

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

DISEÑO PARAMÉTRICO DE GRADA DE DISCO, ADAPTACIÓN CE Y CÁLCULO DE ESFUERZOS

TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN LA ESPECIALIDAD DE MECÁNICA

POR

JUAN MANUEL DE LA HOZ HERNÁNDEZ

BADAJOS, JUNIO DE 2017

TRABAJO FIN DE GRADO

Autor:

JUAN MANUEL DE LA HOZ HERNÁNDEZ

Director o Directores:

JOSÉ LUIS CANITO LOBO

Tribunal de evaluación:

ANTONIO CAMACHO LESMES

FELISA CONSUELO GRAGERA PEÑA

JOÃO PAULO TURÉGANO CAETANO

Agradecimientos:

A todos aquellos profesores que han hecho posible el desarrollo de este trabajo, en especial a mi tutor Don José Luis Canito Lobo, a Don Alfonso Carlos Marcos Romero y demás personal de la Unex por todo el apoyo que he recibido por su parte siempre que lo he necesitado.

A mis padres y hermana por toda la educación y apoyo que siempre me han dado, que me ha permitido llegar hasta aquí.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1	Idea del proyecto	3
1.2	Generalidades de las gradas de discos	3
2	PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.....	5
3	REVISIÓN DOCUMENTAL.....	6
3.1	Laboreo del suelo agrícola	6
3.1.1	Propiedades del suelo agrícola	6
3.1.2	Acciones sobre el suelo.....	7
3.2	Clasificación de los aperos	9
3.2.1	Subsoladores.....	11
3.2.2	Arado de cincel.....	13
3.2.3	Arado de vertedera	16
3.2.4	Arado de discos.....	19
3.2.5	Rotavator	20
3.2.6	Rastras.....	22
3.3	Gradas de discos	23
3.3.1	Gradas de discos comerciales	30
4	GRADA DE DISCOS DEL PROYECTO	39
4.1	Descripción general.....	39
4.2	Descripción específica.....	40
5	DISEÑO PARAMÉTRICO	56
5.1	Autodesk Inventor	56
5.1.1	Utilización del programa.....	57
5.1.2	Diseño de piezas	61
5.1.3	Diseño de mecanismos	64
5.2	Diseño paramétrico de la grada de discos.....	66
5.2.1	Toma de datos	68
5.2.2	Modelado de piezas.....	68
5.2.3	Ensamblajes	112
5.2.4	Explosionados	123
5.2.5	Planos de fabricación.....	130
5.2.6	Videos.....	132
6	ADAPTACIÓN CE.....	134
6.1	Generalidades	134
6.2	Adaptación CE de la grada de discos	137
7	ESFUERZOS.....	145
7.1	Características mecánicas del material.....	145

7.2	Medición de fuerzas.....	152
7.3	Cálculo de esfuerzos	158
8	CONCLUSIÓN.....	161
9	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	162
10	ANEXO I : PLANOS.....	164

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo fin de grado que se detalla a continuación tiene como objetivo optar al título de Ingeniero Técnico Industrial en la especialidad de Mecánica, para ello, se ha desarrollado un trabajo propuesto por el alumno, consistente en rasgos generales, como en el título se refleja, en el diseño paramétrico mediante software Autodesk Inventor de una grada de disco que ha sido fabricada por el propio alumno y compañía para acoplarla a un tractor de pequeñas dimensiones con el objetivo de su uso en terrenos pequeños como parcelas de media hectárea o similar, en el estudio de los requisitos legales necesarios para la adaptación del producto a la normativa vigente a nivel Europeo en cuanto a certificación CE se refiere, y en el análisis de esfuerzos en la viga principal de enganche al tractor.

1.1 Idea del proyecto

La idea del proyecto surge tras la elaboración física del producto de forma particular, para su utilización personal y sin ánimo de Lucro, únicamente con el objetivo del mantenimiento del terreno correspondiente. Inicialmente se pretendía modelizar el producto mediante software específico, tal como se haría antes de pasar al proceso de fabricación, pero debido a que el producto fue elaborado sin la realización de cálculos ni análisis para el dimensionamiento de las distintas partes, surgió el interés en conocer si al menos su viga principal de enganche, que deberá soportar todo el esfuerzo de tracción proveniente del tracto y toda la resistencia ofrecida por la plasticidad del suelo, se encuentra correctamente dimensionada o no para los esfuerzos que deberá soportar. Por último, debido al hecho de que se trata de un nuevo producto, y a que en los trabajos de ingeniería resulta muy común y necesario el trabajo con legislación e incluso la adaptación de productos para cumplir determinadas normativas, surgió la idea de realizar un estudio de la distinta legislación y requisitos que este producto a de cumplir, para estar acorde con la normativa vigente en cuanto a certificación de la Comunidad Europea (CE) se refiere, tanto en lo referente a directivas Europeas, como a normativa nacional, Reales Decretos, etc. Por lo que, en resumen, finalmente el trabajo se focalizó en el diseño paramétrico del producto, análisis de esfuerzos, y homologación CE.

1.2 Generalidades de las gradas de discos

Las gradas de disco son dispositivos consistentes de forma general en discos verticales, con un orificio central de forma cuadrada, montados con separadores en bloques que giran sobre un eje común. Estos bloques se orientan de manera angulada respecto a la dirección de avance, con lo que tienden a rodar a la vez que mezclan las capas del suelo. Los ejes van unidos al bastidor mediante rodamientos, y los bloques pueden incluir varios tramos. Estos bloques de discos se pueden situar formando una "V" (Figura 1.1) o una "X" en las que los discos extremos son de menor tamaño, llamados niveladores (Figura 1.1). Los discos del bloque trasero se montan para que desplacen la tierra en sentido contrario de los delanteros lo que provoca un efecto nivelador. Cada disco lleva un elemento rascador que evita que la tierra se adhiera a la parte cóncava. Para el transporte cuentan con un sistema de ruedas bien centrales o bien traseras que se mantienen levantadas durante el periodo de trabajo, y que elevan la grada separándola del suelo para su

transporte de forma segura. Además, si se trata de maquinaria de grandes dimensiones, pueden tener sistemas de plegado longitudinales o verticales.



Figura 1.1: Grada de disco en "V".



Figura 1.2: Grada de disco en "X".

Las gradas en "V" tienen la ventaja de una mayor maniobrabilidad pudiendo incluso trazar curvas a izquierda sin dejar de trabajar, mientras que las gradas en "X" resultan más convenientes para terrenos de regadío, pues no desnivelan tanto el terreno, pero tienen la desventaja de requerir mayor potencia de tiro por parte del tractor.

2 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

A continuación se define más detalladamente en qué consiste este trabajo fin de estudios.

En el diseño paramétrico, se ha realizado el modelado 3D de cada una de las 193 piezas, 475 en total debido a repeticiones, los planos de todas ellas de acuerdo con los criterios de normalización en dibujo técnico, el ensamblaje de las mismas tanto por grupos (eje delantero, eje trasero, ruedas, etc.) como el total, el despiece de igual manera de cada uno de los grupos y el total, realizando una secuencia de montaje para ilustrar el proceso real de acople de las piezas, y por último, una serie de videos en los que se ilustra los movimientos de los distintos mecanismos con los que cuenta la grada de disco, tales como aumento y disminución del ángulo entre ejes para adaptarse a la dureza del terreno, y ascenso y descenso del sistema de ruedas para el desplazamiento por carretera del apero.

Tras el diseño paramétrico se ha analizado mediante la correspondiente legislación, los requisitos que el producto debería cumplir para estar en conformidad con la legislación de la Comunidad Europea, y poder obtener así el certificado CE que la mayoría de los productos deben llevar y por tanto las adaptaciones que el producto debería sufrir para estar de acuerdo con estos requisitos. Se han analizado directivas Europeas, como la 74/151/CEE, 76/432/CEE, etc. Sus actualizaciones, debido a la antigüedad de las mismas, y normativa nacional como el Real Decreto RD 1215/1997.

Por último se han estudiado los esfuerzos existentes en la viga principal de enganche al tractor, caracterizando por un lado el material mediante un ensayo de tracción y el empleo de una probeta normalizada de acuerdo con la norma UNE vigente en el momento de la realización del ensayo (UNE-EN ISO 6892-1:2017), midiendo por otro lado experimentalmente las aceleraciones existentes en dicha barra durante el proceso de labranza mediante un acelerómetro MPU6515 para después calcular las fuerzas puestas en juego, (debido a indisponibilidad de equipamiento más específico por parte de la universidad como una célula de carga o similar), y determinando por último los esfuerzos a los que la barra estará sometida mediante el entorno de Análisis por elementos finitos del software Autodesk Inventor, pudiendo comparar de esta manera los esfuerzos que el material es capaz de soportar con los que realmente estarán aplicados sobre él.

3 REVISIÓN DOCUMENTAL

En este punto se pretende analizar el entorno conceptual referente a distintos aspectos de agricultura y tratado del suelo, para conseguir de esta manera un punto de vista más adecuado a la hora del desarrollo y estudio del proyecto que nos atañe.

Se analizarán distintos aspectos del laboreo en general, las propiedades fundamentales del suelo agrícola, las acciones sobre el suelo de los distintos aperos existentes en el mercado así como una clasificación de los mismos, las gradas de disco en particular realizando algunos cálculos de interés, etc.

3.1 Laboreo del suelo agrícola

El objetivo del laboreo es de forma general la modificación del estado estructural del suelo mediante la aplicación de distintas acciones por parte de las herramientas mecánicas destinadas para ello (aperos) para crear un medio adecuado para las plantas o cultivos. En definitiva se trata de transformar las condiciones físicas del suelo como la maleza, piedras y obstrucciones que puedan impedir el crecimiento de las plantas.

Se pueden conseguir distintas acciones como el esponjamiento del suelo, que permite crear medios para la circulación del agua y aire facilitando el desarrollo de los cultivos, el volteo y mezcla de la tierra, que permite el enterrado de parásitos y residuos que pudieran existir en la superficie, la realización de determinadas formas o geometrías en el suelo para conseguir focalizar el agua, nivelar terreno, control de la erosión, generar escenarios óptimos de "mullimiento" del suelo para la germinación de las semillas, etc., como son los caballones y surcos, también se consigue la regeneración de capas compactadas, y el control de hierbas indeseadas.

3.1.1 Propiedades del suelo agrícola

Los suelos agrícolas se caracterizan por distintas propiedades, destacando la compactación del suelo, consistente en la variación de densidad del suelo bajo la acción de fuerzas de compresión de origen mecánico o naturales como la humedad y desecación, el estado de consistencia, que se define como la manifestación de fuerzas internas que se producen en la masa del suelo para distintos grados de humedad, pudiendo ser sólida (fuertes uniones entre partículas), semisólida, plástica o líquida, el esfuerzo cortante o de cizalladura, el cual lo ejercen de forma general todos los aperos y vehículos, la resistencia al deslizamiento suelo - metal, la resistencia a la penetración, etc. Conociendo estas propiedades, se diseñan los distintos aperos para modificar una o más de las mismas y conseguir así unas mejores condiciones para el desarrollo de los cultivos.

De esta manera, se pueden distinguir varias acciones de los aperos sobre el suelo.

3.1.2 Acciones sobre el suelo

Se distinguen las siguientes principalmente:

- Agrietamiento, ilustrado en la figura 3.1.

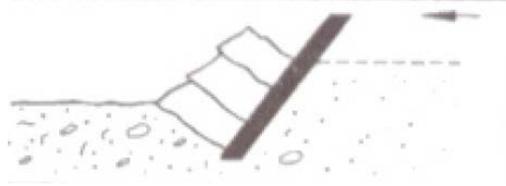


Figura 3.1: Ilustración agrietamiento.

- Seccionamiento, ilustrado en la figura 3.2.

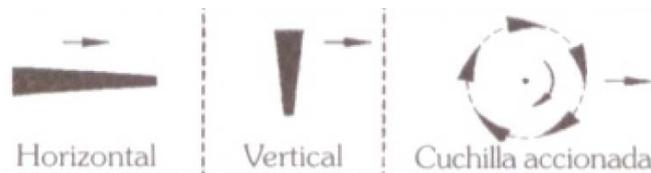


Figura 3.2: Ilustración seccionamiento.

- Cizallado, ilustrado en la figura 3.3.



Figura 3.3: Ilustración cizallado.

- Choques, ilustrado en la figura 3.4.

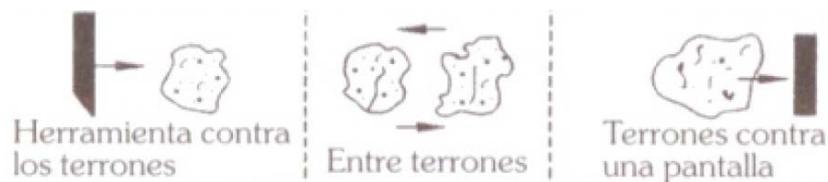


Figura 3.4: Ilustración choques.

- Aplastamiento, ilustrado en la figura 3.5.

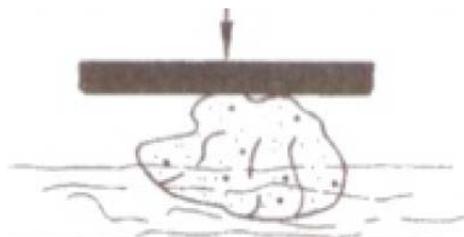


Figura 3.5: Ilustración aplastamiento.

- Rozamiento, ilustrado en la figura 3.6.



Figura 3.6: Ilustración rozamiento.

- Laminación, ilustrado en la figura 3.7.

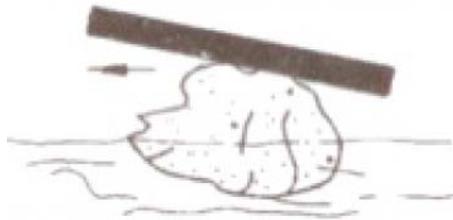


Figura 3.7: Ilustración laminación.

- Separación, ilustrado en a figura 3.8.



Figura 3.8: Ilustración separación.

Otras acciones típicas son la nivelación del terreno o el volteo, acción principal de las gradas de disco.

El laboreo por tanto se puede clasificar en distintos tipos, de forma general, distinguimos el laboreo primario, o labranza primaria, que es aquella destinada a abrir por primera vez el suelo para la realización de labores de agricultura, es una de las acciones más agresivas que se realizan sobre el suelo, alcanzando profundidades que van desde los 15 cm en labores superficiales, hasta los casi 1 m en las operaciones destinadas a la mejora de las condiciones de permeabilidad, rompiéndose capas profundas que se encuentran compactadas. Se trata de una acción pesada, que implica grandes potencias de tracción. Este tipo de labranza, facilita el drenaje del suelo y mejora la capacidad de retención de agua y aire. Los aperos que principalmente realizan este tipo de laboreo son los arados de vertedera, arados de discos, cinceles, subsoladores, fresadoras, rotavator, etc.

Por otro lado, distinguimos el laboreo secundario, o labranza secundaria, en este tipo, se incluyen todas las operaciones que se realizan después de la aradura, tanto antes de la siembra para preparar la cama de semillas, como después de la misma para el control de malezas y la

adecuación del suelo para efectuar riegos por surcos, etc. En definitiva, consigue proporcionándole a la semilla una cama de siembra adecuada, que le permite tener un íntimo contacto con el suelo, logrando una rápida emergencia y un buen desarrollo. El buen resultado del laboreo secundario, depende en gran medida de la calidad de la labranza primaria, del contenido de humedad del suelo en el momento de la labor, y de la elección adecuada de la herramienta para efectuar la misma. Los equipos que principalmente realizan esta función, son las rastras, los surcadores, las sembradoras, los rodillos y los equipos de fumigación.

Haciendo una clasificación más detallada de los tipos de laboreo, nos encontramos con los siguientes:

- **Labranza convencional o tradicional:** Se trata del laboreo del suelo anterior a la siembra con maquinaria que corta e invierte total o parcialmente los primeros 15 cm de suelo. Elimina la maleza de raíz, y da muerte a muchos gusanos y plagas animales. Incorpora un mayor porcentaje de materia orgánica al suelo. Los equipos que suelen realizar este tipo de labranza son los corta maleza, arados, rastras, rastrillos, cinceles y niveladoras.
- **Labranza mínima o reducida:** Menor número de pasadas en el suelo para obtener una buena germinación y un buen desarrollo de las semillas. Se pretende conseguir la preparación total del suelo y la siembra en conjunto con el menor número de pasadas posible, mediante por ejemplo trenes de herramientas. Implica supresión de operaciones o labores, reducción de las mismas e integración de equipos.
- **Labranza vertical:** Tiene como objetivo romper las distintas capas de compactación sin perturbar la estructura del terreno, es decir, sin voltear la tierra. Al romper dichas capas de compactación, se logra una mejor filtración del agua a través del suelo, lo que evita el encharcamiento superficial. Se consigue con cinceles y subsoladores.
- **Labranza de conservación:** Es un sistema de laboreo que realiza la siembra sobre una superficie del suelo cubierta con residuos de cultivos anteriores, con lo que se conserva la humedad y se reduce la pérdida de suelo causada por la lluvia y el viento en suelos agrícolas con riesgo de erosión.
- **Labranza cero, o siembra sin labranza:** Se trata de la llamada siembra directa, es una forma de cultivar sin arar, de manera que no se perturba el suelo y los campos retienen una buena cobertura de materia vegetal viva o en descomposición, que protege de la erosión y favorece un suelo sano y bien estructurado para el cultivo.

3.2 Clasificación de los aperos

De acuerdo con la norma UNE 68051-0 en su grupo 03: Equipos para trabajo del suelo, se puede hacer la siguiente clasificación de la maquinaria destinada al trabajo del suelo agrícola:

1. Equipos para labores profundas:
 - Arados de desfonde.
 - Subsoladores.

- Arados rotativos accionados.
 - Arados de reja y vertedera.
 - Arados de discos.
 - Cavadoras.
 - Arados de cincel (chisel).
 - Rotocultores.
 - Arados rastrojeros.
 - Rodillos mezcladores (ruedas de fanquechar).
2. Equipos para preparación del lecho de siembra:
- Gradas de discos.
 - Cultivadores.
 - Gradas (ligeras).
 - Arroadoras. Rastras niveladoras.
 - Acaballadoras.
 - Rodillos.
 - Máquinas combinadas de trabajo del suelo.
3. Equipos para labores entre líneas:
- Desmalezadoras (escardadoras).
 - Binadoras.
 - Arados aporcadores.
 - Arados desaporcadores.
 - Arados intercepas.
4. Equipos para preparación de sustrato para cultivo forzado:
- Desmenuzadores de suelo.
 - Cribas de suelo.
 - Máquinas para preparar compost.
 - Mezcladoras de suelo.
 - Formadoras de cepellón.

- Llenadoras de macetas.
 - Máquinas para compactar macetas y cajas.
 - Máquinas combinadas para preparación de compost.
5. Otros equipos para el trabajo del suelo.

Dentro de toda esta maquinaria, destacan algunas de uso más común, por lo que se va a proceder a una breve descripción de cada una de ellas, desarrollando en mayor profundidad las gradas de disco:

3.2.1 Subsoladores

Se puede observar un subsolador típico en la figura 3.9.



Figura 3.9: Subsolador.

Los arados subsoladores son de forma general dientes rígidos de gran tamaño que pueden alcanzar hasta un metro de profundidad de trabajo realizando la labor del subsolado. Esta labor, consiste en remover las capas más profundas del terreno sin voltear ni mezclar la tierra, lo que evita la erosión. Se consigue la descomposición y aireación del suelo, facilitando la infiltración de agua y la penetración de las raíces. El laboreo de este tipo de aperos se clasifica como laboreo vertical, conservando el manto vegetal superficial.

Se trata de una técnica que responde al concepto de laboreo de conservación o siembra directa. Debido al llamado efecto "ola" (figura 3.11), se eleva el suelo de unos 10 a 20 cm respecto a su altura original, lo que da como resultado un buen esponjamiento de la tierra.

Existen distintos tipos de subsoladores, como los de bastidor recto, de brazos rectos, o subsoladores de drenaje. También se distinguen varios tipos de rejas, elemento que practica el corte del terreno y situado en el extremo del brazo, como rejas de punta, rejas de alas o rejas de pata de ganso, tal y como se ilustra en la figura 3.10.

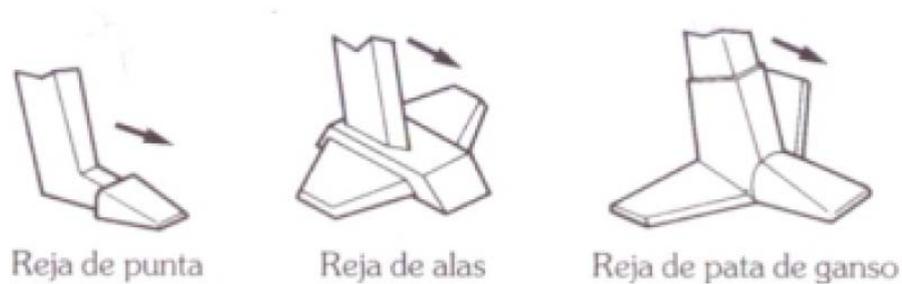


Figura 3.10: Tipos de rejas de subsoladores.

Existen distintos elementos accesorios para incrementar la funcionalidad de la máquina, como pueden ser ruedas reguladoras de profundidad, rodillos deterronadores, o sistemas para elevar alguno o algunos de los brazos disminuyendo así la potencia de tracción requerida.

De forma general, con este tipo de aperos se trabaja a una velocidad entorno a 6-8 Km/h, consiguiéndose un rendimiento efectivo del laboreo de entre el 70-90%.

Los subsoladores realizan cortes en el terreno siguiendo la dirección del apero, tal y como se refleja en la figura 3.11.



Figura 3.11: Ilustración acción de corte subsolador.

Otro apero muy similar al subsolador son los arados descompactadores, se trata de conseguir objetivos prácticamente idénticos, con la salvedad de que los arados descompactadores trabajan a profundidades inferiores, (inferiores a los 50 cm), lo que implica por tanto una menor demanda de potencia de tracción. Estos aperos cuentan con brazos normalmente curvados, que se montan en el mismo sentido o en sentidos opuestos. En descompactadores con bastidores triangulares, se suelen montar en el mismo sentido, en bastidores rectos, se montan en sentidos opuestos alternativos, mientras que en bastidores en V en sentidos opuestos en cada parte del bastidor (Figura 3.12).



Figura 3.12: Arado descompactador con bastidor en V.

3.2.2 Arado de cincel

Se puede observar un arado de cincel típico en la figura 3.13.



Figura 3.13: Arado de cincel.

La preparación de suelos con este tipo de herramientas permite dejar protegida la superficie con restos vegetales contra la erosión hídrica sin mezclar notoriamente los diferentes estratos ya que el cincel rompe el suelo compactado favoreciendo la infiltración de agua.

El arado de cincel se incluye dentro de los aperos de laboreo vertical. Se suele utilizar a una profundidad de entre 18 y 35 cm, a una velocidad relativamente alta, superior a los 8 km/h. Consigue descompactar el terreno, sin invertir la superficie, es decir, sin voltear. Consta de una determinada cantidad de arcos de acero pudiendo ser de distintos tipos (figura 3.14), en cuya punta se les coloca una púa de acero endurecido. Las ruedas reguladoras de profundidad son un accesorio indispensable en ese tipo de aperos.

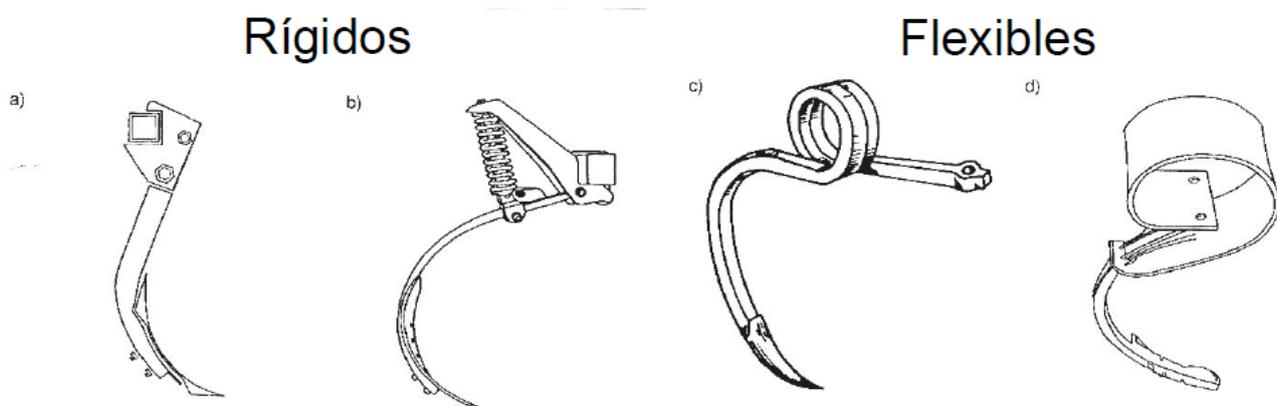


Figura 3.14: Tipos de arcos de acero.

Los brazos pueden ser de distintas rigideces, pudiendo ser rígidos, semi-rígidos y flexibles. Estos últimos son indicados para terrenos livianos y libres de obstáculos, mientras que para terrenos duros es recomendable la utilización de brazos rígidos o semi-rígidos equipados con muelles o resortes, lo que les da la configuración de los llamados cinceles vibratorios, que facilitan el proceso de quiebra del terreno.

Las rejas o puntas pueden ser de distintas formas y diseños, en función de los objetivos del laboreo, del tipo de suelo y del contenido de humedad. Las más comunes son las ilustradas en la figura 3.15.



Figura 3.15: Tipos de rejas de arados de cincel.

La reja pie de pato, o pata de ganso está destinada a un uso en suelos arenosos o húmedos, la reja clásica o universal es empleada para roturar suelos duros consiguiendo condiciones idóneas para

la vibración, permitiendo una buena labor y las rejas tipo convexas son reversibles permitiendo voltearlas una vez desgastada la parte que ha estado trabajando.

Existen por tanto arados de cincel rígidos y vibratorios. Los arados de cincel rígidos (figura 3.16), constan de una estructura tubular en la que están empotrados los cincel parabólicos, con sus respectivas puntas. Requieren de una mayor potencia por cincel, entre 15 y 20 cv frente a los 11 cv de los vibratorios. La velocidad por su parte debe ser inferior a los cincel vibratorios, entorno a 5 km/h. Se consigue destruir las capas compactadas, permitiendo la penetración del aire y agua, trabaja a buenas profundidades y altas velocidades, con menor requerimiento de potencia que los subsoladores.



Figura 3.16: Arado de cincel rígido.

Los cincel vibratorios por su parte (figura 3.17), constan de varios conjuntos de cincel vibratorios, montados también en una estructura tubular. El elemento cortante es la punta, que es intercambiable y posee un tratamiento para aumentar su resistencia al desgaste. Como se mencionó anteriormente este tipo de cincel requiere una menor potencia de tracción, y permite trabajar a mayores velocidades, pudiéndose alcanzar buenas profundidades.



Figura 3.17: Arado de cincel flexible.

3.2.3 Arado de vertedera

Se puede observar un arado de vertedera típico en la figura 3.18.



Figura 3.18: Arado de vertedera.

Con los arados de vertedera se consigue realizar un laboreo primario con volteo del suelo formando un canal que permite la aireación y la circulación del agua de lluvia hasta las capas más profundas. Permite además incorporar los restos de cosecha para su descomposición en condiciones anaeróbicas.

Se trata de una maquinaria formada por uno o más cuerpos, cada uno de los cuales realiza el corte y volteo de una banda de suelo cuya sección es rectangular, con anchura igual a la de corte y altura igual a la profundidad de intervención.

Cada cuerpo dispone de una reja, encargada de cortar y separar la tierra y comenzar la tarea de elevación, sin apenas desmenuzar nada el terreno (figura 3.19), pudiendo ser de varios tipos en función del terreno a trabajar:

- Rejas de corte completo: Para trabajos de alta velocidad, apropiadas para suelos con bastantes raíces.
- Rejas de corte angosto: Necesitan menor fuerza de tiro del tractor, para suelos con pocas raíces.
- Rejas de alta succión: Para suelos más exigentes en dureza rocas y abrasivos.
- Rejas con endurecimiento superficial: Idóneas para suelos que son más abrasivos como los arenosos, evitando el desgaste prematuro.
- Rejas de extra reforzados: Para los casos más exigentes como pueden ser suelos muy rocosos.
- Rejas gumbo: Especiales para suelos con más arcilla.

Los cuerpos también cuentan con una vertedera, que realiza la elevación y volteo de la banda de suelo cortado, existiendo también de distintos tipos como se ilustra en la figura 3.20. La cuchilla, también de varios tipos (figura 3.21), que puede no existir, ayuda al corte vertical de la banda de suelo dando forma al surco. Como elemento adicional se puede utilizar la readera (figura 3.22), o raseta, cuyo cometido es cortar y voltear la capa superficial vegetal para dejarla en el fondo del surco, con lo que se reduce la aparición de maleza. La profundidad de intervención del arado debe estar comprendida entre el 60 y 80% de la anchura de corte de la reja, esta anchura se mide perpendicularmente a la dirección de avance. El ángulo medio de la vertedera, junto con la velocidad de avance, da una idea del grado de pulverización del suelo.

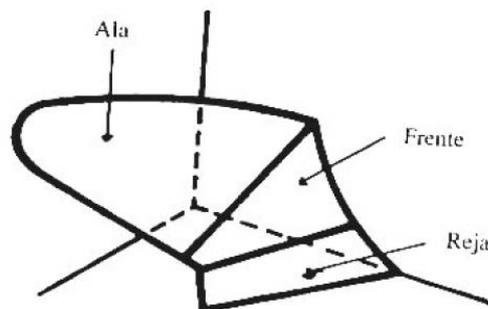


Figura 3.19: Partes de una vertedera.

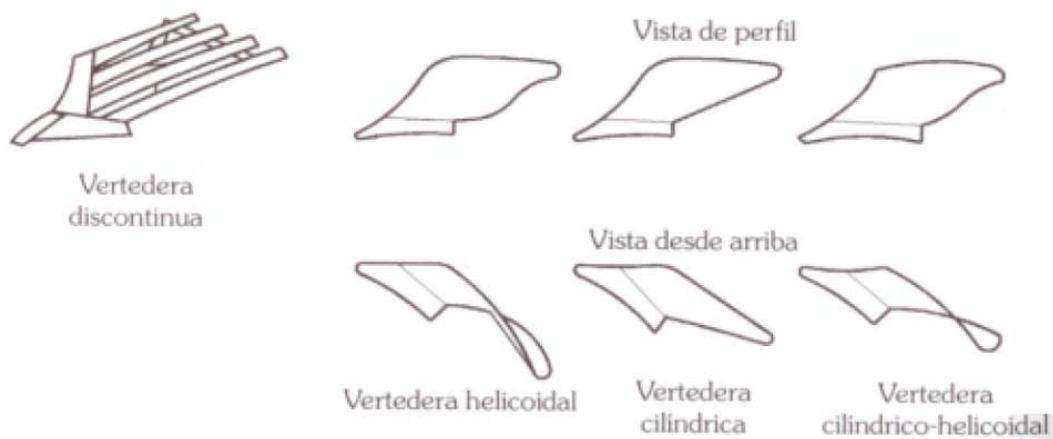


Figura 3.20: Tipos de vertederas.

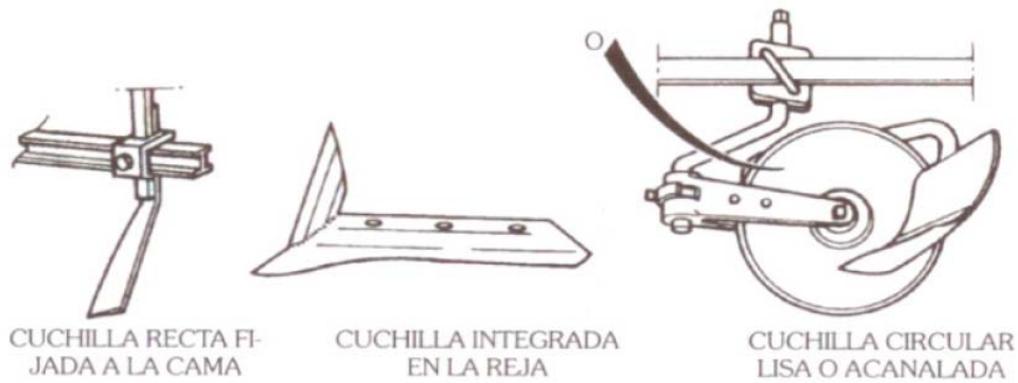


Figura 3.21: Tipos de cuchillas.

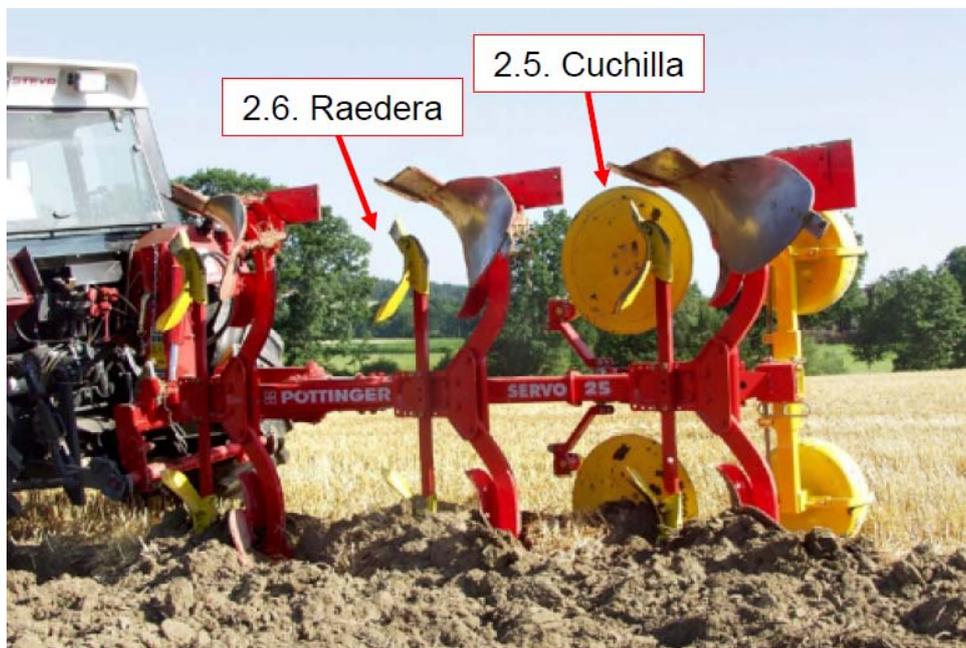


Figura 3.22: Raedera y cuchilla circular.

En general los arados de vertedera suelen tener de 1 a 12 cuerpos, cuyas rejas están entorno a los 30 - 50 cm, de las tipologías antes mencionadas. Suelen tener una masa de entre 250 y 350 Kg/cuerpo, con una distancia entre cuerpos de 90 - 105 cm. El sistema de reversibilidad puede ser mecánico o hidráulico y su utilización se recomienda con el suelo en estado deformable, a velocidades de entre los 3.5 y 7.5 km/h.

En resumen, el arado de vertederas es apropiado para la aceleración de la descomposición de rastrojos reduciendo la multiplicación de nuevas malezas en el suelo. No se debe utilizar en suelos sueltos, pues desplaza la tierra, al igual que tampoco se recomienda su uso en suelos con numerosos obstáculos como raíces y rocas. Estos arados permiten una configuración y regulación bastante flexible, adaptándose a gran número de suelos diferentes, pudiéndose regular en profundidad, longitudinalmente y transversalmente.

3.2.4 Arado de discos

Se puede observar un arado de discos típico en la figura 3.23.



Figura 3.23: Arado de discos.

El arado de discos es un apero muy versátil, es la herramienta agrícola que más tipos de suelos diferentes es capaz de labrar sorteando mejor los obstáculos. Es por tanto el arado ideal para terrenos pedregosos, con raíces densas y suelos abrasivos como los arenosos.

Se utiliza para el laboreo primario con volteo del suelo, consigue esponjar y airear el terreno, incorpora los rastros para su descomposición, aunque no con la perfección con la que lo hace el arado de vertederas, pero desmenuza mejor los terrones de tierra siempre y cuando el suelo no tenga excesiva humedad.

El apero está formado por dos o más cuerpos, cada uno de los cuales dispone de un soporte unido al bastidor al que se fija el disco sobre unos rodamientos que le permiten girar. El disco a su vez va unido mediante cuatro o cinco tornillos, lo que le permite la sustitución por rotura o desgaste de forma sencilla. Sobre cada disco se sitúa un limpiador, o rascador, que se encarga de desprender la banda de tierra que sube por el disco.

