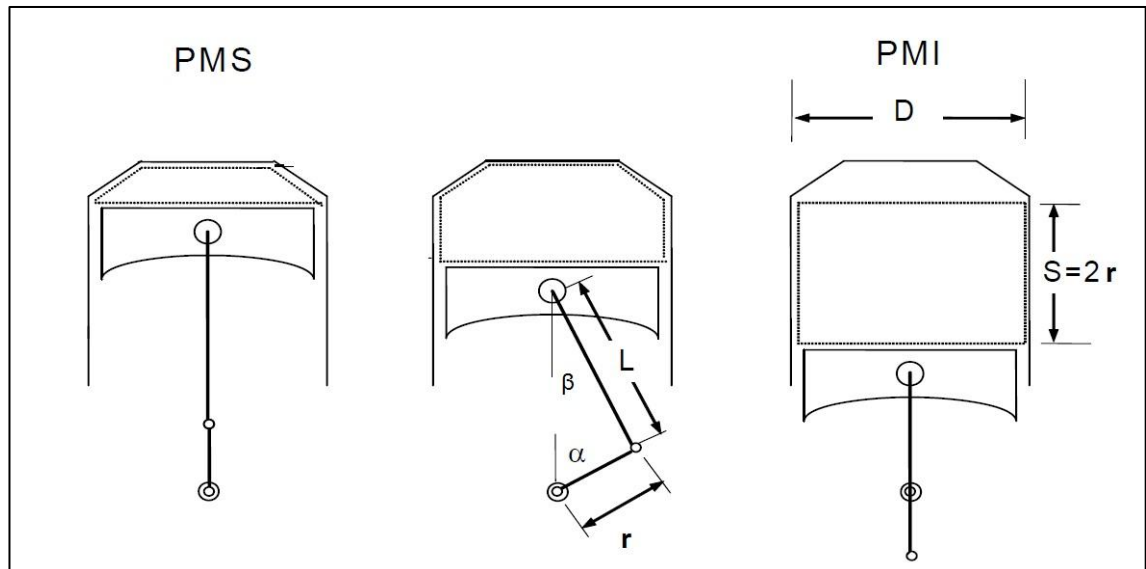


Imagen 6. Parámetros geométricos

En la *Imagen 6* podemos ver 3 situaciones distintas. En primer lugar se muestra el punto muerto superior (PMS), que es el instante en el que el pistón alcanza el punto más alto de su trayectoria. Como podemos ver, en ese momento están alineados la muñequilla y el pistón. La situación inversa es la mostrada en la imagen de la derecha, denominada punto muerto inferior (PMI). En este momento, el pistón se encuentra en el punto más bajo de su recorrido y de nuevo muñequilla y cigüeñal se encuentran alineados. En la imagen central se encuentran representadas todas las posiciones intermedias entre las mencionadas anteriormente.

Centrándonos en los parámetros de diseño de este mecanismo, éstos están representados con letras en la imagen. De esta manera tenemos:

D → Diámetro del pistón: Es una característica fundamental en el diseño, ya que la mayoría de las dimensiones de los distintos componentes, vienen dados en relación a él.

r → Radio de la muñequilla: Es la distancia entre el eje del cigüeñal y el eje de la cabeza de la biela. Esta distancia marca el radio de giro de la cabeza en su movimiento rotativo.



L → Longitud de biela: Es la distancia entre los ejes de cabeza y pie de biela. Sin duda, una de las características más representativas de la pieza que vamos a diseñar, que influye enormemente en la funcionalidad de ésta y el diseño de las piezas de su entorno (pistón y cárter cilindros).

S → Carrera: Es la distancia recorrida por el pistón entre su punto muerto superior (PMS) e inferior (PMI). Existe una relación directa entre carrera y muñequilla de manera que $S = 2r$.

Ángulo α : Ángulo de giro de la muñequilla respecto del eje longitudinal del cilindro. Es un parámetro característico que nos indica en qué posición está el mecanismo en cada instante. En un motor de 4 tiempos como el que vamos a estudiar, un ciclo completo está representado por un valor de α igual a 720° .

Ángulo β : Formado por el eje longitudinal de la biela respecto del eje longitudinal del cilindro, está directamente relacionado con la descomposición de fuerzas en la biela. Su valor máximo va a depender de L.

Además de estos parámetros, tendremos también los propios de la geometría de la biela, que se definirán y analizarán más adelante cuando abordemos el diseño propiamente dicho.

b. Dimensionado inicial.

Cuando hablábamos de las fases del proyecto, se enmarcó la posición de este trabajo dentro de él. Concretamente dentro de la fase de diseño, en la parte puramente técnica. Para llevarla a cabo, necesitamos una serie de datos de entrada para poder iniciar nuestro trabajo, hasta conseguir nuestros documentos de salida (3D de la pieza, plano 2D y ficha de material). En este apartado, vamos a nombrar esos datos de entrada en forma de características del motor para el que se construirá nuestra biela, tomando como **referencia el motor 1.5 dci de Renault**, denominado internamente como K9 generación 5-6, actualmente en la calle. Es un motor diesel de 4 tiempos. De sus catálogos se ha obtenido la siguiente información, que tomaremos como referencia:

Tipo de motor: z=4 cilindros en línea
Cilindrada total (Vt): 1461 cm³
Diámetro del pistón: 76 mm
Potencia máxima: 81 kW (110 CV) a 4000 rpm

A partir de estos datos y haciendo uso de los parámetros geométricos definidos en el apartado anterior, vamos a proceder a hacer un dimensionado previo de los parámetros básicos del motor que queremos construir y del mecanismo biela-manivela, ya que la definición de éste es la base del motor.

Partiendo de la cilindrada total (Vt) y el número de cilindros (z), se calcula la cilindrada unitaria (Vi) o volumen de cada cilindro:

$$Vi = \frac{Vt}{z} = \frac{1461}{4} = 365,25 \text{ cm}^3$$

Con la cilindrada unitaria y el diámetro, podemos obtener la carrera del pistón:

$$Vi = \frac{\pi D^2}{4} * S \Rightarrow S = \frac{4 * 365 * 1000}{\pi * 76^2} = 80.5 \text{ mm}$$

Una vez obtenida la carrera del pistón, tenemos el radio de giro de la muñequilla, ya que S=2r. Por tanto r= 40.25 mm. La relación S/D = 1.06.

En este apartado y durante las fases de diseño de este trabajo, se van a ir mostrando un conjunto de tablas que muestran los valores de distintos parámetros, encontrados en los vehículos que han sido puestos en el mercado



hasta la fecha. En ellas se dan datos comparativos entre distintos motores, denominando a los diesel motores de encendido por compresión (MEC) y a los gasolina, motores de encendido provocado (MEP). Esta es una denominación técnica, representativa de la forma en que se realiza el inicio de la combustión dentro del cilindro en cada tipo de motor. El objetivo del uso de estas tablas, es el de tener una cierta confianza en el diseño que vamos a ir realizando.

Siguiendo este procedimiento, se presenta la *Tabla 1*. En ella podemos ver el rango del parámetro S/D utilizado hasta ahora por los distintos fabricantes.

	Motor MEP	S/D	Motor MEC	S/D
4T	Competición	≤ 0.6	Automóvil	1-1.2
	Motocicletas	0.65-0.9	Industrial/Vehículo pesado	1.1-1.2
	Automóvil	0.9-1.1		
2T	2T de pequeño tamaño	1.0-1.1	2T de gran tamaño	1.8-2.8

Tabla 1. Valores de S/D en el mercado.

Nuestro motor, estaría situado dentro de los motores MEC de 4 tiempos, en la categoría de automóvil. Por tanto nuestro valor de 1.06 está dentro del rango de mercado.

A partir de los datos obtenidos hasta este momento, ya podemos dimensionar el conjunto pistón-biela-cigüeñal. Puesto que este trabajo tiene como objetivo el diseño de la biela, para el resto de componentes sólo se calcularán aquellas dimensiones que intervengan en ella. Va a haber muchos factores que intervienen en el diseño y que nos falta considerar en este momento, como son la lubricación, las piezas de unión entre pistón, biela y cigüeñal, etc. Por tanto, todo ese desarrollo y toma de decisiones se abordará en el apartado 4.d de este trabajo, después de realizar un análisis funcional que nos ayude a tomar decisiones respecto a las diferentes alternativas que existen para construir nuestra biela.

c. Análisis funcional

A la hora de definir el diseño de un producto, hay que hacer un análisis de manera detallada de todos los factores que influyen durante el ciclo de vida del mismo. Este análisis funcional, se suele realizar a través del método “tormenta de ideas”, en el que van a participar diferentes responsables del proyecto de todas las áreas (montaje, fabricación, materiales, responsables de producto y sistema, logística, etc). De esta manera, vamos a tener un conjunto de variables de las que va a depender nuestro diseño, tratando desde el principio de optimizar sus resultados.

El análisis funcional realizado se muestra a continuación. Está dividido y numerado por diferentes bloques principales y dentro de ellos se encuentran los factores a considerar en nuestro diseño.

1- Condiciones de funcionamiento.

- Longitud de la biela. Determinada a partir de la relación $\lambda = L/r$.
- Diámetro y espesor de la cabeza.
- Diámetro y espesor del pie.
- Fuerza de combustión.
- Estudio de la tracción y compresión del material.
- Diagramas de esfuerzos. Van a determinar el ancho de nuestra biela, el material, el diámetro de los tornillos...
- Resistencia a fatiga.
- Lubricación.
- Masa. Influye en el rendimiento del proceso (cuanta más masa tengamos que mover, más energía y combustible gastamos). También influye en la economía por el gasto de material y en la inercia al ser una pieza en movimiento.
- Relación con el entorno. Espacio que ocupa, en relación con el volumen y forma de la biela.
- Tolerancias dimensionales y geométricas necesarias. Cadenas de cotas.

2- Fabricación.

- Relación entre el material y el proceso a realizar.
- Nº de operaciones a realizar. En relación con la geometría.
- Cambios de herramienta necesarios. En relación con la eficiencia y el coste.



- Potencia necesaria de la máquina-herramienta. En relación con el material.
- Cumplimiento de las tolerancias dimensionales y geométricas.

3- Costes.

- Métodos de fabricación y montaje.
- Recursos materiales y humanos.
- Tecnología necesaria.
- Transporte y almacenaje.

4- Metrología.

- Tiempo necesario para realizar el control de cumplimiento de especificaciones.
- Número de operaciones de control.
- Número de piezas a controlar para asegurar la calidad.

5- Montaje y desmontaje.

La pieza tiene que poder montarse y desmontarse de una manera sencilla y rápida. Además debe involucrar al menor número de piezas posible de su entorno.

6- Logística

La pieza va a tener que transportarse desde la fábrica hasta el lugar de montaje. Dado que las dimensiones de los palés están estandarizadas, puede ser importante el hecho de que podamos transportar un mayor número de piezas en un palé.

7- Reciclaje y contaminación

Una vez que la pieza cumple su ciclo de vida, es importante poder reaprovecharlo o contaminar lo mínimo posible. En este caso, al ser piezas metálicas, se podrán volver a fundir y utilizar ese metal para otro tipo de aplicaciones.

d. Desarrollo de los criterios de diseño y dimensionado en base al mercado.

Una vez identificados todos los factores que intervienen en el diseño de nuestra biela, debemos decidir cuáles son los más importantes y prioritarios a la hora de diseñar, pues muchas veces mejorar unos supondrá un perjuicio para otros.

En este caso, el criterio principal de diseño tiene que ser la funcionalidad, pues sin biela no hay motor. Dentro de ella englobamos las condiciones de funcionamiento y el montaje. También se dará prioridad al hecho de que pueda llevarse a la realidad, es decir, la fabricación. Asegurar un buen proceso de fabricación que nos permita una buena repetibilidad, será fundamental teniendo en cuenta que son piezas que se fabrican en grandes series. El tercer criterio que elegimos como prioritario es, por supuesto, el coste. No olvidemos que se van a fabricar millones de unidades y un solo céntimo puede suponer un impacto total enorme. Realmente el coste, está incluido en cada uno de los factores y habrá que buscar siempre un equilibrio entre ellos.

Por tanto, **vamos a realizar nuestro diseño en base a 3 factores principales:**

- ✓ Funcionalidad
- ✓ Fabricación
- ✓ Coste

Una vez asegurados éstos, se pueden realizar algunas modificaciones que mejoren cualquiera de los otros factores, siempre que no perjudiquen a los anteriores.

✓ **Coste**

El coste es, sin duda, uno de los factores más determinantes en cualquier proyecto. Si tenemos en cuenta que un motor lleva 4 bielas y que las ventas de un vehículo de gama media puede rondar unas ventas de 1.500.000 unidades al año, el ahorro de un céntimo por biela supone 60.000 euros anuales. Por tanto, cualquier detalle es importante.

Este factor está implícito en todos y cada uno de los criterios utilizados en el estudio funcional. Por ejemplo, realizar un diseño en el que empleemos menos material, supone un ahorro. Por tanto, es importante optimizar al máximo nuestra pieza.



Generalmente, una vez puesto en venta un vehículo, se abaratan costes después de unos meses. Ese trabajo es conocido como re-ingeniería y permite abaratar un producto durante su vida en el mercado.

✓ Fabricación

A la hora de fabricar nuestra biela, se debe tener en cuenta los grandes volúmenes de fabricación que vamos a realizar y la rapidez con la que deben ser llevados a cabo. Aunque el proceso se diseña después de que tengamos el diseño de la biela, **debemos tener en cuenta el proceso que se lleva a cabo en otros modelos ya en serie** para evitar posibles problemas de fabricación.

Actualmente para las bielas, se fabrica una primera preforma mediante forja, de manera que se realizan 4 piezas a la vez. Este proceso provoca que debamos elegir un material que nos facilite esta operación. Además, como resultado de la forja, tendremos en la pieza unos bordes o rebabas a lo largo de su perfil.



Imagen 7. Gama de forja para biela.

Esta preforma va a tener incluido un primer diámetro de cabeza pero no de pie, además de estar unidos sombrerete y cuerpo de biela en una misma pieza. Por supuesto el taladro para los pernos tampoco está incluido.

El perfeccionamiento del diámetro de la cabeza, la realización de los taladros de pie y pernos y el mecanizado de las superficies de apoyo con el cigüeñal, se llevan a cabo mediante operaciones de mecanizado. Para realizar estas operaciones con precisión y una buena repetibilidad, vamos a necesitar unas superficies de apoyo con unas dimensiones determinadas y una calidad superficial adecuada. Eso nos obliga a incluir en la definición de la pieza unas zonas que por tanto no son funcionales.

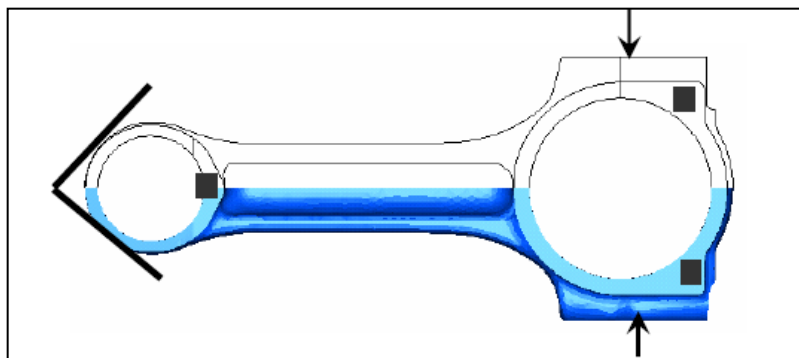


Imagen 8. Puntos de apoyo en el procesado.

La división del sombrerete se realiza actualmente por rotura. El proceso consiste en introducir una cuña en la cabeza, de manera que provoque una tracción suficiente en ella para que se rompa. De esta manera, aseguramos después que el centrado es perfecto debido a las crestas de rotura. Para controlar esa rotura, se debilita la zona de la cabeza con unas ranuras que van incluidas ya en la forja. Además de esa ranura, se realizará con láser otro marcado en la zona interior de la cabeza, justo antes de aplicar la tracción.

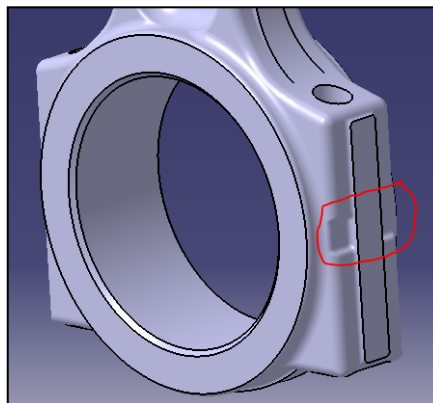


Imagen 9. Zona de rotura de la biela.



A la hora de unir sombrerete y biela, vamos a mecanizar la zona de apoyo de la cabeza del perno, para asegurar un correcto funcionamiento de éste.



Imagen 10. Evolución en la fabricación de la biela.

✓ **Funcionalidad**

Entendemos en este apartado, todas aquellas dimensiones y características principales que intervienen en el diseño y funcionamiento básico de nuestra biela y mecanismo pistón-biela-cigüeñal.

Una de las dimensiones más características e importantes de una biela, es su longitud L . Para hacernos una idea de la importancia de este parámetro, vamos a hacer un análisis sobre la influencia de la variación de éste.

Cuanto mayor sea L , mayor va a ser la masa de la biela y no sólo porque aumente su tamaño, sino porque además aumenta su esbeltez y tendrá un riesgo de pandeo mayor. Para evitarlo, tendremos que aumentar la sección y por tanto la masa de la biela también aumenta. Nunca olvidemos que una de las funciones principales de esta pieza, es soportar las grandes compresiones a las que se ve sometida en su funcionamiento.

Por otra parte, si nos fijamos en la *Imagen 11*, en seguida nos damos cuenta que cuanto mayor sea nuestra biela, más abajo estará el cigüeñal y mayor va a ser el cárter cilindros. Por tanto, aumenta el peso del motor y el material necesario para su construcción.

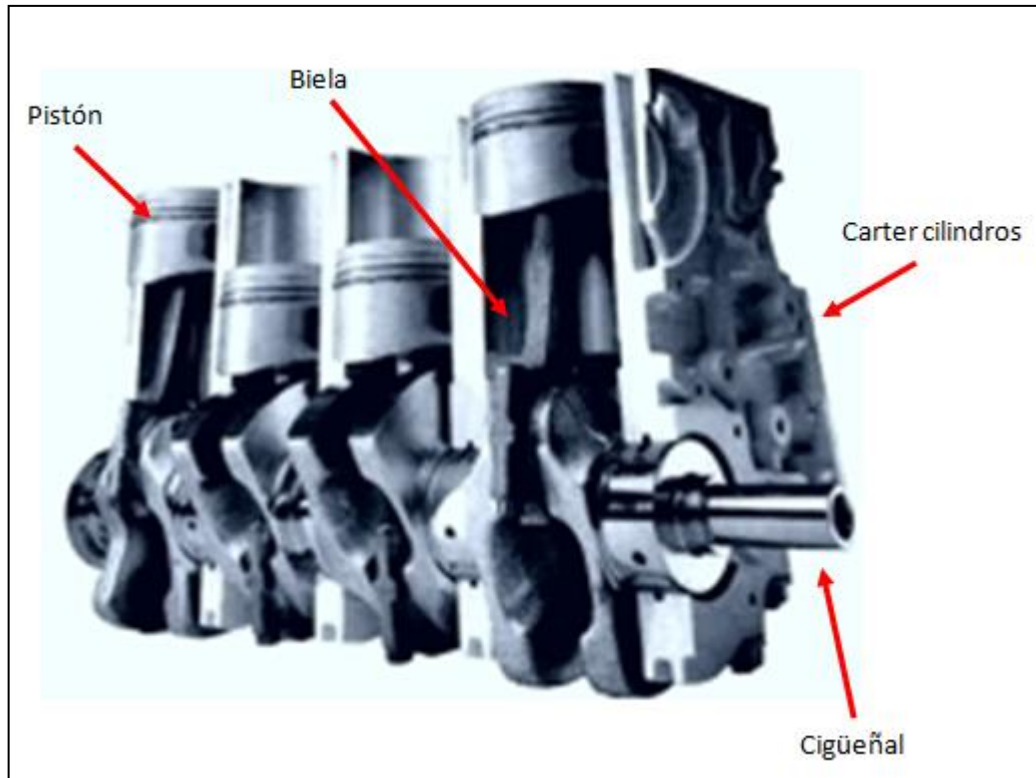


Imagen 11. Sección cárter cilindros.

Otra de las variables que dependen de la longitud de la biela, son los esfuerzos normales al cilindro. Si mantenemos constante el valor r , radio de la muñequilla, y la vez aumentamos L , los esfuerzos normales al cilindro disminuyen, siendo nulos para el caso hipotético de longitud de biela infinita. Por tanto el desgaste de estas piezas será menor si aumentamos L .

En base a estas consideraciones, se ha decidido que **en nuestro diseño vamos a minimizar la longitud de la biela** todo lo que podamos, con el objetivo de ahorrar material y peso al motor. Hoy en día, **la disminución del peso del motor es uno de los factores más buscados en la construcción de cualquier vehículo, ya que va directamente ligado con el ahorro de combustible y por tanto la disminución de emisiones contaminantes.** Esta disminución en la longitud de la biela, supondrá poner especial atención en el diseño del pistón y el cilindro, ya que sufrirán unos esfuerzos en dirección normal a su superficie de un valor más alto que con otros diseños.

La longitud de la biela, suele venir dada según el parámetro $\lambda = \frac{L}{r}$. Dentro de los vehículos puestos en el mercado, con las características de nuestro motor, podemos encontrar un rango entre 3,1 y 3,4 para λ . Por tanto, según el criterio elegido, la L obtenida para nuestro diseño será **$L = 40.25 * 3.1 \approx 125 \text{ mm}$** .



A partir de este momento y con los valores de L, D, r y S definidos, vamos a dividir el diseño del resto de la biela en cabeza, cuerpo y pie.

○ Cabeza

La cabeza de la biela tiene que estar diseñada en relación con:

- Resistencia al esfuerzo de tracción del casquillo y los tornillos de fijación.
- Resistencia de los esfuerzos de tracción y compresión del resto de la cabeza.
- Montaje del cigüeñal.

Los criterios de resistencia se evaluarán posteriormente en el análisis por elementos finitos. Sin embargo, el montaje del cigüeñal nos lleva a dividir la cabeza en 2 partes, de manera que podamos separarlas para hacer el montaje en el pistón. Aunque hay varias configuraciones, la más habitual es realizar un corte perpendicular al eje longitudinal de la biela y que pase por el centro del orificio de la cabeza. Esto va a facilitar el acceso a estas piezas una vez montadas en el motor.

Longitud de la cabeza:

- Debe permitir el paso de la cabeza por el interior del cilindro.

El criterio a seguir es una distancia entre biela y cabeza de al menos 1,5 mm. Esto nos limita a una **longitud de cabeza máxima de $76 - 3 = 73$ mm.**

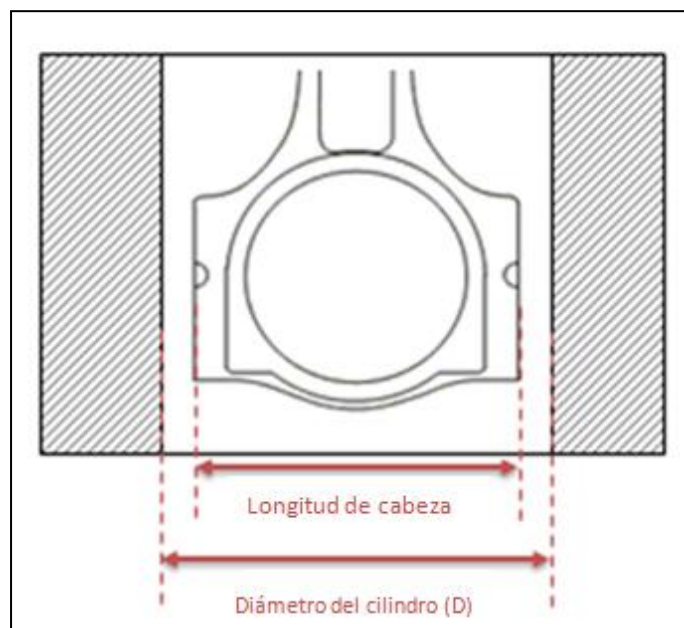


Imagen 12. Longitud cabeza de biela.

- El diámetro interior es consecuencia del diseño del cigüeñal y los cojinetes.

El espesor de los cojinetes oscila entre 0.03 y 0.05 veces el diámetro de la pieza interior. Como no es nuestro objetivo el diseño del **cojinete**, tomaremos un valor de referencia de **$0.04 \cdot d_{int}$** .



Imagen 13. Ensamblaje cabeza de biela.

Dimensiones	Motor MEP	Motor MEC
Diámetro de la muñequilla (d _{m.b.})	0.55-0.65 D	0.55-0.70 D
Longitud de la muñequilla	0.45-0.60 d _{m.b.}	0.50-0.65 d _{m.b.}

Tabla 2. Dimensionado muñequilla.

Teniendo en cuenta nuestro criterio de minimizar la masa de la biela, tomamos un valor mínimo de $0.55 \cdot D$ como valor inicial. Después en función de los resultados del análisis FEM, podremos variar este valor.

Por tanto, el **diámetro interior** nos da un valor de $0.55D \cdot (1+2 \cdot 0.04) = 0.63 \cdot 76 =$
45.2 mm

- Garantizar suficiente material alrededor del tornillo.

Los tornillos van a trabajar especialmente cuando la biela esté sometida a tracción, de manera que tenderán a flexionarse y transmitirán parte del esfuerzo a la biela en su zona entre el tornillo y el alojamiento del cigüeñal. Por tanto, es importante asegurar que esa zona tenga una cantidad de material suficiente, capaz de soportar dichos esfuerzos. Esta dimensión se representa en la *Imagen 14*, mediante la letra C. El criterio de diseño es $C > 1$ mm. Por seguridad



tomaremos **1,3 mm para C** y también para el espesor entre el borde del taladro y la zona exterior de la cabeza.

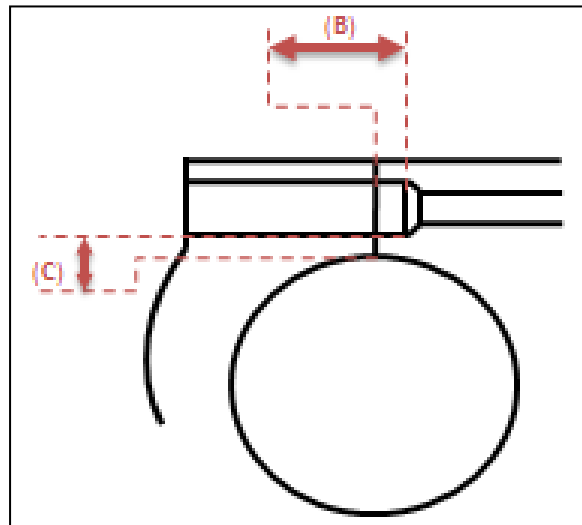


Imagen 14. Parámetros fijación cabeza-tornillo.

- Tornillo de fijación entre casquillo y biela:

Anteriormente se utilizaba la solución tornillo-tuerca. Sin embargo, con el objetivo de reducir peso, ahora sólo se usa un tornillo de expansión. En función de los esfuerzos de tracción, para los diesel se suele usar M8 o M9. La función de este tornillo es:

- Resistencia a la tracción.
- Resistencia a la fatiga.

En un primer diseño, usaremos un **tornillo M8** y en función de los resultados se decidirá si cambiarlo o no a un M9. El diámetro máximo de una rosca M8 según la Norma ISO 4017 es 8,29 mm.

Por tanto, una vez analizados todos estos criterios, la **longitud de la cabeza de biela** es:

\varnothing interior + 4*parámetro C + 2* \varnothing max tornillo = 45.2 + 4*1,3 + 2*8.29 = 66.98 mm. Para ser más exactos, nos iremos por el lado de la seguridad a **67 mm**. Recordamos que el valor máximo permitido que hemos calculado antes era de 73 mm.

Taladro para el tornillo de fijación biela-casquillo:

El tornillo va roscado sobre el cuerpo de la biela y no sobre el casquillo, de manera que sobre éste sólo ejerce un esfuerzo de compresión. La longitud de rosca en la biela viene determinada por el parámetro B de la *Imagen 14*, siendo su valor recomendado $B > 3$ mm. En nuestro caso hemos decidido tomar un valor de 4 mm. El diámetro de la zona no roscada será de 1 mm mayor que la otra.

Se mecanizará también la zona de apoyo de la cabeza del tornillo.

Ancho cabeza de biela:

- Consecuencia del dimensionado del cigüeñal (longitud de la muñequilla, *Tabla 2*). El movimiento axial de la biela, está impedido en esta zona y no en el pistón.
- Depende también de los esfuerzos a los que está sometida.

La tabla 2, nos indica un valor entre 0.5 y 0.65 veces el diámetro de la muñequilla. Siguiendo nuestro criterio de mínimo material, tomaremos un valor de 0.5 y le damos 1 mm más del lado de la seguridad. Por tanto **se diseña para la cabeza un ancho de 21,8 mm**. Hay que tener en cuenta, que este espesor incluye una zona mecanizada plana para las caras de apoyo lateral con el cigüeñal.

- Material suficiente para el tornillo (C en la *Imagen 14*).

Debemos asegurarnos que este espesor es suficiente para cumplir el criterio establecido de 1.3 mm de espesor para el taladro del tornillo. Por tanto, el mínimo espesor permitido sería de $8,29 + 2 \cdot 1,5 = 11,29$ mm. Lejos de los 21,8 mm tomados.

Chaflanes:

- Garantizan el correcto funcionamiento del cojinete y su montaje.
- Garantizan que no hay contacto entre biela y cigüeñal.

Está extendido el uso de un **chaflán de 1x45°** para motores de nuestras características.

○ Cuerpo

La superficie de la sección del cuerpo debe ser diseñada para:



- Principalmente resistir los esfuerzos de máxima compresión (Pandeo y plastificación).
- Resistir la fatiga.
- Se recomienda para motores diesel comerciales que la sección sea constante a lo largo de todo el cuerpo.

Perfil de la sección:

- Debe ser adecuada para la forja.
- Sección (Tipo I). Mayor resistencia a compresión con menor sección.
- La superficie de la sección utilizada para MEC está entre 240-320 mm².

En nuestro caso se ha diseñado una sección tipo I, de 242,6 mm². Como se aprecia en la *Imagen 15*, en ambas alas tiene unos bordes debido al proceso de forja que se lleva a cabo en su fabricación. Además todas las esquinas están redondeadas para evitar concentración de tensiones.

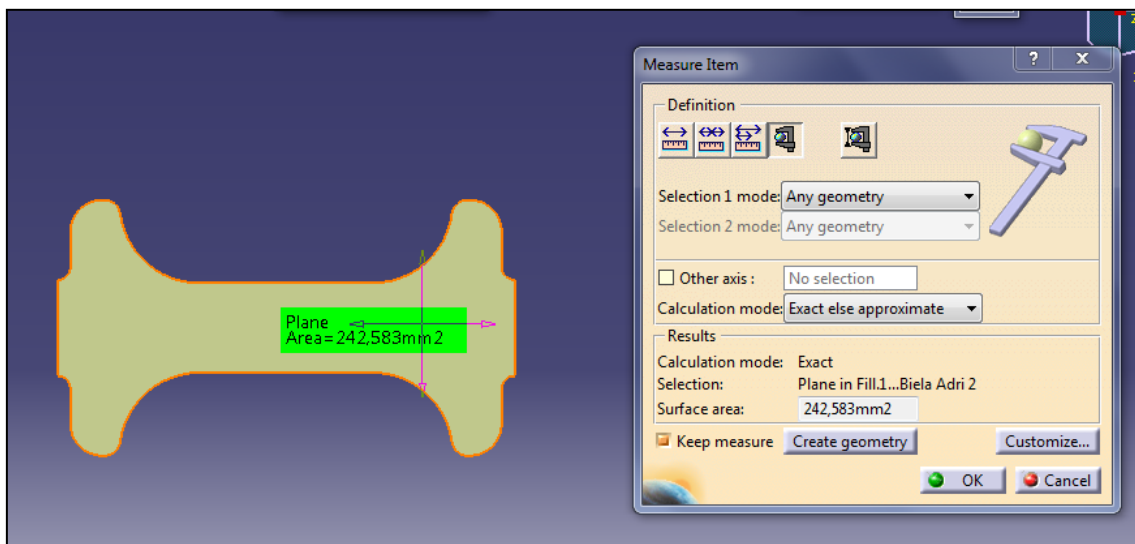


Imagen 15. Perfil de la sección.

Además, se ha realizado el cálculo de los momentos de inercia de la sección obteniendo un valor de $I_y = 3037,4 \text{ mm}^4$ e $I_z = 28554,82 \text{ mm}^4$. El procedimiento de cálculo y las dimensiones principales se pueden consultar en el Anexo I.

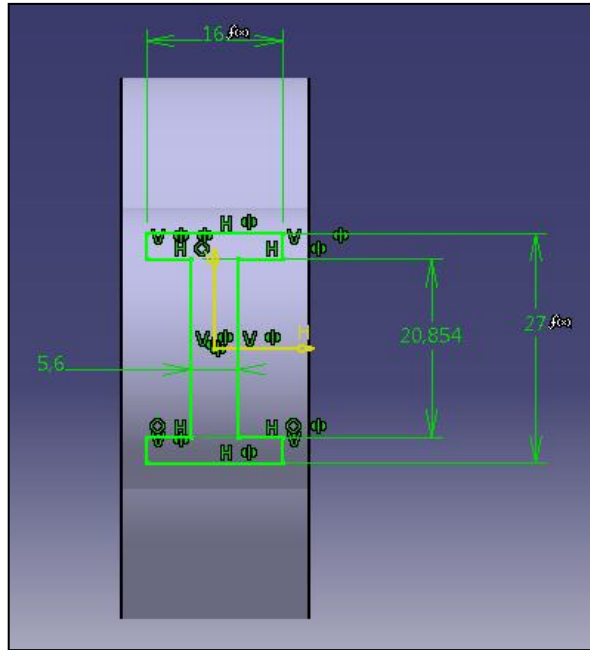


Imagen 16. Dimensiones iniciales sección biela.



Radios de unión con cabeza y pie de biela:

Deben maximizarse los radios de unión, con el objetivo de reducir la concentración de tensiones. Los radios mínimos recomendados se muestran en la *Imagen 17*. Nosotros daremos estos en acuerdo con estas especificaciones, cuando hagamos el diseño de CAD, intentando siempre maximizarlos.

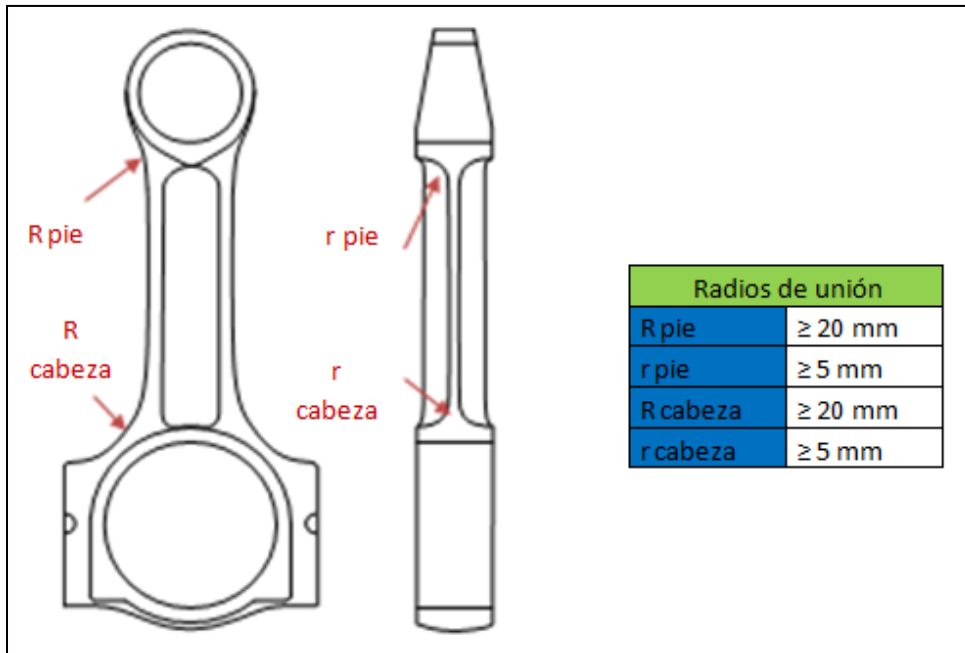


Imagen 17. Radios de unión con el cuerpo.

○ Pie de biela

El pie de la biela debe estar diseñado para cumplir con:

- Soportar y transmitir los esfuerzos recibidos del pistón a través del bulón.
- Montaje del bulón.
- Minimizar la masa.

Montaje bulón-pie de biela:

Tenemos diferentes tipos de montajes entre bulón y pie de biela, sin embargo, para bielas cargadas (diesel), se recomienda bulón flotante. El bulón flotante requiere del montaje de un cojinete de fricción y por tanto tendremos que instaurar un sistema de lubricación para las zonas de contacto. Generalmente se utiliza acero para el bulón y bronce para el cojinete, con el objetivo de que al calentarse el conjunto, los diferentes coeficientes de dilatación provoquen un mejor ajuste de los componentes. Otra de sus ventajas es su fácil instalación, ya

que evita tener que calentar el pie de biela para poder introducir el bulón como sucede en otras configuraciones. La manera de restringir el movimiento axial del bulón, es por medio de un anillo elástico en cada extremo. En la *Imagen 18*, podemos ver un esquema del montaje total.

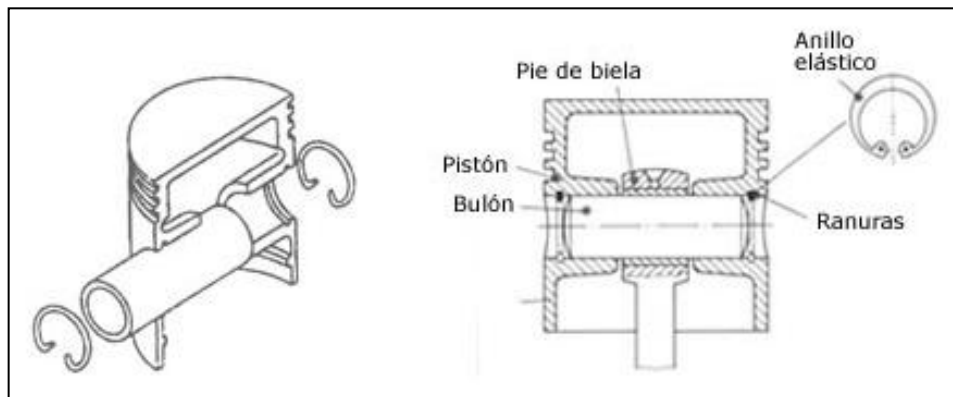


Imagen 18. Sistema de bulón flotante.

Diámetro interior del pie:

El diámetro interior del pie de biela, es consecuencia directa de las dimensiones del bulón y el cojinete. El diseño del bulón no es objetivo de este trabajo, sin embargo podemos tomar un valor orientativo en función de los datos del mercado.

Tipo de motor	Diámetro (d)	Espesor e
MEP 2T	(0.20-0.25)D	(0.020-0.030)D
MEP 4T	(0.20-0.26)D	(0.030-0.045)D
MEC	(0.32-0.36)D	(0.080-0.085)D

Tabla 3. Dimensiones bulón.

Elegimos diámetro para el bulón de $0.32D = 24.3$ mm. Elegimos también como espesor del cojinete $0,04 * 24,3 = 0.97$ mm de manera que el **diámetro interior del pie de biela es de 26 mm.**

Ancho del pie:

- **Se recomienda el mismo ancho que la cabeza (21,8 mm).**
- Resistencia mecánica a la fatiga y la tracción.

Forma de la cabeza:

- La cabeza trapezoidal permite reducir la masa alternante y mejorar la longitud del eje para aplicaciones en compresión (fuerza gas > fuerza de



inercia). Por tanto, elegimos esta opción a falta del análisis FEM a tracción que lo apoye.

- El ángulo recomendado para la **cabeza trapezoidal es de 10°**.

Superficie de apoyo para mecanizado:

Como se dijo en este texto cuando se hablaba de la fabricación, vamos a necesitar de unas zonas de apoyo para poder mecanizar los diámetros interiores de la pieza con precisión. Uno de esos apoyos, se situaba en el pie de la biela. Por tanto, se diseña aquí una zona plana con ese cometido que se muestra en la *Imagen 19*.

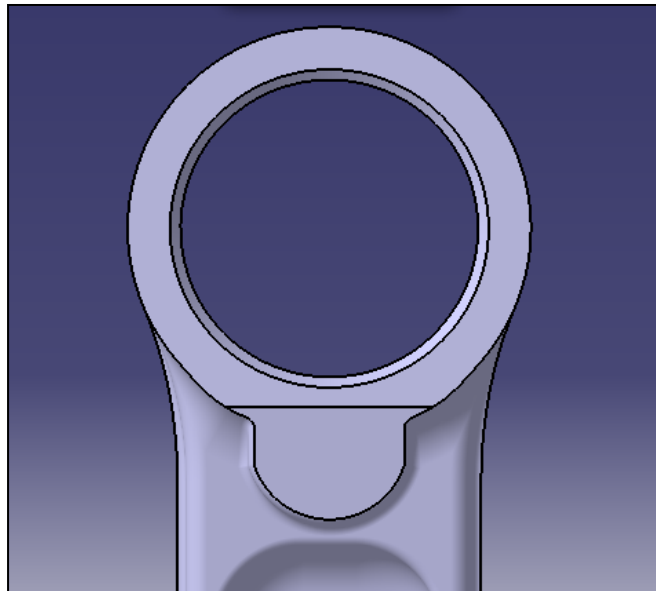


Imagen 19. Zona de apoyo para mecanizado.

Lubricación pie de biela:

Como se ha explicado anteriormente en este apartado, el sistema de bulón flotante que hemos diseñado para el pie de la biela, va a llevar un cojinete para disminuir la fricción entre el bulón y la biela. Ese cojinete deberá ser lubricado adecuadamente. Dentro de las diferentes alternativas que hay, en este caso hemos elegido la lubricación por gravedad. En el siguiente esquema, mostramos el sistema de lubricación de todo el motor:

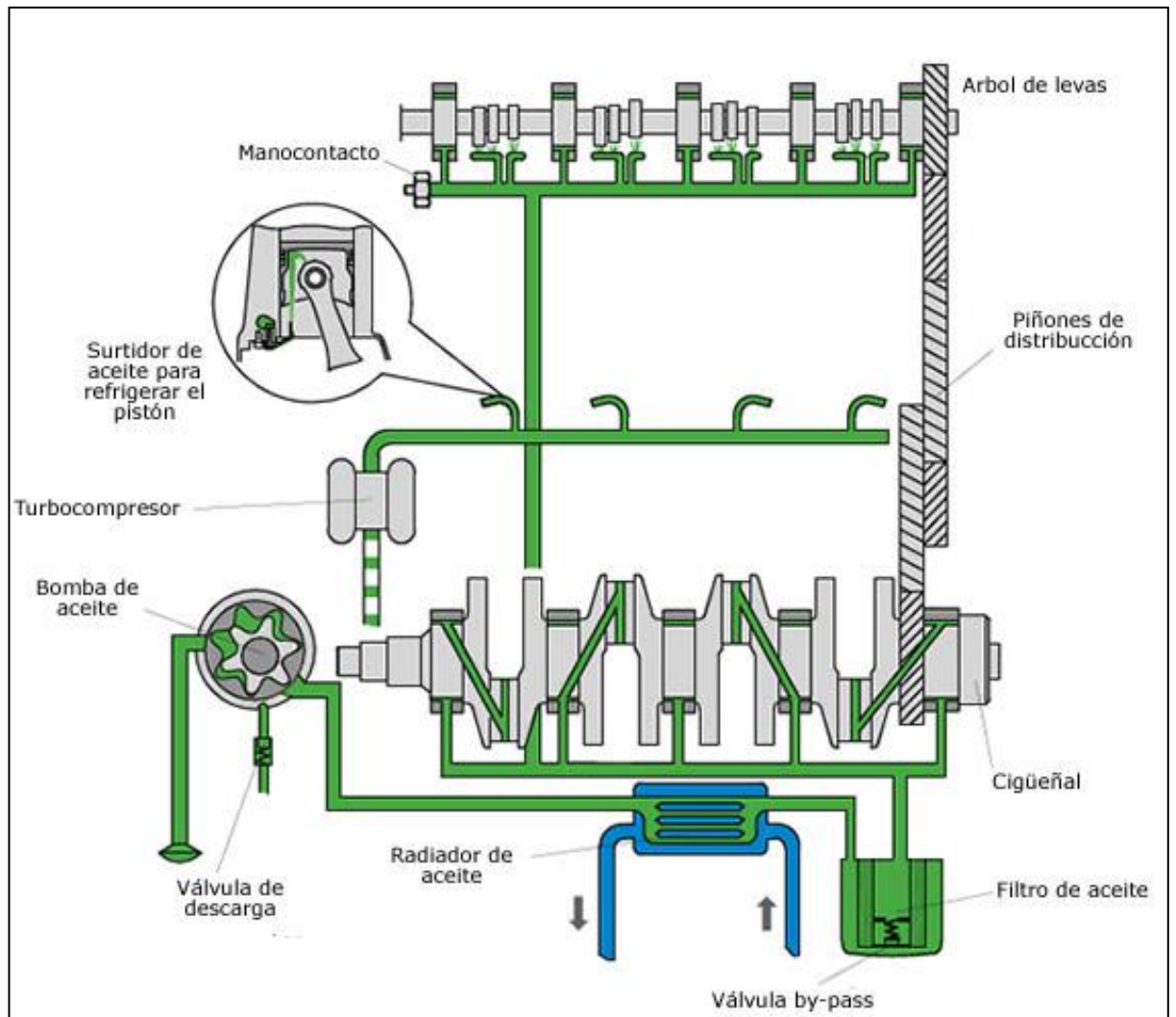


Imagen 20. Lubricación motor diesel.

Centrándonos en nuestra biela, podemos observar que la cabeza va lubricada por medio de los orificios en las muñequillas del cigüeñal. En el pie se aprovecha el aceite usado para la refrigeración del pistón, de manera que al golpear el aceite que aportan los surtidores en la superficie de éste, cae y entra en el pie de biela por medio de unos orificios. En nuestro caso se han diseñado 2 orificios simétricos de diámetro 4 mm.

e. Pre-diseño realizado en CAD.

Una vez definido el diseño de nuestra pieza, vamos a realizar un modelo 3D mediante CAD que luego nos servirá para hacer un análisis de elementos finitos. En este caso se va a utilizar el software Catia v5, uno de los más utilizados actualmente en la industria.

Una de las principales ventajas de utilizar un software de CAD para el diseño, es que podemos realizar cualquier cambio de manera instantánea. Con este objetivo, se va a llevar a cabo una parametrización de las dimensiones básicas del diseño de nuestra biela, de manera que una vez definida podamos variar esos parámetros de una manera rápida y eficaz. Así, las dimensiones parametrizadas son:

- Diámetro del pistón.
- Longitud de la biela.
- Ancho de biela.
- Diámetros interiores de cabeza y pie.
- Espesores de cabeza y pie.
- Ancho y alto de la sección tipo I.
- Diámetro de los tornillos de fijación.

Una vez introducidos los parámetros, podemos comenzar con nuestro diseño 3D de la pieza. Se decide tomar como punto 0 de coordenadas el centro de la cabeza de la biela, situado en su plano de simetría. De esta manera, vamos a dibujar las diferentes formas de la biela en el plano de simetría y vamos a ir realizando diferentes extrusiones con el comando “Pad” con un espesor igual hacia los dos lados.

En primer lugar se han dibujado dos cilindros base que representan pie y cabeza de biela, cuya separación entre centros es el parámetro “Longitud de biela”. De esta manera, si decidimos cambiar posteriormente esta cota, la biela se actualizará sola. Además los diámetros de esos cilindros, también tienen como dimensiones los parámetros “Diámetro interior de cabeza” + 2 x “Espesor de cabeza”, y lo mismo para el pie, con el mismo objetivo que antes.

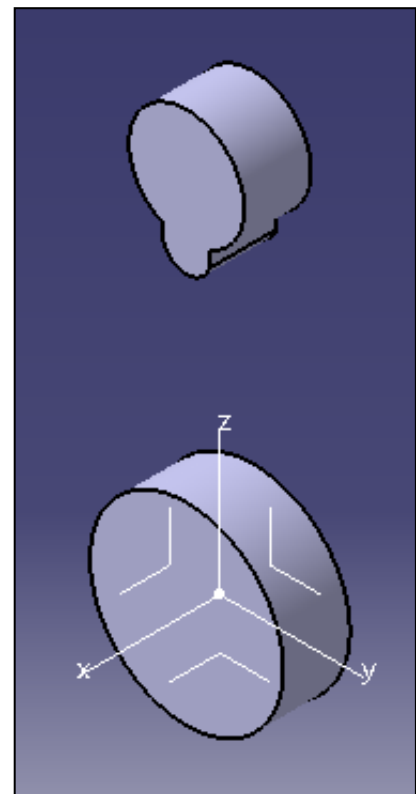


Imagen 21. Diseño en CAD fase 1.



Se añade también al pie, la forma del apoyo para la fabricación. La longitud de todas estas extrusiones está también parametrizada con “Ancho de biela”.

En segundo lugar, se dibuja un sketch con la sección del cuerpo y se hace la extrusión hasta 2 mm más abajo del plano de apoyo para fabricación. La sección se dibuja sin ningún redondeo y parametrizados la altura y anchura de la sección en I. Posteriormente se dibuja otro sketch rectangular en el plano superior de la I y se extiende hasta la forma que ya teníamos del pie. De esta forma nuestro diseño queda actualmente como muestra la *Imagen 22*.

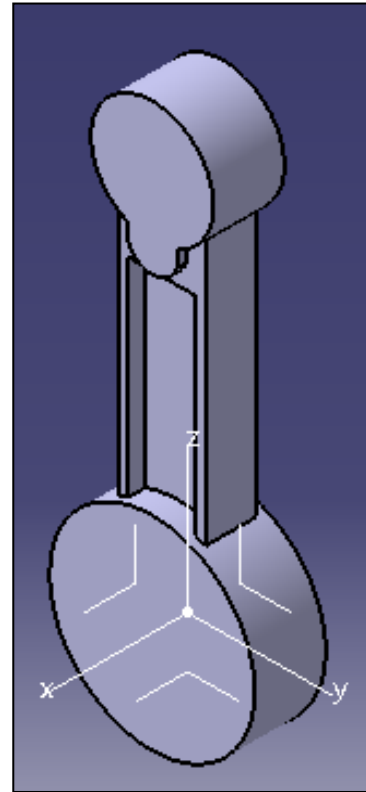


Imagen 22. Diseño en CAD fase 2.

La siguiente parte que vamos a dibujar, va a ser la forma trapezoidal de la cabeza. Como se decidió en la fase de diseño, tendrá una inclinación de 10° y se hará con el comando “Pocket”. Además vamos a dibujar también la zona rectangular de la cabeza, dónde irán alojados los tornillos de unión entre casquillo y cuerpo de biela. El ancho de esta parte, irá parametrizada y será 6 mm menor que el ancho total de la biela, para que sobresalga la zona de apoyo lateral de la biela con el cigüeñal. Después de estas operaciones, nuestro diseño queda según la *Imagen 23*.

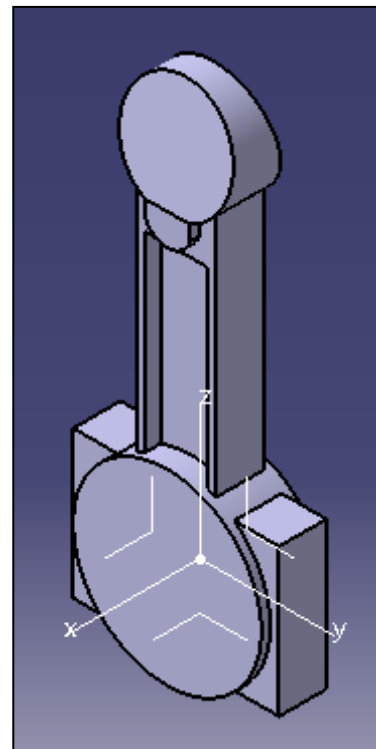


Imagen 23. Diseño en CAD fase 3.

La cuarta fase del diseño en Catia v5, consiste en la definición de los taladros de la cabeza y la zona debilitada para favorecer la sección de rotura. Esta zona se lleva a cabo mediante una operación "Pocket" con una intrusión de 1 mm. Los taladros se hacen en 2 fases, una primera dónde realizamos un taladro roscado pasante, de diámetro parametrizado con "Diámetro del tornillo", utilizando el comando "Pocket". La segunda fase es un taladro ciego de un diámetro 2 mm mayor para evitar que el tornillo rosque en esa zona. La sección después de estas operaciones se muestra en la *Imagen 24*.

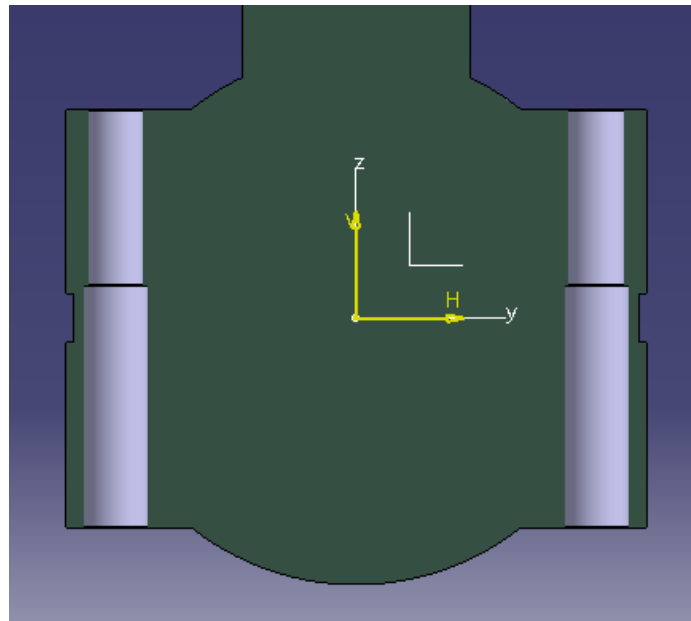


Imagen 24. Diseño en CAD fase 4.

La quinta fase de diseño consiste en la realización de los alojamientos para bulón y cigüeñal. Estos dos taladros como hemos dicho al inicio de este apartado van parametrizados con las dimensiones "Diámetro interior cabeza" y "Diámetro interior pie". Además se hace también un rebaje de 15° en la zona superior de la cabeza, que evita una concentración de tensiones en esa zona. El 3D hasta este momento queda según la *Imagen 25*.

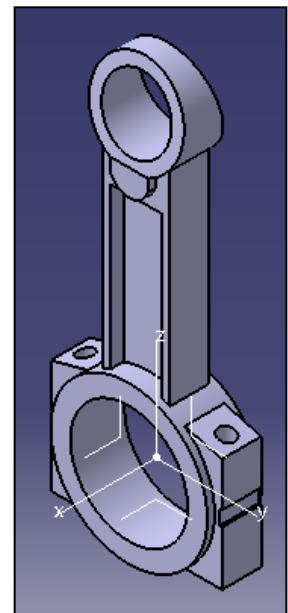


Imagen 25. Diseño en CAD fase 5.



En la siguiente fase, se harán las uniones cuerpo-pie y cuerpo-cabeza, se dibujarán las rebabas debidas a la forja y se harán los chaflanes y redondeos de toda la pieza. Recordamos que cualquier esquina es fuente de concentración de tensiones. El resultado hasta el momento y los redondeos de la unión entre el cuerpo y la cabeza y el pie se muestran en la *Imagen 26*.

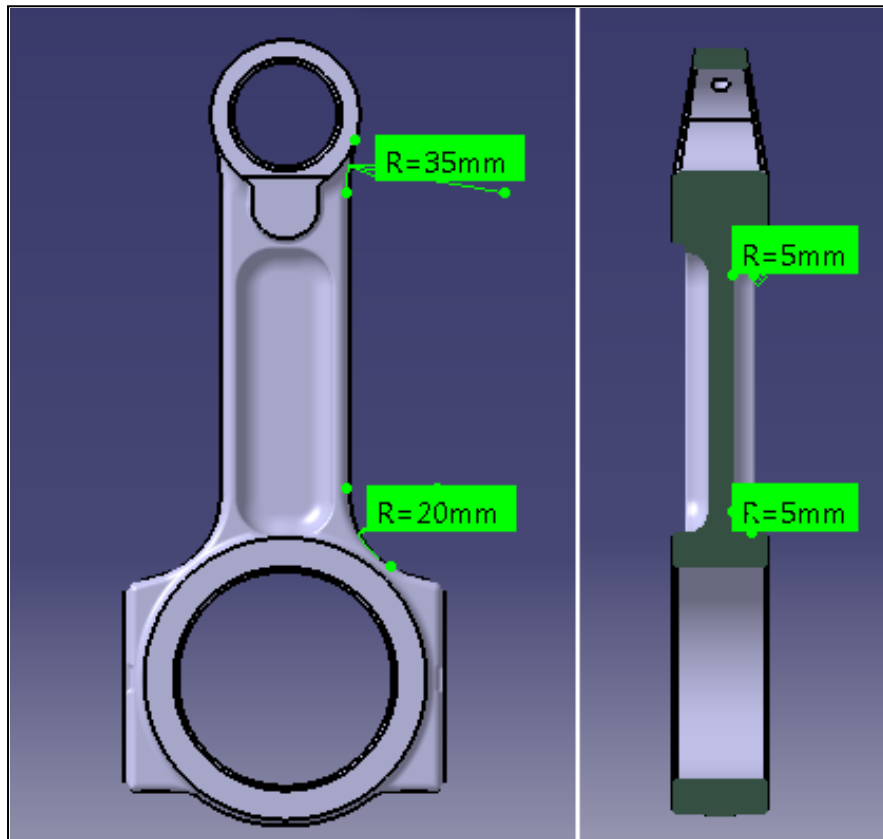


Imagen 26. Diseño en CAD fase 6.

Para terminar con el diseño, se va a realizar el asiento de la cabeza de los tornillos con sus respectivos redondeos y los taladros para la lubricación del pie.

Por tanto nuestro diseño final en CAD queda según la *Imagen 27*.