Permiten ajustar el ángulo de inclinación del disco respecto al suelo (penetración) y el que forma con la dirección de avance (ataque).

Los discos pueden ser de distintos tipos, afilados por el borde, bien interiormente o bien exteriormente, o incluso con escotaduras a lo largo de todo el borde para picar mejor el rastrojo (figura 3.24).

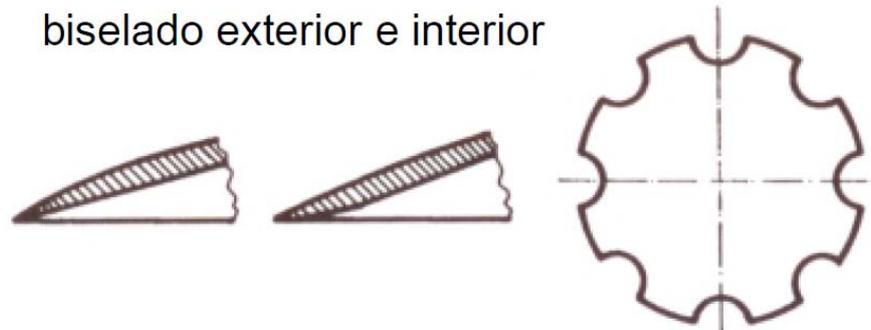


Figura 3.24: Tipos de discos.

En cuanto a datos se puede resaltar que se dan normalmente de 2 a 12 cuerpos, con diámetros de disco de 660 a 810 mm, y la profundidad de trabajo no debe exceder demasiado del 40% del diámetro del disco. El ángulo de penetración está entorno a 20 a 25° , mientras que el ángulo de ataque de 40 a 45° . En cuanto a masa, los arados reversibles están en torno a los 250 - 400 kg/cuerpo, mientras que los fijos del orden de 150 - 300 kg/cuerpo. Las velocidades de trabajo deben ser de 4 a 8 km/h

Como elementos auxiliares destacan la reversibilidad, mecánica o hidráulica, y los enganches podrán ser semi-suspendidos o arrastrados.

3.2.5 Rotavator

Se puede observar un rotavator típico en la figura 3.25.



Figura 3.25: Rotavator.

El rotavator es tradicionalmente el apero para preparar el lecho de siembra después de la labor. En la actualidad también se utiliza para realizar trabajos superficiales en mínimo laboreo, y la incorporación de residuos vegetales. Estas máquinas utilizan cuchillas o palas con aristas cortantes (figura 3.26) dispuestas simétricamente alrededor de un eje que gira con movimiento circular uniforme o variado arrancando el material sobre el que trabaja.



Figura 3.26: Cuchilla de rotavator.

El rotavator es el apero más importante para dos determinadas funciones, el desterronado, consiguiendo acabados muy finos (figura 3.27), y la incorporación de residuos, permitiendo trabajar con una gran cantidad de los mismos realizando un perfecto mezclado y sin bloqueos. El resultado es una superficie limpia con toda la materia orgánica incorporada de forma efectiva a la estructura del suelo.



Figura 3.27: Labor realizada por un rotavator.

El rotavator por tanto actúa cortando porciones del suelo con el rotor, pudiendo ser este de distintos tipos, como de azadas tipo forestal, azadas convencionales, de púas, o de láminas, (figura 3.28). El corte, provoca la fragmentación justamente por corte e impacto, tras él, se produce la proyección y choque de las porciones de tierra contra el tablier trasero o placa deflectora, lo que aumenta aún más la fragmentación, por último, la placa deflectora consigue una nivelación de gran calidad en la superficie del suelo.

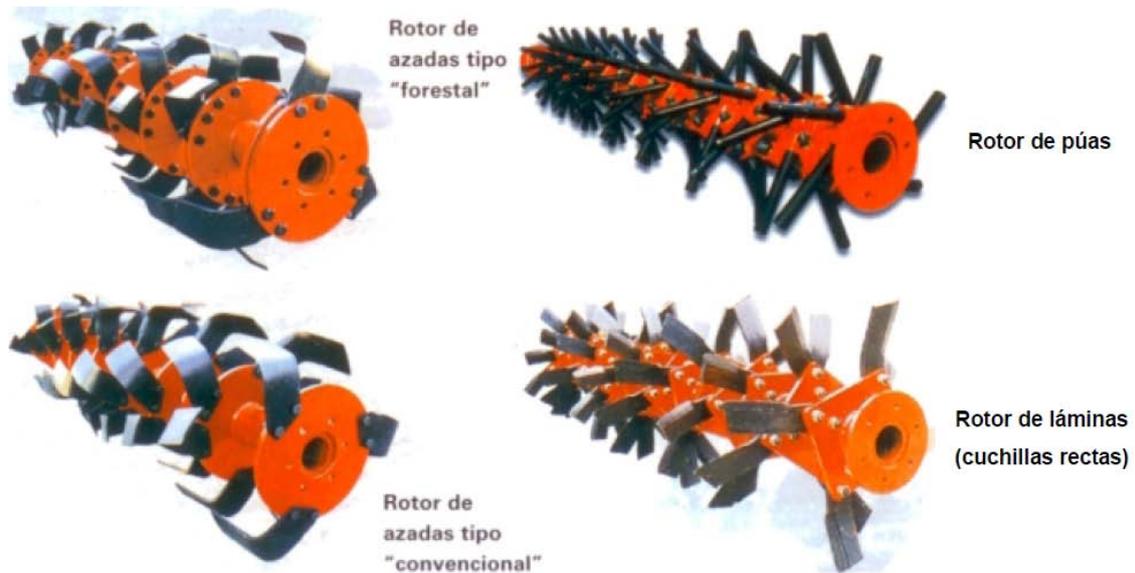


Figura 3.28: Tipos de rotores de un rotavator.

3.2.6 Rastras

Se puede observar una rastra típica en la figura 3.29.



Figura 3.29: Rastra de púas.

Existen diferentes tipos de rastras, como los arados o rastras de discos antes desarrollados, rastras rodantes, rastras de púas rígidas, articuladas, reticuladas, flexibles, etc. Las rastras de púas tienen como función principal recoger y amontonar pastos y residuos vegetales que se encuentran distribuidos sobre la superficie.

Se trata en definitiva de un bastidor al que van unidas las púas, que podrán ser de diferentes tipos, como se ilustra en la figura 3.30, pueden estar dotadas de un mecanismo pivotante o no, que permite variar el ángulo de inclinación de estas con respecto al suelo.



Figura 3.30: Tipos de púas de rastras.

Con estos equipos se realizan por tanto las funciones de recolección y amontonamiento de pastos, de forma rápida y con poca potencia de tracción requerida, pues la profundidad de trabajo no es elevada. Como ventajas se pueden nombrar la facilidad de dar un buen acabado, limpieza y nutrición al terreno, la posibilidad de aumentar la penetración de las púas para realizar una labor más profunda incrementando el peso del apero, y la facilidad de transporte debido a sus sistemas de plegado que reducen su anchura para su transporte por carretera.

3.3 Gradas de discos

Se puede observar una grada de discos típica en la figura 3.31.



Figura 3.31: Grada de discos.

Las gradas de discos tienen sus orígenes en el laboreo secundario del suelo, sin embargo en la actualidad, existen modelos capaces de realizar araduras superficiales, suficiente en determinadas condiciones agroclimáticas, con la ventaja de la velocidad de trabajo que permiten estos equipos.

Las gradas de discos verticales, montan los mismos en bloques que giran alrededor de un eje común. Estos bloques se orientan angularmente respecto de la dirección de avance, de forma que los discos tienden a rodar a la vez que mezclan las capas del suelo, todo ello a una determinada profundidad dependiente del peso, de las dimensiones de los discos, de la separación entre ellos y del ángulo de corte.

Debido a la concavidad de estos discos respecto a los discos de arados de discos, se permiten ángulos de corte mucho menores.

En función del tamaño de los discos y de la carga sobre ellos, estos aperos realizan diferentes acciones sobre el suelo. Con discos pequeños y poco cargados se realizan trabajos de laboreo secundario, ya que permiten la preparación del lecho de siembra mediante rotura de terrones, nivelación y asentamiento de la capa superficial del suelo. Por el contrario, con discos grandes y grandes cargas en cada uno de ellos, se consiguen aperos para la preparación primaria del suelo, alternativas a los arados de vertedera, con la gran diferencia de que en las gradas de discos se pueden incorporar cajones sembradores.

Las dimensiones de los discos más comunes están comprendidas entre los 460 y 810 mm, con espesores de entre 3.25 y 10 mm, pero existen discos de mayores y menores dimensiones a estas.

A igualdad de peso por disco, los pequeños penetran con mayor facilidad, mientras que los grandes trocean mejor los residuos, trabajando a igual profundidad.

Los discos pueden ser de diferentes tipos (figura 3.32), pudiendo estar al igual que en los arados de discos, escotados en la superficie, lo que facilita la penetración en suelos endurecidos y el troceado de residuos presentes en la superficie.

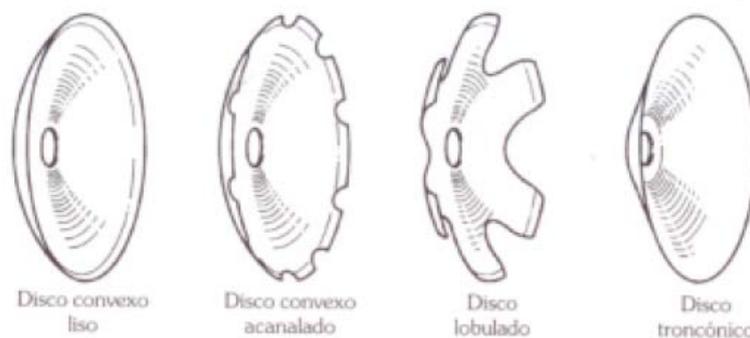


Figura 3.32: Tipos de discos de una grada de discos.

El afilado del borde, normalmente se practica en la parte exterior del disco, aunque también existen discos con afilado interior. También es frecuente las gradas de discos con discos dentados en el eje delantero, y lisos en el trasero, con lo que se pretende conseguir una combinación de la capacidad de troceado de residuos con la mejor nivelación que producen los discos lisos. Además, los discos en el eje delantero suelen ser de mayor grosor, para compensar el mayor desgaste que

estos sufren durante el trabajo, ya que el eje delantero encuentra el terreno más consolidado que el trasero.

Los discos van montados sobre ejes cuadrados, por lo que poseen en su centro un agujero de esta forma, que hace posible la simultaneidad de todos los discos, se puede observar un esquema de las principales partes de un grupo de discos en la figura 3.33.

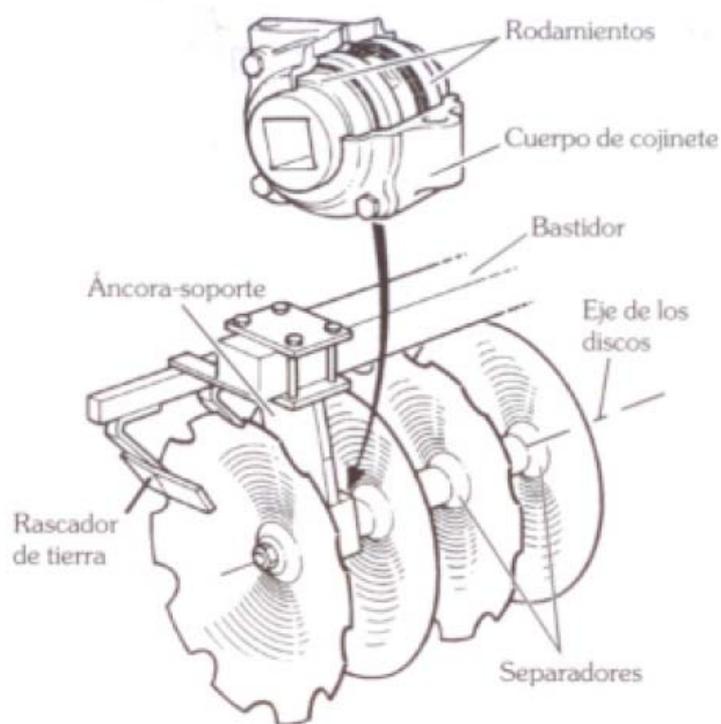


Figura 3.33: Esquema de partes fundamentales de un grupo de discos.

También existen, exclusivamente para las gradas, discos de forma cónica, con los que se consigue separaciones entre superficies de discos contiguos iguales, tanto en el borde como en el centro del disco, lo que facilita el movimiento del suelo y reduce la compactación, a la vez que penetras más fácilmente.

Por supuesto los materiales utilizados deben proporcionar dureza superficial, a la vez que tenacidad para no sufrir roturas en los choques que se producirán durante el periodo de trabajo.

Otro factor importante es la separación entre discos, que suele variar entre 18 cm, para gradas ligeras, y más de 35 cm para trabajos más profundos. El espaciamiento requiere tener en cuenta las condiciones del suelo, además del residuo superficial, la profundidad de trabajo, y las dimensiones de los discos.

Para que los discos penetren en el suelo, al no poder contar con el efecto de succión que producen los aperos de dientes, hay que recurrir a colocar el suficiente peso sobre el bastidor. Dependiendo de la grada en cuestión, se ven cargas desde 18-20 kg/disco, hasta cerca de 300 kg/disco. En general se puede hacer una clasificación de las gradas en ligeras (menos de 60 kg/disco) medianas (60- 80 kg/disco) y pesadas (más de 80 kg/disco).

Los grupos de discos, al igual que en arados de rastras, se montan sobre un eje común de sección cuadrada, de entre 2,5 y 6 cm normalmente, roscado en sus extremos. El espaciamiento entre discos se consigue con separadores en forma de carrete, de fundición, con sus extremos curvados para conseguir adaptarse a la superficie de los discos (figura 3.33). Al menos dos carretes por eje, disponen de rodamientos para la fijación al bastidor.

Los rodamientos utilizados deben ser de bolas autoalineables, para adaptarse a la flexión que se produce en el eje durante el periodo de trabajo, así como sellados, para impedir la entrada de polvo y asegurar el engrase. En muchas ocasiones, como en el caso de la grada del proyecto, se utilizan dos medios carretes en combinación con el rodamiento montado sobre una camisa de acero para conseguir una mayor resistencia en el conjunto. El par de apriete de las tuercas de los extremos de los ejes resulta esencial para garantizar un buen funcionamiento del conjunto, este debe ser el establecido por el fabricante.

Como elementos complementarios, se utilizan rascadores similares a los de arados de discos, para evitar que se obstruyan en suelos pegajosos, o con demasiado residuo. La punta de los rascadores debe quedar próxima al disco, cerca del carrete separador en discos esféricos. Otro elemento importante aunque a veces auxiliar son las ruedas. Existen gradas pequeñas diseñadas para el enganche tripuntal del tractor, pero lo normal es que estos aperos sean arrastrados, disponiendo de unas ruedas montadas sobre ejes desplazables verticalmente respecto al bastidor para elevar los discos del suelo. Puede además permitir el ajuste de la profundidad de la labor. Las ruedas pueden situarse en el extremo trasero de la grada, como en el caso de la grada de discos del proyecto, o en el centro, entre los grupos de discos delantero y trasero (figura 3.34).



Figura 3.34: Sistema de ruedas centrales.

Además del sistema de ruedas para el transporte, existen gradas que cuentan con plegado de los cuerpos para facilitar el traslado. El plegado puede realizarse en sentido vertical, haciendo girar hacia arriba los extremos del grupo, o en horizontal, hacia delante los grupos delanteros y hacia atrás los traseros (figura 3.35). Para los sistemas de elevación y plegado se suelen utilizar sistemas hidráulicos, pero también existen sistemas mecánicos con tornillos sin fin como los de la grada de discos del proyecto.



Figura 3.35: Grada de discos plegada.

Se necesita además dispositivos que permitan regular el ángulo de los grupos de discos para establecer el ángulo de corte de los mismos que mejor se adapte a las condiciones concretas del terreno. Estos dispositivos de nuevo pueden accionarse hidráulicamente o manualmente mediante determinados mecanismos.

El ángulo de corte por tanto modifica el comportamiento de la grada, variando la penetración y el grado de pulverización del suelo labrado y el esfuerzo necesario para arrastrarla. Este ángulo, al igual que en los arados, es el que forma el disco con la dirección de avance, que se corresponde al del eje del grupo de discos con una línea perpendicular a la dirección de avance. Para un ángulo de corte de 0° , los discos girarán como ruedas, con muy poca penetración. Normalmente, el sistema permite un ajuste de este ángulo entre 0 y 30° , aunque en gradas en X los ángulos se mantienen entre 10 y 25° , y en gradas en V entre 15 y 25° en el eje delantero, y entre 25 y 30° en el trasero. Esta diferencia de ángulos, se concibe debido a que las gradas en V pueden trabajar en suelos de rastrojo, lo que ocasiona esfuerzos diferentes entre los ejes delantero y trasero, lo que se compensa con esta diferencia de ángulos, para mantener un equilibrio dinámico.

Por otra parte, la posición relativa de los discos de cada grupo debe ser tal que durante el trabajo, los discos del grupo trasero corten el suelo en la línea media entre cada dos discos delanteros (figura 3.36).

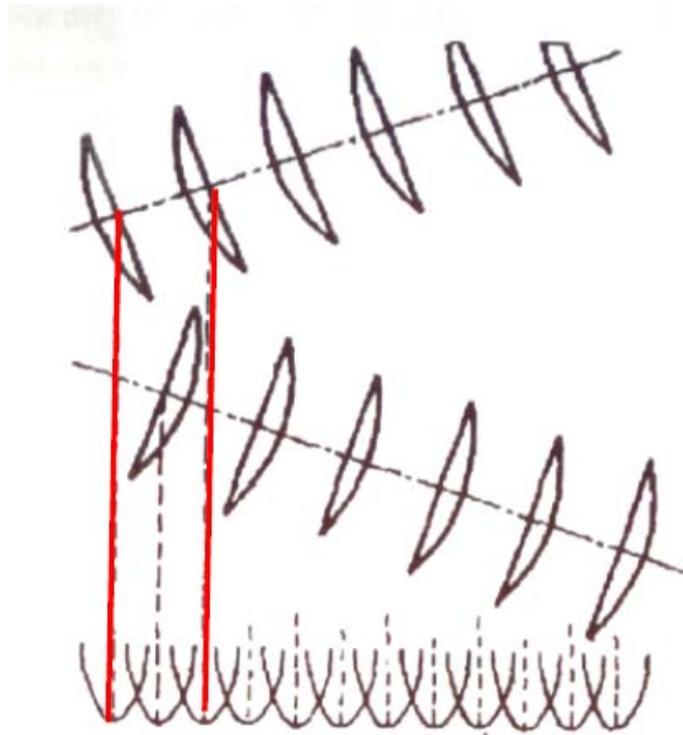


Figura 3.36: Esquema corte de discos.

El grupo de discos trasero, debe cubrir la misma superficie que el delantero, para que el suelo quede correctamente nivelado. Es necesario por tanto que la anchura de trabajo de la grada supere a la anchura de huella del tractor.

La velocidad, es otro factor fundamental en el trabajo de la grada, se suele trabajar a velocidades de entre 8 y 10 km/h. A mayor velocidad, existe una mayor pulverización del suelo, se mejora la nivelación y el mezclado de residuos, y se reduce el asentamiento.

La estructura de las gradas está condicionada por el tipo de trabajo que realizan, en la mayoría de los casos, el suelo se trabaja dos veces de una sola pasada, por lo que se precisan de mínimo dos grupos de discos que actúen de manera combinada, pero también existen rastras simples, que generalmente se combinan con otros aperos como brazos tipo cultivador.

A su vez, los grupos de discos se pueden colocar de diferentes maneras dando lugar a:

- **Gradas de discos en X:** la combinación de tándem es la que se conoce como en X (figura 3.37), de forma que los grupos de discos delanteros se sitúan con los extremos exteriores de sus ejes adelantados respecto a los interiores, mientras que en los grupos traseros se hace al contrario. Se produce así un desplazamiento del suelo labrado de dentro a fuera en los primeros grupos para posteriormente volverlo hacia dentro en los traseros, con lo que el suelo queda nivelado, salvo en la zona central, en donde se produce un pequeño ballón, que puede deshacerse con una púa flexible situada por detrás.

También en los extremos pueden aparecer pequeñas diferencias de nivel, que pueden reducirse modificando ligeramente el ángulo de los grupos traseros para que lancen más lejos la tierra suelta, o colocando en el extremos discos de menos diámetro, que actúan como niveladores.



Figura 3.37: Grada de discos en X.

- **Gradas de discos en V:** Para trabajos más pesados, es más frecuente el uso de estructuras con solo dos grupos de discos, que necesitan que la tracción se realice sobre un plano desplazado respecto del centro de resistencia de los cuerpos. Esto es una consecuencia del sistema de fuerzas generado por la combinación de los grupos de discos de la grada, el delantero, al hacer pasar la tierra hacia la derecha, según el sentido de la marcha, provoca una reacción en el bastidor que tiene a llevarlo hacia la izquierda en su parte delantera, el trasero por su parte impulsa la tierra hacia el lado contrario, por lo que tiende a desplazar el bastidor hacia la derecha en su parte trasera, todo esto genera un par de fuerzas que tendería a hacer girar la grada en sentido contrario al de las agujas del reloj. Para compensar esto, el enganche del tractor se realiza de manera que el esfuerzo de tracción se sitúa desplazado del centro de la grada, para que genere un par de fuerzas igual y contrario. Esto hace que a las gradas de discos en V se les conozca también como gradas de tiro excéntrico (figura 3.38).



Figura 3.38: Grada de discos de tiro excéntrico.

En las gradas en X, por la propia posición de los discos en los grupos, las acciones que tenderían a hacer girar la grada, quedan compensadas, ya que los esfuerzos transversales de los discos que se encuentran en posiciones opuestas sobre la línea media de la grada, se compensan entre sí.

Por otro lado, la excentricidad del tiro ofrece algunas ventajas respecto a las otras gradas, como la posibilidad de trabajar por debajo de las copas de los árboles con el tractor situado sobre la calle.

Por tanto, y para concluir, las gradas de discos ofrecen diferentes posibilidades de interés, como son la capacidad de producir un mejor mullido del suelo cuando el contenido de arcilla del mismo es elevado, en comparación con aperos de dientes, poder trabajar en intervalos de humedad del suelo más amplios, realizando el mullido de suelos más cohesivos y plásticos, rodar sobre residuos vegetales troceándolos, la capacidad de no embozarse con residuos superficiales abundantes, producir gran cantidad de tierra fina, que resulta ventajoso o no según la situación agroclimática y facilitar la incorporación de agroquímicos volátiles. Son aperos indicados para las operaciones posteriores al laboreo primario, por su facilidad para romper terrones en un gran intervalo de humedad.

3.3.1 Gradas de discos comerciales

Se pretende conocer el mercado actual de las gradas de discos a través de las distintas ofertas de fabricantes especializados en maquinaria agrícola, como son: INDUSAGRI, DURAN MAQUINARIA, INTERNATIONAL GASCÓN.

Destacan las siguientes gradas de discos:

- **Grada de discos de transporte trasero INDUSAGRI:** (figura 3.39). Se trata de una grada de refino con apertura hidráulica, además de sistema de transporte de ruedas traseras también con mecanismo hidráulico. Cuenta con 8 apoyos en eje partido, o 6 apoyos en eje entero, es decir, el fabricante nos da la posibilidad de montar ejes partidos con más apoyos, o ejes enteros con menos. La separación entre discos es de 300 mm, y las gradas

se encuentran homologadas. El fabricante ofrece diferentes posibilidades para este tipo de gradas, algunas de ellas son las de la tabla 3.1:

Tabla 3.1: Datos gradas de discos de transporte trasero INDUSAGRI.

Ref.	Modelo	Nº Discos	Pulgadas	Anchura Total (mm.)	Anchura Trabajo (mm.)	Peso (Kg)
GRHR01	GRADA EJE PARTIDO	20	32"	3.000	2.850	2.538
GRHR02	GRADA EJE PARTIDO	18	32"	2.750	2.600	2.302
GRHR03	GRADA EJE PARTIDO	16	32"	2.500	2.350	2.140
GRHR04	GRADA EJE PARTIDO	20	30"	3.000	2.850	2.192
GRHR05	GRADA EJE PARTIDO	18	30"	2.750	2.600	1.984
GRHR06	GRADA EJE PARTIDO	16	30"	2.500	2.350	1.850



Figura 3.39: Grada de discos de transporte trasero INDUSAGRI.

- **Grada de discos de transporte central INDUSAGRI:** (figura 3.40). De nuevo cuenta con sistema hidráulico de apertura y de elevación del apero mediante las ruedas centrales con las que cuenta, en este caso solo se ofrecen ejes enterizos de 8 apoyos, con una separación entre discos de 250 y 300 mm. Como opciones se pueden incorporar un rodillo jaula hidráulico, un rodillo estriado hidráulico, o un disco apagador borra-huellas. El fabricante ofrece diferentes posibilidades para este tipo de gradas, algunas de ellas son las de la tabla 3.2:

Tabla 3.2: Datos gradas de discos de transporte central INDUSAGRI.

Ref.	Modelo	Nº Discos	Pulgadas	Separación entre Discos (mm.)	Anchura Total (mm.)	Anchura Trabajo (mm.)	Peso (Kg)
GRHSVX01	GRADA TRANSPORTE CENTRAL	22	26"	250	2.800	2.675	2.184
GRHSVX02	GRADA TRANSPORTE CENTRAL	24	26"	250	3.000	2.875	2.276
GRHSVX03	GRADA TRANSPORTE CENTRAL	22	28"	250	2.800	2.675	2.260
GRHSVX04	GRADA TRANSPORTE CENTRAL	24	28"	250	3.000	2.875	2.360

**Figura 3.40:** Grada de discos de transporte centras INDUSAGRI.

- **Gradas de discos suspendidas DURAN MAQUINARIA:** Este fabricante ofrece diferentes modelos dentro de la gama TERRADISC. Ofrece gradas suspendidas (figura 3.41), y por tanto sin ruedas para el transporte, y gradas arrastradas, con ruedas para su transporte. Dentro de las gradas suspendidas, algunas de las que ofrece cuentan con los datos técnicos reflejados en la tabla 3.3:

Tabla 3.3: Datos gradas de discos suspendidas DURAN MAQUINARIA.

	TERRADISC 3001	TERRADISC 3501	TERRADISC 4001 K
Ancho de trabajo	3 m	3,5 m	4 m
Número de discos	24	28	32
Diámetro de los discos	58 cm	58 cm	58 cm
Distancia entre filas	12,5 cm	12,5 cm	12,5 cm
Distancia entre las barras	90 cm	90 cm	90 cm
Potencia requerida	95 cv	115 cv	135 cv
Ancho de transporte	3 m	3,5 m	2,8 m
Peso base	1470 kg	1660 kg	2535 kg



Figura 3.41: Grada de discos suspendida DURAN MAQUINARIA.

- **Gradas de discos arrastradas DURAN MAQUINARIA:** En cuanto a gradas arrastradas (figura 3.42) este fabricante ofrece distintos modelos de nuevo dentro de la cama TERRADISC. Los más destacados, posees los datos técnicos reflejados en la tabla 3.4:

Tabla 3.4: Datos gradas de discos arrastradas DURAN MAQUINARIA.

	TERRADISC 4001 T	TERRADISC 5001 T	TERRADISC 6001 T
Ancho de trabajo	4 m	5 m	6 m
Número de discos	32	40	48
Diámetro de los discos	58 cm	58 cm	58 cm
Distancia entre filas	12,5 cm	12,5 cm	12,5 cm
Distancia entre las barras	90 cm	90 cm	90 cm
Potencia requerida	135 cv	155 cv	180 cv
Ancho de transporte	2,8 m	2,8 m	2,8 m
Peso base	3765 kg	4315 kg	4740 kg



Figura 3.42: Grada de discos arrastrada DURAN MAQUINARIA.

- **Gradas de discos en V de ruedas traseras INTERNATIONAL GASCÓN:** Este fabricante cuenta con una gran variedad de tipologías de gradas de discos. Las gradas en V de ruedas traseras (figura 3.43), van desde un ancho de labor de 1,8 m a 4,2 m. Cuentan con sistema hidráulico de regulación del ángulo entre ejes, y un sistema mecánico para la elevación de la grada mediante las ruedas, que actúa automáticamente cuando se produce la apertura o cierre de los cuerpos de discos. Existen varios modelos, cuyos datos principales se reflejan en la tabla 3.5.

Tabla 3.5: Datos gradas de discos en V de ruedas traseras INTERNATIONAL GASCÓN.

MODELO	ANCHO LABOR	DISCOS	ANCHO TRANSPORTE	POTENCIA	PESO APPROX.
"RTN"	M.	Nº	mm.	HP/CV	Kg.
GR-RTN182 - 16	1,82	16	2070	60	1350
GR-RTN206 - 18	2,06	18	2310	70	1450
GR-RTN230 - 20	2,30	20	2550	80	1550
GR-RTN254 - 22	2,54	22	2790	90	1650
GR-RTN278 - 24	2,78	24	3030	100	1750
GR-RTN302 - 26	3,02	26	3270	115	1850
GR-RTN326 - 28	3,26	28	3510	130	2000



Figura 3.43: Grada de discos en V de ruedas traseras INTERNATIONAL GASCÓN.

- **Gradas de discos en V de ruedas centrales INTERNATIONAL GASCÓN:** (Figura 3.44). Según el fabricante, todas las máquinas están equipadas en origen con discos reforzados de 6 mm, con la opción de incrementar este valor en 2 mm. La separación entre discos en origen es de 240 mm pero de nuevo se puede incrementar hasta los 270 mm. De nuevo existen diferentes modelos, con las características generales de la tabla 3.6:

Tabla 3.6: Datos gradas de discos en V de ruedas centrales INTERNATIONAL GASCÓN.

MODELO	ANCHO LABOR	DISCOS	ANCHO TRANSPORTE	POTENCIA	PESO APPROX.
"RCN"	M.	Nº	mm.	HP/CV	Kg.
GR-RCN207 - 18	2,07	18	2140	70	1800
GR-RCN231 - 20	2,31	20	2370	80	1900
GR-RCN255 - 22	2,55	22	2580	90	2000
GR-RCN280 - 24	2,80	24	2800	100	2100
GR-RCN305 - 26	3,05	26	3050	115	2200
GR-RCN330 - 28	3,30	28	3300	130	2350



Figura 3.44: Grada de discos en V de ruedas centrales INTERNATIONAL GASCÓN.

- **Gradas de discos en V plegables INTERNATIONAL GASCÓN:** (Figura 3.45). Estas máquinas tienen un ancho de mínimo 3 m, y pueden llegar a los 6 m, siendo su ancho de transporte de 2,5 m gracias al plegado. Son totalmente hidráulicas en los comandos y pliegues de todas las secciones, existiendo incluso la posibilidad de equiparlas con electroválvulas. Existen diferentes modelos con los datos reflejados en la tabla 3.7:

Tabla 3.7: Datos gradas de discos en V plegables INTERNATIONAL GASCÓN.

MODELO	ANCHO LABOR	DISCOS	SOPORTES	NEUMATICOS	POTENCIA	PESO APPROX.
"RCHV"	M.	Nº	Nº		HP/CV	Kg.
GR-RCHV305 - 26	3,05	26	8	400/60-15"	110-120	3700
GR-RCHV330 - 28	3,30	28	8	400/60-15"	120-130	3800
GR-RCHV355 - 30	3,55	30	8	400/60-15"	130-140	3900
GR-RCHV380 - 32	3,80	32	12	400/60-15"	140-150	4000
GR-RCHV405 - 34	4,05	34	14	400/60-15"	150-160	4300
GR-RCHV430 - 36	4,30	36	16	500/50-17"	160-170	4400
GR-RCHV455 - 38	4,55	38	16	500/50-17"	170-180	4600
GR-RCHV480 - 40	4,80	40	16	500/50-17"	180-190	4700
GR-RCHV505 - 42	5,05	42	16	500/50-17"	190-200	4800



Figura 3.45: Grada de discos en V plegables INTERNATIONAL GASCÓN.

- **Gradas de discos en V y en X suspendidas INTERNATIONAL GASCÓN:** Gradas en V (figura 3.46), gradas en X (figura 3.47). Este fabricante, también ofrece gradas suspendidas, tanto en V como en X, existiendo varios modelos con las características de las tablas 3.8 (gradas en V) y 3.9 (gradas en X):

Tabla 3.8: Datos gradas de discos en V suspendidas INTERNATIONAL GASCÓN.

MODELO	ANCHO LABOR	ANCHO TRANSPORTE	DISCOS	POTENCIA	PESO APPROX.
"SV180"	M.	M.	Nº	HP/CV	Kg.
GR-SV170 - 16	1,70	1700	16	30-40	600
GR-SV188 - 18	1,88	1880	18	35-45	625
GR-SV205 - 20	2,05	2050	20	40-50	650
GR-SV223 - 22	2,23	2230	22	45-55	675
GR-SV240 - 24	2,40	2400	24	50-60	700

Tabla 3.9: Datos gradas de discos en X suspendidas INTERNATIONAL GASCÓN.

MODELO	ANCHO LABOR	ANCHO TRANSPORTE	DISCOS	POTENCIA	PESO APPROX.
"SX180"	M.	M.	Nº	HP/CV	Kg.
GR-SX140 - 12	1,20 - 1,40	1300	12	20-30	500
GR-SX185 - 16	1,50 - 1,85	1700	16	30-40	650
GR-SX220 - 20	1,85 - 2,20	2050	20	40-50	775
GR-SX250 - 24	2,15 - 2,50	2400	24	50-60	900



Figura 3.46: Grada de discos en V suspendida INTERNATIONAL GASCÓN.



Figura 3.47: Grada de discos en X suspendida INTERNATIONAL GASCÓN.

- **Gradas de discos rápidas INTERNATIONAL GASCÓN:** (Figura 3.48). Este fabricante nos ofrece incluso gradas rápidas, diseñadas para satisfacer varias exigencias a la vez, como mantenimiento de humedad y nivelación del suelo, o regularización del fondo de trabajo y enterramiento de restos vegetales. Se caracterizan por su velocidad. Están diseñadas para trabajar a velocidades de hasta 20 km/h. Existen varios modelos, con las características reflejadas en la tabla 3.10:

Tabla 3.10: Datos gradas de discos rápidas INTERNATIONAL GASCÓN.

MODELO	ANCHO LABOR	ANCHO TRANSPORTE	DISCOS	SOPORTES	CATEGORIA	POTENCIA	PESO APROX. NON STOP	PESO APROX. GOMAS
"GR RF"	M.	M.	Nº	Nº		HP/CV	Kg.	Kg.
GR - RF250 - 20	2,50	2500	20	10	II	100-120	1700	1580
GR - RF300 - 24	3,00	3000	24	12	II	120-140	1950	1800
GR - RF350 - 28	3,50	3500	28	14	II	140-160	2200	2030
GR - RF400 - 32	4,00	4000	32	16	II-III	160-180	2500	2310

**Figura 3.48:** Grada de discos rápida INTERNATIONAL GASCÓN.

4 GRADA DE DISCOS DEL PROYECTO

Se puede observar la grada de discos del proyecto en la figura 4.1.



Figura 4.1: Grada de discos del proyecto.

Esta grada de discos como se refirió anteriormente, se ha diseñado y llevado a cabo su construcción para acoplarla a un tractor de pequeñas dimensiones con el objetivo de su uso particular en terrenos de media y una hectárea aproximadamente.

4.1 Descripción general

Se trata de una grada de discos de pequeñas dimensiones y por tanto ligera (320 kg de masa según los resultados ofrecidos por el programa Autodesk Inventor utilizado para el diseño paramétrico del apero), según la clasificación de gradas mencionada en el apartado 3.3, en el que considera gradas con menos de 60 kg por disco como ligeras, siendo esta grada de 32 kg/disco. Cuenta con una anchura de trabajo de aproximadamente 1,30 m, y resulta ideal para el trabajo a altas velocidades, realizando una aradura superficial.

La estructura de la grada está fabricada con perfiles el L, que no bien siendo los más idóneos para este tipo de maquinaria, como lo serían perfiles cuadrados, eran de los que se disponía. Cuenta con dos ejes cuadrados, que forman dos grupos de 5 discos cada uno, espaciados entre sí por medio de separadores con forma cóncava o convexa según abracen al disco en su parte interior o exterior. Cada eje cuenta con dos apoyos en los que van sellados los correspondientes cojinetes cilíndricos. Cuenta con un sistema de elevación trasero por ruedas, cuyo accionamiento es mecánico, por medio de un tornillo sin fin acoplado a una manivela. También cuenta con la posibilidad de regular el ángulo entre grupos de discos para adecuarse a las condiciones del

terreno, de nuevo siendo el sistema de accionamiento mecánico por medio de manivela y tornillo sin fin.

Es una grada arrastrada, que permite el movimiento en dos ejes respecto al tractor, y está construida en su mayor parte con acero S335 según los resultados obtenidos de un estudio realizado que posteriormente se desarrollará (ensayo de tracción).

No cuenta con posibilidad de plegado para su transporte, ya que debido a sus pequeñas dimensiones no resulta necesario, pudiéndose transportar únicamente elevándola del suelo en su parte delantera mediante el elevador con el que cuenta el tractor, y en su parte trasera mediante el sistema o mecanismo de ruedas del que dispone.

Aún siendo una grada de discos en V y debiendo tener un tiro excéntrico para compensar las fuerzas que aparecen que hacen que la grada tienda a girar en sentido contrario a las agujas del reloj, dispone de tiro central debido a que se pretendió simplificar su construcción y no se tuvo en cuenta este parámetro, y a que al ser una grada pequeña los esfuerzos que aparecen no son excesivamente grandes.

Por último, cabe destacar que el ángulo de corte de cada eje es diferente, debido a que el eje delantero, como ya se menciona anteriormente, se encuentra el terreno más consolidado que el trasero, además de que en caso de rastros o pastos superficiales, el eje delantero realiza un mayor esfuerzo en picar los mismos mientras que el eje trasero ya se encuentra el pasto picado y el terreno trabajado.

4.2 Descripción específica

Se pretende conocer la grada en mayor profundidad, haciendo hincapié en algunos detalles relevantes:

- **Estructura:** Se puede observar la estructura principal de la grada en la figura 4.2.

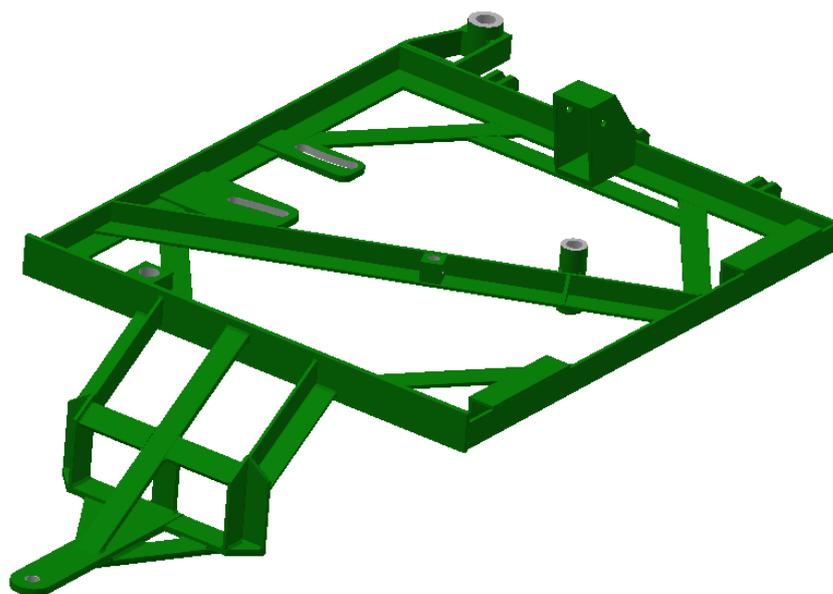


Figura 4.2: Estructura grada de discos del proyecto.

Como se mencionó anteriormente, está constituida principalmente por perfiles en L, de acero S335. Posee una anchura de 990 mm y 1111 mm de largo, 1686 mm contando con el enganche al tractor. Este enganche está adaptado para situarse a la altura correspondiente de los brazos hidráulicos del tractor, y a la viga principal en la que se encuentra practicado un agujero de 25 mm de diámetro se le acopla un dispositivo que a continuación se desarrollara, y que permite dos grados de libertad de la grada respecto al tractor.

El enganche cuenta con una cruceta superior dispuesta para rigidizar la estructura, y va soldado a la viga delantera de la estructura principal, que es de mayores dimensiones que el resto. Todas las soldaduras practicadas en la grada, están realizadas con un equipo de soldadura de electrodo revestido. En la estructura también se observan cuatro escuadras que unen cada uno de los laterales que de nuevo tienen la función de rigidizar la estructura, además, en la parte trasera se dispone de una pletina unida a las dos escuadras traseras, sobre la que se apoya el cajón donde irá sujeta la manivela que acciona el mecanismo de elevación de las ruedas para el transporte.

La estructura cuenta con una viga en diagonal, que está dispuesta para formar un determinado ángulo que ayudará al funcionamiento del mecanismo de regulación del ángulo entre grupos de discos. Se encuentra a esta viga soldado un tubo de 31 mm de diámetro interior, por el que pasará el eje del codo que acciona los dos grupos de discos para modificar el ángulo entre ellos. Además la viga en este punto cuenta con un refuerzo soldado transversalmente. En la misma viga se encuentra también el lugar donde irá introducida la pieza que sujetará la manivela que acciona el mecanismo de regulación del ángulo.

En la viga lateral derecha viendo la estructura de frente, se encuentran soldados dos perfiles en L dispuestos al contrario que la viga, que tienen la función de servir de apoyo a las estructuras delantera y trasera que soportan los ejes o grupos de discos, debiendo permitir además el movimiento sobre ellos de estas estructuras, cuando se pretende modificar el ángulo en cuestión.

Justo en la viga contraria, la del lateral izquierdo, se encuentran soldadas dos pletinas en las que hay practicadas una determinada curvatura muy concreta. A ellas se unirán dos bieletas, una proveniente de la estructura delantera que soporta el eje y otra de la estructura trasera, que tienen la función de rigidizar las mismas, ya que en fase de funcionamiento, tanto el eje delantero como el trasero, tienden a doblarse hacia atrás, y podrían causar desperfectos o incluso doblar el eje que de giro de ambas estructuras. En las pletinas se encuentran practicadas una determinada curvatura, debido a que deben permitir el libre movimiento de las estructuras para la regulación del ángulo entre ellas.

Los ejes de giro de estas estructuras, mencionados en el párrafo anterior, se introducen en los elementos soldados tanto en la viga delantera en su parte izquierda, la cual tiene practicado un agujero de 38 mm como en la trasera, soldado a una determinada distancia de la misma, distancia que es crítica para proporcionar la diferencia de ángulo de ataque al eje trasero, respecto al delantero. En cada uno de los elementos por los que pasa un eje, tanto los de las estructuras de los grupos de discos como el de la manivela que acciona los mismos, tienen practicados un agujero con rosca, a los irá unidos un engrasador, para mantener lubricado las partes móviles.

Por último, se resalta que en a la viga trasera, van unidas 6 pletinas con un agujero practicado en cada una de ellas, a las que se unirá la estructura que soporta las ruedas.

- **Enganche:** Se puede observar el enganche de la grada en la figura 4.3.

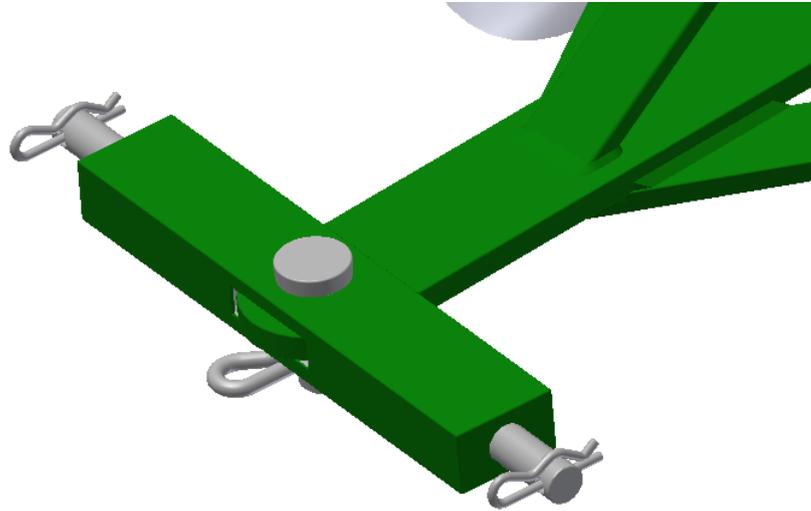


Figura 4.3: Enganche de la grada de discos.

Este enganche va unido en su parte central a la viga principal de la estructura antes explicada, mediante un bulón o pasador de 25 mm de diámetro, que atraviesa todo el elemento de enganche, y dispone en su parte inferior de un agujero en el que se introducirá un clip de seguridad para evitar la posibilidad de salirse. El elemento de enganche a su vez posee en sus extremos dos barras de 11 mm de diámetro, en las que se introducen las barras del sistema de elevación del tractor, de nuevo con agujeros practicados, por los que se pasan unos clips que evitan la posibilidad del desacople de las barras.

El elemento de enganche, cuenta con una determinada oquedad interior, como se puede observar en la figura 4.4, que permite el movimiento de la grada transversalmente y respecto del tractor. Las barras laterales del mismo, al ser circulares, también permiten el movimiento en un plano vertical de la grada respecto del tractor.

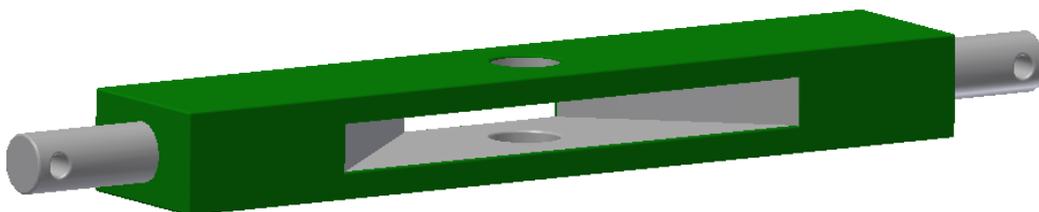


Figura 4.4: Elemento de enganche al tractor.

- **Estructura de las ruedas:** Se puede observar la estructura de las ruedas en la figura 4.5.



Figura 4.5: Estructura de las ruedas.

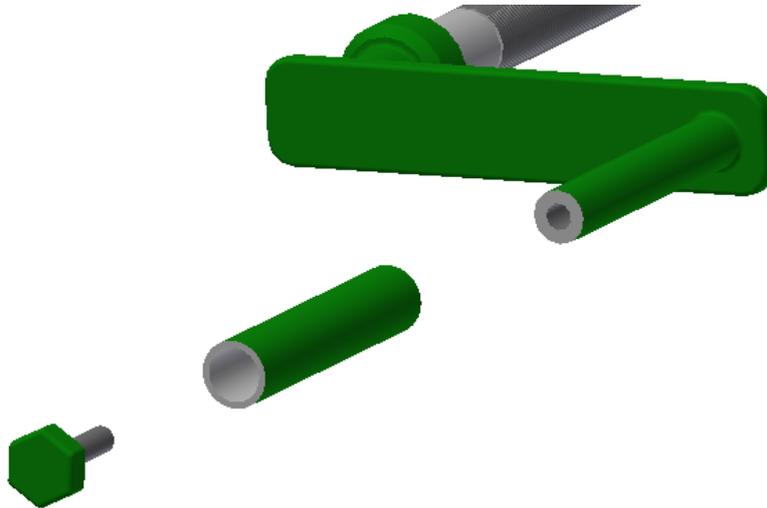
La estructura de las ruedas, está fabricada con pletinas de acero S335 de 12 mm de grosor, con una determinada forma acodada en las pletinas laterales, con un agujero practicado en su parte final, por donde se unirán a la estructura principal de la grada, a través de las pletinas unidas a la viga trasera de la estructura antes mencionada. Esta estructura cuenta con tres apoyos, unidos mediante una barra de 16 mm de diámetro. En su parte central, va soldada una estructura en forma de "U" invertida, a la que se unirá el husillo de la manivela que acciona el sistema de ruedas. Esta estructura central, tiene una determinada altura crítica, para provocar el momento de giro que hará elevar a la grada de discos cuando se accione el sistema de ruedas a través de la manivela. A esta estructura se le unen dos tirantes o pletinas que rigidizan la estructura total del mecanismo de elevación. Todas ellas, tanto las pletinas laterales como los tirantes, se unen en su parte final a un perfil cuadrado, de 40 x 40 mm en el que se introducirán y soldarán los ejes cuadrados de los bujes a los que se unirán atornilladas las ruedas.

- **Manivela de ruedas:** Se puede observar la manivela que acciona el sistema de elevación de ruedas traseras en la figura 4.6.



Figura 4.6: Manivela de ruedas.

Se trata de una manivela de 541 mm de longitud, 430 de husillo y 28 mm de diámetro, con un paso de 2 mm, que dispone de una parte acodada de 200 mm, distancia importante para disminuir el esfuerzo necesario para la elevación del apero, al que se une el mango que cuenta con parte interna y externa, que permiten el movimiento entre sí, unidas mediante un tornillo final que evita su salida, consiguiendo facilitar el accionamiento de la manivela debido a que la mano no tendrá que deslizarse respecto al mango (figura 4.7).

**Figura 4.7:** Partes del mango manivela de ruedas.

La manivela se une en su parte inicial al elemento de la figura 4.8, unido a su vez a la estructura principal, permitiendo el libre movimiento de la manivela dentro de él, así como el giro en un plano vertical respecto a la estructura. A este elemento, se le acopla un engrasador para mantener la unión lubricada. El elemento hace tope en una arandela que forma parte de la manivela en su parte inicial, y a otra arandela de la misma forma, que se sujeta gracias a un circlips en su parte posterior, (figura 4.9).

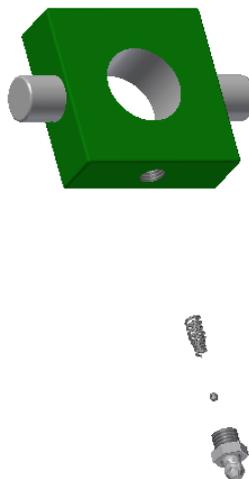
**Figura 4.8:** Elemento de unión manivela y engrasador.



Figura 4.9: Arandela y circlip manivela.

Por último, la manivela se mediante el husillo, a una tuerca o elemento roscado, que se une a su vez a la estructura de las ruedas, y permite el movimiento circular de la manivela respecto de la estructura de las ruedas. (Figura 4.10).

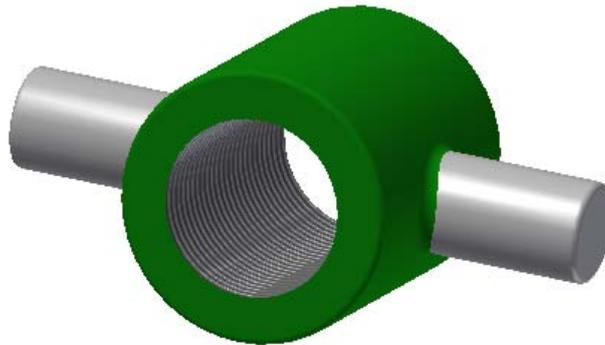


Figura 4.10: Elemento roscado manivela ruedas.

- **Sistema de accionamiento de los ejes y manivela:** Se puede observar el sistema de accionamiento de los ejes y la manivela en la figura 4.11.

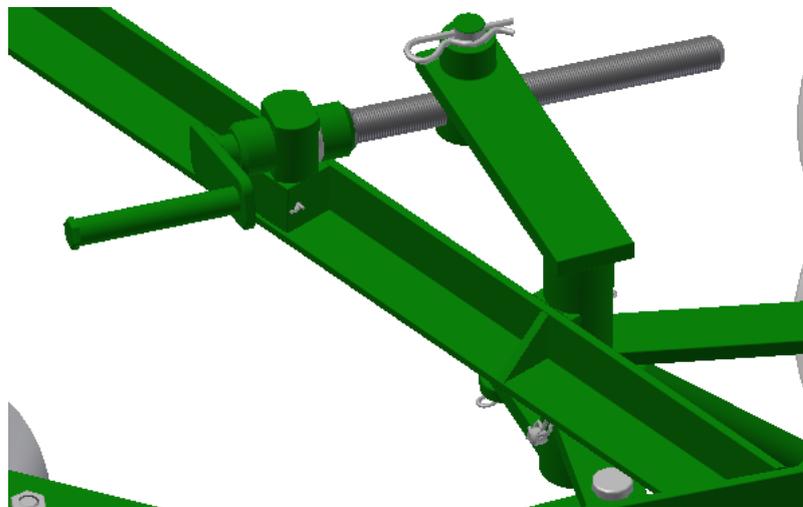


Figura 4.11: Sistema de accionamiento de ejes y manivela.

Este sistema consiste en un mecanismo para conseguir variar el ángulo entre los grupos de discos, o mejor dicho, para variar el ángulo de corte de los discos, ángulo entre el eje del grupo y la perpendicular a la dirección de avance.

El sistema cuenta con un brazo acodado de 255 mm , cuyo eje se introduce en el elemento destinado para ello en la estructura. En el codo va acoplado el elemento de la figura 4.12, que se enrosca en el husillo de la manivela. La manivela es similar a la manivela de las ruedas, teniendo de igual manera una arandela fija y una libre que se sujeta con un circlip, para posibilitar la introducción de la manivela en el elemento de la figura 4.13, que permite el libre movimiento de la misma. Ambos elementos van fijados mediante clips de acero a través del agujero y forma que tienen practicados.

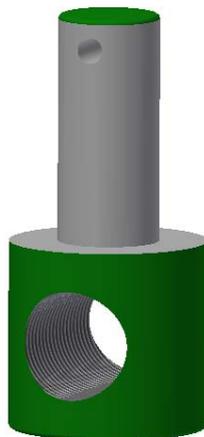


Figura 4.12: Elemento roscado de unión al husillo de la manivela de ejes.

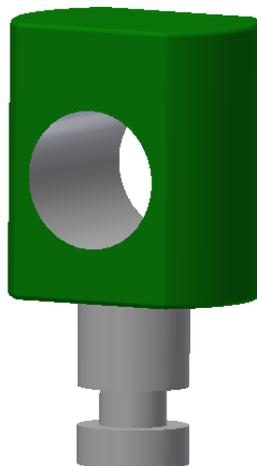


Figura 4.13: Apoyo manivela de ejes.

El eje de la pieza acodada, se une en su parte inferior al elemento de la figura 4.15, al que se unen a su vez las bieletas que tiran de los grupos o estructuras de ejes para modificar el ángulo entre ellos. Todas las bieletas, el elemento de unión entre las mismas y el eje, están fijados mediante pasadores asegurados con clips. El eje, como se menciono anteriormente, se encuentra correctamente lubricado gracias al engrasador dispuesto para ello en la estructura principal de la grada. El elemento de la figura 4.15, posee los brazos a los que se unen las bieletas desfasados entre sí un cierto ángulo, de nuevo para contribuir a la

diferencia entre ángulos del eje delantero y trasero. Las bieletas redondas, además de contribuir al tiro de los ejes para modificar su ángulo, tienen la función de asegurar la rigidez de la estructura de los ejes, expuesta a momentos que tienden a doblar los ejes de giro de las mismas.

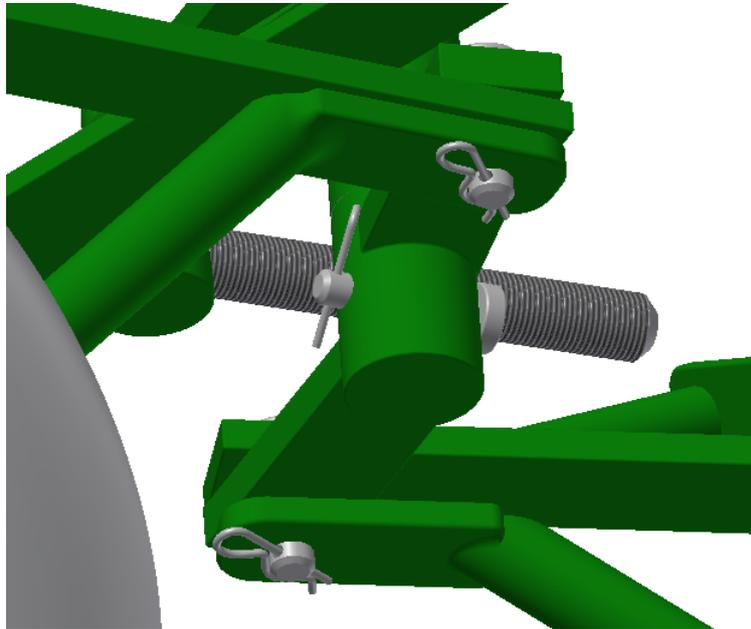


Figura 4.15: Elemento de unión a las bieletas.

- **Estructura de ejes delantero y trasero:** Se puede observar la estructura del eje delantero en la figura 4.16. La estructura del eje trasero es similar, aunque invertida.



Figura 4.16: Estructura del eje delantero

Esta estructura, al igual que la que soporta al eje trasero, formada por un perfil en L de 1020 mm, se une a la estructura principal mediante el eje dispuesto en la parte derecha de la figura 4.16, permitiendo el giro tanto de toda esta estructura como del eje junto con los discos, función imprescindible para la regulación del ángulo de corte. En su parte izquierda, se apoya a la estructura principal, justo encima de los perfiles en L soldados de forma

invertida a uno de los laterales de la misma, sujetándose a ella mediante la pletina unida con tornillos que se puede observar en la figura 4.16.

Tanto en la parte inferior del eje de la estructura, a la derecha de la figura 4.16, como en la parte inferior del pilar unido mediante tornillos a la barra principal, a la izquierda de la misma figura, se disponen dos bases rectangulares, que apoyarán en los bujes que contienen los cojinetes de los grupos de discos. Esta unión será mediante tornillos de 15 mm de diámetro, y tuercas de seguridad. A las mismas bases, van unidas las bieletas redondas mencionadas en el apartado anterior, siendo en la parte izquierda de la figura, la bieleta que va unida al mecanismo de accionamiento de los ejes, y en la parte derecha, la bieleta que se puede observar en la figura 4.17, que se une a las pletinas de la estructura principal, que poseen la acanaladura en forma curva que ya se mencionó. El objetivo de estas bieletas, es el de rigidizar la estructura, para evitar posibles problemas por los momentos a los que están sometidos los ejes delantero y trasero, que les provoca una tendencia a girar sobre la estructura principal.

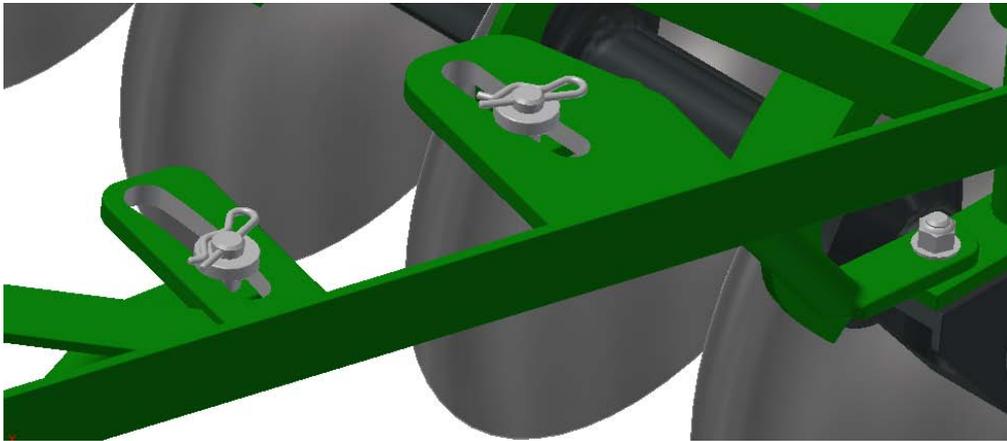


Figura 4.17: Ilustración de montaje de bieletas.

En la parte superior del pilar formado por un perfil en L, a la izquierda de la figura 4.16, se observa una pletina soldada con un bulón, a ella, irá unida la bieleta plana que se observa en la figura 4.15, y que al igual que la redonda, moverá la estructura del eje, junto con el eje y discos, gracias al mecanismo de manivela diseñado para tal fin.

Por último, a la viga principal se unen 5 piezas curvadas mediante dos tornillos de 12 mm cada una de ellas, estas piezas son rascadores, cuya función es eliminar el barro o la tierra adherida a los discos, para mantener constante el peso de la grada, y asegurar un correcto funcionamiento de la misma. Se trata de piezas de acero, con una determinada curvatura e inclinación, que les permite situarse a 3 mm los discos. Deberán asegurar la limpieza del disco principalmente en la zona exterior de los mismos, y no con tanta importancia, en la zona más próxima al eje (figura 4.18).

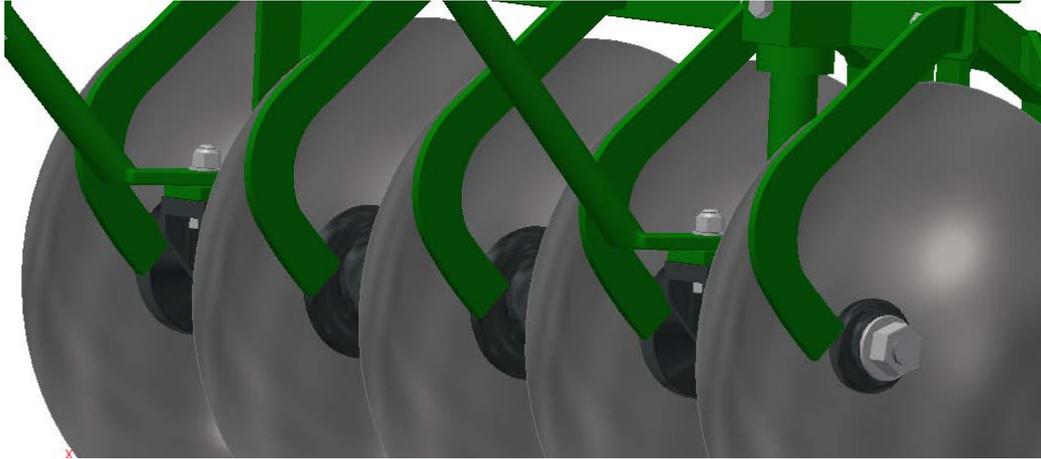


Figura 4.18: Posición de los rascadores respecto a los discos.

- **Grupos de discos delantero y trasero:** Se puede observar el grupo de discos delantero en la figura 4.19. El grupo de discos trasero es similar.



Figura 4.19: grupo de discos delantero.

El grupo de discos se sostiene gracias a un eje cuadrado de 3 x 3 cm, y de 121 mm de largo (figura 4.20). Tiene uno de sus extremos cilíndricos, y en él se encuentra practicada una rosca, donde irá la tuerca que mantendrá firme todo el conjunto de discos, separadores, cojinetes, etc. En el otro extremo, posee también forma cilíndrica, pero de 50 mm de diámetro, frente a los 25 mm del lado roscado. Este aumento de tamaño tiene un fin lógico, que es el de sostener a todo el conjunto, apoyándose en una arandela especial, con forma cóncava para adaptarse a la superficie exterior del último disco. En el extremo roscado, se dispone de una arandela similar, pero en este caso convexa, para adaptarse a la parte interna del primer disco (figura 4.21).

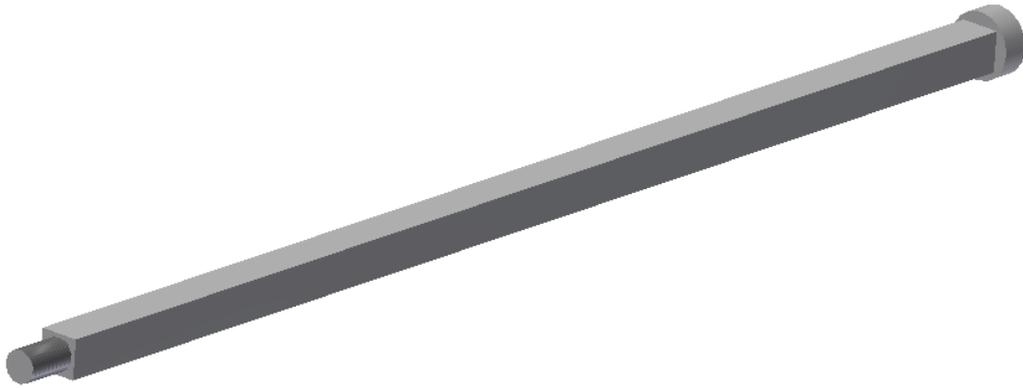


Figura 4.20: Eje cuadrado del grupo de discos.



Figura 4.21: Arandelas de ambos extremos del grupo de discos.

El grupo de discos, está formado por 5 discos de acero (figura 4.22), con una determinada concavidad. Se trata de discos de 452 mm de diámetro, con una espesura de 3 mm, y una concavidad con un radio de 422 mm. Disponen de un agujero central, cuadrado, de 3 x 3 cm por el que pasa el eje cuadrado, que garantizará que todos los discos se mueven por igual en contacto con el terreno. Los discos deben garantizar el volteo de la tierra y los residuos sobre los que trabajará, además de tener una dureza suficiente para no mellarse o romperse al golpear con piedras u otros posibles obstáculos.



Figura 4.22: Disco.

Los discos están distanciados 228 mm entre sí, mediante separadores de fundición (figura 4.23). Existen dos separadores enterizos, y dos divididos, para albergar entre ellos a los apoyos que contendrán los cojinetes, y que unirán al grupo de discos con la estructura. Los separadores enterizos, cuentan en uno de los laterales con una superficie convexa, para adaptarse correctamente a la parte interna del disco, y con una parte cóncava en el otro lateral, para adaptarse a la parte externa del disco opuesto. En su interior tienen practicados un orificio cuadrado, de igual dimensiones que los discos, para albergar al eje que une a todos los elementos. Los separadores divididos por su parte, son diferentes entre sí, ya que uno se deberá adaptar a la parte externa del disco, y otro a la parte interna. Sin embargo, en el otro lateral son planos, cerrando el soporte que contiene al cojinete por ambos lados, apoyándose y apretando a las juntas de goma que sellan el cojinete, para mantenerlo limpio de posible suciedad.

**Figura 4.23:** Separador enterizo y separados dividido.

Los apoyos o bujes (figura 4.24), son también de fundición, y poseen una parte plana donde se apoya la estructura que une al grupo de discos con la estructura principal. Posee dos agujeros de 15 mm cada uno para los tornillos, que encuentran por la parte inferior una cara también plana, para su correcto asentamiento. En la parte interna, existe un oquedad cilíndrica de 82 mm de diámetro, donde se albergarán los cojinetes, y a su vez dos acanaladuras de 90 mm de diámetro, donde se introducirán los circlips que mantendrán sujeto al cojinete.

**Figura 4.24:** Buje del grupo de discos.

Dentro del buje por tanto se albergan los cojinetes cuya corona interior posee la forma cuadrada correspondiente para introducirse en el eje. Se trata de cojinetes de rodillos, que se sujetan al buje gracias a dos circlips como antes se mencionó. Para mantener el conjunto estanco dispone de 4 juntas tóricas o de goma, que se mantienen aprisionadas con ayuda de los separadores divididos que se sitúan en los tramos donde van los apoyos. Se puede observar el despiece de uno de los cojinetes en la figura 4.25.

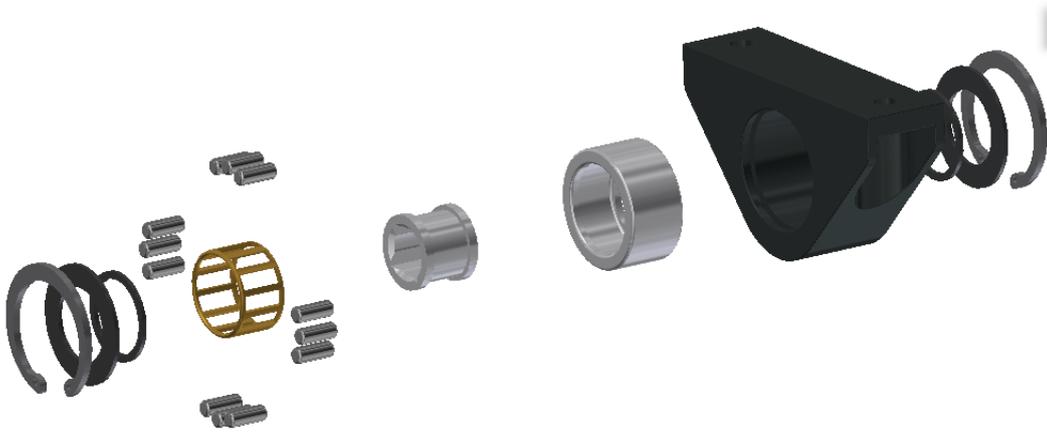


Figura 4.25: Despiece de cojinete de grupo de discos.

- **Bujes de rueda:** Se puede observar el despiece de uno de los bujes de rueda en la figura 4.26.

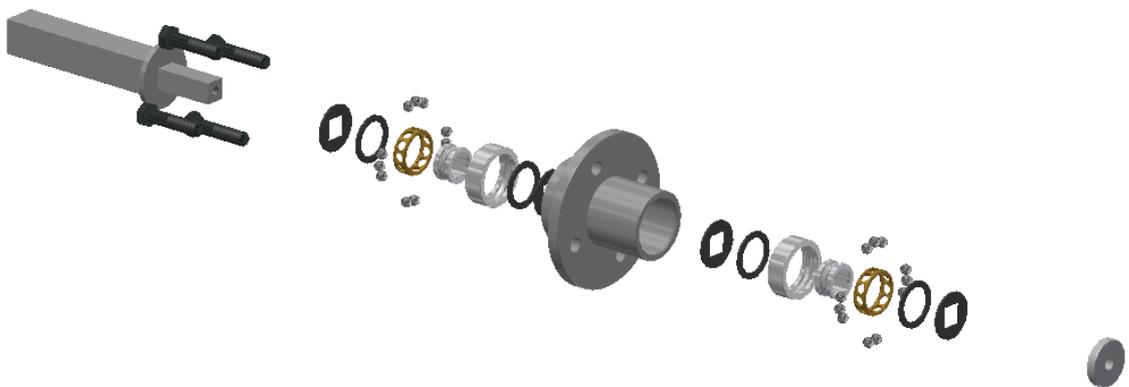


Figura 4.26: Despiece buje de ruedas.

El buje de ruedas, se compone de un eje cuadrado de dos secciones, una de 30 x 30 mm que se introduce en la viga hueca de sección también cuadrada que forma parte de la estructura que soporta a las ruedas, y otra de 18 x 18 mm que se introduce en el buje propiamente dicho, para sostener ahí a dos cojinetes cuya corona interior tiene la misma sección interna para adaptarse a este eje. El buje posee dos oquedades separadas de 50 mm de diámetro, para albergar ahí a ambos cojinetes de bolas cuyo despiece se puede observar en la figura 4.26. Todo el conjunto se sujeta mediante la placa que se observa a la derecha de la misma figura, gracias a un tornillo de 8 mm de diámetro, que se enrosca en el eje cuadrado. Por último, el conjunto se sella gracias a la tapa que se observa en la figura 4.27, que mantiene estanco el interior del buje, evitando que entre suciedad, etc. Se une a

este gracias a la forma curvada que tiene practicada, que coincide con la del buje en cuestión.



Figura 4.27: Tapa de buje de ruedas.