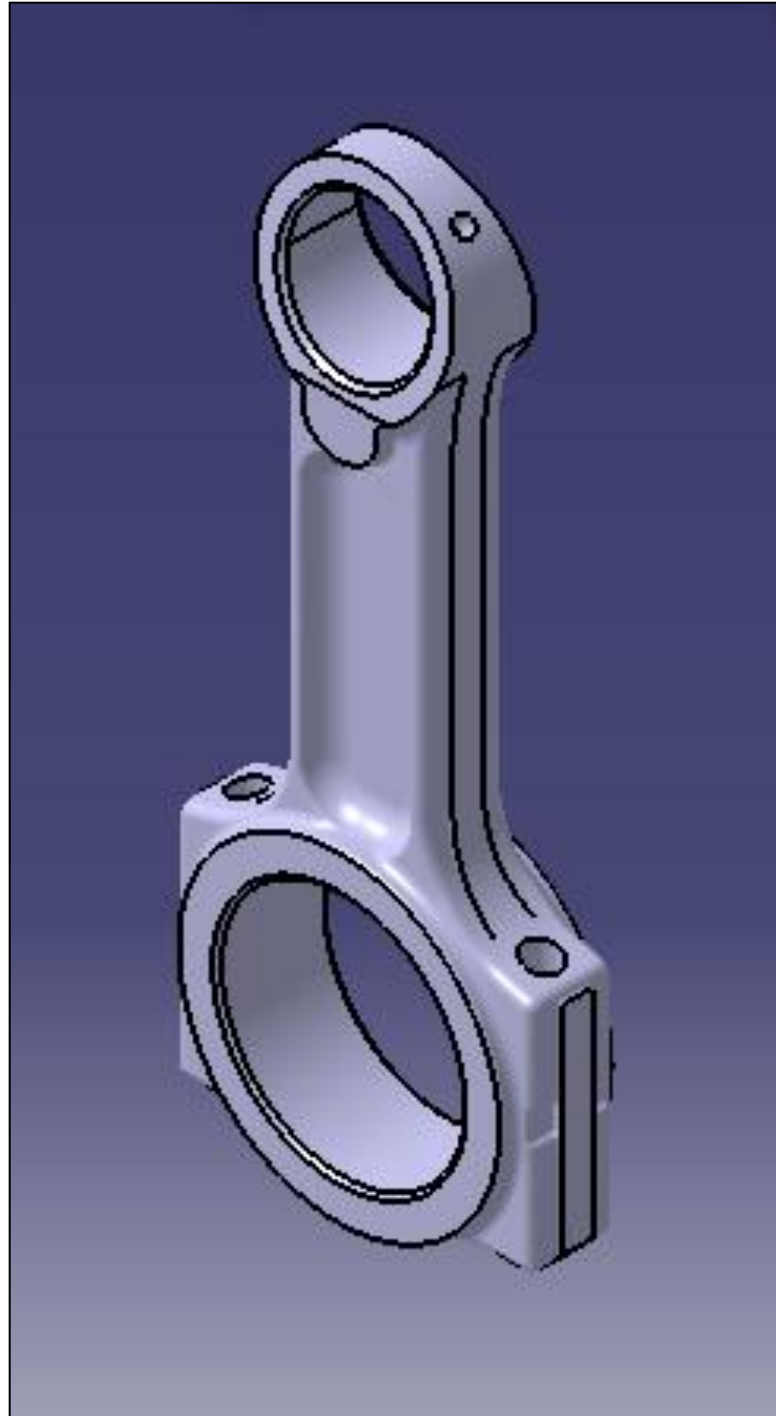


Imagen 27. Diseño CAD final de la biela.

f. Cálculo de presiones en el pistón.

Uno de los factores más influyentes en el diseño de nuestra biela, va a ser los esfuerzos a los que está sometida. Las fuerzas que van a solicitar a nuestra pieza son principalmente de 2 tipos diferentes: la fuerza de combustión, que es la que provoca el movimiento de todo el sistema y las fuerzas de inercia debidas a dicho movimiento y a las masas de nuestro mecanismo. En este cálculo se desprecian las fuerzas de rozamiento entre pistón-cilindro, por ser mucho menores que las mencionadas, con el objetivo de facilitar el proceso operacional.

En primer lugar, vamos a proceder a hacer los cálculos de la fuerza de combustión. La reacción química de la mezcla aire y combustible, en nuestro caso diesel, se produce dentro del cilindro, en el volumen que denominamos cámara de combustión. Como hemos dicho antes, a los motores diesel se les denomina técnicamente motores de encendido por compresión. El comienzo de la combustión se produce de la siguiente manera (*ver Imagen 28*):

- ✓ El fluido admitido en el cilindro es sólo aire sin combustible.
- ✓ Al final de la carrera de compresión, se inyecta en el cilindro el combustible y debida a las altas temperaturas y presiones el combustible se autoinflama.
- ✓ El frente de llama se sitúa donde su velocidad iguala a la de la mezcla de aire y combustible.

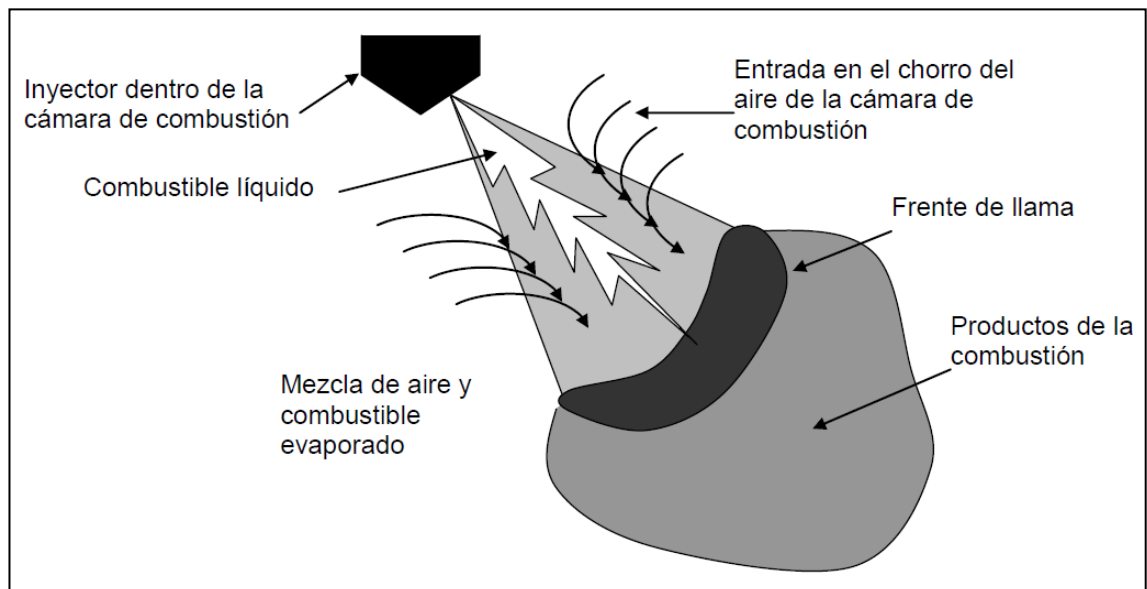


Imagen 28. Proceso de combustión de un MEC.

De esta manera, se genera una fuerza que provoca el movimiento del mecanismo biela-manivela, cuyo resultado final es un movimiento rotativo que

terminará moviendo las ruedas de nuestro vehículo y provocando el desplazamiento de este.

Para que el movimiento del vehículo se prolongue en el tiempo, debemos realizar esta combustión una y otra vez, por tanto, necesitamos un ciclo en el que además de introducir aire y combustible para quemarlo, podamos expulsar los productos de la combustión y volver a empezar el proceso. Además como hemos visto en el apartado 3.a, el pistón va a recorrer el cilindro de arriba abajo, de manera que el volumen y las presiones dentro del cilindro van a ir variando durante dicho proceso. Debemos por tanto estudiar cuál es el ciclo que se lleva a cabo y obtener de ese estudio las presiones que se producen en el pistón a lo largo de él. Además en nuestro caso tenemos un motor de 4 tiempos, de manera que un ciclo completo va a significar un giro de 720° del cigüeñal.

En primer lugar, realizaremos un estudio del ciclo diesel teórico o idealizado para hacernos una idea inicial del proceso. Se muestra en la *Imagen 29*.

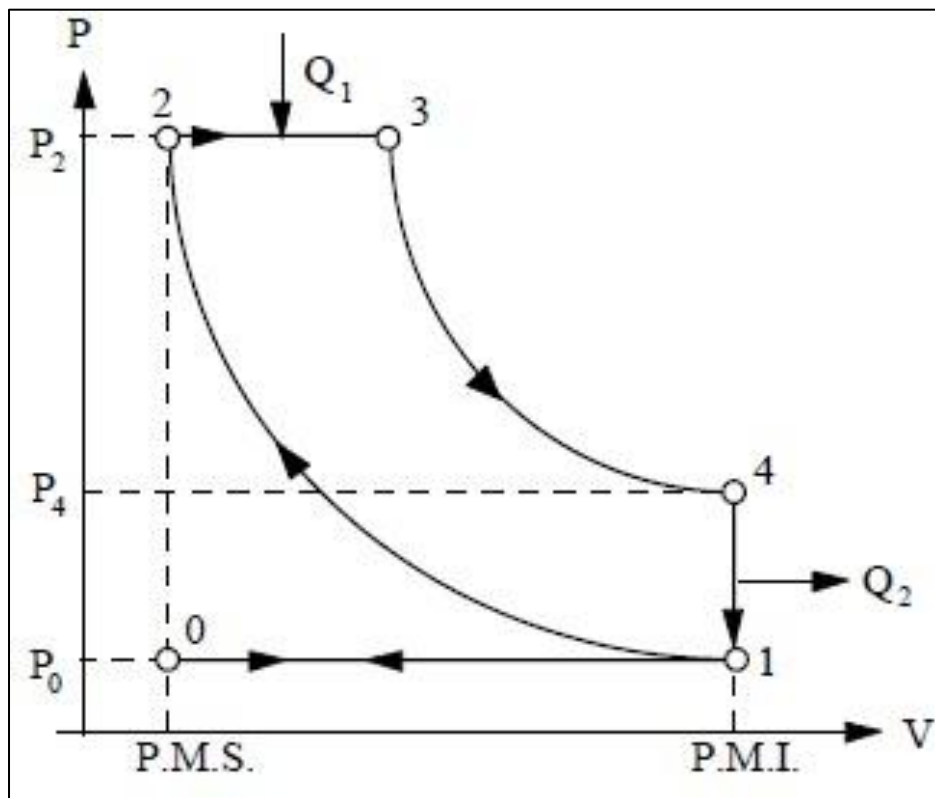


Imagen 29. Diagrama P-V ciclo Diesel.

Como podemos observar es una representación de presión frente a volumen, que tiene lugar dentro de la cámara de combustión.

A continuación se explica en qué consiste cada fase:

0-1 Admisión: En este primer tiempo, el pistón efectúa su primera carrera o desplazamiento desde el PMS al PMI, aspirando sólo aire de la atmósfera. Este aire está debidamente purificado a través del filtro de aire. Una vez filtrado, pasa por el colector y la válvula de admisión, que se supone se abre instantáneamente y que permanece abierta, con objeto de llenar todo el volumen del cilindro. Durante este tiempo, la muñequilla del cigüeñal gira 180° . Al llegar al PMI se supone que la válvula de admisión se cierra instantáneamente.

En este ciclo teórico, estamos suponiendo además de la apertura y cierre instantáneo de las válvulas, que el cilindro se llena completamente de aire y que éste circula sin rozamiento por los conductos de admisión. Con estas consideraciones, podemos representar esta fase con una isóbara ($P=cte$).

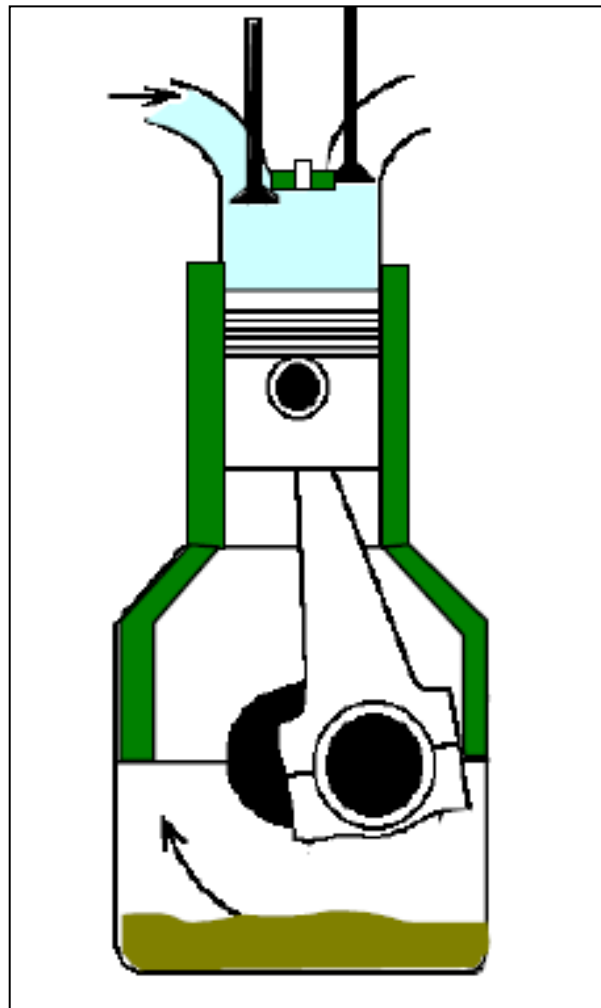


Imagen 30. Carrera de admisión.



1-2 Compresión: En este segundo tiempo y con las dos válvulas completamente cerradas, el pistón comprime el aire a gran presión, quedando sólo aire alojado en la cámara de combustión. La muñequilla del cigüeñal gira otros 180° y completa la primera vuelta del árbol motor.

La suposición que hacemos en este caso, para el ciclo ideal, es que la compresión se realiza tan rápido que no se produce una pérdida de calor durante la misma, por tanto podemos decir que es un proceso adiabático. La temperatura alcanzada al finalizar la carrera, es aproximadamente de 600°C provocando así la autoinflamación de la mezcla.

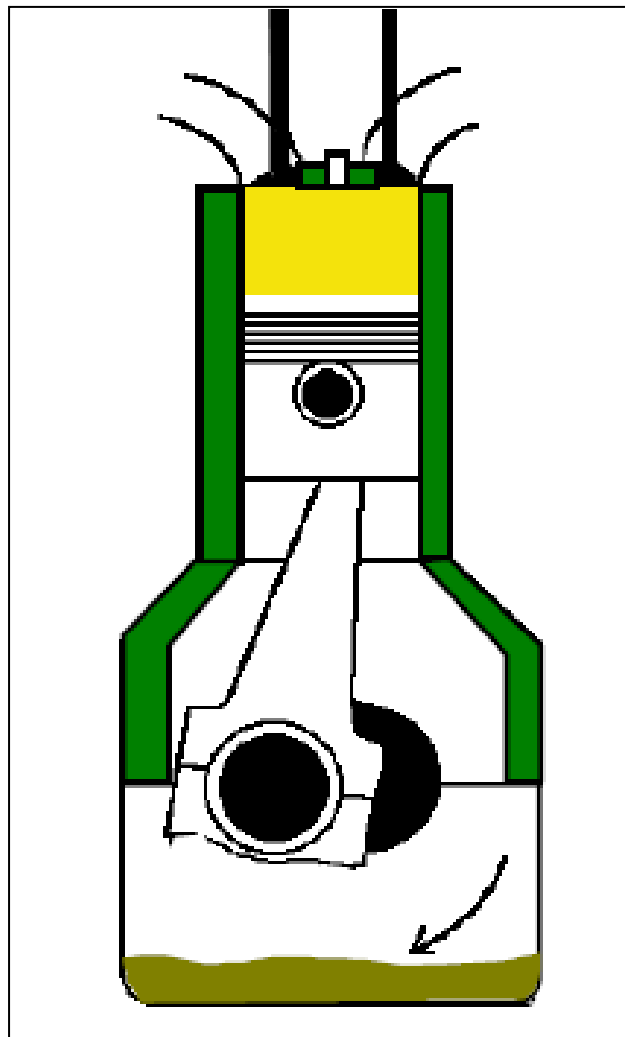


Imagen 31. Carrera de compresión.

2-4 Combustión + Expansión: Al final de la compresión, con el pistón en el PMS, se inyecta el combustible en el interior del cilindro, en una cantidad que es regulada por la bomba de inyección. Como la presión en el interior del cilindro es muy elevada, para que el combustible pueda entrar, la inyección debe realizarse a una presión superior, entre 200 y 300 bares. El combustible, que debido a la alta presión de inyección sale finalmente pulverizado, se inflama en contacto con el aire caliente, produciéndose la combustión del mismo (2-3). A continuación se realiza el desplazamiento del pistón hacia el PMI (3-4). En esta carrera, el pistón efectúa su tercer recorrido y la muñequilla del cigüeñal gira otros 180°.

Se considerará para el ciclo ideal, que el aumento de volumen y la consiguiente pérdida de presión al descender el pistón durante la inyección, se compensa con la combustión progresiva que sufre el combustible al entrar en el cilindro. Por tanto la fase de inyección y combustión es isóbara. Para la expansión se sigue el mismo razonamiento que en la compresión.

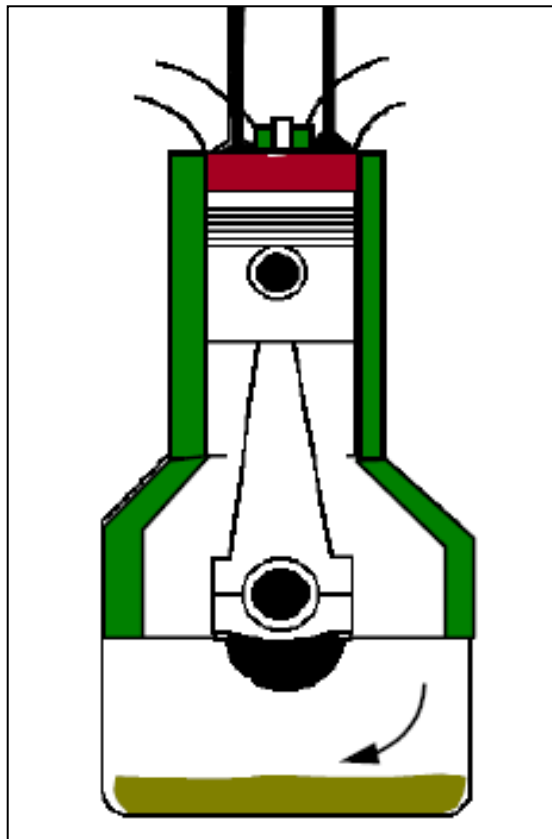


Imagen 32. Carrera de expansión.



4-0 Escape: Durante este cuarto tiempo, se supone que la válvula de escape se abre instantáneamente y permanece abierta. El pistón, durante su recorrido ascendente, expulsa a la atmósfera los gases remanentes que no han salido, efectuando el barrido de gases quemados lanzándolos al exterior. La muñequilla del cigüeñal efectúa otro giro de 180° , completando las dos vueltas del árbol motor que corresponde al ciclo completo de trabajo. Termodinámicamente, este proceso se puede dividir en 2 fases. La primera va desde el punto 4 al 1 y se supone isócara, considerando que la válvula de escape se abre de manera instantánea y los gases quemados salen tan rápido al exterior que el pistón no se mueve. La presión en el cilindro baja hasta la presión atmosférica y una cantidad de calor no transformado en trabajo es cedido a la atmósfera. En la segunda fase (1-0) los gases residuales son expulsados sin rozamiento por el movimiento del pistón y la válvula de escape se cierra instantáneamente definiendo un proceso isóbaro.

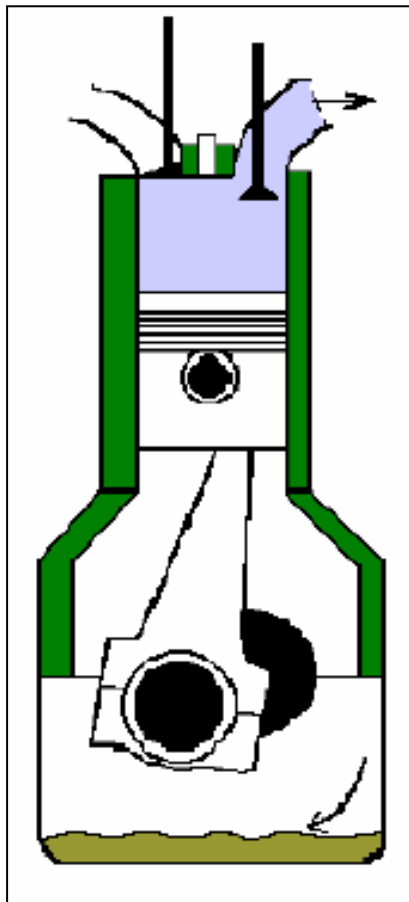


Imagen 33. Carrera de escape.

Hasta ahora, hemos visto una representación idealizada del comportamiento de la presión en el pistón. Sin embargo, en la realidad, existen algunos fenómenos que van a modificar dicha representación. En la *Imagen 34*, se muestra una comparativa entre los dos procesos.

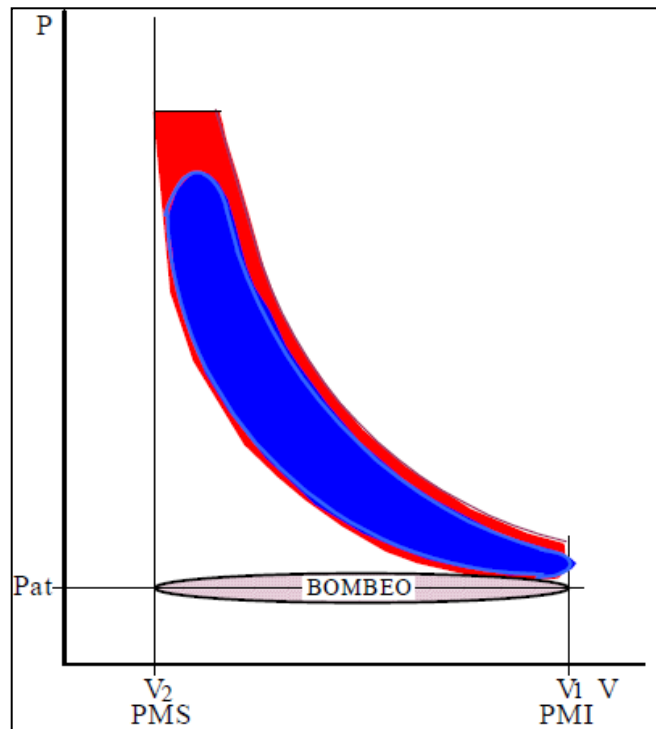


Imagen 34. Ciclo teórico vs ciclo real.

Las diferencias que surgen entre ambas representaciones se deben a los siguientes motivos:

- ✓ **Pérdidas de calor:** Debidas a la refrigeración del cilindro para mejorar el funcionamiento del pistón. Esto provoca que el proceso de compresión y expansión no es adiabático como se había supuesto, sino politrópico.
- ✓ **Tiempo de apertura y cierre de válvulas:** En el ciclo ideal se había supuesto que eran instantáneos, lo cuál es físicamente imposible. Para mejorar los procesos de vaciado y llenado se adelantan las aperturas, lo que provoca una pérdida de trabajo útil.
- ✓ **Combustión no instantánea:** Como la combustión dura un cierto tiempo, se adelanta el encendido con el objetivo de dicha reacción se produzca siempre lo más cerca posible del PMS. Esto provoca un redondeo de la isócara del ciclo ideal.
- ✓ **Pérdidas por bombeo:** Debidas a la pérdida de carga que sufren los gases en la admisión y el escape.

Conocido lo anterior, cabe destacar que las mayores diferencias las provoca el tiempo de llenado y vaciado de los gases, además del involucrado en la combustión. Para minimizar estas pérdidas, se realizan una serie de reglajes que las optimizan.

Centrándonos ahora en nuestro trabajo, necesitamos obtener las presiones en el pistón en cada instante. El volumen de la cámara de combustión, está directamente relacionado con la posición de éste en su recorrido y por consiguiente con el ángulo α de giro del cigüeñal. Por tanto necesitamos obtener expresiones que nos definan las presiones en función de dicho ángulo.

Para hacer este cálculo, hemos utilizado un software de AVL llamado "Boost". Este programa nos permite configurar los parámetros característicos de nuestro motor, calculando infinidad de curvas representativas. En este caso, nosotros vamos a simular un motor monocilíndrico, **asumiendo que el comportamiento de los 4 cilindros es uniforme**. Recordamos para ello los objetivos a alcanzar por nuestro motor, que fueron mencionados en el apartado 4.b:

Tipo de motor: $z=4$ cilindros en línea
Cilindrada total (V_t): 1461 cm^3
Diámetro del pistón: 76 mm
Potencia máxima: 81 kW (110 CV) a 4000 rpm

Por tanto, vamos a simular un motor con una cilindrada unitaria de 365,25 cm^3 , que alcance una potencia máxima de 20 kW a 4000 rpm. Además al ser un motor diesel, se fija un máximo de 5000 rpm en su funcionamiento y una presión máxima aproximada de 180 bar. Esta simulación, se llevará a cabo a distintos regímenes de giro, teniendo en cuenta que tendremos que añadir posteriormente a nuestro estudio las fuerzas de inercia, que crecen a medida que crece la velocidad angular.

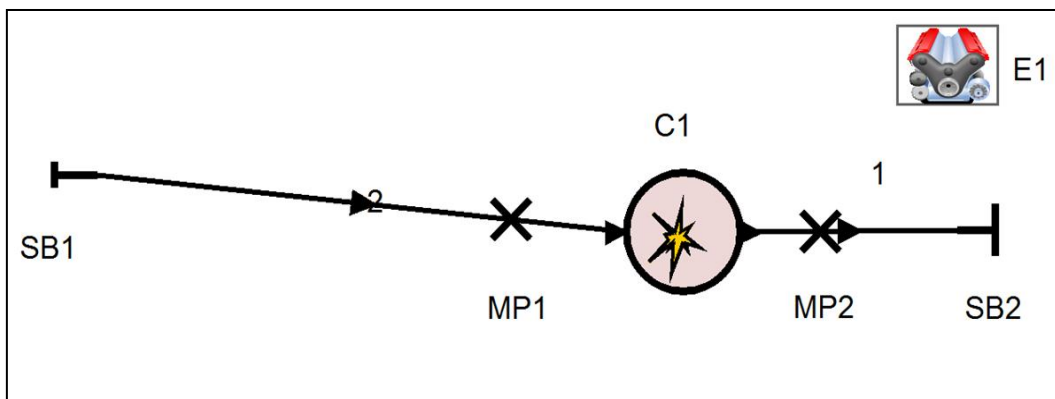


Imagen 35. Simulación motor monocilíndrico en Boost.

La curva de potencia del motor simulado en Boost es la siguiente:

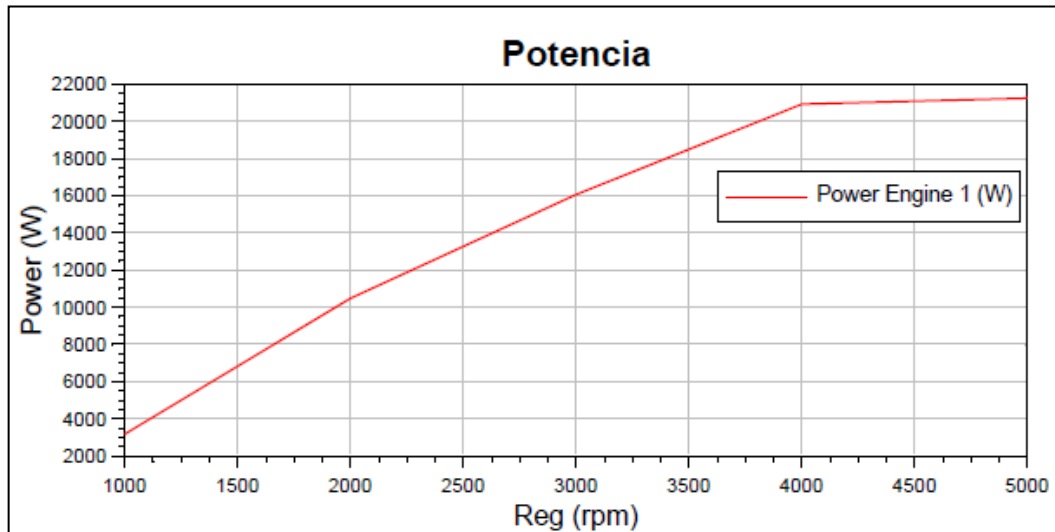


Imagen 36. Curva de potencia en función del régimen.

Como vemos, tenemos una potencia máxima aproximada de 20kW a 4000 rpm. A partir de ahí, lo que se hace en los motores es limitar esa potencia disminuyendo el dosado relativo, para no sobrepasarla al someter al motor a un régimen mayor.

El motor que queremos construir tiene 4 cilindros, por lo tanto cada uno da una potencia de 20kW, siempre bajo la hipótesis de que los 4 se comportan de la misma manera.

Con este procedimiento, obtenemos la siguiente curva de presiones en función del giro del cigüeñal, para los diferentes regímenes:

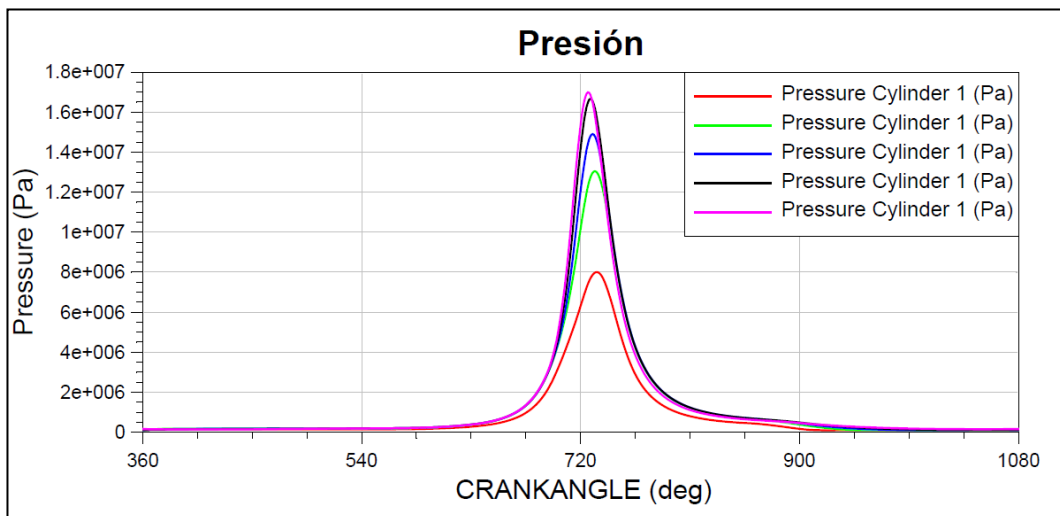


Imagen 37. Curva de presiones en el pistón obtenida en Boost.

Como vemos, el programa comienza simulando en la fase de combustión. Como a nosotros nos interesa comenzar el estudio en la admisión, tomaremos los datos a partir de 360° . Además de esta manera, eliminamos los datos correspondientes al tiempo que tarda en estabilizarse la velocidad angular.

Estos datos son recogidos en un Excel, con el objetivo de obtener unas expresiones representativas, que puedan ser simuladas posteriormente en un estudio cinemático y dinámico. El primer paso, es crear la curva de presiones, que será igual que la de Boost.

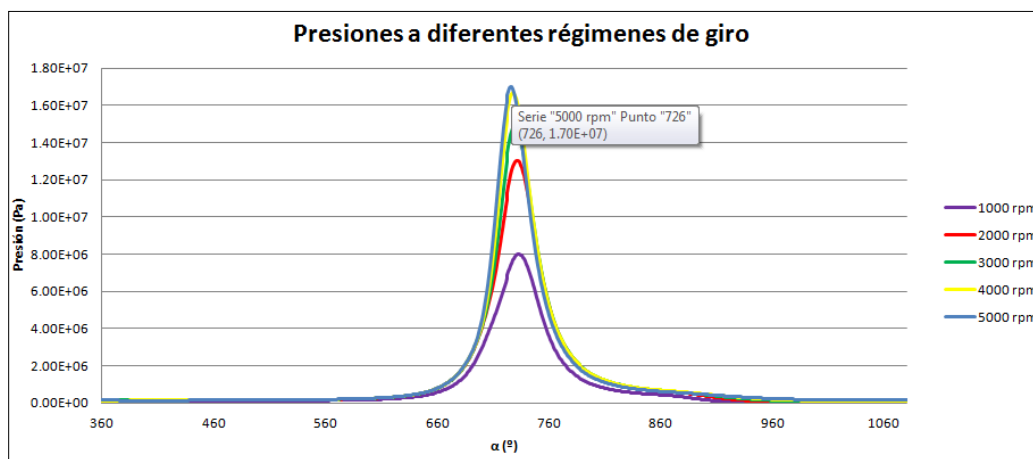


Imagen 38. Curva de presiones en el pistón obtenida en Excel.

En este gráfico podemos observar en primer lugar, cómo la mayor presión no se produce en el PMS (720°) sino a 726° , como resultado de los reglajes que optimizan el proceso. Además estos reglajes van variando en función del régimen de giro, ya que el tiempo de ciclo es más corto cuantas más revoluciones por minuto tenemos.

Vamos a identificar también las distintas fases del ciclo, sobre una representación de este tipo. En este caso se ha usado la curva a 1000 rpm, siendo extrapolable a cualquier otra.

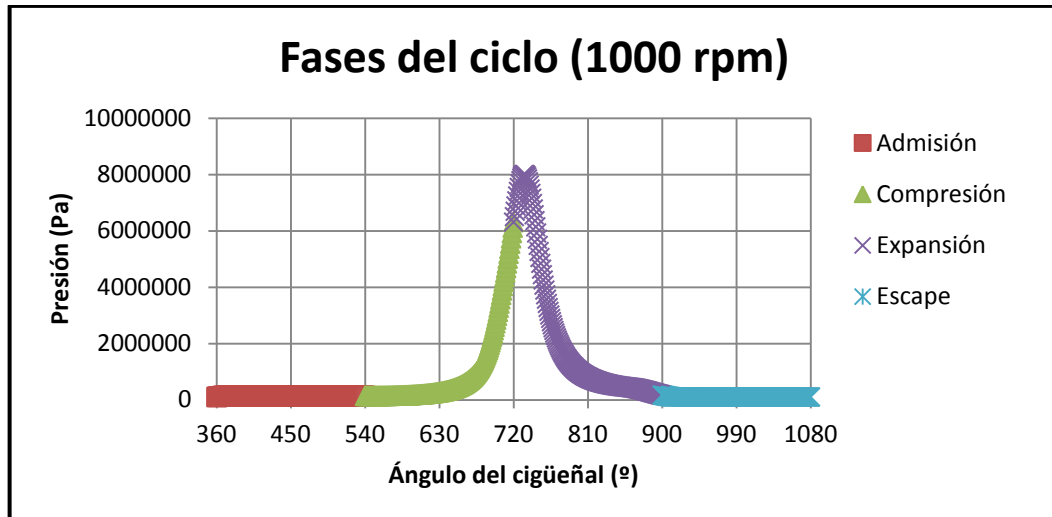


Imagen 39. Identificación de fases en un gráfico P vs alpha.

El primer paso, va a ser pasar las presiones a fuerzas a través del área del pistón, ya que el programa de cálculos cinemáticos sólo simula fuerzas.

Una vez obtenidas las curvas, el siguiente paso va a ser discretizarlas, de manera que obtengamos una serie de expresiones que representen dichas curvas con una aproximación razonable. Para ello utilizamos la interpolación polinómica de Excel. Se va a describir paso por paso este proceso para 5000 rpm, siendo aplicable para el resto de curvas.

Se trata de dividir la curva de presión en tantos tramos como sea necesario, hasta conseguir que cada uno de ellos esté representado por una ecuación con una aproximación razonablemente buena. En este caso se han tomado 8 tramos:

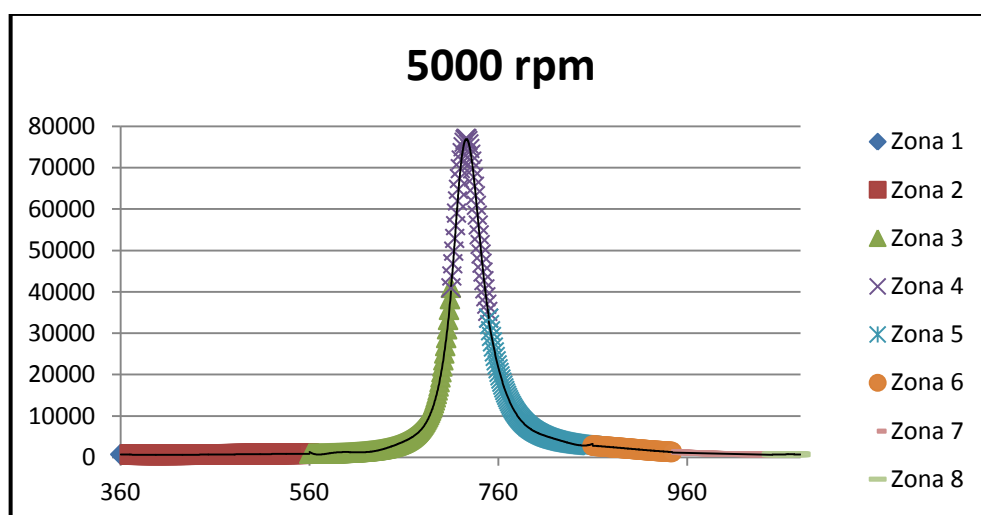


Imagen 40. Discretización de la curva.



En la *Imagen 41* se muestran los 4 primeros tramos de discretización:

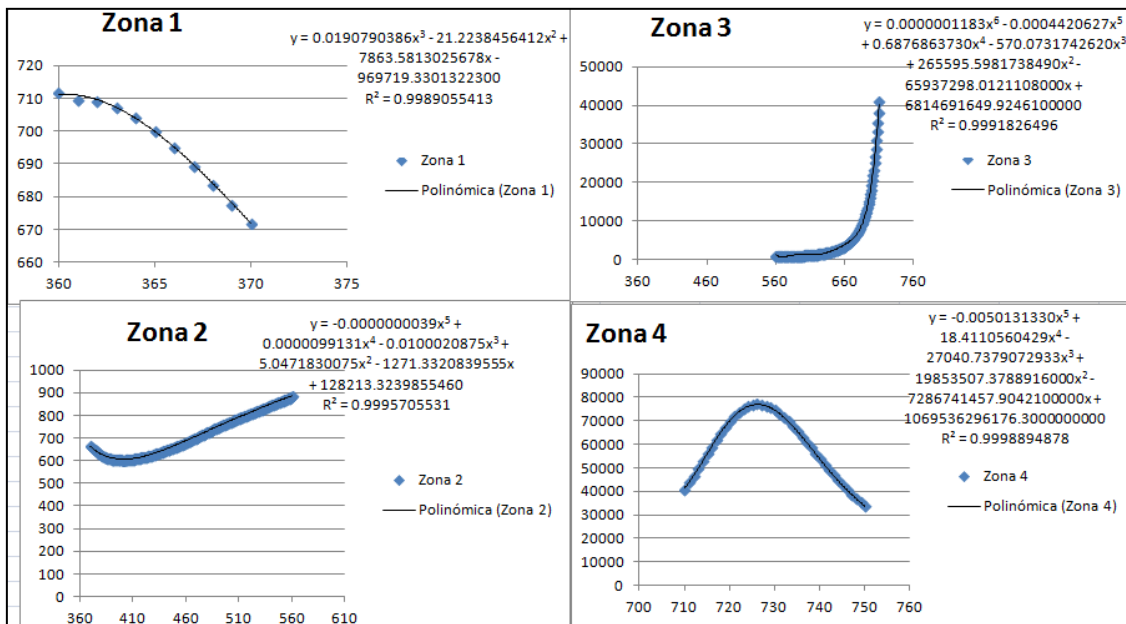


Imagen 41. Discretización de la curva. Tramos 1 al 4.

Para cada tramo, tenemos una expresión polinómica que la define y un factor R^2 que nos dice cuánto difiere de la curva real. Este factor tiene un rango entre 0 y 1, dónde nosotros vamos a elegir para nuestra discretización un valor mínimo de 0.99 siempre que sea posible. En este caso, se han realizado un total de 8 tramos para la división completa de nuestra curva. El resto se muestran en la *Imagen 42*.

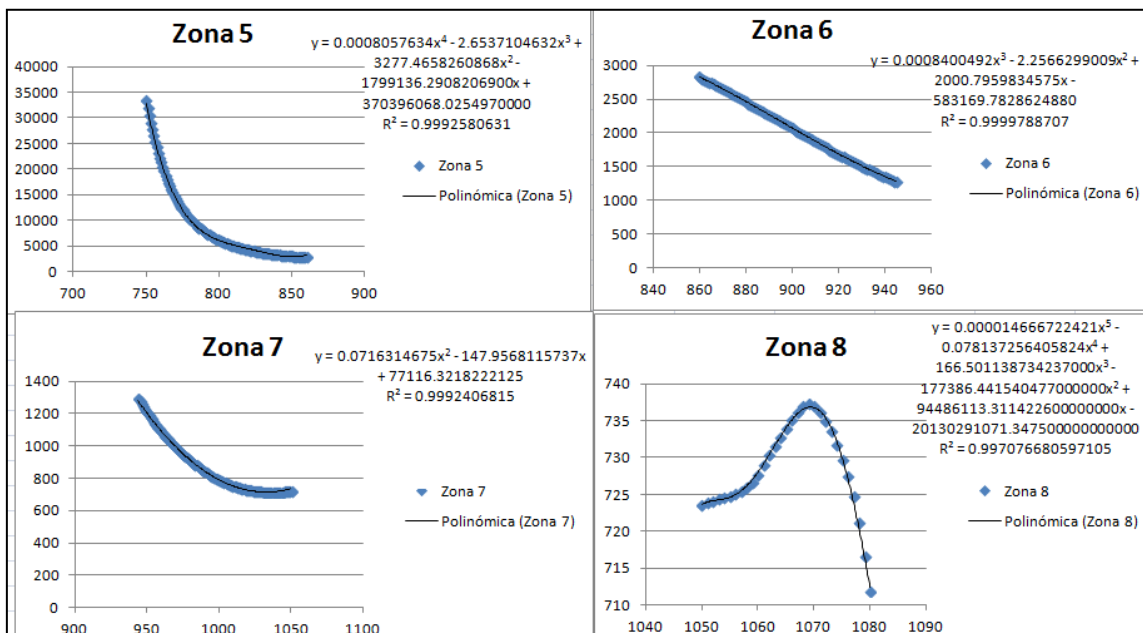


Imagen 42. Discretización de la curva. Tramos 5 al 8.

Los ángulos para los que se ha definido cada tramo son:

Tramo 1 → 360°-370°

Tramo 2 → 370°-560°

Tramo 3 → 560°-710°

Tramo 4 → 710°-750°

Tramo 5 → 750°-860°

Tramo 6 → 860°-944°

Tramo 7 → 944°-1050°

Tramo 8 → 1050°-1080°

De esta manera, ya podemos programar nuestra curva de presiones de combustión en el pistón, en cualquier programa de cálculo de análisis cinemático y dinámico.



Siguiendo el mismo procedimiento, se obtienen las siguientes expresiones para el resto de regímenes de giro:

✓ **1000 rpm (9 tramos):**

- Tramo 1 ($R^2 = 0.9998$) → 360°-370°

$$y = -0.2331421336x^3 + 254.7873641493x^2 - 92791.5477794892x + 11262451.8100461000$$

- Tramo 2 ($R^2 = 0.9949$) → 370°-560°

$$y = 0.000000001157638x^5 - 0.000002626823982x^4 + 0.002370030829065x^3 - 1.062798088692000x^2 + 236.962938684796000x - 20401.363707282600000$$

- Tramo 3 ($R^2 = 0.9992$) → 560°-680°

$$y = 0.0000863714x^4 - 0.2073634378x^3 + 186.7126802302x^2 - 74717.6624390517x + 11211645.3084167000$$

- Tramo 4 ($R^2 = 0.9989$) → 680°-760°

$$y = 0.000003892487815x^6 - 0.016549218291538x^5 + 29.303038850909100x^4 - 27659.7129220939x^3 + 14679499.3726142x^2 - 4153215844.3587x + 489398135306.419$$

- Tramo 5 ($R^2 = 0.9996$) → 760°-860°

$$y = 0.0004309954x^4 - 1.4276640118x^3 + 1773.6518531771x^2 - 979499.1181476670x + 202894774.2026180000$$

- Tramo 6 ($R^2 = 0.9999$) → 860°-916°

$$y = 0.0123131352x^3 - 32.7494432654x^2 + 28997.1635870568x - 8545909.9482512400$$

- Tramo 7 ($R^2 = 0.3479$) → 916°-944°

$$y = -0.0000811528x^4 + 0.3025744294x^3 - 423.0376586492x^2 + 262863.4096527810x - 61248592.6777313000$$

- Tramo 8 ($R^2 = 0.9966$) → 944°-1045°

$$y = 0.0404037885x + 416.0451234277$$

- Tramo 9 ($R^2 = 0.9725$) → 1045°-1080°

$$y = -0.0004476664x^3 + 1.4206998756x^2 - 1502.8420895789x + 530350.3207383970$$

✓ **2000 rpm (8 tramos):**

- Tramo 1 ($R^2 = 0.9978$) → 360°-384°

$$y = -0.0455829409x^3 + 50.3740195196x^2 - 18533.8598331964x + 2270892.0564018100$$

- Tramo 2 ($R^2 = 0.9989$) → 384°-560°

$$y = 0.000000002953266x^5 - 0.000006676461727x^4 + 0.005987427966691x^3 - 2.662000206345510x^2 + 587.054505424414000x - 50611.035227418400000$$

- Tramo 3 ($R^2 = 0.9978$) → 560°-700°

$$y = 0.0002614106x^4 - 0.6378131894x^3 + 583.2698530275x^2 - 236918.7250578960x + 36064128.9642881000$$

- Tramo 4 ($R^2 = 0.9989$) → 700°-770°

$$y = -0.000026200721257x^6 + 0.115099925855460x^5 - 210.601129323080000x^4 + 205437.641776619x^3 - 112682593.787889x^2 + 32950918421.9126x - 4013307782487.75$$

- Tramo 5 ($R^2 = 0.9998$) → 770°-860°

$$y = 0.0003927863x^4 - 1.3105968942x^3 + 1640.4071717938x^2 - 912878.1262021840x + 190588936.2943540000$$

- Tramo 6 ($R^2 = 0.9998$) → 860°-956°

$$y = 0.0040777463x^3 - 10.9514487888x^2 + 9765.2910487773x - 2889032.8228472900$$

- Tramo 7 ($R^2 = 0.9945$) → 956°-1045°

$$y = 0.1783479751x + 286.7495837817$$

- Tramo 8 ($R^2 = 0.9928$) → 1045°-1080°

$$y = 0.000003242165056x^5 - 0.017234990284324x^4 + 36.645318900515100x^3 - 38955.403895184600000x^2 + 20704218.830335800000000x - 4401310871.836920000000000$$



✓ **3000 rpm (9 tramos):**

- Tramo 1 ($R^2 = 0.9999$) → 360°-385°

$$y = -0.0221747230x^3 + 24.7893523510x^2 - 9223.0722892025x + 1142677.8763413$$

- Tramo 2 ($R^2 = 0.9994$) → 385°-545°

$$y = 0.000000008818850x^5 - 0.000019924189505x^4 + 0.017907181681220x^3 - 8.003613117078270x^2 + 1779.991277205190000x - 156964.205345466000000$$

- Tramo 3 ($R^2 = 0.9996$) → 545°-696°

$$y = 0.0000018132x^5 - 0.0054545161x^4 + 6.5591402218x^3 - 3940.9688107371x^2 + 1183039.4098496100x - 141939189.4210920000$$

- Tramo 4 ($R^2 = 0.9996$) → 696°-755°

$$y = -0.000062729069913x^6 + 0.274269009857715x^5 - 499.515361750904000x^4 + 485059.232358852x^3 - 264873217.182476x^2 + 77117811973.1271x - 9352650425560.84$$

- Tramo 5 ($R^2 = 0.9995$) → 755°-857°

$$y = 0.0007854799x^4 - 2.5896084249x^3 + 3201.9233204760x^2 - 1759824.3302853100x + 362782251.8117940000$$

- Tramo 6 ($R^2 = 0.9999$) → 857°-916°

$$y = 0.0022945383x^3 - 6.2052855107x^2 + 5561.8296688247x - 1650053.8225936700$$

- Tramo 7 ($R^2 = 0.9999$) → 916°-992°

$$y = -0.0000169489x^4 + 0.0650264721x^3 - 93.3143425547x^2 + 59348.2147127416x - 14110948.6437910000$$

- Tramo 8 ($R^2 = 0.9991$) → 992°-1048°

$$y = -0.0019321622x^2 + 4.3911618162x - 1979.6037721631$$

- Tramo 9 ($R^2 = 0.9968$) → 1048°-1080°

$$y = 0.000008762545503x^5 - 0.046609683945093x^4 + 99.165335882444000x^3 - 105485.217358273x^2 + 56101105.2490988x - 11934092945.4478$$

✓ **4000 rpm (8 tramos):**

- Tramo 1 ($R^2 = 0.9986$) → 360°-369°

$$y = 0.0065656532x^5 - 11.9757933309x^4 + 8737.3362058603x^3 - 3187220.6966320600x^2 + 581304234.6499530000x - 42407532659.5243000000$$

- Tramo 2 ($R^2 = 0.9959$) → 369°-560°

$$y = -0.0000010039x^4 + 0.0018819570x^3 - 1.3171713370x^2 + 409.3589678704x - 47079.3916742305$$

- Tramo 3 ($R^2 = 0.9975$) → 560°-700°

$$y = 0.0002270830x^4 - 0.5542753389x^3 + 507.0815313595x^2 - 206057.0963917310x + 31379593.3778115000$$

- Tramo 4 ($R^2 = 0.9997$) → 700°-755°

$$y = -0.0001068833x^6 + 0.4679207010x^5 - 853.3308771240x^4 + 829764.6826781830x^3 - 453741248.6266530000x^2 + 132298047930.7920000000x - 16068687533372.2000000000$$

- Tramo 5 ($R^2 = 0.9999$) → 755°-860°

$$y = -0.0000106100x^5 + 0.0437129887x^4 - 72.0405163264x^3 + 59365.5114838967x^2 - 24462133.9777243000x + 4032372243.4736600000$$

- Tramo 6 ($R^2 = 0.9999$) → 860°-944°

$$y = 0.0015728476x^3 - 4.2567823189x^2 + 3813.7879499743x - 1128758.1090280300$$

- Tramo 7 ($R^2 = 0.9995$) → 944°-1053°

$$y = -0.0005097690x^3 + 1.6290433176x^2 - 1733.0544358699x + 614360.7092196320$$

- Tramo 8 ($R^2 = 0.9984$) → 1053°-1080°

$$y = 0.0000194708x^5 - 0.1038739251x^4 + 221.6528487017x^3 - 236479.8337370980x^2 + 126144696.2462940000x - 26914605461.8538000000$$

g. Análisis cinemático y dinámico.

Como se mencionó al inicio del apartado 4.f, la naturaleza de las fuerzas que afectan a nuestra biela son fundamentalmente de 2 tipos, las de combustión y las de inercia. Una vez conocidas las fuerzas de combustión en el pistón, vamos a utilizar el programa Working Model, que nos va a ayudar en el cálculo del análisis cinemático y dinámico, integrando ya las fuerzas de inercia debidas a la masa de cada componente del mecanismo biela-manivela.

En primer lugar, debemos construir en este programa las 3 piezas principales del mecanismo, introduciendo las dimensiones que hemos calculado previamente. Además introduciremos las masas de cada una de las piezas e impondremos el régimen de giro. De esta manera, ya tenemos una simulación de nuestro mecanismo y podemos calcular las fuerzas aplicadas en la cabeza y el pie de la biela, para poder luego hacer un análisis de elementos finitos que nos defina los esfuerzos.

Las piezas construidas en Working Model son las siguientes:

- ✓ **Biela (mb = 0.54 kg)**

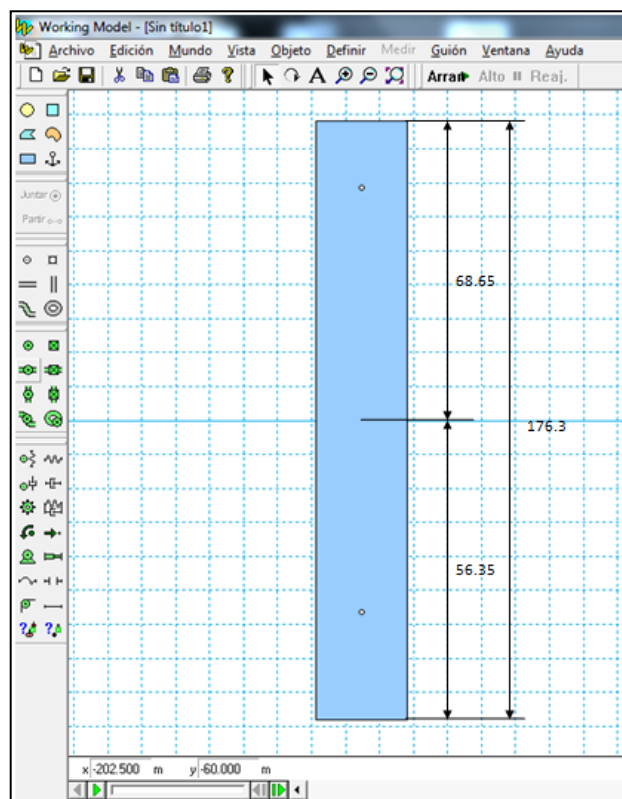


Imagen 43. Representación biela en WM.



- ✓ Cigüeñal ($mc = 10.2 \text{ kg} \rightarrow mc' = \frac{mc}{4} = 2.55 \text{ kg}$)

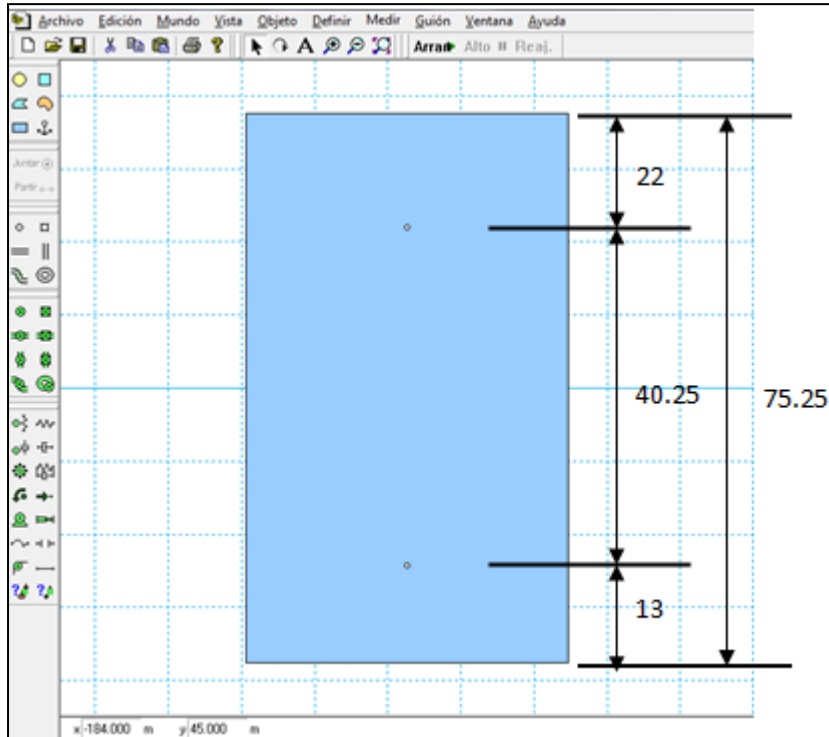


Imagen 44. Representación cigüeñal en WM.

- ✓ Pistón ($mp = 0.58 \text{ kg}$)

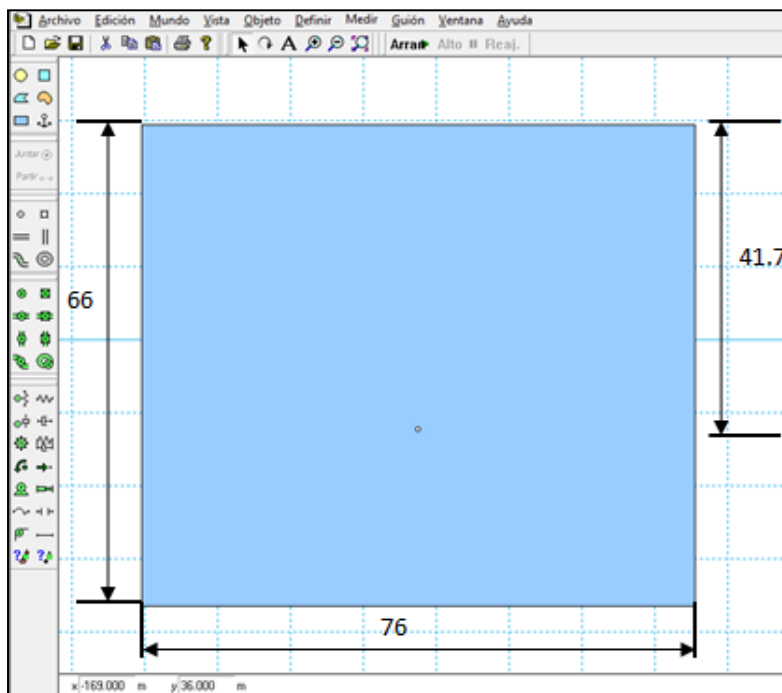


Imagen 45. Representación pistón en WM.

La masa de la biela se extrae directamente del modelo 3D de Catia, una vez que se le ha aplicado material. Para el pistón, tomaremos como referencia la masa actualmente en serie del denominado pistón equipado, que incluye el bulón, los cojinetes, etc. Por último para el pistón, como vamos a simular un motor monocilíndrico, se toma la masa del cigüeñal actualmente en serie y se divide entre 4.

Una vez construidas los 3 elementos mecánicos, procedemos a ensamblarlos. Además construiremos dos guías por donde se desplazará el pistón, a modo de cilindro e incluiremos un motor en el eje inferior del cigüeñal, dónde introduciremos el régimen de giro que queramos simular.

Hecho todo esto, nuestro modelo de Working Model es el siguiente:

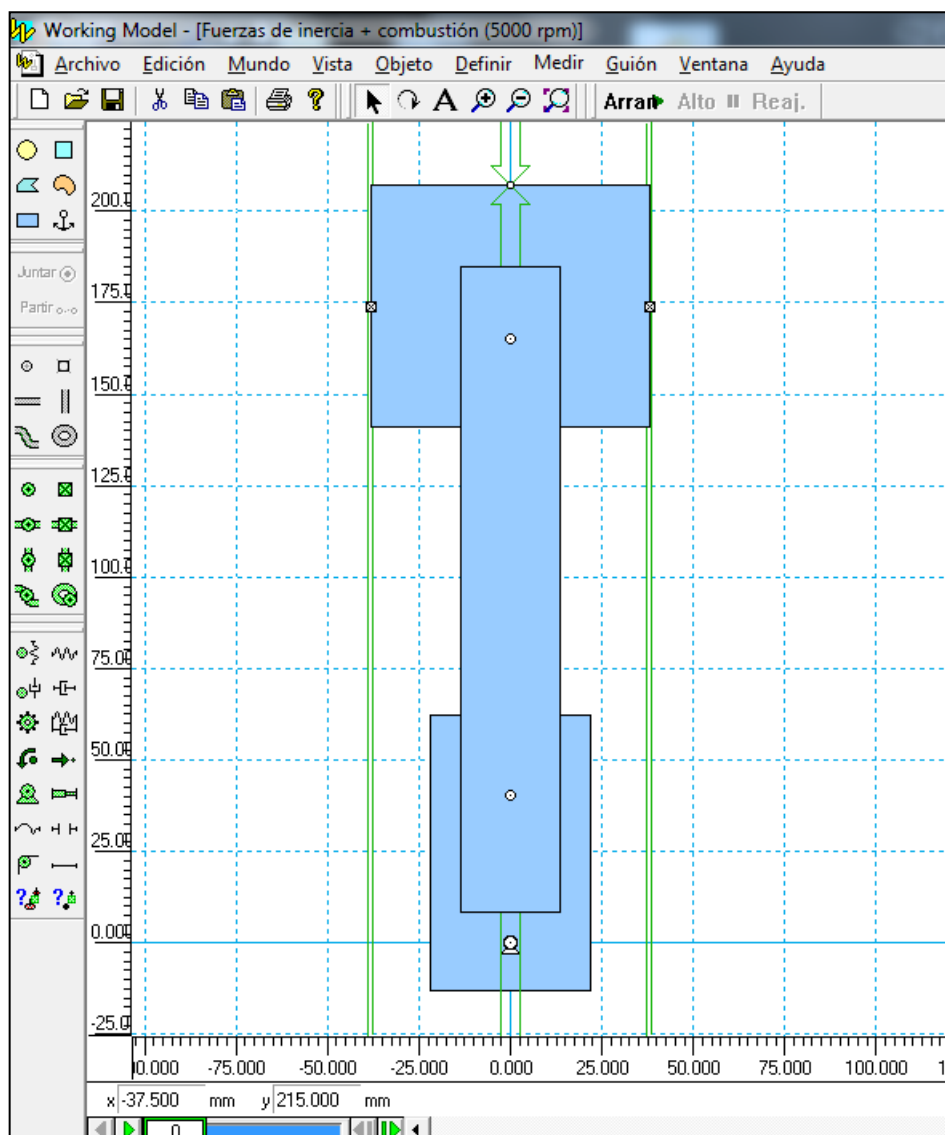


Imagen 46. Modelo mecanismo pistón-biela-cigüeñal en WM.