- **Cálculos de interés:** Se pretenden calcular ciertos parámetros de interés referentes a la grada de discos del proyecto, como son la potencia de tracción necesaria, potencia a la barra, definida como la parte de la potencia total ejercida por el motor que se destina al arrastre del apero, la capacidad de trabajo teórica y efectiva, etc. Todos los cálculos se realizarán en base al procedimiento utilizado en la plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Se necesitan los siguientes datos de partida:

- Tipo de suelo (resistencia específica): 60 Kpa
- Profundidad de trabajo: 8 cm
- Anchura de trabajo del apero: 1,3 m
- Eficiencia de trabajo: 0,85 (alta)
- Nivel de carga de trabajo: 0,75 (alta)
- Masa del apero: 320 kg
- Coeficiente de reducción por suelo suelto: 0,5
- Velocidad de trabajo: 10 km/h

Cálculos:

- Fuerza (4.1):

$$\text{Fuerza} = \text{Resistencia del suelo} \cdot \text{Coeficiente} \cdot \text{Profundidad} \cdot \text{Anchura} \quad (4.1)$$

$$F = 60000 \cdot 0,5 \cdot 0,08 \cdot 1,3 = 3120 \text{ N}$$

- Potencia de tracción (4.2):

$$\text{Potencia de tracción} = \text{Fuerza} \cdot \frac{\text{Velocidad de trabajo}}{3600} \quad (4.2)$$

$$Pt = 3120 \cdot \frac{10}{3600} = 9 \text{ Kw}$$

$$Pt = 12 \text{ cv}$$

- Potencia a la barra (4.3):

$$\text{Potencia a la barra} = \frac{\text{Potencia de tracción}}{0,75} \quad (4.3)$$

$$Pb = \frac{12}{0,75} = 16 \text{ cv}$$

- Capacidad de trabajo teórica (4.4):

$$\text{Capacidad de trabajo teórica} = \frac{10}{\text{Velocidad de trabajo} \cdot \text{Anchura del apero}} \quad (4.4)$$

$$Ctt = \frac{10}{10 \cdot 1,3} = 0,77 \text{ h/ha}$$

- Capacidad de trabajo real (4.5):

$$\text{Capacidad de trabajo real} = \frac{\text{Capacidad de trabajo teórica}}{\text{Eficiencia}} \quad (4.5)$$

$$Ctr = \frac{0,77}{0,85} = 0,9 \text{ h/ha}$$

$$Ctr = \frac{1}{0,9} = 1,11 \text{ ha/h}$$

- Potencia del tractor necesaria (4.6):

$$\text{Potencia del tarctor necesaria} = \frac{\text{Potencia a la barra}}{\text{Nivel de carga del tractor}} \quad (4.6)$$

$$P_{\text{tractor}} = \frac{16}{0,75} = 21 \text{ cv}$$

Se necesitaría por tanto una potencia mínima de 21 cv. El tractor al que se destina la grada de discos del proyecto posee 25 cv, por lo que podrá trabajar con ella sin problemas.

5 DISEÑO PARAMÉTRICO

En este apartado se desarrollará el procedimiento seguido para la modelización de la grada de discos mediante software Autodesk Inventor.

Resulta conveniente conocer primero el programa de modelado utilizado para el diseño paramétrico de la grada.

5.1 Autodesk Inventor

Se puede observar el logotipo del programa en la figura 5.1:



Figura 5.1: Logotipo de Autodesk Inventor.

Autodesk Inventor es un paquete de modelado paramétrico ED producido por la empresa de software Autodesk. Entró en el mercado en 1999 y se agregó a las series de diseño mecánico de Autodesk como una respuesta de la empresa a la creciente migración de su base de clientes de diseño mecánico en dos dimensiones hacia la competencia. Permitted que los ordenadores personales pudieran construir y probar ensamblajes de modelos extensos y complejos.

Se trata de un programa basado en técnicas de modelado paramétrico. Los usuarios comienzan diseñando piezas que se pueden combinar en ensamblajes. Corrigiendo piezas y ensamblajes pueden obtenerse diversas variantes. Como modelador paramétrico, no debe ser confundido con los programas tradicionales de CAD. Inventor se utiliza en diseño de ingeniería para producir y perfeccionar productos nuevos, mientras que en programas como Autocad se conducen solo las dimensiones. Un modelador paramétrico permite modelar la geometría, dimensión y material de manera que si se alteran las dimensiones, la geometría se actualiza automáticamente basándose en las nuevas dimensiones. Esto permite que el diseñador almacene sus conocimientos de cálculo dentro del modelo, a diferencia del modelado no paramétrico, que está más relacionado con un "tablero de bocetos digitales". Inventor también tiene herramientas para la creación de piezas metálicas y la realización de soldaduras.

Los bloques de construcción cruciales de Inventor son las piezas. Se crean definiendo las características, que a su vez se basan en bocetos (dibujos en 2D). Por ejemplo, para hacer un cubo simple, un usuario primero haría un boceto con forma de cuadrado y después utilizaría la herramienta extrusión para levantar el cuadrado y darle volumen, convirtiéndolo en el cubo. Si un usuario desea entonces agregar un eje que salga del cubo, podría agregar un boceto en la cara deseada, dibujar un círculo y después su extrusión para crear un eje. También pueden utilizarse los

planos de trabajo para producir los bocetos que se pueden compensar de los planos útiles de la partición. La ventaja de este diseño es que todos los bocetos y las características se pueden corregir más adelante, sin tener que hacer de nuevo la partición entera. Este sistema de modelado es mucho más intuitivo que en ambientes antiguos de modelado, en los que para cambiar dimensiones básicas era necesario generalmente suprimir el archivo entero y comenzar de cero.

Como parte final del proceso, las partes se conectan para hacer ensamblajes. Los ensamblajes pueden consistir en piezas u otros ensamblajes. Las piezas son ensambladas agregando restricciones entre las superficies, bordes, planos, puntos y ejes. Por ejemplo, si se coloca un piñón sobre un eje, una restricción insertada podría agregarse al eje y el piñón haciendo que el centro del eje sea el centro del piñón. La distancia entre la superficie del piñón y del extremo del eje se puede también especificar con la restricción insertada.

Este método de modelado permite la creación de ensamblajes muy grandes y complejos, especialmente porque los sistemas de piezas pueden ser puestos juntos antes de que se ensamblen en el ensamblaje principal; algunos proyectos pueden tener muchos sub-ensamblajes parciales.

Inventor utiliza formatos específicos de archivo para las piezas (.IPT), ensamblajes (.IAM), vista del dibujo (.IDW y .DWG) y presentaciones (.IPN), pero el formato del archivo de AutoCAD .DWG puede ser importado/exportado como boceto.

Las últimas versiones de Inventor incluyen funcionalidades que poseían muchos modeladores 3D de mediano y alto nivel. Utiliza el Gestor de Formas (Shape Manager) como su kernel de modelaje geométrico, el cual pertenece a Autodesk y fue derivado del Kernel de modelaje ACIS. Además incluye, en la versión profesional, las herramientas necesarias para crear piezas de plástico y sus respectivos moldes de inyección. Cuenta también con análisis de tensiones por elementos finitos y análisis dinámicos. Creación y análisis de estructuras, piping y cableado, y las tecnologías iPart, iAssembly, iMates, iCopy, iLogic hacen que el diseño sea más rápido y eficiente. Su combinación con Autodesk Vault y Autodesk 360 la hacen líder en el mercado de diseño mecánico.

Para el diseño de la grada de discos del proyecto se ha utilizado la versión 2013 professional, tanto en su entorno de modelado, como de ensamblaje, explosionado y análisis de tensiones. Esta versión cuenta además con módulos como el de tubería mecánica rígida y flexible (Routed System Suite), módulo para cableado y arneses eléctricos (Routed System Suite), módulo de análisis de elementos finitos FEA, ANSYS (Simulation Suite), módulo de análisis cinemático (Simulation Suite), módulo para generación de moldes de inyección (Tooling Suite), etc.

5.1.1 Utilización del programa

Autodesk Inventor ofrece cuatro entornos principales de trabajo, cada uno de ellos para diferente fin. Se establece un orden de trabajo pasando por cada uno de ellos, de forma que el primer paso es el modelado paramétrico de las piezas, el segundo el ensamblado paramétrico de las mismas, el tercero la creación de una presentación y dibujos de explosión, y el cuarto la generación de planos de fabricación en 2D.

Autodesk Inventor, a pesar de ser creado por Autodesk, funciona de manera independiente a AutoCAD, lo que mejora el rendimiento gráfico y la funcionalidad, pero sigue siendo compatible con archivos DWG y demás productos de Autodesk. Inventor cuenta con sus propios formatos de archivos, que son los reflejados en la figura 5.2.

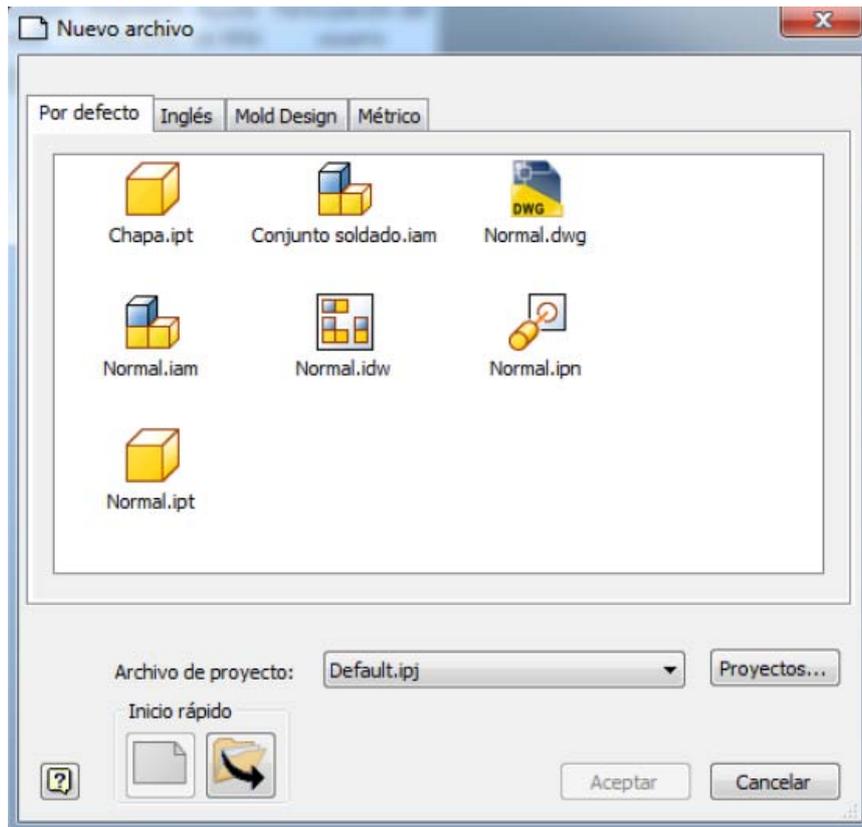


Figura 5.2: Formatos de Autodesk Inventor.

Definiendo cada uno de ellos:

- (.ipt) Inventor Part. Formato en el que se graban todos los archivos de partes independientes de un conjunto, (figura 5.3).

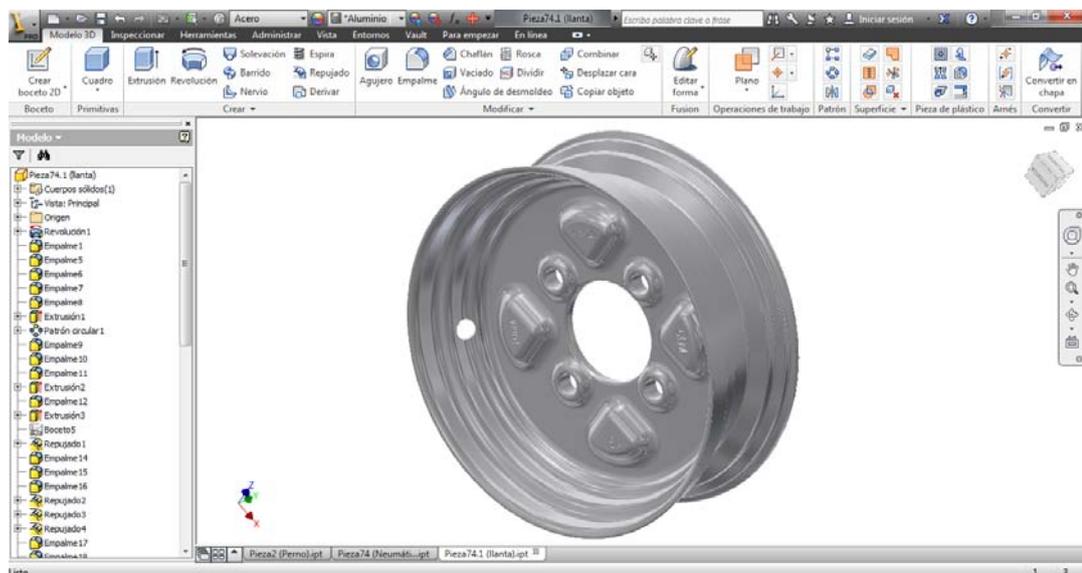


Figura 5.3: Archivo .ipt (llanta grada de discos).

- (.iam) Inventor Assembly. Formato en el que se graban todos los archivos de ensamblajes y montajes de piezas (figura 5.4).

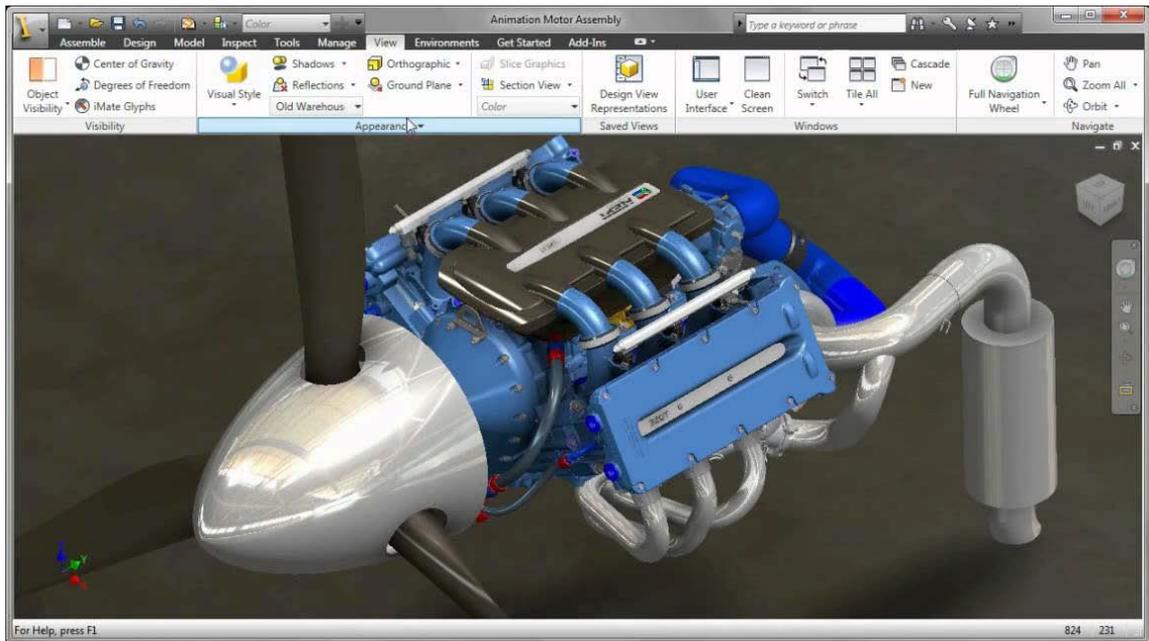


Figura 5.4: Archivo .iam (motor y hélice de avioneta)

- (.ipn) Inventor Presentation. Formato en el que se graban todas las presentaciones, despieces o explosiones de ensamblaje (figura 5.5).

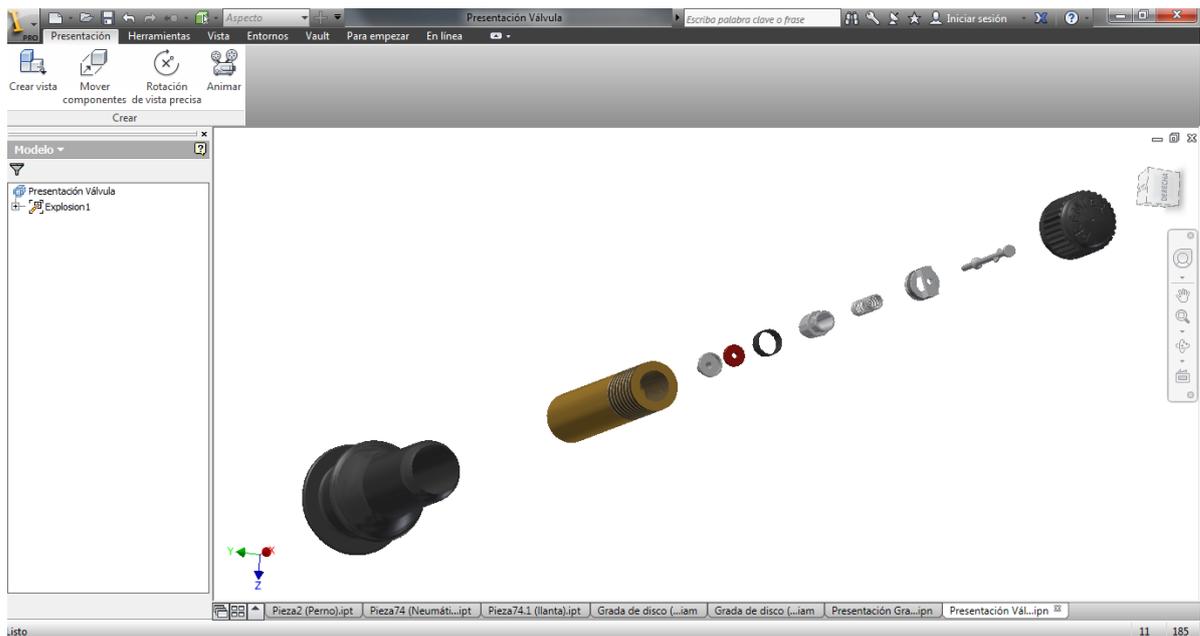


Figura 5.5: Archivo .ipn (válvula ruedas grada de discos)

- (.idw) Inventor Drawing. Formato en el que se graban los planos realizados en 2D a través de Inventor. Estos planos pueden ser guardados directamente en formato .dwg o exportados a .dwg y .dxf, (figura 5.6).

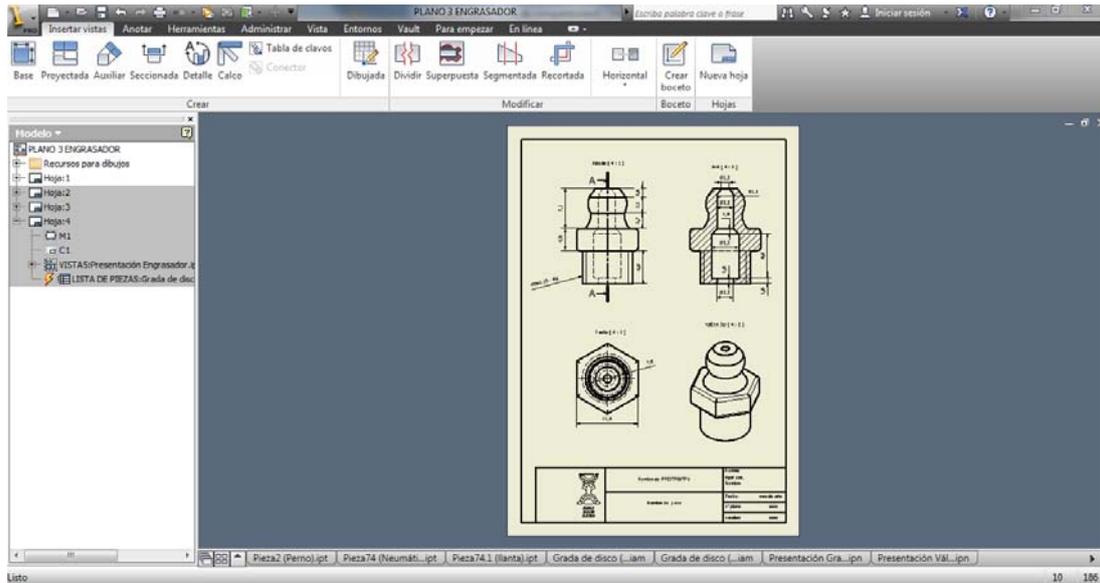


Figura 5.6: Archivo .idw (plano engrasador grada de discos).

Inventor está enfocado en el trabajo profesional y estandarizado, por lo que posee funciones que ayudan a la planificación del trabajo y la información antes de hacer el primer trazo. Surge así el concepto de Projects o Proyectos de Diseño, los cuales son utilizados por Autodesk Inventor para representar de una forma lógica el agrupamiento de todos los archivos y carpetas que están contenidos en el proyecto de trabajo en curso.

El proyecto organiza los datos manteniendo la información de acuerdo al lugar donde se encuentren almacenados los datos de diseño, y en el cual pueden ser editados los modelos y dibujos, conservando vigente las ligas y parametría entre los diferentes archivos. Los proyectos ayudan a trabajar en equipo sobre un mismo modelo, a la utilización de librerías de piezas estándar y facilitan la organización de la información.

Los proyectos pueden ser de un solo usuario exclusivo o de varios que comparten diferentes archivos.

Para hacer un proyecto primero se debe definir por medio del Explorador de Windows la estructura de carpetas y determinar cuál será la carpeta principal del proyecto a crear.

En segundo lugar, en la ventana Open se presiona el botón inferior NEW y se procede a determinar si es de un solo usuario o compartido, para pasar a escribir el nombre del proyecto y la ubicación del mismo en la carpeta que se haya definido como predeterminada. Inventor automáticamente creará un archivo .ipj (Inventor Project) en la ruta definida. El archivo proyecto .ipj contendrá toda la información de organización, liga y ubicación de los datos de diseño, por lo que nunca debe moverse, renombrarse o borrarse el archivo .ipj si no se desea eliminar el proyecto.

En Autodesk Inventor también podemos encontrar los plantillas o plantillas de trabajo que se utilizan para definir las preferencias de diseño de cada empresa o usuario. En el Plantilla se pueden definir varias características del sistema para que sean configurados una sola vez y se puedan utilizar siempre que se requieran.

Los Plantillas pueden depender del tipo de archivo que se quiera configurar, podemos elaborar plantillas para archivos de partes, ensamblajes, presentaciones y para planos de fabricación; según el caso podemos configurar el sistema de unidades para modelar, tipo de unidades para acotar, estilos de texto, cotas, tablas y notas, tipos de soldaduras, preferencias de modelado, pies de plano y marcos, entre muchas otras características que pueden ser pre-configuradas para ayudar al usuario en su estandarización y precisión.

5.1.2 Diseño de piezas

Autodesk Inventor permite la creación de piezas de gran complejidad, ensamblajes de más de 1000 componentes, despieces de esos ensamblajes y una generación automática de vistas para los planos de fabricación. Todo esto con gran versatilidad y facilidad, siempre que se sigan los pasos de los ciclos de diseño establecidos.

Inventor permite generar cualquier tipo de geometría 3D basada en un sólido, así como la posibilidad de crear superficies paramétricas de tipo G1 y G2; también permite combinar sólidos y superficies para generar geometrías híbridas.

El gran poder de modelado que ofrece Inventor se debe a su núcleo generador de sólidos, Autodesk Shape Manager, que fue creado por Autodesk incorporando un cúmulo de tecnología gráfica que permiten crear geometrías de alta complejidad, con pocas y sencillas operaciones.

Inventor permite a su vez modelar piezas de lámina, gracias a su módulo de Sheet metal, que después de crear piezas, da la posibilidad de generar el blank o desarrollo con gran precisión.

En cuanto al proceso de diseño de una pieza en Autodesk Inventor, destacan los siguientes pasos:

- **Sketch o plano:** En este paso se define el que va a ser el plano coordenado para trazar el boceto de la futura pieza. (Figura 5.7).

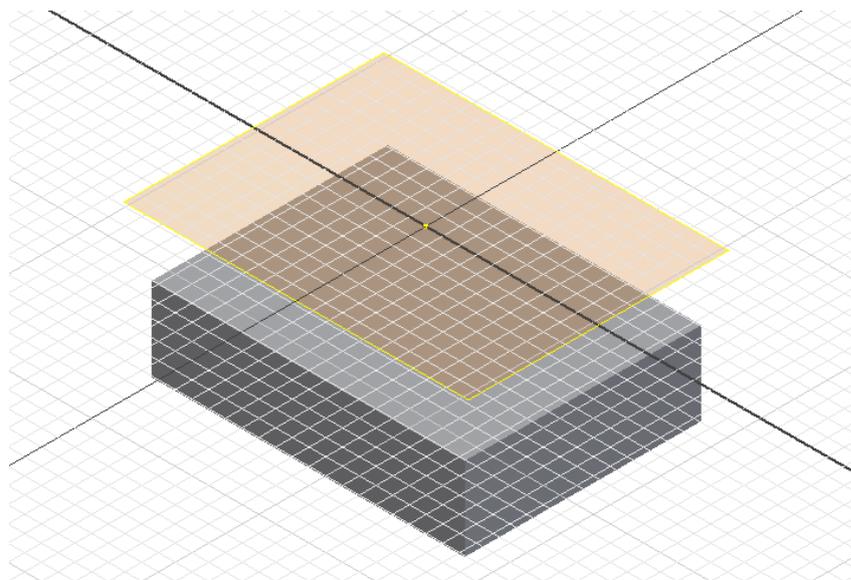


Figura 5.7: Plano coordenado de Autodesk Inventor.

- **Profile o boceto:** Se trata del trazo del boceto principal a partir del que se comenzará a modelar la pieza. Normalmente este boceno no contiene muchos detalles ni medidas acotadas, ya que pueden definirse posteriormente. (Figura 5.8).

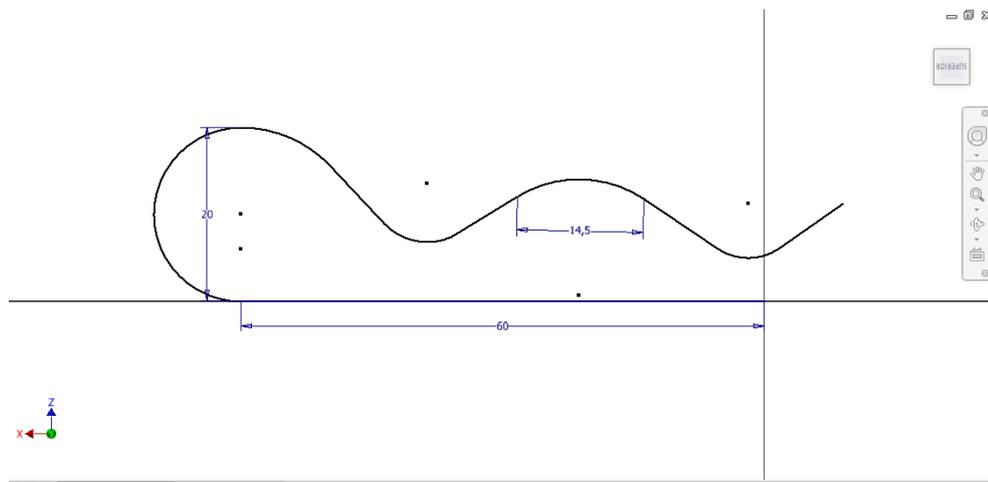


Figura 5.8: Boceto de uno de los clips de la grada de discos.

- **Constraints o restricciones:** Son las restricciones geométricas que permiten definir la geometría del perfil antes de dimensionarlo. Hay diversos tipos de restricciones, como son las restricciones de coincidencia, concéntrica, de tangencia, etc. (Figura 5.9).



Figura 5.9: Restricciones de Autodesk Inventor.

- **Dimensiones:** Se trata de restricciones paramétricas dimensionales de los segmentos del perfil en los que se incluye la acotación de la pieza. (Figura 5.10).

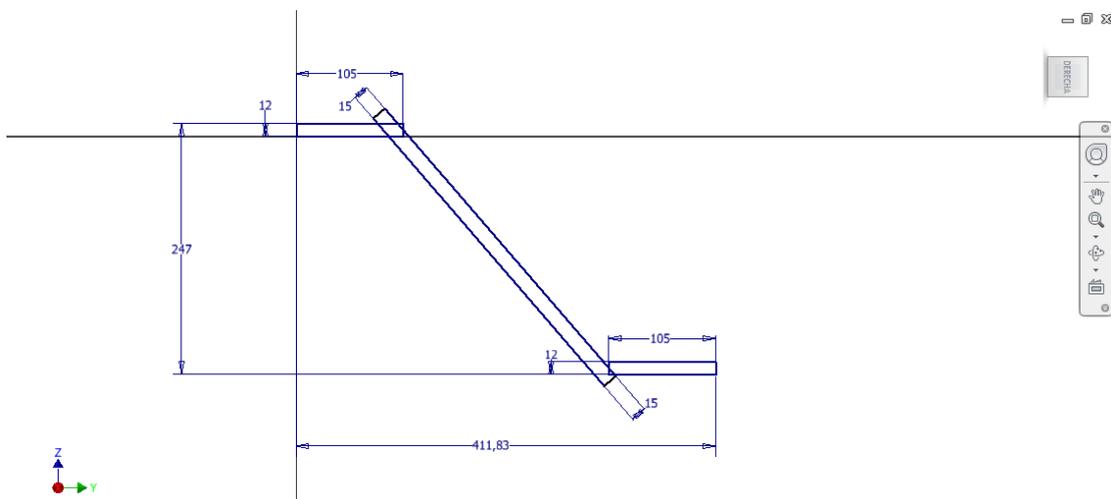


Figura 5.10: Boceto bieleta grada de discos con restricciones dimensionales.

- **Extrusión:** En este paso se crea la geometría en 3 dimensiones, a partir de los perfiles antes definidos por medio de operaciones como extrusión, revolución, etc. (Figura 5.11).



Figura 5.11: Extrusión y revolución del boceto de la bieleta anterior

- **Extrusiones complementarias:** Son las operaciones 3D complementarias que permiten realizar detalles más complejos en la pieza ya extruida, como son las perforaciones etc. (Figura 5.12).

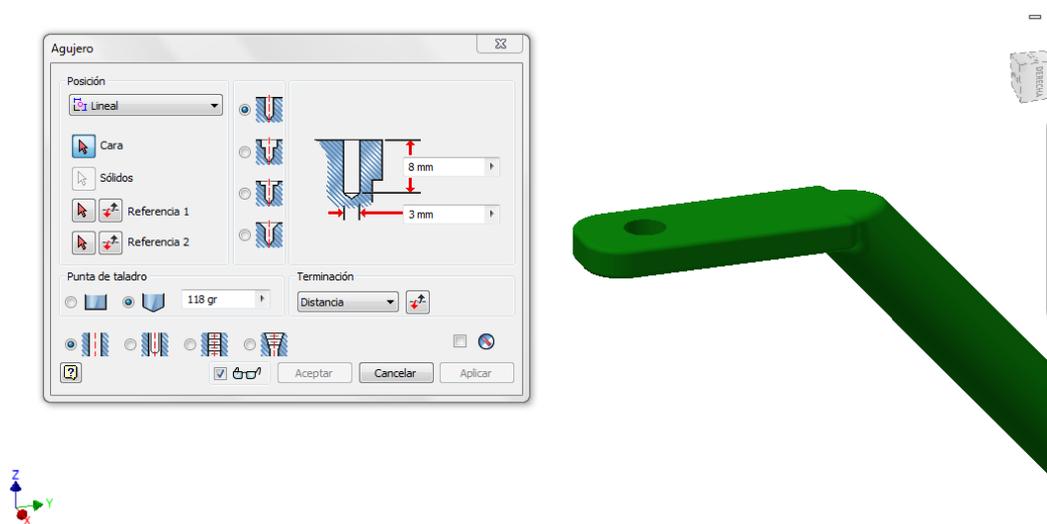


Figura 5.12: Extrusionado de agujeros.

- **Modificaciones de piezas:** Se trata del conjunto de operaciones adicionales a la extrusión que permiten lograr geometrías más complejas, como son los empalmes, achaflanados, avellanados, etc. (Figura 5.13).

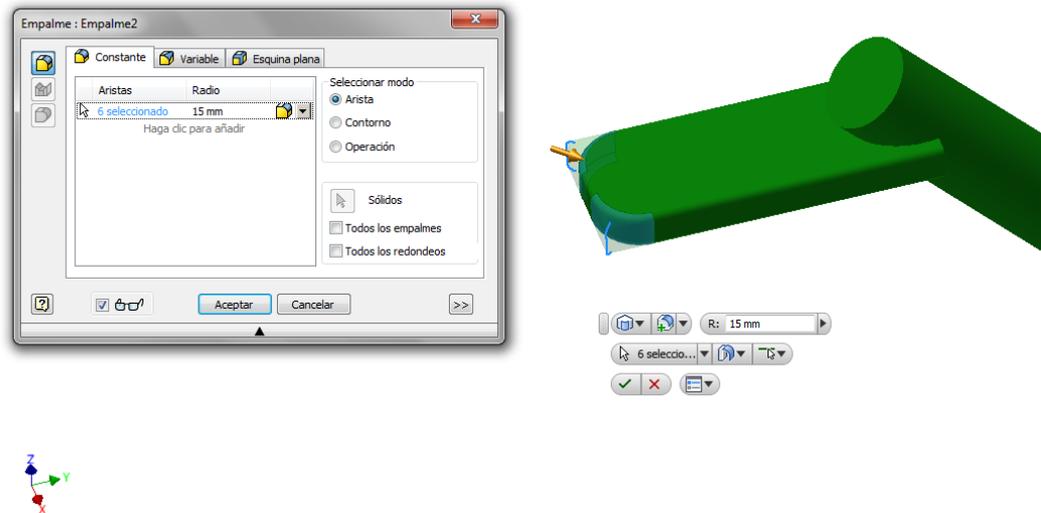


Figura 5.13: Extrusionado de aristas con empalme.

5.1.3 Diseño de mecanismos

Para el diseño de mecanismos en Inventor, se realizan casi siempre los mismos pasos, hasta tener como resultado los planos del mecanismo, el explosionado, o lo que se pretenda conseguir con ayuda del programa. Los pasos pueden resumirse en los siguientes:

- **Modelado de piezas:** Se crean uno o varios sólidos o superficies que se combinarán entre sí para generar un modelo independiente. Estas piezas o sólidos son generados en formato .ipt. (Figura 5.14).

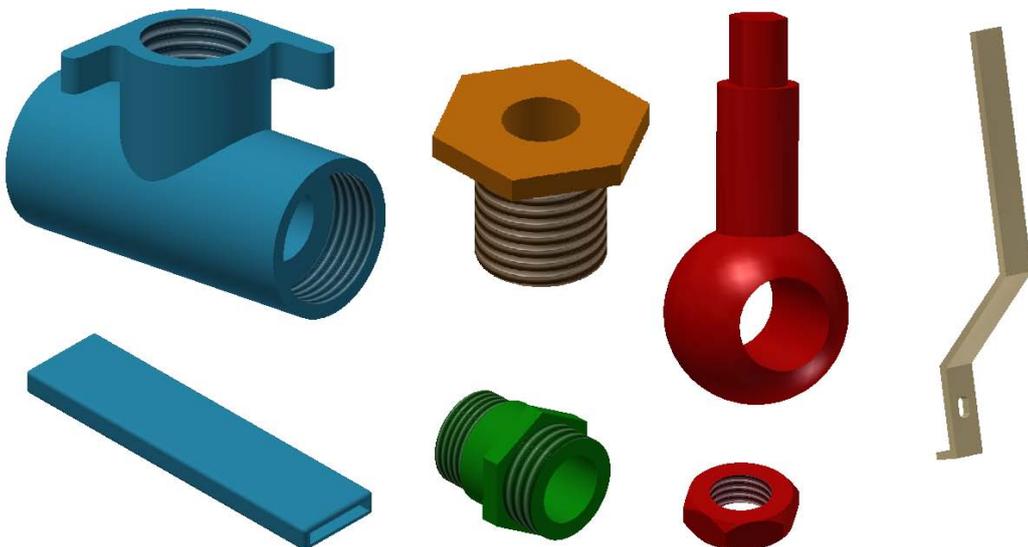


Figura 5.14: Sólidos generados en Inventor.

- **Ensamblado:** El ensamblado paramétrico de partes se realiza en formato .iam, y tiene como objetivo realizar un montaje o ensamblaje con las piezas creadas en Inventor, permitiendo analizar la visualización del modelo, aparato o mecanismo completo en cuestión, y comprobar que no existen interferencias de materiales. (Figura 5.15).

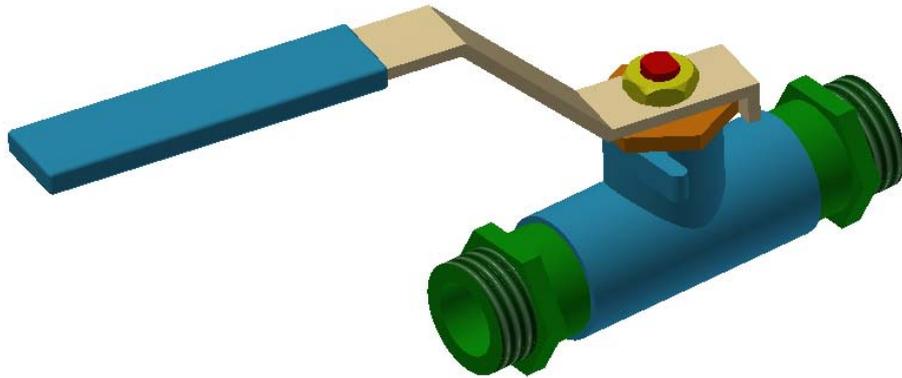


Figura 5.15: Ensamblaje en Inventor.

- **Explosionado:** El archivo en el que se presenta el explosionado de ensambles tiene formato .ipn. A partir de un ensamble se puede generar una vista de explosión de manera automática o manual, así como animarla, verificar colisiones y comprobar parte del funcionamiento cinemático del ensamble. (Figura 5.16).

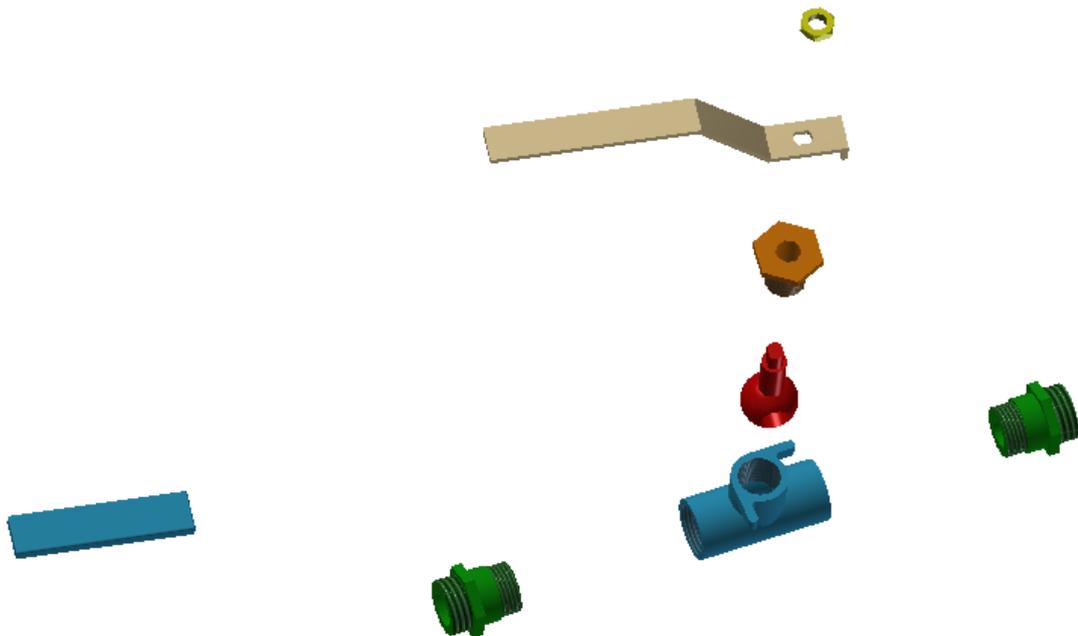


Figura 5.16: Explosionado en Inventor.

- **Generación de planos de fabricación:** A partir de un modelo de pieza o de un mecanismo ensamblado se pueden generar automáticamente o manualmente las vistas de dibujo, pudiéndose acotar, colocar notas, textos, tablas y listas de materiales con las herramientas del programa. (Figura 5.17).

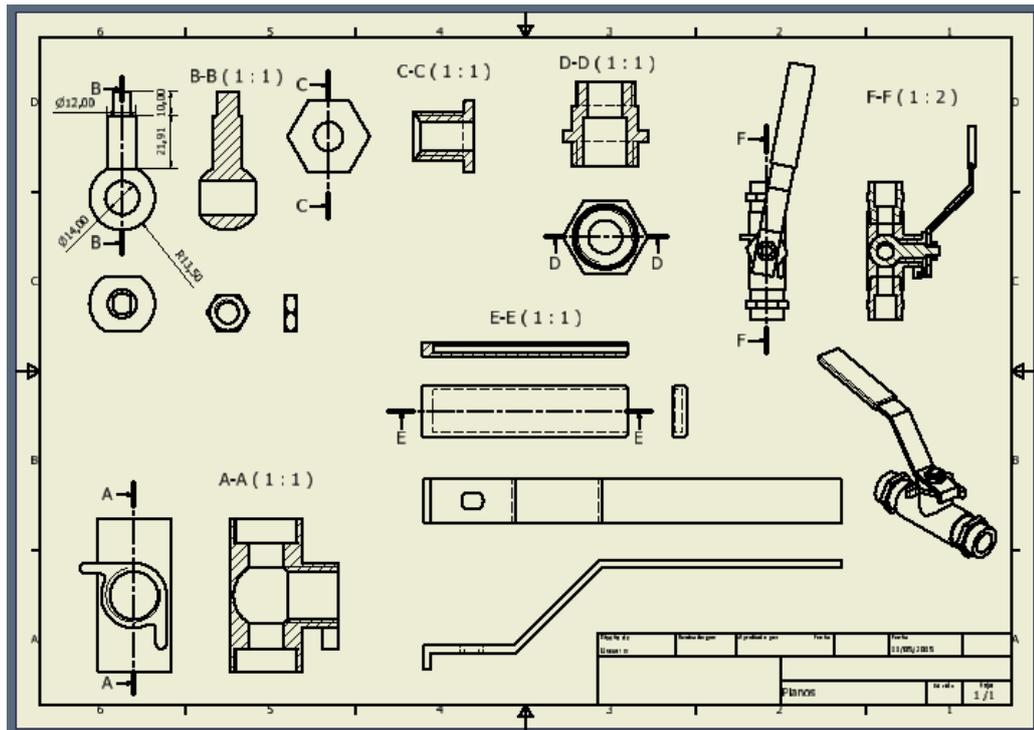


Figura 5.17: Plano en Inventor.

5.2 Diseño paramétrico de la grada de discos

Se puede observar el archivo de ensamblaje (.iam) del diseño paramétrico de la grada de discos en la figura 5.18.

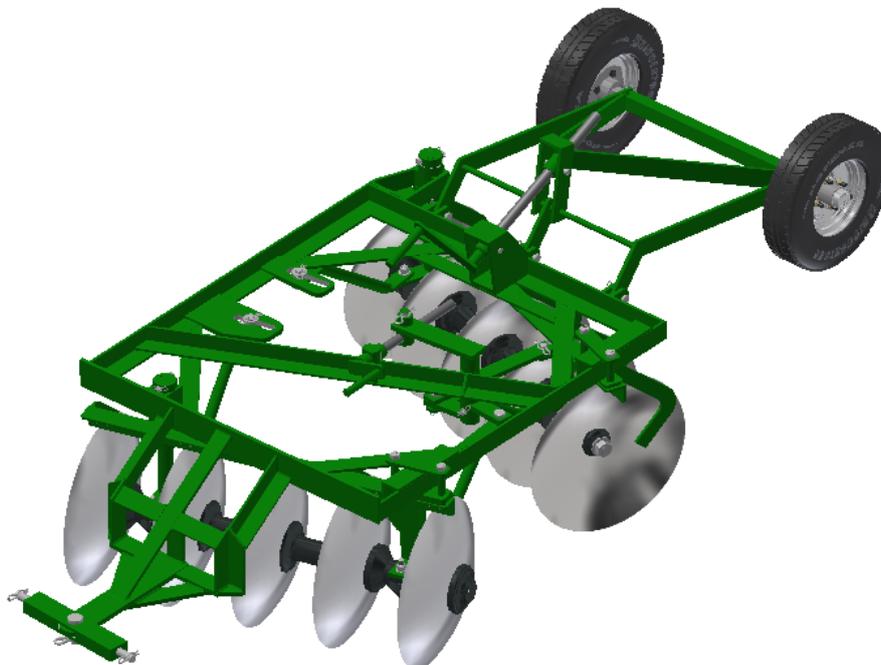


Figura 5.18: Archivo de ensamblaje de la grada de discos.

Se pretende conocer en este apartado el procedimiento seguido para el diseño paramétrico de la grada de discos del proyecto haciendo hincapié en ciertos aspectos de interés.

De forma general, el procedimiento seguido es similar al descrito en el apartado anterior; lo primero que se realizó fue una toma de datos, reflejando las dimensiones y ligaciones de cada una de las piezas de la grada. Se obtuvo por tanto un conjunto de gráficos o planos diseñados a mano en papel, en los que se reflejaba cada una de las piezas con aspectos importantes de las mismas, como son sus dimensiones, las ligaciones entre distintas piezas, el material, y ciertas correcciones respecto a la grada de discos real para conseguir un producto con mejor acabado y mayor funcionalidad, etc. Estas correcciones no fueron más allá de la leve recolocación de ciertos elementos, como el caso de las escuadras que refuerzan la estructura, que en la grada de discos real no estaban del todo bien colocadas, el centrado de ciertos pasadores, el ajuste entre uniones de vigas, etc. Todo ello para conseguir un producto que posibilitaría su producción para la venta al público.

Tras la toma de datos, se realizó el modelado de cada una de las 193 piezas diferentes que componen la grada, en total existen más del doble de piezas debido a repeticiones. El modelado se realizó como es lógico en formato .ipt, y fue necesario la utilización de diversas herramientas que ofrece el programa para la creación de piezas, pues existen algunas con cierta complejidad.

A continuación, una vez hechas todas las piezas, se procedió al ensamble de las mismas, para ello se realizaron diferentes partes o ensamblajes que después se ensamblarían a su vez en uno solo mayor, es decir, se realizaron ensamblajes de los ejes, de las estructuras de los mismos, de la estructura principal, etc., y tras esto un ensamblaje total de cada uno de los ensamblajes más pequeños. Con ello se obtuvo el conjunto de la grada de discos completa en el que se impusieron diferentes restricciones de movilidad, para simular el movimiento real de las partes móviles como son el sistema de elevación, el de modificación del ángulo ente ejes, o el propio sistema de enganche al tractor.

Una vez realizado los ensamblajes, se pasó a la realización de los explosionados y presentaciones de los mismos. Se realizaron explosionados tanto de la grada de discos completa, como de cada uno de los sub-ensamblajes de la misma, además de una animación de cada uno en el que se ilustra el procedimiento de montaje de la grada de discos y demás partes.

A continuación, se realizaron los planos de todas las piezas, así como planos de despiece, en los que se reflejan cada pieza del conjunto con su referencia indicada en la lista correspondiente. Para los planos se utilizó el cajetín proporcionado por la Escuela de Ingenierías Industriales de Badajoz, y se tuvieron en cuenta los criterios de normalización para el dibujo técnico.

Por último se realizaron diferentes videos en el entorno que Autodesk Inventor ofrece para ello, Inventor Studio, en los que se ilustran el movimiento de las diferentes partes móviles, además de la presentación del montaje de la grada de discos completa, con lo que se obtuvieron diferentes archivos de video de Windows Media, mucho más versátiles a la hora de mostrar el diseño paramétrico de la grada, puesto que estos archivos son legibles por la mayoría de ordenadores del mercado.

5.2.1 Toma de datos

La grada de discos se diseñó y construyó de forma artesanal por lo que no cuenta con planos o documentos que muestren datos sobre la misma y sobre sus componentes. Por ello, resultó necesario la realización de una toma de datos.

Para la toma de datos, se utilizó un calibre o pié de rey con un nonio de apreciación 0,02 mm, una regla, un metro y lápiz y papel para reflejar en ellos los datos obtenidos.

Se realizaron agrupaciones de piezas del conjunto de la grada de discos total para la identificación más sencilla de las mismas, es decir, se consideró un grupo de piezas el eje delantero, otro grupo el eje trasero, la estructura del eje delantero, la estructura del eje trasero, la estructura principal de la grada, la estructura de las ruedas, las propias ruedas, los sistemas de manivela, etc. Se representaron estos grupos, asignando una numeración a cada pieza dentro de cada grupo, de forma que por ejemplo la pieza 77 es inconfundiblemente el eje de giro de una de las estructuras que soportan los grupos de discos. Quedaron así identificadas todas las piezas.

A continuación se realizaron las representaciones en planta, alzado y perfil de cada pieza, indicando las cotas en cm, las ligaciones con otras piezas, es decir en qué punto geométrico se unía con otra pieza y de qué forma, puesto que las partes soldadas de la estructura se separaron en piezas independientes que después se unirían mediante la simulación de soldaduras que permite realizar inventor, el material, algún comentario de interés, etc.

Se tenían así una colección de representaciones que ayudarían al modelado de las piezas en Inventor.

5.2.2 Modelado de piezas

Se llevó a cabo el procedimiento descrito anteriormente para modelización de las piezas. Es de destacar que todas y cada una de las piezas han sido diseñadas y modeladas individualmente, no existiendo por tanto ninguna prediseñada o pre-modelada que se haya adquirido en internet o por otras fuentes.

Debido al número de piezas existentes, no resulta de interés el desarrollo y explicación del proceso seguido para el modelado de cada una de ellas, por lo que la explicación se centrará en las piezas que tienen mayor interés debido a su complejidad, o a la necesidad de la utilización de herramientas más peculiares que ofrece Autodesk Inventor.

Destacan por tanto las siguientes piezas:

- **Enganche:** Se puede observar el enganche en la figura 5.19.

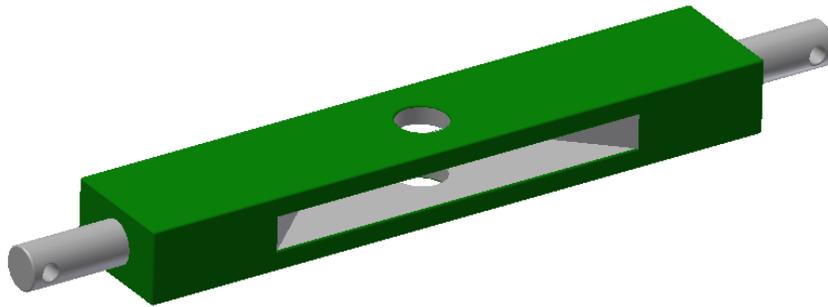


Figura 5.19: Modelado del enganche.

Se trata de una pieza sencilla en la que se han realizado operaciones básicas como son el extrusionado tanto positivo como negativo. Existen multitud de formas de realizar una misma pieza; el procedimiento seguido en este caso ha comenzado con el diseño de un boceto en forma de rectángulo con las medidas apropiadas, que posteriormente se ha extrusionado tal como se muestra en la figura 5.20.

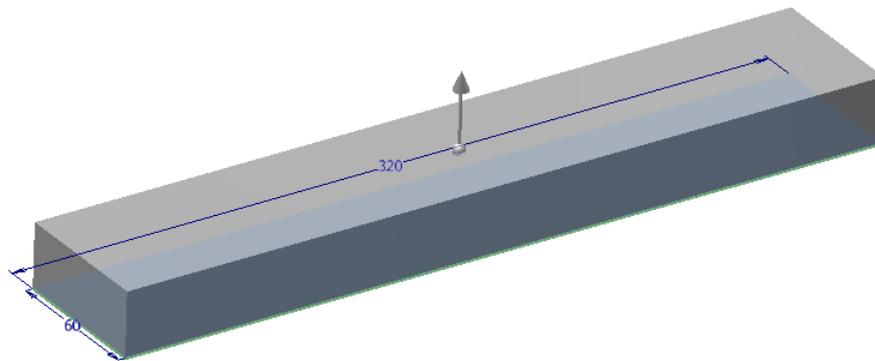


Figura 5.20: Primera extrusión del enganche.

Tras esto se ha creado un nuevo boceto en la cara superior del sólido anterior, diseñando la forma del hueco que en el enganche debe tener en su interior para permitir el movimiento lateral de la barra principal de la grada, y extrusionando el mismo negativamente para quitar el material sobrante, (Figura 5.21).

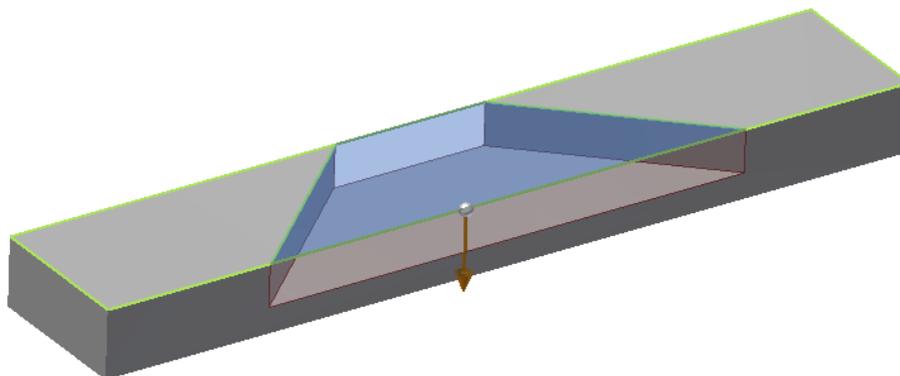
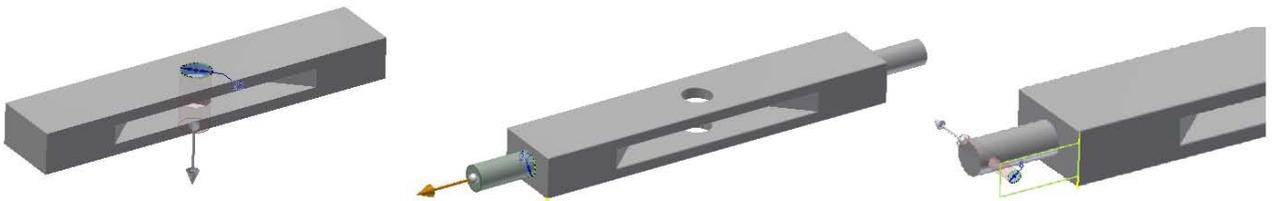
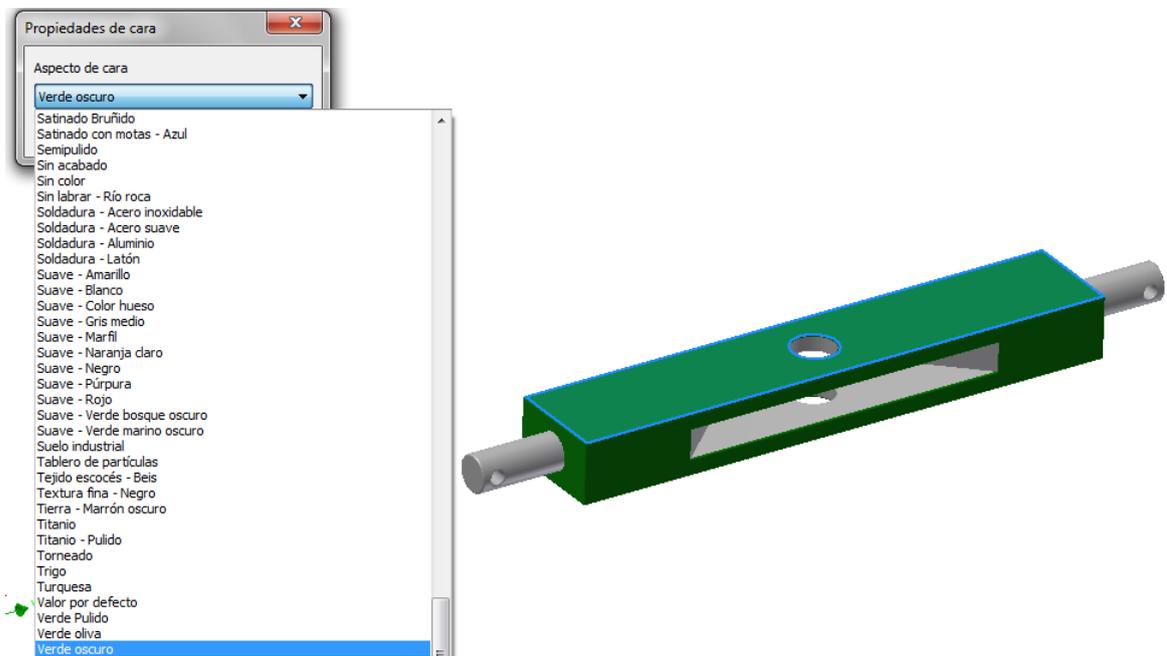


Figura 5.21: Extrusión del hueco interior del enganche.

A continuación, siguiendo el mismo procedimiento de creación de boceto y extrusionados básicos, se ha realizado una pequeña extrusión con las dimensiones del rectángulo del primer paso, para terminar así el cuerpo principal del enganche. Tras esto, se ha diseñado la perforación central, y se ha realizado una extrusión quitando material de forma que atravesara todo el cuerpo del enganche realizado hasta ese momento. Después, se han realizado dos bocetos similares en ambos laterales del sólido, de forma cilíndrica, para extrusionarlos y conseguir así los pernos donde se fijaran los brazos de enganche del tractor. En estos pernos, se han practicado dos orificios con la ayuda de un plano de trabajo paralelo a una de las caras del cuerpo hasta ahora creado, que permite la creación sobre el del boceto que posteriormente se extrusiona. En estos orificios se introducirán los clips que evitan que puedan salirse los brazos del hidráulico del tractor. (Figura 5.22).

**Figura 5.22:** Diferentes pasos del modelado del enganche.

Por último, se han practicado empalmes en todas las aristas para conseguir un acabado más real y perfeccionado, se ha asignado un material al modelo, y se han asignado colores a las superficies, para dar un aspecto semejante al de la grada de discos real. (Figura 5.23).

**Figura 5.23:** Aplicación de color a las caras de un modelo.

- **Engrasador:** Se puede observar el cuerpo del engrasador en la figura 5.24:



Figura 5.24: Cuerpo del engrasador.

El engrasador es una pieza algo más compleja que la anterior y que por tanto requiere de varias operaciones que ofrece Inventor. Como base se realizó un boceto que tras su extrusión generaría un cilindro, este cilindro, que se puede observar en la figura 5.25, es la parte donde se practicará una rosca, y que se introducirá en el elemento que se pretende engrasar.

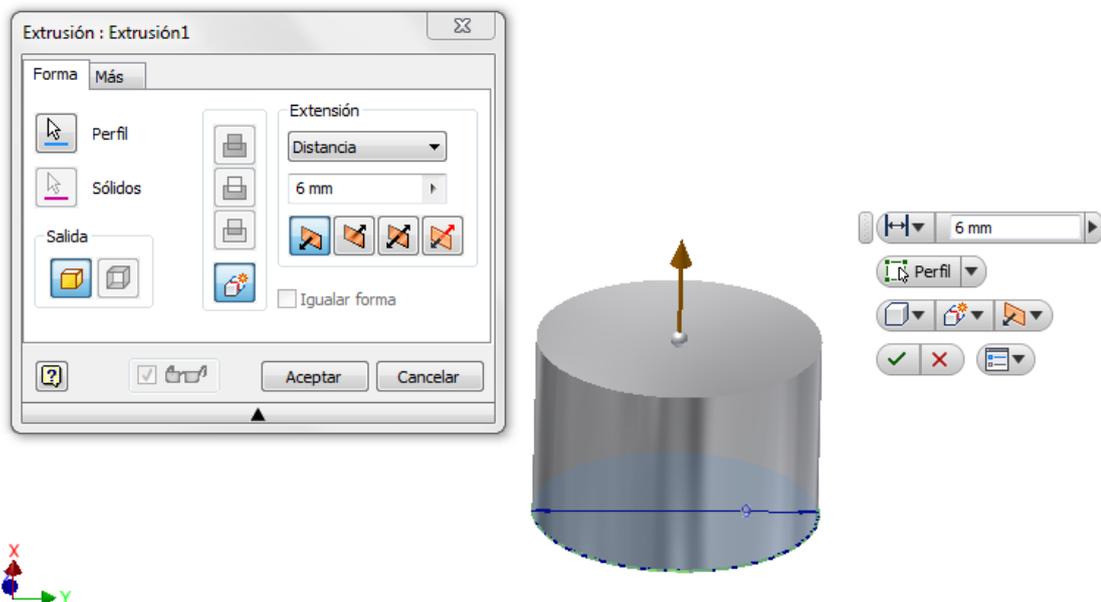


Figura 5.25: Primera extrusión del engrasador.

Una vez extrusionado el cilindro, sobre este se creó un boceto, utilizando la herramienta polígono que ofrece Inventor, que permite generar polígonos de los lados indicados, en este caso de 6 lados, para después ser extrusionado y conseguir la forma adecuada para el posterior uso de una herramienta para el apriete y afloje del engrasador. En un plano perpendicular a los utilizados hasta ahora para generar los bocetos, se diseñó el boceto que se observa a la derecha de la figura 5.26, que después se revolucionaría respecto al eje

central que atraviesa todo el engrasador, consiguiendo la forma final deseada. En la figura 5.26 se observan todos estos pasos.

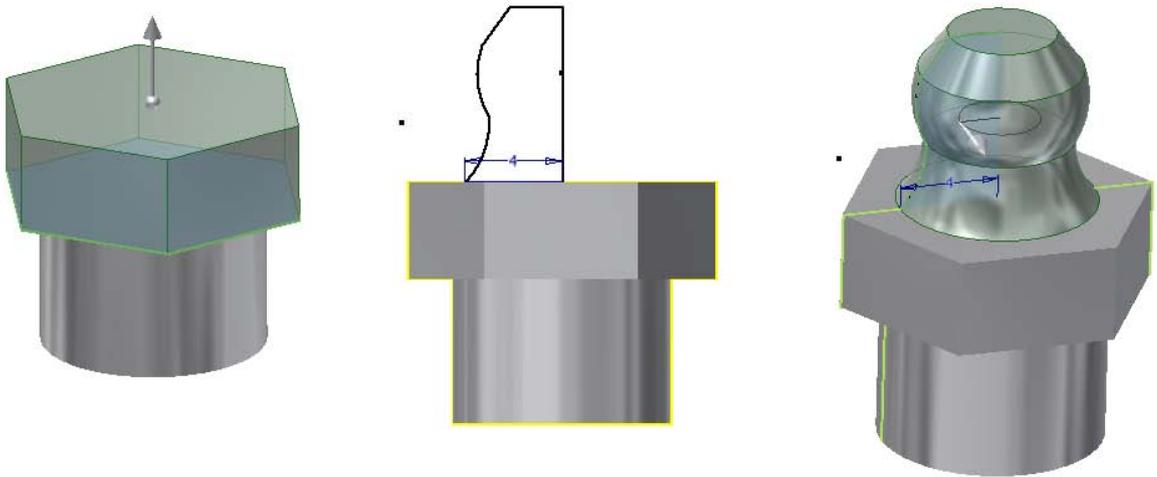


Figura 5.26: Diferentes pasos del modelado del engrasador.

Una vez conseguida esta geometría, era necesario desarrollar la parte interna del engrasador, que debía albergar tanto la bola como el muelle, es decir, permitir un perfecto asentamiento de la bola en su parte superior para evitar la salida de grasa, y a su vez mantener firme el muelle que empuja la bola contra el cuerpo del engrasador. Para ello en primer lugar se realizó una extrusión en forma cilíndrica quitando material en todo lo largo del cuerpo del engrasador. Este cilindro debía tener las dimensiones que después se pretendían para el agujero por donde entra la grasa, y que sería tapado por la bola interior. Tras ello, se diseñó un boceto en un plano de nuevo perpendicular al inicial y en una sección que dividía en dos al cuerpo del engrasador, de forma que tras revolucionarlo quitando material, quedaba una forma interna que acogería perfectamente a la bola. Después, se realizó el mismo procedimiento para abrir una oquedad mayor que albergaría al muelle, pues este es de forma cónica, teniendo en cuenta el detalle de dejar una cierta espesura en la parte inferior, para evitar la salida del muelle y permitir que este sujete a la bola permanentemente. Esta espesura inferior, cuenta con el hueco necesario para permitir el paso de la bola hacia el interior, pero no la del muelle, por lo que el muelle debe introducirse "roscándose", hasta quedar en su posición correcta. Todos estos pasos pueden observarse en la figura 5.27.

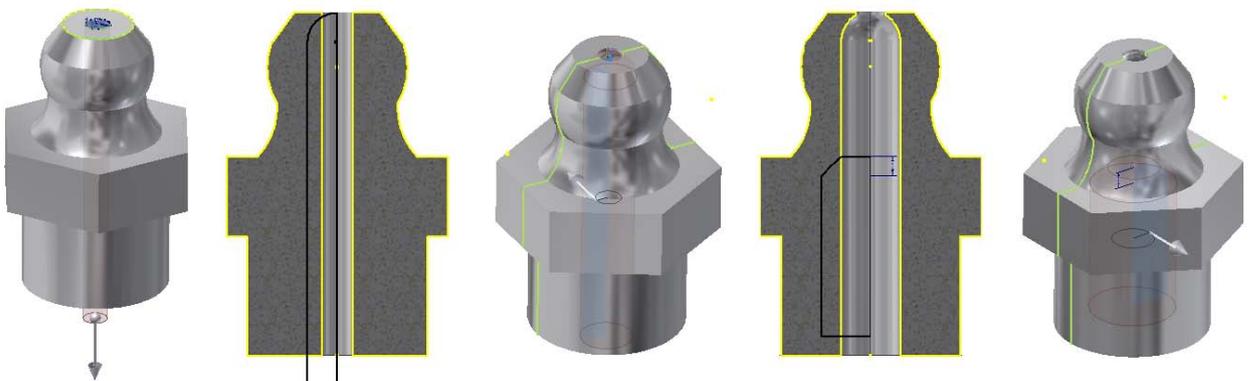


Figura 5.27: Diferentes pasos del modelado del engrasador.

Por último se realizó la rosca en la parte cilíndrica destinada para ello, con la herramienta Rosca que ofrece Inventor, que si bien no genera una rosca como tal, plasma una imagen sobre la superficie seleccionada, dando un aspecto de rosca, y requiriendo de mucha menos capacidad y memoria por parte del ordenador, consiguiéndose un resultado aceptable, como se observa en la figura 5.28. Tras esto solo quedaban algunos detalles como la realización de algunos empalmes, para evitar aristas vivas, y la selección del material, que le daría el aspecto que se observa en la figura 5.24.

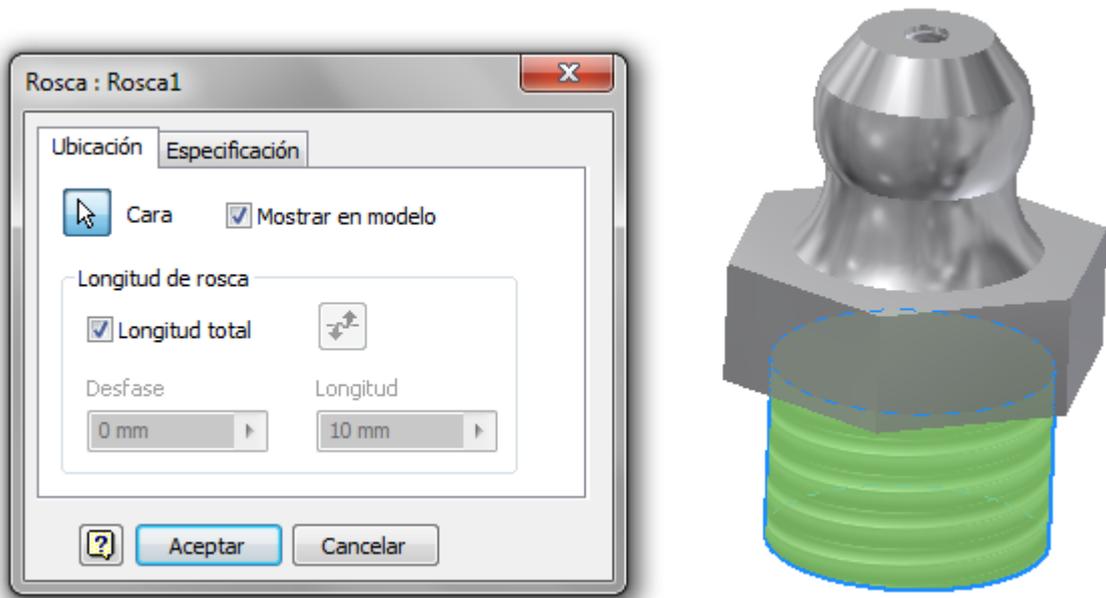


Figura 5.28: Realización de rosca en Inventor.

- **Muelle del engrasador:** Se puede observar el muelle del engrasador en la figura 5.29:



Figura 5.29: Muelle del engrasador.

El resorte o muelle del engrasador, está realizado mediante el comando espira que ofrece inventor. Este comando precisa de un boceto y de un eje de giro por lo que el primer paso

es realizar un boceto con la sección que se pretende que tenga el muelle, definiendo también el eje de simetría. Realizado este boceto, se aplica el comando espira de Inventor, definiéndose el perfil que se pretende extrusionar, el eje de giro, el sentido de la rotación que tendrá la extrusión, el paso del muelle, y el número de revoluciones. (Figura 5.30).

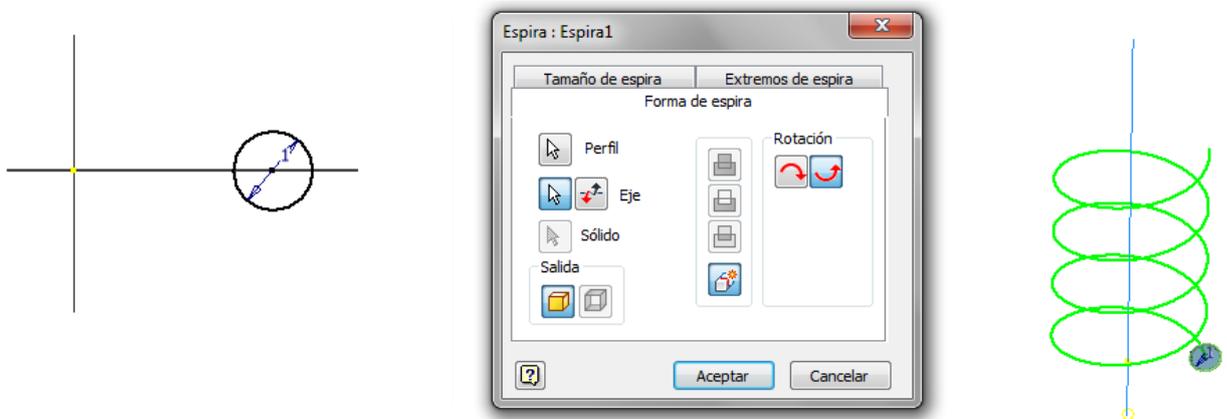


Figura 5.30: Boceto y extrusión para el modelado del muelle.

Debido a que el muelle debe ir disminuyendo su sección para poder encajar correctamente en el cuerpo del engrasador, el siguiente paso era extrusionar de nuevo un boceto similar al anterior, pero en este caso indicando en los parámetros de la espira un ángulo de inclinación determinado, además del paso y el número de revoluciones. Se consigue así un muelle que va disminuyendo su sección conforme asciende en altura. (Figura 5.31).

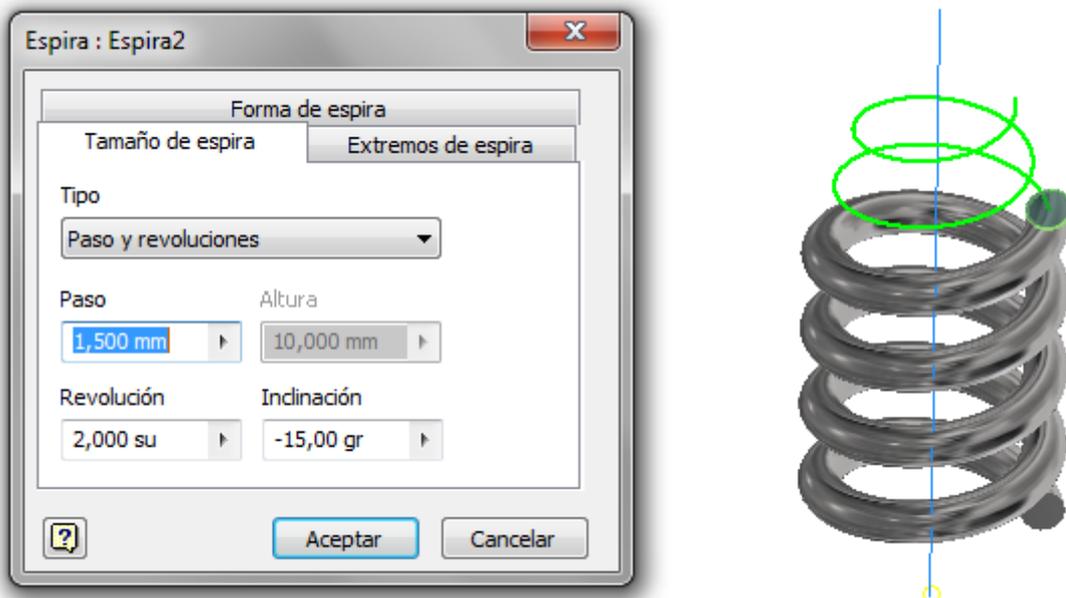


Figura 5.31: Extrusión con ángulo de inclinación.