Una vez construido el modelo, debemos configurar una serie de parámetros del programa, además de las condiciones de contorno de nuestro problema para cada uno de los casos que se están estudiando.

✓ **Condiciones de contorno.**

Nos referíamos con condiciones de contorno a las fuerzas de combustión aplicadas en el pistón y al régimen de giro del motor. Nuestra simulación en Working Model, va a utilizar los datos obtenidos anteriormente por el Boost para dichas fuerzas, por tanto, debemos realizar la simulación para los regímenes de giro 1000, 2000, 3000, 4000 y 5000 rpm. Eso se configura en el motor que hemos introducido en la simulación:

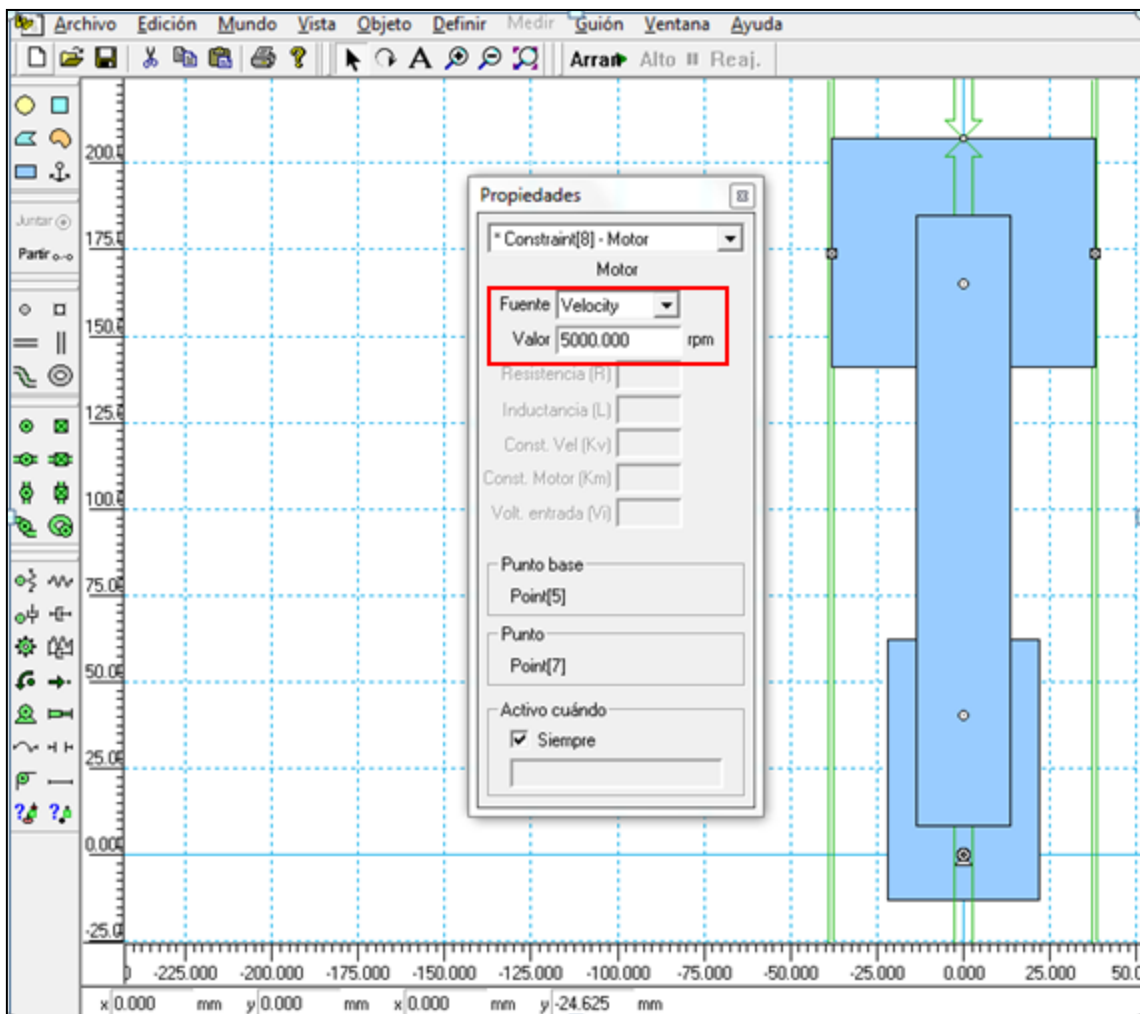


Imagen 47. Configuración del régimen de giro.

En la *Imagen 23* vemos el ejemplo para 5000 rpm, por tanto seguiremos con este caso concreto también para las fuerzas, siendo extrapolable a cualquier otro caso.

Una vez hemos forzado a que el régimen de giro sea constante, vamos a introducir las fuerzas de combustión. Para ello debemos programar en WM las expresiones obtenidas en el apartado 4.f, teniendo en cuenta los intervalos del ángulo del cigüeñal (α). Para realizar esto, debemos introducir una fuerza por cada intervalo y configurarla como se muestra a continuación:

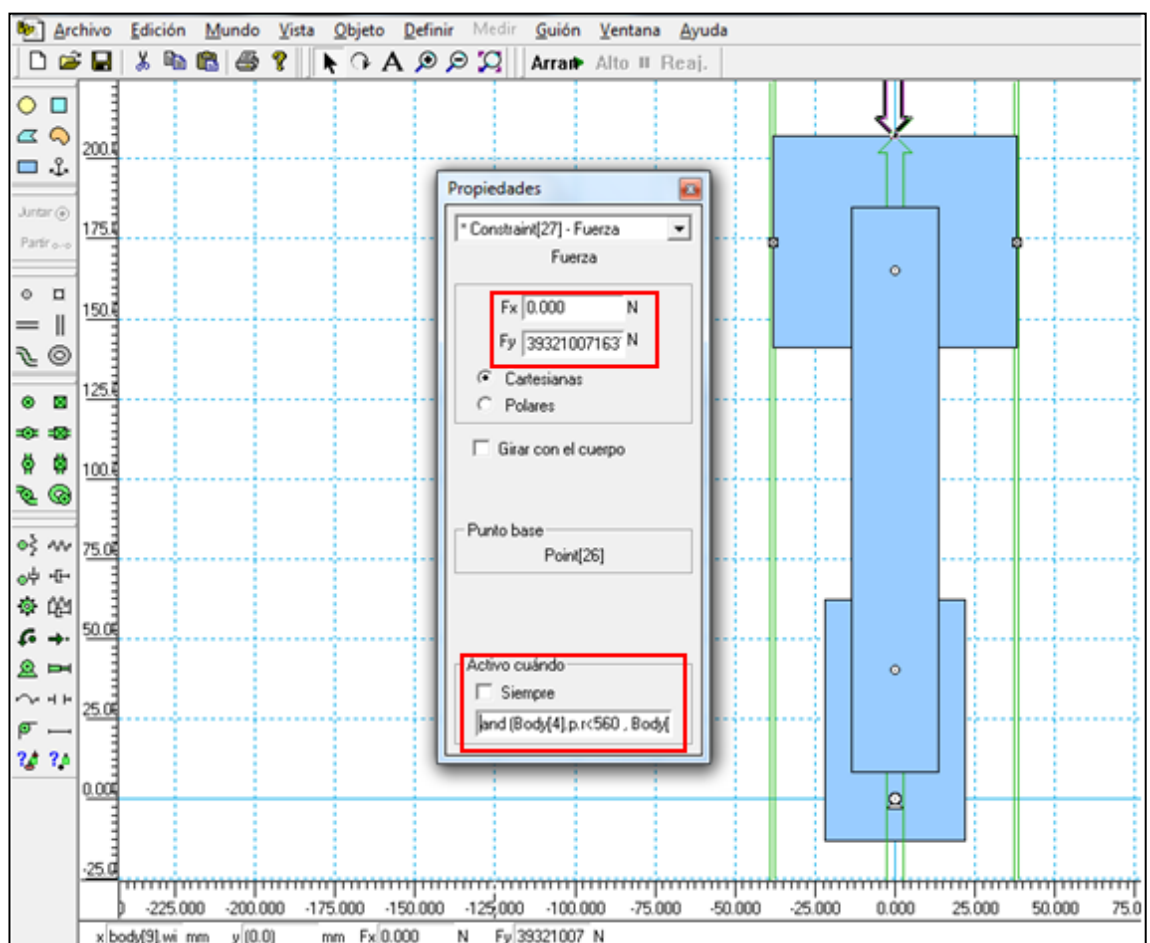


Imagen 48. Configuración de fuerza en WM.

En el cuadro superior, se introduce la expresión de la fuerza y en el inferior el intervalo de funcionamiento.



Se muestra un ejemplo de programación en WM extensible al resto de expresiones:

- 5000 rpm (Tramo 2, $320 < \alpha < 560$ °)

```
Fuerza → 393210071637*10^-20*Body[4].p.r^5-9913079302*10^-  
15*Body[4].p.r^4+0.0100020875*Body[4].p.r^3-  
5.0471830075*Body[4].p.r^2+1271.3320839555*Body[4].p.r-128213.323985546  
Ángulo de funcionamiento → and (Body[4].p.r<560 , Body[4].p.r>370)
```

Como podemos observar, el ángulo α se representa como Body[4].p.r

✓ **Parámetros de simulación.**

Además de definir las características de nuestro mecanismo, debemos configurar algunos parámetros del programa, para que los cálculos se hagan según nos convenga. Por ejemplo, hay que tener en cuenta que una vez hecha la simulación, vamos a extraer los datos en un Excel para analizarlos. Por tanto, debemos obtener unos resultados cómodos de manejar. Con este objetivo, vamos a definir la precisión de cálculo, para obtener un dato por cada grado de giro del cigüeñal.

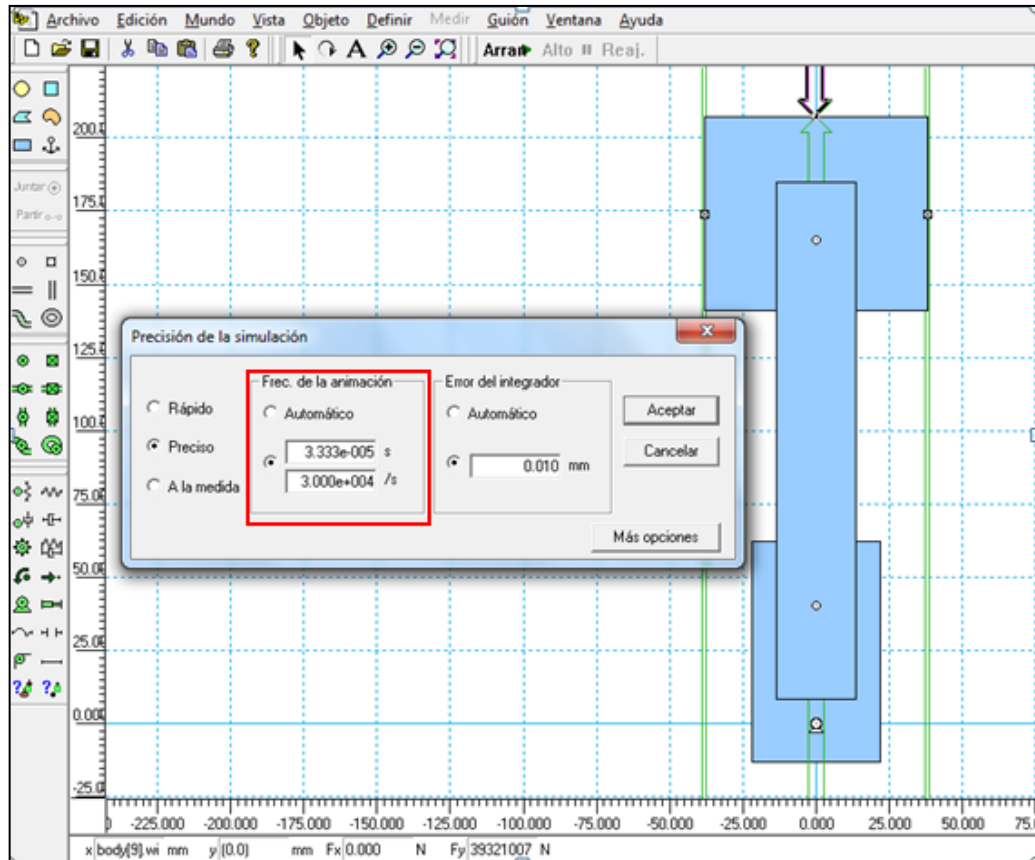


Imagen 49. Precisión de cálculo.

La *Imagen 49* muestra la frecuencia de la animación que hemos definido para 5000 rpm ($30000 \frac{\circ}{s}$). La forma de obtener este dato, es calcular cuántos grados gira el cigüeñal en un segundo. Para ello utilizamos la siguiente expresión:

$$n \text{ (rpm)} * \left(\frac{360^\circ}{1 \text{ rev}} \right) * \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right) = n \left(\frac{\circ}{s} \right)$$

Por tanto para cada régimen de giro utilizaremos una precisión diferente.

Además de controlar la frecuencia, debemos controlar la duración del cálculo. En nuestro caso, vamos a **suponer que todos los ciclos son iguales** y por tanto vamos a restringir el cálculo a la duración de un ciclo completo. Como hemos definido la admisión en 360° , vamos a parar la simulación en 1080° .

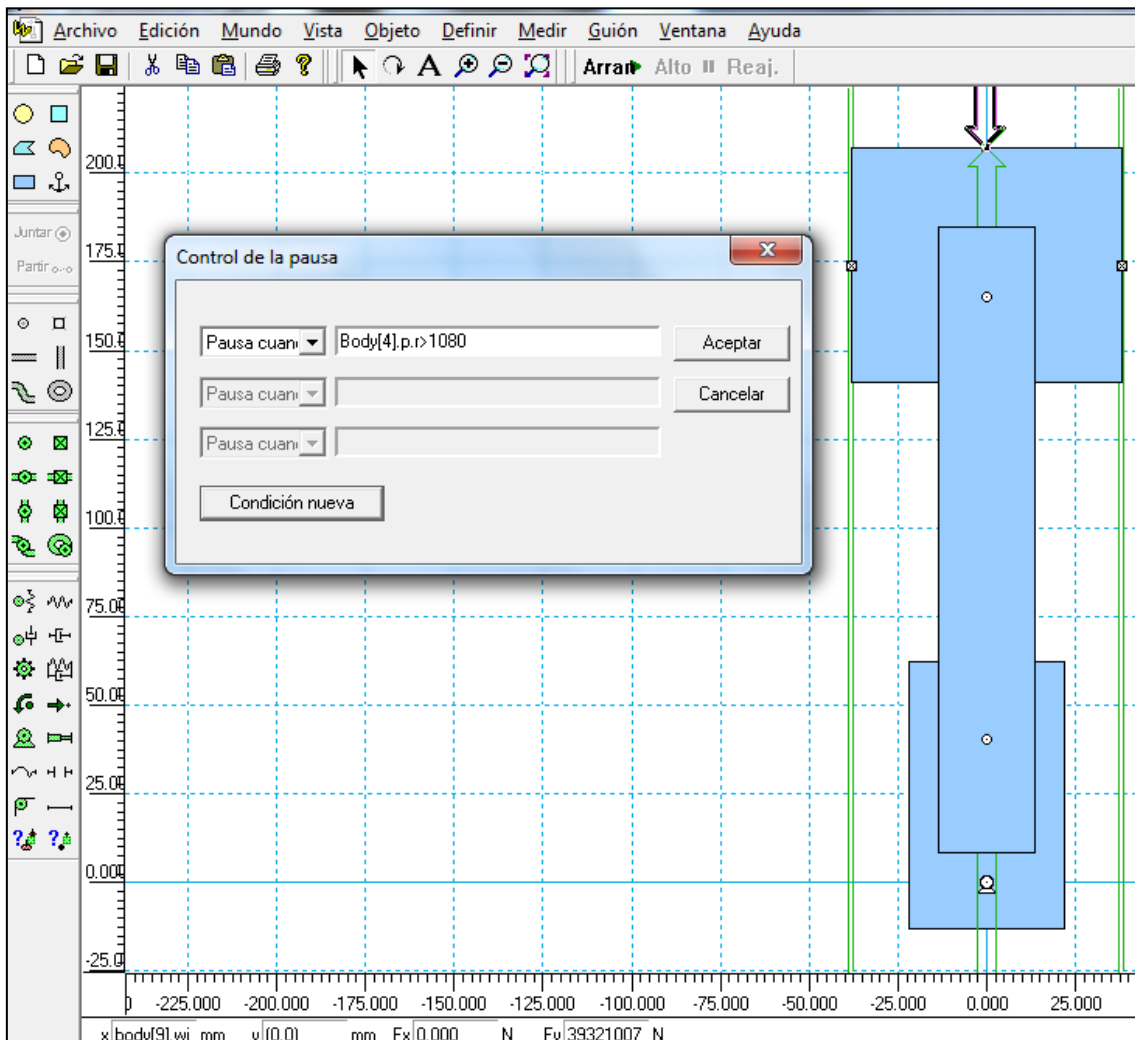


Imagen 50. Rango de simulación.

Una vez hecha la configuración y obtenidas las condiciones de contorno, debemos definir los resultados que queremos extraer de la simulación. En nuestro estudio, nos interesa obtener las fuerzas aplicadas sobre la cabeza y el pie de la biela, de manera que podamos obtener conclusiones de cuándo la biela está trabajando a compresión y cuando a tracción.

Por tanto, vamos a decirle a WM que mida las fuerzas en función del ángulo de giro del cigüeñal, en las clavijas de la biela, obteniendo para el caso de 5000 rpm los siguientes gráficos:

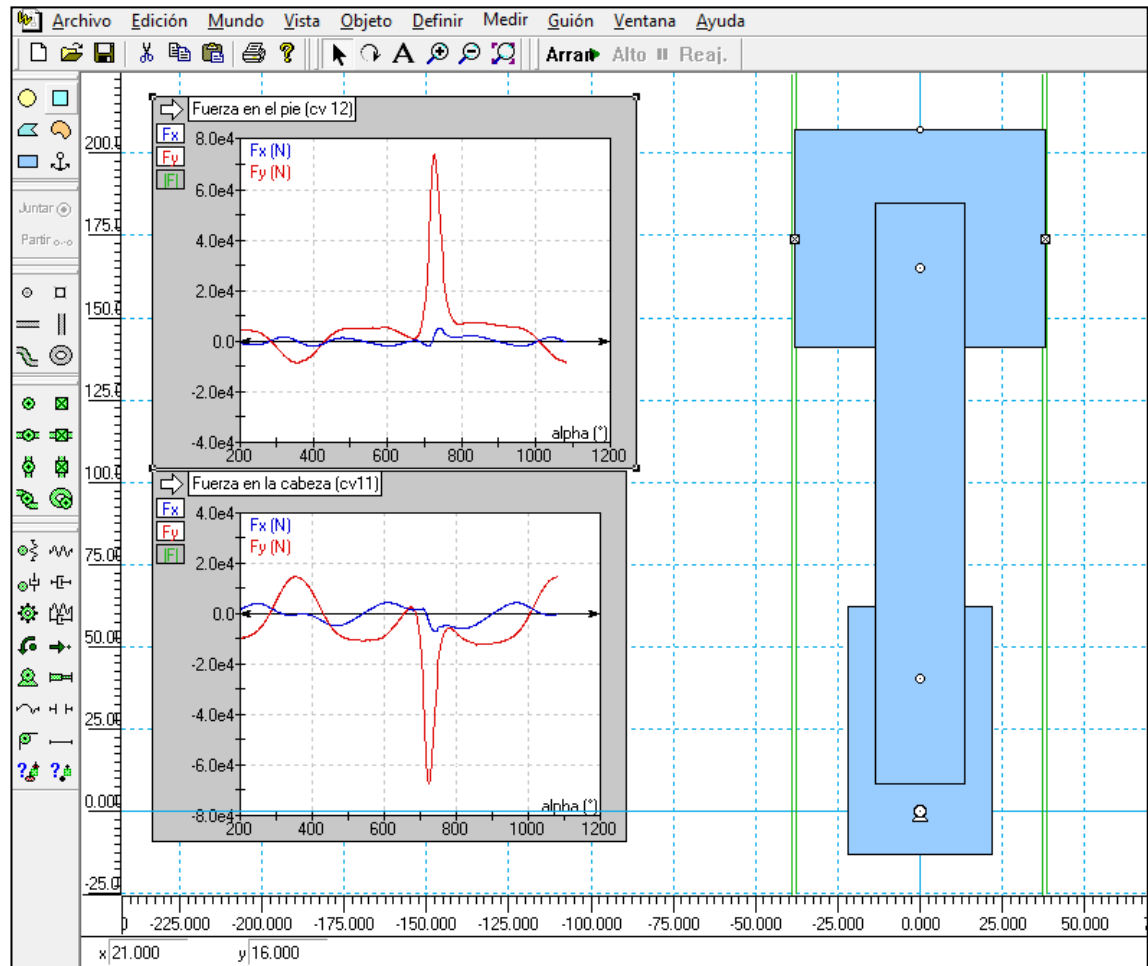


Imagen 51. Fuerzas en la cabeza y el pie a 5000 rpm.

Recordemos que en estos resultados ya están incluidas las fuerzas de inercia y vemos ya las fuerzas totales aplicadas sobre nuestra biela. Además, las gráficas anteriores representan las fuerzas sobre las clavijas, es decir, la fuerza aplicada por la biela sobre la unión. Por tanto, las fuerzas aplicadas sobre la biela son iguales y de sentido contrario.

✓ Análisis de resultados.

Debemos analizar ahora los 5 casos de regímenes de giro considerados e intentar decidir cuál es el caso más crítico en cuanto a sollicitaciones de nuestra biela. En las *Imágenes 28 y 29*, podemos ver a simple vista que las fuerzas a 4000 y 5000 rpm son superiores a las demás, sin embargo, entre ellas no es evidente la respuesta. Esto se debe a que por diseño del motor, hemos limitado la potencia



máxima a partir de 4000 rpm. Por tanto, en este caso las fuerzas de inercia cobran mayor importancia.

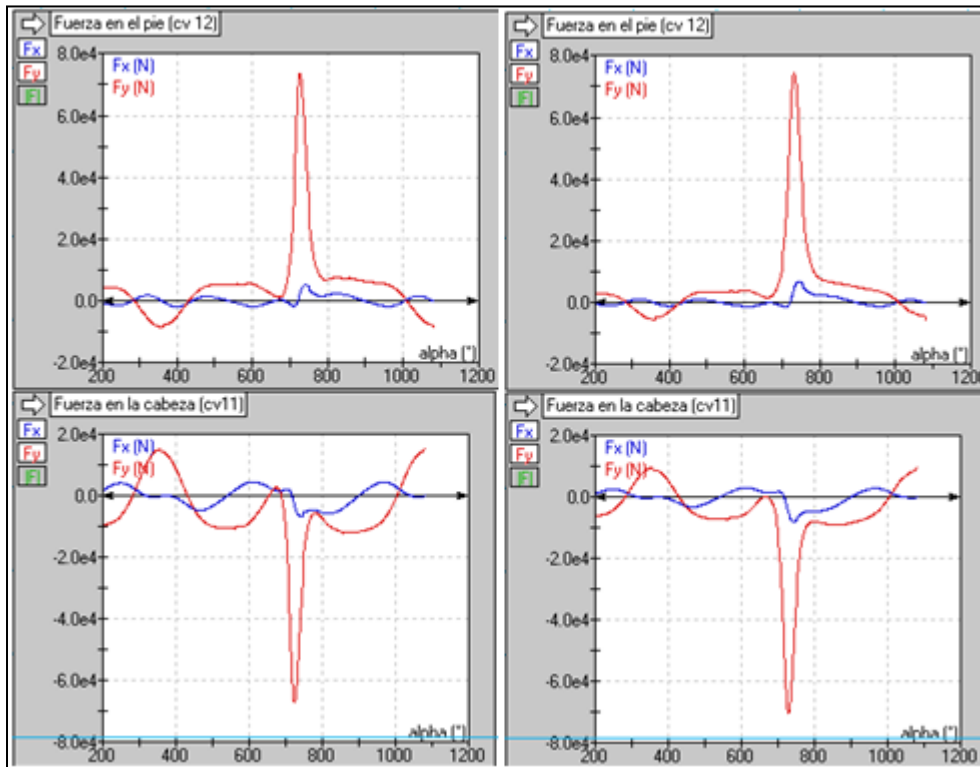


Imagen 52. A la izquierda 5000 rpm y a la derecha 4000 rpm.

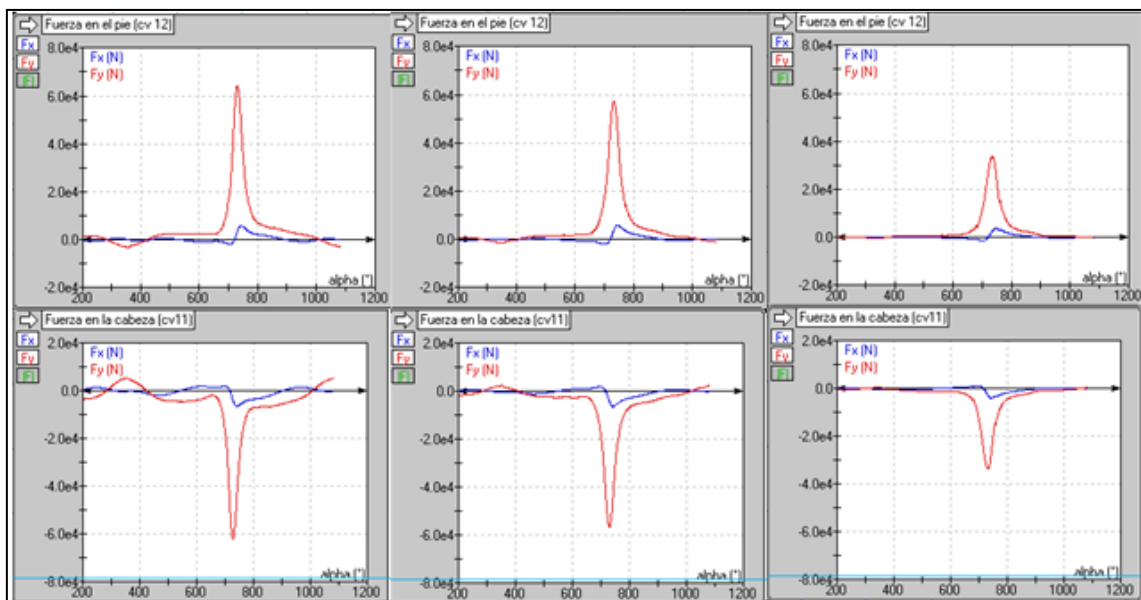
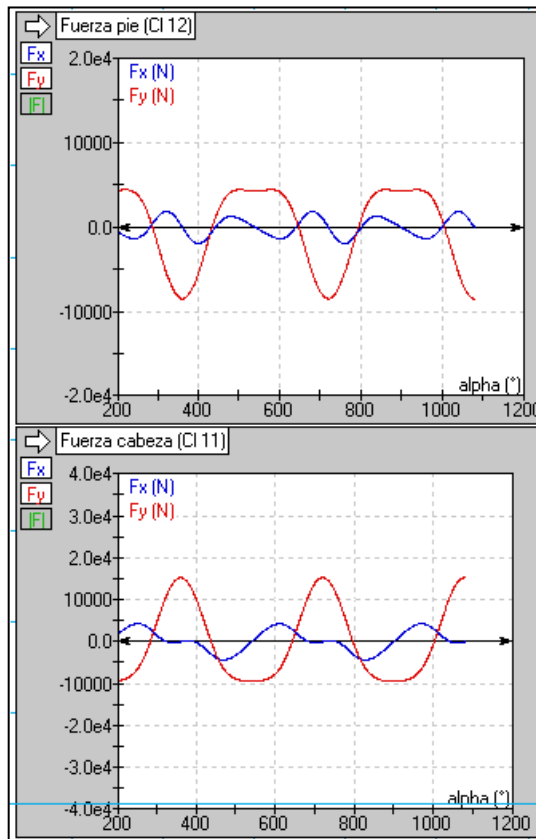


Imagen 53. De izquierda a derecha 3000, 2000 y 1000 rpm.

La *Imagen 54* muestra una gráfica de las fuerzas de inercia en el pie y la cabeza en función del ángulo α para 5000 rpm. Lo realmente importante, es ver la dirección de la fuerza, para ver su relación con las de combustión.



Como vemos, para la fase de admisión ($360^\circ - 540^\circ$), las fuerzas de inercia son predominantes y por tanto van a definir la tracción en nuestra biela. Sin embargo, en la fase de máxima compresión ($700^\circ - 800^\circ$), las fuerzas de inercia se contraponen a las producidas por la combustión. Por tanto, podemos concluir que para nuestro motor, las mayores fuerzas de tracción se producirán a 5000 rpm por tener unas mayores fuerzas de inercia. Sin embargo, debemos analizar con datos numéricos las mayores fuerzas de compresión, para poder concluir en que caso son mayores.

Imagen 54. Fuerzas de inercia en función del ángulo del cigüeñal.

Los valores de esta comparación se muestran en la *Tabla 4*:

	Fuerza en el pie				Fuerza en la cabeza			
	4000 rpm		5000 rpm		4000 rpm		5000 rpm	
alpha	Fx	Fy	Fx	Fy	Fx	Fy	Fx	Fy
360°	-5.82E-09	-5409.363	-9.13E-09	-8455.329	-1.02E-08	9771.258	-1.60E-08	15270
726°	2241.816	6.97E+04	2323.078	7.38E+04	-2460.744	-6.53E+04	-2665.154	-67020

Tabla 4. Comparativa de fuerzas 4000 y 5000 rpm.

Viendo los resultados, confirmamos que efectivamente las tracciones son mayores para 5000 rpm y aseguramos que las compresiones también lo son. Hemos elegido esos ángulos, porque a priori parecen ser los que tienen mayores fuerzas, pero más abajo se hace un análisis específico de ello.



La conclusión que obtenemos de este análisis es que nuestro régimen crítico de funcionamiento es 5000 rpm y por tanto, de aquí en adelante, se trabajará sólo con este caso.

Una vez definido nuestro régimen crítico, vamos a hacer una descomposición de fuerzas, de manera que podamos expresarlas en unos ejes locales de la biela. El objetivo de esto es conocer para qué ángulo concreto tenemos mayores tracciones y compresiones, observando las fuerzas en el eje longitudinal de nuestra biela.

La descomposición de esas fuerzas se lleva a cabo según el siguiente esquema:

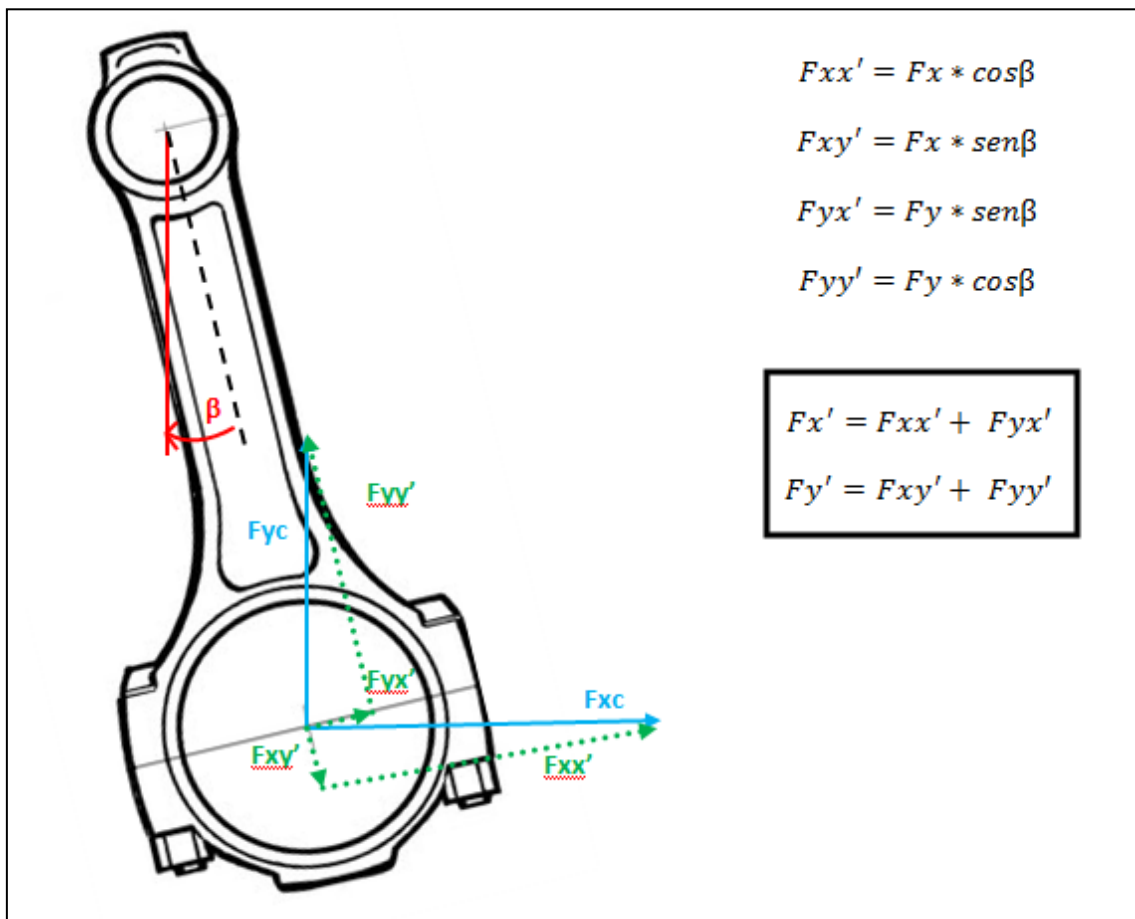


Imagen 55. Descomposición en fuerzas solidarias a la biela.

El ángulo β es de inclinación de la biela, respecto de la vertical. El ángulo que se muestra en la imagen sería negativo, cambiando de signo en el PMI.

Todos los resultados obtenidos se muestran en el Anexo I de este documento.

Se ha denominado ángulo γ , al que forma la fuerza total respecto del eje longitudinal de la biela. Este dato nos servirá a la hora de simular cada fuerza en el programa de elementos finitos.

De estas tablas podemos deducir que los ángulos críticos o con mayores puntos de tracción y compresión son:

Fuerza en la cabeza							
α (°)	Fx (N)	Fy (N)	beta (°)	Fxc' (N)	Fyc' (N)	F total (N)	γ (°)
360	-1.60E-08	15270	-9.78E-10	-2.7676E-07	15270	15270	-1.0384E-09
726	-2665.154	-67020	-1.929	-407.680685	-66892.3083	66893.5507	0.34918953
Fuerza en el pie							
α (°)	Fx (N)	Fy (N)	beta (°)	Fxp' (N)	Fyp' (N)	F total (N)	γ (°)
360	-9.13E-09	-8455.329	-9.78E-10	1.3524E-07	-8455.329	8455.329	-9.1645E-10
726	2323.078	7.38E+04	-1.929	-162.086713	73669.9865	73670.1648	-0.12606042

Tabla 5. Puntos críticos de solicitación.

Por simplicidad a la hora de simular, asumiremos el error correspondiente a aplicar un valor de $\gamma=0^\circ$, puesto que los ángulos obtenidos son inferiores a $0,5^\circ$.

La diferencia entre las fuerzas resultantes en la cabeza y el pie, corresponden con el valor de multiplicar la masa por la aceleración de la biela en ese instante. Recordemos que ésta, está en movimiento. Más adelante se explicará cómo abordar esta situación a la hora de hacer el cálculo de elementos finitos.

h. Definición del material.

A la hora de elegir el material con el que vamos a construir nuestra pieza, debemos tener en cuenta varias consideraciones. Partiendo de la base de que es una pieza para un turismo de venta al público, la opción más económica dentro de las prestaciones que deberá cumplir nuestra pieza es el acero. Para elegir el tipo de acero que vamos a utilizar, en primer lugar debemos tener en cuenta que nuestra pieza va a tener una primera transformación de forja. Además, vamos a realizar a la pieza varios mecanizados, por tanto debe ser un material que permita estas operaciones con relativa facilidad y un buen acabado. No debemos olvidar en ningún momento que es una pieza altamente solicitada, por tanto debemos encontrar un acero con unas propiedades mecánicas muy buenas en cuanto a límite elástico ya que además va a estar sometido a fatiga. Con todas estas características, uno de los aceros más utilizados para este tipo de aplicaciones es el **acero AISI 4150**, que es el que vamos a utilizar en este proyecto.

El AISI 4150 es un acero de baja aleación con contenido en cromo y molibdeno como agentes reforzantes. Es muy versátil y presenta un buen comportamiento frente a la corrosión y un incremento de sus propiedades resistentes en torno a los 300 °C. En su conjunto tiene un gran equilibrio entre resistencia mecánica, dureza y resistencia a fatiga.

Este acero debe ser forjado entre 870°C y 1200°C, de manera que cuanto menor sea la temperatura de forja más pequeño será el tamaño de grano. Además debe ser enfriado lentamente después de la forja.

Esta aleación es tratada térmicamente para mejorar su maquinabilidad y buscar las características mecánicas ideales para cada aplicación. Para nuestra biela se llevará a cabo un tratamiento de normalizado. Este tratamiento térmico permite transformar la ferrita en austenita para después ser enfriado al aire. El normalizado también sirve para refinar la estructura después de la forja, que podría haberse enfriado de una manera no uniforme. El rango de temperaturas para el normalizado es entre 870°C y 925 °C.

Después de todos estos tratamientos, las propiedades mecánicas de nuestra biela se muestran en el documento siguiente, denominado ficha de material. La ficha de material, es uno de los documentos de salida de nuestro proyecto y sirve para caracterizar los materiales que lleva la pieza a la que está asociada esa ficha de material.



AISI 4150 Normalizado a 870°C y templado en aire

Composición química	
Carbono, C	0.48-0.53 %
Cromo, Cr	0.80-1.10 %
Hierro, Fe	96.75-97.67 %
Manganeso, Mn	0.75-1.00 %
Molibdeno, Mb	0.15-0.25%
Fósforo, P	≤0.04%
Silicio, Si	0.15-0.30 %
Azufre, S	≤0.04 %
Propiedades físicas	
Densidad	7.85 g/cm ³
Propiedades mecánicas	
Módulo de Elasticidad	205 Gpa
Límite Elástico	717 Mpa
Tensión última	1095 Mpa
Elongación de rotura	13.50%
Dureza Rockwell B	0.99
Dureza Rockwell C	0.34
Dureza Vickers	329
Módulo de Elasticidad	205 Gpa
Maquinabilidad	55%
Coeficiente de Poisson	0.29
Propiedades Térmicas	
Capacidad Calorífica Específica	0.475 J/(g°C)
Conductividad térmica	44.5 W/(mK)

Estas propiedades son el resultado de ensayos de tracción realizados con una probeta de 50 mm de diámetro según norma UNE-EN 10002-1.

i. Simulación mediante elementos finitos.

Llegados a este punto, disponemos de un modelo 3D de nuestra biela y de las fuerzas aplicadas en ella en los puntos más críticos. Nuestro objetivo ahora es hacer un modelo representativo de estos instantes, para analizar el comportamiento de nuestra biela en su funcionamiento real antes de construirla. Vamos a llevar a cabo un análisis estático de fuerzas mediante elementos finitos, utilizando el software Autodesk Simulation Mechanical.

Debemos definir primero que condiciones de contorno vamos a imponer, para representar el caso real de funcionamiento de la biela. Como se ha visto durante el presente documento, la biela está articulada tanto con el cigüeñal como con el bulón que la une al pistón, por tanto no va a haber momentos en estos puntos. En términos de equilibrio por tanto, no tendremos aceleración angular.

En cuanto al equilibrio de fuerzas, como hemos comprobado con los datos obtenidos, las fuerzas en pie y cabeza son diferentes debido a la aceleración lineal de la pieza. Esta aceleración es diferente en cada punto, lo cual dificulta mucho la simulación. **Se va a suponer por tanto, que toda la biela está sometida a una aceleración igual a la que sufre el centro de gravedad.** Se ha analizado esta suposición, haciendo el equilibrio de fuerzas con los datos obtenidos de Working Model en ejes globales y se ha obtenido un error máximo del 8%, siendo en la mayoría de los puntos inferior al 1%. Los datos se pueden consultar en el Anexo 2 de este documento. Concretamente para los dos ángulos que vamos a simular nosotros tenemos:

α (°)	Equilibrio en el eje X				Equilibrio en el eje Y			
	ΣF_x (N)	$mb \cdot a_x$ (N)	$\Sigma F_x - mb \cdot a_x$ (N)	Error (%)	ΣF_y (N)	$mb \cdot a_y$ (N)	$\Sigma F_y - mb \cdot a_y$ (N)	Error (%)
360	-2.52E-08	2.52E-05	-6.00E-13	2.38E-03	6814.67	-6.83E+06	1.09E+01	1.60E-01
726	3.42E+02	3.42E+05	-1.40E-02	4.09E-03	6770	-6.77E+06	1.60E+00	2.36E-02

Tabla 6. Error cometido aproximando la aceleración.

A la vista de estos resultados, podemos decir que es una aproximación razonable que nos facilitará mucho el cálculo.

A continuación se muestra un esquema con los datos de entrada de la simulación, de manera que queden bien claras las dos situaciones de máxima tracción y máxima compresión:

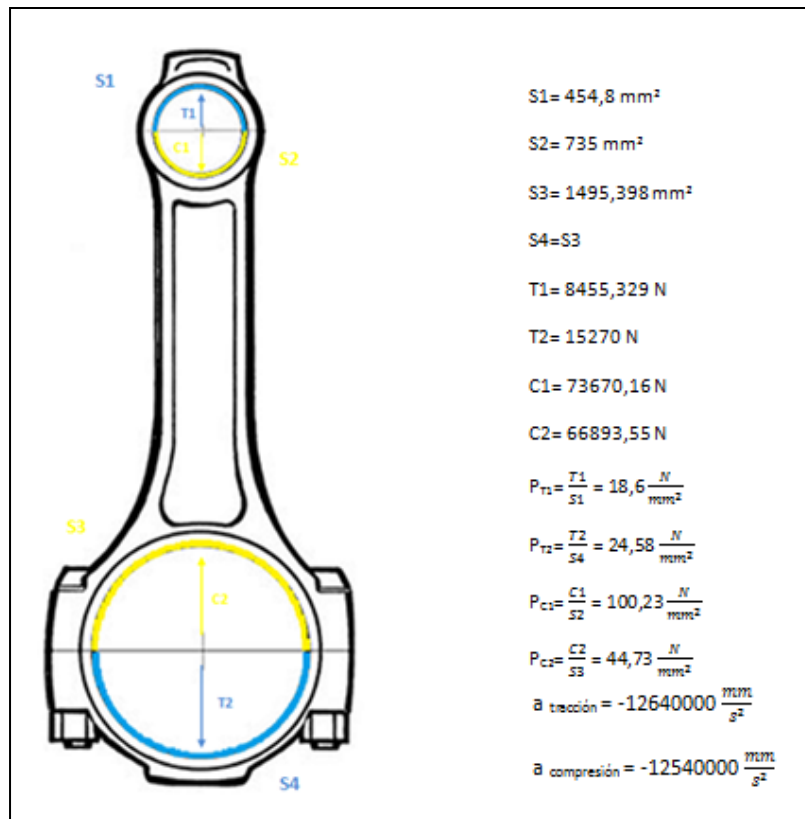


Imagen 56. Datos de entrada para FEM.

Las fuerzas C1, C2, T1 y T2 son las de máxima compresión y tracción obtenidas con Working Model como fuerzas puntuales. Para pasar esos datos a nuestro modelo, lo que hacemos es **aplicar sobre cada superficie una presión uniforme** cuya resultante es ese valor. En la pieza real, lo que vamos a tener es una presión distribuida en esa superficie, aunque su valor irá disminuyendo a medida que nos alejamos del eje vertical de la biela. Sin embargo, hacer la simulación con esta aproximación no va a alterar mucho nuestros resultados y es mucho más fácil de ejecutar.

Hay diferentes maneras de realizar la simulación con estos datos, una de ellas por ejemplo es dejar libre la pieza y aplicando las fuerzas y la aceleración, conseguir el equilibrio y que converja el modelo. Sin embargo, se ha comprobado que esto no es tan sencillo. Por tanto, se ha optado por la opción de fijar uno de los extremos de la biela y colocar junto con la aceleración, las presiones en el

otro extremo. De esta manera, en el empotramiento habrá una fuerza resultante que equilibrará el sistema. El mayor problema que encontramos con esta configuración, es que el empotramiento impide también los desplazamientos, por tanto se va a simular cada caso (tracción y compresión) dos veces, una empotrando el pie y otra empotrando la cabeza, para que los resultados en los extremos sean más representativos.

El esquema simplificado de la simulación se muestra en la siguiente imagen:

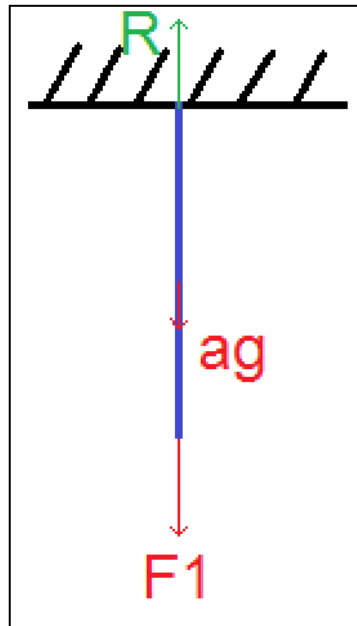


Imagen 57. Esquema representativo de simulación.



Una vez que tenemos claro la manera de proceder, importamos nuestro archivo CAD en Autodesk Simulation Mechanical. Para hacer la simulación más real, se ha dividido la biela en cuerpo y casquillo y se han dibujado también los tornillos de fijación entre ambos. De esta manera, vamos a simular el comportamiento real del ensamblaje de la biela.

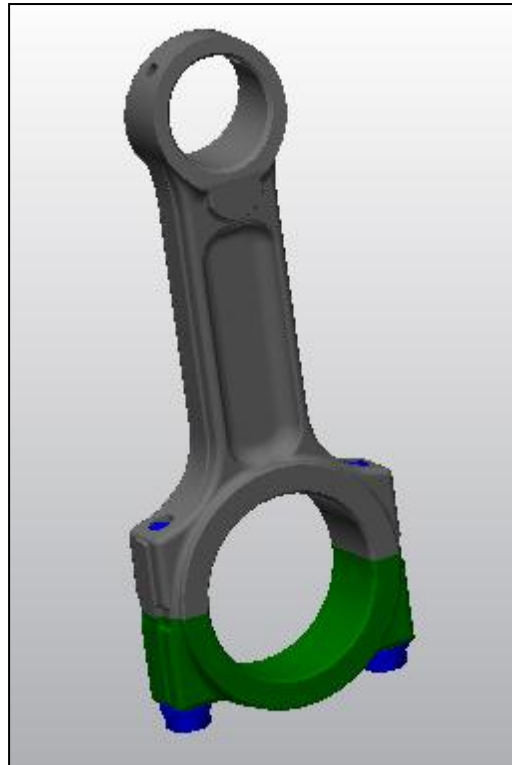


Imagen 58. Conjunto para simulación FEM.

Recordemos que el objetivo de este trabajo, es el diseño de la biela y por tanto no vamos a entrar en más profundidad en este campo de elementos finitos.

Debemos introducir el material de cada pieza, que se elige de la librería del programa y como hemos definido anteriormente, es el AISI 4150 Normalizado.

Una de las variables de entrada que nos pide el programa, son los contactos que hay entre las diferentes piezas del conjunto. Se introduce por defecto un contacto superficial, de manera que unas piezas en su movimiento no puedan traspasar a otras. Además se fijan las superficies laterales de los tornillos a la zona roscada de la biela, para simular precisamente ese roscado. También se hace un apoyo fijo entre las superficies de contacto de la cabeza de los tornillos y los asientos mecanizados en el casquillo, precisamente para ese contacto. Finalmente, se simula también un contacto fijo entre las superficies de apoyo entre cuerpo de biela y casquillo, de manera que no se permita su separación. Con esta última condición, **estamos simulando un par de apriete suficiente para que las piezas no puedan separarse** ni desplazarse entre sí. El siguiente paso a realizar en nuestra simulación, es el mallado de las piezas.

El programa tiene un comando que implementa un mallado automático. El resultado obtenido es el siguiente:

Status: the model successfully meshed.

Model Statistics

	Parts	Elements
Solid mesh's surface	4	8782
Solid	4	48356

Part 1 < Biela.1 >

Mesh type	Mix of bricks, wedges, pyramids and tetrahedra
Watertight	Yes
Mesh has microholes	No
Total nodes	8617
Volume	50883,405081 mm ³
Total elements	23277

	Tetrahedra	Pyramids	Wedges	Bricks
Elements	17845	3654	564	1214
Volume %	48,19	16,25	7,04	28,53

Part 2 < Casquillo.1 >

Mesh type	Mix of bricks, wedges, pyramids and tetrahedra
Watertight	Yes
Mesh has microholes	No
Total nodes	7591
Volume	18486,591537 mm ³
Total elements	18018

	Tetrahedra	Pyramids	Wedges	Bricks
Elements	12335	3489	398	1796
Volume %	25,91	16,42	4,27	53,41

Imagen 59. Resultados de mallado 1.

La *Imagen 59* nos muestra el resumen que da el programa sobre el mallado automático que ha realizado. En primer lugar nos dice el número de piezas que tenemos y el número total de celdas que ha utilizado para mallarlos. Después nos va sacando los resultados más detallados pieza por pieza. Como vemos ha utilizado diferentes sólidos para mallar la pieza, como tetraedros, pirámides o paralelepípedos.



Los resultados de los otros dos elementos se muestran en la *Imagen 60*.

Part 3 < Perno biela-casquillo.1 >				
Mesh type	Mix of bricks, wedges, pyramids and tetrahedra			
Watertight	Yes			
Mesh has microholes	No			
Total nodes	1650			
Volume	2253,452007 mm ³			
Total elements	3489			
	Tetrahedra	Pyramids	Wedges	Bricks
Elements	2499	586	65	339
Volume %	33,05	14,47	5,52	46,95
Part 4 < Perno biela-casquillo.2 >				
Mesh type	Mix of bricks, wedges, pyramids and tetrahedra			
Watertight	Yes			
Mesh has microholes	No			
Total nodes	1664			
Volume	2253,518215 mm ³			
Total elements	3572			
	Tetrahedra	Pyramids	Wedges	Bricks
Elements	2585	588	61	338
Volume %	32,98	14,62	5,42	46,98

Imagen 60. Resultados de mallado 2.

Ya tenemos nuestro conjunto preparado para ser simulado. A partir de aquí lo único que necesitamos es introducir nuestras variables de entrada y ejecutar la simulación.

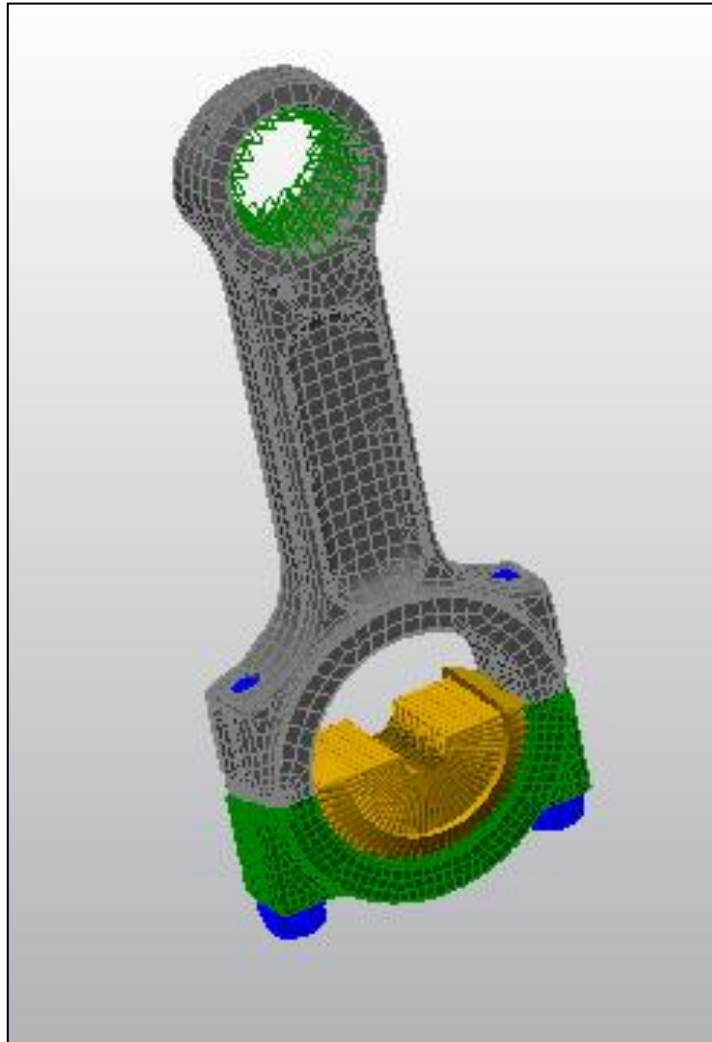


Imagen 61. Mallado y condiciones de contorno.

✓ **Simulación estática de máxima tracción.**

Se va a realizar en primer lugar, la simulación de tracción, fijando el pie de la biela con el objetivo de analizar el comportamiento de los pernos y de la unión cuerpo de biela y casquillo. Se introduce una presión en el casquillo de $24,58 \frac{N}{mm^2}$ y un campo de aceleración de $12640000 \frac{mm}{s^2}$ en el sentido negativo del eje Z. Nuestra biela después de introducir todos estos datos, se visualiza según la *Imagen 61*.

Una vez hecho el cálculo, obtenemos los siguientes resultados:

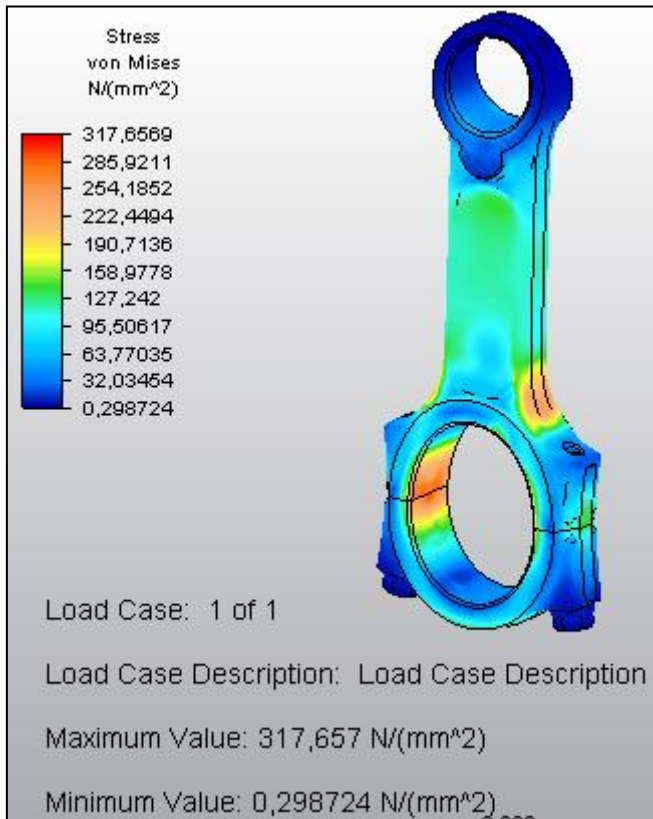


Imagen 62. Esfuerzos de tracción 1. Biela completa.

En la *Imagen 62*, podemos ver los esfuerzos a los que se ve sometida nuestra biela, teniendo un esfuerzo máximo de 317,65 MPa. Las zonas más solicitadas son la unión entre cuerpo y cabeza y la unión entre cuerpo de biela y casquillo. Recordamos que en nuestro diseño, especificábamos que el radio de unión entre cuerpo y cabeza de biela debía ser lo máximo posible para evitar precisamente estos esfuerzos. Comprobamos por tanto, el sentido de aquella especificación. La otra zona solicitada, se debe a la deformación que sufre la biela debida a este esfuerzo de tracción. Como esa zona se mantiene unida por la aplicación del par de los pernos, se convierte en una de las zonas más solicitadas de nuestra biela.

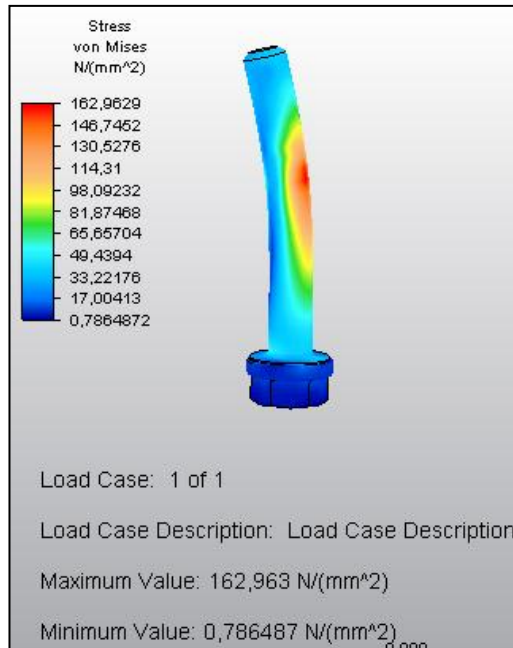


Imagen 63. Esfuerzos de tracción. Tornillos.

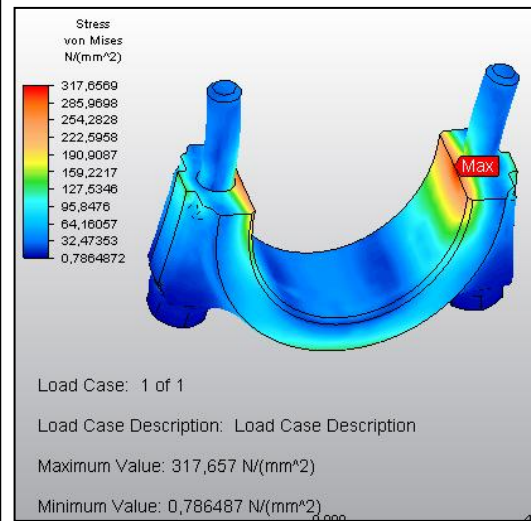
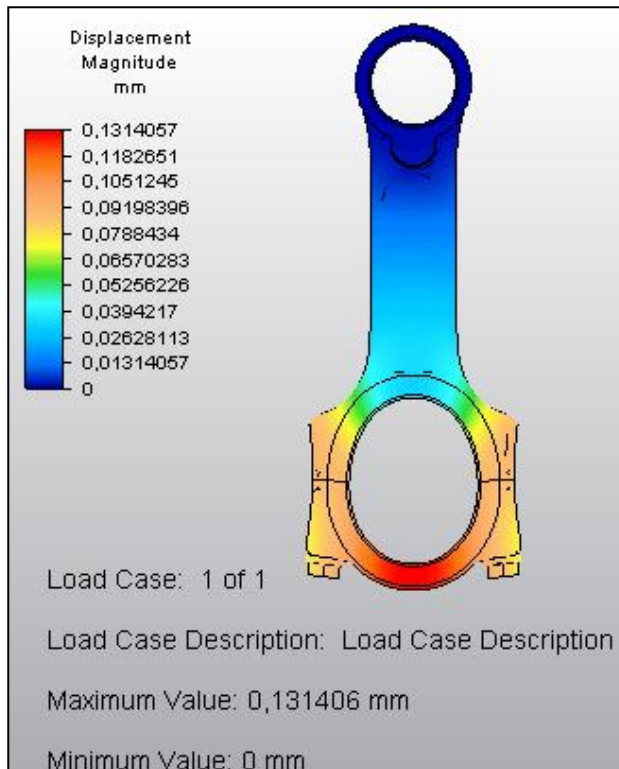


Imagen 64. Esfuerzos de tracción. Casquillo.

En la *Imagen 63*, podemos ver los resultados obtenidos de cada uno de los pernos de unión entre cuerpo de biela y casquillo. La zona más solicitada con un valor de 162,96 MPa, se encuentra precisamente en la unión de casquillo y cuerpo de biela. Es precisamente en esta unión donde estará sometido a un valor mayor de flexión y por eso es la zona crítica del tornillo.

Por otra parte, en la *Imagen 64* podemos observar los resultados del casquillo. Se ha elegido esta pieza, y no el cuerpo de la biela, por ser el que tiene la mayor sollicitación. Observamos que la zona más cargada se encuentra entre el perno y el diámetro interior, otra de las zonas afectadas con unas condiciones concretas en nuestro diseño.



Por último, en la Imagen 65 podemos ver el desplazamiento máximo que sufre la biela bajo estas condiciones de carga. Al haber fijado nuestra biela en el pie, nos sale que la zona desplazada es la cabeza, con un valor de 0,13 mm. Como vemos es un valor más que asumible teniendo en cuenta los esfuerzos a los que se somete a esta pieza. La deformación que se aprecia en la imagen está aumentada un 500% para poder apreciar y comprender como es esa deformación.

Imagen 65. Desplazamientos de tracción 1.

En segundo lugar vamos a realizar el cálculo fijando la cabeza y aplicando la presión en el pie, para analizar de esta manera el comportamiento de esa zona.

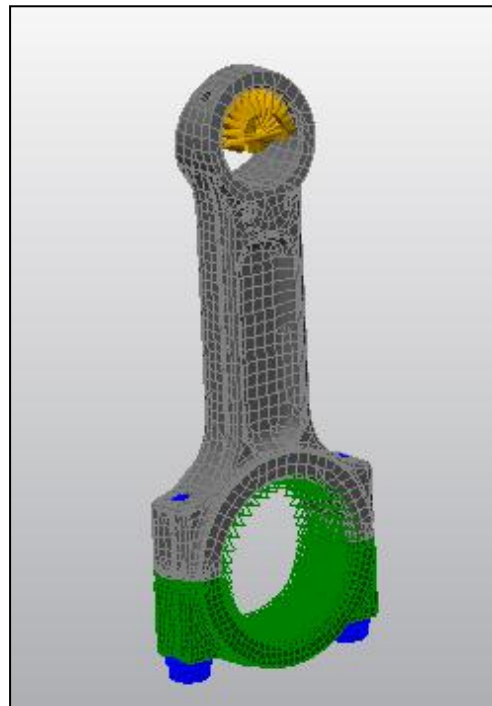


Imagen 66. Modelo de tracción en pie.

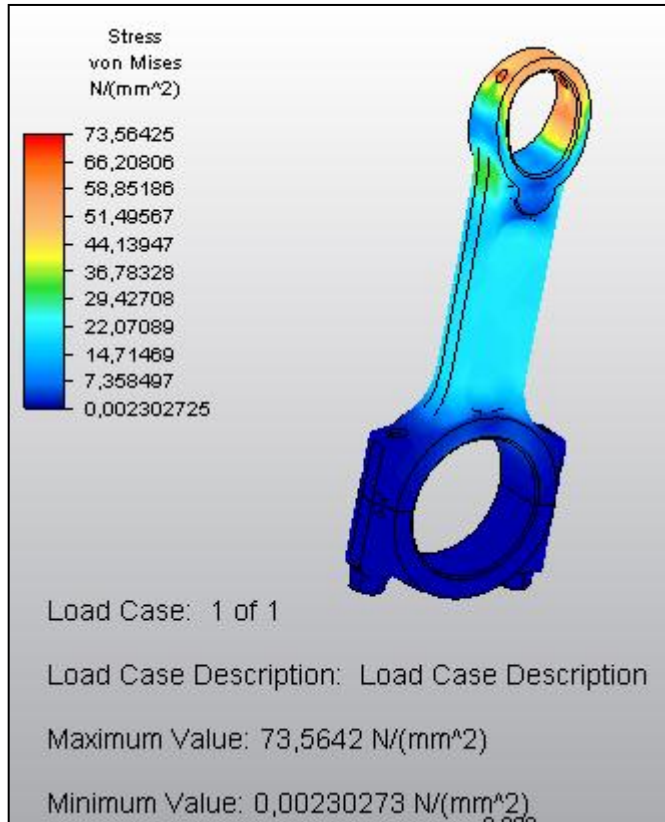


Imagen 67. Esfuerzos de tracción 2. Biela completa.

En la Imagen 67 podemos visualizar las cargas a las que se ve solicitado nuestro pie de biela. La zona más cargada es la zona donde se ha aplicado la fuerza y especialmente la zona de los taladros para la lubricación, por ser fuente de concentración de tensiones. Además también vemos como zona más cargada la unión pie de biela y cuerpo de biela, que como ya hemos dicho antes se diseñó con el mayor radio posible para minimizar estos resultados.

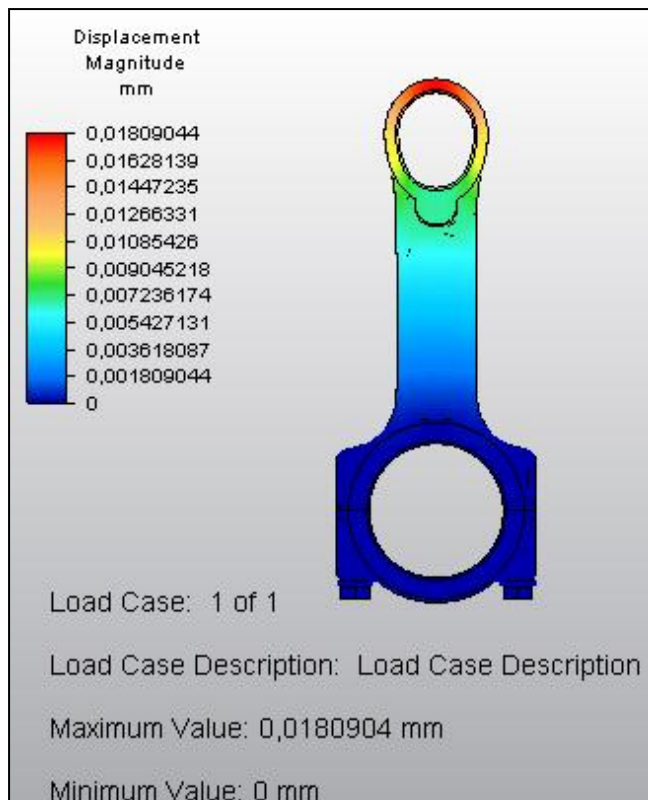


Imagen 68. Desplazamientos de tracción 2.

La Imagen 68 muestra los desplazamientos totales de la biela bajo estas condiciones. Al igual que antes, el desplazamiento se encuentra en la zona del pie ya que hemos puesto la fijación de la cabeza como condición de contorno. Por tanto para la zona del pie tenemos un desplazamiento de 0.018 mm, un resultado más que aceptable.



Como hemos visto, estas dos simulaciones nos han servido para analizar el comportamiento tanto de pie como de cabeza de nuestra biela, que son las dos zonas de riesgo en los casos en los que la pieza trabaja a tracción. El resultado real de comportamiento de nuestra biela para estos casos, será próximo a una combinación de ambas simulaciones, teniendo como deformación total la suma de las dos.

✓ **Simulación estática de máxima compresión.**

Una vez analizado el caso de máxima tracción, pasamos al de máxima compresión. En este caso, la zona crítica de comportamiento será el cuerpo de la biela, ya que está diseñado para esta función. Sin embargo, pie y cabeza también van a sufrir deformaciones que deben ser estudiadas, por tanto haremos también un ensayo fijando cada parte como hicimos para la tracción. La diferencia es que ahora los resultados en el cuerpo de la biela, deberían ser similares.

Empezaremos fijando la cabeza y aplicando una presión en el pie de $100,23 \frac{N}{mm^2}$. Además la aceleración en este caso, es también en el sentido negativo del eje Z con un valor de $-12540000 \frac{mm}{s^2}$.

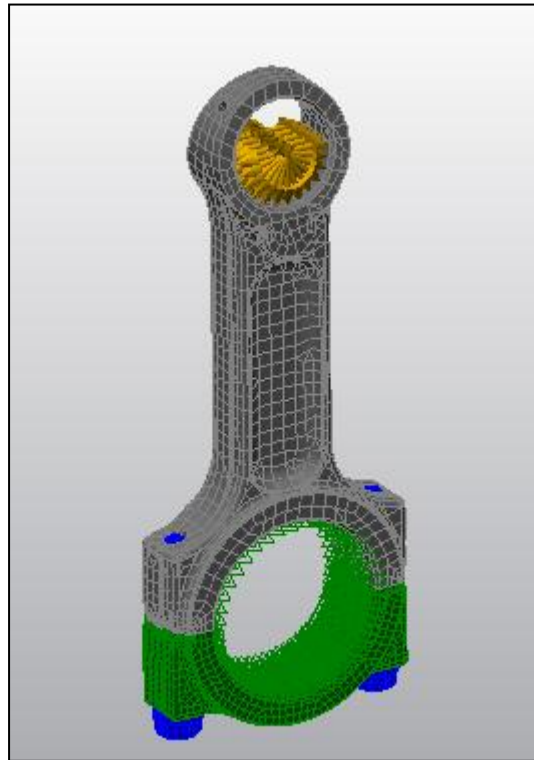
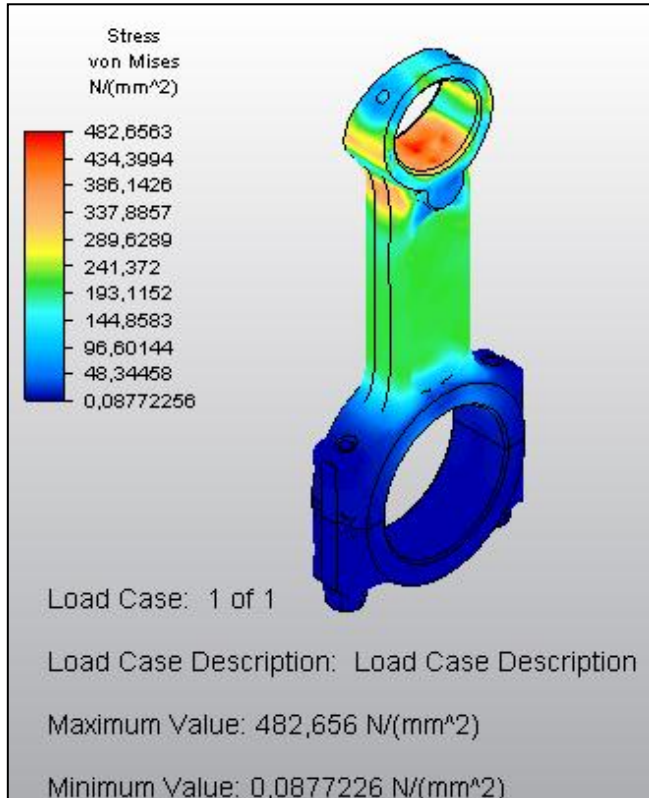
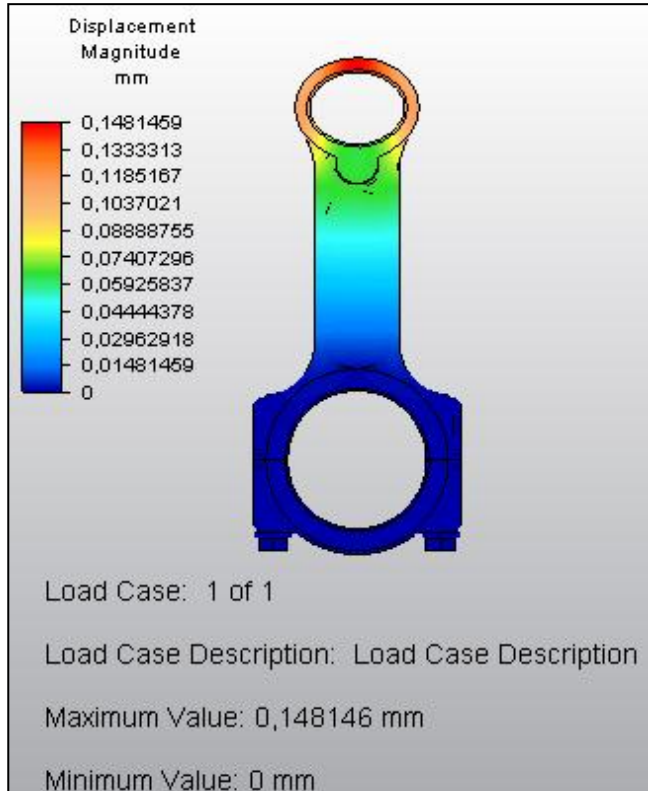


Imagen 69. Modelo de compresión en pie.



Podemos apreciar que en el cuerpo tenemos una carga bastante uniforme en torno a 220 Mpa. Además la zona de mayor sollicitación es la que sufre la aplicación directa de las presiones alcanzando un valor máximo de 482,66 MPa y también, una vez más, la unión del pie con el cuerpo.

Imagen 70. Esfuerzos de compresión 1.



En cuanto a los desplazamientos, se pueden apreciar en la Imagen 70 con un aumento del 500%. La biela tiende a tener una menor longitud, alcanzando una deformación máxima de 0.15 mm. Una vez más un valor aceptable para nuestro diseño.

Imagen 71. Desplazamientos de compresión 1.

En segundo lugar, realizamos la simulación fijando el pie y aplicando las presiones en la cabeza. En este caso la presión es de $44,73 \frac{N}{mm^2}$ y la aceleración la misma que en el caso anterior.

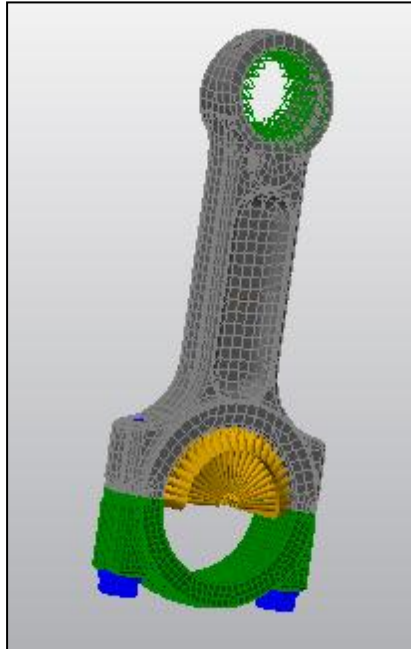
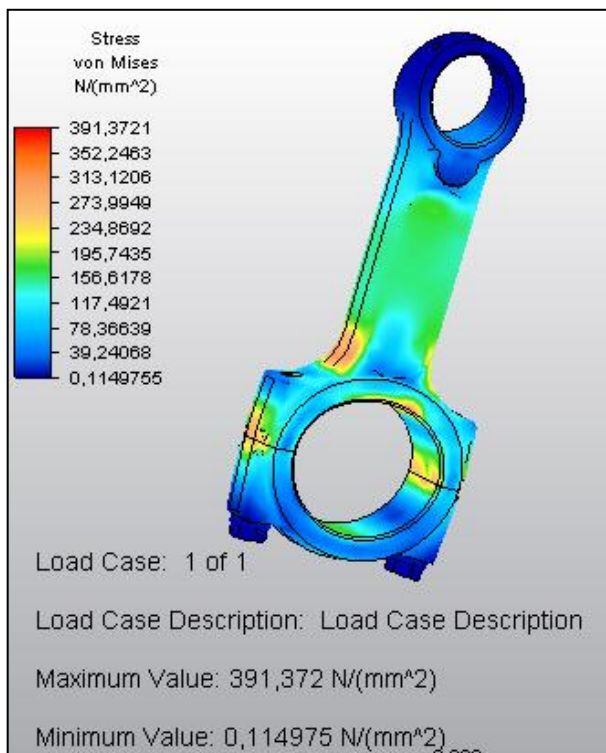


Imagen 72. Modelo de compresión en cabeza.



Los resultados en cuanto a esfuerzos, son presentados en la *Imagen 73*. La zona del cuerpo tiene unas solicitaciones uniformes en torno a 180 Mpa y la zona más solicitada es aquella en la que se aplica la fuerza. La unión entre cabeza y cuerpo es también de las más cargadas.

En este caso tenemos un valor máximo de sollicitación de 391,37 Mpa.

Imagen 73. Esfuerzos de compresión 2. Biela completa.

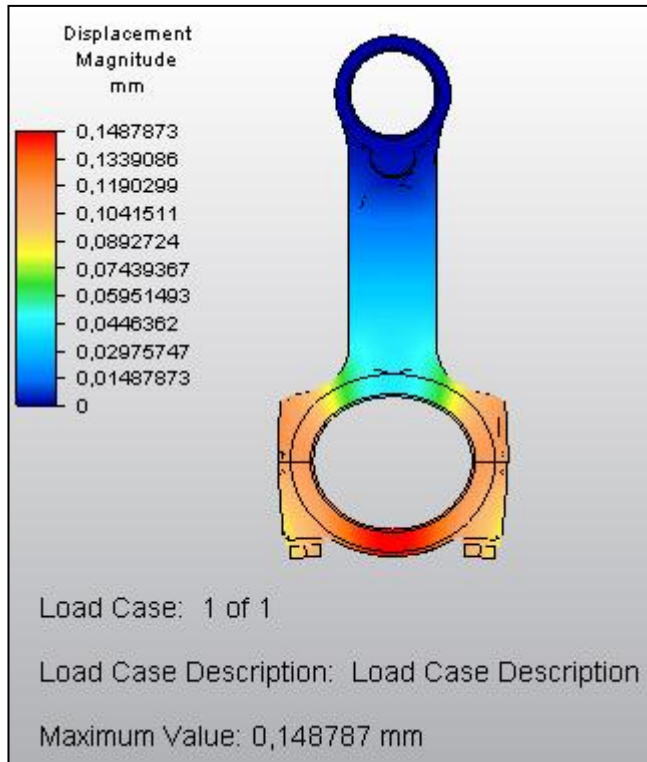


Imagen 74. Desplazamientos de compresión 2.

En cuanto a desplazamientos, tenemos un valor de 0,14 mm. Lo que demuestra la consistencia una vez más de nuestro diseño.

A la vista de estos resultados, vamos a hacer un análisis para evaluar los riesgos que tenemos de plastificación, de rotura por fatiga y de pandeo, con el objetivo de identificar posibles zonas de riesgo y de mejora.

j. Análisis de resultados y optimización del diseño.

✓ **Plastificación en tracción.**

Comenzamos evaluando los riesgos de plastificación que tiene nuestra pieza. Recordando las características de nuestro material, teníamos un límite elástico de 717 MPa. Tendremos plastificación en aquellos puntos en los que tengamos una sollicitación mayor a este valor, y consideramos zonas de riesgo aquellas que estén próximas a él.

En la simulación de tracción en la cabeza, fijando el pie, el objetivo era sacar conclusiones sobre el comportamiento de la cabeza y los tornillos de fijación. Los resultados que obteníamos daban un valor máximo de carga de 317,66 MPa en el casquillo. Por tanto, estamos lejos de la plastificación y damos nuestro diseño por bueno y sin riesgos para este análisis a falta de ver el comportamiento a fatiga.

Por otra parte, los tornillos tenían una carga máxima de 163 MPa, muy por debajo de los 717 MPa que soporta nuestro material.

En segundo lugar, hacíamos una simulación de tracción aplicando las presiones en el pie con el objetivo de analizar el comportamiento de nuestra pieza en esta zona. Las cargas máximas se situaban en los agujeros realizados para lubricación por ser fuente de concentración de tensiones y tenían un valor de 73,56 MPa. Esto indica que tampoco tenemos riesgo de plastificación en esta zona y que el diseño de pie trapezoidal es una buena forma de ahorrar material en nuestro diseño.

✓ **Plastificación en compresión.**

En la simulación de compresión, el interés recae sobre las tensiones que vamos a tener en el cuerpo para poder hacer un análisis posterior de pandeo y también las tensiones y deformaciones sufridas en pie y cabeza.

Para el primer caso de carga sobre el pie, la mayor tensión obtenida es de 482,66 MPa, por lo que en este análisis tampoco se detecta ningún riesgo de plastificación. Además como se dijo anteriormente las deformaciones son muy pequeñas, por lo que no suponen un riesgo en el comportamiento.



En la simulación de compresión sobre la cabeza, la mayor sollicitación es de 391,37 MPa, de manera que tampoco tenemos ningún riesgo de plastificación para este análisis.

✓ Análisis de fatiga.

Se denomina fatiga al fenómeno mediante el cual una pieza se rompe a unos valores de carga por debajo del límite elástico debido a la acción de cargas cíclicas. Durante dicho proceso se genera una grieta que, si se dan las condiciones adecuadas crecerá hasta producir la rotura de la pieza al aplicar un número de ciclos suficientes. Es por tanto, un fenómeno que debemos tener en cuenta en nuestro diseño, ya que la biela como hemos visto va a estar sometida a cargas variables durante toda su vida útil.

Se define así la tensión S_e , como aquella por debajo de la cual la pieza no rompe nunca o lo que es lo mismo, es capaz de soportar un número infinito de ciclos. Por ser la biela una pieza fundamental del motor, deberemos asegurarnos de que nunca sobrepase unos esfuerzos mayores a este valor S_e .

Para calcular el valor de S_e , vamos a utilizar el Criterio de Goodman, basado en el cálculo de este valor a partir de las tensiones medias y alternantes, que se definen en la *Imagen 75* y del límite elástico a tracción S_{ut} .

Este criterio, está definido por la siguiente expresión:

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

Podemos obtener por tanto el límite de fatiga, despejando S_f de la ecuación anterior. Para ello, debemos calcular primero los valores de σ_m y σ_a . En nuestro caso la tensión máxima de tracción obtenida (σ_{max}) es 317,66 MPa y la tensión máxima de compresión (σ_{min}) es -482,66 MPa. Por tanto:

$$\sigma_a = \frac{317,66 + 482,66}{2} = 400,13 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{317,66 - 482,66}{2} = -82,5 \text{ MPa}$$

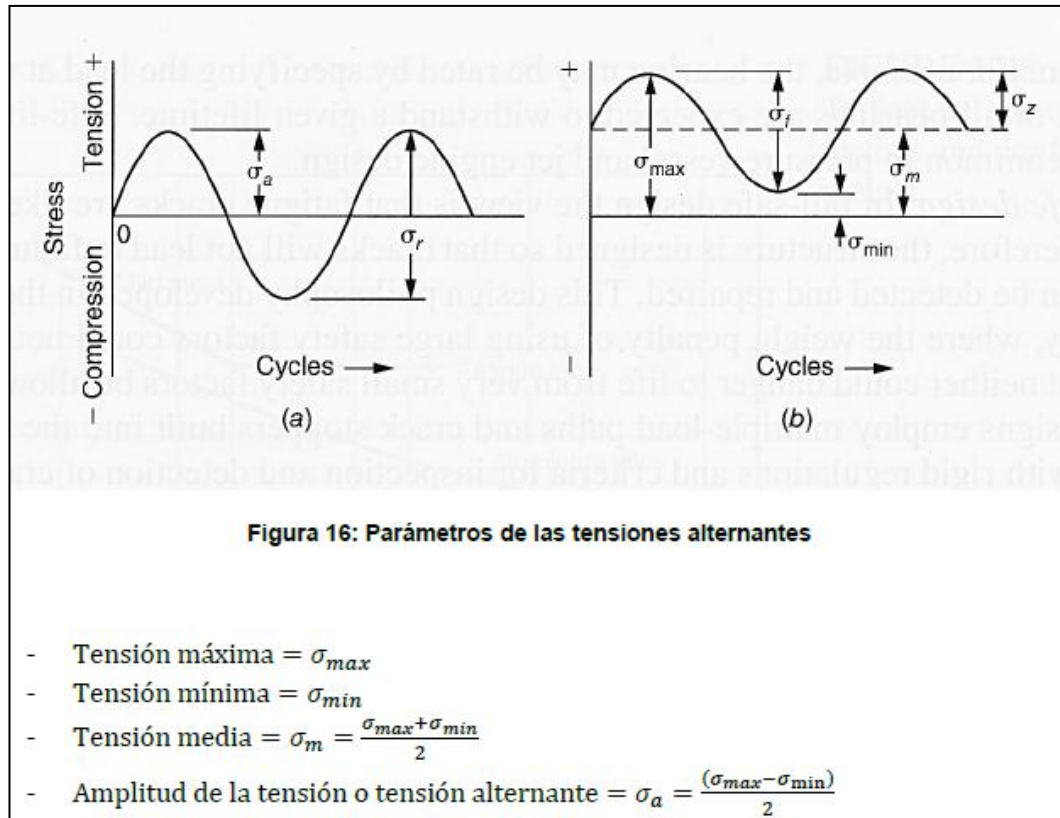


Imagen 75. Definición de tensiones medias y alternantes.

Despejando de la ecuación de Goodman, tenemos un valor de $S_f = 358,84 \text{ MPa}$. Esto quiere decir que todas las zonas que superen ese valor, romperán después de un número de ciclos.

Por tanto, podemos decir en base a este criterio, que en tracción nuestra pieza no tiene ningún riesgo de rotura. Sin embargo, para la compresión si que tenemos zonas de riesgo, según la *Imagen 76*. Las zonas de riesgo tanto en pie como en cabeza, están en la zona directa de aplicación de la carga. Sin embargo, debemos tener en cuenta que nuestra simulación de elementos finitos está hecha con el caso de máxima compresión posible, a 5000 rpm. El funcionamiento del motor no va a estar a este régimen de vueltas en la mayor parte de su vida útil. No obstante, en la fase de proyecto donde se realizan los ensayos, habrá que prestar especial atención a estas zonas para poder evaluar los riesgos y en caso de que fuera necesario, tomar medidas correctoras como aumentar el espesor del pie para repartir más la carga o elegir un material más resistente.

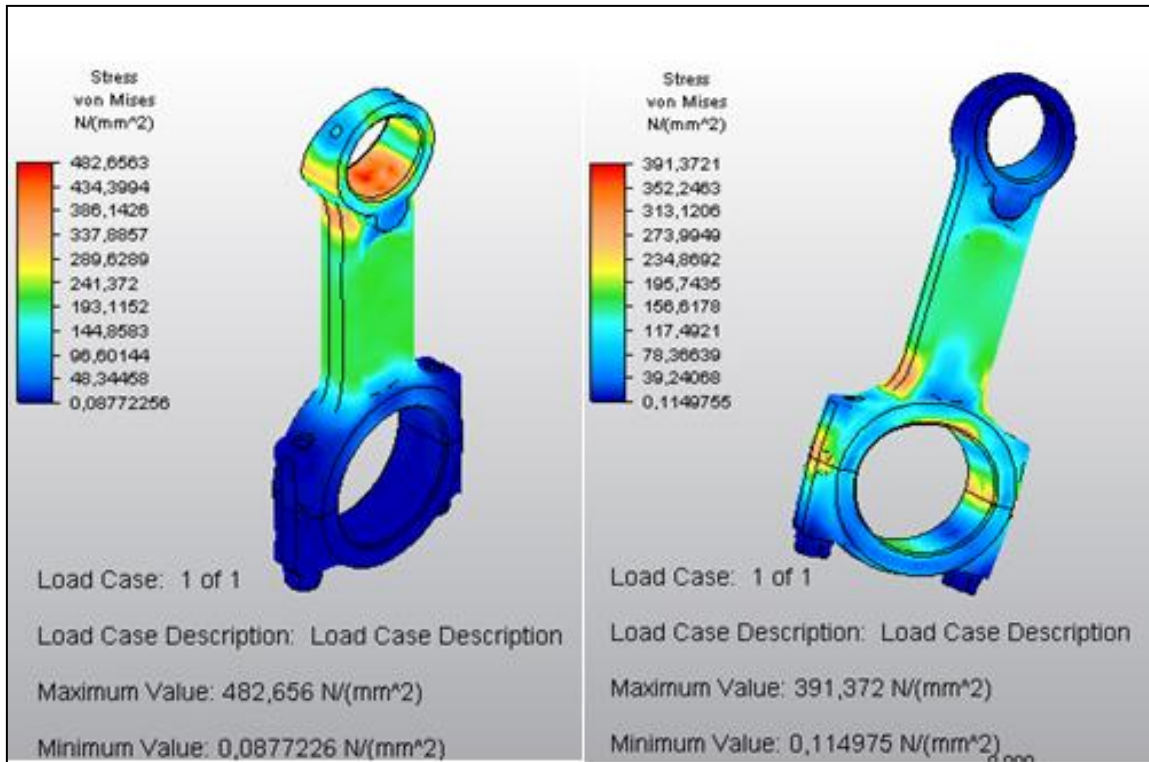


Imagen 76. Resultados de esfuerzos a tracción.

✓ **Pandeo en el cuerpo de biela.**

Como ya se ha mencionado en este trabajo, la principal función del cuerpo de biela es soportar y transmitir los esfuerzos de compresión a los que se ve sometida la biela. Es por esta razón, por la que debemos evaluar si nuestro cuerpo tiene riesgo de sufrir o no el fenómeno de pandeo.

El pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión. Por tanto, debemos evitar con nuestro diseño que se pueda producir este fenómeno. Una de las maneras de cuantificar y controlar cuándo se produce pandeo, es mediante el cálculo de la carga crítica de pandeo que responde a la siguiente ecuación:

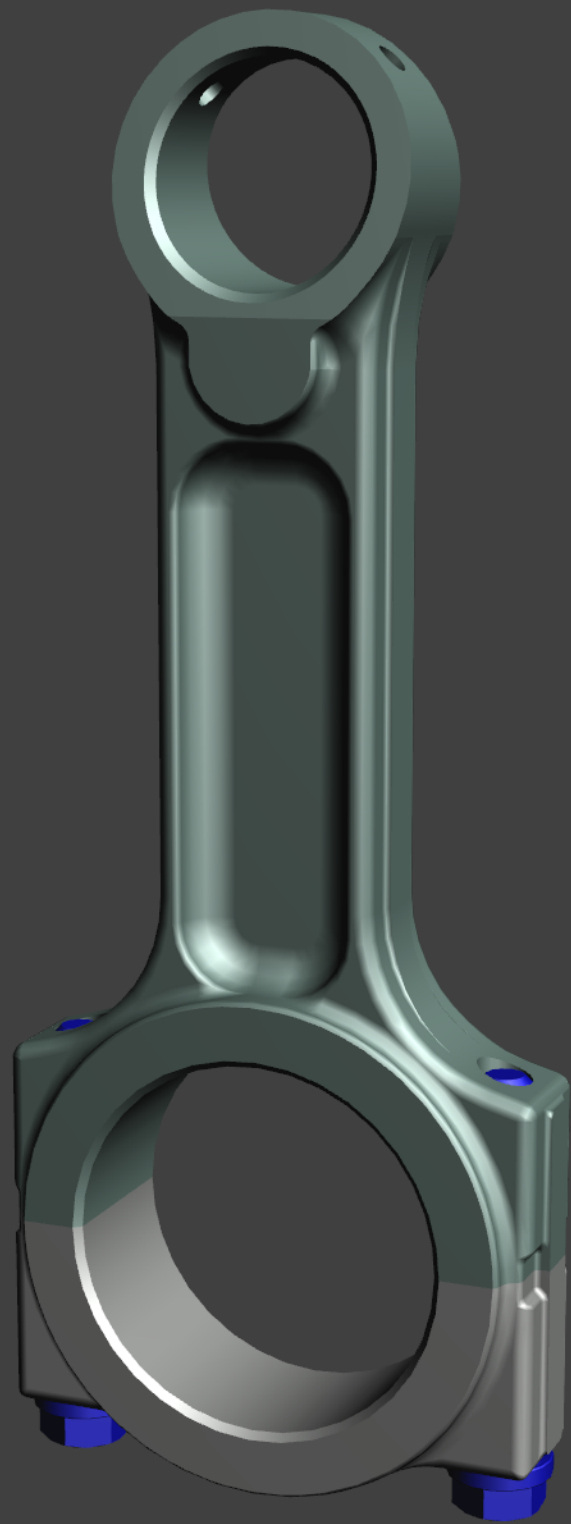
$$F_{crit} = \pi^2 \frac{EI_{min}}{(\alpha L)^2} \quad \begin{cases} \alpha = 0,5 & \text{empotrado-empotrado} \\ \alpha \approx 0,70 & \text{articulado-empotrado} \\ \alpha = 2 & \text{libre-empotrado} \end{cases}$$

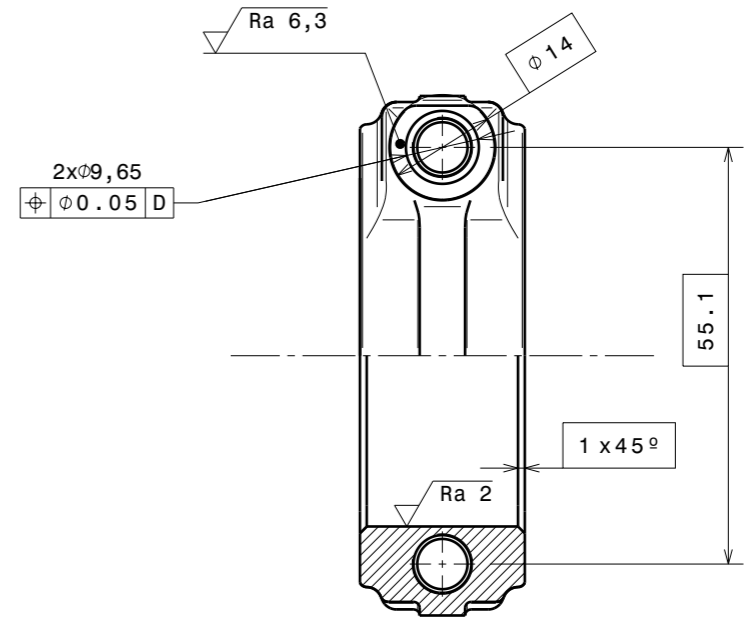
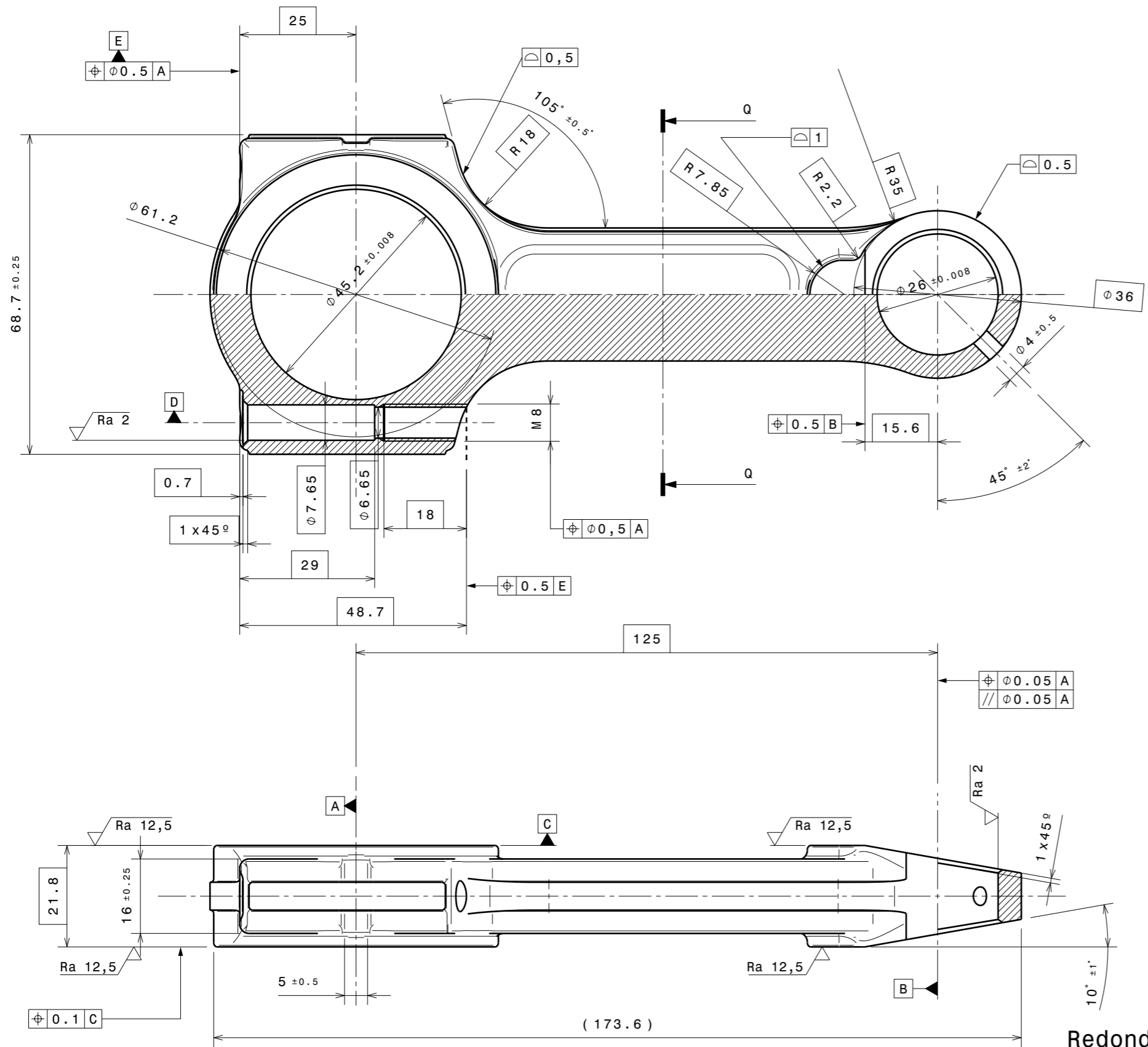
Como nosotros tenemos los datos de la simulación en forma de carga por superficie, debemos además dividir por el área de la sección el anterior resultado. Como vamos a utilizar los datos obtenidos en la simulación, aplicaremos por coherencia un valor de $\alpha=2$. El valor del módulo elástico es de $2,1 \cdot 10^{11}$ Pa, la longitud de nuestro cuerpo de biela es de 64,36 mm = 0.06436 m y el menor momento de inercia de la sección es el $I_y = 3037,4 \text{ mm}^4 = 3,037 \cdot 10^{-9}$. Con estos datos, obtenemos una carga crítica de pandeo de 379952,2 N. Como el área de la sección es de $242,58 \text{ mm}^2$, la carga que no se debe superar en el alma para evitar el fenómeno de pandeo es $\sigma_{\text{pandeo}} = 1566,3 \text{ MPa}$.

Tomando el mayor valor obtenido de las dos simulaciones realizadas, tenemos una carga máxima de compresión en el alma de 240 Mpa aproximadamente. Podemos afirmar por tanto, que nuestra biela no va a sufrir pandeo en ningún caso, además de considerar que el cuerpo está sobredimensionado. Por tanto, una vez realizados los ensayos correspondientes en la siguiente fase del proyecto, si no hay ningún problema se podría considerar reducir la sección para abaratar costes.

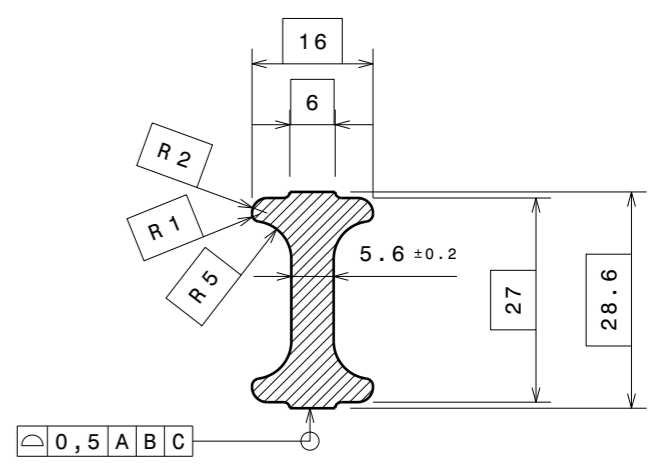
k. Documentación de validación (3D, plano y ficha de material).

Como resultado final de nuestro trabajo, se pueden encontrar al final de este documento el plano y la ficha de material de nuestra biela. Además en los CDs entregados se podrá encontrar un archivo 3D en PDF con nuestra pieza. También se ha construido un prototipo mediante impresión 3D que será mostrado en la presentación.





SECCIÓN Q-Q



Redondeo general de 2 mm

Formato	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica	
A3	Julio 2016	Adrián Francisco González			
Escala	TFG Diseño de una biela para un motor de combustión			Material	Plancha
1:1				AISI 4150	1/1
				Forjado $\sqrt{Ra\ 2}$, $\sqrt{Ra\ 6,3}$, $\sqrt{Ra\ 12,5}$	

AISI 4150 Normalizado a 870°C y templado en aire

Composición química

Carbono, C	0.48-0.53 %
Cromo, Cr	0.80-1.10 %
Hierro, Fe	96.75-97.67 %
Manganeso, Mn	0.75-1.00 %
Molibdeno, Mb	0.15-0.25%
Fósforo, P	≤0.04%
Silicio, Si	0.15-0.30 %
Azufre, S	≤0.04 %

Propiedades físicas

Densidad	7.85 g/cm ³
----------	------------------------

Propiedades mecánicas

Módulo de Elasticidad	205 Gpa
Límite Elástico	717 Mpa
Tensión última	1095 Mpa
Elongación de rotura	13.50%
Dureza Rockwell B	0.99
Dureza Rockwell C	0.34
Dureza Vickers	329
Módulo de Elasticidad	205 Gpa
Maquinabilidad	55%
Coefficiente de Poisson	0.29

Propiedades Térmicas

Capacidad Calorífica Específica	0.475 J/(g°C)
Conductividad térmica	44.5 W/(mK)

Estas propiedades son el resultado de ensayos de tracción realizados con una probeta de 50 mm de diámetro según norma UNE-EN 10002-1.

5. Conclusiones

- El diseño mecánico de una pieza que forma parte de una máquina, integra el conocimiento de campos muy diversos que deben trabajar en conjunto para obtener un resultado final válido. Con la realización de este trabajo, se ha comprendido y realizado todo ese trabajo de conjunto hasta obtener como resultado la pieza deseada.
- En la realización de este trabajo, se ha investigado y recabado mucha información de diferentes fuentes para poder en primer lugar comprender el funcionamiento del mecanismo biela-manivela y su influencia en las prestaciones finales del motor. De la misma manera, se ha profundizado en temas como el análisis de mecanismos, el diseño de máquinas o la resistencia de materiales para poder extraer conclusiones válidas de los análisis realizados.
- Como se dijo en la introducción, la ingeniería evoluciona muy rápidamente gracias al gran avance de la tecnología. Con este trabajo se han obtenido amplios conocimientos sobre diferentes programas que nos permiten simular por ejemplo, las prestaciones de un motor, el funcionamiento de un mecanismo o el comportamiento en servicio de un componente mecánico, y que tienen en la industria una aplicación muy reciente.
- El conocimiento sobre las diferentes fases que tiene un proyecto y que acciones se llevan a cabo en cada una de ellas, permite tener una visión global muy importante a la hora de encarar un proyecto y planificarlo.
- En cuanto a los resultados de este trabajo, se ha obtenido y justificado una solución válida según las simulaciones realizadas, cumpliendo el objetivo de disminuir la longitud de la biela que nos permita compactar más el motor y reducir su peso. De esta manera el consumo y las emisiones de nuestro motor serán menores, que es uno de los grandes objetivos actualmente de la industria automovilística.
- Se han propuesto de manera justificada posibles acciones a realizar después de la fase de ensayos para optimizar nuestra pieza en cuanto a coste y comportamiento, como reducir el área de la sección del cuerpo o aumentar el ancho del pie.
- Se han obtenido conocimientos sobre cuál es la documentación que se debe presentar después de la fase de diseño y se ha realizado esa documentación, además de construir un prototipo mediante una impresora 3D.

6. Anexos

Anexo 1. Cálculo de los momentos de inercia de la sección.

Para calcular los momentos de inercia de nuestra sección del cuerpo de biela, se ha modelado una sección con un área equivalente pero sin redondeos, que represente a la sección real. De esta manera, obtendremos unos momentos de inercia similares y el cálculo será mucho más sencillo. La sección que se ha obtenido para el cálculo se muestra en la *Imagen 77*.

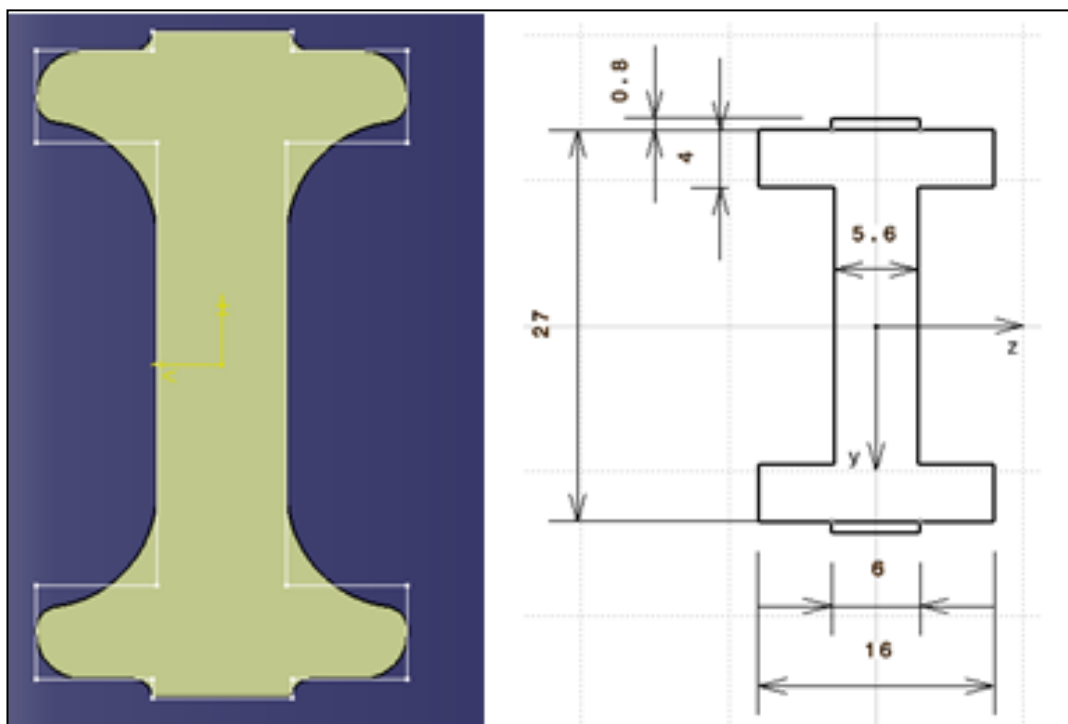


Imagen 77. Sección para el cálculo de momentos.

Se va a considerar como vemos en la parte derecha de la imagen, que tenemos una sección tipo I y dos placas colocadas en sus alas. Por tanto tenemos:

$$I_z^{total} = 2 * I_z^{ala} + I_z^{alma} + 2 * I_z^{placa}$$

$$I_y^{total} = 2 * I_y^{ala} + I_y^{alma} + 2 * I_y^{placa}$$



Con esos datos, vamos a calcular primero el momento I_z^{total} :

$$I_z^{ala} = \frac{1}{12} * 16 * 4^3 + 16 * 4 * \left(\frac{27}{2}\right)^2 = 11749,3 \text{ mm}^4$$

$$I_z^{alma} = \frac{1}{12} * 5,6 * 19^3 = 3200,9 \text{ mm}^4$$

$$I_z^{placa} = \frac{1}{12} * 6 * 0,8^3 + 6 * 0,8 * 13,9^2 = 927,66 \text{ mm}^4$$

$$I_z^{total} = 2 * 11749,3 + 3200,9 + 2 * 927,66 = 28554,82 \text{ mm}^4$$

De la misma manera, pasamos a calcular el momento I_y^{total} :

$$I_y^{ala} = \frac{1}{12} * 4 * 16^3 = 1365,3 \text{ mm}^4$$

$$I_y^{alma} = \frac{1}{12} * 19 * 5,6^3 = 278 \text{ mm}^4$$

$$I_y^{placa} = \frac{1}{12} * 0,8 * 6^3 = 14,4 \text{ mm}^4$$

$$I_y^{total} = 2 * 1365,3 + 278 + 2 * 14,4 = 3037,4 \text{ mm}^4$$

Ya tenemos calculados los momentos de inercia que caracterizan la sección de nuestro cuerpo de biela y que serán utilizados más adelante en algunos cálculos.

Anexo 2. Fuerzas en pie y cabeza de biela.

Fuerza en la cabeza							
alpha (°)	Fx (N)	Fy (N)	beta (°)	Fxc' (N)	Fyc' (N)	F total (N)	γ (°)
360	-1.60E-08	15270	-9.78E-10	-2.7676E-07	15270	15270	-1.0384E-09
361	13.598	14560	-0.322	-68.2284044	14559.6936	14559.8535	-0.26849267
362	27.114	14550	-0.644	-136.425111	14548.7762	14549.4158	-0.53725165
363	40.468	14530	-0.966	-204.500211	14527.2527	14528.692	-0.80649971
364	53.576	14510	-1.287	-272.33935	14505.1362	14507.6926	-1.07562328
365	66.356	14490	-1.608	-340.277069	14482.4319	14486.4289	-1.34596548
366	78.719	14450	-1.929	-407.727657	14439.1615	14444.917	-1.61746704
367	90.577	14410	-2.249	-474.975406	14395.3458	14403.1796	-1.88979252
368	101.84	14360	-2.568	-541.6628	14341.016	14351.2417	-2.16304388
369	112.416	14310	-2.887	-608.468953	14286.1759	14299.1278	-2.43883636
370	122.212	14250	-3.205	-674.677204	14220.8787	14236.874	-2.71623109
371	131.456	14190	-3.522	-740.509401	14155.1235	14174.4798	-2.99463454
372	139.279	14110	-3.839	-805.741299	14069.0138	14092.0675	-3.27778495
373	146.005	14030	-4.154	-870.676381	13982.5663	14009.648	-3.56313386
374	151.548	13940	-4.468	-934.870615	13885.8304	13917.2651	-3.85165511
375	155.82	13840	-4.781	-998.250034	13778.8573	13814.9705	-4.14372246
376	158.738	13740	-5.092	-1061.38522	13671.6858	13712.8236	-4.43918629
377	160.22	13630	-5.402	-1123.66156	13554.3812	13600.8774	-4.73899798
378	160.186	13510	-5.711	-1184.99979	13427.0027	13479.1923	-5.04357001
379	158.56	13390	-6.018	-1246.13343	13299.5842	13357.8363	-5.35282455
380	155.269	13260	-6.323	-1306.04314	13162.2368	13226.8752	-5.66671221
381	150.241	13120	-6.626	-1364.652	13015.029	13086.3767	-5.98570629
382	143.41	12980	-6.928	-1423.31037	12867.9283	12946.4046	-6.3117796
383	134.711	12830	-7.228	-1480.60518	12711.0952	12797.0361	-6.64394799
384	124.083	12680	-7.526	-1537.76263	12554.5166	12648.3438	-6.98319264
385	111.469	12510	-7.821	-1591.91231	12378.4638	12480.4067	-7.32820767
386	96.816	12350	-8.115	-1647.48457	12212.6696	12323.2911	-7.68279964
387	80.073	12170	-8.406	-1699.87844	12027.5525	12147.0821	-8.04444941
388	61.196	12000	-8.695	-1753.60201	11852.8337	11981.8524	-8.41574244
389	40.142	11810	-8.981	-1803.97294	11658.9449	11797.6826	-8.79555057
390	16.875	11620	-9.265	-1854.17625	11465.6915	11614.6481	-9.18607021
391	-8.638	11430	-9.546	-1904.06265	11273.1587	11432.8283	-9.58690831
392	-36.427	11230	-9.825	-1952.17375	11071.5115	11242.3018	-9.99983715
393	-66.515	11020	-10.1	-1998.02555	10860.8896	11043.1439	-10.423879
394	-98.921	10810	-10.373	-2043.70562	10651.1373	10845.4349	-10.8617146
395	-133.659	10590	-10.643	-2087.216	10432.5058	10639.2503	-11.3137074



396	-170.738	10370	-10.91	-2130.349	10214.8845	10434.6659	-11.7803734
397	-210.164	10150	-11.174	-2173.14022	9998.31594	10231.7574	-12.2625481
398	-251.936	9919.202	-11.434	-2213.30879	9772.28618	10019.7961	-12.7615236
399	-296.047	9685.702	-11.691	-2252.55287	9544.75778	9806.95648	-13.2787797
400	-342.487	9448.076	-11.945	-2290.56428	9314.37971	9591.89001	-13.815855
401	-391.239	9206.478	-12.196	-2327.33786	9081.34554	9374.8247	-14.3742177
402	-442.282	8961.07	-12.443	-2362.71925	8845.87978	9155.98336	-14.9545024
403	-495.589	8712.016	-12.686	-2396.71772	8608.17552	8935.59968	-15.5584483
404	-551.128	8459.481	-12.925	-2429.34237	8368.42275	8713.90864	-16.1879451
405	-608.862	8203.636	-13.161	-2460.74018	8126.79085	8491.17023	-16.845976
406	-668.746	7944.653	-13.393	-2490.77137	7883.49269	8267.61144	-17.5338116
407	-730.733	7682.707	-13.621	-2519.44569	7638.71536	8043.48053	-18.2538907
408	-794.77	7417.975	-13.845	-2546.77183	7392.64325	7819.02941	-19.0088728
409	-860.796	7150.638	-14.065	-2572.75586	7145.45932	7594.51523	-19.8016483
410	-928.75	6880.878	-14.28	-2597.29589	6897.35805	7370.17599	-20.6345614
411	-998.56	6608.879	-14.492	-2620.62616	6648.48606	7146.33111	-21.5128146
412	-1070.153	6334.827	-14.699	-2642.53496	6399.04369	6923.20382	-22.4385593
413	-1143.45	6058.911	-14.902	-2663.14156	6149.18934	6701.1083	-23.4168688
414	-1218.367	5781.319	-15.1	-2682.35966	5899.09536	6480.30705	-24.4516229
415	-1294.816	5502.242	-15.294	-2700.29775	5648.91661	6261.13942	-25.5487541
416	-1372.702	5221.872	-15.483	-2716.87776	5398.81487	6043.89169	-26.7131843
417	-1451.929	4940.401	-15.667	-2732.12131	5148.93998	5828.89953	-27.9512356
418	-1532.394	4658.023	-15.847	-2746.11818	4899.44167	5616.55532	-29.2704624
419	-1613.994	4374.931	-16.022	-2758.80878	4650.46298	5407.20185	-30.6778227
420	-1696.617	4091.318	-16.192	-2770.20942	4402.13974	5201.23971	-32.1816746
421	-1780.151	3807.379	-16.357	-2780.33994	4154.60627	4999.10426	-33.7911755
422	-1864.481	3523.306	-16.518	-2789.26895	3908.0036	4801.3033	-35.5166816
423	-1949.487	3239.292	-16.673	-2796.90872	3662.43066	4608.26396	-37.3680873
424	-2035.046	2955.527	-16.823	-2803.32994	3418.01549	4420.5756	-39.3573375
425	-2121.036	2672.204	-16.968	-2808.55233	3174.87531	4238.84412	-41.4965574
426	-2207.329	2389.509	-17.107	-2812.56135	2933.09164	4063.68404	-43.7982456
427	-2293.798	2107.631	-17.242	-2815.43696	2692.81748	3895.88902	-46.275253
428	-2380.312	1826.753	-17.371	-2817.14099	2454.0983	3736.1587	-48.939874
429	-2466.74	1547.059	-17.494	-2817.70452	2217.02176	3585.33739	-51.8036803
430	-2552.951	1268.728	-17.613	-2817.17339	1981.74024	3444.38097	-54.8755351
431	-2638.813	991.937	-17.725	-2815.53914	1748.2317	3314.14766	-58.1629222
432	-2724.193	716.861	-17.833	-2812.83828	1516.68488	3195.68337	-61.6664146
433	-2808.958	443.668	-17.935	-2809.083	1287.09311	3089.91197	-65.3832328
434	-2892.977	172.526	-18.031	-2804.30277	1059.52068	2997.7822	-69.3024501
435	-2976.119	-96.403	-18.121	-2798.52513	834.025205	2920.16112	-73.4047265
436	-3058.254	-362.961	-18.206	-2791.75428	610.712814	2857.77223	-77.6605883
437	-3139.255	-626.994	-18.285	-2784.0311	389.586465	2811.15755	-82.0339802
438	-3218.995	-888.354	-18.359	-2775.34862	170.748469	2780.59616	-86.4794149

439	-3297.349	-1146.897	-18.426	-2765.79201	-45.8739387	2766.17242	89.0497687
440	-3374.198	-1402.485	-18.488	-2755.31949	-260.124334	2767.57117	84.6068024
441	-3449.422	-1654.984	-18.544	-2743.98775	-472.027323	2784.2914	80.2393729
442	-3522.907	-1904.268	-18.594	-2731.82261	-681.554321	2815.55875	75.9914218
443	-3594.539	-2150.214	-18.639	-2718.79155	-888.607262	2860.32347	71.9005863
444	-3664.213	-2392.708	-18.677	-2705.02811	-1093.30444	2917.61747	67.9926778
445	-3731.823	-2631.641	-18.71	-2690.43888	-1295.48225	2986.09036	64.2885638
446	-3797.27	-2866.909	-18.736	-2675.17319	-1495.27381	3064.70151	60.7972248
447	-3860.459	-3098.416	-18.757	-2659.12168	-1692.51128	3152.06639	57.5235486
448	-3921.3	-3326.073	-18.772	-2642.37247	-1887.26174	3247.13553	54.4644353
449	-3979.707	-3549.795	-18.781	-2624.94904	-2079.51632	3348.84243	51.6133098
450	-4035.6	-3769.507	-18.784	-2606.87452	-2269.27154	3456.21008	48.9605882
451	-4088.904	-3985.138	-18.781	-2588.17252	-2456.52379	3568.35342	46.494878
452	-4139.55	-4196.626	-18.772	-2568.86642	-2641.27358	3684.48108	44.2037915
453	-4187.473	-4403.914	-18.757	-2548.97864	-2823.52236	3803.88888	42.0746352
454	-4232.614	-4606.952	-18.736	-2528.53185	-3003.27356	3925.95535	40.0948725
455	-4274.921	-4805.699	-18.71	-2507.44585	-3180.43659	4049.99526	38.252131
456	-4314.347	-5000.118	-18.677	-2485.94732	-3355.21119	4175.80845	36.5355335
457	-4350.85	-5190.179	-18.639	-2463.84878	-3527.40909	4302.69285	34.9337919
458	-4384.394	-5375.86	-18.594	-2441.38952	-3697.24169	4430.57321	33.4378709
459	-4414.949	-5557.145	-18.544	-2418.36902	-3864.51769	4558.8382	32.0378409
460	-4442.491	-5734.023	-18.488	-2394.92116	-4029.34989	4687.35617	30.7259424
461	-4467	-5906.49	-18.426	-2371.06793	-4191.75254	4815.88543	29.494703
462	-4488.464	-6074.549	-18.359	-2346.70813	-4351.63313	4944.06209	28.3366833
463	-4506.874	-6238.208	-18.285	-2322.11171	-4509.22204	5072.01008	27.2470851
464	-4522.227	-6397.481	-18.206	-2297.0482	-4664.3196	5199.26031	26.2189689
465	-4534.526	-6552.387	-18.121	-2271.66687	-4817.05039	5325.82809	25.2480385
466	-4543.777	-6702.951	-18.031	-2245.85379	-4967.3214	5451.43477	24.3289496
467	-4549.994	-6849.203	-17.935	-2219.76485	-5115.26067	5576.13197	23.4584091
468	-4553.192	-6991.177	-17.833	-2193.42204	-5260.88699	5699.82738	22.6327237
469	-4553.393	-7128.913	-17.725	-2166.8493	-5404.21983	5822.44175	21.8485672
470	-4550.623	-7262.455	-17.613	-2139.78073	-5545.05039	5943.5886	21.1011139
471	-4544.91	-7391.852	-17.494	-2112.66629	-5683.74041	6063.68402	20.3902773
472	-4536.287	-7517.155	-17.371	-2085.08902	-5819.96559	6182.19991	19.7108164
473	-4524.792	-7638.421	-17.242	-2057.36309	-5953.97503	6299.40962	19.0623069
474	-4510.465	-7755.708	-17.107	-2029.51234	-6085.78758	6415.27324	18.442714
475	-4493.348	-7869.08	-16.968	-2001.25003	-6215.1947	6529.4446	17.8482022
476	-4473.488	-7978.602	-16.823	-1972.9023	-6342.44563	6642.21048	17.2790026
477	-4450.933	-8084.342	-16.673	-1944.33451	-6467.44522	6753.39058	16.7325694
478	-4425.736	-8186.371	-16.518	-1915.56714	-6590.21324	6862.96642	16.2074815
479	-4397.948	-8284.763	-16.357	-1886.77697	-6710.88582	6971.07709	15.7034185
480	-4367.626	-8379.593	-16.192	-1857.66543	-6829.25342	7077.40228	15.2171743
481	-4334.826	-8470.937	-16.022	-1828.40999	-6945.45026	7182.08622	14.7486541