Tras esto se realizó una última extrusión en espiral siguiendo el mismo proceso, pero en este caso sin ángulo de inclinación y de las dimensiones del interior del cuerpo del engrasador, o lo que es lo mismo, de la bola del engrasador.

Por último, para un correcto asentamiento del muelle en el cuerpo, se realizó una extrusión en la parte inferior (figura 5.32), consiguiendo así una cara plana que asentaba perfectamente. Tras esto se seleccionó el material del resorte, que le da el aspecto que tiene en la figura 5.29.



Figura 5.32: Extrusión para conseguir una cara plana en el muelle.

- **Guía de bieleta:** Se puede observar la guía o soporte de la bieleta en la figura 5.33:

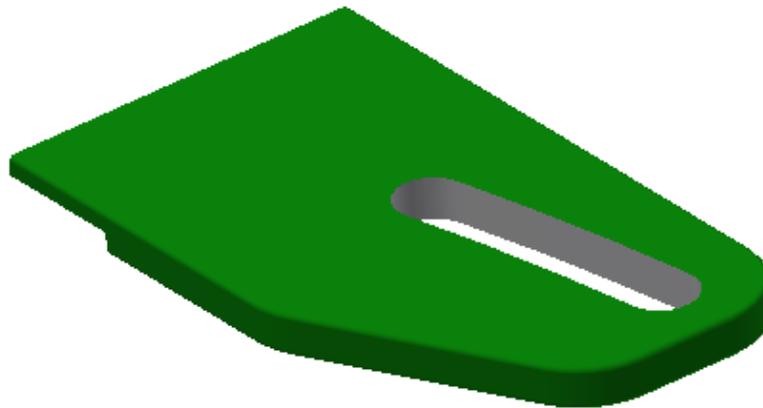


Figura 5.33: Guía o soporte de bieleta.

Este elemento tiene la función de soportar las fuerzas provenientes de la bieleta que evitan que el eje de la estructura que soporta el grupo de discos se estrague. Debido a que debe tener cierta rigidez, va soldado a la estructura principal abrazando al canto del perfil sobre el que se sitúa. Debe permitir el movimiento circular de la bieleta que le transmite el sistema de aumento y disminución del ángulo entre ejes, por lo que posee una ranura circular por la que desliza la bieleta.

En cuanto al diseño paramétrico, el primer paso es el desarrollo del boceto base que después se extrusionará. Resulta necesario el diseño de la ranura con la curvatura correcta, manteniéndose siempre paralelas las caras exteriores. Para ello se determinó el radio de

curvatura de la bieleta experimentalmente, mediante mediciones. Debido a que se pretendía una ranura de 25 mm para albergar un pasador que une esta pieza con la bieleta, se realizaron dos círculos concéntricos distanciándose 12,5 mm para cada lado respecto del radio medido experimentalmente, consiguiendo así los extremos de la ranura a una distancia constante entre ellos. Conseguido esto, solo quedaba cerrar el boceto de la ranura mediante dos semicírculos de 12,5 mm de radio a la distancia adecuada para permitir el movimiento completo de la bieleta en función de la amplitud de movimiento de la estructura de ejes, y recortar las líneas sobrantes de los círculos anteriormente creados. (Figura 5.34).

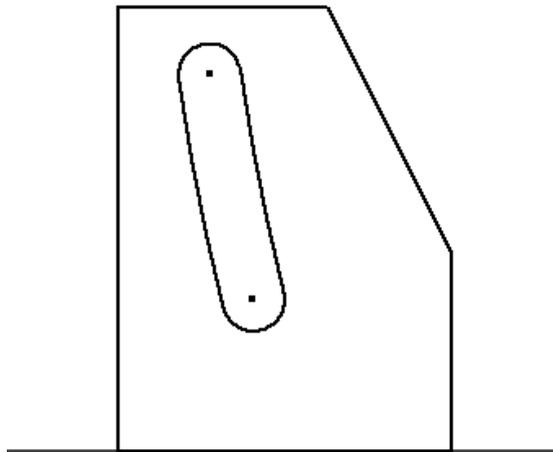


Figura 5.34: Boceto base de la guía de bieleta.

El siguiente paso era lógicamente la extrusión del boceto anterior con el grosor que se pretendía para salvar el canto del perfil sobre el que se apoya más una cierta altura para soldar el soporte al perfil convenientemente. (Figura 5.35).

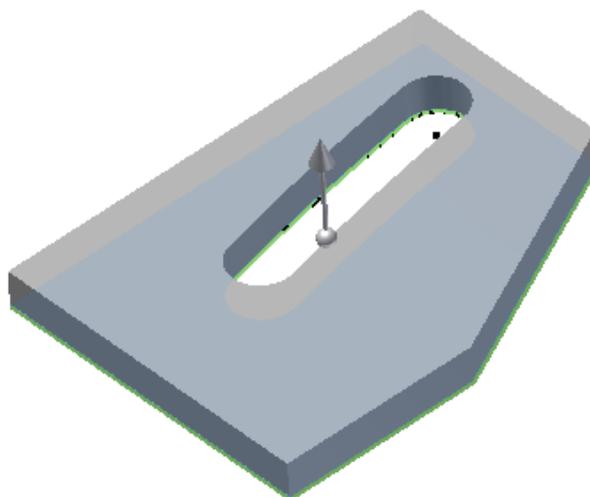


Figura 5.35: Extrusión del boceto base del soporte de la bieleta.

A continuación se diseñó el boceto y se extruyó para dar forma la pletina que abraza el perfil de la estructura principal, consiguiendo así una mayor superficie de contacto y por tanto de superficie soldada, dando una mayor rigidez al soporte. (Figura 5.36).

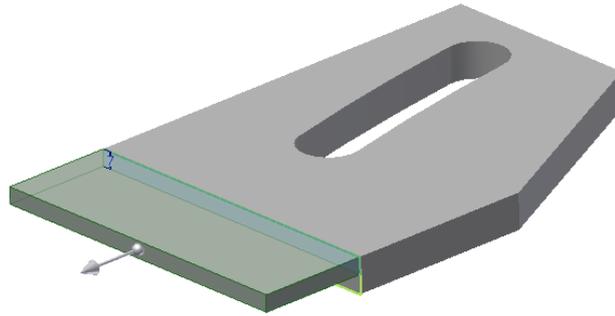


Figura 5.36: Segunda extrusión del modelado del soporte de bieleta

Por último, se utilizó la herramienta empalme de Autodesk Inventor para matar los cantos y esquinas, consiguiendo una forma redondeada como se observa en la figura 5.33, se asignó un material al sólido, y se proporcionó color a las superficies para dar un mejor acabado final.

- **"Codo" del sistema de variación del ángulo entre ejes:** Se puede observar el "codo" del sistema de variación del ángulo entre ejes en la figura 5.37:

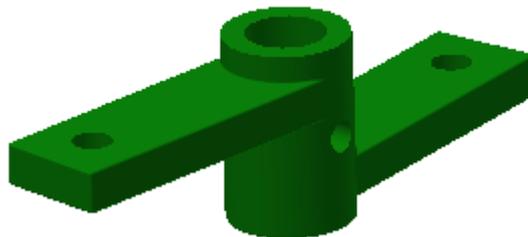


Figura 5.37: "Codo" del sistema de variación del ángulo entre ejes.

Se trata de una pieza clave del sistema de variación del ángulo entre ejes, debido a que permite que los ejes tengan diferentes ángulos de corte respecto a la horizontal, siendo el del eje delantero mayor, ya que este encuentra el terreno más duro y sin trabajar necesitando de un mayor ángulo para poder penetrar en el suelo y realizar la labor, y menor en el eje trasero, ya que este eje se encuentra el terreno trabajado, es decir, menos compactado, precisando por tanto de un menor ángulo para realizar una labor similar. Esto se consigue situando las pletinas del "codo" desfasadas entre sí, como se observa en la figura 5.37.

En cuanto al diseño paramétrico, esta pieza se basa en la creación de un cilindro base mediante extrusión, que posteriormente se ahueca con otra extrusión de un boceto de

diámetro menor, sin llegar a atravesar la pieza completa pues el eje en el que se introducirá no debe atravesarla completamente. Se consigue así el cuerpo principal de la pieza que se introducirá en el eje que le transmite el movimiento. Sobre este cuerpo principal se realiza una perforación a media altura mediante otra extrusión, en este caso quitando material hacia ambos lados. La extrusión se genera gracias a un boceto diseñado sobre un plano que corta a la pieza longitudinalmente y que contiene al eje de la pieza. Esta perforación permitirá introducir el pasador que mantiene unidos el eje con la pieza en cuestión. Se pueden observar estos pasos en la figura 5.38.

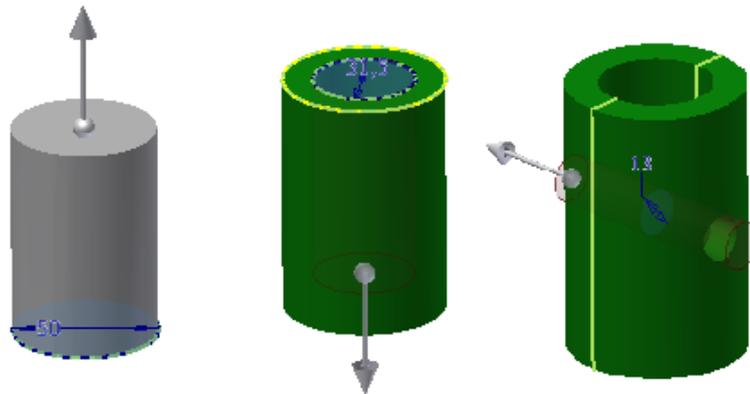


Figura 5.38: Diferentes pasos del modelado del "codo".

Conseguido el cuerpo principal, solo queda el diseño de las pletinas laterales desfasadas entre sí. Para ello se diseñó un boceto en la cara superior de la pieza, con la forma de las pletinas y con el desfase correspondiente, además de incluir ya la perforación de las mismas que unirán la pieza con las bieletas, tal y como se observa en la figura 5.39. Posteriormente se extruyó este boceto de forma que cubría totalmente al cuerpo principal, es decir, con una profundidad de extrusión igual a la altura del cuerpo principal de la pieza. Conseguido esto, solo quedaba situar cada pletina a su altura correspondiente, para lo que se realizaron 4 extrusiones quitando material con la profundidad adecuada para conseguir que las pletinas estuvieran a la altura deseada. Se observan estos pasos en la figura 5.39.

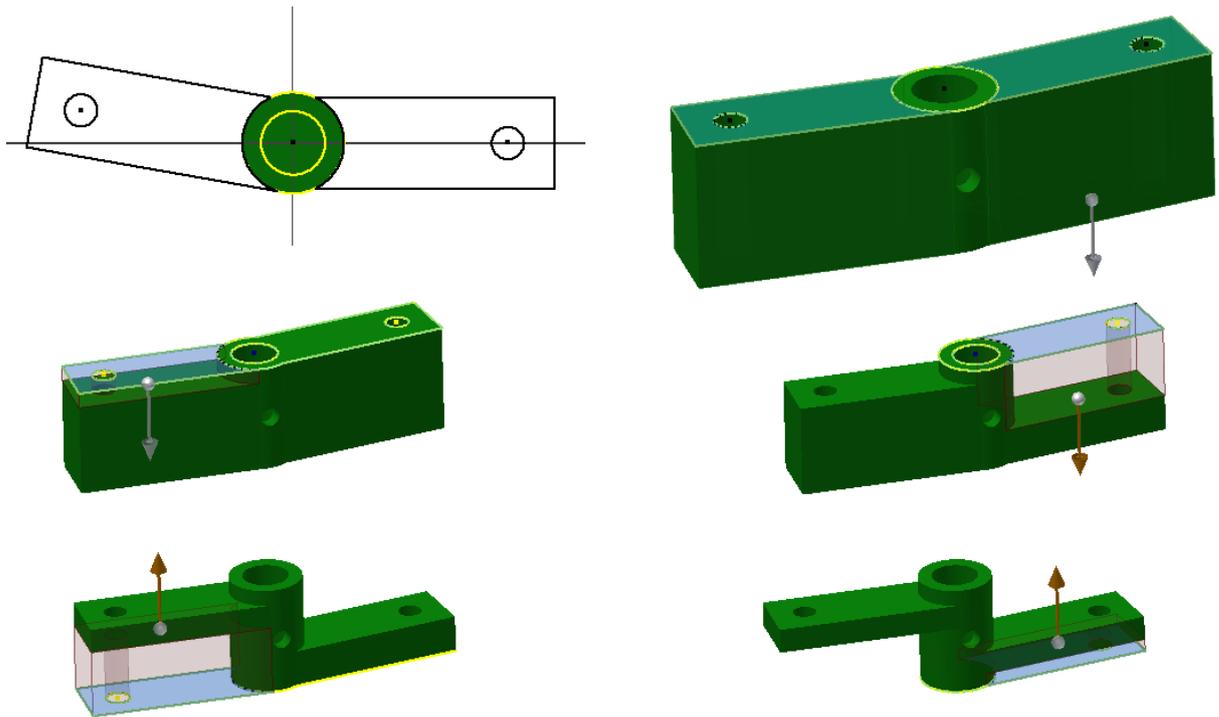


Figura 5.39: Diferentes pasos del modelado del "codo".

Por último solo quedaba la selección del material de la pieza, para otorgar a este modelo propiedades de densidad, peso, etc., la aplicación de color a las superficies, y la realización de empalmes para matar las aristas vivas que no se dan en la realidad.

- **Bieleta:** Se puede observar la bieleta en la figura 5.40:

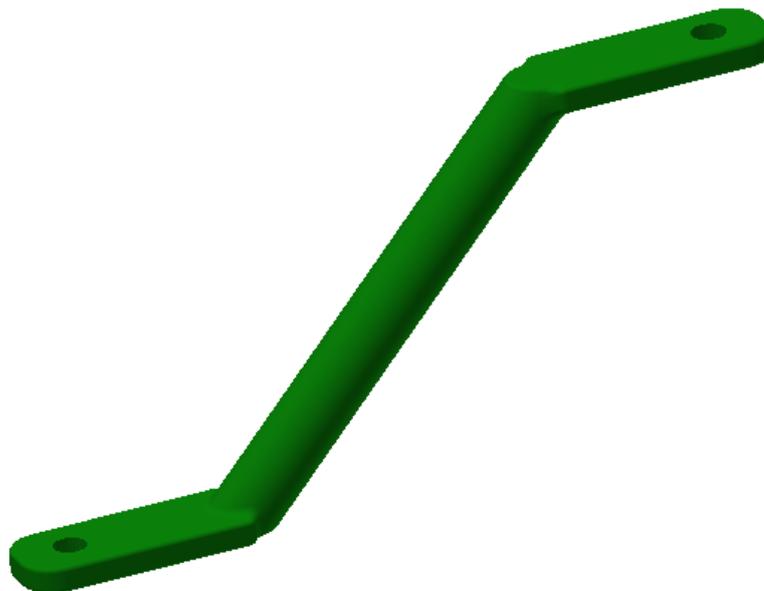


Figura 5.40: Modelo de la bieleta.

Esta pieza se encarga de unir la estructura que soporta al grupo de discos con el elemento anterior, o bien la misma estructura con la guía o soporte de bieleta anteriormente explicado, para en un caso permitir modificar el ángulo de corte además de soportar esfuerzos, y en el otro para únicamente soportar estos mismos esfuerzos.

El modelado en Inventor se basa en la creación de un boceto algo peculiar, se trata de diseñar dos rectángulos a la altura y distancia adecuada entre ellos, estas son medidas críticas para poder colocar posteriormente la bieleta sin problemas en su posición. Además de los rectángulos, se diseña un "eje" que une los mismos, y sobre este se crea otro rectángulo con altura de la mitad del diámetro de la barra circular que conforma la bieleta. Diseñado el boceto, se extruyen los rectángulos menores con la anchura deseada hacia ambos lados, y se revoluciona el rectángulo mayor sobre el "eje" que une los rectángulos menores. Se pueden observar estos pasos en la figura 5.41.

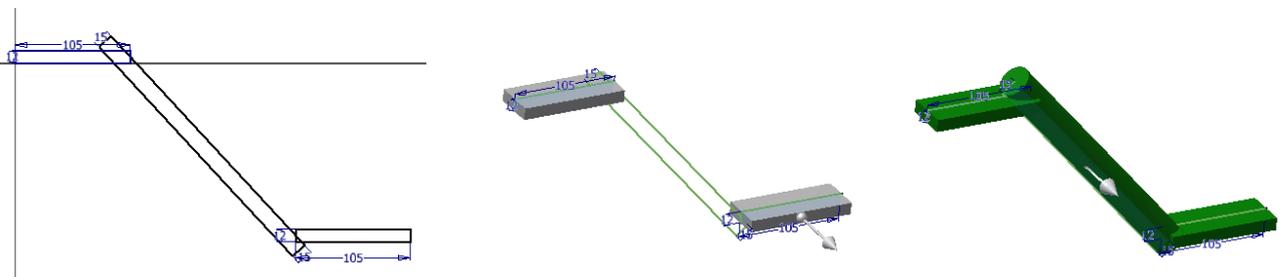


Figura 5.41: Diferentes pasos del modelado de la bieleta.

Conseguido el modelado anterior, se realizan diferentes empalmes para dar una forma redondeada a toda la bieleta, tal y como se observa en la figura 5.42.

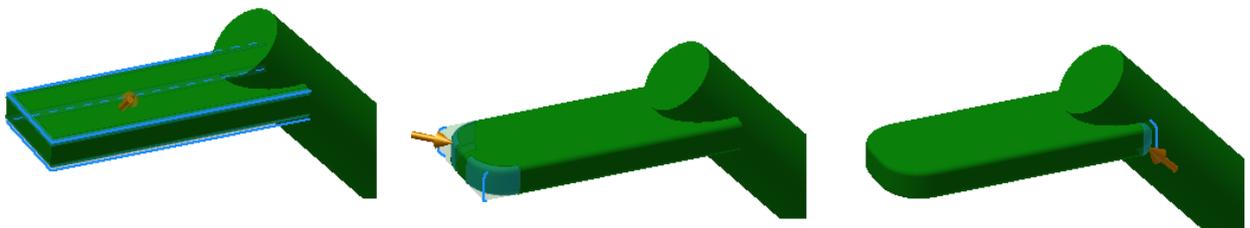


Figura 5.42: Diferentes empalmes de la bieleta.

Tras esto, se extruyen las perforaciones sobre las pletinas de los extremos, teniendo en cuenta que deben estar en una posición concreta y tener un diámetro concreto, y se elimina el material sobrante de la barra circular que sobresale por encima de las pletinas, mediante una extrusión quitando material de un boceto realizado en un plano perpendicular a la superficie de las pletinas. Se pueden observar estos pasos en la figura 5.43.

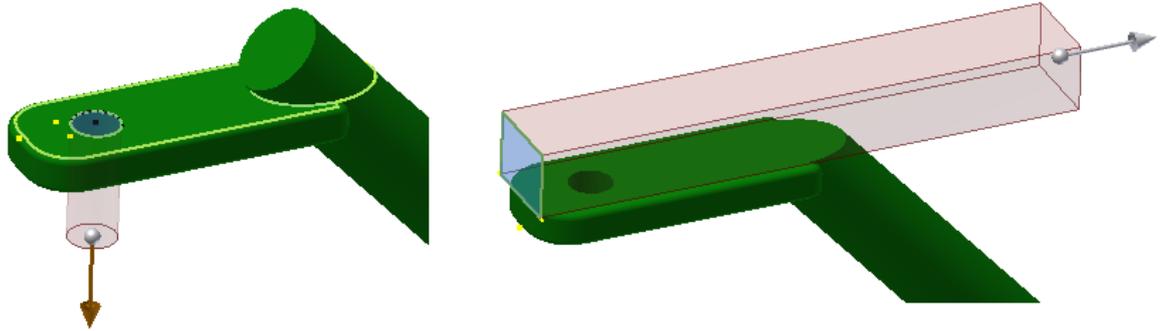


Figura 5.43: Diferentes pasos del modelado de la bieleta.

Por último, se realizan algunos empalmes más para retocar, se escoge el material de la bieleta, y se da color a las superficies.

- **Manivela:** Se puede observar la manivela del sistema de regulación del ángulo entre ejes en la figura 5.44:

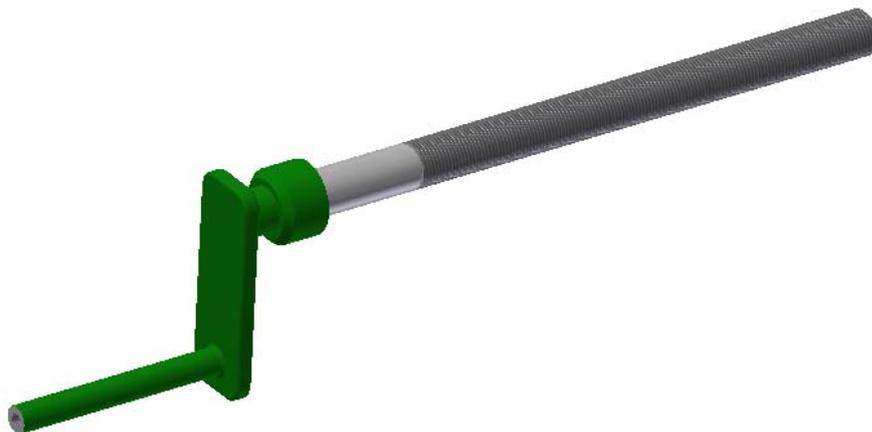


Figura 5.44: Modelo en Inventor de la manivela.

Este elemento se encarga de modificar la posición del codo anteriormente analizado, para mover los grupos de discos y modificar así el ángulo de corte.

Su modelado se basa en varios pasos utilizando herramientas básicas de Inventor. En primer lugar se extruyó un cilindro macizo que haría las veces de mango, y sobre este, en uno de sus extremos, mediante la herramienta Agujeros que ofrece inventor, se realizó una perforación con un avellanado en su interior. Sobre esta perforación se dispuso una rosca, que permitirá atornillar el tornillo que sujeta la parte móvil del mango que evita que la mano que acciona la manivela tenga que deslizarse sobre el mismo. Se pueden observar estos pasos en la figura 5.45.



Figura 5.45: Diferentes pasos del modelado de la manviela.

Tras esto se realizó una extrusión de un rectángulo que conformaría el codo que une el mango con el eje principal donde se encuentra la barra roscada, y sobre el algunos empalmes para conseguir un mejor acabado. Figura 5.46.

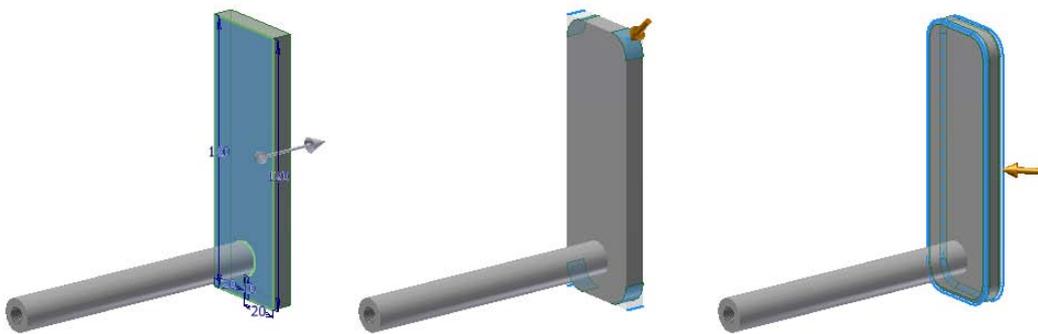


Figura 5.46: Extrusión y empalmes del codo de la manivela.

El eje principal debía contar con una arandela que hiciera tope con el elemento de sujeción de todo el conjunto, y con la posibilidad de acoplar y mantener fija otra arandela posterior que hiciera tope en el sentido contrario. Para ello, sobre el codo antes mencionado, se extruyó un cilindro con el diámetro deseado para el eje principal hasta la altura donde se situaría esta arandela fija. Llegados a este punto, se extruyó otro cilindro de mayor diámetro que haría las veces de arandela, y se achaflanó uno de sus extremos para conseguir un mejor acabado. Sobre esta arandela se volvió a extruir un cilindro del mismo diámetro inicial hasta la altura donde debía ir una ranura para albergar al circlip que sujetaría la arandela móvil. Esta ranura se construyó realizando de nuevo otra extrusión en esta ocasión de un círculo de menor diámetro y con una profundidad igual a la del circlip que debía albergar. Sobre esta ranura, se realizó la última extrusión que conformaría el esparrago o eje roscado con la profundidad adecuada para permitir todo el movimiento del sistema de modificación del ángulo entre ejes. Sobre esta última extrusión, se dispuso una rosca mediante la herramienta rosca que ofrece Inventor, y se achaflano el extremo para conseguir un mejor acabado. Todos estos pasos se pueden observar en la figura 5.47.

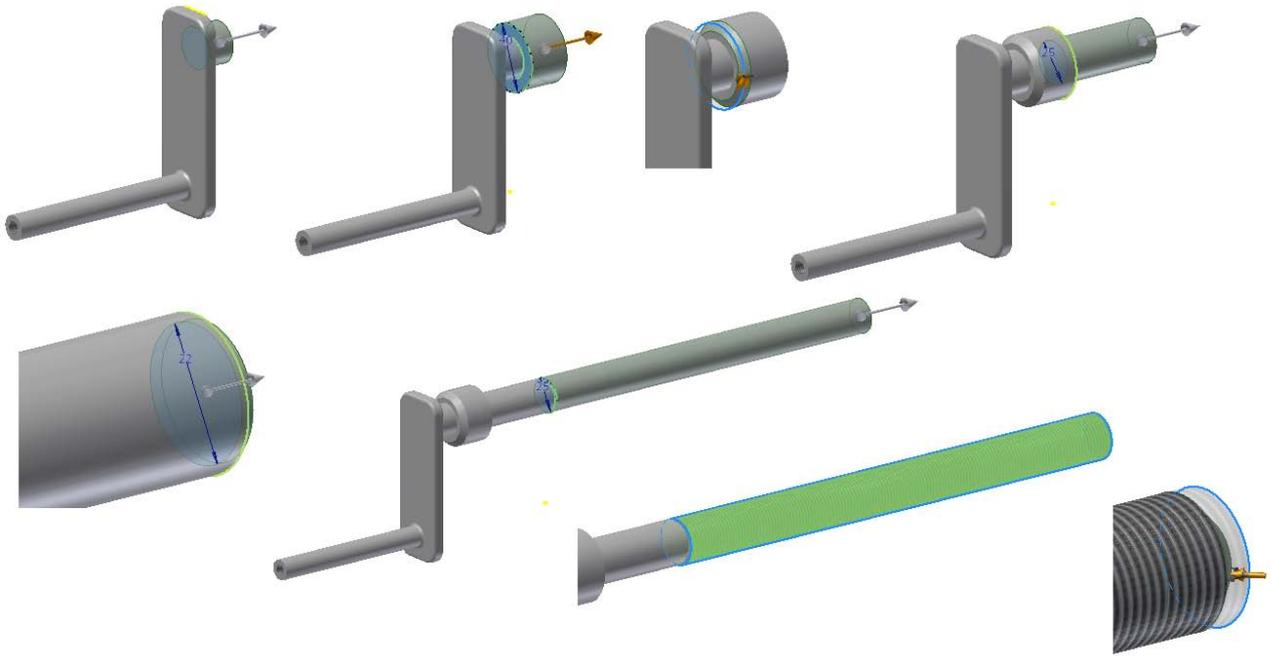


Figura 5.47: Diferentes pasos del modelado de la manivela.

Por último, se escogió el material para la manivela, se realizaron diferentes empalmes finales y se dio color a las superficies que debían llevarlo, consiguiendo el aspecto de la figura 5.44.

- **Circlip:** Se puede observar el circlip de la manivela en la figura 5.48:



Figura 5.48: Modelado del circlip.

Existen varios circlips en la grada de discos y de diferentes tipos. Los circlips de las manivelas son de apertura exterior, es decir, dispone de dos agujeros en dos protuberancias dispuestas hacia fuera de la circunferencia exterior que conforma el circlip, mientras que los otros, de apertura interior, disponen de estas protuberancias, y por tanto de los agujeros, hacia dentro de la circunferencia interior que conforma el circlip.

Su función es la de servir de tope a otro elemento, evitando por tanto que se mueva de su posición, para ello este circlip se sitúa en la ranura dispuesta en la manivela y evita que la arandela móvil salga de la manivela.

Su modelado está basado en la extrusión de un boceto con la forma casi final que conforma el circlip, (podría hacerse un boceto con la forma final y evitar los empalmes posteriores). Realizada la extrusión, en este caso se realizaron una serie de empalmes para dar la forma redondeada que poseen los circlips reales. Se observan estos pasos en la figura 5.49.

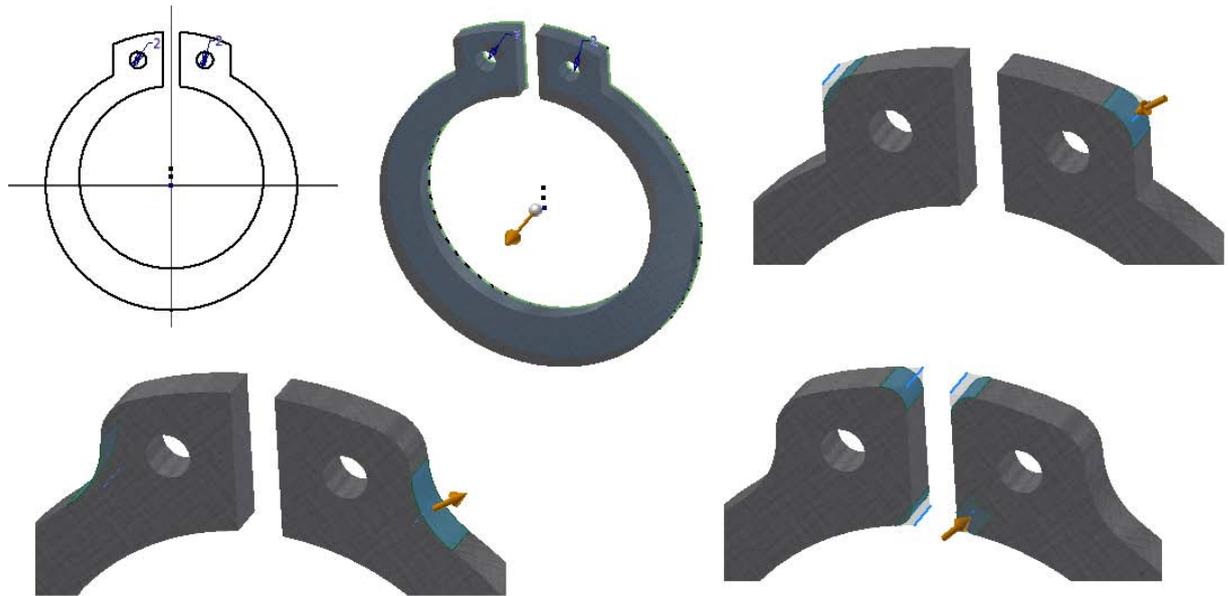


Figura 5.49: Diferentes pasos del modelado del circlip.

Por último, como es habitual se seleccionó el material del circlip para darle ciertas propiedades al modelo.

- **Neumático:** Se puede observar el neumático en la figura 5.50:



Figura 5.50: Modelado del neumático.

El neumático es un elemento de cierta complejidad y su modelado requiere de la utilización de diversas herramientas que ofrece Inventor.

El primer paso seguido en este caso es el diseño de un boceto que representa la mitad de la sección del neumático sin huella, teniendo en cuenta que debe estar situado a una distancia del eje igual a la mitad del diámetro de la llanta sobre la que se montará, para que al revolucionarlo respecto a este eje, quede con el diámetro correcto, tanto exterior como interior. El boceto debe además representar adecuadamente los flancos, la banda de rodadura, el talón, etc. Se consigue así la mitad del neumático sin huella. Se observan estos pasos en la figura 5.51.

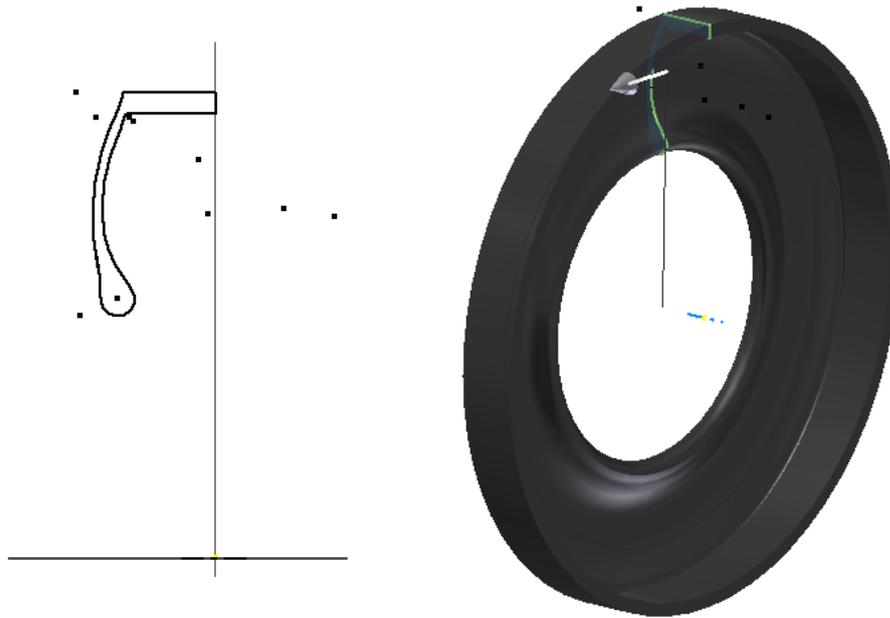


Figura 5.51: Revolución boceto de la sección del neumático.

Tras esto, se aplica el comando simetría que ofrece Inventor, definiendo el sólido a copiar y el plano de simetría. Con esto, conseguimos el neumático completo todavía sin huella y sin rótulos (figura 5.52).

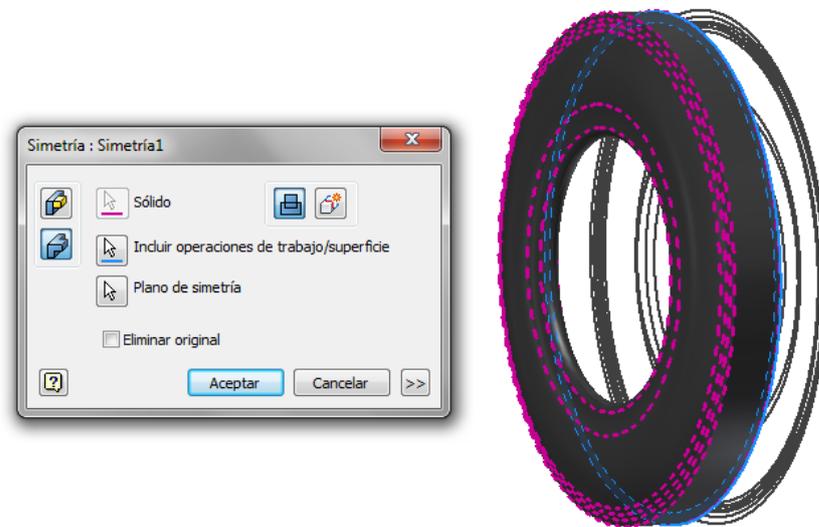


Figura 5.52: Aplicación del comando simetría.

El diseño de la huella, se basa en la extrusión de un boceto realizado sobre un plano tangente a la banda de rodadura con la forma de una de las ranuras que posee la huella. Solo es necesario la realización de este boceto gracias al comando patrón circular que posee inventor, que permite repetir la extrusión en torno al eje transversal del neumático (previa definición) tantas veces como se desee. En este caso se repitió 52 veces a lo largo de los 360 grados de la banda de rodadura del neumático, consiguiéndose una huella uniforme en toda la superficie. Se observan estos pasos en la figura 5.53.

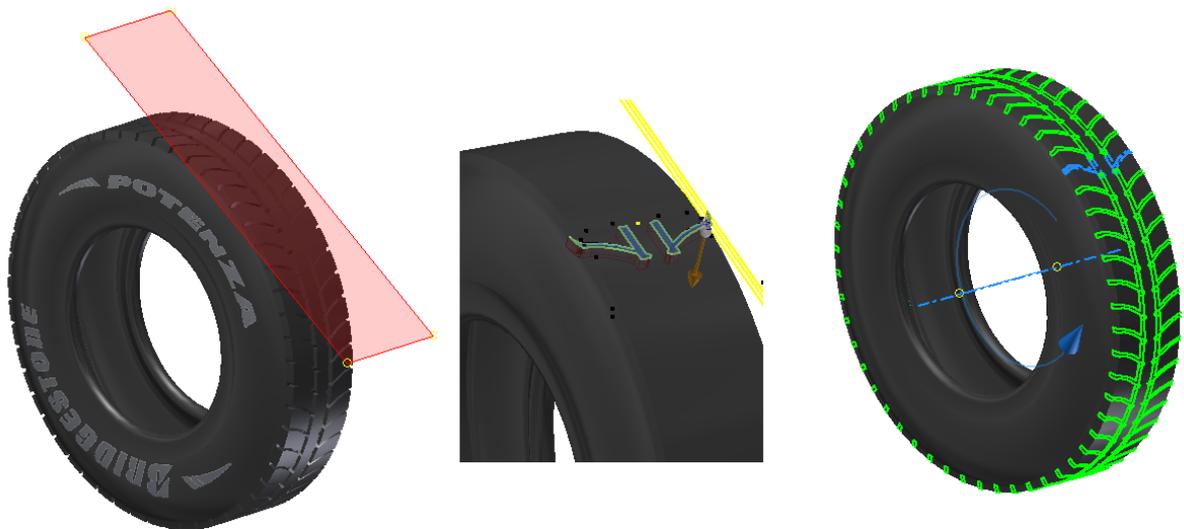


Figura 5.53: Diferentes pasos del modelado de la huella del neumático.

Conseguido esto, para obtener un mejor acabado, más realista, se aplicaron calcomanías. Para ello es necesario la creación de planos paralelos a las caras donde irán plasmadas las calcomanías; por tanto el primer paso es la definición de estos planos. Sobre ellos, se inserta la imagen que se desea plasmar sobre el neumático, teniendo la precaución de seleccionar el comando usar máscara dentro de las propiedades de la imagen. Hecho esto, se adapta el tamaño y posición de la imagen a la cara donde será plasmada, y se selecciona el comando calcomanía, que proyecta la imagen sobre la cara seleccionada, (figura 5.54).

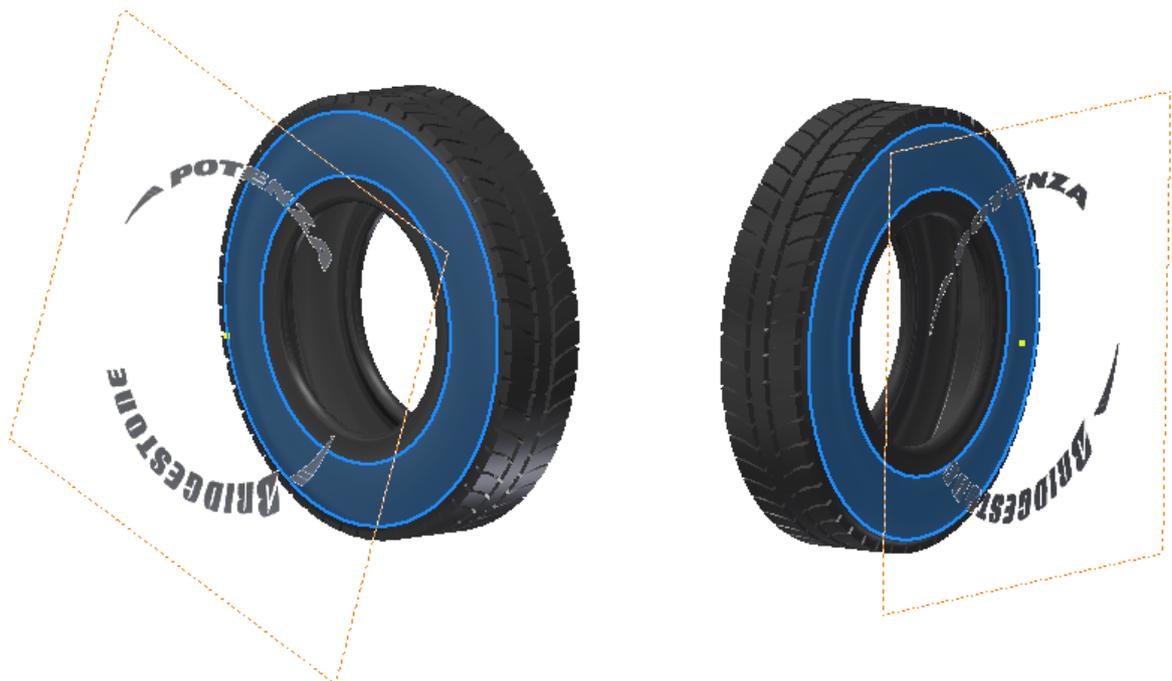


Figura 5.54: Aplicación de calcomanías en Inventor.

Por último, se selecciona el material del neumático, goma, que le da determinadas propiedades y el aspecto de la figura 5.50.

- **Llanta:** Se puede observar la llanta en la figura 5.55:



Figura 5.55: Modelado de la llanta en Inventor.

La llanta es también una pieza de cierta complejidad, que incluye multitud de pasos, especialmente empalmes. En primer lugar, al igual que en el caso del neumático, se diseña un boceto que después será revolucionado. Por ello, deberá estar a la distancia adecuada respecto al eje de rotación, para terminar con el diámetro interior y exterior deseado. Además, el boceto deberá reflejar perfectamente la sección de la llanta, con todas las nervaduras y desniveles. Conseguido el boceto, se revoluciona respecto al eje previsto para ello, (figura 5.56).

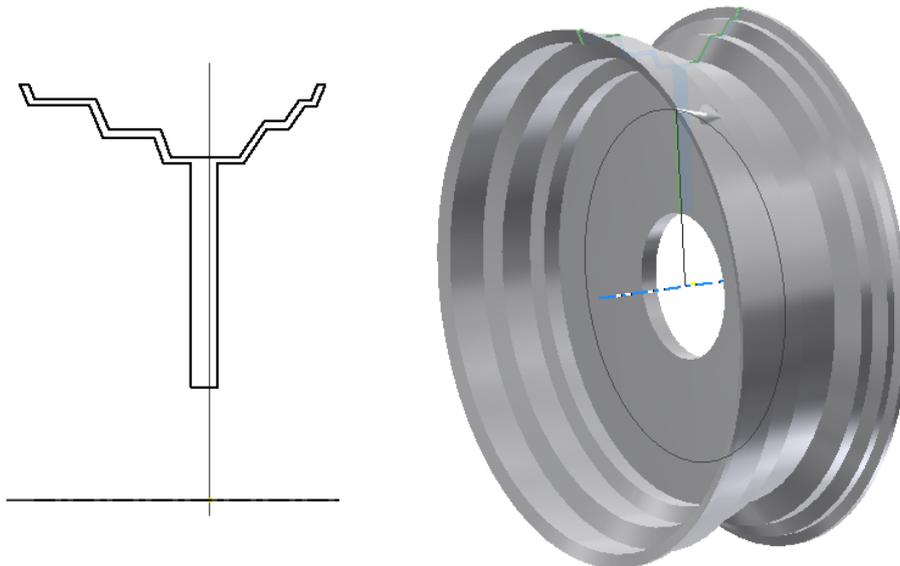


Figura 5.56: Boceto y revolución del perfil base de la llanta.

Tras esto, se realizan multitud de empalmes para matar los cantos o aristas vivas que han surgido con la revolución, consiguiendo un aspecto mucho más realista. Se tiene así el cuerpo principal de la llanta, pero en ella resaltan muchos más detalles como son las

protuberancias alrededor del agujero central. Para la creación de estas protuberancias, se realiza una extrusión en forma de triángulo redondeado en una de sus caras y mediante el comando patrón circular se consiguen el resto de las otras tres protuberancias. Para dar un aspecto realista y más estilizado, de nuevo se realizan multitud de empalmes, obteniéndose un gran resultado, (figura 5.57).



Figura 5.57: Modelado de las protuberancias de la llanta.

En la llanta real, estas protuberancias no son más que el resultado de un proceso de estampación, por lo que para conseguir el mismo efecto en el modelado paramétrico, es necesario la realización de estas mismas protuberancias en la cara opuesta de la llanta, en este caso hacia el interior, en lugar de hacia el exterior. Para ello de nuevo se realizan cuatro extrusiones, ahora quitando material, y se aplican diferentes empalmes para dar un buen acabado al conjunto (figura 5.58).

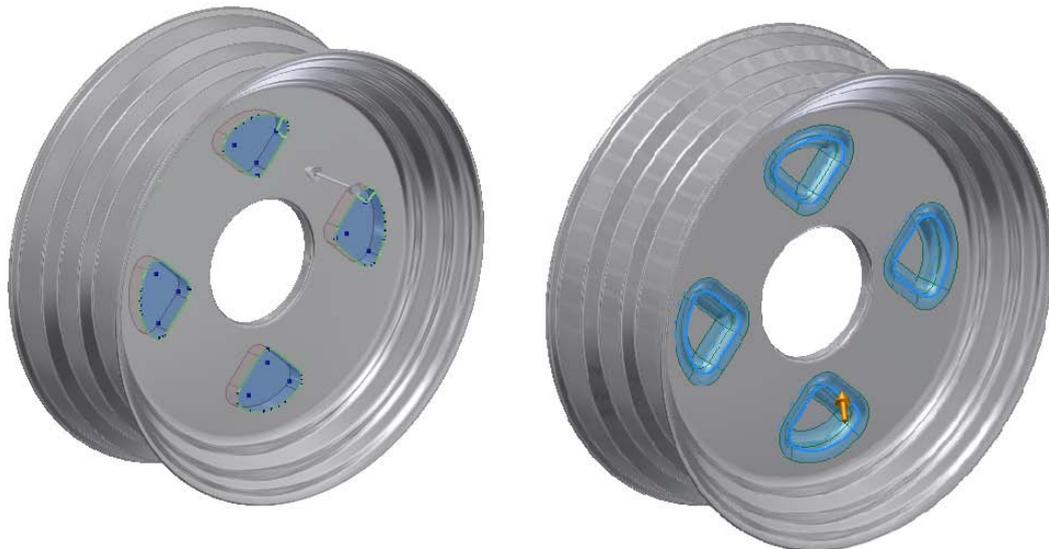


Figura 5.58: Extrusión interior de las protuberancias de la llanta.

A continuación, se realizaron las cuatro perforaciones mediante cuatro extrusiones teniendo en cuenta que su posición es crítica, pues tiene que coincidir con los tornillos que sujetan la llanta al buje de rueda, (figura 5.59).



Figura 5.59: Realización de las perforaciones para los tornillos en la llanta.

Para conseguir un aspecto aún más realista, se plasmaron los grabados existentes en las protuberancias. Para ello fue necesario la utilización del comando repujado, el cual consigue plasmar un determinado perfil sobre una superficie, bien en relieve o bien hacia el interior. Se diseñó por tanto un boceto con las grabaciones en un plano paralelo a la cara donde se deseaban plasmar. Conseguido el boceto, únicamente era necesario aplicar el comando repujado, indicando el perfil y la forma en que se plasmaría este sobre la cara. Para mejorar el acabado, se realizaron multitud de empalmes en las aristas que formaron las grabaciones, consiguiéndose un aspecto redondeado y estilizado, (figura 5.60).

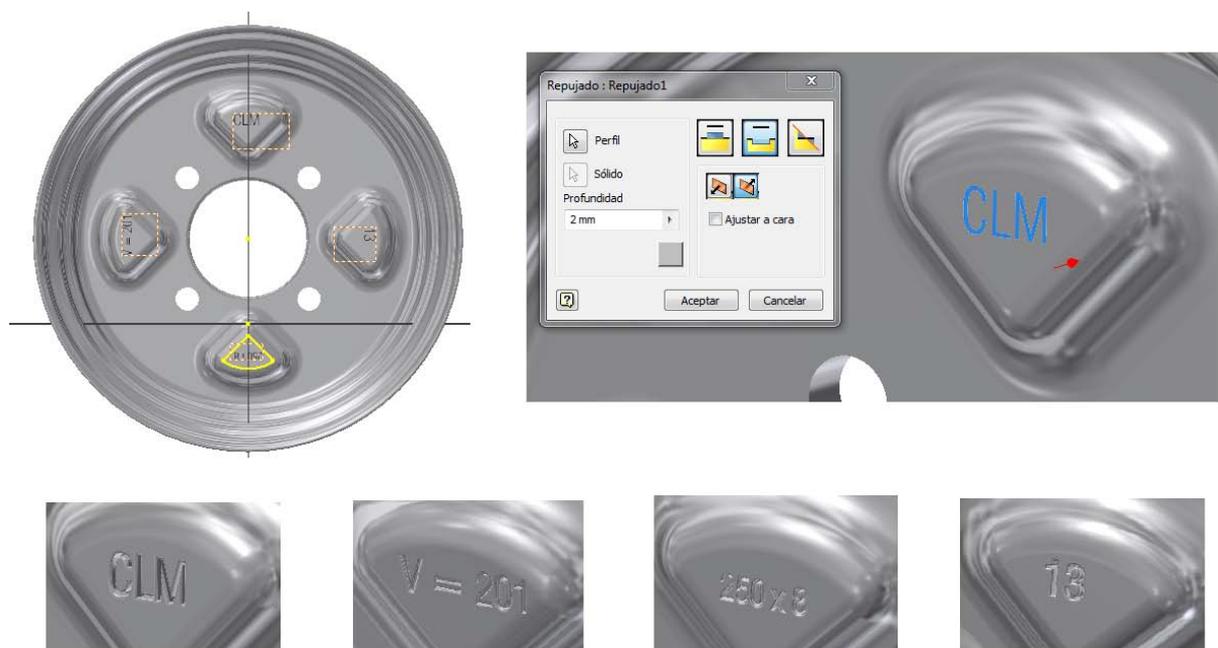


Figura 5.60: Aplicación de la herramienta repujado en la llanta.

Otro detalle importante, es el de los refuerzos que poseen las perforaciones, es decir, junto a ellas existe una mayor cantidad de material que sobresale del resto para rigidizar esa zona, pues estará sometida a grandes esfuerzos. Para conseguir modelar estos refuerzos, se extruyeron unos cilindros huecos alrededor de las perforaciones de la llanta, con una determinada altura. Para conseguir el aspecto final, de nuevo se realizaron grandes empalmes sobre las aristas existentes, (figura 5.61).

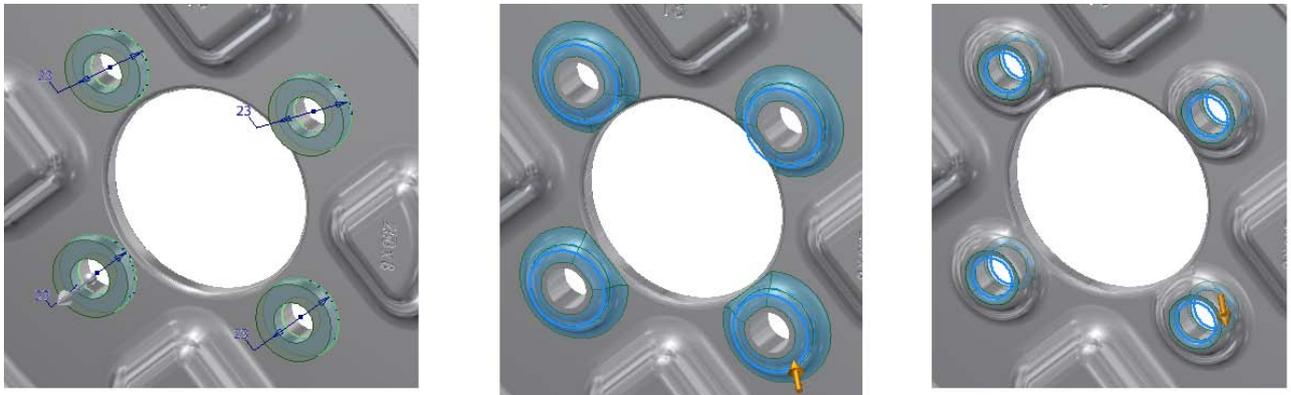


Figura 5.61: Modelado de los refuerzos en torno a las perforaciones de la llanta.

Por último, se realizó la perforación para albergar la válvula que permitiría inflar el neumático. Para ello fue necesario la definición de un plano con un determinado ángulo, y sobre este el diseño de un boceto, para después ser extrusionado y conformar así la perforación, tal y como se observa en la figura 5.62. Tras esto, se seleccionó el material de la llanta, para proporcionarle al modelo ciertas propiedades de interés.



Figura 5.62: Modelado de la perforación para la válvula tubeless.

- **Tapón de la válvula:** Se puede observar el tapón de la válvula tubeless en la figura 5.63:



Figura 5.63: Modelado paramétrico del tapón de la válvula tubeless.

El tapón está modelado a partir de un cilindro base macizo, por lo que el primer paso fue la extrusión de este cilindro. Tras esto, se creó un boceto en un plano que dividía en dos longitudinalmente al cilindro base, de forma que la revolución de este boceto conformaría la geometría curva de la parte superior del tapón. Una vez hecho el boceto, se revolucionó consiguiendo el resultado de la figura 5.64. Para un mejor acabado, se realizaron algunos empalmes.

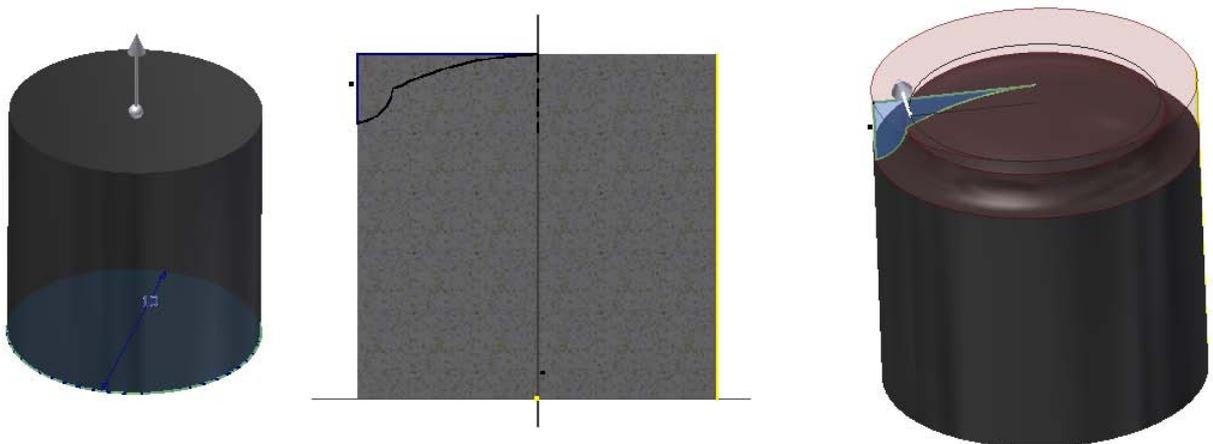


Figura 5.64: Primeros pasos del modelado del tapón.

A continuación se conformó el interior del tapón, para ello se extruyó un cilindro quitando material, de forma que quedara una gran oquedad interna. Para conseguir un acabado más realista, se realizó un gran empalme interior de forma que la parte interna era ahora curvilínea en lugar de tener una arista viva. Para acabar el interior, se dispuso una rosca mediante el comando que ofrece Inventor para ello. Se observan estos pasos en la figura 5.65.

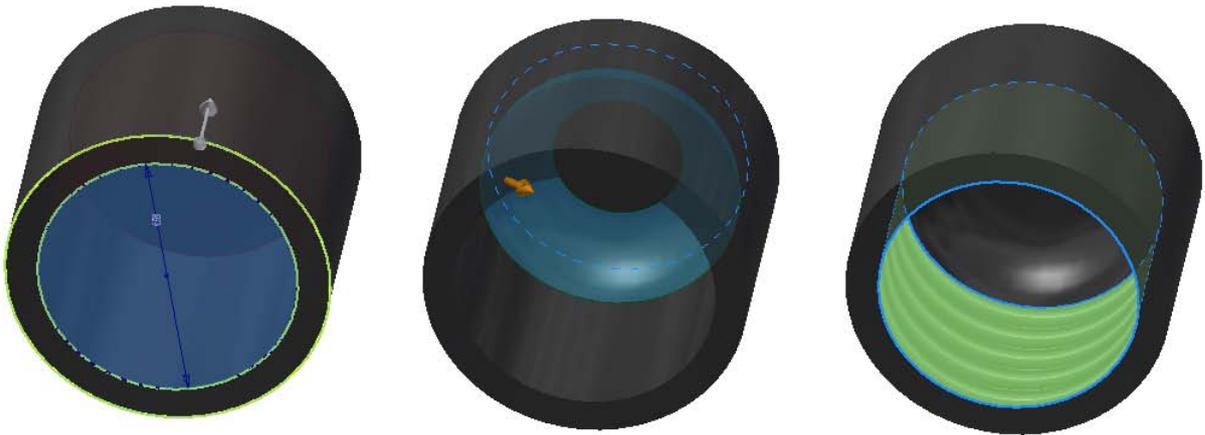


Figura 5.65: Diferentes pasos del modelado interior del tapón.

Para realizar las nervaduras, o huella que posee el tapón en su periferia, se precisó de un plano que cortara transversalmente al tapón, para diseñar en él un boceto con la forma de la huella. Únicamente fue necesario el diseño de una de las ranuras, ya que después, con el comando patrón circular, se construyeron el resto de ranuras alrededor del tapón, concretamente 30 ranuras. Se observan estos pasos en la figura 5.66.

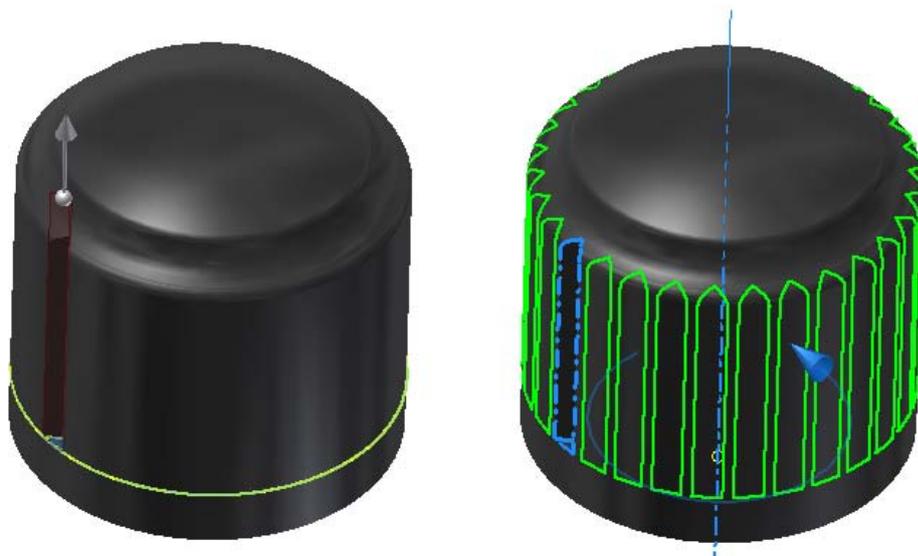


Figura 5.66: Modelado de la huella del tapón.

Para conseguir un aspecto realista, se plasmó sobre la cara superior del tapón un grabado mediante la operación repujado. Para ello fue necesario el diseño de un boceto en un plano paralelo a la cara superior del tapón con lo que se deseaba plasmar. Tras el diseño del boceto, solo quedaba aplicar el comando repujado indicando que realizara un cincelado sobre la cara en lugar de un repujado, es decir, que el grabado quedara hacia el interior (figura 5.67). Para conseguir un aspecto aún mejor, se realizaron multitud de empalmes en las aristas que habían aparecido, consiguiendo así una forma redondeada y estilizada.

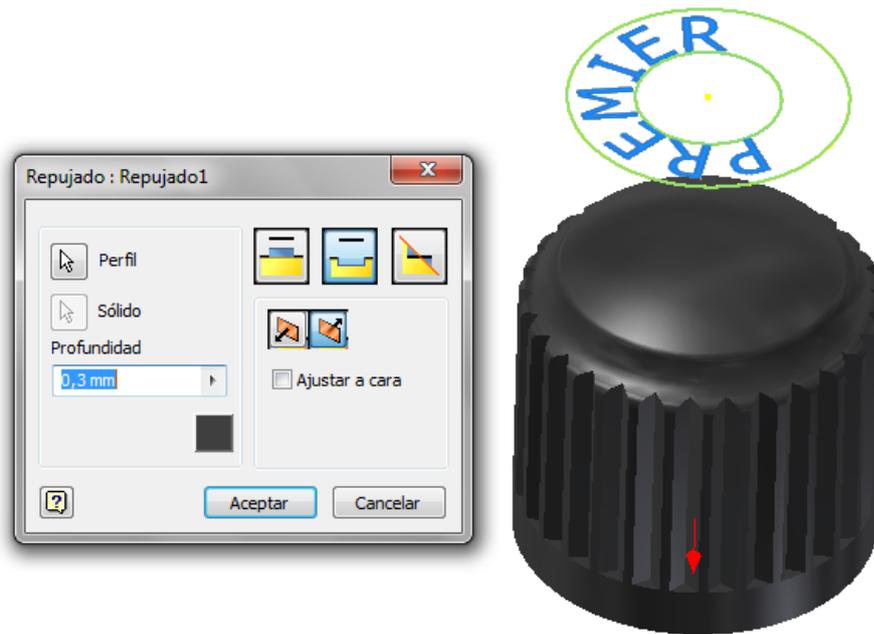


Figura 5.67: Aplicación del comando repujado de Inventor.

Por último se modeló el detalle de la semiesfera hueca que poseen los tapones en su parte superior. Para ello únicamente fue necesario el diseño del boceto de una semicircunferencia en un plano tangente a la cara superior del tapón, para después ser revolucionado quitando material, (figura 5.68). Tras esto se seleccionó el material del tapón, consiguiendo el aspecto de la figura 5.63.

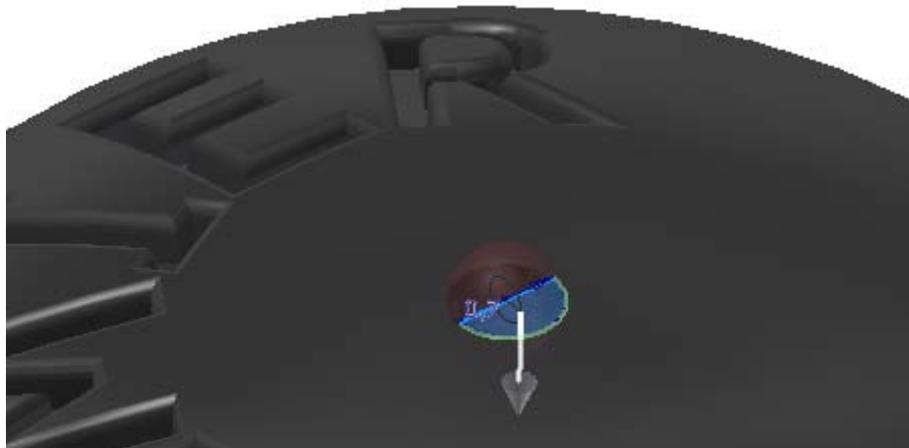


Figura 5.68: Realización del detalle de la semiesfera.

- **Goma exterior de la válvula:** Se puede observar la goma exterior de la válvula en la figura 5.69:



Figura 5.69: Goma exterior de la válvula tubeless.

El modelado paramétrico de la goma exterior que conforma la válvula tubeless comienza con la revolución de un boceto para formar la base semiesférica inferior que se observa en la figura 5.69. Sobre la cara plana de esta semiesfera, se extruyó un cilindro que conformaría la parte que queda en contacto con la perforación de la llanta. Sobre la cara superior de este cilindro, se realizó otra semiesfera en este caso de menores dimensiones que la primera. Se observan estos pasos en la figura 5.70.

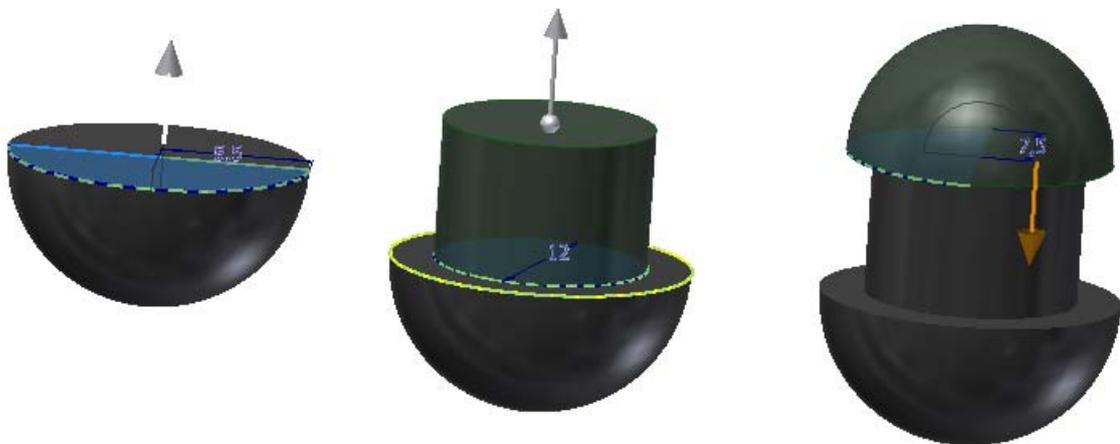


Figura 5.70: Diferentes pasos del modelado de la goma.

Tras esto se configuró un plano que cortaba a la semiesfera superior, y sobre este se extruyó un cilindro macizo con la altura necesaria para dar a toda la goma las dimensiones finales que debía tener. Posteriormente, se realizaron una serie de empalmes para conseguir un mejor acabado. Se observan estos pasos en la figura 5.71.

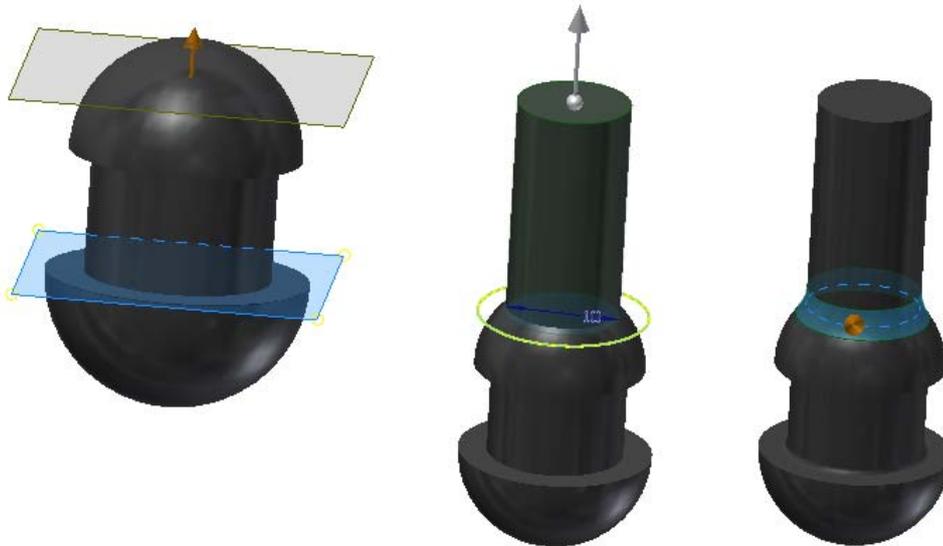


Figura 5.71: Diferentes pasos del modelado de la goma.

A continuación, se extruyó un cilindro en todo lo largo del modelo quitando material, para dar a la pieza la oquedad necesaria para albergar el resto de elementos que conforman la válvula tubeless. Se realizaron también dos revoluciones en torno al borde de las semiesferas para construir así las nervaduras que lleva la goma en esa parte. Realizando alguno empalmes se obtuvo el aspecto de la figura 5.69. Estos pasos pueden observarse en la figura 5.72. Por último, como de costumbre, se asignó un material al modelo, para dar ciertas propiedades al mismo.

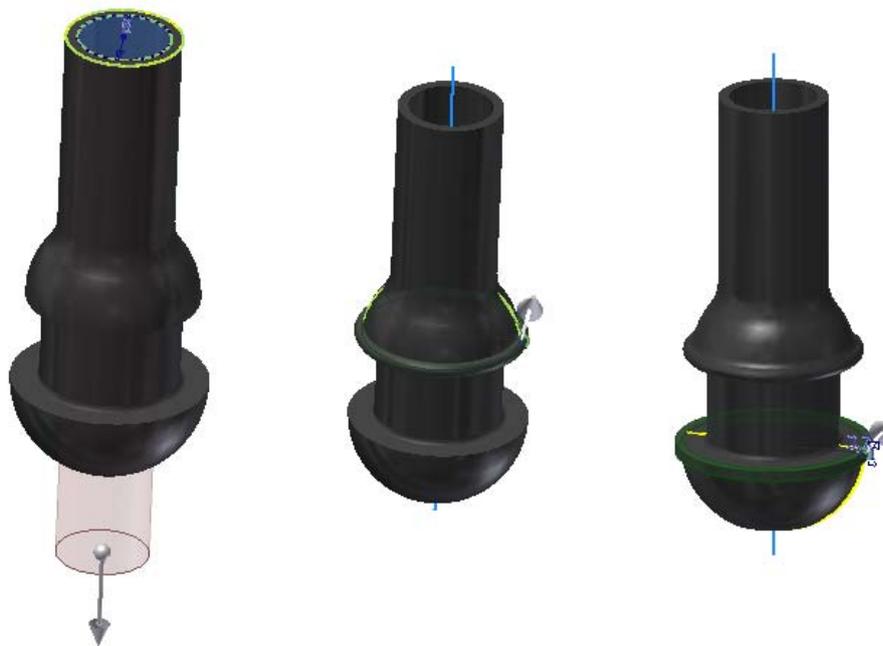


Figura 5.72: Diferentes pasos del modelado de la goma.

- **Varilla:** Se puede observar la varilla de la válvula tubeless en la figura 5.73:



Figura 5.73: Modelo de la varilla de la válvula tubeless.

Este elemento es el encargado de abrir o cerrar el paso del aire hacia el interior del neumático. Para ello debe tener una forma concreta que le permite adaptarse a la forma de los otros componentes de la válvula. Su modelado se basa en la extrusión de un cilindro base de altura igual a la de la varilla. Tras esta extrusión, se realizaron dos revoluciones para configurar el saliente superior e inferior, para ello fue necesario el diseño de los bocetos correspondientes en un plano que dividía en dos al cilindro base longitudinalmente. Se observan estos pasos en la figura 5.74.

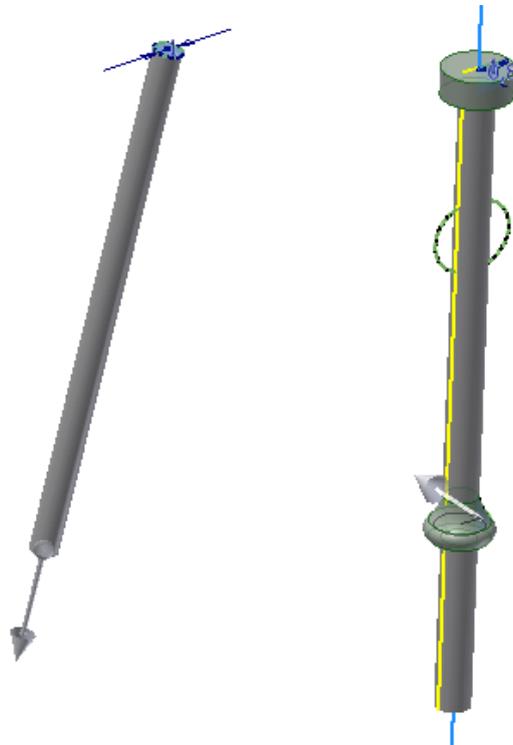


Figura 5.74: Primeros pasos del modelado de la varilla.

Por último se realizaron las protuberancias superiores con las que cuenta la varilla, que en la pieza real son fruto de un aplastamiento, y cuyo objetivo es el de realizar de tope tanto para el muelle como para evitar que la varilla saliera disparada. Para su modelado se

realizaron dos extrusiones de dos semicircunferencias de forma que mordiera parte del cilindro base. Para conseguir un buen acabado, se realizaron cuatro extrusiones quitando material, en la parte del cilindro que había sido "mordida" por estas protuberancias. Se realizaron algunos empalmes para mejorar el acabado final y se seleccionó el material de la varilla dando el aspecto de la figura 5.73. Se observan estos pasos en la figura 5.75.