482	-4299.607	-8558.873	-15.847	-1799.03061	-7059.49579	7285.12127	14.2968578
483	-4262.028	-8643.482	-15.667	-1769.54562	-7171.41121	7386.50326	13.8608515
484	-4222.152	-8724.844	-15.483	-1739.81037	-7281.10299	7486.08048	13.4387673
485	-4180.038	-8803.041	-15.294	-1710.00606	-7388.70456	7584.0013	13.0308375
486	-4135.751	-8878.154	-15.1	-1680.15525	-7494.23292	7680.26358	12.6363712
487	-4089.352	-8950.268	-14.902	-1650.10592	-7597.60011	7774.72681	12.2536385
488	-4040.905	-9019.463	-14.699	-1620.04687	-7698.93212	7867.53505	11.8830927
489	-3990.474	-9085.825	-14.492	-1589.82679	-7798.14213	7958.55325	11.5231173
490	-3938.121	-9149.434	-14.28	-1559.63428	-7895.35392	8047.9235	11.1742447
491	-3883.91	-9210.375	-14.065	-1529.1445	-7990.37641	8135.3794	10.8338893
492	-3827.904	-9268.729	-13.845	-1498.71971	-8083.43871	8221.20077	10.5037203
493	-3770.165	-9324.577	-13.621	-1468.20577	-8174.45335	8305.25832	10.1822752
494	-3710.754	-9378.001	-13.393	-1437.61951	-8263.44017	8387.56182	9.86916846
495	-3649.734	-9429.08	-13.161	-1406.98096	-8350.41575	8468.11895	9.5640674
496	-3587.164	-9477.894	-12.925	-1376.30663	-8435.39875	8546.93933	9.26663854
497	-3523.103	-9524.52	-12.686	-1345.43867	-8518.30864	8623.90789	8.97553096
498	-3457.611	-9569.035	-12.443	-1314.57141	-8599.26107	8699.16024	8.69153336
499	-3390.743	-9611.514	-12.196	-1283.72074	-8678.27163	8772.70411	8.41437641
500	-3322.558	-9652.031	-11.945	-1252.90741	-8755.35437	8844.54675	8.14384218
501	-3253.109	-9690.659	-11.691	-1221.9702	-8830.43412	8914.58232	7.87864907
502	-3182.45	-9727.468	-11.434	-1190.92655	-8903.52811	8982.82354	7.61860195
503	-3110.634	-9762.527	-11.174	-1159.79414	-8974.65344	9049.28322	7.36352127
504	-3037.712	-9795.905	-10.91	-1128.76764	-9043.91272	9114.08106	7.11427797
505	-2963.734	-9827.667	-10.643	-1097.68711	-9111.23281	9177.11721	6.86967134
506	-2888.748	-9857.877	-10.373	-1066.56931	-9176.62875	9238.40275	6.62955425
507	-2812.801	-9886.598	-10.1	-1035.43121	-9240.11547	9297.94879	6.39379165
508	-2735.939	-9913.89	-9.825	-1004.11173	-9301.62918	9355.66917	6.16122592
509	-2658.206	-9939.81	-9.546	-972.985162	-9361.33594	9411.76449	5.93382078
510	-2579.645	-9964.417	-9.265	-941.710943	-9419.0984	9466.05695	5.70939523
511	-2500.298	-9987.765	-8.981	-910.485454	-9475.00278	9518.64809	5.48889428
512	-2420.203	-10010	-8.695	-879.130489	-9529.08278	9569.5501	5.2710512
513	-2339.401	-10030	-8.406	-848.017045	-9580.25887	9617.71766	5.05847408
514	-2257.929	-10050	-8.115	-816.657593	-9630.6365	9665.1999	4.84696537
515	-2175.822	-10070	-7.821	-785.27015	-9680.24617	9712.04485	4.63772921
516	-2093.115	-10090	-7.526	-753.535251	-9728.93198	9758.07014	4.42888954
517	-2009.842	-10100	-7.228	-723.108077	-9766.86425	9793.596	4.2342749
518	-1926.035	-10120	-6.928	-691.277672	-9813.78681	9838.10329	4.0292276
519	-1841.725	-10140	-6.626	-659.389732	-9859.75712	9881.78149	3.82606535
520	-1756.942	-10150	-6.323	-628.401182	-9894.75795	9914.69228	3.63388839
521	-1671.715	-10160	-6.018	-597.318684	-9928.74422	9946.6955	3.44279595
522	-1586.072	-10180	-5.711	-565.179716	-9971.64013	9987.64412	3.2439802
523	-1500.04	-10190	-5.402	-534.060009	-10003.5246	10017.7704	3.05595918
524	-1413.644	-10200	-5.092	-502.761739	-10034.2771	10046.8645	2.8683737

525	-1326.909	-10210	-4.781	-471.315247	-10063.8804	10074.9108	2.68133728
526	-1239.859	-10220	-4.468	-439.929562	-10092.3535	10101.9373	2.49596493
527	-1152.519	-10230	-4.154	-408.455879	-10119.6398	10127.8796	2.31135713
528	-1064.909	-10240	-3.839	-376.920073	-10145.7238	10152.7228	2.12759609
529	-977.052	-10240	-3.522	-346.145083	-10160.6375	10166.5319	1.95115565
530	-888.969	-10250	-3.205	-314.515043	-10184.2668	10189.1222	1.76887147
531	-800.681	-10260	-2.887	-282.906171	-10206.6507	10210.5708	1.58770794
532	-712.207	-10260	-2.568	-251.791946	-10217.7859	10220.8878	1.41162643
533	-623.567	-10270	-2.249	-220.067479	-10237.619	10239.984	1.23143831
534	-534.78	-10270	-1.929	-188.778049	-10246.1788	10247.9177	1.05551173
535	-445.865	-10280	-1.608	-157.220179	-10263.4403	10264.6444	0.87761491
536	-356.84	-10280	-1.287	-125.856055	-10269.3919	10270.1631	0.70215061
537	-267.723	-10290	-0.966	-94.204998	-10284.024	10284.4554	0.52483326
538	-178.533	-10290	-0.644	-62.8653771	-10287.3434	10287.5354	0.35012693
539	-89.286	-10290	-0.322	-31.455504	-10289.3357	10289.3838	0.17515825
540	-4.30E-09	-10290	-1.35E-09	2.3887E-07	-10290	10290	-1.3301E-09
541	89.307	-10300	0.322	31.4203044	-10299.3354	10299.3834	-0.17479237
542	178.617	-10300	0.644	62.836975	-10297.3418	10297.5335	-0.34962895
543	267.912	-10300	0.966	94.2253803	-10294.0194	10294.4506	-0.52443712
544	357.176	-10300	1.287	125.74276	-10289.3793	10290.1476	-0.70015602
545	446.389	-10300	1.608	157.182748	-10283.4177	10284.6189	-0.87570174
546	535.534	-10300	1.929	188.521791	-10276.1364	10277.8656	-1.05100701
547	624.593	-10300	2.249	219.915417	-10267.5556	10269.9105	-1.2270008
548	713.545	-10290	2.568	251.784451	-10247.6958	10250.7885	-1.4074661
549	802.373	-10290	2.887	283.085034	-10236.5275	10240.441	-1.58407672
550	891.055	-10290	3.205	314.361435	-10224.0876	10228.9193	-1.76112641
551	979.573	-10280	3.522	346.20405	-10200.4071	10206.2805	-1.94388512
552	1067.904	-10280	3.839	377.23023	-10185.4335	10192.4167	-2.12105118
553	1156.028	-10280	4.154	408.333786	-10169.2542	10177.449	-2.29940567
554	1243.923	-10270	4.468	440.086096	-10141.885	10151.4288	-2.48467298
555	1331.564	-10260	4.781	471.786681	-10113.3185	10124.3169	-2.67091385
556	1418.929	-10260	5.092	502.700569	-10093.5712	10106.0817	-2.85120512
557	1505.994	-10250	5.402	534.338982	-10062.6976	10076.8745	-3.03960656
558	1592.731	-10240	5.711	565.835017	-10030.6797	10046.6265	-3.22865814
559	1679.116	-10230	6.018	597.340035	-9997.58252	10015.4117	-3.41926895
560	1765.121	-10220	6.323	628.821096	-9963.43135	9983.25499	-3.61131327
561	1886.894	-10520	6.626	660.409618	-10232.007	10253.2974	-3.69294815
562	1958.225	-10390	6.928	690.664703	-10077.9326	10101.5713	-3.92048602
563	2030.571	-10270	7.228	722.283281	-9932.90524	9959.13147	-4.15901211
564	2103.97	-10170	7.526	753.818654	-9806.82108	9835.75021	-4.39549814
565	2178.432	-10090	7.821	785.134298	-9699.70496	9731.4291	-4.62766857
566	2253.934	-10020	8.115	816.937408	-9601.50084	9636.19246	-4.86326083
567	2330.428	-9970.167	8.406	847.887226	-9522.38039	9560.05445	-5.08828432



568	2407.845	-9929.091	8.695	879.145901	-9450.97188	9491.77365	-5.31445988
569	2486.093	-9897.887	8.981	910.485183	-9388.44417	9432.48998	-5.53918528
570	2565.064	-9875.032	9.265	941.711233	-9333.22705	9380.6155	-5.76157509
571	2644.635	-9859.109	9.546	972.985488	-9284.00303	9334.84939	-5.98289263
572	2724.669	-9848.808	9.825	1004.11258	-9239.4248	9293.8266	-6.2023893
573	2805.019	-9842.914	10.1	1035.43052	-9198.47313	9256.56655	-6.42249141
574	2885.532	-9840.308	10.373	1066.56927	-9159.92595	9221.81183	-6.64153485
575	2966.044	-9839.961	10.643	1097.68681	-9122.88868	9188.68947	-6.86097612
576	3046.39	-9840.93	10.91	1128.76705	-9086.48146	9156.32352	-7.08128419
577	3126.402	-9842.353	11.174	1159.79381	-9049.91053	9123.92472	-7.30294957
578	3205.907	-9843.447	11.434	1190.92645	-9012.55526	9090.89975	-7.52750044
579	3284.737	-9843.501	11.691	1221.97116	-8973.69647	9056.51378	-7.75441733
580	3362.721	-9841.877	11.945	1252.90782	-8932.77694	9020.21518	-7.98419858
581	3439.694	-9838.002	12.196	1283.71987	-8889.30672	8981.52051	-8.21737131
582	3515.491	-9831.364	12.443	1314.56829	-8842.95688	8940.1329	-8.45550118
583	3589.956	-9821.512	12.686	1345.4379	-8793.3691	8895.70364	-8.69912993
584	3662.933	-9808.053	12.925	1376.30747	-8740.24507	8847.94361	-8.94876037
585	3734.278	-9790.642	13.161	1406.98097	-8683.23133	8796.48236	-9.20388593
586	3803.849	-9768.986	13.393	1437.61923	-8622.22851	8741.25698	-9.46607958
587	3871.514	-9742.837	13.621	1468.20477	-8557.08217	8682.12419	-9.73588075
588	3937.147	-9711.992	13.845	1498.71772	-8487.682	8618.98489	-10.0138159
589	4000.633	-9676.286	14.065	1529.14136	-8413.95338	8551.77671	-10.3004409
590	4061.863	-9635.592	14.28	1559.63679	-8335.96827	8480.61518	-10.5973618
591	4120.738	-9589.816	14.492	1589.82499	-8253.49955	8405.22446	-10.9030221
592	4177.166	-9538.899	14.699	1620.0461	-8166.79311	8325.92692	-11.2200999
593	4231.066	-9482.808	14.902	1650.1022	-8075.78515	8242.64176	-11.5481249
594	4282.366	-9421.537	15.1	1680.1543	-7980.66046	8155.60298	-11.8887629
595	4331.001	-9355.107	15.294	1710.00314	-7881.39934	8064.77317	-12.2415549
596	4376.917	-9283.558	15.483	1739.80883	-7778.2262	7970.42895	-12.608203
597	4420.066	-9206.95	15.667	1769.54986	-7671.26741	7872.71557	-12.9893506
598	4460.41	-9125.363	15.847	1799.03106	-7560.54556	7771.63831	-13.384617
599	4497.92	-9038.889	16.022	1828.41033	-7446.32562	7667.51913	-13.7957717
600	4532.574	-8947.637	16.192	1857.66731	-7328.7677	7560.53991	-14.2235388
601	4564.355	-8851.725	16.357	1886.7801	-7208.0366	7450.88792	-14.6686641
602	4593.259	-8751.284	16.518	1915.56242	-7084.18298	7338.5985	-15.1309291
603	4619.282	-8646.451	16.673	1944.33155	-6957.62106	7224.18964	-15.6132066
604	4642.432	-8537.37	16.823	1972.89963	-6828.40515	7107.70355	-16.1153486
605	4662.719	-8424.191	16.968	2001.24571	-6696.71173	6989.34421	-16.6382524
606	4680.162	-8307.069	17.107	2029.5147	-6562.83718	6869.48046	-17.1838833
607	4694.782	-8186.16	17.242	2057.35962	-6426.71294	6747.98991	-17.751234
608	4706.607	-8061.621	17.371	2085.08643	-6288.74899	6625.40182	-18.3433644
609	4715.668	-7933.611	17.494	2112.6705	-6149.11134	6501.91871	-18.9613533
610	4721.999	-7802.288	17.613	2139.77698	-6007.72112	6377.41002	-19.6044326

611	4725.64	-7667.806	17.725	2166.85424	-5865.09052	6252.563	-20.276721
612	4726.632	-7530.319	17.833	2193.41999	-5721.01003	6127.07491	-20.9766905
613	4725.019	-7389.976	17.935	2219.76029	-5575.85878	6001.46123	-21.7075983
614	4720.847	-7246.923	18.031	2245.85125	-5429.76974	5875.90395	-22.4708747
615	4714.163	-7101.301	18.121	2271.66834	-5282.86768	5750.5798	-23.2680273
616	4705.017	-6953.244	18.206	2297.04814	-5135.15085	5625.49593	-24.0998527
617	4693.46	-6802.882	18.285	2322.11353	-4986.84411	5500.98404	-24.9689428
618	4679.542	-6650.339	18.359	2346.70402	-4837.93254	5377.04482	-25.8763261
619	4663.314	-6495.73	18.426	2371.07069	-4688.73293	5254.15957	-26.8255141
620	4644.829	-6339.166	18.488	2394.92201	-4539.09892	5132.16041	-27.8170515
621	4624.139	-6180.75	18.544	2418.37096	-4389.21564	5011.3603	-28.8538944
622	4601.294	-6020.576	18.594	2441.39355	-4239.14394	4891.90595	-29.9383563
623	4576.346	-5858.733	18.639	2463.84499	-4088.82865	4773.788	-31.0723121
624	4549.346	-5695.302	18.677	2485.95034	-3938.53166	4657.46506	-32.2595918
625	4520.342	-5530.358	18.71	2507.44252	-3788.07475	4542.77209	-33.5017937
626	4489.386	-5363.966	18.736	2528.53814	-3637.69512	4430.1615	-34.8029117
627	4456.525	-5196.188	18.757	2548.98173	-3487.2043	4319.47933	-36.1650409
628	4421.807	-5027.078	18.772	2568.86724	-3336.71989	4211.03058	-37.5918827
629	4385.279	-4856.683	18.781	2588.17191	-3186.24586	4104.97217	-39.0867868
630	4346.988	-4685.045	18.784	2606.8733	-3035.77992	4001.46825	-40.6532197
631	4306.981	-4512.203	18.781	2624.94875	-2885.3155	3900.69244	-42.2947161
632	4265.301	-4338.188	18.772	2642.37322	-2734.83837	3802.82489	-44.0148535
633	4221.996	-4163.029	18.757	2659.12596	-2584.32951	3708.06012	-45.8172532
634	4177.11	-3986.752	18.736	2675.18233	-2433.76713	3616.60379	-47.7054076
635	4130.69	-3809.38	18.71	2690.43436	-2283.03493	3528.5529	-49.6829018
636	4082.78	-3630.934	18.677	2705.03242	-2132.28525	3444.39266	-51.7524868
637	4033.428	-3451.434	18.639	2718.78571	-1981.30884	3364.13146	-53.9173913
638	3982.681	-3270.902	18.594	2731.83225	-1830.24893	3288.26984	-56.1790536
639	3930.587	-3089.359	18.544	2743.99219	-1678.90288	3216.86307	-58.5397534
640	3877.199	-2906.831	18.488	2755.32346	-1527.32652	3150.32279	-60.9995898
641	3822.566	-2723.344	18.426	2765.79982	-1375.49035	3088.95165	-63.5578764
642	3766.745	-2538.932	18.359	2775.33657	-1223.29303	3032.97526	-66.213417
643	3709.792	-2353.634	18.285	2784.0376	-1070.86892	2982.8888	-68.9609609
644	3651.766	-2167.496	18.206	2791.75587	-918.052406	2938.82988	-71.7968556
645	3592.732	-1980.573	18.121	2798.53165	-764.911423	2901.18405	-74.7129573
646	3532.756	-1792.93	18.031	2804.29112	-611.378407	2870.1624	-77.701091
647	3471.909	-1604.647	17.935	2809.06514	-457.539328	2846.08313	-80.7489267
648	3410.266	-1415.812	17.833	2812.8301	-303.414439	2829.14713	-83.8434218
649	3347.906	-1226.535	17.725	2815.55966	-149.044168	2819.50179	-86.969825
650	3284.914	-1036.939	17.613	2817.16054	5.64008433	2817.16619	89.8852914
651	3221.38	-847.167	17.494	2817.72272	160.381713	2822.2834	86.7423015
652	3157.4	-657.385	17.371	2817.12853	315.263603	2834.71414	83.6146226
653	3093.073	-467.78	17.242	2815.4206	470.053688	2854.39024	80.521503



654	3028.507	-278.566	17.107	2812.57485	624.615394	2881.09731	77.4789817
655	2963.815	-89.984	16.968	2808.53319	778.885724	2914.53627	74.4998004
656	2899.115	97.694	16.823	2803.31694	932.563488	2954.36296	71.5995572
657	2834.533	284.165	16.673	2796.89254	1085.47146	3000.14269	68.7888123
658	2770.199	469.089	16.518	2789.24393	1237.34334	3051.37678	66.0773299
659	2706.253	652.09	16.357	2780.36154	1387.83586	3107.49074	63.4736197
660	2642.836	832.752	16.192	2770.22039	1536.69229	3167.89271	60.9820607
661	2580.099	1010.616	16.022	2758.81361	1683.48334	3231.89862	58.6076216
662	2518.197	1185.174	15.847	2746.12604	1827.77337	3298.78215	56.3529598
663	2457.291	1355.873	15.667	2732.14434	1969.08028	3367.77224	54.2193782
664	2397.545	1522.107	15.483	2716.86757	2106.89979	3438.0803	52.2068304
665	2339.132	1683.215	15.294	2700.2768	2240.60164	3508.81611	50.315219
666	2282.224	1838.476	15.1	2682.3561	2369.5279	3579.06366	48.5434065
667	2226.999	1987.109	14.902	2663.11649	2492.98636	3647.89946	46.8898388
668	2173.637	2128.27	14.699	2642.52809	2610.15733	3714.28001	45.3530927
669	2122.321	2261.042	14.492	2620.6083	2720.20134	3777.17927	43.9316976
670	2073.234	2384.44	14.28	2597.32274	2822.15076	3835.44265	42.6244345
671	2026.557	2497.4	14.065	2572.72654	2915.02853	3887.97032	41.4307658
672	1982.473	2598.781	13.845	2546.75368	2997.67575	3933.44813	40.3504334
673	1941.16	2687.358	13.621	2519.43274	3068.91534	3970.6149	39.3843587
674	1902.793	2761.817	13.393	2490.76205	3127.44928	3998.10387	38.5345048
675	1867.542	2820.753	13.161	2460.74131	3171.88055	4014.48303	37.8042691
676	1835.568	2862.668	12.925	2429.36993	3200.70999	4018.25618	37.1988508
677	1807.025	2885.96	12.686	2396.69174	3212.34546	4007.90402	36.7261702
678	1782.054	2888.926	12.443	2362.66689	3205.04363	3981.7709	36.3965825
679	1760.787	2869.752	12.196	2327.30111	3176.96135	3938.19932	36.2248528
680	1743.337	2826.511	11.945	2290.5985	3126.13086	3875.50457	36.2312163
681	1729.801	2757.16	11.691	2252.60859	3050.47735	3792.05189	36.4438146
682	1720.256	2659.531	11.434	2213.33809	2947.77102	3686.22022	36.9011063
683	1714.759	2531.329	11.174	2172.79684	2815.64484	3556.52949	37.6569062
684	1713.337	2370.128	10.91	2130.95622	2651.56743	3401.73254	38.7874152
685	1715.993	2173.364	10.643	2087.86919	2452.90066	3221.1674	40.4038889
686	1722.696	1938.328	10.373	2043.54786	2216.82991	3015.03279	42.6708965
687	1733.383	1662.166	10.1	1998.00969	1940.38541	2785.16396	45.8382582
688	1747.951	1341.871	9.825	1951.29087	1620.45989	2536.41998	50.2918834
689	1766.256	974.276	9.546	1903.3716	1253.6998	2279.16358	56.6281758
690	1788.11	556.051	9.265	1854.30751	836.684316	2034.32961	65.7145705
691	1813.274	83.697	8.981	1804.10924	365.73552	1840.8076	78.5400976
692	1841.458	-446.461	8.695	1752.80073	-162.948263	1760.35864	-84.6887913
693	1872.312	-1038.278	8.406	1700.41545	-753.41684	1859.85205	-66.102917
694	1905.426	-1695.797	8.115	1646.96706	-1409.84581	2167.98656	-49.435631
695	1940.324	-2423.253	7.821	1592.52207	-2136.67523	2664.86539	-36.6981631
696	1976.457	-3225.079	7.526	1537.02266	-2938.42805	3316.14205	-27.6130087

697	2013.202	-4105.912	7.228	1480.60588	-3819.98652	4096.88794	-21.1860585
698	2049.854	-5070.602	6.928	1423.26098	-4786.32163	4993.45036	-16.5603764
699	2085.621	-6124.215	6.626	1365.0297	-5842.65288	5999.99157	-13.1502409
700	2119.621	-7272.04	6.323	1305.83318	-6994.36205	7115.21614	-10.5752565
701	2150.873	-8519.597	6.018	1245.81737	-8247.14611	8340.7122	-8.59017707
702	2178.294	-9872.643	5.711	1185.04755	-9606.87623	9679.69052	-7.03214518
703	2200.692	-11340	5.402	1123.33566	-11082.4555	11139.2416	-5.78782542
704	2216.76	-12920	5.092	1061.29401	-12672.2618	12716.6255	-4.78731394
705	2225.069	-14630	4.781	997.954687	-14393.642	14428.1961	-3.96614245
706	2224.066	-16460	4.468	935.035204	-16236.7182	16263.6191	-3.29589176
707	2212.059	-18440	4.154	870.500723	-18231.3213	18252.0916	-2.7336563
708	2187.22	-20560	3.839	805.757098	-20367.4249	20383.3569	-2.26550088
709	2147.571	-22830	3.522	741.027053	-22654.9515	22667.0675	-1.87343551
710	2090.981	-25270	3.205	674.899263	-25113.571	25122.638	-1.53938977
711	2298.521	-33490	2.887	608.835131	-33331.7268	33337.2868	-1.04644457
712	2167.44	-36220	2.568	542.424412	-36086.5138	36090.5902	-0.86116075
713	2015.613	-39220	2.249	474.974433	-39110.6922	39113.5763	-0.69578652
714	1834.821	-42370	1.929	407.562898	-42284.2272	42286.1913	-0.55223691
715	1619.731	-45570	1.608	340.343805	-45506.6032	45507.8759	-0.42850704
716	1367.521	-48740	1.287	272.451316	-48696.9892	48697.7514	-0.32055673
717	1077.536	-51800	0.966	204.082417	-51774.4717	51774.8739	-0.2258449
718	750.953	-54680	0.644	136.319659	-54668.1055	54668.2755	-0.1428717
719	390.469	-57340	0.322	68.2160127	-57336.9001	57336.9407	-0.06816706
720	-3.17E-08	-59730	-1.95E-09	2.0043E-06	-59730	59730	-1.9226E-09
721	-415.593	-61810	-0.322	-68.2185261	-61806.6883	61806.7259	0.06323963
722	-850.765	-63560	-0.644	-136.316962	-63546.4228	63546.569	0.12290817
723	-1299.523	-64970	-0.966	-204.003759	-64938.8574	64939.1778	0.17999263
724	-1755.648	-66010	-1.287	-272.587593	-65953.915	65954.4783	0.23680216
725	-2212.891	-66700	-1.608	-340.336848	-66611.6376	66612.507	0.29273707
726	-2665.154	-67020	-1.929	-407.680685	-66892.3083	66893.5507	0.34918953
727	-3106.645	-67000	-2.249	-475.012831	-66826.4792	66828.1674	0.4072603
728	-3532.018	-66640	-2.568	-542.662393	-66414.8245	66417.0415	0.46814206
729	-3936.485	-65970	-2.887	-608.821633	-65688.0053	65690.8266	0.53102406
730	-4315.913	-65000	-3.205	-675.101147	-64657.036	64660.5603	0.59821859
731	-4666.898	-63760	-3.522	-741.192543	-63352.8796	63357.2152	0.67029735
732	-4986.814	-62280	-3.839	-805.78721	-61806.369	61811.6214	0.74693905
733	-5273.85	-60600	-4.154	-870.284179	-60058.7767	60065.0818	0.83018875
734	-5527.014	-58740	-4.468	-934.236301	-58130.9219	58138.4286	0.92073526
735	-5746.124	-56730	-4.781	-997.833278	-56053.6865	56062.5672	1.01983654
736	-5931.778	-54610	-5.092	-1061.44535	-53868.0036	53878.4602	1.12884209
737	-6085.301	-52420	-5.402	-1123.29476	-51614.2971	51626.5189	1.24674546
738	-6208.668	-50180	-5.711	-1184.39999	-49313.1013	49327.3227	1.3758631
739	-6304.415	-47920	-6.018	-1245.69566	-46994.9527	47011.4597	1.51838423



740	-6375.523	-45680	-6.323	-1305.85026	-44699.9632	44719.0334	1.67334444
741	-6425.287	-43480	-6.626	-1365.30271	-42448.1751	42470.1263	1.84222582
742	-6457.162	-41340	-6.928	-1423.50258	-40259.2809	40284.4394	2.02504178
743	-6474.59	-39280	-7.228	-1481.0053	-38153.2346	38181.9681	2.22295103
744	-6480.816	-37320	-7.526	-1536.95981	-36149.676	36182.3344	2.43455311
745	-6478.676	-35460	-7.821	-1593.06116	-34248.5424	34285.5728	2.66317722
746	-6470.374	-33710	-8.115	-1647.06686	-32459.0922	32500.8538	2.90485969
747	-6457.239	-32070	-8.406	-1699.66404	-30781.511	30828.4005	3.16049414
748	-6439.472	-30510	-8.695	-1753.12794	-29185.8668	29238.4725	3.43749545
749	-6415.869	-29040	-8.981	-1803.86634	-27682.4127	27741.123	3.72828818
750	-6383.538	-27610	-9.265	-1855.02359	-26222.0511	26287.5841	4.04652746
751	-5208.023	-19490	-9.546	-1903.69656	-18356.4222	18454.8719	5.92082943
752	-5170.437	-18420	-9.825	-1951.42634	-17267.5632	17377.4798	6.44770305
753	-5130.019	-17410	-10.1	-1997.38532	-16240.5657	16362.9314	7.0114502
754	-5087.382	-16440	-10.373	-2044.12149	-15255.2999	15391.6409	7.63184279
755	-5043.106	-15530	-10.643	-2088.12963	-14331.4316	14482.7558	8.28982125
756	-4997.737	-14670	-10.91	-2130.86206	-13458.9441	13626.5825	8.9965727
757	-4951.787	-13860	-11.174	-2171.9988	-12637.6559	12822.9453	9.75199201
758	-4905.737	-13090	-11.434	-2213.42768	-11857.7036	12062.5203	10.5734752
759	-4860.034	-12370	-11.691	-2252.6348	-11128.5745	11354.2738	11.4431375
760	-4815.097	-11690	-11.945	-2291.32424	-10440.2799	10688.761	12.3784295
761	-4771.308	-11060	-12.196	-2327.12511	-9802.41282	10074.8602	13.3549734
762	-4729.023	-10470	-12.443	-2361.98966	-9205.11425	9503.32171	14.3913459
763	-4688.566	-9915.298	-12.686	-2396.63275	-8643.60226	8969.71061	15.4972282
764	-4650.231	-9401.938	-12.925	-2429.42893	-8123.58524	8479.0779	16.6497526
765	-4614.283	-8925.984	-13.161	-2460.74421	-7640.91766	8027.38343	17.8510637
766	-4580.96	-8486.129	-13.393	-2490.74302	-7194.25836	7613.22233	19.096499
767	-4550.469	-8081.079	-13.621	-2519.40524	-6782.16875	7234.99936	20.3787662
768	-4522.992	-7709.562	-13.845	-2546.71567	-6403.2389	6891.09781	21.6888558
769	-4498.684	-7370.318	-14.065	-2572.66323	-6056.0792	6579.87017	23.0161122
770	-4477.674	-7062.107	-14.28	-2597.37775	-5739.43483	6299.80027	24.3491008
771	-4460.067	-6783.705	-14.492	-2620.57217	-5451.75641	6048.88803	25.6728498
772	-4445.94	-6533.907	-14.699	-2642.51358	-5191.94894	5825.73702	26.9744424
773	-4435.35	-6311.524	-14.902	-2663.06363	-4958.62561	5628.48789	28.2383246
774	-4428.331	-6115.384	-15.1	-2682.34728	-4750.63569	5455.59588	29.4503381
775	-4424.892	-5944.336	-15.294	-2700.23502	-4566.65482	5305.2432	30.5955648
776	-4425.024	-5797.245	-15.483	-2716.84981	-4405.59026	5175.95386	31.6614026
777	-4428.696	-5672.994	-15.667	-2732.18967	-4266.27643	5066.15978	32.6361298
778	-4435.859	-5570.487	-15.847	-2746.14123	-4147.47918	4974.22107	33.5094577
779	-4446.443	-5488.644	-16.022	-2758.82337	-4048.19507	4898.87638	34.2742216
780	-4460.365	-5426.407	-16.192	-2770.24236	-3967.35161	4838.81407	34.9250508
781	-4477.52	-5382.737	-16.357	-2780.40102	-3903.9084	4792.82074	35.4588343
782	-4497.792	-5356.611	-16.518	-2789.19703	-3856.74942	4759.63613	35.8744134

783	-4521.048	-5347.032	-16.673	-2796.86094	-3825.10111	4738.54721	36.1737542
784	-4547.142	-5353.018	-16.823	-2803.29035	-3807.91106	4728.4906	36.3595854
785	-4575.916	-5373.61	-16.968	-2808.49554	-3804.26131	4728.64159	36.4365941
786	-4607.2	-5407.871	-17.107	-2812.60041	-3813.37045	4738.40851	36.4111073
787	-4640.813	-5454.882	-17.242	-2815.38919	-3834.17176	4756.81505	36.2894192
788	-4676.567	-5513.747	-17.371	-2817.10409	-3866.04821	4783.55561	36.0799983
789	-4714.262	-5583.591	-17.494	-2817.75947	-3908.20609	4818.07464	35.7910527
790	-4753.694	-5663.564	-17.613	-2817.13446	-3959.66567	4859.54718	35.4302402
791	-4794.652	-5752.833	-17.725	-2815.60121	-4020.01311	4907.9645	35.007246
792	-4836.918	-5850.592	-17.833	-2812.81281	-4088.2142	4962.39975	34.5291268
793	-4880.273	-5956.055	-17.935	-2809.02851	-4163.80847	5022.7425	34.0047686
794	-4924.492	-6068.461	-18.031	-2804.26621	-4246.14843	5088.58384	33.4418041
795	-4969.351	-6187.072	-18.121	-2798.54735	-4334.613	5159.52877	32.8474176
796	-5014.622	-6311.171	-18.206	-2791.7598	-4428.4892	5235.02048	32.2277035
797	-5060.08	-6440.069	-18.285	-2784.05238	-4527.32561	5314.84946	31.5891937
798	-5105.498	-6573.099	-18.359	-2775.30784	-4630.46058	5398.4719	30.9367406
799	-5150.653	-6709.617	-18.426	-2765.81981	-4737.61661	5485.87006	30.2763759
800	-5195.324	-6849.007	-18.488	-2755.33236	-4848.06179	5576.33925	29.6111669
801	-5239.294	-6990.674	-18.544	-2744.00451	-4961.44867	5669.70314	28.9454538
802	-5282.352	-7134.05	-18.594	-2731.85917	-5077.33441	5765.62046	28.2824679
803	-5324.289	-7278.593	-18.639	-2718.76574	-5195.17269	5863.57454	27.6242041
804	-5364.907	-7423.785	-18.677	-2705.04618	-5314.82153	5963.60652	26.9743988
805	-5404.011	-7569.133	-18.71	-2690.41863	-5435.64742	6065.03218	26.3334895
806	-5441.416	-7714.171	-18.736	-2675.21395	-5557.55985	6167.92033	25.7045286
807	-5476.944	-7858.458	-18.757	-2659.14051	-5679.96242	6271.60277	25.0871907
808	-5510.428	-8001.58	-18.772	-2642.37705	-5802.67658	6375.98714	24.483196
809	-5541.708	-8143.146	-18.781	-2624.94556	-5925.41032	6480.80448	23.8932519
810	-5570.636	-8282.795	-18.784	-2606.86857	-6047.89466	6585.80242	23.3178476
811	-5597.074	-8420.189	-18.781	-2588.16917	-6169.87729	6690.74027	22.7573042
812	-5620.895	-8555.016	-18.772	-2568.87056	-6291.12484	6795.39165	22.2117884
813	-5641.984	-8686.994	-18.757	-2548.99535	-6411.42612	6899.54797	21.6813203
814	-5660.237	-8815.862	-18.736	-2528.56728	-6530.58367	7003.0119	21.1658333
815	-5675.562	-8941.388	-18.71	-2507.4297	-6648.27699	7105.40573	20.6642091
816	-5687.879	-9063.366	-18.677	-2485.96262	-6764.63419	7206.96093	20.1780783
817	-5697.12	-9181.614	-18.639	-2463.82834	-6879.22388	7307.13154	19.7052383
818	-5703.231	-9295.979	-18.594	-2441.41624	-6992.21312	7406.18374	19.2472692
819	-5706.169	-9406.331	-18.544	-2418.38101	-7103.20247	7503.6026	18.8018334
820	-5705.903	-9512.566	-18.488	-2394.92979	-7212.24706	7599.48659	18.3694849
821	-5702.414	-9614.607	-18.426	-2371.08545	-7319.27515	7693.75299	17.9497761
822	-5695.698	-9712.401	-18.359	-2346.68182	-7424.082	7786.1357	17.5412508
823	-5685.76	-9805.922	-18.285	-2322.12453	-7526.9255	7876.98355	17.1454671
824	-5672.616	-9895.166	-18.206	-2297.05086	-7627.48708	7965.86479	16.7599029
825	-5656.298	-9980.158	-18.121	-2271.67924	-7725.91121	8052.96409	16.38512



826	-5636.843	-10060	-18.031	-2246.12594	-7821.1646	8137.30283	16.023304
827	-5614.305	-10140	-17.935	-2218.99625	-7918.40459	8223.4467	15.6546115
828	-5588.742	-10210	-17.833	-2193.47307	-8007.92513	8302.90245	15.318322
829	-5560.228	-10280	-17.725	-2166.54419	-8099.19112	8383.96151	14.9760543
830	-5528.841	-10340	-17.613	-2140.91936	-8182.33113	8457.78212	14.6628139
831	-5494.671	-10410	-17.494	-2111.22619	-8276.79055	8541.81116	14.3097415
832	-5457.816	-10460	-17.371	-2085.97928	-8353.46239	8609.97349	14.0208377
833	-5418.381	-10520	-17.242	-2056.67168	-8441.1926	8688.13161	13.6931491
834	-5376.477	-10570	-17.107	-2029.36548	-8520.82352	8759.1528	13.3963029
835	-5332.224	-10620	-16.968	-2000.78622	-8601.54585	8831.17979	13.0945896
836	-5285.745	-10670	-16.823	-1971.46363	-8683.58071	8904.56303	12.7912314
837	-5237.17	-10710	-16.673	-1944.19115	-8757.13622	8970.35752	12.5173405
838	-5186.632	-10750	-16.518	-1916.17915	-8831.70713	9037.18946	12.2414969
839	-5134.268	-10790	-16.357	-1887.76645	-8907.36137	9105.20449	11.9658288
840	-5080.218	-10830	-16.192	-1858.67758	-8983.74793	9174.00726	11.6891925
841	-5024.625	-10870	-16.022	-1829.25747	-9060.93459	9243.73942	11.4136868
842	-4967.631	-10910	-15.847	-1799.6449	-9138.84965	9314.35959	11.1402853
843	-4909.379	-10950	-15.667	-1769.98007	-9217.42166	9385.82397	10.8699348
844	-4850.014	-10990	-15.483	-1740.19813	-9296.44651	9457.9177	10.6024739
845	-4789.677	-11030	-15.294	-1710.6452	-9375.99018	9530.76591	10.3398598
846	-4728.509	-11080	-15.1	-1678.85607	-9465.63884	9613.36966	10.057571
847	-4666.648	-11120	-14.902	-1650.00334	-9545.89653	9687.44815	9.80664816
848	-4604.227	-11170	-14.699	-1619.25303	-9636.14882	9771.25091	9.53883332
849	-4541.378	-11220	-14.492	-1589.13621	-9726.55233	9855.51491	9.27907186
850	-4478.224	-11270	-14.28	-1559.98873	-9817.17624	9940.34778	9.02903862
851	-4414.885	-11330	-14.065	-1529.08463	-9917.41755	10034.6037	8.76494407
852	-4351.474	-11390	-13.845	-1499.46634	-10017.7914	10129.3901	8.51285218
853	-4288.095	-11460	-13.621	-1468.68029	-10127.8454	10233.781	8.25117793
854	-4224.846	-11540	-13.393	-1436.94857	-10247.5632	10347.8197	7.98216614
855	-4161.814	-11620	-13.161	-1406.76426	-10367.1947	10462.204	7.72748563
856	-4099.078	-11710	-12.925	-1375.98339	-10496.4488	10586.2538	7.46833901
857	-4036.707	-11810	-12.686	-1344.59538	-10635.2046	10719.8653	7.2056028
858	-3974.757	-11910	-12.443	-1315.16645	-10773.8102	10853.785	6.95970223
859	-3913.273	-12030	-12.196	-1283.53654	-10931.7861	11006.8802	6.69662314
860	-3852.287	-12160	-11.945	-1252.08508	-11099.3782	11169.7768	6.43614346
861	-3675.127	-11730	-11.691	-1221.99453	-10741.9533	10811.2364	6.49001405
862	-3591.085	-11750	-11.434	-1190.50692	-10804.913	10870.3013	6.28760143
863	-3505.928	-11760	-11.174	-1160.50596	-10857.657	10919.5005	6.10081994
864	-3419.718	-11780	-10.91	-1128.34578	-10919.8455	10977.9866	5.89942645
865	-3332.513	-11790	-10.643	-1097.70073	-10971.6984	11026.4733	5.71333803
866	-3244.37	-11800	-10.373	-1066.689	-11022.9788	11074.47	5.52727811
867	-3155.345	-11810	-10.1	-1035.36615	-11073.64	11121.9372	5.34152713
868	-3065.494	-11820	-9.825	-1003.57577	-11123.5482	11168.7282	5.15531535

869	-2974.867	-11820	-9.546	-973.451717	-11162.9757	11205.3395	4.983791
870	-2883.517	-11830	-9.265	-941.25806	-11211.4198	11250.8622	4.7990299
871	-2791.493	-11830	-8.981	-910.524806	-11249.1947	11285.9841	4.62750861
872	-2698.842	-11830	-8.695	-879.42942	-11286.0425	11320.2541	4.45559039
873	-2605.611	-11830	-8.406	-848.231235	-11322.0052	11353.735	4.28452788
874	-2511.844	-11830	-8.115	-816.764537	-11356.9701	11386.3021	4.11348533
875	-2417.585	-11830	-7.821	-785.285782	-11390.9759	11418.0123	3.94369058
876	-2322.875	-11830	-7.526	-753.417607	-11423.8497	11448.6672	3.77326611
877	-2227.754	-11820	-7.228	-722.881345	-11445.7787	11468.5835	3.61383118
878	-2132.262	-11820	-6.928	-690.941547	-11476.4988	11497.279	3.44532844
879	-2036.434	-11810	-6.626	-660.100354	-11496.1353	11515.071	3.28627668
880	-1940.307	-11800	-6.323	-628.930789	-11514.5261	11531.6896	3.12642549
881	-1843.916	-11800	-6.018	-596.631616	-11541.6525	11557.0633	2.95920125
882	-1747.293	-11790	-5.711	-565.388129	-11557.6056	11571.4265	2.80062764
883	-1650.472	-11780	-5.402	-534.136419	-11572.3007	11584.6211	2.64269465
884	-1553.481	-11770	-5.092	-502.701169	-11585.6698	11596.5707	2.48450033
885	-1456.352	-11760	-4.781	-471.119404	-11597.6986	11607.2635	2.32617882
886	-1359.113	-11740	-4.468	-440.409653	-11598.4441	11606.8026	2.17455868
887	-1261.79	-11730	-4.154	-408.783601	-11607.7839	11614.9796	2.01691383
888	-1164.412	-11720	-3.839	-377.109262	-11615.7408	11621.8607	1.85947526
889	-1067.002	-11700	-3.522	-346.234778	-11612.3542	11617.5147	1.70782907
890	-969.587	-11690	-3.205	-314.498513	-11617.5073	11621.7634	1.55068012
891	-872.189	-11680	-2.887	-282.803216	-11621.2469	11624.6874	1.39401851
892	-774.832	-11660	-2.568	-251.626984	-11613.5741	11616.2997	1.24121211
893	-677.538	-11640	-2.249	-220.234851	-11604.4458	11606.5354	1.08725682
894	-580.329	-11630	-1.929	-188.522221	-11603.8749	11605.4062	0.93077334
895	-483.226	-11610	-1.608	-157.245057	-11591.8682	11592.9346	0.77717633
896	-386.249	-11590	-1.287	-125.834383	-11578.4009	11579.0846	0.62266761
897	-289.418	-11570	-0.966	-94.3172898	-11563.4763	11563.8609	0.46732165
898	-192.754	-11560	-0.644	-62.8110805	-11557.1033	11557.274	0.31139069
899	-96.275	-11540	-0.322	-31.4194804	-11539.2767	11539.3195	0.15600624
900	-7.76E-09	-11520	-2.25E-09	4.4402E-07	-11520	11520	-2.2084E-09
901	96.052	-11500	0.322	31.4212812	-11499.2786	11499.3215	-0.15655785
902	191.863	-11480	0.644	62.8193115	-11477.1184	11477.2903	-0.31360184
903	287.415	-11450	0.966	94.3376643	-11443.5271	11443.916	-0.47232182
904	382.689	-11430	1.287	125.868961	-11418.5212	11419.2149	-0.63155885
905	477.667	-11410	1.608	157.300488	-11392.1029	11393.1888	-0.79108146
906	572.332	-11390	1.929	188.608402	-11364.2801	11365.8451	-0.9508278
907	666.664	-11370	2.249	219.964669	-11335.0805	11337.2145	-1.11172263
908	760.646	-11340	2.568	251.792846	-11294.531	11297.3373	-1.27710288
909	854.259	-11320	2.887	283.027854	-11262.6069	11266.1625	-1.43953255
910	947.483	-11300	3.205	314.233454	-11229.3531	11233.7488	-1.60290208
911	1040.301	-11270	3.522	345.999879	-11184.8066	11190.1571	-1.77186905



912	1132.692	-11250	3.839	376.928379	-11148.9192	11155.2891	-1.93634757
913	1224.636	-11220	4.154	408.670321	-11101.815	11109.3343	-2.10817032
914	1316.114	-11190	4.468	440.387592	-11053.4653	11062.2347	-2.28154806
915	1407.104	-11170	4.781	471.217719	-11013.8561	11023.9318	-2.44985323
916	1497.584	-11140	5.092	502.940558	-10963.1172	10974.6475	-2.62664175
917	1587.533	-11110	5.402	534.552805	-10911.2017	10924.288	-2.80474619
918	1676.928	-11080	5.711	566.025044	-10858.1318	10872.875	-2.98407849
919	1765.744	-11050	6.018	597.521094	-10803.9814	10820.4919	-3.16555482
920	1853.958	-11020	6.323	629.011042	-10748.7809	10767.1698	-3.34908891
921	1941.545	-10990	6.626	660.463256	-10692.5615	10712.94	-3.53458247
922	2028.478	-10960	6.928	691.650225	-10635.2967	10657.7632	-3.72090347
923	2114.73	-10930	7.228	722.73358	-10577.0717	10601.7352	-3.9089568
924	2200.273	-10900	7.526	753.679515	-10517.9191	10544.8876	-4.09862178
925	2285.078	-10860	7.821	786.007688	-10448.0302	10477.5543	-4.30227038
926	2369.115	-10830	8.115	816.625135	-10387.1311	10419.1827	-4.49528642
927	2452.353	-10800	8.406	847.191904	-10325.4747	10360.1719	-4.6905382
928	2534.76	-10760	8.695	878.989977	-10253.145	10290.7534	-4.89991889
929	2616.301	-10720	8.981	910.75932	-10180.1518	10220.8108	-5.1123117
930	2696.942	-10680	9.265	942.268169	-10106.4612	10150.2919	-5.32652992
931	2776.647	-10640	9.546	973.666998	-10032.1881	10079.3266	-5.54343978
932	2855.379	-10600	9.825	1004.72254	-9957.29519	10007.8567	-5.76182338
933	2933.1	-10560	10.1	1035.77365	-9881.98544	9936.11912	-5.98357046
934	3009.769	-10520	10.373	1066.39342	-9806.13979	9863.95319	-6.20638521
935	3085.346	-10470	10.643	1098.57519	-9720.05537	9781.93967	-6.44829107
936	3159.788	-10430	10.91	1128.62405	-9643.44195	9709.26181	-6.67526711
937	3233.052	-10380	11.174	1160.23189	-9556.69784	9626.86926	-6.92212385
938	3305.093	-10330	11.434	1191.69019	-9469.78946	9544.47683	-7.17247024
939	3375.865	-10280	11.691	1222.75936	-9382.67456	9462.01471	-7.42499667
940	3445.321	-10230	11.945	1253.38842	-9295.39987	9379.52245	-7.67942438
941	3513.412	-10180	12.196	1283.52478	-9208.01264	9297.03891	-7.93545044
942	3580.089	-10120	12.443	1315.45704	-9110.89425	9205.36915	-8.21575324
943	3645.3	-10070	12.686	1344.86094	-9023.63709	9123.30408	-8.47682824
944	3708.994	-10010	12.925	1376.03088	-8926.77277	9032.20532	-8.76297282
945	3767.742	-9933.754	13.161	1406.9811	-8814.96501	8926.54491	-9.06864353
946	3828.432	-9872.232	13.393	1437.6189	-8716.97251	8834.72455	-9.36502393
947	3887.427	-9808.511	13.621	1468.20409	-8617.16158	8741.34412	-9.66928304
948	3944.669	-9742.511	13.845	1498.7181	-8515.51434	8646.39465	-9.98174824
949	4000.099	-9674.152	14.065	1529.14198	-8412.01313	8549.86784	-10.3027699
950	4053.657	-9603.352	14.28	1559.63668	-8306.74852	8451.8955	-10.6337896
951	4105.285	-9530.028	14.492	1589.8253	-8199.48088	8352.18721	-10.9731159
952	4154.921	-9454.099	14.699	1620.04637	-8090.41289	8251.02	-11.3233044
953	4202.505	-9375.48	14.902	1650.10296	-7979.41184	8148.24233	-11.6837928
954	4247.978	-9294.089	15.1	1680.15441	-7866.57114	8043.99529	-12.0561768

955	4291.279	-9209.843	15.294	1710.00447	-7751.75742	7938.12688	-12.4399707
956	4332.347	-9122.659	15.483	1739.80867	-7635.06434	7830.78168	-12.8368491
957	4371.124	-9032.454	15.667	1769.54811	-7516.47098	7721.95807	-13.2475021
958	4407.551	-8939.148	15.847	1799.03063	-7395.84197	7611.50377	-13.6716147
959	4441.57	-8842.659	16.022	1828.40994	-7273.27098	7499.57024	-14.1110445
960	4473.124	-8742.907	16.192	1857.66594	-7148.73685	7386.16012	-14.5666663
961	4502.158	-8639.814	16.357	1886.77916	-7022.21858	7271.27838	-15.0394366
962	4528.617	-8533.302	16.518	1915.56406	-6893.57579	7154.77273	-15.5293724
963	4552.449	-8423.297	16.673	1944.33328	-6763.02394	7036.96843	-16.0396608
964	4573.603	-8309.725	16.823	1972.9004	-6630.4228	6917.71946	-16.5705171
965	4592.032	-8192.515	16.968	2001.24762	-6495.7502	6797.04073	-17.123316
966	4607.689	-8071.599	17.107	2029.51329	-6359.10351	6675.11211	-17.7005273
967	4620.531	-7946.91	17.242	2057.36103	-6220.22312	6551.63415	-18.3018177
968	4630.518	-7818.386	17.371	2085.08743	-6079.32452	6426.957	-18.9309489
969	4637.612	-7685.967	17.494	2112.66797	-5936.38536	6301.11395	-19.5898597
970	4641.779	-7549.597	17.613	2139.77833	-5791.14922	6173.82058	-20.2788247
971	4642.989	-7409.223	17.725	2166.85204	-5643.94578	6045.60764	-21.0030458
972	4641.215	-7264.797	17.833	2193.42143	-5494.40393	5916.04362	-21.7623824
973	4636.433	-7116.274	17.935	2219.76221	-5342.73591	5785.51391	-22.5615625
974	4628.626	-6963.615	18.031	2245.85206	-5188.92053	5654.09124	-23.4037724
975	4617.78	-6806.785	18.121	2271.66754	-5032.93665	5521.85881	-24.2925244
976	4603.883	-6645.752	18.206	2297.04805	-4874.64985	5388.75133	-25.2309007
977	4586.932	-6480.493	18.285	2322.11196	-4714.1558	5255.04223	-26.2240631
978	4566.926	-6310.987	18.359	2346.70568	-4551.32365	5120.70059	-27.2760615
979	4543.871	-6137.219	18.426	2371.06923	-4386.35533	4986.18916	-28.3936901
980	4517.776	-5959.182	18.488	2394.92143	-4219.01513	4851.36448	-29.581385
981	4488.657	-5776.873	18.544	2418.36937	-4049.39578	4716.57891	-30.8463811
982	4456.535	-5590.295	18.594	2441.39014	-3877.48069	4582.05656	-32.1958758
983	4421.437	-5399.457	18.639	2463.84741	-3703.15077	4447.90622	-33.637337
984	4383.394	-5204.375	18.677	2485.94845	-3526.60068	4314.72503	-35.1805261
985	4342.443	-5005.071	18.71	2507.44539	-3347.61304	4182.55849	-36.8341232
986	4298.628	-4801.575	18.736	2528.5332	-3166.37899	4052.09033	-38.6093494
987	4251.999	-4593.922	18.757	2548.97966	-2982.69053	3923.48571	-40.5168931
988	4202.608	-4382.154	18.772	2568.86668	-2796.64047	3797.40358	-42.5691681
989	4150.516	-4166.319	18.781	2588.17252	-2608.22191	3674.43309	-44.7789352
990	4095.789	-3946.474	18.784	2606.8742	-2417.43221	3555.24564	-47.1593204
991	4038.498	-3722.68	18.781	2624.94915	-2224.26838	3440.59993	-49.723501
992	3978.718	-3495.006	18.772	2642.37306	-2028.73134	3331.34901	-52.484074
993	3916.531	-3263.529	18.757	2659.12281	-1830.82503	3228.44458	-55.4523113
994	3852.023	-3028.332	18.736	2675.17438	-1630.55568	3132.9331	-58.6371163
995	3785.286	-2789.501	18.71	2690.43853	-1427.85026	3045.85224	-62.044534
996	3716.415	-2547.135	18.677	2705.02852	-1222.88236	2968.60582	-65.6733476
997	3645.511	-2301.334	18.639	2718.79151	-1015.51031	2902.25575	-69.518569



998	3572.678	-2052.207	18.594	2731.82382	-805.901189	2848.21665	-73.5636868
999	3498.024	-1799.868	18.544	2743.98845	-593.931871	2807.53053	-77.7868237
1000	3421.662	-1544.438	18.488	2755.31973	-379.700032	2781.35918	-82.153708
1001	3343.708	-1286.043	18.426	2765.7931	-163.233162	2770.6058	-86.6224028
1002	3264.28	-1024.815	18.359	2775.34758	55.4965243	2775.90238	88.8544523
1003	3183.499	-760.891	18.285	2784.03175	276.331524	2797.7119	84.3316227
1004	3101.49	-494.415	18.206	2791.75511	499.347902	2836.06151	79.8590161
1005	3018.378	-225.532	18.121	2798.52584	724.444368	2890.77265	75.4866373
1006	2934.292	45.603	18.031	2804.30209	951.619263	2961.36614	71.2557349
1007	2849.361	318.835	17.935	2809.08187	1180.7678	3047.15499	67.2010658
1008	2763.716	594.001	17.833	2812.83723	1411.83158	3147.2721	63.3468096
1009	2677.488	870.938	17.725	2815.5402	1644.75123	3260.74734	59.7078528
1010	2590.81	1149.475	17.613	2817.17333	1879.53319	3386.60753	56.2899765
1011	2503.812	1429.441	17.494	2817.70521	2115.98784	3523.75754	53.0948649
1012	2416.628	1710.659	17.371	2817.13991	2354.14158	3671.27497	50.1161991
1013	2329.388	1992.953	17.242	2815.43609	2593.84213	3828.14542	47.3458404
1014	2242.222	2276.139	17.107	2812.562	2835.00148	3993.46196	44.7723476
1015	2155.26	2560.036	16.968	2808.55166	3077.57807	4166.46723	42.3831093
1016	2068.629	2844.457	16.823	2803.33026	3321.41837	4346.31804	40.1649013
1017	1982.454	3129.215	16.673	2796.90762	3566.44007	4532.34895	38.10459
1018	1896.859	3414.122	16.518	2789.2679	3812.53117	4723.91886	36.1893991
1019	1811.965	3698.988	16.357	2780.34106	4059.56183	4920.40026	34.4067358
1020	1727.89	3983.621	16.192	2770.20983	4307.43549	5121.33411	32.7459938
1021	1644.749	4267.832	16.022	2758.80911	4556.01273	5326.18811	31.1962248
1022	1562.653	4551.427	15.847	2746.11905	4805.15973	5534.50358	29.7476991
1023	1481.711	4834.215	15.667	2732.12173	5054.74157	5745.85951	28.3915193
1024	1402.027	5116.004	15.483	2716.87682	5304.61723	5959.89796	27.1202574
1025	1323.702	5396.604	15.294	2700.2964	5554.63909	6176.21374	25.9259413
1026	1246.832	5675.823	15.1	2682.35965	5804.65712	6394.45835	24.8018831
1027	1171.509	5953.471	14.902	2663.14121	6054.51142	6614.33517	23.7428041
1028	1097.82	6229.36	14.699	2642.53517	6304.04865	6835.49717	22.7424879
1029	1025.848	6503.302	14.492	2620.62583	6553.09693	7057.67377	21.7967894
1030	955.67	6775.113	14.28	2597.29604	6801.5011	7280.54695	20.9004068
1031	887.36	7044.607	14.065	2572.75557	7049.06271	7503.88941	20.0509896
1032	820.985	7311.602	13.845	2546.77055	7295.63389	7727.37433	19.2431479
1033	756.609	7575.919	13.621	2519.44553	7541.02456	7950.76456	18.4744002
1034	694.288	7837.38	13.393	2490.77119	7785.05333	8173.79939	17.7416949
1035	634.075	8095.809	13.161	2460.74001	8027.53672	8396.22458	17.0422595
1036	576.017	8351.034	12.925	2429.34385	8268.29046	8617.79198	16.3735543
1037	520.155	8602.884	12.686	2396.71778	8507.10251	8838.27185	15.7341942
1038	466.526	8851.193	12.443	2362.71877	8743.80751	9057.40635	15.1211222
1039	415.16	9095.796	12.196	2327.33667	8978.21503	9274.95774	14.5323699
1040	366.084	9336.533	11.945	2290.56398	9210.13591	9490.69475	13.9661376

1041	319.318	9573.245	11.691	2252.55356	9439.34922	9704.39649	13.4217293
1042	274.876	9805.778	11.434	2213.30846	9665.66083	9915.83247	12.8976153
1043	232.769	10030	11.174	2172.062	9884.97136	10120.796	12.3928679
1044	193.001	10260	10.91	2131.39026	10111.0863	10333.2904	11.9035276
1045	155.571	10480	10.643	2088.43526	10328.445	10537.473	11.4312099
1046	120.474	10690	10.373	2043.29969	10536.9793	10733.2663	10.9744201
1047	87.7	10900	10.1	1997.83824	10746.4643	10930.5925	10.5314333
1048	57.233	11110	9.825	1952.19786	10956.8218	11129.3765	10.1024868
1049	29.053	11300	9.546	1902.63584	11148.3445	11309.5362	9.68509085
1050	3.135	11500	9.265	1854.60509	11350.4786	11500.9967	9.2798083
1051	-21.638	11690	8.981	1803.51725	11543.3047	11683.3453	8.88005785
1052	-43.467	11880	8.695	1752.9863	11736.893	11867.0813	8.49472775
1053	-63.141	12060	8.406	1700.54801	11921.2094	12041.8893	8.11841203
1054	-80.686	12230	8.115	1646.5138	12096.1481	12207.6946	7.75139653
1055	-96.137	12400	7.821	1592.13304	12271.5734	12374.4253	7.39235003
1056	-109.536	12570	7.526	1537.77695	12447.3695	12542.0001	7.04276784
1057	-120.934	12720	7.228	1480.43271	12603.7027	12690.3508	6.69927324
1058	-130.386	12870	6.928	1422.97086	12760.3025	12839.3989	6.36307507
1059	-137.956	13020	6.626	1365.31615	12917.1145	12989.0699	6.0336595
1060	-143.708	13150	6.323	1305.41915	13054.1792	13119.2879	5.71059845
1061	-147.715	13290	6.018	1246.43457	13201.2723	13259.9846	5.3937492
1062	-150.05	13410	5.711	1185.1344	13328.5077	13381.0934	5.08122074
1063	-150.79	13530	5.402	1123.63538	13455.7131	13502.5468	4.77347738
1064	-150.014	13640	5.092	1061.19927	13572.8548	13614.2767	4.47059951
1065	-147.803	13750	4.781	998.737874	13689.8386	13726.2216	4.17260333
1066	-144.24	13850	4.468	935.145198	13796.6732	13828.3292	3.87760482
1067	-139.409	13940	4.154	870.73568	13893.2806	13920.5397	3.58621653
1068	-133.394	14030	3.839	806.256848	13989.5873	14012.8014	3.29845829
1069	-126.279	14110	3.522	740.76208	14075.5927	14095.0714	3.01254968
1070	-118.151	14180	3.205	674.818248	14151.2152	14167.2959	2.73015212
1071	-109.093	14250	2.887	608.765755	14226.4194	14239.4384	2.45026113
1072	-99.193	14310	2.568	542.06689	14291.1848	14301.4615	2.17219662
1073	-88.535	14360	2.249	475.053715	14345.4645	14353.3281	1.89667124
1074	-77.205	14410	1.929	407.894357	14399.2351	14405.0113	1.62261236
1075	-65.29	14450	1.608	340.2202	14442.4776	14446.4843	1.34946216
1076	-52.876	14480	1.287	272.365359	14475.1595	14477.7217	1.07795318
1077	-40.051	14510	0.966	204.57997	14507.2626	14508.705	0.80792582
1078	-26.903	14530	0.644	136.411304	14528.7798	14529.4202	0.53793659
1079	-13.522	14550	0.322	68.2482039	14549.6942	14549.8543	0.26875516
1080	-4.78E-08	14550	-2.93E-09	-7.9207E-07	14550	14550	-3.1191E-09

Tabla 7. Fuerzas aplicadas en la cabeza de la biela.



Fuerza en el pie							
alpha (°)	Fx (N)	Fy (N)	beta (°)	Fxp' (N)	Fyp' (N)	F total (N)	γ (°)
360	-9.13E-09	-8455.329	-9.78E-10	1.35243E-07	-8455.329	8455.329	-9.16446E-10
361	-70.712	-7742.285	-0.322	-27.1997789	-7741.76534	7741.81312	0.201301131
362	-141.325	-7737.268	-0.644	-54.3516277	-7735.19081	7735.38176	0.402584462
363	-211.74	-7728.998	-0.966	-81.4060968	-7724.32978	7724.75873	0.603813306
364	-281.859	-7717.369	-1.287	-108.45194	-7709.09145	7709.85427	0.80598714
365	-351.578	-7702.274	-1.608	-135.30442	-7689.37519	7690.56553	1.008088701
366	-420.794	-7683.61	-1.929	-161.917225	-7665.09138	7666.80136	1.210134835
367	-489.401	-7661.277	-2.249	-188.377313	-7636.17042	7638.49362	1.413147655
368	-557.292	-7635.177	-2.568	-214.637847	-7602.53987	7605.56914	1.617167041
369	-624.357	-7605.215	-2.887	-240.517755	-7564.11597	7567.9389	1.821232084
370	-690.486	-7571.299	-3.205	-266.10501	-7520.85252	7525.55875	2.026410732
371	-755.89	-7538.58	-3.522	-291.353865	-7477.90609	7483.57979	2.231227204
372	-819.682	-7494.13	-3.839	-316.087749	-7422.43389	7429.16121	2.438493659
373	-882.171	-7445.417	-4.154	-340.526265	-7361.95531	7369.8266	2.648321044
374	-943.252	-7392.477	-4.468	-364.494496	-7296.52975	7305.62815	2.859804765
375	-1002.821	-7335.348	-4.781	-387.949633	-7226.24253	7236.64882	3.073043597
376	-1060.778	-7274.072	-5.092	-410.979727	-7151.21505	7163.0148	3.289165666
377	-1117.023	-7208.692	-5.402	-433.413583	-7071.51592	7084.78544	3.50727408
378	-1171.462	-7139.256	-5.711	-455.214461	-6987.24708	7002.05984	3.727513834
379	-1224.001	-7065.813	-6.018	-476.469371	-6898.548	6914.98283	3.951034011
380	-1274.55	-6988.413	-6.323	-497.139678	-6805.53086	6823.66457	4.177999046
381	-1323.021	-6907.112	-6.626	-517.186624	-6708.31535	6728.22242	4.408574607
382	-1369.332	-6821.966	-6.928	-536.454813	-6606.98397	6628.72695	4.641954269
383	-1413.401	-6733.034	-7.228	-555.031916	-6501.69746	6525.34522	4.879352193
384	-1455.152	-6640.378	-7.526	-572.88594	-6392.58454	6418.20344	5.121010884
385	-1494.512	-6544.063	-7.821	-590.102567	-6279.8191	6307.48356	5.368211211
386	-1531.411	-6444.157	-8.115	-606.416703	-6163.45534	6193.21588	5.619193589
387	-1565.784	-6340.728	-8.406	-622.033208	-6043.71307	6075.63931	5.876325767
388	-1597.569	-6233.849	-8.695	-636.808909	-5920.6921	5954.8401	6.138933444
389	-1626.71	-6123.595	-8.981	-650.831204	-5794.58002	5831.01525	6.408445714
390	-1653.155	-6010.043	-9.265	-663.96569	-5665.47795	5704.252	6.684288026
391	-1676.854	-5893.273	-9.546	-676.297406	-5533.57907	5574.75341	6.967961651
392	-1697.765	-5773.367	-9.825	-687.700633	-5398.98644	5442.60845	7.25901037
393	-1715.848	-5650.411	-10.1	-698.363734	-5261.94495	5308.08596	7.560095893
394	-1731.071	-5524.491	-10.373	-708.063422	-5122.51201	5171.2168	7.869887254
395	-1743.404	-5395.698	-10.643	-716.886275	-4980.88839	5032.21374	8.190187652
396	-1752.823	-5264.124	-10.91	-724.81791	-4837.22737	4891.22987	8.5218897
397	-1759.311	-5129.863	-11.174	-731.8481	-4691.68174	4748.4186	8.866029255
398	-1762.853	-4993.012	-11.434	-738.057151	-4544.453	4603.99625	9.224770569
399	-1763.441	-4853.672	-11.691	-743.34137	-4395.64871	4458.05831	9.598391159
400	-1761.073	-4711.942	-11.945	-747.696933	-4245.41912	4310.75796	9.988415828

401	-1755.753	-4567.926	-12.196	-751.122457	-4093.91652	4162.25148	10.39659039
402	-1747.487	-4421.732	-12.443	-753.697149	-3941.34129	4012.75847	10.82589229
403	-1736.29	-4273.465	-12.686	-755.41772	-3787.83929	3862.43219	11.27865645
404	-1722.182	-4123.237	-12.925	-756.281518	-3633.55962	3711.43062	11.75755755
405	-1705.187	-3971.158	-13.161	-756.213236	-3478.60118	3559.84896	12.26470435
406	-1685.336	-3817.343	-13.393	-755.294362	-3323.15446	3407.90627	12.80479044
407	-1662.665	-3661.906	-13.621	-753.52935	-3167.35914	3255.75957	13.38216126
408	-1637.215	-3504.965	-13.845	-750.923904	-3011.3548	3103.56962	14.0019494
409	-1609.035	-3346.638	-14.065	-747.488826	-2855.27625	2951.49827	14.6703534
410	-1578.176	-3187.044	-14.28	-743.294691	-2699.2963	2799.76561	15.39575058
411	-1544.696	-3026.306	-14.492	-738.230367	-2543.46461	2648.4328	16.18515823
412	-1508.658	-2864.544	-14.699	-732.430477	-2387.98524	2497.7846	17.05155305
413	-1470.131	-2701.884	-14.902	-725.852114	-2232.94333	2347.95597	18.00753902
414	-1429.188	-2538.447	-15.1	-718.56501	-2078.49119	2199.1956	19.07102132
415	-1385.907	-2374.361	-15.294	-710.535122	-1924.7096	2051.67424	20.26237343
416	-1340.372	-2209.75	-15.483	-701.831326	-1771.74193	1905.68535	21.60975812
417	-1292.67	-2044.741	-15.667	-692.470016	-1619.69337	1761.51109	23.1482362
418	-1242.893	-1879.459	-15.847	-682.433135	-1468.63275	1619.44346	24.92299364
419	-1191.136	-1714.032	-16.022	-671.783401	-1318.69058	1479.94519	26.99575681
420	-1137.502	-1548.585	-16.192	-660.546488	-1169.95629	1343.54731	29.4486705
421	-1082.093	-1383.246	-16.357	-648.744231	-1022.51938	1210.95622	32.39335652
422	-1025.017	-1218.14	-16.518	-636.377656	-876.438624	1083.10719	35.98321185
423	-966.384	-1053.392	-16.673	-623.527318	-731.840699	961.445331	40.43095379
424	-906.31	-889.126	-16.823	-610.19566	-588.773751	847.934711	46.02359107
425	-844.909	-725.466	-16.968	-596.410109	-447.308761	745.513344	53.13002988
426	-782.302	-562.535	-17.107	-582.217017	-307.527127	658.444826	62.1569782
427	-718.608	-400.454	-17.242	-567.61686	-169.456811	592.371936	73.37748744
428	-653.952	-239.341	-17.371	-552.669157	-33.1825809	553.664412	86.56405249
429	-588.456	-79.315	-17.494	-537.39643	101.246803	546.850837	-79.33040251
430	-522.248	79.509	-17.613	-521.824401	233.806794	571.80969	-65.86492621
431	-455.452	237.018	-17.725	-505.99094	364.428228	623.566167	-54.23755606
432	-388.195	393.099	-17.833	-489.927529	493.094088	695.104858	-44.81543654
433	-320.605	547.645	-17.935	-473.6663	619.759414	780.039419	-37.38975625
434	-252.808	700.549	-18.031	-457.234389	744.396511	873.60715	-31.55970208
435	-184.93	851.709	-18.121	-440.660418	866.98358	972.544155	-26.94279511
436	-117.095	1001.025	-18.206	-423.98779	987.497532	1074.67066	-23.23654711
437	-49.428	1148.4	-18.285	-407.235743	1105.92232	1178.51819	-20.21531038
438	17.949	1293.74	-18.359	-390.453804	1222.23736	1283.08938	-17.71651024
439	84.917	1436.957	-18.426	-373.629248	1336.44753	1387.69262	-15.61934264
440	151.357	1577.964	-18.488	-356.836425	1448.5292	1491.83414	-13.83892114
441	217.154	1716.68	-18.544	-340.081287	1558.48737	1595.16085	-12.30968905
442	282.196	1853.027	-18.594	-323.390417	1666.3213	1697.41216	-10.9831135
443	346.374	1986.931	-18.639	-306.824754	1772.01598	1798.38318	-9.823371695



444	409.582	2118.322	-18.677	-290.343075	1875.60728	1897.94672	-8.799514528
445	471.717	2247.136	-18.71	-274.04369	1977.06796	1995.97035	-7.891550755
446	532.683	2373.313	-18.736	-257.8719	2076.44584	2092.39701	-7.079264321
447	592.386	2496.795	-18.757	-241.932413	2173.70757	2187.1296	-6.350849787
448	650.735	2617.532	-18.772	-226.20953	2268.88817	2280.1369	-5.693608582
449	707.647	2735.478	-18.781	-210.722851	2362.00222	2371.38327	-5.098069183
450	763.042	2850.59	-18.784	-195.491981	2453.06481	2460.84214	-4.556440276
451	816.844	2962.831	-18.781	-180.536626	2542.09389	2548.49658	-4.062260878
452	868.985	3072.169	-18.772	-165.872549	2629.10798	2634.3353	-3.610052263
453	919.399	3178.576	-18.757	-151.516988	2714.12705	2718.353	-3.195238209
454	968.027	3282.03	-18.736	-137.484609	2797.17269	2800.54942	-2.813896188
455	1014.816	3382.512	-18.71	-123.849122	2878.22985	2880.89321	-2.463895411
456	1059.716	3480.009	-18.677	-110.502589	2957.39216	2959.4559	-2.139854187
457	1102.684	3574.512	-18.639	-97.5802061	3034.6101	3036.17857	-1.841754951
458	1143.684	3666.018	-18.594	-84.9609493	3109.98334	3111.14363	-1.564861556
459	1182.681	3754.526	-18.544	-72.7866517	3183.45852	3184.29051	-1.309783509
460	1219.65	3840.042	-18.488	-60.9965113	3255.09941	3255.67086	-1.073525951
461	1254.568	3922.575	-18.426	-49.5962435	3324.93174	3325.30162	-0.854587379
462	1287.419	4002.138	-18.359	-38.6617374	3392.93744	3393.15771	-0.652843901
463	1318.191	4078.749	-18.285	-28.0501259	3459.229	3459.34273	-0.464588671
464	1346.877	4152.43	-18.206	-17.9105191	3523.7459	3523.79142	-0.291220862
465	1373.477	4223.206	-18.121	-8.16675177	3586.55718	3586.56648	-0.130464838
466	1397.992	4291.105	-18.031	1.103216411	3647.64274	3647.6429	0.017328902
467	1420.431	4356.162	-17.935	9.98005943	3707.07625	3707.08968	0.154249297
468	1440.804	4418.412	-17.833	18.46735074	3764.88423	3764.92953	0.281042578
469	1459.129	4477.894	-17.725	26.57324776	3821.09275	3821.18515	0.398448952
470	1475.424	4534.651	-17.613	34.1365187	3875.63293	3875.78326	0.504647346
471	1489.713	4588.729	-17.494	41.41231795	3928.67655	3928.89481	0.603934463
472	1502.024	4640.175	-17.371	48.15873689	3980.10294	3980.39429	0.693237779
473	1512.386	4689.041	-17.242	54.55107487	4030.03813	4030.40732	0.775515115
474	1520.834	4735.379	-17.107	60.60253765	4078.50791	4078.95813	0.851295179
475	1527.402	4779.244	-16.968	66.14808312	4125.44019	4125.97047	0.918612575
476	1532.132	4820.694	-16.823	71.37565849	4170.96105	4171.57171	0.980379539
477	1535.062	4859.789	-16.673	76.20681401	4215.0495	4215.73834	1.035777434
478	1536.238	4896.588	-16.518	80.65714614	4257.73018	4258.49408	1.08526402
479	1535.704	4931.155	-16.357	84.82842585	4299.08231	4299.91914	1.13039942
480	1533.507	4963.552	-16.192	88.55548726	4339.03176	4339.93533	1.169189733
481	1529.695	4993.845	-16.022	91.9418552	4377.65736	4378.62276	1.203179113
482	1524.32	5022.099	-15.847	95.00527852	4414.98545	4416.00753	1.232747329
483	1517.43	5048.381	-15.667	97.75884845	4451.04493	4452.11835	1.258191985
484	1509.078	5072.758	-15.483	100.1279363	4485.81403	4486.93137	1.278687802
485	1499.315	5095.297	-15.294	102.2199424	4519.36991	4520.52578	1.295705588
486	1488.195	5116.067	-15.1	104.0530219	4551.74116	4552.93033	1.309556191

487	1475.771	5135.136	-14.902	105.551461	4582.9076	4584.12294	1.319377299
488	1462.094	5152.572	-14.699	106.8237589	4612.94627	4614.18299	1.326583153
489	1447.218	5168.443	-14.492	107.7951702	4641.83772	4643.08919	1.330313291
490	1431.196	5182.816	-14.28	108.5774823	4669.65691	4670.91905	1.331984523
491	1414.079	5195.761	-14.065	108.9989761	4696.34244	4697.60717	1.329558134
492	1395.919	5207.343	-13.845	109.2659295	4722.01418	4723.2782	1.32556984
493	1376.767	5217.63	-13.621	109.3018839	4746.65652	4747.9148	1.319124329
494	1356.673	5226.687	-13.393	109.1246017	4770.2981	4771.54609	1.310460835
495	1335.686	5234.58	-13.161	108.751324	4792.96926	4794.20288	1.29980448
496	1313.854	5241.373	-12.925	108.1995094	4814.69911	4815.91473	1.2873768
497	1291.224	5247.128	-12.686	107.3925486	4835.47344	4836.66585	1.272290807
498	1267.841	5251.91	-12.443	106.440626	4855.3676	4856.53417	1.255851763
499	1243.752	5255.778	-12.196	105.3637423	4874.40771	4875.54634	1.238295634
500	1218.998	5258.794	-11.945	104.1762263	4892.62468	4893.73364	1.219786247
501	1193.621	5261.016	-11.691	102.8009532	4910.00682	4911.08288	1.199428135
502	1167.662	5262.501	-11.434	101.2552518	4926.58372	4927.62415	1.177424811
503	1141.159	5263.307	-11.174	99.55428224	4942.38724	4943.3898	1.15395024
504	1114.15	5263.488	-10.91	97.80885421	4957.48248	4958.44724	1.130272796
505	1086.671	5263.099	-10.643	95.94061473	4971.86184	4972.78743	1.105483286
506	1058.756	5262.19	-10.373	93.96522083	4985.55205	4986.43748	1.079754692
507	1030.438	5260.813	-10.1	91.89793537	4998.58259	4999.42728	1.053252724
508	1001.747	5259.018	-9.825	89.65898457	5010.94925	5011.7513	1.02506193
509	972.714	5256.852	-9.546	87.45146341	5022.74489	5023.50614	0.997481189
510	943.366	5254.361	-9.265	85.10194378	5033.9311	5034.6504	0.96853089
511	913.73	5251.59	-8.981	82.71824355	5044.56677	5045.24492	0.939422898
512	883.83	5248.582	-8.695	80.22015487	5054.64787	5055.2844	0.909240482
513	853.691	5245.38	-8.406	77.71542858	5064.23083	5064.82711	0.879189104
514	823.334	5242.022	-8.115	75.12373989	5073.31008	5073.86625	0.848353169
515	792.779	5238.548	-7.821	72.54983831	5081.93886	5082.4567	0.817899879
516	762.045	5234.995	-7.526	69.82124969	5090.08862	5090.56747	0.785882595
517	731.151	5231.398	-7.228	67.13645358	5097.83383	5098.27589	0.754519117
518	700.113	5227.791	-6.928	64.41464738	5105.17134	5105.5777	0.722892799
519	668.945	5224.205	-6.626	61.66665378	5112.12179	5112.49371	0.691115702
520	637.661	5220.673	-6.323	58.81203144	5118.68702	5119.02488	0.658280708
521	606.274	5217.223	-6.018	55.95449276	5124.90861	5125.21407	0.625538744
522	574.796	5213.883	-5.711	53.10540109	5130.80541	5131.08023	0.593007621
523	543.236	5210.678	-5.402	50.27411726	5136.3938	5136.63984	0.560783084
524	511.604	5207.635	-5.092	47.38013551	5141.67537	5141.89367	0.527961173
525	479.908	5204.775	-4.781	44.43377801	5146.66618	5146.85799	0.494651218
526	448.156	5202.121	-4.468	41.53686308	5151.39936	5151.56682	0.461978427
527	416.353	5199.693	-4.154	38.60657352	5155.87361	5156.01815	0.429016022
528	384.506	5197.509	-3.839	35.65404912	5160.10259	5160.22576	0.395882445
529	352.618	5195.587	-3.522	32.77778857	5164.11206	5164.21608	0.363664403



530	320.695	5193.943	-3.205	29.80713313	5167.88948	5167.97544	0.330464496
531	288.74	5192.591	-2.887	26.84174843	5171.45784	5171.5275	0.297383279
532	256.755	5191.543	-2.568	23.88980651	5174.82547	5174.88061	0.264506575
533	224.742	5190.812	-2.249	20.86909021	5177.99422	5178.03627	0.230920365
534	192.705	5190.408	-1.929	17.88125712	5180.97998	5181.01084	0.197745697
535	160.643	5190.338	-1.608	14.93257344	5183.78624	5183.80775	0.165047521
536	128.558	5190.612	-1.287	11.94183533	5186.41509	5186.42884	0.131924565
537	96.451	5191.234	-0.966	8.917853137	5188.87012	5188.87779	0.098471311
538	64.322	5192.209	-0.644	5.959150005	5191.15806	5191.16148	0.065772221
539	32.172	5193.54	-0.322	2.984157532	5193.27718	5193.27804	0.03292326
540	-9.45E-09	5195.229	-1.35E-09	-1.3222E-07	5195.229	5195.229	-1.45822E-09
541	-32.193	5197.277	0.322	-2.98415552	5197.014	5197.01486	-0.032899565
542	-64.406	5199.681	0.644	-5.95916178	5198.62865	5198.63206	-0.065677834
543	-96.64	5202.441	0.966	-8.91788655	5200.07234	5200.07999	-0.098259548
544	-128.894	5205.551	1.287	-11.9422132	5201.34278	5201.35649	-0.131550109
545	-161.167	5209.007	1.608	-14.9324924	5202.43319	5202.45462	-0.164455056
546	-193.459	5212.803	1.929	-17.8809908	5203.33691	5203.36763	-0.196893127
547	-225.768	5216.929	2.249	-20.8694068	5204.05084	5204.09268	-0.229767648
548	-258.093	5221.378	2.568	-23.8897041	5204.57056	5204.62539	-0.262993765
549	-290.432	5226.137	2.887	-26.8420118	5204.87605	5204.94526	-0.295476846
550	-322.782	5231.196	3.205	-29.8081044	5204.96753	5205.05288	-0.328121146
551	-355.139	5236.539	3.522	-32.7782724	5204.83184	5204.93505	-0.360824691
552	-387.501	5242.153	3.839	-35.653276	5204.44589	5204.56801	-0.392501013
553	-419.863	5248.02	4.154	-38.6066666	5203.8194	5203.96261	-0.42506442
554	-452.219	5254.122	4.468	-41.5365181	5202.92581	5203.09161	-0.457399685
555	-484.564	5260.44	4.781	-44.4340453	5201.74943	5201.93921	-0.489416373
556	-516.89	5266.954	5.092	-47.3804031	5200.29111	5200.50695	-0.522013472
557	-549.19	5273.64	5.402	-50.274238	5198.51564	5198.75873	-0.554083523
558	-581.455	5280.474	5.711	-53.1048264	5196.40324	5196.67458	-0.585515859
559	-613.675	5287.432	6.018	-55.9539314	5193.95477	5194.25615	-0.617217563
560	-645.84	5294.485	6.323	-58.8121177	5191.14923	5191.48237	-0.649093644
561	-714.114	5613.02	6.626	-61.6693948	5493.12774	5493.4739	-0.643212352
562	-732.303	5492.709	6.928	-64.4146796	5364.27222	5364.65896	-0.687979981
563	-751.88	5394.845	7.228	-67.1361431	5257.37388	5257.80253	-0.731621655
564	-772.901	5317.167	7.526	-69.8211644	5170.13087	5170.60231	-0.773716366
565	-795.389	5257.55	7.821	-72.5497929	5100.40894	5100.9249	-0.814937913
566	-819.338	5214.002	8.115	-75.1230677	5046.13473	5046.69389	-0.852913569
567	-844.718	5184.656	8.406	-77.7158618	5005.47092	5006.0742	-0.889513335
568	-871.472	5167.768	8.695	-80.221205	4976.63088	4977.2774	-0.923503982
569	-899.525	5161.712	8.981	-82.7179729	4958.00816	4958.69814	-0.955817523
570	-928.785	5164.975	9.265	-85.1023952	4948.05876	4948.79055	-0.985341445
571	-959.142	5176.15	9.546	-87.4509687	4945.41116	4946.18431	-1.013070318
572	-990.477	5193.936	9.825	-89.6598322	4948.74488	4949.55703	-1.037953688

573	-1022.656	5217.129	10.1	-91.8972517	4956.94026	4957.79203	-1.062090987
574	-1055.54	5244.62	10.373	-93.9653591	4968.84826	4969.73667	-1.083385235
575	-1088.982	5275.392	10.643	-95.941477	4983.51655	4984.43999	-1.102908495
576	-1122.829	5308.513	10.91	-97.8092485	5000.05103	5001.0076	-1.12065706
577	-1156.927	5343.133	11.174	-99.5539556	5017.64433	5018.63184	-1.136643577
578	-1191.119	5378.48	11.434	-101.255155	5035.61087	5036.62878	-1.151937966
579	-1225.249	5413.858	11.691	-102.801914	5053.26917	5054.31474	-1.165444232
580	-1259.161	5448.64	11.945	-104.176638	5070.04725	5071.11742	-1.177117605
581	-1292.702	5482.266	12.196	-105.361897	5085.44302	5086.53436	-1.186903176
582	-1325.722	5514.239	12.443	-106.438479	5099.06319	5100.17398	-1.195825565
583	-1358.076	5544.121	12.686	-107.390585	5110.53509	5111.66329	-1.203811685
584	-1389.623	5571.531	12.925	-108.200575	5119.54446	5120.68774	-1.210754887
585	-1420.229	5596.141	13.161	-108.750581	5125.78411	5126.93762	-1.215426662
586	-1449.767	5617.672	13.393	-109.123348	5129.08667	5130.24736	-1.218806509
587	-1478.116	5635.89	13.621	-109.300883	5129.28533	5130.44975	-1.220741533
588	-1505.162	5650.607	13.845	-109.263702	5126.25845	5127.42277	-1.221046741
589	-1530.802	5661.672	14.065	-108.995838	5119.91942	5121.07947	-1.219561839
590	-1554.938	5668.974	14.28	-108.579993	5110.27126	5111.42465	-1.217203371
591	-1577.482	5672.434	14.492	-107.793369	5097.19514	5098.3348	-1.211486802
592	-1598.355	5672.007	14.699	-106.823245	5080.80629	5081.92914	-1.204458333
593	-1617.485	5667.676	14.902	-105.547747	5061.09264	5062.1931	-1.19471513
594	-1634.811	5659.45	15.1	-104.053036	5038.16844	5039.24283	-1.183158606
595	-1650.278	5647.364	15.294	-102.216756	5012.06567	5013.10787	-1.168336038
596	-1663.843	5631.472	15.483	-100.126398	4982.93724	4983.9431	-1.151137934
597	-1675.467	5611.849	15.667	-97.7621292	4950.90141	4951.86653	-1.131234312
598	-1685.123	5588.588	15.847	-95.0060012	4916.03426	4916.9522	-1.107145533
599	-1692.79	5561.797	16.022	-91.9431525	4878.53245	4879.39877	-1.079695805
600	-1698.455	5531.596	16.192	-88.5573764	4838.54604	4839.35638	-1.048537603
601	-1702.111	5498.116	16.357	-84.8318401	4796.23213	4796.98229	-1.013295337
602	-1703.761	5461.501	16.518	-80.6524325	4751.69992	4752.38434	-0.972409953
603	-1703.411	5421.897	16.673	-76.2041381	4705.22438	4705.84143	-0.927860915
604	-1701.076	5379.463	16.823	-71.372703	4656.92153	4657.46843	-0.878055276
605	-1696.774	5334.356	16.968	-66.1444335	4606.95789	4607.4327	-0.82256808
606	-1690.531	5286.74	17.107	-60.6048974	4555.55752	4555.96063	-0.762189917
607	-1682.376	5236.78	17.242	-54.5476067	4502.77604	4503.10643	-0.694059564
608	-1672.344	5184.641	17.371	-48.1561536	4448.88634	4449.14696	-0.620163429
609	-1660.471	5130.488	17.494	-41.416528	4394.04748	4394.24267	-0.54003103
610	-1646.8	5074.484	17.613	-34.1327692	4338.30365	4338.43792	-0.450780633
611	-1631.376	5016.787	17.725	-26.578186	4281.96344	4282.04592	-0.355630857
612	-1614.244	4957.554	17.833	-18.4652987	4225.00727	4225.04762	-0.250408314
613	-1595.456	4896.935	17.935	-9.97549895	4167.67436	4167.68629	-0.137139529
614	-1575.061	4835.077	18.031	-1.09973301	4110.09139	4110.09154	-0.015330574
615	-1553.114	4772.119	18.121	8.164974904	4052.37353	4052.38175	0.115442954



616	-1529.668	4708.193	18.206	17.90963561	3994.57684	3994.61699	0.256883194
617	-1504.777	4643.423	18.285	28.04830705	3936.85107	3936.95098	0.408199954
618	-1478.496	4577.928	18.359	38.66679315	3879.23717	3879.42987	0.571084106
619	-1450.882	4511.815	18.426	49.59347473	3821.91213	3822.23389	0.743433451
620	-1421.988	4445.186	18.488	60.99597037	3764.84938	3765.34346	0.92819276
621	-1391.871	4378.131	18.544	72.78471719	3708.15648	3708.87073	1.124472956
622	-1360.584	4310.733	18.594	84.95659951	3651.88463	3652.8727	1.332675383
623	-1328.181	4243.066	18.639	97.58305367	3596.02934	3597.35312	1.554415945
624	-1294.715	4175.193	18.677	110.4995647	3540.71264	3542.43647	1.787522771
625	-1260.237	4107.17	18.71	123.8521304	3485.86706	3488.06659	2.034851154
626	-1224.799	4039.044	18.736	137.4783165	3431.59425	3434.34701	2.294186498
627	-1188.451	3970.851	18.757	151.5142189	3377.80994	3381.20638	2.568323912
628	-1151.242	3902.621	18.772	165.8717237	3324.55429	3328.68963	2.856285306
629	-1113.219	3834.376	18.781	180.5372377	3271.81596	3276.79315	3.158350776
630	-1074.43	3766.129	18.784	195.493524	3219.57413	3225.50389	3.474750993
631	-1034.92	3697.886	18.781	210.7240963	3167.80172	3174.80274	3.80574323
632	-994.736	3629.648	18.772	226.2091028	3116.46575	3124.66467	4.151541457
633	-953.923	3561.408	18.757	241.9281302	3065.5258	3075.05734	4.512371271
634	-912.524	3493.156	18.736	257.8618059	3014.93885	3025.94596	4.888498939
635	-870.584	3424.875	18.71	274.0482135	2964.62064	2977.26015	5.28138722
636	-828.149	3356.548	18.677	290.3387643	2914.58809	2929.01354	5.688792166
637	-785.262	3288.151	18.639	306.8315412	2864.71788	2881.10293	6.113476436
638	-741.97	3219.661	18.594	323.3807854	2815.01591	2833.52955	6.55324497
639	-698.32	3151.056	18.544	340.076217	2765.36356	2786.19587	7.010864038
640	-654.358	3082.31	18.488	356.8324537	2715.73139	2739.074	7.48547511
641	-610.134	3013.404	18.426	373.6214398	2666.06394	2692.11625	7.977461425
642	-565.7	2944.319	18.359	390.4652231	2616.2795	2645.25641	8.488424303
643	-521.109	2875.04	18.285	407.2292416	2566.37771	2598.48613	9.016441349
644	-476.417	2805.56	18.206	423.9861987	2516.26275	2551.73324	9.564404778
645	-431.684	2735.88	18.121	440.6532549	2465.92085	2504.98322	10.13165733
646	-386.971	2666.006	18.031	457.2463521	2415.29654	2458.19682	10.71995594
647	-342.346	2595.96	17.935	473.6841572	2364.39185	2411.3742	11.32870667
648	-297.878	2525.772	17.833	489.9357091	2313.19341	2364.50857	11.95855152
649	-253.641	2455.49	17.725	505.9704205	2261.7041	2317.609	12.6101249
650	-209.715	2385.176	17.613	521.8372469	2209.90695	2270.68335	13.28618426
651	-166.184	2314.911	17.494	537.3782321	2157.88685	2223.79204	13.98391562
652	-123.136	2244.797	17.371	552.6816257	2105.65211	2176.97676	14.7069788
653	-80.667	2174.957	17.242	567.6332132	2053.30698	2130.32322	15.45336955
654	-38.876	2105.54	17.107	582.2035178	2000.94912	2083.92858	16.2230773
655	2.131	2036.721	16.968	596.4299157	1948.68016	2037.91143	17.01770749
656	42.241	1968.708	16.823	610.2089537	1896.67921	1992.42239	17.83427678
657	81.338	1901.736	16.673	623.5437831	1845.11946	1947.63258	18.67228259
658	119.298	1836.077	16.518	636.4017099	1794.22135	1903.74299	19.52935194

659	155.991	1772.042	16.357	648.7223427	1744.25007	1860.98065	20.4011992
660	191.283	1709.98	16.192	660.5352354	1695.4902	1819.61364	21.28507421
661	225.031	1650.283	16.022	671.7785732	1648.28906	1779.92789	22.1738999
662	257.09	1593.39	15.847	682.4252775	1603.03555	1742.24776	23.05984911
663	287.308	1539.787	15.667	692.4469859	1560.16633	1706.92759	23.93303402
664	315.528	1490.014	15.483	701.8402818	1520.17192	1674.36628	24.78205274
665	341.591	1444.666	15.294	710.5560688	1483.60537	1644.98475	25.59156526
666	365.332	1404.396	15.1	718.5695371	1451.07653	1619.24837	26.34450026
667	386.583	1369.918	14.902	725.8781466	1423.2599	1597.67575	27.02207995
668	405.174	1342.013	14.699	732.4373434	1400.90112	1580.81891	27.60205358
669	420.934	1321.531	14.492	738.2472614	1384.81986	1569.31038	28.06207087
670	433.692	1309.394	14.28	743.2678401	1375.91099	1563.83444	28.37794085
671	443.274	1306.601	14.065	747.5183821	1375.15551	1565.19533	28.52798351
672	449.512	1314.229	13.845	750.9420532	1383.6127	1574.26112	28.49045736
673	452.238	1333.443	13.621	753.5423062	1402.44088	1592.06358	28.2494813
674	451.288	1365.494	13.393	755.3029392	1432.88969	1619.77017	27.79455267
675	446.506	1411.725	13.161	756.2111385	1476.3089	1658.71735	27.12293041
676	437.742	1473.577	12.925	756.2541794	1534.15412	1710.4237	26.24077944
677	424.855	1552.59	12.686	755.4444593	1607.99002	1776.60582	25.1644517
678	407.715	1650.413	12.443	753.7497221	1699.49583	1859.14624	23.91794324
679	386.205	1768.8	12.196	751.1592046	1810.46766	1960.11054	22.5334587
680	360.223	1909.623	11.945	747.6627098	1942.82972	2081.7269	21.04831331
681	329.687	2074.871	11.691	743.2858534	2098.6327	2226.37218	19.50293621
682	294.532	2266.658	11.434	738.0266708	2280.06098	2396.53113	17.936106
683	254.716	2487.227	11.174	731.885099	2489.43833	2594.7946	16.38312916
684	210.225	2738.953	10.91	724.8182651	2729.23694	2823.84416	14.87302881
685	161.07	3024.351	10.643	716.8634275	3002.071	3086.47428	13.43014323
686	107.295	3346.079	10.373	708.0217726	3310.71119	3385.57283	12.0713197
687	48.98	3706.945	10.1	698.2957742	3658.0886	3724.14141	10.80722455
688	-13.759	4109.911	9.825	687.7557413	4047.28531	4105.30466	9.64415476
689	-80.764	4558.097	9.546	676.2663989	4481.58615	4532.32288	8.581128538
690	-151.831	5054.791	9.265	663.9759282	4964.40253	5008.60824	7.617951952
691	-226.706	5603.449	8.981	650.8105805	5499.36125	5537.73677	6.749160393
692	-305.085	6207.707	8.695	636.8686742	6090.24125	6123.45002	5.969836378
693	-386.601	6871.379	8.406	622.0559421	6741.04408	6769.68455	5.272258604
694	-470.831	7598.47	8.115	606.4867314	7455.92181	7480.54786	4.65036953
695	-557.281	8393.179	7.821	590.0356249	8239.27184	8260.37182	4.096106807
696	-645.388	9259.902	7.526	572.9973619	9095.60245	9113.63318	3.604709329
697	-734.512	1.02E+04	7.228	554.6691062	10026.5291	10041.8596	3.166383763
698	-823.932	1.12E+04	6.928	536.6687327	11048.62	11061.6462	2.780863573
699	-912.841	1.23E+04	6.626	517.1432101	12152.2442	12163.2429	2.436772655
700	-1000.34	1.35E+04	6.323	496.9501757	13347.4631	13356.711	2.132240556
701	-1085.432	1.48E+04	6.018	476.3887096	14644.4192	14652.1657	1.863197172



702	-1167.018	1.63E+04	5.711	455.8247671	16053.212	16059.6822	1.626454559
703	-1243.888	1.78E+04	5.402	433.617339	17564.0187	17569.3704	1.414220643
704	-1314.72	1.94E+04	5.092	410.5447957	19186.8279	19191.2197	1.225783402
705	-1378.069	2.11E+04	4.781	387.8562516	20941.6208	20945.2122	1.061044226
706	-1432.362	2.30E+04	4.468	364.5228703	22828.4883	22831.3984	0.914815161
707	-1475.894	2.50E+04	4.154	340.368945	24847.3613	24849.6924	0.784811076
708	-1506.817	2.72E+04	3.839	316.3484662	27018.1255	27019.9774	0.670831281
709	-1523.137	2.95E+04	3.522	290.7489802	29330.7516	29332.1926	0.567941254
710	-1522.707	3.20E+04	3.205	265.9555765	31814.8942	31816.0058	0.478951055
711	-1786.58	4.02E+04	2.887	240.4142373	40058.9951	40059.7165	0.343856747
712	-1711.988	4.30E+04	2.568	214.1081909	42830.1617	42830.6969	0.2864195
713	-1616.788	4.60E+04	2.249	188.4293982	45871.1437	45871.5307	0.235358172
714	-1492.746	4.91E+04	1.929	162.2035004	49061.9053	49062.1734	0.189424811
715	-1334.509	5.24E+04	1.608	135.0208827	52291.937	52292.1113	0.147940772
716	-1139.238	5.55E+04	1.287	108.2808808	55490.4037	55490.5093	0.111803649
717	-906.263	5.86E+04	0.966	81.80799752	58576.3927	58576.4499	0.080019437
718	-636.742	6.15E+04	0.644	54.53876983	61488.9584	61488.9826	0.050819539
719	-333.355	6.42E+04	0.322	27.22501213	64157.1134	64157.1191	0.02431341
720	-1.82E-08	6.66E+04	-1.95E-09	-2.2866E-06	66550	66550	-1.96864E-09
721	358.479	6.86E+04	-0.322	-27.2224987	68626.9016	68626.907	-0.022727737
722	736.554	7.04E+04	-0.644	-54.5414661	70367.2757	70367.2968	-0.044409779
723	1128.251	7.18E+04	-0.966	-81.8856552	71740.7785	71740.8252	-0.065397958
724	1527.366	7.28E+04	-1.287	-108.368209	72757.3269	72757.4076	-0.085338985
725	1927.669	7.35E+04	-1.608	-135.02784	73396.9713	73397.0955	-0.105406483
726	2323.078	7.38E+04	-1.929	-162.086713	73669.9865	73670.1648	-0.126060422
727	2707.82	7.38E+04	-2.249	-188.391	73586.9307	73587.1718	-0.14668346
728	3076.566	7.34E+04	-2.568	-213.87021	73158.4724	73158.7851	-0.167497012
729	3424.544	7.27E+04	-2.887	-239.924071	72405.2863	72405.6838	-0.189856115
730	3747.639	7.17E+04	-3.205	-265.753693	71358.3591	71358.854	-0.213380671
731	4042.464	7.04E+04	-3.522	-290.583491	70028.6797	70029.2826	-0.237747051
732	4306.411	6.89E+04	-3.839	-316.318354	68457.0697	68457.8005	-0.264743697
733	4537.685	6.72E+04	-4.154	-340.585489	66674.8167	66675.6865	-0.292673341
734	4735.31	6.53E+04	-4.468	-364.54275	64712.7224	64713.7492	-0.322757865
735	4899.123	6.32E+04	-4.781	-388.812131	62611.6307	62612.8379	-0.355796639
736	5029.739	6.11E+04	-5.092	-411.280014	60392.5302	60393.9306	-0.390184757
737	5128.498	5.88E+04	-5.402	-433.657246	58095.8602	58097.4786	-0.427677092
738	5197.392	5.66E+04	-5.711	-455.740225	55752.1166	55753.9793	-0.468348315
739	5238.974	5.42E+04	-6.018	-476.468165	53391.825	53393.951	-0.511293447
740	5256.242	5.20E+04	-6.323	-497.157768	51055.0918	51057.5123	-0.557909908
741	5252.507	4.97E+04	-6.626	-517.356557	48761.9533	48764.6978	-0.607876284
742	5231.24	4.75E+04	-6.928	-536.499747	46522.1769	46525.2703	-0.660713034
743	5195.899	4.54E+04	-7.228	-555.014516	44365.6424	44369.1138	-0.71673324
744	5149.746	4.34E+04	-7.526	-573.739264	42311.983	42315.8727	-0.776867959

745	5095.633	4.14E+04	-7.821	-589.5066	40351.2124	40355.5183	-0.836996846
746	5035.778	3.96E+04	-8.115	-606.010601	38502.5221	38507.291	-0.901732694
747	4971.529	3.79E+04	-8.406	-622.353042	36766.0704	36771.3374	-0.969774499
748	4903.099	3.63E+04	-8.695	-636.353103	35111.9281	35117.6941	-1.038289775
749	4829.301	3.47E+04	-8.981	-651.499009	33550.3285	33556.6535	-1.112461618
750	4747.258	3.32E+04	-9.265	-664.735278	32032.1767	32039.0733	-1.188837725
751	3522.531	2.50E+04	-9.546	-675.547903	24089.368	24098.8385	-1.606347741
752	3436.245	2.39E+04	-9.825	-687.316191	22933.5526	22943.8497	-1.716634732
753	3347.655	2.28E+04	-10.1	-697.32336	21830.0701	21841.2047	-1.82959122
754	3257.39	2.17E+04	-10.373	-708.456182	20788.3428	20800.4112	-1.951855712
755	3166.044	2.07E+04	-10.643	-717.024023	19788.6487	19801.6348	-2.075153581
756	3074.175	1.98E+04	-10.91	-725.086362	18840.6509	18854.5983	-2.203952302
757	2982.312	1.89E+04	-11.174	-731.025083	17934.3453	17949.2378	-2.334151465
758	2890.948	1.80E+04	-11.434	-738.693556	17089.2712	17105.229	-2.47510219
759	2800.547	1.72E+04	-11.691	-742.847124	16275.6954	16292.639	-2.613251628
760	2711.537	1.64E+04	-11.945	-747.73713	15513.0228	15531.0331	-2.759555634
761	2624.316	1.57E+04	-12.196	-751.641102	14791.2572	14810.3428	-2.909073226
762	2539.254	1.50E+04	-12.443	-754.569374	14110.2992	14130.4606	-3.06106187
763	2456.687	1.44E+04	-12.686	-754.657426	13460.1834	13481.3221	-3.208980445
764	2376.921	1.37E+04	-12.925	-756.601603	12860.2203	12882.4575	-3.366984817
765	2300.235	1.32E+04	-13.161	-756.558418	12290.6047	12313.868	-3.522444965
766	2226.878	1.26E+04	-13.393	-754.526144	11751.2511	11775.4496	-3.673813126
767	2157.071	1.21E+04	-13.621	-753.127068	11251.6979	11276.8748	-3.829353892
768	2091.007	1.16E+04	-13.845	-750.364596	10782.0301	10808.109	-3.981023603
769	2028.853	1.12E+04	-14.065	-746.532078	10342.0737	10368.9825	-4.12867667
770	1970.749	1.08E+04	-14.28	-744.213059	9941.42993	9969.24682	-4.281163031
771	1916.811	1.04E+04	-14.492	-739.215772	9560.38144	9588.9172	-4.421355082
772	1867.129	1.00E+04	-14.699	-731.388684	9198.95452	9227.98427	-4.54589882
773	1821.769	9668.551	-14.902	-725.93004	8874.87162	8904.51125	-4.676162061
774	1780.775	9358.256	-15.1	-718.578357	8571.24012	8601.30874	-4.792241687
775	1744.169	9072.217	-15.294	-710.597853	8290.86184	8321.25828	-4.898766953
776	1711.95	8809.366	-15.483	-701.859007	8032.66224	8063.26663	-4.993573379
777	1684.097	8568.654	-15.667	-692.401655	7795.52304	7826.21233	-5.07571579
778	1660.572	8349.05	-15.847	-682.409809	7578.28714	7608.94994	-5.145494211
779	1641.313	8149.543	-16.022	-671.768808	7379.96748	7410.47861	-5.201071473
780	1626.246	7969.14	-16.192	-660.513541	7199.53507	7229.77063	-5.24186522
781	1615.276	7806.869	-16.357	-648.682864	7035.99433	7065.83369	-5.267488536
782	1608.295	7661.777	-16.518	-636.448617	6888.31411	6917.65409	-5.278879399
783	1605.177	7532.932	-16.673	-623.575093	6755.69107	6784.40916	-5.273667561
784	1605.786	7419.419	-16.823	-610.23525	6637.15279	6665.14698	-5.253138043
785	1609.971	7320.348	-16.968	-596.466905	6531.82786	6559.0051	-5.217607779
786	1617.569	7234.844	-17.107	-582.177665	6438.93401	6465.1993	-5.166363147
787	1628.407	7162.058	-17.242	-567.664336	6357.53148	6382.82456	-5.102411989



788	1642.303	7101.158	-17.371	-552.705764	6286.96297	6311.21122	-5.024127012
789	1659.065	7051.335	-17.494	-537.342431	6226.47495	6249.61817	-4.932383457
790	1678.495	7011.801	-17.613	-521.86333	6175.21271	6197.22465	-4.830552331
791	1700.387	6981.788	-17.725	-505.928871	6132.67304	6153.50653	-4.71606669
792	1724.53	6960.552	-17.833	-489.952996	6097.99317	6117.64454	-4.593652933
793	1750.71	6947.368	-17.935	-473.720783	6070.661	6089.11622	-4.462003218
794	1778.707	6941.537	-18.031	-457.271255	6050.06656	6067.32251	-4.322265587
795	1808.302	6942.378	-18.121	-440.638192	6035.62179	6051.68509	-4.175542841
796	1839.273	6949.236	-18.206	-423.982586	6026.7005	6041.59583	-4.024167986
797	1871.397	6961.475	-18.285	-407.214456	6022.83439	6036.58493	-3.867981912
798	1904.453	6978.485	-18.359	-390.493635	6023.4461	6036.09047	-3.709234167
799	1938.22	6999.677	-18.426	-373.602392	6028.19051	6039.75659	-3.546420198
800	1972.483	7024.486	-18.488	-356.823558	6036.46665	6047.00361	-3.382893151
801	2007.026	7052.37	-18.544	-340.064526	6047.90871	6057.46182	-3.218264005
802	2041.641	7082.81	-18.594	-323.354176	6062.10234	6070.72012	-3.053278834
803	2076.124	7115.31	-18.639	-306.850563	6078.5814	6086.32148	-2.889873436
804	2110.276	7149.399	-18.677	-290.325009	6097.12437	6104.03261	-2.726177416
805	2143.906	7184.628	-18.71	-274.062993	6117.23281	6123.36899	-2.56523821
806	2176.829	7220.575	-18.736	-257.831132	6138.73188	6144.14404	-2.405050188
807	2208.871	7256.837	-18.757	-241.913585	6161.15871	6165.90617	-2.248523654
808	2239.863	7293.04	-18.772	-226.205267	6184.30395	6188.43956	-2.094792208
809	2269.647	7328.829	-18.781	-210.727285	6207.89654	6211.47209	-1.944160922
810	2298.077	7363.878	-18.784	-195.498879	6231.68824	6234.75406	-1.796878738
811	2325.014	7397.882	-18.781	-180.539976	6255.44739	6258.05215	-1.653168402
812	2350.33	7430.56	-18.772	-165.868732	6278.96018	6281.15065	-1.513207328
813	2373.91	7461.656	-18.757	-151.500271	6302.03081	6303.85157	-1.377120291
814	2395.65	7490.939	-18.736	-137.448854	6324.48185	6325.97525	-1.245003133
815	2415.456	7518.201	-18.71	-123.866223	6346.07057	6347.2793	-1.118189702
816	2433.248	7543.257	-18.677	-110.487291	6366.81517	6367.77377	-0.994189392
817	2448.955	7565.947	-18.639	-97.5996958	6386.42457	6387.1703	-0.875547078
818	2462.521	7586.136	-18.594	-84.9339095	6404.95381	6405.51693	-0.759735274
819	2473.901	7603.712	-18.544	-72.7746675	6422.1433	6422.55562	-0.649238524
820	2483.062	7618.585	-18.488	-60.9878715	6437.99658	6438.28544	-0.54275318
821	2489.982	7630.692	-18.426	-49.5787157	6452.45436	6452.64483	-0.440234848
822	2494.653	7639.99	-18.359	-38.6880451	6465.38631	6465.50207	-0.342846527
823	2497.077	7646.463	-18.285	-28.0373078	6476.93246	6476.99314	-0.24802009
824	2497.267	7650.115	-18.206	-17.9069094	6486.91307	6486.93779	-0.158162706
825	2495.249	7650.976	-18.121	-8.15407272	6495.41706	6495.42217	-0.071926668
826	2491.058	7649.097	-18.031	1.083483286	6502.38263	6502.38272	0.009547119
827	2484.741	7644.553	-17.935	9.951407159	6507.93139	6507.939	0.087612046
828	2476.354	7637.441	-17.833	18.45529009	6512.11848	6512.14463	0.162375332
829	2465.963	7627.882	-17.725	26.6017804	6515.01751	6515.07182	0.233945845
830	2453.642	7616.017	-17.613	34.11896188	6516.55554	6516.64486	0.299982812

831	2439.475	7602.011	-17.494	41.43591697	6517.08546	6517.21718	0.364284186
832	2423.553	7586.051	-17.371	48.14407296	6516.4925	6516.67035	0.423295508
833	2405.975	7568.346	-17.242	54.53369518	6515.08389	6515.31212	0.479575959
834	2386.846	7549.125	-17.107	60.61629142	6513.02201	6513.30408	0.533232866
835	2366.278	7528.641	-16.968	66.12874154	6510.33464	6510.67048	0.58196202
836	2344.389	7507.166	-16.823	71.36265846	6507.38094	6507.77223	0.628304272
837	2321.299	7484.995	-16.673	76.19312818	6504.30751	6504.75377	0.671146774
838	2297.134	7462.443	-16.518	80.63627082	6501.3582	6501.85825	0.710602456
839	2272.024	7439.846	-16.357	84.84519248	6498.87207	6499.42588	0.747975223
840	2246.1	7417.562	-16.192	88.56387949	6496.98607	6497.58968	0.780980933
841	2219.495	7395.966	-16.022	91.94626771	6496.08063	6496.73131	0.810916862
842	2192.344	7375.457	-15.847	95.01035467	6496.48551	6497.18023	0.837884462
843	2164.781	7356.452	-15.667	97.77392168	6498.55069	6499.28617	0.861978414
844	2136.94	7339.388	-15.483	100.1222069	6502.57806	6503.34882	0.882131144
845	2108.954	7324.724	-15.294	102.2080967	6509.03614	6509.83855	0.899612664
846	2080.954	7312.936	-15.1	104.0513337	6518.34166	6519.17209	0.914526468
847	2053.066	7304.521	-14.902	105.5371541	6530.86895	6531.72162	0.925804405
848	2025.416	7299.995	-14.699	106.820065	6547.15088	6548.02223	0.934726574
849	1998.122	7299.892	-14.492	107.786755	6567.60866	6568.49309	0.940246607
850	1971.299	7304.768	-14.28	108.5900549	6592.8224	6593.71663	0.943630651
851	1945.054	7315.195	-14.065	108.9855304	6623.19831	6624.09494	0.94272391
852	1919.489	7331.767	-13.845	109.2580587	6659.42826	6660.32447	0.939940159
853	1894.697	7355.093	-13.621	109.2959863	6702.03118	6702.92232	0.934290443
854	1870.764	7385.803	-13.393	109.1204794	6751.61677	6752.49852	0.925940978
855	1847.766	7424.546	-13.161	108.7518392	6808.81933	6809.68777	0.915061969
856	1825.768	7471.989	-12.925	108.2095392	6874.29696	6875.14858	0.901828642
857	1804.828	7528.816	-12.686	107.3820178	6948.66994	6949.49961	0.885356013
858	1784.988	7595.731	-12.443	106.4212692	7032.70546	7033.51062	0.866952875
859	1766.281	7673.456	-12.196	105.3492638	7127.1326	7127.91117	0.8468523
860	1748.727	7762.73	-11.945	104.1886152	7232.70287	7233.45326	0.825300744
861	1615.639	7300.396	-11.691	102.817383	6821.5642	6822.33901	0.863519846
862	1576.297	7282.874	-11.434	101.2636194	6825.85241	6826.60351	0.849938157
863	1536.454	7264.507	-11.174	99.5448292	6829.04699	6829.77246	0.835123069
864	1496.156	7245.355	-10.91	97.80868786	6831.22754	6831.92772	0.820297974
865	1455.45	7225.476	-10.643	95.94610313	6832.37069	6833.04433	0.804544382
866	1414.378	7204.928	-10.373	93.97417671	6832.50703	6833.15326	0.787995417
867	1372.982	7183.767	-10.1	91.91144525	6831.6661	6832.28435	0.770795898
868	1331.302	7162.047	-9.825	89.64875971	6829.83246	6830.4208	0.752024392
869	1289.375	7139.821	-9.546	87.45715051	6827.12512	6827.68527	0.73393287
870	1247.238	7117.141	-9.265	85.10034656	6823.48605	6824.0167	0.714537683
871	1204.925	7094.055	-8.981	82.72169151	6818.9859	6819.48763	0.695025828
872	1162.469	7070.613	-8.695	80.21205016	6813.6153	6814.08742	0.674473015
873	1119.9	7046.862	-8.406	77.71198122	6807.44337	6807.88693	0.654045123



874	1077.249	7022.845	-8.115	75.11450877	6800.45848	6800.87331	0.632835173
875	1034.542	6998.608	-7.821	72.557305	6792.72805	6793.11555	0.611988176
876	991.806	6974.192	-7.526	69.80977089	6784.21016	6784.56932	0.589554861
877	949.064	6949.637	-7.228	67.1322787	6775.00116	6775.33376	0.567715085
878	906.34	6924.983	-6.928	64.41722894	6765.09581	6765.40249	0.545553812
879	863.654	6900.267	-6.626	61.6777935	6754.52148	6754.80307	0.523172375
880	821.026	6875.525	-6.323	58.80727213	6743.27767	6743.53409	0.499656583
881	778.475	6850.791	-6.018	55.94176097	6731.42033	6731.65278	0.476148102
882	736.017	6826.098	-5.711	53.09339799	6718.97492	6719.18469	0.452742322
883	693.668	6801.478	-5.402	50.27521277	6705.96642	6706.15488	0.429543388
884	651.442	6776.959	-5.092	47.38055964	6692.39463	6692.56235	0.405633692
885	609.352	6752.572	-4.781	44.42254553	6678.28889	6678.43663	0.381113618
886	567.409	6728.342	-4.468	41.53132701	6663.69209	6663.82151	0.357090171
887	525.625	6704.294	-4.154	38.6020089	6648.60657	6648.71863	0.332657274
888	484.008	6680.453	-3.839	35.6451303	6633.05708	6633.15286	0.307896622
889	442.568	6656.842	-3.522	32.7903864	6617.08137	6617.16261	0.28392206
890	401.313	6633.481	-3.205	29.81643277	6600.66864	6600.73598	0.258813801
891	360.248	6610.389	-2.887	26.84970003	6583.85479	6583.90954	0.233657335
892	319.38	6587.586	-2.568	23.90213797	6566.66058	6566.70408	0.208551297
893	278.713	6565.087	-2.249	20.86870134	6549.09269	6549.12594	0.182572536
894	238.253	6542.909	-1.929	17.87685331	6531.18133	6531.2058	0.156827017
895	198.003	6521.065	-1.608	14.93605106	6512.94084	6512.95797	0.131395511
896	157.967	6499.567	-1.287	11.94363442	6494.37934	6494.39033	0.105370973
897	118.146	6478.428	-0.966	8.908860766	6475.51542	6475.52155	0.078826127
898	78.543	6457.656	-0.644	5.956027663	6456.36529	6456.36804	0.052855614
899	39.161	6437.261	-0.322	2.983421446	6436.93926	6436.93995	0.026555703
900	-1.59E-08	6417.249	-2.25E-09	-2.676E-07	6417.249	6417.249	-2.38923E-09
901	-38.938	6397.626	0.322	-2.98317092	6397.30614	6397.30684	-0.026717979
902	-77.653	6378.396	0.644	-5.95694121	6377.1203	6377.12308	-0.053520629
903	-116.143	6359.563	0.966	-8.9101002	6356.70109	6356.70733	-0.080310651
904	-154.407	6341.128	1.287	-11.9431514	6336.06027	6336.07153	-0.107999503
905	-192.445	6323.092	1.608	-14.9356018	6315.20177	6315.21943	-0.135505623
906	-230.256	6305.452	1.929	-17.877435	6294.12809	6294.15347	-0.162738795
907	-267.84	6288.208	2.249	-20.8694664	6272.85365	6272.88837	-0.190619453
908	-305.194	6271.354	2.568	-23.8991751	6251.38176	6251.42744	-0.219042005
909	-342.318	6254.885	2.887	-26.8478907	6229.70506	6229.76292	-0.246923616
910	-379.209	6238.795	3.205	-29.8133615	6207.83577	6207.90736	-0.27516299
911	-415.867	6223.076	3.522	-32.7868394	6185.77492	6185.86181	-0.303685464
912	-452.289	6207.718	3.839	-35.6483618	6163.50653	6163.60962	-0.331382452
913	-488.471	6192.71	4.154	-38.603469	6141.05787	6141.1792	-0.360163796
914	-524.41	6178.04	4.468	-41.5327925	6118.41218	6118.55314	-0.388927241
915	-560.103	6163.694	4.781	-44.4263487	6095.56463	6095.72653	-0.417581859
916	-595.545	6149.656	5.092	-47.3805763	6072.52845	6072.71329	-0.447038163

917	-630.73	6135.91	5.402	-50.2753521	6049.2796	6049.48851	-0.476172265
918	-665.651	6122.438	5.711	-53.0984197	6025.80973	6026.04367	-0.504867685
919	-700.303	6109.22	6.018	-55.9475346	6002.13174	6002.39249	-0.534054385
920	-734.677	6096.234	6.323	-58.8094406	5978.23714	5978.52639	-0.563614989
921	-768.765	6083.458	6.626	-61.672493	5954.11739	5954.43678	-0.593446008
922	-802.556	6070.868	6.928	-64.4160465	5929.73575	5930.08562	-0.622392394
923	-836.039	6058.438	7.228	-67.1343775	5905.10481	5905.48642	-0.65136029
924	-869.203	6046.14	7.526	-69.815546	5880.2109	5880.62534	-0.680238898
925	-902.035	6033.945	7.821	-72.5529596	5855.06969	5855.51919	-0.709942981
926	-934.52	6021.824	8.115	-75.1192314	5829.60866	5830.09262	-0.738261688
927	-966.643	6009.744	8.406	-77.7141958	5803.87122	5804.3915	-0.767148197
928	-998.386	5997.671	8.695	-80.2163743	5777.8097	5778.36652	-0.795416372
929	-1029.733	5985.571	8.981	-82.7195475	5751.44041	5752.03524	-0.823994314
930	-1060.663	5973.407	9.265	-85.1016237	5724.71167	5725.34418	-0.851676909
931	-1091.155	5961.14	9.546	-87.4536895	5697.63827	5698.3094	-0.879370299
932	-1121.187	5948.731	9.825	-89.6549764	5670.16542	5670.87418	-0.90586841
933	-1150.737	5936.138	10.1	-91.9031491	5642.34576	5643.09417	-0.93315745
934	-1179.777	5923.32	10.373	-93.9681282	5614.08631	5614.87267	-0.958922637
935	-1208.283	5910.231	10.643	-95.9423745	5585.40085	5586.2248	-0.984092767
936	-1236.226	5896.825	10.91	-97.8087326	5556.26741	5557.12823	-1.008491567
937	-1263.577	5883.056	11.174	-99.5509727	5526.66449	5527.56102	-1.031948621
938	-1290.305	5868.875	11.434	-101.257262	5496.61082	5497.54341	-1.055369897
939	-1316.378	5854.232	11.691	-102.805896	5466.04167	5467.00838	-1.077498104
940	-1341.761	5839.074	11.945	-104.178922	5434.93114	5435.92952	-1.098133811
941	-1366.42	5823.351	12.196	-105.359685	5403.25654	5404.28366	-1.11708566
942	-1390.32	5807.007	12.443	-106.436918	5371.0355	5372.09002	-1.13527235
943	-1413.42	5789.988	12.686	-107.389222	5338.24607	5339.32613	-1.152460807
944	-1435.684	5772.237	12.925	-108.201561	5304.8626	5305.96596	-1.168481406
945	-1453.694	5739.254	13.161	-108.751463	5257.51853	5258.64317	-1.184990859
946	-1474.35	5720.918	13.393	-109.12302	5223.83067	5224.97031	-1.196704049
947	-1494.029	5701.564	13.621	-109.300207	5189.36475	5190.51568	-1.206605257
948	-1512.684	5681.126	13.845	-109.264084	5154.09078	5155.24883	-1.214459262
949	-1530.268	5659.538	14.065	-108.996457	5117.97917	5119.13967	-1.220030967
950	-1546.732	5636.734	14.28	-108.579885	5081.05151	5082.21153	-1.22419984
951	-1562.029	5612.646	14.492	-107.793681	5043.17647	5044.32834	-1.224462939
952	-1576.11	5587.207	14.699	-106.823517	5004.42608	5005.56606	-1.222838994
953	-1588.924	5560.348	14.902	-105.548505	4964.71932	4965.84116	-1.217908329
954	-1600.423	5532.002	15.1	-104.053142	4924.07912	4925.17839	-1.210565174
955	-1610.556	5502.099	15.294	-102.218354	4882.42277	4883.49268	-1.199368649
956	-1619.273	5470.572	15.483	-100.126505	4839.77442	4840.81003	-1.185180841
957	-1626.526	5437.353	15.667	-97.7613472	4796.1047	4797.10095	-1.167726183
958	-1632.264	5402.374	15.847	-95.0053014	4751.33163	4752.28137	-1.145505711
959	-1636.44	5365.567	16.022	-91.9427663	4705.47781	4706.37598	-1.119389447



960	-1639.006	5326.866	16.192	-88.5569597	4658.51491	4659.35655	-1.089044273
961	-1639.914	5286.205	16.357	-84.8309033	4610.41411	4611.19448	-1.054114493
962	-1639.119	5243.519	16.518	-80.6540688	4561.09273	4561.80578	-1.013059029
963	-1636.578	5198.744	16.673	-76.2055761	4510.62822	4511.27191	-0.967901214
964	-1632.247	5151.818	16.823	-71.3734709	4458.93918	4459.51037	-0.917045352
965	-1626.087	5102.68	16.968	-66.1463453	4405.99635	4406.49285	-0.860105506
966	-1618.058	5051.27	17.107	-60.6034854	4351.82384	4352.24581	-0.797849275
967	-1608.125	4997.53	17.242	-54.5490152	4296.28622	4296.63251	-0.72743301
968	-1596.255	4941.406	17.371	-48.1571529	4239.46187	4239.73538	-0.65080971
969	-1582.416	4882.844	17.494	-41.4149476	4181.3212	4181.5263	-0.567481903
970	-1566.58	4821.793	17.613	-34.1341174	4121.73175	4121.87309	-0.474484094
971	-1548.724	4758.204	17.725	-26.5750418	4060.819	4060.90595	-0.374952935
972	-1528.827	4692.032	17.833	-18.4667392	3998.40117	3998.44382	-0.264620444
973	-1506.87	4623.234	17.935	-9.97710437	3934.55244	3934.56509	-0.145288379
974	-1482.841	4551.77	18.031	-1.10117897	3869.24283	3869.24298	-0.016306267
975	-1456.731	4477.603	18.121	8.165774154	3802.44249	3802.45126	0.123042933
976	-1428.534	4400.701	18.206	17.90972289	3734.07584	3734.11879	0.274805256
977	-1398.249	4321.034	18.285	28.04988007	3664.16276	3664.27012	0.438601792
978	-1365.881	4238.575	18.359	38.66387555	3592.62702	3592.83506	0.616593751
979	-1331.439	4153.304	18.426	49.59494172	3519.53453	3519.88394	0.807320617
980	-1294.935	4065.202	18.488	60.99655769	3444.76559	3445.30558	1.014431908
981	-1256.389	3974.254	18.544	72.78630905	3368.33661	3369.12294	1.237910537
982	-1215.825	3880.452	18.594	84.96001678	3290.22138	3291.31812	1.479161531
983	-1173.272	3783.789	18.639	97.58031215	3210.35051	3211.83317	1.740999676
984	-1128.762	3684.266	18.677	110.5024043	3128.78198	3130.73273	2.022733102
985	-1082.338	3581.884	18.71	123.8495815	3045.4063	3047.9236	2.328802636
986	-1034.042	3476.653	18.736	137.4823127	2960.2778	2963.46858	2.659041052
987	-983.925	3368.585	18.757	151.5162818	2873.29616	2877.28831	3.018557664
988	-932.043	3257.697	18.772	165.8722899	2784.47487	2789.41103	3.409103927
989	-878.456	3144.012	18.781	180.5366316	2693.79201	2699.83497	3.834201577
990	-823.231	3027.557	18.784	195.4923034	2601.22547	2608.56113	4.297923144
991	-766.438	2908.363	18.781	210.7227441	2506.75428	2515.59557	4.805100007
992	-708.153	2786.466	18.772	226.2092608	2410.35871	2420.95018	5.361436211
993	-648.457	2661.908	18.757	241.9322315	2312.02164	2324.64519	5.973746691
994	-587.436	2534.735	18.736	257.8703855	2211.72677	2226.70888	6.650223243
995	-525.18	2404.997	18.71	274.0443631	2109.43691	2127.16346	7.402039172
996	-461.784	2272.749	18.677	290.342669	2005.1852	2026.09638	8.238935704
997	-397.345	2138.051	18.639	306.8257387	1898.91934	1923.54795	9.178474298
998	-331.967	2000.966	18.594	323.3892116	1790.66817	1819.63543	10.23709963
999	-265.756	1861.565	18.544	340.0809027	1680.39286	1714.46061	11.44108956
1000	-198.821	1719.918	18.488	356.8365079	1568.10585	1608.1941	12.81985855
1001	-131.276	1576.103	18.426	373.6281603	1453.80675	1501.05033	14.41308891
1002	-63.234	1430.201	18.359	390.454851	1337.48931	1393.31714	16.27417178

1003	5.184	1282.297	18.285	407.2350917	1219.17726	1285.39239	18.47058303
1004	73.86	1132.479	18.206	423.9879138	1098.86276	1177.82219	21.09873219
1005	142.671	980.839	18.121	440.66002	976.565368	1071.38283	24.28654031
1006	211.493	827.473	18.031	457.2353816	852.298875	967.200892	28.21235928
1007	280.202	672.479	17.935	473.6677382	726.085677	866.926488	33.11873789
1008	348.672	515.959	17.833	489.9285776	597.947387	773.027224	39.32949891
1009	416.777	358.017	17.725	505.9898804	467.908698	689.176544	47.23922704
1010	484.389	198.762	17.613	521.8244601	336.013848	620.649718	57.22165506
1011	551.384	38.303	17.494	537.395736	202.280724	574.205249	69.37319849
1012	617.635	-123.247	17.371	552.6692845	66.7738308	556.688497	83.11088199
1013	683.018	-285.776	17.242	567.6177292	-70.4814557	571.976855	-82.92177628
1014	747.409	-449.165	17.107	582.2163746	-209.43697	618.740456	-70.2151445
1015	810.685	-613.298	16.968	596.4107873	-350.011518	691.530108	-59.59289752
1016	872.727	-778.055	16.823	610.1956304	-492.175673	783.948723	-51.11081446
1017	933.417	-943.315	16.673	623.5284185	-635.850111	890.55772	-44.43943901
1018	992.638	-1108.956	16.518	636.3777407	-780.966483	1007.41515	-39.17518705
1019	1050.279	-1274.855	16.357	648.743111	-927.474944	1131.8469	-34.9717265
1020	1106.229	-1440.889	16.192	660.5457917	-1075.253	1261.93889	-31.56309757
1021	1160.382	-1606.933	16.022	671.7840293	-1224.24006	1396.44459	-28.75514164
1022	1212.634	-1772.863	15.847	682.4322616	-1374.35081	1534.45558	-26.40664207
1023	1262.888	-1938.555	15.667	692.4695908	-1525.49496	1675.30564	-24.41477509
1024	1311.047	-2103.883	15.483	701.8319936	-1677.54525	1818.4406	-22.70289553
1025	1357.021	-2268.723	15.294	710.536469	-1830.43208	1963.50291	-21.21519853
1026	1400.723	-2432.951	15.1	718.5650151	-1984.05295	2110.16629	-19.90888158
1027	1442.072	-2596.443	14.902	725.8527151	-2138.26445	2258.10474	-18.75023401
1028	1480.991	-2759.077	14.699	732.4302658	-2292.9902	2407.12653	-17.71459747
1029	1517.408	-2920.729	14.492	738.2306976	-2448.07547	2556.96267	-16.78097554
1030	1551.255	-3081.279	14.28	743.2935733	-2603.43959	2707.46801	-15.93427966
1031	1582.471	-3240.606	14.065	747.4893597	-2758.87867	2858.34775	-15.15973804
1032	1610.999	-3398.592	13.845	750.9242122	-2914.34568	3009.5345	-14.44881842
1033	1636.789	-3555.119	13.621	753.5292805	-3069.6693	3160.80306	-13.79201114
1034	1659.794	-3710.07	13.393	755.294541	-3224.7151	3311.98692	-13.18222181
1035	1679.974	-3863.331	13.161	756.2134047	-3379.34705	3462.92437	-12.61356098
1036	1697.294	-4014.789	12.925	756.2812394	-3533.42612	3613.45561	-12.08109005
1037	1711.725	-4164.334	12.686	755.4184168	-3686.76704	3763.36394	-11.57962539
1038	1723.243	-4311.855	12.443	753.697625	-3839.26902	3912.5499	-11.10665323
1039	1731.831	-4457.245	12.196	751.1224484	-3990.7872	4060.85796	-10.6591759
1040	1737.476	-4600.399	11.945	747.6972345	-4141.17533	4208.13311	-10.23460209
1041	1740.17	-4741.214	11.691	743.3408908	-4290.23917	4354.15983	-9.829666976
1042	1739.912	-4879.589	11.434	738.0563081	-4437.82883	4498.78337	-9.442450385
1043	1736.706	-5015.425	11.174	731.8484654	-4583.79372	4641.84953	-9.071281114
1044	1730.561	-5148.625	10.91	724.8184086	-4728.02939	4783.26496	-8.715727159
1045	1721.491	-5279.095	10.643	716.885533	-4870.3384	4922.81637	-8.373477915



1046	1709.517	-5406.744	10.373	708.0627011	-5010.57034	5060.35255	-8.043424822
1047	1694.663	-5531.483	10.1	698.3630483	-5148.5751	5195.72291	-7.724570461
1048	1676.959	-5653.223	9.825	687.7010889	-5284.15485	5328.71704	-7.415025875
1049	1656.439	-5771.881	9.546	676.2966725	-5417.25363	5459.30527	-7.116059969
1050	1633.144	-5887.375	9.265	663.9654141	-5547.63204	5587.22393	-6.82495099
1051	1608.206	-6006.514	8.981	650.8312148	-5681.82301	5718.97666	-6.534533423
1052	1579.841	-6117.921	8.695	636.8100198	-5808.77648	5843.57863	-6.256291759
1053	1548.852	-6226.148	8.406	622.0331717	-5932.83923	5965.35888	-5.985353151
1054	1515.281	-6331.034	8.115	606.4167063	-6053.74199	6084.03923	-5.720362114
1055	1479.18	-6432.444	7.821	590.1021526	-6171.32473	6199.47332	-5.462016845
1056	1440.605	-6530.264	7.526	572.8865549	-6285.32443	6311.37878	-5.207930799
1057	1399.624	-6624.402	7.228	555.0322645	-6395.66211	6419.70051	-4.959851072
1058	1356.308	-6714.786	6.928	536.4541714	-6502.15753	6524.24981	-4.716450327
1059	1310.736	-6801.36	6.626	517.1861849	-6604.68726	6624.90569	-4.477462608
1060	1262.989	-6884.084	6.323	497.139103	-6703.10976	6721.51975	-4.241601233
1061	1213.156	-6962.934	6.018	476.4700647	-6797.37296	6814.05187	-4.009658302
1062	1161.326	-7037.897	5.711	455.2150851	-6887.39982	6902.4269	-3.781401443
1063	1107.593	-7108.97	5.402	433.4135997	-6973.12458	6986.58098	-3.556635976
1064	1052.053	-7176.16	5.092	410.9793618	-7054.46385	7066.42514	-3.334172172
1065	994.803	-7239.48	4.781	387.9498787	-7131.37638	7141.9209	-3.113845247
1066	935.944	-7298.949	4.468	364.4947508	-7203.85529	7213.0706	-2.896534678
1067	875.575	-7354.59	4.154	340.5268722	-7271.84472	7279.81347	-2.68109545
1068	813.797	-7406.426	3.839	316.0880065	-7335.32071	7342.12786	-2.467419271
1069	750.713	-7454.481	3.522	291.3529954	-7394.28396	7400.02174	-2.256427538
1070	686.424	-7498.778	3.205	266.1039132	-7448.67205	7453.42382	-2.046022391
1071	621.034	-7539.335	2.887	240.5171063	-7498.48695	7502.3433	-1.837156232
1072	554.645	-7576.166	2.568	214.637496	-7543.70673	7546.75961	-1.629769838
1073	487.359	-7609.277	2.249	188.3774893	-7584.29061	7586.6297	-1.422811565
1074	419.281	-7638.664	1.929	161.9180116	-7620.22178	7621.94184	-1.217264158
1075	350.512	-7664.315	1.608	135.3040153	-7651.46105	7652.65728	-1.013079863
1076	281.158	-7686.204	1.287	108.4510985	-7677.95006	7678.71596	-0.809249471
1077	211.324	-7704.292	0.966	81.4066764	-7699.6343	7700.06464	-0.605754119
1078	141.114	-7718.523	0.644	54.35132894	-7716.44937	7716.64078	-0.403559994
1079	70.636	-7728.822	0.322	27.1994412	-7728.30298	7728.35084	-0.201649283
1080	-2.73E-08	-7735.098	-2.93E-09	3.68394E-07	-7735.098	7735.098	-2.72878E-09

Tabla 8. Fuerzas aplicadas en el pie de la biela.

Anexo 3. Equilibrio de fuerzas. Aceleración uniforme.

α (°)	Equilibrio en el eje X				Equilibrio en el eje Y			
	ΣF_x (N)	$mb \cdot a_x$ (N)	$\Sigma F_x - mb \cdot a_x$ (N)	Error (%)	ΣF_y (N)	$mb \cdot a_y$ (N)	$\Sigma F_y - mb \cdot a_y$ (N)	Error (%)
360	-2.52E-08	2.52E-05	-6.00E-13	2.38E-03	6814.671	-6.83E+06	1.09E+01	1.60E-01
361	-5.71E+01	5.71E+04	-1.80E-02	3.15E-02	6817.715	-6.82E+06	2.48E+00	3.64E-02
362	-1.14E+02	1.14E+05	1.00E-03	-8.76E-04	6812.732	-6.82E+06	7.47E+00	1.10E-01
363	-1.71E+02	1.71E+05	-1.60E-02	9.34E-03	6801.002	-6.81E+06	8.40E+00	1.23E-01
364	-2.28E+02	2.28E+05	2.50E-02	-1.10E-02	6792.631	-6.80E+06	1.14E+01	1.67E-01
365	-2.85E+02	2.85E+05	-6.00E-03	2.10E-03	6787.726	-6.79E+06	7.40E-02	1.09E-03
366	-3.42E+02	3.42E+05	-1.50E-02	4.39E-03	6766.39	-6.77E+06	5.21E+00	7.70E-02
367	-3.99E+02	3.99E+05	-2.00E-02	5.01E-03	6748.723	-6.76E+06	6.68E+00	9.89E-02
368	-4.55E+02	4.55E+05	1.60E-02	-3.51E-03	6724.823	-6.73E+06	8.98E+00	1.33E-01
369	-5.12E+02	5.12E+05	2.10E-02	-4.10E-03	6704.785	-6.71E+06	7.41E+00	1.11E-01
370	-5.68E+02	5.68E+05	1.94E-01	-3.41E-02	6678.701	-6.69E+06	6.50E+00	9.73E-02
371	-6.24E+02	6.24E+05	1.94E-01	-3.11E-02	6651.42	-6.66E+06	6.78E+00	1.02E-01
372	-6.80E+02	6.80E+05	3.00E-03	-4.41E-04	6615.87	-6.63E+06	9.93E+00	1.50E-01
373	-7.36E+02	7.36E+05	1.46E-01	-1.98E-02	6584.583	-6.59E+06	3.42E+00	5.19E-02
374	-7.92E+02	7.92E+05	6.40E-02	-8.08E-03	6547.523	-6.55E+06	2.68E+00	4.09E-02
375	-8.47E+02	8.47E+05	-2.59E-01	3.06E-02	6504.652	-6.51E+06	7.75E+00	1.19E-01
376	-9.02E+02	9.02E+05	2.40E-01	-2.66E-02	6465.928	-6.47E+06	3.27E+00	5.06E-02
377	-9.57E+02	9.57E+05	-7.70E-02	8.05E-03	6421.308	-6.43E+06	4.69E+00	7.31E-02
378	-1.01E+03	1.01E+06	-1.44E-01	1.42E-02	6370.744	-6.38E+06	6.66E+00	1.04E-01
379	-1.07E+03	1.07E+06	2.10E-02	-1.97E-03	6324.187	-6.33E+06	4.61E+00	7.29E-02
380	-1.12E+03	1.12E+06	-1.39E-01	1.24E-02	6271.587	-6.27E+06	3.21E+00	5.12E-02
381	-1.17E+03	1.17E+06	-1.00E-01	8.53E-03	6212.888	-6.22E+06	7.91E+00	1.27E-01
382	-1.23E+03	1.23E+06	1.22E-01	-9.95E-03	6158.034	-6.16E+06	3.37E+00	5.47E-02
383	-1.28E+03	1.28E+06	-3.00E-02	2.35E-03	6096.966	-6.10E+06	5.03E+00	8.26E-02
384	-1.33E+03	1.33E+06	-3.10E-02	2.33E-03	6039.622	-6.04E+06	2.98E+00	4.93E-02
385	-1.38E+03	1.38E+06	1.03E-01	-7.45E-03	5965.937	-5.98E+06	1.19E+01	1.99E-01
386	-1.43E+03	1.43E+06	-1.85E-01	1.29E-02	5905.843	-5.91E+06	1.76E+00	2.98E-02
387	-1.49E+03	1.49E+06	1.71E-01	-1.15E-02	5829.272	-5.84E+06	8.13E+00	1.39E-01
388	-1.54E+03	1.54E+06	7.30E-02	-4.75E-03	5766.151	-5.77E+06	1.05E+00	1.82E-02
389	-1.59E+03	1.59E+06	4.80E-02	-3.03E-03	5686.405	-5.69E+06	5.20E+00	9.14E-02
390	-1.64E+03	1.64E+06	8.00E-02	-4.89E-03	5609.957	-5.62E+06	6.04E+00	1.08E-01
391	-1.69E+03	1.69E+06	1.52E-01	-9.02E-03	5536.727	-5.54E+06	-1.73E+00	-3.12E-02
392	-1.73E+03	1.73E+06	2.52E-01	-1.45E-02	5456.633	-5.46E+06	2.77E+00	5.07E-02
393	-1.78E+03	1.78E+06	-1.77E-01	9.93E-03	5369.589	-5.37E+06	5.03E+00	9.37E-02
394	-1.83E+03	1.83E+06	-6.80E-02	3.72E-03	5285.509	-5.29E+06	4.33E+00	8.19E-02
395	-1.88E+03	1.88E+06	2.30E-02	-1.23E-03	5194.302	-5.20E+06	8.60E+00	1.66E-01



396	-1.92E+03	1.92E+06	8.10E-02	-4.21E-03	5105.876	-5.11E+06	8.46E+00	1.66E-01
397	-1.97E+03	1.97E+06	9.50E-02	-4.82E-03	5020.137	-5.02E+06	3.48E+00	6.94E-02
398	-2.01E+03	2.01E+06	4.90E-02	-2.43E-03	4926.19	-4.93E+06	5.09E+00	1.03E-01
399	-2.06E+03	2.06E+06	-7.20E-02	3.50E-03	4832.03	-4.84E+06	5.29E+00	1.09E-01
400	-2.10E+03	2.10E+06	2.60E-01	-1.24E-02	4736.134	-4.74E+06	5.07E+00	1.07E-01
401	-2.15E+03	2.15E+06	-4.80E-02	2.24E-03	4638.552	-4.64E+06	5.45E+00	1.17E-01
402	-2.19E+03	2.19E+06	6.90E-02	-3.15E-03	4539.338	-4.54E+06	5.30E+00	1.17E-01
403	-2.23E+03	2.23E+06	5.90E-02	-2.64E-03	4438.551	-4.44E+06	5.11E+00	1.15E-01
404	-2.27E+03	2.27E+06	-9.00E-02	3.96E-03	4336.244	-4.34E+06	5.36E+00	1.24E-01
405	-2.31E+03	2.31E+06	1.49E-01	-6.44E-03	4232.478	-4.24E+06	5.44E+00	1.29E-01
406	-2.35E+03	2.35E+06	2.22E-01	-9.43E-03	4127.31	-4.13E+06	5.31E+00	1.29E-01
407	-2.39E+03	2.39E+06	1.18E-01	-4.93E-03	4020.801	-4.03E+06	5.44E+00	1.35E-01
408	-2.43E+03	2.43E+06	-1.75E-01	7.20E-03	3913.01	-3.92E+06	5.23E+00	1.34E-01
409	-2.47E+03	2.47E+06	-1.29E-01	5.22E-03	3804	-3.81E+06	5.16E+00	1.36E-01
410	-2.51E+03	2.51E+06	2.46E-01	-9.81E-03	3693.834	-3.70E+06	5.17E+00	1.40E-01
411	-2.54E+03	2.54E+06	-1.44E-01	5.66E-03	3582.573	-3.59E+06	5.19E+00	1.45E-01
412	-2.58E+03	2.58E+06	-2.29E-01	8.88E-03	3470.283	-3.48E+06	5.16E+00	1.49E-01
413	-2.61E+03	2.61E+06	-1.90E-02	7.27E-04	3357.027	-3.36E+06	5.55E+00	1.65E-01
414	-2.65E+03	2.65E+06	-6.50E-02	2.46E-03	3242.872	-3.25E+06	5.23E+00	1.61E-01
415	-2.68E+03	2.68E+06	1.63E-01	-6.08E-03	3127.881	-3.13E+06	5.20E+00	1.66E-01
416	-2.71E+03	2.71E+06	1.14E-01	-4.20E-03	3012.122	-3.02E+06	5.40E+00	1.79E-01
417	-2.74E+03	2.74E+06	-2.21E-01	8.05E-03	2895.66	-2.90E+06	5.22E+00	1.80E-01
418	-2.78E+03	2.78E+06	2.27E-01	-8.18E-03	2778.564	-2.78E+06	5.14E+00	1.85E-01
419	-2.81E+03	2.81E+06	-1.70E-01	6.06E-03	2660.899	-2.67E+06	5.08E+00	1.91E-01
420	-2.83E+03	2.83E+06	1.99E-01	-7.02E-03	2542.733	-2.55E+06	5.53E+00	2.17E-01
421	-2.86E+03	2.86E+06	2.44E-01	-8.52E-03	2424.133	-2.43E+06	5.33E+00	2.20E-01
422	-2.89E+03	2.89E+06	-4.20E-02	1.45E-03	2305.166	-2.31E+06	5.49E+00	2.38E-01
423	-2.92E+03	2.92E+06	-1.29E-01	4.42E-03	2185.9	-2.19E+06	5.42E+00	2.48E-01
424	-2.94E+03	2.94E+06	-2.40E-02	8.16E-04	2066.401	-2.07E+06	5.04E+00	2.44E-01
425	-2.97E+03	2.97E+06	2.65E-01	-8.93E-03	1946.738	-1.95E+06	5.36E+00	2.75E-01
426	-2.99E+03	2.99E+06	1.91E-01	-6.39E-03	1826.974	-1.83E+06	5.25E+00	2.87E-01
427	-3.01E+03	3.01E+06	-2.54E-01	8.43E-03	1707.177	-1.71E+06	5.16E+00	3.02E-01
428	-3.03E+03	3.03E+06	4.00E-03	-1.32E-04	1587.412	-1.59E+06	5.05E+00	3.18E-01
429	-3.06E+03	3.06E+06	-1.24E-01	4.06E-03	1467.744	-1.47E+06	5.38E+00	3.66E-01
430	-3.08E+03	3.08E+06	-1.01E-01	3.28E-03	1348.237	-1.35E+06	5.54E+00	4.11E-01
431	-3.09E+03	3.09E+06	6.50E-02	-2.10E-03	1228.955	-1.23E+06	5.49E+00	4.46E-01
432	-3.11E+03	3.11E+06	-1.72E-01	5.53E-03	1109.96	-1.12E+06	5.14E+00	4.63E-01
433	-3.13E+03	3.13E+06	2.63E-01	-8.40E-03	991.313	-9.97E+05	5.53E+00	5.58E-01
434	-3.15E+03	3.15E+06	-2.55E-01	8.11E-03	873.075	-8.79E+05	5.51E+00	6.31E-01
435	-3.16E+03	3.16E+06	-1.11E-01	3.51E-03	755.306	-7.61E+05	5.55E+00	7.35E-01
436	-3.18E+03	3.18E+06	1.49E-01	-4.69E-03	638.064	-6.43E+05	5.08E+00	7.96E-01
437	-3.19E+03	3.19E+06	-1.70E-02	5.33E-04	521.406	-5.27E+05	5.31E+00	1.02E+00
438	-3.20E+03	3.20E+06	-7.40E-02	2.31E-03	405.386	-4.11E+05	5.28E+00	1.30E+00

439	-3.21E+03	3.21E+06	-2.80E-02	8.72E-04	290.06	-2.95E+05	5.32E+00	1.83E+00
440	-3.22E+03	3.22E+06	1.21E-01	-3.75E-03	175.479	-1.81E+05	5.31E+00	3.03E+00
441	-3.23E+03	3.23E+06	-1.72E-01	5.32E-03	61.696	-6.70E+04	5.32E+00	8.62E+00
442	-3.24E+03	3.24E+06	1.71E-01	-5.28E-03	-51.241	4.59E+04	5.30E+00	-1.03E+01
443	-3.25E+03	3.25E+06	6.50E-02	-2.00E-03	-163.283	1.58E+05	5.28E+00	-3.23E+00
444	-3.25E+03	3.25E+06	5.10E-02	-1.57E-03	-274.386	2.69E+05	5.30E+00	-1.93E+00
445	-3.26E+03	3.26E+06	1.26E-01	-3.86E-03	-384.505	3.79E+05	5.32E+00	-1.38E+00
446	-3.26E+03	3.26E+06	-2.53E-01	7.75E-03	-493.596	4.88E+05	5.27E+00	-1.07E+00
447	-3.27E+03	3.27E+06	-7.00E-03	2.14E-04	-601.621	5.96E+05	5.46E+00	-9.08E-01
448	-3.27E+03	3.27E+06	-2.15E-01	6.57E-03	-708.541	7.03E+05	5.46E+00	-7.71E-01
449	-3.27E+03	3.27E+06	2.00E-01	-6.11E-03	-814.317	8.09E+05	5.40E+00	-6.63E-01
450	-3.27E+03	3.27E+06	1.58E-01	-4.83E-03	-918.917	9.14E+05	5.24E+00	-5.70E-01
451	-3.27E+03	3.27E+06	2.00E-01	-6.11E-03	-1022.307	1.02E+06	5.49E+00	-5.37E-01
452	-3.27E+03	3.27E+06	-2.15E-01	6.57E-03	-1124.457	1.12E+06	5.04E+00	-4.48E-01
453	-3.27E+03	3.27E+06	-6.00E-03	1.84E-04	-1225.338	1.22E+06	5.48E+00	-4.47E-01
454	-3.26E+03	3.26E+06	-2.53E-01	7.75E-03	-1324.922	1.32E+06	5.16E+00	-3.90E-01
455	-3.26E+03	3.26E+06	1.25E-01	-3.83E-03	-1423.187	1.42E+06	5.15E+00	-3.62E-01
456	-3.25E+03	3.25E+06	5.10E-02	-1.57E-03	-1520.109	1.51E+06	5.41E+00	-3.56E-01
457	-3.25E+03	3.25E+06	6.60E-02	-2.03E-03	-1615.667	1.61E+06	5.39E+00	-3.33E-01
458	-3.24E+03	3.24E+06	1.70E-01	-5.25E-03	-1709.842	1.70E+06	5.06E+00	-2.96E-01
459	-3.23E+03	3.23E+06	-1.72E-01	5.32E-03	-1802.619	1.80E+06	5.50E+00	-3.05E-01
460	-3.22E+03	3.22E+06	1.21E-01	-3.75E-03	-1893.981	1.89E+06	5.06E+00	-2.67E-01
461	-3.21E+03	3.21E+06	-2.80E-02	8.72E-04	-1983.915	1.98E+06	5.35E+00	-2.70E-01
462	-3.20E+03	3.20E+06	-7.50E-02	2.34E-03	-2072.411	2.07E+06	5.29E+00	-2.55E-01
463	-3.19E+03	3.19E+06	-1.70E-02	5.33E-04	-2159.459	2.15E+06	5.40E+00	-2.50E-01
464	-3.18E+03	3.18E+06	1.50E-01	-4.72E-03	-2245.051	2.24E+06	5.13E+00	-2.29E-01
465	-3.16E+03	3.16E+06	-1.11E-01	3.51E-03	-2329.181	2.32E+06	5.56E+00	-2.39E-01
466	-3.15E+03	3.15E+06	-2.55E-01	8.11E-03	-2411.846	2.41E+06	5.07E+00	-2.10E-01
467	-3.13E+03	3.13E+06	2.63E-01	-8.40E-03	-2493.041	2.49E+06	5.26E+00	-2.11E-01
468	-3.11E+03	3.11E+06	-1.72E-01	5.53E-03	-2572.765	2.57E+06	5.06E+00	-1.97E-01
469	-3.09E+03	3.09E+06	6.40E-02	-2.07E-03	-2651.019	2.65E+06	5.56E+00	-2.10E-01
470	-3.08E+03	3.08E+06	-1.01E-01	3.28E-03	-2727.804	2.72E+06	5.12E+00	-1.88E-01
471	-3.06E+03	3.06E+06	-1.23E-01	4.03E-03	-2803.123	2.80E+06	5.38E+00	-1.92E-01
472	-3.03E+03	3.03E+06	3.00E-03	-9.89E-05	-2876.98	2.87E+06	5.26E+00	-1.83E-01
473	-3.01E+03	3.01E+06	-2.54E-01	8.43E-03	-2949.38	2.94E+06	5.30E+00	-1.80E-01
474	-2.99E+03	2.99E+06	1.91E-01	-6.39E-03	-3020.329	3.01E+06	5.51E+00	-1.82E-01
475	-2.97E+03	2.97E+06	2.66E-01	-8.97E-03	-3089.836	3.08E+06	5.36E+00	-1.73E-01
476	-2.94E+03	2.94E+06	-2.40E-02	8.16E-04	-3157.908	3.15E+06	5.39E+00	-1.71E-01
477	-2.92E+03	2.92E+06	-1.29E-01	4.42E-03	-3224.553	3.22E+06	5.07E+00	-1.57E-01
478	-2.89E+03	2.89E+06	-4.20E-02	1.45E-03	-3289.783	3.28E+06	5.50E+00	-1.67E-01
479	-2.86E+03	2.86E+06	2.44E-01	-8.52E-03	-3353.608	3.35E+06	5.07E+00	-1.51E-01
480	-2.83E+03	2.83E+06	1.99E-01	-7.02E-03	-3416.041	3.41E+06	5.40E+00	-1.58E-01
481	-2.81E+03	2.81E+06	-1.69E-01	6.02E-03	-3477.092	3.47E+06	5.43E+00	-1.56E-01



482	-2.78E+03	2.78E+06	2.27E-01	-8.18E-03	-3536.774	3.53E+06	5.17E+00	-1.46E-01
483	-2.74E+03	2.74E+06	-2.22E-01	8.09E-03	-3595.101	3.59E+06	5.18E+00	-1.44E-01
484	-2.71E+03	2.71E+06	1.14E-01	-4.20E-03	-3652.086	3.65E+06	5.47E+00	-1.50E-01
485	-2.68E+03	2.68E+06	1.63E-01	-6.08E-03	-3707.744	3.70E+06	5.50E+00	-1.48E-01
486	-2.65E+03	2.65E+06	-6.40E-02	2.42E-03	-3762.087	3.76E+06	5.31E+00	-1.41E-01
487	-2.61E+03	2.61E+06	-1.90E-02	7.27E-04	-3815.132	3.81E+06	5.43E+00	-1.42E-01
488	-2.58E+03	2.58E+06	-2.29E-01	8.88E-03	-3866.891	3.86E+06	5.35E+00	-1.38E-01
489	-2.54E+03	2.54E+06	-1.44E-01	5.66E-03	-3917.382	3.91E+06	5.08E+00	-1.30E-01
490	-2.51E+03	2.51E+06	2.45E-01	-9.77E-03	-3966.618	3.96E+06	5.18E+00	-1.31E-01
491	-2.47E+03	2.47E+06	-1.29E-01	5.22E-03	-4014.614	4.01E+06	5.11E+00	-1.27E-01
492	-2.43E+03	2.43E+06	-1.75E-01	7.20E-03	-4061.386	4.06E+06	5.45E+00	-1.34E-01
493	-2.39E+03	2.39E+06	1.18E-01	-4.93E-03	-4106.947	4.10E+06	5.11E+00	-1.24E-01
494	-2.35E+03	2.35E+06	2.21E-01	-9.39E-03	-4151.314	4.15E+06	5.19E+00	-1.25E-01
495	-2.31E+03	2.31E+06	1.48E-01	-6.40E-03	-4194.5	4.19E+06	5.18E+00	-1.23E-01
496	-2.27E+03	2.27E+06	-9.00E-02	3.96E-03	-4236.521	4.23E+06	5.08E+00	-1.20E-01
497	-2.23E+03	2.23E+06	5.90E-02	-2.64E-03	-4277.392	4.27E+06	5.45E+00	-1.27E-01
498	-2.19E+03	2.19E+06	7.00E-02	-3.20E-03	-4317.125	4.31E+06	5.23E+00	-1.21E-01
499	-2.15E+03	2.15E+06	-4.90E-02	2.28E-03	-4355.736	4.35E+06	5.50E+00	-1.26E-01
500	-2.10E+03	2.10E+06	2.60E-01	-1.24E-02	-4393.237	4.39E+06	5.20E+00	-1.18E-01
501	-2.06E+03	2.06E+06	-7.20E-02	3.50E-03	-4429.643	4.42E+06	5.42E+00	-1.22E-01
502	-2.01E+03	2.01E+06	4.80E-02	-2.38E-03	-4464.967	4.46E+06	5.11E+00	-1.14E-01
503	-1.97E+03	1.97E+06	9.50E-02	-4.82E-03	-4499.22	4.49E+06	5.34E+00	-1.19E-01
504	-1.92E+03	1.92E+06	8.20E-02	-4.26E-03	-4532.417	4.53E+06	5.06E+00	-1.12E-01
505	-1.88E+03	1.88E+06	2.30E-02	-1.23E-03	-4564.568	4.56E+06	5.35E+00	-1.17E-01
506	-1.83E+03	1.83E+06	-6.80E-02	3.72E-03	-4595.687	4.59E+06	5.15E+00	-1.12E-01
507	-1.78E+03	1.78E+06	-1.77E-01	9.93E-03	-4625.785	4.62E+06	5.55E+00	-1.20E-01
508	-1.73E+03	1.73E+06	2.52E-01	-1.45E-02	-4654.872	4.65E+06	5.47E+00	-1.18E-01
509	-1.69E+03	1.69E+06	1.52E-01	-9.02E-03	-4682.958	4.68E+06	5.48E+00	-1.17E-01
510	-1.64E+03	1.64E+06	7.90E-02	-4.83E-03	-4710.056	4.71E+06	5.04E+00	-1.07E-01
511	-1.59E+03	1.59E+06	4.80E-02	-3.03E-03	-4736.175	4.73E+06	5.23E+00	-1.11E-01
512	-1.54E+03	1.54E+06	7.30E-02	-4.75E-03	-4761.418	4.76E+06	5.64E+00	-1.18E-01
513	-1.49E+03	1.49E+06	1.70E-01	-1.14E-02	-4784.62	4.78E+06	4.54E+00	-9.49E-02
514	-1.43E+03	1.43E+06	-1.85E-01	1.29E-02	-4807.978	4.80E+06	4.68E+00	-9.73E-02
515	-1.38E+03	1.38E+06	1.03E-01	-7.45E-03	-4831.452	4.83E+06	5.47E+00	-1.13E-01
516	-1.33E+03	1.33E+06	-3.00E-02	2.25E-03	-4855.005	4.85E+06	7.97E+00	-1.64E-01
517	-1.28E+03	1.28E+06	-2.90E-02	2.27E-03	-4868.602	4.87E+06	1.04E+00	-2.14E-02
518	-1.23E+03	1.23E+06	1.22E-01	-9.95E-03	-4892.209	4.89E+06	5.21E+00	-1.06E-01
519	-1.17E+03	1.17E+06	-1.00E-01	8.53E-03	-4915.795	4.91E+06	9.90E+00	-2.01E-01
520	-1.12E+03	1.12E+06	-1.39E-01	1.24E-02	-4929.327	4.92E+06	6.15E+00	-1.25E-01
521	-1.07E+03	1.07E+06	2.10E-02	-1.97E-03	-4942.777	4.94E+06	2.86E+00	-5.78E-02
522	-1.01E+03	1.01E+06	-1.44E-01	1.42E-02	-4966.117	4.96E+06	1.00E+01	-2.01E-01
523	-9.57E+02	9.57E+05	-7.60E-02	7.94E-03	-4979.322	4.97E+06	8.08E+00	-1.62E-01
524	-9.02E+02	9.02E+05	2.40E-01	-2.66E-02	-4992.365	4.99E+06	7.09E+00	-1.42E-01

525	-8.47E+02	8.47E+05	-2.59E-01	3.06E-02	-5005.225	5.00E+06	6.99E+00	-1.40E-01
526	-7.92E+02	7.92E+05	6.30E-02	-7.96E-03	-5017.879	5.01E+06	7.22E+00	-1.44E-01
527	-7.36E+02	7.36E+05	1.46E-01	-1.98E-02	-5030.307	5.02E+06	8.31E+00	-1.65E-01
528	-6.80E+02	6.80E+05	3.00E-03	-4.41E-04	-5042.491	5.03E+06	9.69E+00	-1.92E-01
529	-6.24E+02	6.24E+05	1.94E-01	-3.11E-02	-5044.413	5.04E+06	1.89E+00	-3.75E-02
530	-5.68E+02	5.68E+05	1.94E-01	-3.41E-02	-5056.057	5.05E+06	4.36E+00	-8.62E-02
531	-5.12E+02	5.12E+05	2.10E-02	-4.10E-03	-5067.409	5.06E+06	7.61E+00	-1.50E-01
532	-4.55E+02	4.55E+05	1.60E-02	-3.51E-03	-5068.457	5.07E+06	1.64E+00	-3.23E-02
533	-3.99E+02	3.99E+05	-1.90E-02	4.76E-03	-5079.188	5.07E+06	5.89E+00	-1.16E-01
534	-3.42E+02	3.42E+05	-1.50E-02	4.39E-03	-5079.592	5.08E+06	8.92E-01	-1.76E-02
535	-2.85E+02	2.85E+05	-6.00E-03	2.10E-03	-5089.662	5.08E+06	6.64E+00	-1.30E-01
536	-2.28E+02	2.28E+05	2.40E-02	-1.05E-02	-5089.388	5.09E+06	2.59E+00	-5.09E-02
537	-1.71E+02	1.71E+05	-1.60E-02	9.34E-03	-5098.766	5.09E+06	8.73E+00	-1.71E-01
538	-1.14E+02	1.14E+05	1.00E-03	-8.76E-04	-5097.791	5.09E+06	5.59E+00	-1.10E-01
539	-5.71E+01	5.71E+04	-1.80E-02	3.15E-02	-5096.46	5.09E+06	3.18E+00	-6.24E-02
540	-1.37E-08	1.37E-05	6.00E-13	-4.36E-03	-5094.771	5.09E+06	9.51E-01	-1.87E-02
541	5.71E+01	-5.71E+04	1.80E-02	3.15E-02	-5102.723	5.09E+06	9.44E+00	-1.85E-01
542	1.14E+02	-1.14E+05	-1.00E-03	-8.76E-04	-5100.319	5.09E+06	8.12E+00	-1.59E-01
543	1.71E+02	-1.71E+05	1.60E-02	9.34E-03	-5097.559	5.09E+06	7.52E+00	-1.48E-01
544	2.28E+02	-2.28E+05	-2.40E-02	-1.05E-02	-5094.449	5.09E+06	7.65E+00	-1.50E-01
545	2.85E+02	-2.85E+05	6.00E-03	2.10E-03	-5090.993	5.08E+06	7.97E+00	-1.57E-01
546	3.42E+02	-3.42E+05	1.50E-02	4.39E-03	-5087.197	5.08E+06	8.50E+00	-1.67E-01
547	3.99E+02	-3.99E+05	1.90E-02	4.76E-03	-5083.071	5.07E+06	9.77E+00	-1.92E-01
548	4.55E+02	-4.55E+05	-1.60E-02	-3.51E-03	-5068.622	5.07E+06	1.80E+00	-3.56E-02
549	5.12E+02	-5.12E+05	-2.10E-02	-4.10E-03	-5063.863	5.06E+06	4.06E+00	-8.02E-02
550	5.68E+02	-5.68E+05	-1.93E-01	-3.40E-02	-5058.804	5.05E+06	7.10E+00	-1.40E-01
551	6.24E+02	-6.24E+05	-1.94E-01	-3.11E-02	-5043.461	5.04E+06	9.41E-01	-1.87E-02
552	6.80E+02	-6.80E+05	-3.00E-03	-4.41E-04	-5037.847	5.03E+06	5.05E+00	-1.00E-01
553	7.36E+02	-7.36E+05	-1.45E-01	-1.97E-02	-5031.98	5.02E+06	9.98E+00	-1.98E-01
554	7.92E+02	-7.92E+05	-6.40E-02	-8.08E-03	-5015.878	5.01E+06	5.22E+00	-1.04E-01
555	8.47E+02	-8.47E+05	2.60E-01	3.07E-02	-4999.56	5.00E+06	1.32E+00	-2.64E-02
556	9.02E+02	-9.02E+05	-2.39E-01	-2.65E-02	-4993.046	4.99E+06	7.77E+00	-1.56E-01
557	9.57E+02	-9.57E+05	7.60E-02	7.94E-03	-4976.36	4.97E+06	5.12E+00	-1.03E-01
558	1.01E+03	-1.01E+06	1.44E-01	1.42E-02	-4959.526	4.96E+06	3.41E+00	-6.87E-02
559	1.07E+03	-1.07E+06	-2.10E-02	-1.97E-03	-4942.568	4.94E+06	2.65E+00	-5.36E-02
560	1.12E+03	-1.12E+06	1.39E-01	1.24E-02	-4925.515	4.92E+06	2.34E+00	-4.74E-02
561	1.17E+03	-1.17E+06	1.00E-01	8.53E-03	-4906.98	4.91E+06	1.08E+00	-2.20E-02
562	1.23E+03	-1.23E+06	-1.22E-01	-9.95E-03	-4897.291	4.89E+06	1.03E+01	-2.10E-01
563	1.28E+03	-1.28E+06	2.90E-02	2.27E-03	-4875.155	4.87E+06	7.59E+00	-1.56E-01
564	1.33E+03	-1.33E+06	3.10E-02	2.33E-03	-4852.833	4.85E+06	5.79E+00	-1.19E-01
565	1.38E+03	-1.38E+06	-1.03E-01	-7.45E-03	-4832.45	4.83E+06	6.47E+00	-1.34E-01
566	1.43E+03	-1.43E+06	1.84E-01	1.28E-02	-4805.998	4.80E+06	2.70E+00	-5.61E-02
567	1.49E+03	-1.49E+06	-1.70E-01	-1.14E-02	-4785.511	4.78E+06	5.43E+00	-1.13E-01



568	1.54E+03	-1.54E+06	-7.30E-02	-4.75E-03	-4761.323	4.76E+06	5.54E+00	-1.16E-01
569	1.59E+03	-1.59E+06	-4.80E-02	-3.03E-03	-4736.175	4.73E+06	5.24E+00	-1.11E-01
570	1.64E+03	-1.64E+06	-7.90E-02	-4.83E-03	-4710.057	4.71E+06	5.04E+00	-1.07E-01
571	1.69E+03	-1.69E+06	-1.53E-01	-9.08E-03	-4682.959	4.68E+06	5.48E+00	-1.17E-01
572	1.73E+03	-1.73E+06	-2.52E-01	-1.45E-02	-4654.872	4.65E+06	5.47E+00	-1.18E-01
573	1.78E+03	-1.78E+06	1.77E-01	9.93E-03	-4625.785	4.62E+06	5.55E+00	-1.20E-01
574	1.83E+03	-1.83E+06	6.80E-02	3.72E-03	-4595.688	4.59E+06	5.15E+00	-1.12E-01
575	1.88E+03	-1.88E+06	-2.20E-02	-1.17E-03	-4564.569	4.56E+06	5.35E+00	-1.17E-01
576	1.92E+03	-1.92E+06	-8.10E-02	-4.21E-03	-4532.417	4.53E+06	5.06E+00	-1.12E-01
577	1.97E+03	-1.97E+06	-9.50E-02	-4.82E-03	-4499.22	4.49E+06	5.34E+00	-1.19E-01
578	2.01E+03	-2.01E+06	-4.80E-02	-2.38E-03	-4464.967	4.46E+06	5.11E+00	-1.14E-01
579	2.06E+03	-2.06E+06	7.20E-02	3.50E-03	-4429.643	4.42E+06	5.42E+00	-1.22E-01
580	2.10E+03	-2.10E+06	-2.60E-01	-1.24E-02	-4393.237	4.39E+06	5.20E+00	-1.18E-01
581	2.15E+03	-2.15E+06	4.80E-02	2.24E-03	-4355.736	4.35E+06	5.50E+00	-1.26E-01
582	2.19E+03	-2.19E+06	-6.90E-02	-3.15E-03	-4317.125	4.31E+06	5.23E+00	-1.21E-01
583	2.23E+03	-2.23E+06	-6.00E-02	-2.69E-03	-4277.391	4.27E+06	5.45E+00	-1.27E-01
584	2.27E+03	-2.27E+06	9.00E-02	3.96E-03	-4236.522	4.23E+06	5.08E+00	-1.20E-01
585	2.31E+03	-2.31E+06	-1.49E-01	-6.44E-03	-4194.501	4.19E+06	5.18E+00	-1.24E-01
586	2.35E+03	-2.35E+06	-2.22E-01	-9.43E-03	-4151.314	4.15E+06	5.19E+00	-1.25E-01
587	2.39E+03	-2.39E+06	-1.18E-01	-4.93E-03	-4106.947	4.10E+06	5.11E+00	-1.24E-01
588	2.43E+03	-2.43E+06	1.75E-01	7.20E-03	-4061.385	4.06E+06	5.44E+00	-1.34E-01
589	2.47E+03	-2.47E+06	1.29E-01	5.22E-03	-4014.614	4.01E+06	5.11E+00	-1.27E-01
590	2.51E+03	-2.51E+06	-2.45E-01	-9.77E-03	-3966.618	3.96E+06	5.18E+00	-1.31E-01
591	2.54E+03	-2.54E+06	1.44E-01	5.66E-03	-3917.382	3.91E+06	5.08E+00	-1.30E-01
592	2.58E+03	-2.58E+06	2.29E-01	8.88E-03	-3866.892	3.86E+06	5.35E+00	-1.38E-01
593	2.61E+03	-2.61E+06	1.90E-02	7.27E-04	-3815.132	3.81E+06	5.43E+00	-1.42E-01
594	2.65E+03	-2.65E+06	6.50E-02	2.46E-03	-3762.087	3.76E+06	5.31E+00	-1.41E-01
595	2.68E+03	-2.68E+06	-1.63E-01	-6.08E-03	-3707.743	3.70E+06	5.50E+00	-1.48E-01
596	2.71E+03	-2.71E+06	-1.14E-01	-4.20E-03	-3652.086	3.65E+06	5.47E+00	-1.50E-01
597	2.74E+03	-2.74E+06	2.21E-01	8.05E-03	-3595.101	3.59E+06	5.18E+00	-1.44E-01
598	2.78E+03	-2.78E+06	-2.27E-01	-8.18E-03	-3536.775	3.53E+06	5.17E+00	-1.46E-01
599	2.81E+03	-2.81E+06	1.70E-01	6.06E-03	-3477.092	3.47E+06	5.43E+00	-1.56E-01
600	2.83E+03	-2.83E+06	-1.99E-01	-7.02E-03	-3416.041	3.41E+06	5.40E+00	-1.58E-01
601	2.86E+03	-2.86E+06	-2.44E-01	-8.52E-03	-3353.609	3.35E+06	5.07E+00	-1.51E-01
602	2.89E+03	-2.89E+06	4.20E-02	1.45E-03	-3289.783	3.28E+06	5.50E+00	-1.67E-01
603	2.92E+03	-2.92E+06	1.29E-01	4.42E-03	-3224.554	3.22E+06	5.07E+00	-1.57E-01
604	2.94E+03	-2.94E+06	2.40E-02	8.16E-04	-3157.907	3.15E+06	5.39E+00	-1.71E-01
605	2.97E+03	-2.97E+06	-2.65E-01	-8.93E-03	-3089.835	3.08E+06	5.36E+00	-1.73E-01
606	2.99E+03	-2.99E+06	-1.91E-01	-6.39E-03	-3020.329	3.01E+06	5.51E+00	-1.82E-01
607	3.01E+03	-3.01E+06	2.54E-01	8.43E-03	-2949.38	2.94E+06	5.30E+00	-1.80E-01
608	3.03E+03	-3.03E+06	-3.00E-03	-9.89E-05	-2876.98	2.87E+06	5.26E+00	-1.83E-01
609	3.06E+03	-3.06E+06	1.23E-01	4.03E-03	-2803.123	2.80E+06	5.38E+00	-1.92E-01
610	3.08E+03	-3.08E+06	1.01E-01	3.28E-03	-2727.804	2.72E+06	5.12E+00	-1.88E-01

611	3.09E+03	-3.09E+06	-6.40E-02	-2.07E-03	-2651.019	2.65E+06	5.56E+00	-2.10E-01
612	3.11E+03	-3.11E+06	1.72E-01	5.53E-03	-2572.765	2.57E+06	5.07E+00	-1.97E-01
613	3.13E+03	-3.13E+06	-2.63E-01	-8.40E-03	-2493.041	2.49E+06	5.26E+00	-2.11E-01
614	3.15E+03	-3.15E+06	2.54E-01	8.07E-03	-2411.846	2.41E+06	5.07E+00	-2.10E-01
615	3.16E+03	-3.16E+06	1.11E-01	3.51E-03	-2329.182	2.32E+06	5.56E+00	-2.39E-01
616	3.18E+03	-3.18E+06	-1.49E-01	-4.69E-03	-2245.051	2.24E+06	5.13E+00	-2.29E-01
617	3.19E+03	-3.19E+06	1.70E-02	5.33E-04	-2159.459	2.15E+06	5.40E+00	-2.50E-01
618	3.20E+03	-3.20E+06	7.40E-02	2.31E-03	-2072.411	2.07E+06	5.29E+00	-2.55E-01
619	3.21E+03	-3.21E+06	2.80E-02	8.72E-04	-1983.915	1.98E+06	5.35E+00	-2.70E-01
620	3.22E+03	-3.22E+06	-1.21E-01	-3.75E-03	-1893.98	1.89E+06	5.06E+00	-2.67E-01
621	3.23E+03	-3.23E+06	1.72E-01	5.32E-03	-1802.619	1.80E+06	5.50E+00	-3.05E-01
622	3.24E+03	-3.24E+06	-1.70E-01	-5.25E-03	-1709.843	1.70E+06	5.06E+00	-2.96E-01
623	3.25E+03	-3.25E+06	-6.50E-02	-2.00E-03	-1615.667	1.61E+06	5.39E+00	-3.33E-01
624	3.25E+03	-3.25E+06	-5.10E-02	-1.57E-03	-1520.109	1.51E+06	5.41E+00	-3.56E-01
625	3.26E+03	-3.26E+06	-1.25E-01	-3.83E-03	-1423.188	1.42E+06	5.15E+00	-3.62E-01
626	3.26E+03	-3.26E+06	2.53E-01	7.75E-03	-1324.922	1.32E+06	5.16E+00	-3.90E-01
627	3.27E+03	-3.27E+06	6.00E-03	1.84E-04	-1225.337	1.22E+06	5.48E+00	-4.47E-01
628	3.27E+03	-3.27E+06	2.15E-01	6.57E-03	-1124.457	1.12E+06	5.04E+00	-4.48E-01
629	3.27E+03	-3.27E+06	-2.00E-01	-6.11E-03	-1022.307	1.02E+06	5.49E+00	-5.37E-01
630	3.27E+03	-3.27E+06	-1.58E-01	-4.83E-03	-918.916	9.14E+05	5.24E+00	-5.70E-01
631	3.27E+03	-3.27E+06	-2.01E-01	-6.14E-03	-814.317	8.09E+05	5.40E+00	-6.63E-01
632	3.27E+03	-3.27E+06	2.15E-01	6.57E-03	-708.54	7.03E+05	5.46E+00	-7.71E-01
633	3.27E+03	-3.27E+06	7.00E-03	2.14E-04	-601.621	5.96E+05	5.46E+00	-9.08E-01
634	3.26E+03	-3.26E+06	2.54E-01	7.78E-03	-493.596	4.88E+05	5.27E+00	-1.07E+00
635	3.26E+03	-3.26E+06	-1.26E-01	-3.86E-03	-384.505	3.79E+05	5.32E+00	-1.38E+00
636	3.25E+03	-3.25E+06	-5.10E-02	-1.57E-03	-274.386	2.69E+05	5.30E+00	-1.93E+00
637	3.25E+03	-3.25E+06	-6.60E-02	-2.03E-03	-163.283	1.58E+05	5.28E+00	-3.23E+00
638	3.24E+03	-3.24E+06	-1.71E-01	-5.28E-03	-51.241	4.59E+04	5.30E+00	-1.03E+01
639	3.23E+03	-3.23E+06	1.73E-01	5.35E-03	61.697	-6.70E+04	5.32E+00	8.62E+00
640	3.22E+03	-3.22E+06	-1.21E-01	-3.75E-03	175.479	-1.81E+05	5.31E+00	3.03E+00
641	3.21E+03	-3.21E+06	2.80E-02	8.72E-04	290.06	-2.95E+05	5.32E+00	1.83E+00
642	3.20E+03	-3.20E+06	7.50E-02	2.34E-03	405.387	-4.11E+05	5.28E+00	1.30E+00
643	3.19E+03	-3.19E+06	1.70E-02	5.33E-04	521.406	-5.27E+05	5.31E+00	1.02E+00
644	3.18E+03	-3.18E+06	-1.49E-01	-4.69E-03	638.064	-6.43E+05	5.08E+00	7.96E-01
645	3.16E+03	-3.16E+06	1.12E-01	3.54E-03	755.307	-7.61E+05	5.55E+00	7.35E-01
646	3.15E+03	-3.15E+06	2.55E-01	8.11E-03	873.076	-8.79E+05	5.50E+00	6.30E-01
647	3.13E+03	-3.13E+06	-2.63E-01	-8.40E-03	991.313	-9.97E+05	5.53E+00	5.58E-01
648	3.11E+03	-3.11E+06	1.72E-01	5.53E-03	1109.96	-1.12E+06	5.14E+00	4.63E-01
649	3.09E+03	-3.09E+06	-6.50E-02	-2.10E-03	1228.955	-1.23E+06	5.49E+00	4.46E-01
650	3.08E+03	-3.08E+06	1.01E-01	3.28E-03	1348.237	-1.35E+06	5.54E+00	4.11E-01
651	3.06E+03	-3.06E+06	1.24E-01	4.06E-03	1467.744	-1.47E+06	5.38E+00	3.66E-01
652	3.03E+03	-3.03E+06	-4.00E-03	-1.32E-04	1587.412	-1.59E+06	5.05E+00	3.18E-01
653	3.01E+03	-3.01E+06	2.54E-01	8.43E-03	1707.177	-1.71E+06	5.16E+00	3.02E-01



654	2.99E+03	-2.99E+06	-1.91E-01	-6.39E-03	1826.974	-1.83E+06	5.25E+00	2.87E-01
655	2.97E+03	-2.97E+06	-2.66E-01	-8.97E-03	1946.737	-1.95E+06	5.36E+00	2.75E-01
656	2.94E+03	-2.94E+06	2.40E-02	8.16E-04	2066.402	-2.07E+06	5.04E+00	2.44E-01
657	2.92E+03	-2.92E+06	1.29E-01	4.42E-03	2185.901	-2.19E+06	5.42E+00	2.48E-01
658	2.89E+03	-2.89E+06	4.30E-02	1.49E-03	2305.166	-2.31E+06	5.49E+00	2.38E-01
659	2.86E+03	-2.86E+06	-2.44E-01	-8.52E-03	2424.132	-2.43E+06	5.33E+00	2.20E-01
660	2.83E+03	-2.83E+06	-1.99E-01	-7.02E-03	2542.732	-2.55E+06	5.53E+00	2.17E-01
661	2.81E+03	-2.81E+06	1.70E-01	6.06E-03	2660.899	-2.67E+06	5.08E+00	1.91E-01
662	2.78E+03	-2.78E+06	-2.27E-01	-8.18E-03	2778.564	-2.78E+06	5.14E+00	1.85E-01
663	2.74E+03	-2.74E+06	2.21E-01	8.05E-03	2895.66	-2.90E+06	5.22E+00	1.80E-01
664	2.71E+03	-2.71E+06	-1.13E-01	-4.17E-03	3012.121	-3.02E+06	5.40E+00	1.79E-01
665	2.68E+03	-2.68E+06	-1.63E-01	-6.08E-03	3127.881	-3.13E+06	5.20E+00	1.66E-01
666	2.65E+03	-2.65E+06	6.40E-02	2.42E-03	3242.872	-3.25E+06	5.23E+00	1.61E-01
667	2.61E+03	-2.61E+06	1.80E-02	6.89E-04	3357.027	-3.36E+06	5.55E+00	1.65E-01
668	2.58E+03	-2.58E+06	2.29E-01	8.88E-03	3470.283	-3.48E+06	5.16E+00	1.49E-01
669	2.54E+03	-2.54E+06	1.45E-01	5.70E-03	3582.573	-3.59E+06	5.19E+00	1.45E-01
670	2.51E+03	-2.51E+06	-2.46E-01	-9.81E-03	3693.834	-3.70E+06	5.17E+00	1.40E-01
671	2.47E+03	-2.47E+06	1.29E-01	5.22E-03	3804.001	-3.81E+06	5.16E+00	1.36E-01
672	2.43E+03	-2.43E+06	1.75E-01	7.20E-03	3913.01	-3.92E+06	5.23E+00	1.34E-01
673	2.39E+03	-2.39E+06	-1.18E-01	-4.93E-03	4020.801	-4.03E+06	5.44E+00	1.35E-01
674	2.35E+03	-2.35E+06	-2.21E-01	-9.39E-03	4127.311	-4.13E+06	5.31E+00	1.29E-01
675	2.31E+03	-2.31E+06	-1.48E-01	-6.40E-03	4232.478	-4.24E+06	5.44E+00	1.29E-01
676	2.27E+03	-2.27E+06	9.00E-02	3.96E-03	4336.245	-4.34E+06	5.36E+00	1.23E-01
677	2.23E+03	-2.23E+06	-6.00E-02	-2.69E-03	4438.55	-4.44E+06	5.11E+00	1.15E-01
678	2.19E+03	-2.19E+06	-6.90E-02	-3.15E-03	4539.339	-4.54E+06	5.30E+00	1.17E-01
679	2.15E+03	-2.15E+06	4.80E-02	2.24E-03	4638.552	-4.64E+06	5.45E+00	1.17E-01
680	2.10E+03	-2.10E+06	-2.60E-01	-1.24E-02	4736.134	-4.74E+06	5.07E+00	1.07E-01
681	2.06E+03	-2.06E+06	7.20E-02	3.50E-03	4832.031	-4.84E+06	5.29E+00	1.09E-01
682	2.01E+03	-2.01E+06	-4.80E-02	-2.38E-03	4926.189	-4.93E+06	5.09E+00	1.03E-01
683	1.97E+03	-1.97E+06	-9.50E-02	-4.82E-03	5018.556	-5.02E+06	5.06E+00	1.01E-01
684	1.92E+03	-1.92E+06	-8.20E-02	-4.26E-03	5109.081	-5.11E+06	5.26E+00	1.03E-01
685	1.88E+03	-1.88E+06	-2.30E-02	-1.23E-03	5197.715	-5.20E+06	5.18E+00	9.98E-02
686	1.83E+03	-1.83E+06	6.90E-02	3.77E-03	5284.407	-5.29E+06	5.43E+00	1.03E-01
687	1.78E+03	-1.78E+06	1.77E-01	9.93E-03	5369.111	-5.37E+06	5.51E+00	1.03E-01
688	1.73E+03	-1.73E+06	-2.52E-01	-1.45E-02	5451.782	-5.46E+06	7.62E+00	1.40E-01
689	1.69E+03	-1.69E+06	-1.52E-01	-9.02E-03	5532.373	-5.54E+06	2.63E+00	4.75E-02
690	1.64E+03	-1.64E+06	-7.90E-02	-4.83E-03	5610.842	-5.62E+06	5.16E+00	9.19E-02
691	1.59E+03	-1.59E+06	-4.80E-02	-3.03E-03	5687.146	-5.69E+06	4.45E+00	7.83E-02
692	1.54E+03	-1.54E+06	-7.30E-02	-4.75E-03	5761.246	-5.77E+06	5.95E+00	1.03E-01
693	1.49E+03	-1.49E+06	-1.71E-01	-1.15E-02	5833.101	-5.84E+06	4.30E+00	7.37E-02
694	1.43E+03	-1.43E+06	1.85E-01	1.29E-02	5902.673	-5.91E+06	4.93E+00	8.35E-02
695	1.38E+03	-1.38E+06	-1.03E-01	-7.45E-03	5969.926	-5.98E+06	7.87E+00	1.32E-01
696	1.33E+03	-1.33E+06	3.10E-02	2.33E-03	6034.823	-6.04E+06	7.78E+00	1.29E-01

697	1.28E+03	-1.28E+06	3.00E-02	2.35E-03	6094.088	-6.10E+06	7.91E+00	1.30E-01
698	1.23E+03	-1.23E+06	-1.22E-01	-9.95E-03	6159.398	-6.16E+06	2.00E+00	3.25E-02
699	1.17E+03	-1.17E+06	1.00E-01	8.53E-03	6215.785	-6.22E+06	5.02E+00	8.07E-02
700	1.12E+03	-1.12E+06	1.39E-01	1.24E-02	6267.96	-6.27E+06	6.84E+00	1.09E-01
701	1.07E+03	-1.07E+06	-2.10E-02	-1.97E-03	6320.403	-6.33E+06	8.40E+00	1.33E-01
702	1.01E+03	-1.01E+06	1.44E-01	1.42E-02	6377.357	-6.38E+06	4.30E-02	6.74E-04
703	9.57E+02	-9.57E+05	7.60E-02	7.94E-03	6420	-6.43E+06	6.00E+00	9.35E-02
704	9.02E+02	-9.02E+05	-2.40E-01	-2.66E-02	6460	-6.47E+06	9.20E+00	1.42E-01
705	8.47E+02	-8.47E+05	2.60E-01	3.07E-02	6500	-6.51E+06	1.24E+01	1.91E-01
706	7.92E+02	-7.92E+05	-6.40E-02	-8.08E-03	6550	-6.55E+06	2.00E-01	3.05E-03
707	7.36E+02	-7.36E+05	-1.45E-01	-1.97E-02	6580	-6.59E+06	8.00E+00	1.22E-01
708	6.80E+02	-6.80E+05	-3.00E-03	-4.41E-04	6620	-6.63E+06	5.80E+00	8.76E-02
709	6.24E+02	-6.24E+05	-1.94E-01	-3.11E-02	6650	-6.66E+06	8.20E+00	1.23E-01
710	5.68E+02	-5.68E+05	-1.94E-01	-3.41E-02	6680	-6.69E+06	5.20E+00	7.78E-02
711	5.12E+02	-5.12E+05	-2.10E-02	-4.10E-03	6710	-6.71E+06	2.20E+00	3.28E-02
712	4.55E+02	-4.55E+05	-1.60E-02	-3.51E-03	6730	-6.73E+06	3.80E+00	5.65E-02
713	3.99E+02	-3.99E+05	1.90E-02	4.76E-03	6750	-6.76E+06	5.40E+00	8.00E-02
714	3.42E+02	-3.42E+05	1.50E-02	4.39E-03	6770	-6.77E+06	1.60E+00	2.36E-02
715	2.85E+02	-2.85E+05	6.00E-03	2.10E-03	6780	-6.79E+06	7.80E+00	1.15E-01
716	2.28E+02	-2.28E+05	-2.50E-02	-1.10E-02	6790	-6.80E+06	1.40E+01	2.06E-01
717	1.71E+02	-1.71E+05	1.50E-02	8.76E-03	6800	-6.81E+06	9.40E+00	1.38E-01
718	1.14E+02	-1.14E+05	-1.00E-03	-8.76E-04	6820	-6.82E+06	2.00E-01	2.93E-03
719	5.71E+01	-5.71E+04	1.80E-02	3.15E-02	6820	-6.82E+06	2.00E-01	2.93E-03
720	-4.98E-08	4.98E-05	4.20E-12	-8.43E-03	6820	-6.83E+06	5.60E+00	8.21E-02
721	-5.71E+01	5.71E+04	-1.80E-02	3.15E-02	6820	-6.82E+06	2.00E-01	2.93E-03
722	-1.14E+02	1.14E+05	1.00E-03	-8.76E-04	6820	-6.82E+06	2.00E-01	2.93E-03
723	-1.71E+02	1.71E+05	-1.60E-02	9.34E-03	6800	-6.81E+06	9.40E+00	1.38E-01
724	-2.28E+02	2.28E+05	2.40E-02	-1.05E-02	6800	-6.80E+06	4.00E+00	5.88E-02
725	-2.85E+02	2.85E+05	-6.00E-03	2.10E-03	6780	-6.79E+06	7.80E+00	1.15E-01
726	-3.42E+02	3.42E+05	-1.40E-02	4.09E-03	6770	-6.77E+06	1.60E+00	2.36E-02
727	-3.99E+02	3.99E+05	-1.90E-02	4.76E-03	6750	-6.76E+06	5.40E+00	8.00E-02
728	-4.55E+02	4.55E+05	1.60E-02	-3.51E-03	6730	-6.73E+06	3.80E+00	5.65E-02
729	-5.12E+02	5.12E+05	2.10E-02	-4.10E-03	6700	-6.71E+06	1.22E+01	1.82E-01
730	-5.68E+02	5.68E+05	1.94E-01	-3.41E-02	6680	-6.69E+06	5.20E+00	7.78E-02
731	-6.24E+02	6.24E+05	1.94E-01	-3.11E-02	6650	-6.66E+06	8.20E+00	1.23E-01
732	-6.80E+02	6.80E+05	3.00E-03	-4.41E-04	6620	-6.63E+06	5.80E+00	8.76E-02
733	-7.36E+02	7.36E+05	1.45E-01	-1.97E-02	6580	-6.59E+06	8.00E+00	1.22E-01
734	-7.92E+02	7.92E+05	6.40E-02	-8.08E-03	6540	-6.55E+06	1.02E+01	1.56E-01
735	-8.47E+02	8.47E+05	-2.59E-01	3.06E-02	6510	-6.51E+06	2.40E+00	3.69E-02
736	-9.02E+02	9.02E+05	2.39E-01	-2.65E-02	6470	-6.47E+06	-8.00E-01	-1.24E-02
737	-9.57E+02	9.57E+05	-7.70E-02	8.05E-03	6420	-6.43E+06	6.00E+00	9.35E-02
738	-1.01E+03	1.01E+06	-1.44E-01	1.42E-02	6370	-6.38E+06	7.40E+00	1.16E-01
739	-1.07E+03	1.07E+06	2.10E-02	-1.97E-03	6320	-6.33E+06	8.80E+00	1.39E-01



740	-1.12E+03	1.12E+06	-1.39E-01	1.24E-02	6270	-6.27E+06	4.80E+00	7.66E-02
741	-1.17E+03	1.17E+06	-1.00E-01	8.53E-03	6220	-6.22E+06	8.00E-01	1.29E-02
742	-1.23E+03	1.23E+06	1.22E-01	-9.95E-03	6160	-6.16E+06	1.40E+00	2.27E-02
743	-1.28E+03	1.28E+06	-2.90E-02	2.27E-03	6100	-6.10E+06	2.00E+00	3.28E-02
744	-1.33E+03	1.33E+06	-3.00E-02	2.25E-03	6040	-6.04E+06	2.60E+00	4.30E-02
745	-1.38E+03	1.38E+06	1.03E-01	-7.45E-03	5970	-5.98E+06	7.80E+00	1.31E-01
746	-1.43E+03	1.43E+06	-1.84E-01	1.28E-02	5900	-5.91E+06	7.60E+00	1.29E-01
747	-1.49E+03	1.49E+06	1.70E-01	-1.14E-02	5830	-5.84E+06	7.40E+00	1.27E-01
748	-1.54E+03	1.54E+06	7.30E-02	-4.75E-03	5760	-5.77E+06	7.20E+00	1.25E-01
749	-1.59E+03	1.59E+06	4.80E-02	-3.03E-03	5690	-5.69E+06	1.60E+00	2.81E-02
750	-1.64E+03	1.64E+06	8.00E-02	-4.89E-03	5620	-5.62E+06	-4.00E+00	-7.12E-02
751	-1.69E+03	1.69E+06	1.52E-01	-9.02E-03	5530	-5.54E+06	5.00E+00	9.04E-02
752	-1.73E+03	1.73E+06	2.52E-01	-1.45E-02	5450	-5.46E+06	9.40E+00	1.72E-01
753	-1.78E+03	1.78E+06	-1.76E-01	9.87E-03	5360	-5.37E+06	1.46E+01	2.73E-01
754	-1.83E+03	1.83E+06	-6.80E-02	3.72E-03	5290	-5.29E+06	-1.60E-01	-3.02E-03
755	-1.88E+03	1.88E+06	2.20E-02	-1.17E-03	5200	-5.20E+06	2.90E+00	5.58E-02
756	-1.92E+03	1.92E+06	8.20E-02	-4.26E-03	5110	-5.11E+06	4.34E+00	8.49E-02
757	-1.97E+03	1.97E+06	9.50E-02	-4.82E-03	5010	-5.02E+06	1.36E+01	2.72E-01
758	-2.01E+03	2.01E+06	4.90E-02	-2.43E-03	4930	-4.93E+06	1.28E+00	2.60E-02
759	-2.06E+03	2.06E+06	-7.30E-02	3.54E-03	4830	-4.84E+06	7.32E+00	1.52E-01
760	-2.10E+03	2.10E+06	2.60E-01	-1.24E-02	4740	-4.74E+06	1.20E+00	2.53E-02
761	-2.15E+03	2.15E+06	-4.80E-02	2.24E-03	4640	-4.64E+06	4.00E+00	8.62E-02
762	-2.19E+03	2.19E+06	6.90E-02	-3.15E-03	4540	-4.54E+06	4.64E+00	1.02E-01
763	-2.23E+03	2.23E+06	5.90E-02	-2.64E-03	4434.702	-4.44E+06	8.96E+00	2.02E-01
764	-2.27E+03	2.27E+06	-9.00E-02	3.96E-03	4338.062	-4.34E+06	3.54E+00	8.16E-02
765	-2.31E+03	2.31E+06	1.48E-01	-6.40E-03	4234.016	-4.24E+06	3.90E+00	9.22E-02
766	-2.35E+03	2.35E+06	2.22E-01	-9.43E-03	4123.871	-4.13E+06	8.75E+00	2.12E-01
767	-2.39E+03	2.39E+06	1.18E-01	-4.93E-03	4018.921	-4.03E+06	7.32E+00	1.82E-01
768	-2.43E+03	2.43E+06	-1.75E-01	7.20E-03	3910.438	-3.92E+06	7.80E+00	2.00E-01
769	-2.47E+03	2.47E+06	-1.29E-01	5.22E-03	3799.682	-3.81E+06	9.48E+00	2.49E-01
770	-2.51E+03	2.51E+06	2.45E-01	-9.77E-03	3697.893	-3.70E+06	1.11E+00	2.99E-02
771	-2.54E+03	2.54E+06	-1.44E-01	5.66E-03	3586.295	-3.59E+06	1.47E+00	4.08E-02
772	-2.58E+03	2.58E+06	-2.29E-01	8.88E-03	3466.093	-3.48E+06	9.35E+00	2.70E-01
773	-2.61E+03	2.61E+06	-1.90E-02	7.27E-04	3357.027	-3.36E+06	5.55E+00	1.65E-01
774	-2.65E+03	2.65E+06	-6.40E-02	2.42E-03	3242.872	-3.25E+06	5.23E+00	1.61E-01
775	-2.68E+03	2.68E+06	1.63E-01	-6.08E-03	3127.881	-3.13E+06	5.20E+00	1.66E-01
776	-2.71E+03	2.71E+06	1.14E-01	-4.20E-03	3012.121	-3.02E+06	5.40E+00	1.79E-01
777	-2.74E+03	2.74E+06	-2.21E-01	8.05E-03	2895.66	-2.90E+06	5.22E+00	1.80E-01
778	-2.78E+03	2.78E+06	2.27E-01	-8.18E-03	2778.563	-2.78E+06	5.14E+00	1.85E-01
779	-2.81E+03	2.81E+06	-1.70E-01	6.06E-03	2660.899	-2.67E+06	5.08E+00	1.91E-01
780	-2.83E+03	2.83E+06	1.99E-01	-7.02E-03	2542.733	-2.55E+06	5.53E+00	2.17E-01
781	-2.86E+03	2.86E+06	2.44E-01	-8.52E-03	2424.132	-2.43E+06	5.33E+00	2.20E-01
782	-2.89E+03	2.89E+06	-4.30E-02	1.49E-03	2305.166	-2.31E+06	5.49E+00	2.38E-01

783	-2.92E+03	2.92E+06	-1.29E-01	4.42E-03	2185.9	-2.19E+06	5.42E+00	2.48E-01
784	-2.94E+03	2.94E+06	-2.40E-02	8.16E-04	2066.401	-2.07E+06	5.04E+00	2.44E-01
785	-2.97E+03	2.97E+06	2.65E-01	-8.93E-03	1946.738	-1.95E+06	5.36E+00	2.75E-01
786	-2.99E+03	2.99E+06	1.91E-01	-6.39E-03	1826.973	-1.83E+06	5.25E+00	2.87E-01
787	-3.01E+03	3.01E+06	-2.54E-01	8.43E-03	1707.176	-1.71E+06	5.16E+00	3.02E-01
788	-3.03E+03	3.03E+06	4.00E-03	-1.32E-04	1587.411	-1.59E+06	5.05E+00	3.18E-01
789	-3.06E+03	3.06E+06	-1.23E-01	4.03E-03	1467.744	-1.47E+06	5.38E+00	3.66E-01
790	-3.08E+03	3.08E+06	-1.01E-01	3.28E-03	1348.237	-1.35E+06	5.54E+00	4.11E-01
791	-3.09E+03	3.09E+06	6.50E-02	-2.10E-03	1228.955	-1.23E+06	5.49E+00	4.46E-01
792	-3.11E+03	3.11E+06	-1.72E-01	5.53E-03	1109.96	-1.12E+06	5.14E+00	4.63E-01
793	-3.13E+03	3.13E+06	2.63E-01	-8.40E-03	991.313	-9.97E+05	5.53E+00	5.58E-01
794	-3.15E+03	3.15E+06	-2.55E-01	8.11E-03	873.076	-8.79E+05	5.50E+00	6.30E-01
795	-3.16E+03	3.16E+06	-1.11E-01	3.51E-03	755.306	-7.61E+05	5.55E+00	7.35E-01
796	-3.18E+03	3.18E+06	1.49E-01	-4.69E-03	638.065	-6.43E+05	5.08E+00	7.95E-01
797	-3.19E+03	3.19E+06	-1.70E-02	5.33E-04	521.406	-5.27E+05	5.31E+00	1.02E+00
798	-3.20E+03	3.20E+06	-7.50E-02	2.34E-03	405.386	-4.11E+05	5.28E+00	1.30E+00
799	-3.21E+03	3.21E+06	-2.70E-02	8.40E-04	290.06	-2.95E+05	5.32E+00	1.83E+00
800	-3.22E+03	3.22E+06	1.21E-01	-3.75E-03	175.479	-1.81E+05	5.31E+00	3.03E+00
801	-3.23E+03	3.23E+06	-1.72E-01	5.32E-03	61.696	-6.70E+04	5.32E+00	8.62E+00
802	-3.24E+03	3.24E+06	1.71E-01	-5.28E-03	-51.24	4.59E+04	5.30E+00	-1.03E+01
803	-3.25E+03	3.25E+06	6.50E-02	-2.00E-03	-163.283	1.58E+05	5.28E+00	-3.23E+00
804	-3.25E+03	3.25E+06	5.10E-02	-1.57E-03	-274.386	2.69E+05	5.30E+00	-1.93E+00
805	-3.26E+03	3.26E+06	1.25E-01	-3.83E-03	-384.505	3.79E+05	5.32E+00	-1.38E+00
806	-3.26E+03	3.26E+06	-2.53E-01	7.75E-03	-493.596	4.88E+05	5.27E+00	-1.07E+00
807	-3.27E+03	3.27E+06	-7.00E-03	2.14E-04	-601.621	5.96E+05	5.46E+00	-9.08E-01
808	-3.27E+03	3.27E+06	-2.15E-01	6.57E-03	-708.54	7.03E+05	5.46E+00	-7.71E-01
809	-3.27E+03	3.27E+06	2.01E-01	-6.14E-03	-814.317	8.09E+05	5.40E+00	-6.63E-01
810	-3.27E+03	3.27E+06	1.59E-01	-4.86E-03	-918.917	9.14E+05	5.24E+00	-5.70E-01
811	-3.27E+03	3.27E+06	2.00E-01	-6.11E-03	-1022.307	1.02E+06	5.49E+00	-5.37E-01
812	-3.27E+03	3.27E+06	-2.15E-01	6.57E-03	-1124.456	1.12E+06	5.04E+00	-4.48E-01
813	-3.27E+03	3.27E+06	-6.00E-03	1.84E-04	-1225.338	1.22E+06	5.48E+00	-4.47E-01
814	-3.26E+03	3.26E+06	-2.53E-01	7.75E-03	-1324.923	1.32E+06	5.16E+00	-3.90E-01
815	-3.26E+03	3.26E+06	1.26E-01	-3.86E-03	-1423.187	1.42E+06	5.15E+00	-3.62E-01
816	-3.25E+03	3.25E+06	5.10E-02	-1.57E-03	-1520.109	1.51E+06	5.41E+00	-3.56E-01
817	-3.25E+03	3.25E+06	6.50E-02	-2.00E-03	-1615.667	1.61E+06	5.39E+00	-3.33E-01
818	-3.24E+03	3.24E+06	1.70E-01	-5.25E-03	-1709.843	1.70E+06	5.06E+00	-2.96E-01
819	-3.23E+03	3.23E+06	-1.72E-01	5.32E-03	-1802.619	1.80E+06	5.50E+00	-3.05E-01
820	-3.22E+03	3.22E+06	1.21E-01	-3.75E-03	-1893.981	1.89E+06	5.06E+00	-2.67E-01
821	-3.21E+03	3.21E+06	-2.80E-02	8.72E-04	-1983.915	1.98E+06	5.35E+00	-2.70E-01
822	-3.20E+03	3.20E+06	-7.50E-02	2.34E-03	-2072.411	2.07E+06	5.29E+00	-2.55E-01
823	-3.19E+03	3.19E+06	-1.70E-02	5.33E-04	-2159.459	2.15E+06	5.40E+00	-2.50E-01
824	-3.18E+03	3.18E+06	1.49E-01	-4.69E-03	-2245.051	2.24E+06	5.13E+00	-2.29E-01
825	-3.16E+03	3.16E+06	-1.11E-01	3.51E-03	-2329.182	2.32E+06	5.56E+00	-2.39E-01



826	-3.15E+03	3.15E+06	-2.55E-01	8.11E-03	-2410.903	2.41E+06	4.12E+00	-1.71E-01
827	-3.13E+03	3.13E+06	2.64E-01	-8.44E-03	-2495.447	2.49E+06	7.67E+00	-3.07E-01
828	-3.11E+03	3.11E+06	-1.72E-01	5.53E-03	-2572.559	2.57E+06	4.86E+00	-1.89E-01
829	-3.09E+03	3.09E+06	6.50E-02	-2.10E-03	-2652.118	2.65E+06	6.66E+00	-2.51E-01
830	-3.08E+03	3.08E+06	-1.01E-01	3.28E-03	-2723.983	2.72E+06	1.30E+00	-4.78E-02
831	-3.06E+03	3.06E+06	-1.24E-01	4.06E-03	-2807.989	2.80E+06	1.02E+01	-3.65E-01
832	-3.03E+03	3.03E+06	3.00E-03	-9.89E-05	-2873.949	2.87E+06	2.23E+00	-7.76E-02
833	-3.01E+03	3.01E+06	-2.54E-01	8.43E-03	-2951.654	2.94E+06	7.57E+00	-2.57E-01
834	-2.99E+03	2.99E+06	1.91E-01	-6.39E-03	-3020.875	3.01E+06	6.05E+00	-2.00E-01
835	-2.97E+03	2.97E+06	2.66E-01	-8.97E-03	-3091.359	3.08E+06	6.88E+00	-2.23E-01
836	-2.94E+03	2.94E+06	-2.40E-02	8.16E-04	-3162.834	3.15E+06	1.03E+01	-3.26E-01
837	-2.92E+03	2.92E+06	-1.29E-01	4.42E-03	-3225.005	3.22E+06	5.53E+00	-1.71E-01
838	-2.89E+03	2.89E+06	-4.20E-02	1.45E-03	-3287.557	3.28E+06	3.28E+00	-9.97E-02
839	-2.86E+03	2.86E+06	2.44E-01	-8.52E-03	-3350.154	3.35E+06	1.61E+00	-4.82E-02
840	-2.83E+03	2.83E+06	1.98E-01	-6.99E-03	-3412.438	3.41E+06	1.80E+00	-5.27E-02
841	-2.81E+03	2.81E+06	-1.70E-01	6.06E-03	-3474.034	3.47E+06	2.37E+00	-6.83E-02
842	-2.78E+03	2.78E+06	2.27E-01	-8.18E-03	-3534.543	3.53E+06	2.94E+00	-8.33E-02
843	-2.74E+03	2.74E+06	-2.22E-01	8.09E-03	-3593.548	3.59E+06	3.63E+00	-1.01E-01
844	-2.71E+03	2.71E+06	1.14E-01	-4.20E-03	-3650.612	3.65E+06	3.99E+00	-1.09E-01
845	-2.68E+03	2.68E+06	1.63E-01	-6.08E-03	-3705.276	3.70E+06	3.04E+00	-8.19E-02
846	-2.65E+03	2.65E+06	-6.50E-02	2.46E-03	-3767.064	3.76E+06	1.03E+01	-2.73E-01
847	-2.61E+03	2.61E+06	-1.80E-02	6.89E-04	-3815.479	3.81E+06	5.78E+00	-1.51E-01
848	-2.58E+03	2.58E+06	-2.29E-01	8.88E-03	-3870.005	3.86E+06	8.46E+00	-2.19E-01
849	-2.54E+03	2.54E+06	-1.44E-01	5.66E-03	-3920.108	3.91E+06	7.81E+00	-1.99E-01
850	-2.51E+03	2.51E+06	2.45E-01	-9.77E-03	-3965.232	3.96E+06	3.79E+00	-9.56E-02
851	-2.47E+03	2.47E+06	-1.29E-01	5.22E-03	-4014.805	4.01E+06	5.30E+00	-1.32E-01
852	-2.43E+03	2.43E+06	-1.75E-01	7.20E-03	-4058.233	4.06E+06	2.29E+00	-5.65E-02
853	-2.39E+03	2.39E+06	1.18E-01	-4.93E-03	-4104.907	4.10E+06	3.07E+00	-7.47E-02
854	-2.35E+03	2.35E+06	2.22E-01	-9.43E-03	-4154.197	4.15E+06	8.08E+00	-1.94E-01
855	-2.31E+03	2.31E+06	1.48E-01	-6.40E-03	-4195.454	4.19E+06	6.13E+00	-1.46E-01
856	-2.27E+03	2.27E+06	-9.00E-02	3.96E-03	-4238.011	4.23E+06	6.57E+00	-1.55E-01
857	-2.23E+03	2.23E+06	5.90E-02	-2.64E-03	-4281.184	4.27E+06	9.24E+00	-2.16E-01
858	-2.19E+03	2.19E+06	6.90E-02	-3.15E-03	-4314.269	4.31E+06	2.37E+00	-5.49E-02
859	-2.15E+03	2.15E+06	-4.80E-02	2.24E-03	-4356.544	4.35E+06	6.30E+00	-1.45E-01
860	-2.10E+03	2.10E+06	2.60E-01	-1.24E-02	-4397.27	4.39E+06	9.23E+00	-2.10E-01
861	-2.06E+03	2.06E+06	-7.20E-02	3.50E-03	-4429.604	4.42E+06	5.38E+00	-1.22E-01
862	-2.01E+03	2.01E+06	4.80E-02	-2.38E-03	-4467.126	4.46E+06	7.27E+00	-1.63E-01
863	-1.97E+03	1.97E+06	9.40E-02	-4.77E-03	-4495.493	4.49E+06	1.61E+00	-3.59E-02
864	-1.92E+03	1.92E+06	8.20E-02	-4.26E-03	-4534.645	4.53E+06	7.29E+00	-1.61E-01
865	-1.88E+03	1.88E+06	2.30E-02	-1.23E-03	-4564.524	4.56E+06	5.30E+00	-1.16E-01
866	-1.83E+03	1.83E+06	-6.80E-02	3.72E-03	-4595.072	4.59E+06	4.53E+00	-9.86E-02
867	-1.78E+03	1.78E+06	-1.77E-01	9.93E-03	-4626.233	4.62E+06	5.99E+00	-1.30E-01
868	-1.73E+03	1.73E+06	2.52E-01	-1.45E-02	-4657.953	4.65E+06	8.55E+00	-1.84E-01

869	-1.69E+03	1.69E+06	1.52E-01	-9.02E-03	-4680.179	4.68E+06	2.70E+00	-5.77E-02
870	-1.64E+03	1.64E+06	7.90E-02	-4.83E-03	-4712.859	4.71E+06	7.84E+00	-1.66E-01
871	-1.59E+03	1.59E+06	4.80E-02	-3.03E-03	-4735.945	4.73E+06	5.01E+00	-1.06E-01
872	-1.54E+03	1.54E+06	7.30E-02	-4.75E-03	-4759.387	4.76E+06	3.61E+00	-7.58E-02
873	-1.49E+03	1.49E+06	1.71E-01	-1.15E-02	-4783.138	4.78E+06	3.06E+00	-6.39E-02
874	-1.43E+03	1.43E+06	-1.85E-01	1.29E-02	-4807.155	4.80E+06	3.85E+00	-8.02E-02
875	-1.38E+03	1.38E+06	1.03E-01	-7.45E-03	-4831.392	4.83E+06	5.41E+00	-1.12E-01
876	-1.33E+03	1.33E+06	-3.10E-02	2.33E-03	-4855.808	4.85E+06	8.77E+00	-1.81E-01
877	-1.28E+03	1.28E+06	-3.00E-02	2.35E-03	-4870.363	4.87E+06	2.80E+00	-5.76E-02
878	-1.23E+03	1.23E+06	1.22E-01	-9.95E-03	-4895.017	4.89E+06	8.02E+00	-1.64E-01
879	-1.17E+03	1.17E+06	-1.00E-01	8.53E-03	-4909.733	4.91E+06	3.83E+00	-7.81E-02
880	-1.12E+03	1.12E+06	-1.39E-01	1.24E-02	-4924.475	4.92E+06	1.30E+00	-2.63E-02
881	-1.07E+03	1.07E+06	2.10E-02	-1.97E-03	-4949.209	4.94E+06	9.29E+00	-1.88E-01
882	-1.01E+03	1.01E+06	-1.44E-01	1.42E-02	-4963.902	4.96E+06	7.78E+00	-1.57E-01
883	-9.57E+02	9.57E+05	-7.60E-02	7.94E-03	-4978.522	4.97E+06	7.28E+00	-1.46E-01
884	-9.02E+02	9.02E+05	2.39E-01	-2.65E-02	-4993.041	4.99E+06	7.76E+00	-1.55E-01
885	-8.47E+02	8.47E+05	-2.60E-01	3.07E-02	-5007.428	5.00E+06	9.19E+00	-1.83E-01
886	-7.92E+02	7.92E+05	6.40E-02	-8.08E-03	-5011.658	5.01E+06	9.98E-01	-1.99E-02
887	-7.36E+02	7.36E+05	1.45E-01	-1.97E-02	-5025.706	5.02E+06	3.71E+00	-7.37E-02
888	-6.80E+02	6.80E+05	4.00E-03	-5.88E-04	-5039.547	5.03E+06	6.75E+00	-1.34E-01
889	-6.24E+02	6.24E+05	1.94E-01	-3.11E-02	-5043.158	5.04E+06	6.38E-01	-1.27E-02
890	-5.68E+02	5.68E+05	1.94E-01	-3.41E-02	-5056.519	5.05E+06	4.82E+00	-9.53E-02
891	-5.12E+02	5.12E+05	2.10E-02	-4.10E-03	-5069.611	5.06E+06	9.81E+00	-1.94E-01
892	-4.55E+02	4.55E+05	1.60E-02	-3.51E-03	-5072.414	5.07E+06	5.59E+00	-1.10E-01
893	-3.99E+02	3.99E+05	-1.90E-02	4.76E-03	-5074.913	5.07E+06	1.61E+00	-3.18E-02
894	-3.42E+02	3.42E+05	-1.40E-02	4.09E-03	-5087.091	5.08E+06	8.39E+00	-1.65E-01
895	-2.85E+02	2.85E+05	-5.00E-03	1.75E-03	-5088.935	5.08E+06	5.91E+00	-1.16E-01
896	-2.28E+02	2.28E+05	2.40E-02	-1.05E-02	-5090.433	5.09E+06	3.63E+00	-7.14E-02
897	-1.71E+02	1.71E+05	-1.60E-02	9.34E-03	-5091.572	5.09E+06	1.53E+00	-3.01E-02
898	-1.14E+02	1.14E+05	1.00E-03	-8.76E-04	-5102.344	5.09E+06	1.01E+01	-1.99E-01
899	-5.71E+01	5.71E+04	-1.80E-02	3.15E-02	-5102.739	5.09E+06	9.46E+00	-1.85E-01
900	-2.37E-08	2.37E-05	-6.60E-12	2.79E-02	-5102.751	5.09E+06	8.93E+00	-1.75E-01
901	5.71E+01	-5.71E+04	1.80E-02	3.15E-02	-5102.374	5.09E+06	9.09E+00	-1.78E-01
902	1.14E+02	-1.14E+05	0.00E+00	0.00E+00	-5101.604	5.09E+06	9.40E+00	-1.84E-01
903	1.71E+02	-1.71E+05	1.60E-02	9.34E-03	-5090.437	5.09E+06	3.97E-01	-7.80E-03
904	2.28E+02	-2.28E+05	-2.40E-02	-1.05E-02	-5088.872	5.09E+06	2.07E+00	-4.07E-02
905	2.85E+02	-2.85E+05	6.00E-03	2.10E-03	-5086.908	5.08E+06	3.89E+00	-7.64E-02
906	3.42E+02	-3.42E+05	1.40E-02	4.09E-03	-5084.548	5.08E+06	5.85E+00	-1.15E-01
907	3.99E+02	-3.99E+05	2.00E-02	5.01E-03	-5081.792	5.07E+06	8.49E+00	-1.67E-01
908	4.55E+02	-4.55E+05	-1.60E-02	-3.51E-03	-5068.646	5.07E+06	1.83E+00	-3.60E-02
909	5.12E+02	-5.12E+05	-2.10E-02	-4.10E-03	-5065.115	5.06E+06	5.31E+00	-1.05E-01
910	5.68E+02	-5.68E+05	-1.94E-01	-3.41E-02	-5061.205	5.05E+06	9.51E+00	-1.88E-01
911	6.24E+02	-6.24E+05	-1.94E-01	-3.11E-02	-5046.924	5.04E+06	4.40E+00	-8.73E-02



912	6.80E+02	-6.80E+05	-3.00E-03	-4.41E-04	-5042.282	5.03E+06	9.48E+00	-1.88E-01
913	7.36E+02	-7.36E+05	-1.45E-01	-1.97E-02	-5027.29	5.02E+06	5.29E+00	-1.05E-01
914	7.92E+02	-7.92E+05	-6.40E-02	-8.08E-03	-5011.96	5.01E+06	1.30E+00	-2.59E-02
915	8.47E+02	-8.47E+05	2.59E-01	3.06E-02	-5006.306	5.00E+06	8.07E+00	-1.61E-01
916	9.02E+02	-9.02E+05	-2.39E-01	-2.65E-02	-4990.344	4.99E+06	5.06E+00	-1.01E-01
917	9.57E+02	-9.57E+05	7.70E-02	8.05E-03	-4974.09	4.97E+06	2.85E+00	-5.73E-02
918	1.01E+03	-1.01E+06	1.43E-01	1.41E-02	-4957.562	4.96E+06	1.44E+00	-2.91E-02
919	1.07E+03	-1.07E+06	-2.10E-02	-1.97E-03	-4940.78	4.94E+06	8.60E-01	-1.74E-02
920	1.12E+03	-1.12E+06	1.39E-01	1.24E-02	-4923.766	4.92E+06	5.86E-01	-1.19E-02
921	1.17E+03	-1.17E+06	1.00E-01	8.53E-03	-4906.542	4.91E+06	6.42E-01	-1.31E-02
922	1.23E+03	-1.23E+06	-1.22E-01	-9.95E-03	-4889.132	4.89E+06	2.13E+00	-4.36E-02
923	1.28E+03	-1.28E+06	2.90E-02	2.27E-03	-4871.562	4.87E+06	4.00E+00	-8.22E-02
924	1.33E+03	-1.33E+06	3.00E-02	2.25E-03	-4853.86	4.85E+06	6.82E+00	-1.41E-01
925	1.38E+03	-1.38E+06	-1.03E-01	-7.45E-03	-4826.055	4.83E+06	7.50E-02	-1.55E-03
926	1.43E+03	-1.43E+06	1.85E-01	1.29E-02	-4808.176	4.80E+06	4.88E+00	-1.01E-01
927	1.49E+03	-1.49E+06	-1.70E-01	-1.14E-02	-4790.256	4.78E+06	1.02E+01	-2.12E-01
928	1.54E+03	-1.54E+06	-7.40E-02	-4.82E-03	-4762.329	4.76E+06	6.55E+00	-1.38E-01
929	1.59E+03	-1.59E+06	-4.80E-02	-3.03E-03	-4734.429	4.73E+06	3.49E+00	-7.37E-02
930	1.64E+03	-1.64E+06	-7.90E-02	-4.83E-03	-4706.593	4.71E+06	1.57E+00	-3.34E-02
931	1.69E+03	-1.69E+06	-1.52E-01	-9.02E-03	-4678.86	4.68E+06	1.38E+00	-2.95E-02
932	1.73E+03	-1.73E+06	-2.52E-01	-1.45E-02	-4651.269	4.65E+06	1.87E+00	-4.02E-02
933	1.78E+03	-1.78E+06	1.77E-01	9.93E-03	-4623.862	4.62E+06	3.62E+00	-7.83E-02
934	1.83E+03	-1.83E+06	6.80E-02	3.72E-03	-4596.68	4.59E+06	6.14E+00	-1.34E-01
935	1.88E+03	-1.88E+06	-2.30E-02	-1.23E-03	-4559.769	4.56E+06	5.49E-01	-1.20E-02
936	1.92E+03	-1.92E+06	-8.20E-02	-4.26E-03	-4533.175	4.53E+06	5.82E+00	-1.28E-01
937	1.97E+03	-1.97E+06	-9.50E-02	-4.82E-03	-4496.944	4.49E+06	3.06E+00	-6.81E-02
938	2.01E+03	-2.01E+06	-4.80E-02	-2.38E-03	-4461.125	4.46E+06	1.27E+00	-2.84E-02
939	2.06E+03	-2.06E+06	7.30E-02	3.54E-03	-4425.768	4.42E+06	1.55E+00	-3.50E-02
940	2.10E+03	-2.10E+06	-2.60E-01	-1.24E-02	-4390.926	4.39E+06	2.89E+00	-6.57E-02
941	2.15E+03	-2.15E+06	4.80E-02	2.24E-03	-4356.649	4.35E+06	6.41E+00	-1.47E-01
942	2.19E+03	-2.19E+06	-6.90E-02	-3.15E-03	-4312.993	4.31E+06	1.09E+00	-2.53E-02
943	2.23E+03	-2.23E+06	-6.00E-02	-2.69E-03	-4280.012	4.27E+06	8.07E+00	-1.89E-01
944	2.27E+03	-2.27E+06	9.00E-02	3.96E-03	-4237.763	4.23E+06	6.32E+00	-1.49E-01
945	2.31E+03	-2.31E+06	-1.48E-01	-6.40E-03	-4194.5	4.19E+06	5.18E+00	-1.23E-01
946	2.35E+03	-2.35E+06	-2.22E-01	-9.43E-03	-4151.314	4.15E+06	5.19E+00	-1.25E-01
947	2.39E+03	-2.39E+06	-1.18E-01	-4.93E-03	-4106.947	4.10E+06	5.11E+00	-1.24E-01
948	2.43E+03	-2.43E+06	1.75E-01	7.20E-03	-4061.385	4.06E+06	5.44E+00	-1.34E-01
949	2.47E+03	-2.47E+06	1.29E-01	5.22E-03	-4014.614	4.01E+06	5.11E+00	-1.27E-01
950	2.51E+03	-2.51E+06	-2.45E-01	-9.77E-03	-3966.618	3.96E+06	5.18E+00	-1.31E-01
951	2.54E+03	-2.54E+06	1.44E-01	5.66E-03	-3917.382	3.91E+06	5.08E+00	-1.30E-01
952	2.58E+03	-2.58E+06	2.29E-01	8.88E-03	-3866.892	3.86E+06	5.35E+00	-1.38E-01
953	2.61E+03	-2.61E+06	1.90E-02	7.27E-04	-3815.132	3.81E+06	5.43E+00	-1.42E-01
954	2.65E+03	-2.65E+06	6.50E-02	2.46E-03	-3762.087	3.76E+06	5.31E+00	-1.41E-01

955	2.68E+03	-2.68E+06	-1.63E-01	-6.08E-03	-3707.744	3.70E+06	5.50E+00	-1.48E-01
956	2.71E+03	-2.71E+06	-1.14E-01	-4.20E-03	-3652.087	3.65E+06	5.47E+00	-1.50E-01
957	2.74E+03	-2.74E+06	2.22E-01	8.09E-03	-3595.101	3.59E+06	5.18E+00	-1.44E-01
958	2.78E+03	-2.78E+06	-2.27E-01	-8.18E-03	-3536.774	3.53E+06	5.17E+00	-1.46E-01
959	2.81E+03	-2.81E+06	1.70E-01	6.06E-03	-3477.092	3.47E+06	5.43E+00	-1.56E-01
960	2.83E+03	-2.83E+06	-1.98E-01	-6.99E-03	-3416.041	3.41E+06	5.40E+00	-1.58E-01
961	2.86E+03	-2.86E+06	-2.44E-01	-8.52E-03	-3353.609	3.35E+06	5.07E+00	-1.51E-01
962	2.89E+03	-2.89E+06	4.20E-02	1.45E-03	-3289.783	3.28E+06	5.50E+00	-1.67E-01
963	2.92E+03	-2.92E+06	1.29E-01	4.42E-03	-3224.553	3.22E+06	5.07E+00	-1.57E-01
964	2.94E+03	-2.94E+06	2.40E-02	8.16E-04	-3157.907	3.15E+06	5.39E+00	-1.71E-01
965	2.97E+03	-2.97E+06	-2.65E-01	-8.93E-03	-3089.835	3.08E+06	5.35E+00	-1.73E-01
966	2.99E+03	-2.99E+06	-1.91E-01	-6.39E-03	-3020.329	3.01E+06	5.51E+00	-1.82E-01
967	3.01E+03	-3.01E+06	2.54E-01	8.43E-03	-2949.38	2.94E+06	5.30E+00	-1.80E-01
968	3.03E+03	-3.03E+06	-3.00E-03	-9.89E-05	-2876.98	2.87E+06	5.26E+00	-1.83E-01
969	3.06E+03	-3.06E+06	1.24E-01	4.06E-03	-2803.123	2.80E+06	5.38E+00	-1.92E-01
970	3.08E+03	-3.08E+06	1.01E-01	3.28E-03	-2727.804	2.72E+06	5.12E+00	-1.88E-01
971	3.09E+03	-3.09E+06	-6.50E-02	-2.10E-03	-2651.019	2.65E+06	5.56E+00	-2.10E-01
972	3.11E+03	-3.11E+06	1.72E-01	5.53E-03	-2572.765	2.57E+06	5.06E+00	-1.97E-01
973	3.13E+03	-3.13E+06	-2.63E-01	-8.40E-03	-2493.04	2.49E+06	5.26E+00	-2.11E-01
974	3.15E+03	-3.15E+06	2.55E-01	8.11E-03	-2411.845	2.41E+06	5.06E+00	-2.10E-01
975	3.16E+03	-3.16E+06	1.11E-01	3.51E-03	-2329.182	2.32E+06	5.56E+00	-2.39E-01
976	3.18E+03	-3.18E+06	-1.49E-01	-4.69E-03	-2245.051	2.24E+06	5.13E+00	-2.29E-01
977	3.19E+03	-3.19E+06	1.70E-02	5.33E-04	-2159.459	2.15E+06	5.40E+00	-2.50E-01
978	3.20E+03	-3.20E+06	7.50E-02	2.34E-03	-2072.412	2.07E+06	5.29E+00	-2.55E-01
979	3.21E+03	-3.21E+06	2.80E-02	8.72E-04	-1983.915	1.98E+06	5.35E+00	-2.70E-01
980	3.22E+03	-3.22E+06	-1.21E-01	-3.75E-03	-1893.98	1.89E+06	5.06E+00	-2.67E-01
981	3.23E+03	-3.23E+06	1.72E-01	5.32E-03	-1802.619	1.80E+06	5.50E+00	-3.05E-01
982	3.24E+03	-3.24E+06	-1.70E-01	-5.25E-03	-1709.843	1.70E+06	5.06E+00	-2.96E-01
983	3.25E+03	-3.25E+06	-6.50E-02	-2.00E-03	-1615.668	1.61E+06	5.39E+00	-3.33E-01
984	3.25E+03	-3.25E+06	-5.20E-02	-1.60E-03	-1520.109	1.51E+06	5.41E+00	-3.56E-01
985	3.26E+03	-3.26E+06	-1.25E-01	-3.83E-03	-1423.187	1.42E+06	5.15E+00	-3.62E-01
986	3.26E+03	-3.26E+06	2.54E-01	7.78E-03	-1324.922	1.32E+06	5.16E+00	-3.90E-01
987	3.27E+03	-3.27E+06	6.00E-03	1.84E-04	-1225.337	1.22E+06	5.48E+00	-4.47E-01
988	3.27E+03	-3.27E+06	2.15E-01	6.57E-03	-1124.457	1.12E+06	5.04E+00	-4.48E-01
989	3.27E+03	-3.27E+06	-2.00E-01	-6.11E-03	-1022.307	1.02E+06	5.49E+00	-5.37E-01
990	3.27E+03	-3.27E+06	-1.58E-01	-4.83E-03	-918.917	9.14E+05	5.24E+00	-5.70E-01
991	3.27E+03	-3.27E+06	-2.00E-01	-6.11E-03	-814.317	8.09E+05	5.40E+00	-6.63E-01
992	3.27E+03	-3.27E+06	2.15E-01	6.57E-03	-708.54	7.03E+05	5.46E+00	-7.71E-01
993	3.27E+03	-3.27E+06	6.00E-03	1.84E-04	-601.621	5.96E+05	5.46E+00	-9.08E-01
994	3.26E+03	-3.26E+06	2.53E-01	7.75E-03	-493.597	4.88E+05	5.27E+00	-1.07E+00
995	3.26E+03	-3.26E+06	-1.26E-01	-3.86E-03	-384.504	3.79E+05	5.32E+00	-1.38E+00
996	3.25E+03	-3.25E+06	-5.10E-02	-1.57E-03	-274.386	2.69E+05	5.30E+00	-1.93E+00
997	3.25E+03	-3.25E+06	-6.60E-02	-2.03E-03	-163.283	1.58E+05	5.28E+00	-3.23E+00



998	3.24E+03	-3.24E+06	-1.71E-01	-5.28E-03	-51.241	4.59E+04	5.30E+00	-1.03E+01
999	3.23E+03	-3.23E+06	1.72E-01	5.32E-03	61.697	-6.70E+04	5.32E+00	8.62E+00
1000	3.22E+03	-3.22E+06	-1.21E-01	-3.75E-03	175.48	-1.81E+05	5.31E+00	3.03E+00
1001	3.21E+03	-3.21E+06	2.80E-02	8.72E-04	290.06	-2.95E+05	5.32E+00	1.83E+00
1002	3.20E+03	-3.20E+06	7.40E-02	2.31E-03	405.386	-4.11E+05	5.28E+00	1.30E+00
1003	3.19E+03	-3.19E+06	1.70E-02	5.33E-04	521.406	-5.27E+05	5.31E+00	1.02E+00
1004	3.18E+03	-3.18E+06	-1.50E-01	-4.72E-03	638.064	-6.43E+05	5.08E+00	7.96E-01
1005	3.16E+03	-3.16E+06	1.11E-01	3.51E-03	755.307	-7.61E+05	5.55E+00	7.35E-01
1006	3.15E+03	-3.15E+06	2.55E-01	8.11E-03	873.076	-8.79E+05	5.50E+00	6.30E-01
1007	3.13E+03	-3.13E+06	-2.63E-01	-8.40E-03	991.314	-9.97E+05	5.53E+00	5.57E-01
1008	3.11E+03	-3.11E+06	1.72E-01	5.53E-03	1109.96	-1.12E+06	5.14E+00	4.63E-01
1009	3.09E+03	-3.09E+06	-6.50E-02	-2.10E-03	1228.955	-1.23E+06	5.49E+00	4.46E-01
1010	3.08E+03	-3.08E+06	1.01E-01	3.28E-03	1348.237	-1.35E+06	5.54E+00	4.11E-01
1011	3.06E+03	-3.06E+06	1.24E-01	4.06E-03	1467.744	-1.47E+06	5.38E+00	3.66E-01
1012	3.03E+03	-3.03E+06	-3.00E-03	-9.89E-05	1587.412	-1.59E+06	5.05E+00	3.18E-01
1013	3.01E+03	-3.01E+06	2.54E-01	8.43E-03	1707.177	-1.71E+06	5.16E+00	3.02E-01
1014	2.99E+03	-2.99E+06	-1.91E-01	-6.39E-03	1826.974	-1.83E+06	5.25E+00	2.87E-01
1015	2.97E+03	-2.97E+06	-2.65E-01	-8.93E-03	1946.738	-1.95E+06	5.36E+00	2.75E-01
1016	2.94E+03	-2.94E+06	2.40E-02	8.16E-04	2066.402	-2.07E+06	5.04E+00	2.44E-01
1017	2.92E+03	-2.92E+06	1.29E-01	4.42E-03	2185.9	-2.19E+06	5.42E+00	2.48E-01
1018	2.89E+03	-2.89E+06	4.30E-02	1.49E-03	2305.166	-2.31E+06	5.49E+00	2.38E-01
1019	2.86E+03	-2.86E+06	-2.44E-01	-8.52E-03	2424.133	-2.43E+06	5.33E+00	2.20E-01
1020	2.83E+03	-2.83E+06	-1.99E-01	-7.02E-03	2542.732	-2.55E+06	5.53E+00	2.17E-01
1021	2.81E+03	-2.81E+06	1.69E-01	6.02E-03	2660.899	-2.67E+06	5.08E+00	1.91E-01
1022	2.78E+03	-2.78E+06	-2.27E-01	-8.18E-03	2778.564	-2.78E+06	5.14E+00	1.85E-01
1023	2.74E+03	-2.74E+06	2.21E-01	8.05E-03	2895.66	-2.90E+06	5.22E+00	1.80E-01
1024	2.71E+03	-2.71E+06	-1.14E-01	-4.20E-03	3012.121	-3.02E+06	5.40E+00	1.79E-01
1025	2.68E+03	-2.68E+06	-1.63E-01	-6.08E-03	3127.881	-3.13E+06	5.20E+00	1.66E-01
1026	2.65E+03	-2.65E+06	6.50E-02	2.46E-03	3242.872	-3.25E+06	5.23E+00	1.61E-01
1027	2.61E+03	-2.61E+06	1.90E-02	7.27E-04	3357.028	-3.36E+06	5.55E+00	1.65E-01
1028	2.58E+03	-2.58E+06	2.29E-01	8.88E-03	3470.283	-3.48E+06	5.16E+00	1.49E-01
1029	2.54E+03	-2.54E+06	1.44E-01	5.66E-03	3582.573	-3.59E+06	5.19E+00	1.45E-01
1030	2.51E+03	-2.51E+06	-2.45E-01	-9.77E-03	3693.834	-3.70E+06	5.17E+00	1.40E-01
1031	2.47E+03	-2.47E+06	1.29E-01	5.22E-03	3804.001	-3.81E+06	5.16E+00	1.36E-01
1032	2.43E+03	-2.43E+06	1.76E-01	7.24E-03	3913.01	-3.92E+06	5.23E+00	1.34E-01
1033	2.39E+03	-2.39E+06	-1.18E-01	-4.93E-03	4020.8	-4.03E+06	5.44E+00	1.35E-01
1034	2.35E+03	-2.35E+06	-2.22E-01	-9.43E-03	4127.31	-4.13E+06	5.31E+00	1.29E-01
1035	2.31E+03	-2.31E+06	-1.49E-01	-6.44E-03	4232.478	-4.24E+06	5.44E+00	1.29E-01
1036	2.27E+03	-2.27E+06	8.90E-02	3.91E-03	4336.245	-4.34E+06	5.36E+00	1.23E-01
1037	2.23E+03	-2.23E+06	-6.00E-02	-2.69E-03	4438.55	-4.44E+06	5.11E+00	1.15E-01
1038	2.19E+03	-2.19E+06	-6.90E-02	-3.15E-03	4539.338	-4.54E+06	5.30E+00	1.17E-01
1039	2.15E+03	-2.15E+06	4.90E-02	2.28E-03	4638.551	-4.64E+06	5.45E+00	1.17E-01
1040	2.10E+03	-2.10E+06	-2.60E-01	-1.24E-02	4736.134	-4.74E+06	5.07E+00	1.07E-01

1041	2.06E+03	-2.06E+06	7.20E-02	3.50E-03	4832.031	-4.84E+06	5.29E+00	1.09E-01
1042	2.01E+03	-2.01E+06	-4.80E-02	-2.38E-03	4926.189	-4.93E+06	5.09E+00	1.03E-01
1043	1.97E+03	-1.97E+06	-9.50E-02	-4.82E-03	5014.575	-5.02E+06	9.05E+00	1.80E-01
1044	1.92E+03	-1.92E+06	-8.20E-02	-4.26E-03	5111.375	-5.11E+06	2.97E+00	5.80E-02
1045	1.88E+03	-1.88E+06	-2.20E-02	-1.17E-03	5200.905	-5.20E+06	1.99E+00	3.84E-02
1046	1.83E+03	-1.83E+06	6.90E-02	3.77E-03	5283.256	-5.29E+06	6.58E+00	1.25E-01
1047	1.78E+03	-1.78E+06	1.77E-01	9.93E-03	5368.517	-5.37E+06	6.10E+00	1.14E-01
1048	1.73E+03	-1.73E+06	-2.52E-01	-1.45E-02	5456.777	-5.46E+06	2.62E+00	4.81E-02
1049	1.69E+03	-1.69E+06	-1.52E-01	-9.02E-03	5528.119	-5.54E+06	6.88E+00	1.24E-01
1050	1.64E+03	-1.64E+06	-7.90E-02	-4.83E-03	5612.625	-5.62E+06	3.38E+00	6.01E-02
1051	1.59E+03	-1.59E+06	-4.80E-02	-3.03E-03	5683.486	-5.69E+06	8.11E+00	1.43E-01
1052	1.54E+03	-1.54E+06	-7.40E-02	-4.82E-03	5762.079	-5.77E+06	5.12E+00	8.89E-02
1053	1.49E+03	-1.49E+06	-1.71E-01	-1.15E-02	5833.852	-5.84E+06	3.55E+00	6.08E-02
1054	1.43E+03	-1.43E+06	1.85E-01	1.29E-02	5898.966	-5.91E+06	8.63E+00	1.46E-01
1055	1.38E+03	-1.38E+06	-1.03E-01	-7.45E-03	5967.556	-5.98E+06	1.02E+01	1.72E-01
1056	1.33E+03	-1.33E+06	3.10E-02	2.33E-03	6039.736	-6.04E+06	2.86E+00	4.74E-02
1057	1.28E+03	-1.28E+06	3.00E-02	2.35E-03	6095.598	-6.10E+06	6.40E+00	1.05E-01
1058	1.23E+03	-1.23E+06	-1.22E-01	-9.95E-03	6155.214	-6.16E+06	6.19E+00	1.01E-01
1059	1.17E+03	-1.17E+06	1.00E-01	8.53E-03	6218.64	-6.22E+06	2.16E+00	3.47E-02
1060	1.12E+03	-1.12E+06	1.39E-01	1.24E-02	6265.916	-6.27E+06	8.88E+00	1.42E-01
1061	1.07E+03	-1.07E+06	-2.10E-02	-1.97E-03	6327.066	-6.33E+06	1.73E+00	2.74E-02
1062	1.01E+03	-1.01E+06	1.44E-01	1.42E-02	6372.103	-6.38E+06	5.30E+00	8.31E-02
1063	9.57E+02	-9.57E+05	7.70E-02	8.05E-03	6421.03	-6.43E+06	4.97E+00	7.74E-02
1064	9.02E+02	-9.02E+05	-2.39E-01	-2.65E-02	6463.84	-6.47E+06	5.36E+00	8.29E-02
1065	8.47E+02	-8.47E+05	2.60E-01	3.07E-02	6510.52	-6.51E+06	1.88E+00	2.89E-02
1066	7.92E+02	-7.92E+05	-6.40E-02	-8.08E-03	6551.051	-6.55E+06	-8.51E-01	-1.30E-02
1067	7.36E+02	-7.36E+05	-1.46E-01	-1.98E-02	6585.41	-6.59E+06	2.59E+00	3.93E-02
1068	6.80E+02	-6.80E+05	-3.00E-03	-4.41E-04	6623.574	-6.63E+06	2.23E+00	3.36E-02
1069	6.24E+02	-6.24E+05	-1.94E-01	-3.11E-02	6655.519	-6.66E+06	2.68E+00	4.03E-02
1070	5.68E+02	-5.68E+05	-1.93E-01	-3.40E-02	6681.222	-6.69E+06	3.98E+00	5.95E-02
1071	5.12E+02	-5.12E+05	-2.10E-02	-4.10E-03	6710.665	-6.71E+06	1.53E+00	2.29E-02
1072	4.55E+02	-4.55E+05	-1.60E-02	-3.51E-03	6733.834	-6.73E+06	-3.40E-02	-5.05E-04
1073	3.99E+02	-3.99E+05	2.00E-02	5.01E-03	6750.723	-6.76E+06	4.68E+00	6.93E-02
1074	3.42E+02	-3.42E+05	1.40E-02	4.09E-03	6771.336	-6.77E+06	2.64E-01	3.90E-03
1075	2.85E+02	-2.85E+05	6.00E-03	2.10E-03	6785.685	-6.79E+06	2.11E+00	3.12E-02
1076	2.28E+02	-2.28E+05	-2.40E-02	-1.05E-02	6793.796	-6.80E+06	1.02E+01	1.50E-01
1077	1.71E+02	-1.71E+05	1.50E-02	8.76E-03	6805.708	-6.81E+06	3.69E+00	5.42E-02
1078	1.14E+02	-1.14E+05	-1.00E-03	-8.76E-04	6811.477	-6.82E+06	8.72E+00	1.28E-01
1079	5.71E+01	-5.71E+04	1.80E-02	3.15E-02	6821.178	-6.82E+06	-9.78E-01	-1.43E-02
1080	-7.51E-08	7.51E-05	0.00E+00	0.00E+00	6814.902	-6.83E+06	1.07E+01	1.57E-01

7. Bibliografía

- “Motores de combustión interna alternativos”. 2011. Editorial Reverté.
Editores: F. Payri, J.M. Desantes
ISBN: 978-84-8363-705-0
- “Elementos constructivos de los motores térmicos alternativos”. 1978.
Sección de publicaciones UPM.
Autor: A. Manuel Muñoz Torralbo. Editor: F. Payri
ISBN: 84-7484-001-5
- Teoría de máquinas. 2001. Editorial CPDA.
Autores: Salvador Cardona Foix, Daniel Clos Costa
ISBN: 84-8301-452-1
- Proyecto de una biela para un motor de explosión. 1978.
Autor: Félix Llana Herrero
Signatura: Z/Bc PAnt 1033
- Apuntes de Máquinas Térmicas. ETSI Industriales de Valladolid. 2015.
Autor: Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica.
- Apuntes de Resistencia de Materiales. ETSI Industriales de Valladolid.
2012.
Autor: Área de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de estructuras.
- Apuntes de la asignatura Proyectos. UA Madrid. 2015.
Autor: Daniel Tapias

8. Agradecimientos

- Juan Manuel Sanz Arranz. **Profesor de CAD y tutor del proyecto.**
Por aceptar el reto de llevar este proyecto propuesto por mí, darme la ayuda que he necesitado y proporcionarme contactos de otros expertos en diferentes materias.
- Andrés Melgar. **Profesor de Máquinas Térmicas.**
Soporte en la materia de motores de combustión.
- Jesús Magdaleno. **Profesor de Mecánica de los Medios Continuos.**
Soporte en la materia de simulación mediante Elementos Finitos.
- Antonio García Delgado. **Jefe de equipo de Ingeniería de Diseño Mecánico en Renault España.**
Amplia formación personal sobre bielas durante mis prácticas de empresa.
- Jose Antonio Cabezudo Velasco. **Responsable de equipo de Diseño Mecánico en Renault España.**
Soporte en la materia de diseño de bielas en motores de combustión.
- Jorge Calaveras Feliz. **Ingeniero de Proceso en Renault España.**
Visita guiada a la línea de fabricación de bielas de Renault España.