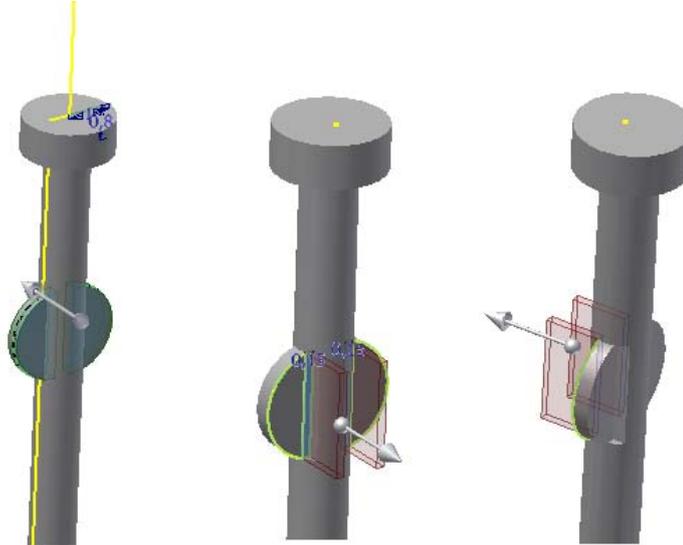


Figura 5.75: Diferentes pasos del modelado de la varilla.

- **Rosca interior:** Se puede observar la rosca interior de la válvula tubeless en la figura 5.76:



Figura 5.76: Rosca interior de la válvula tubeless.

Se trata de uno de los elementos internos de la válvula tubeless que se enrosca en el tubo principal de la válvula, y sirve de base al resto de componentes interno, como son el muelle, la varilla, el cuerpo interior, etc.

Su modelado es sencillo, se basa en la extrusión de un cilindro base macizo, para después ser ahuecado mediante la extrusión de otro cilindro quitando material sin llegar a perforarlo del todo, pues debe quedar un reborde que hace de tope al cuerpo de la válvula. Tras esto, se produce otra extrusión en la cara superior del cilindro base anterior, y de

nuevo se ahueca, en este caso con un cilindro de menor diámetro que el primero. Se observan estos pasos en la figura 5.77.

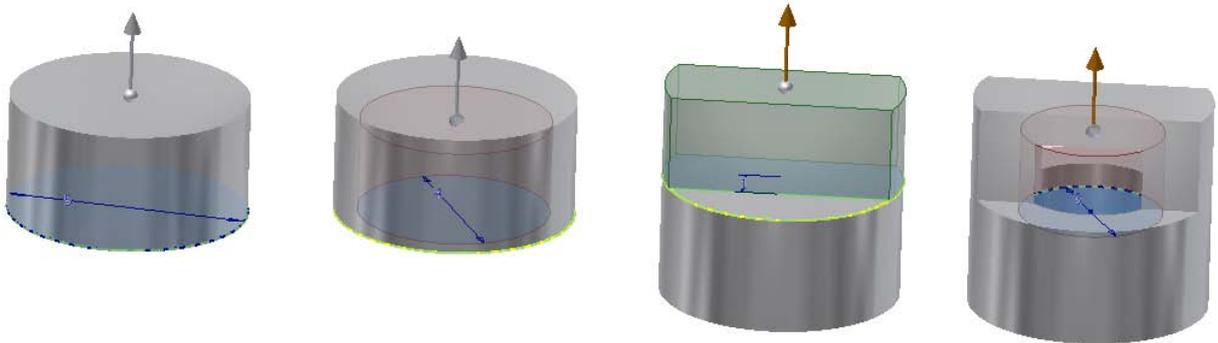


Figura 5.77: Diferentes pasos del modelado de la rosca interior.

Por último se realiza una perforación en la parte superior para permitir el movimiento de la varilla, se aplica una rosca en la parte exterior de la pieza, se realizan algunos empalmes para dar un mejor acabado al conjunto, y se selecciona el material, (figura 5.78).

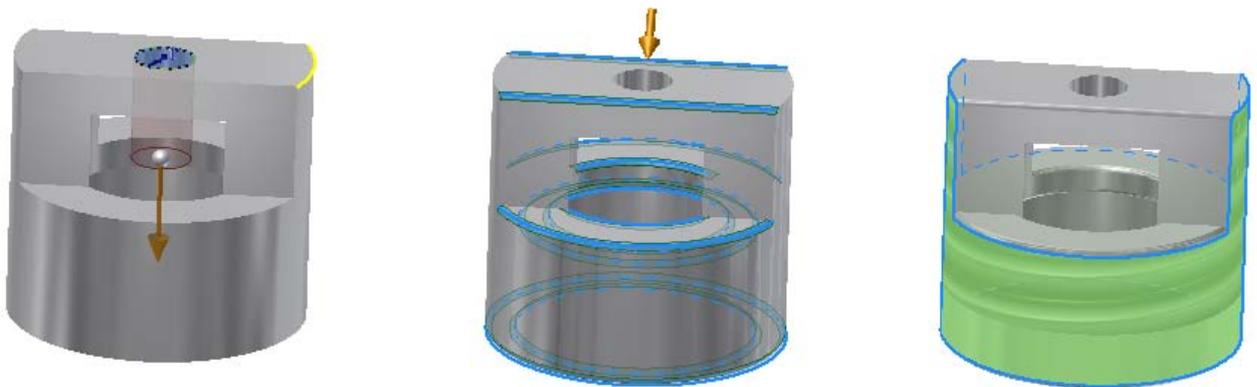


Figura 5.78: Diferentes pasos del modelado de la rosca interior.

- **Cuerpo:** Se puede observar el cuerpo de la válvula tubeless en la figura 5.79:



Figura 5.79: Modelo paramétrico del cuerpo interior de la válvula tubeless.

El aire destinado a otorgar la presión al neumático deberá pasar por el interior de este cuerpo. Sobre él hace tope la goma que mantiene cerrada la válvula en su parte inferior, el muelle que empuja la goma contra el cuerpo en su parte interior y una goma que envuelve la parte central exterior del cuerpo para garantizar una unión estanca con el tubo principal de la válvula.

Su modelado se basa en la extrusión de un pequeño cilindro que forma la base del cuerpo, sobre este se extruye otro aún mayor y para conseguir una unión realista semejante a la de una válvula real se revoluciona un boceto que elimina el canto entre ambos cilindros, proporcionando una unión transitoria y suave entre ellos, (figura 5.80).

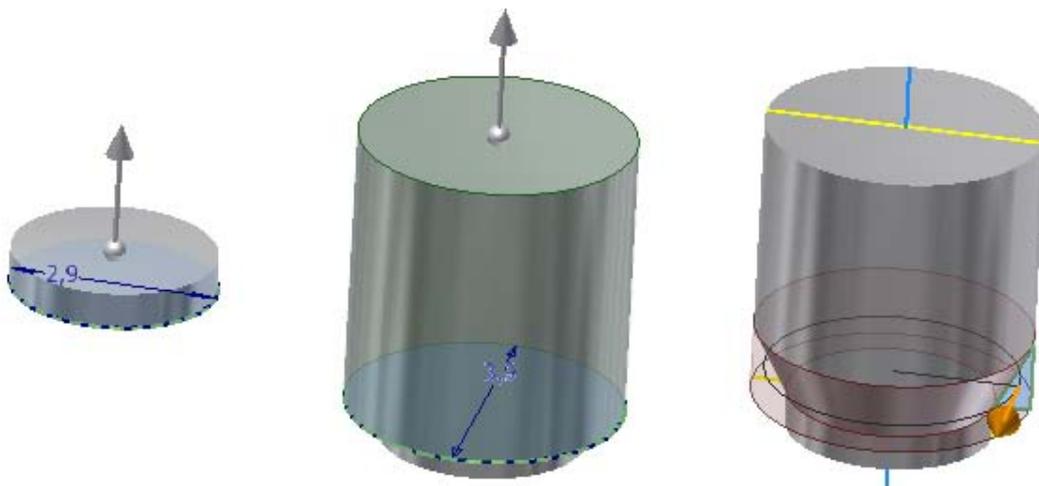


Figura 5.80: Diferentes pasos del modelado del cuerpo interior de la válvula tubeless.

Tras esto se extrusionan otros tres cilindros en la parte superior, para conformar el diseño superior del cuerpo. Para realizar el interior del cuerpo, se realiza una revolución de un boceto cuyo diseño es de gran importancia, pues deberá permitir realizar una oquedad interior de forma cónica, para evitar que el muelle salga por el otro lado del cuerpo, es decir, el interior del cuerpo deberá ir disminuyendo su sección para hacer las veces de tope

al muelle que empuja la varilla hacia arriba. Por último se realizan una serie de empalmes y se selecciona el material, (figura 5.81).

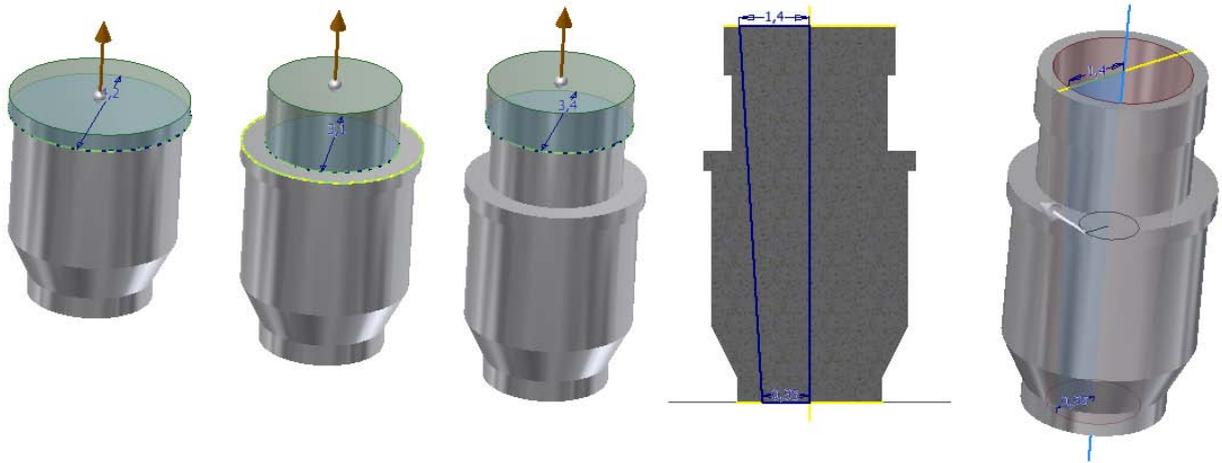


Figura 5.81: Diferentes pasos del modelado del cuerpo interior de la válvula tubeless.

- **Buje de rueda:** Se puede observar el buje de ruedas en la figura 5.82:



Figura 5.82: Modelo paramétrico del buje de ruedas.

El buje es otra pieza de gran importancia y de cuya geometría depende el buen funcionamiento y acople de otros elementos, como son los cojinetes, las llantas, etc. Cuenta con diferentes secciones en su interior, para albergar los cojinetes en su posición correcta, hacer de tope al eje cuadrado de las ruedas, etc.

Su modelado se basa en 8 extrusiones, una revolución, y varios empalmes. La primera extrusión es la del cilindro de mayor diámetro, sobre el que se situaran las perforaciones para los tornillos. Tras esta, se extruye otro cilindro de menor diámetro, que terminará siendo el lugar donde se albergue el cojinete más cercano a la estructura de las ruedas. Es necesario que cuente con diferentes secciones para albergar a los diferentes elementos,

por ello, se realizan otras tres extrusiones quitando material, de tres cilindros de sección cada vez menor, (figura 5.83).

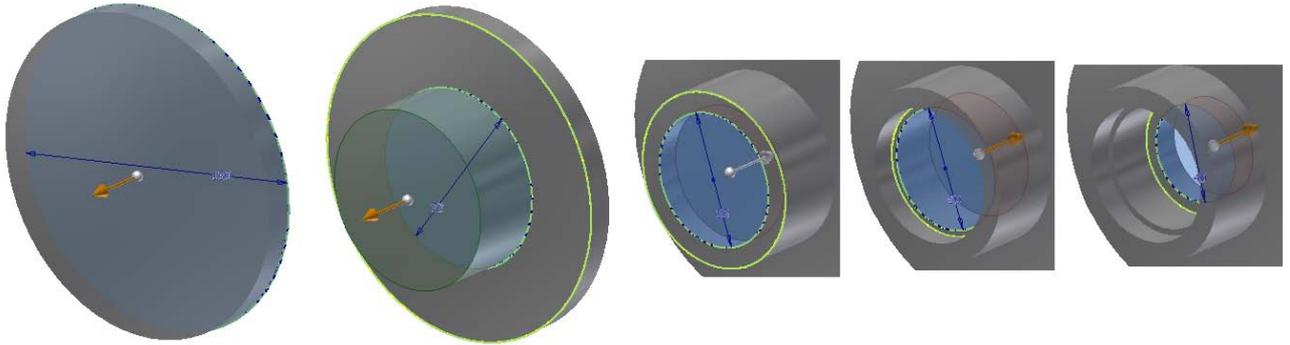


Figura 5.83: Diferentes pasos del modelado del buje de ruedas.

Hecho esto, se extruye otro cilindro en el otro lateral, que será el que albergue al cojinete exterior que contiene el buje. De nuevo se ahueca mediante otra extrusión, de forma que ambos lados del buje queden separados y por tanto los cojinetes no estén pegados el uno al otro, pero dejando el espacio suficiente para que el eje cuadrado de las ruedas pueda atravesar todo el buje. A continuación se realiza una revolución junto al extremo del buje, para conseguir un perfil redondeado que permitirá la sujeción de la tapa guardapolvo que se acopla al buje en su extremo, (figura 5.84).

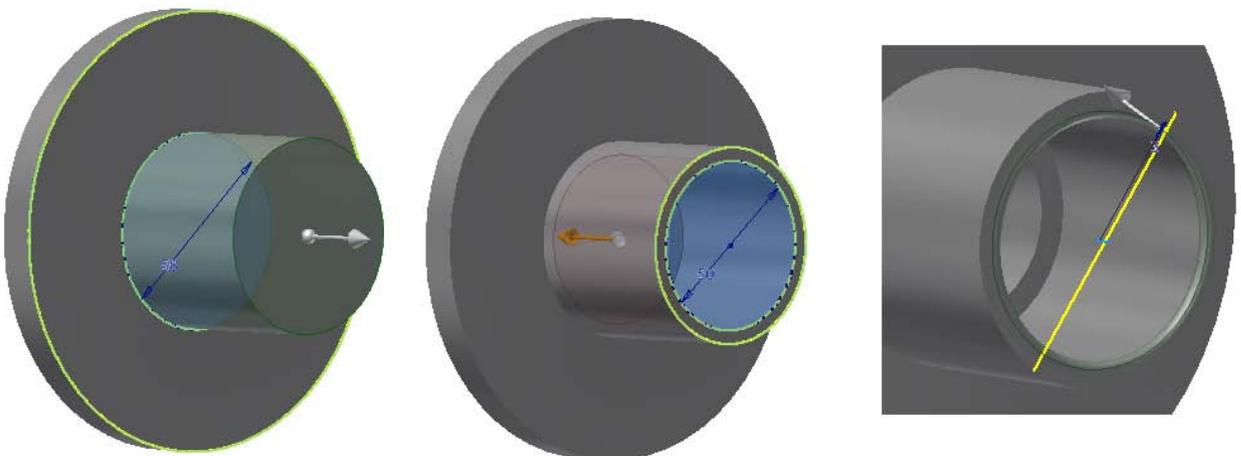


Figura 5.84: Diferentes pasos del modelado del buje de ruedas.

Por último se realizan cuatro perforaciones para los cuatro tornillos que sujetan la llanta, de forma que su posición coincida exactamente con la de las perforaciones de la llanta. Tras esto se realizan varios empalmes para mejorar el acabado, y se selecciona el material del buje, (figura 5.85).

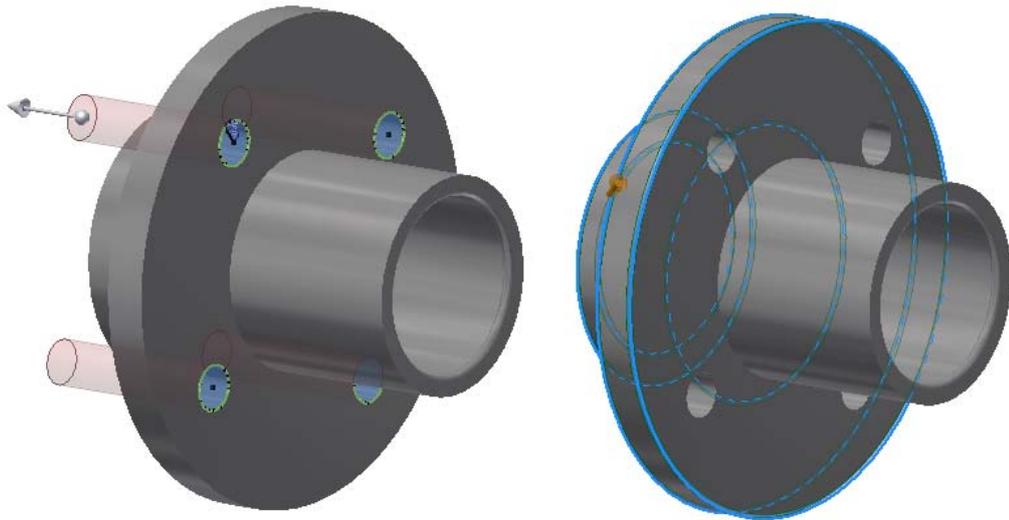


Figura 5.85: Perforaciones y empalmes en el buje de ruedas.

- **Jaula:** Se puede observar la jaula de uno de los cojinetes de bolas en la figura 5.86:



Figura 5.86: Modelo paramétrico de la jaula de un cojinete de bolas.

En la grada de discos del proyecto existen dos tipos diferentes de cojinetes, los de bolas utilizados en las ruedas, y los de cilindros utilizados en los grupos de discos. Debido a su similitud en cuanto a modelado se refiere, se analizará únicamente el de bolas.

La jaula del cojinete de bolas permite albergar a todas las bolas de forma que rueden sobre la corona interior o exterior sin salirse de ellas. Para su modelado se realizó una revolución de un rectángulo, de forma que se obtenía un anillo. Sobre la superficie de este anillo, era necesario realizar las oquedades para las bolas, por lo que se definió un plano paralelo a otro plano tangente a la superficie, de forma que el centro de la bola que allí se albergaría, quedara justo a la mitad de las caras interior y exterior del anillo. Sobre este plano se diseñó un boceto de una semicircunferencia, que tras su revolución dejó una oquedad igual al volumen que "mordería" o que intersectaría la bola con el anillo. Conseguida una oquedad, únicamente había que repetir la operación mediante el comando patrón circular que ofrece Inventor, concretamente, 11 veces. Por último se realizaron algunos chaflanes y

empalmes, para mejorar el acabado, y se seleccionó el material de la jaula. Se pueden observar estos pasos en la figura 5.87.

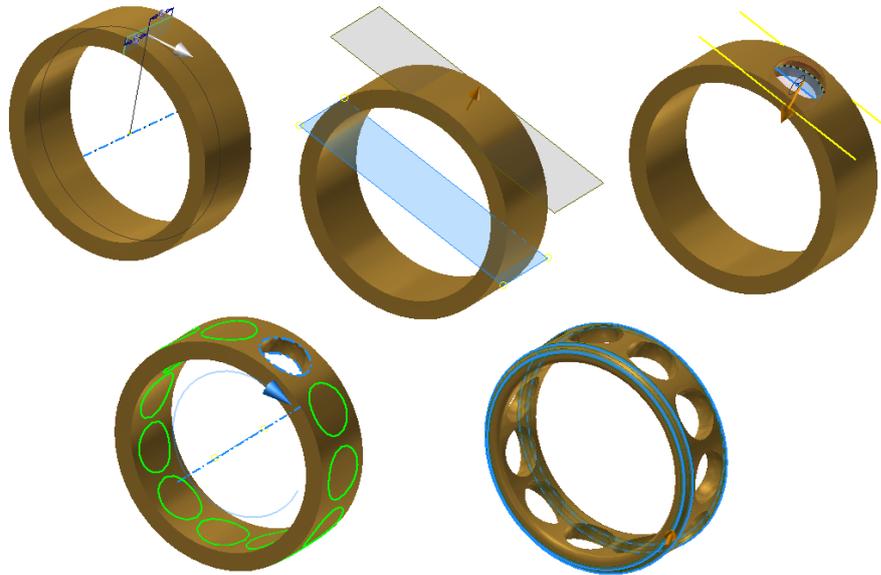


Figura 5.87: Diferentes pasos del modelado de la jaula de un cojinete de bolas.

- **Corona interior:** Se puede observar la corona interior de uno de los cojinetes de bolas en la figura 5.88:



Figura 5.88: Modelo paramétrico de la corona interior de uno de los cojinetes de bolas.

Este elemento se apoya en su interior en el eje cuadrado de las ruedas, que atraviesa el buje, y sobre el ruedan las bolas del cojinete.

Su modelado se realizó a partir de la extrusión de un cilindro base de diámetro igual al diámetro final de la corona. Sobre este cilindro se revolucionó una oquedad en todo el perímetro igual a la superficie que "morderían" las bolas al rodar sobre él, es decir, se revolucionó un arco de un determinado radio, igual al de la corona exterior. Tras esto se extrusionó otro cilindro ahora de menor diámetro y quitando material, para configurar la

forma interior de la corona. Tras esto se achaflanaron las aristas surgidas de la última extrusión y se extrusionó un cuadrado de las dimensiones del eje sobre el que se monta el cojinete. Por último se seleccionó el material de la corona. Se observan estos pasos en la figura 5.89.

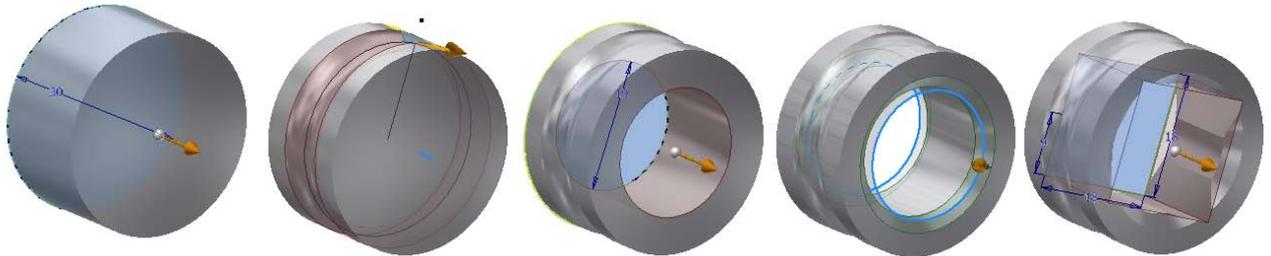


Figura 5.89: Diferentes pasos del modelado de la corona interior de uno de los cojinetes de bolas.

- **Tapa guardapolvos:** Se puede observar la tapa guardapolvos del buje en la figura 5.90:



Figura 5.90: Modelo paramétrico de la tapa guardapolvos del buje de ruedas.

Este elemento tiene la función de evitar la entrada de polvo al interior del buje donde se albergan los cojinetes. Para su modelado se partió de la revolución de un boceto que ya incluía el perfil final de la tapa, es decir, en el boceto se incluían los rebordes que la tapa posee para su fijación en el buje, de forma que al revolucionarlo solo era preciso la realización de algunos empalmes para conseguir el acabado final de la parte exterior. Para elaborar el interior, se extruyó un cilindro quitando material, de forma que quedara una gran oquedad interior. Tras esto se realizaron varios empalmes que proporcionaban un mejor acabado final. Por último, mediante el comando repujado, se cinceló una grabación en la cara superior, para ello fue necesario definir primero un plano paralelo a esta cara, donde se crearía el boceto que después se cincelaría sobre la cara superior de la tapa. Para acabar, como es habitual, se seleccionó el material de la tapa guardapolvos. Se pueden observar estos pasos en la figura 5.91.

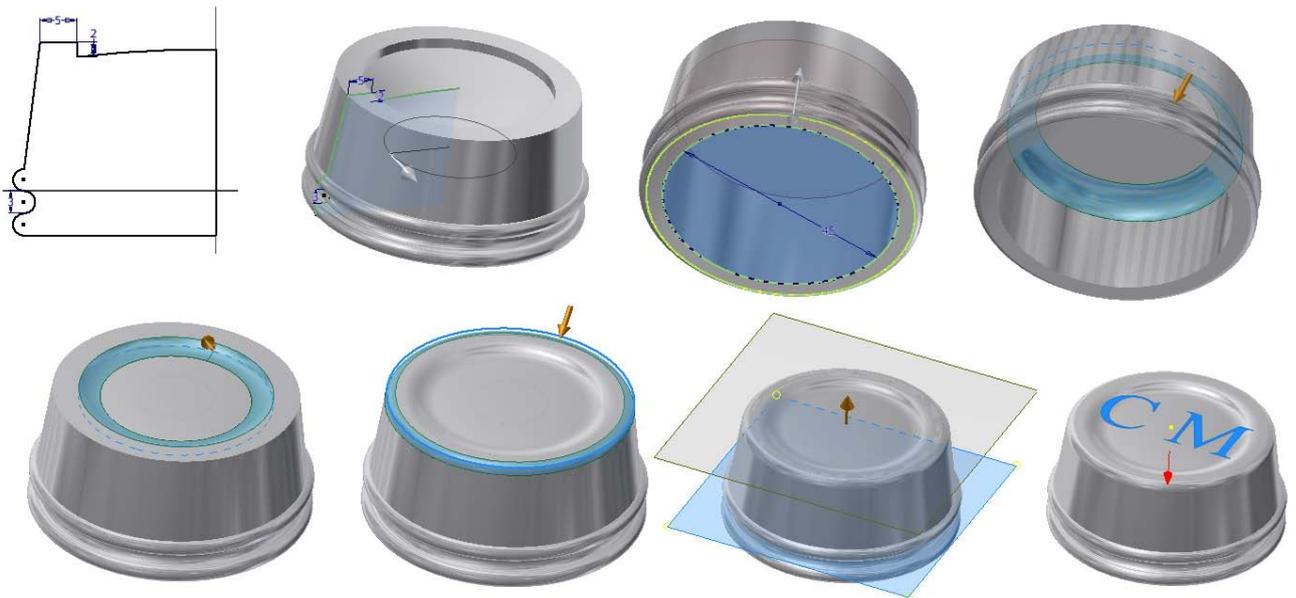


Figura 5.91: Diferentes pasos del modelado de la tapa guardapolvos.

- **Rascador:** Se puede observar el rascador de los discos en la figura 5.92:

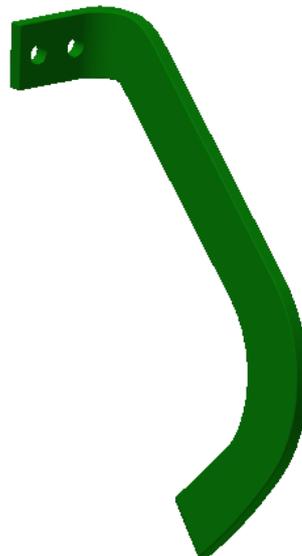


Figura 5.92: Modelo paramétrico de rascador de discos.

Este elemento tiene la función de rascar el disco junto al que se monta para eliminar el barro adherido que impide un buen funcionamiento de la grada de discos. Para ello, debe tener una forma concreta, manteniéndose cerca del disco en todo momento.

Su modelado se basa en dos extrusiones y multitud de empalmes para conseguir la forma deseada. En primer lugar se extruye una pletina rectangular con dos orificios ya practicados en ella para los tornillos que fijan el rascador a la grada. Tras esto, es necesario la definición de un plano con un determinado ángulo que resulta crítico para el correcto diseño del rascador. Conseguido este plano, sobre él se diseña el boceto correspondiente, y se

extruye para dar forma al resto del rascador. Por último, se realizan multitud de empalmes que dan el acabado final, se escoge el material del rascador, y se le da color a las superficies. Se observan estos pasos en la figura 5.93.

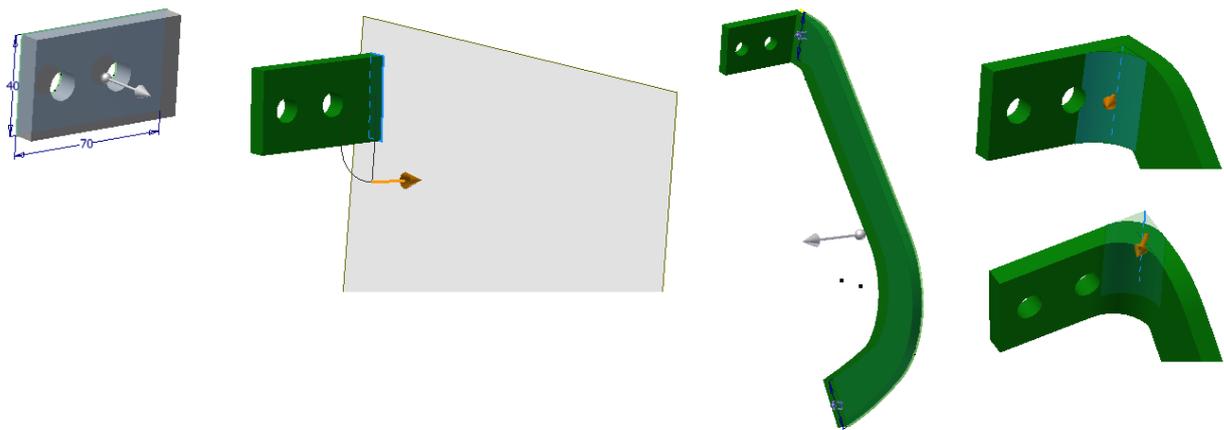


Figura 5.93: Diferentes pasos del modelado del rascador.

- **Disco:** Se puede observar uno de los discos en la figura 5.94:



Figura 5.94: Modelado paramétrico del disco.

El disco se trata de una pieza sencilla pero de gran importancia. Su curvatura es crucial para realizar una buena labor sobre el terreno. Tras su determinación experimental mediante distintas mediciones, se traspasó a un boceto de Inventor, de forma que la revolución del mismo daría como resultado una representación paramétrica idéntica al disco real, por tanto, tras el diseño del boceto teniendo en cuenta la espesura del disco, se revolucionó consiguiendo el resultado que se observa en la figura 5.95. Tras esto, se extrusionó un cuadrado en el centro del disco de las mismas dimensiones que el eje también cuadrado sobre el que se monta. Por último se seleccionó el material del disco. Se observan los distintos pasos en la figura 5.95.

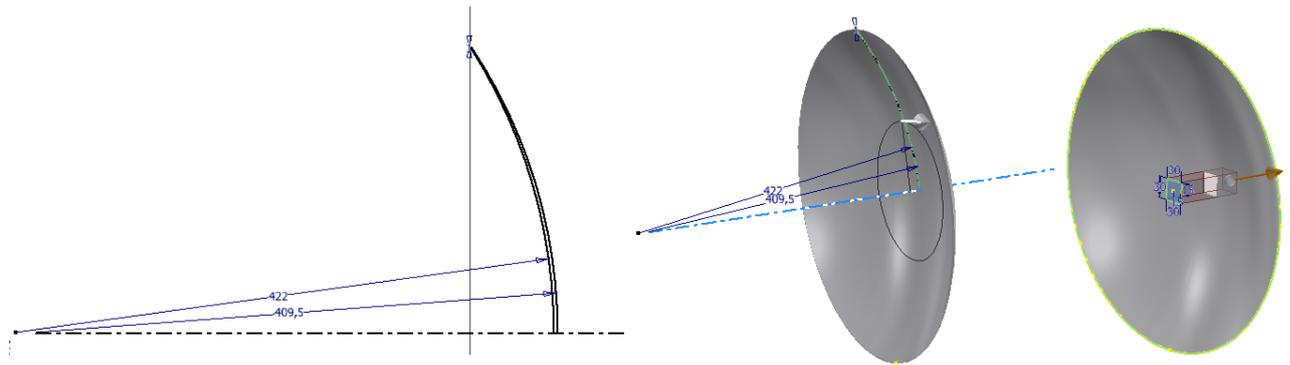


Figura 5.95: Diferentes pasos del modelado del disco.

- **Separador dividido:** Se puede observar el separador dividido o separador partido en la figura 5.96:



Figura 5.96: Modelo paramétrico del separador partido.

El separador dividido o separador partido es una de las dos piezas que componen lo que sería un separador total entre discos. Su configuración dividida es debida a que entre ellos se alberga el buje que contiene el cojinete del grupo de discos, por tanto, uno de ellos abraza a un disco por el exterior, como es el caso de este separador, y el otro por el interior, diferenciándose en la concavidad o convexidad de la cara que da hacia el disco.

Su modelado se basa en la extrusión de un cilindro base y sobre este otro de menor diámetro, que da cuerpo al separador. Tras esto, se revolucionó un boceto que generaba una transición suave entre los dos cilindros anteriores, tal y como es el separador real. Tras unos empalmes para mejorar el acabado, se extruyó un cuadrado de las dimensiones del eje del grupo de discos en toda la longitud del separador, de forma que aparecía una oquedad cuadrada para poder introducirse en el eje también cuadrado. Por último se revolucionó un boceto en la cara correspondiente del separador para conseguir una concavidad igual a la del disco sobre el que se apoya, y se seleccionó el material del separados. Se pueden observar estos pasos en la figura 5.97.

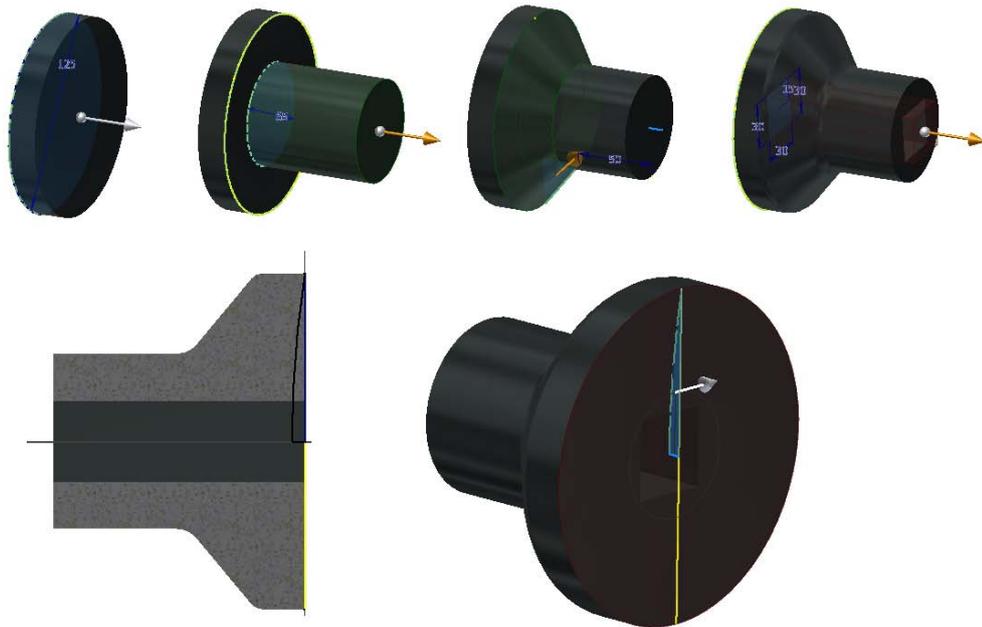


Figura 5.97: Diferentes pasos del modelado del separador dividido.

- **Buje de discos:** Se puede observar el buje del grupo de discos en la figura 5.98:



Figura 5.98: Modelo paramétrico del buje del grupo de discos.

Este buje alberga a uno de los cojinetes del grupo de discos además de servir de base para la unión con la estructura. Cuenta con dos ranuras para albergar dos grandes circlips que mantienen en su posición al cojinete, y con una superficie plana donde se apoya la estructura de la grada de discos.

Su modelado es sencillo, se basa en la extrusión de un boceto inicial que da una forma base al buje, incluyendo el agujero central donde se introduce el cojinete. Para poder colocar los tornillos que sujetan el grupo de discos a la estructura, el buje cuenta con unos rebajes para conseguir una cara plana por ambos lados del tornillo. Para modelar esto se definió un plano a la altura correspondiente y sobre este un boceto con la forma de los "rebajes",

para una vez extruidos obtener la forma deseada tal y como se refleja en la figura 5.99. Tras esto se realizaron las perforaciones para los tornillos, teniendo en cuenta que su posición debe ser exacta para coincidir con los agujeros de la estructura. Por último se modelaron las ranuras para los circlips mediante la extrusión de bocetos creados en planos definidos a la altura donde se encuentran las ranuras, se realizaron algunos empalmes para mejorar el acabado y se seleccionó el material del buje. Se observan estos pasos en la figura 5.99.

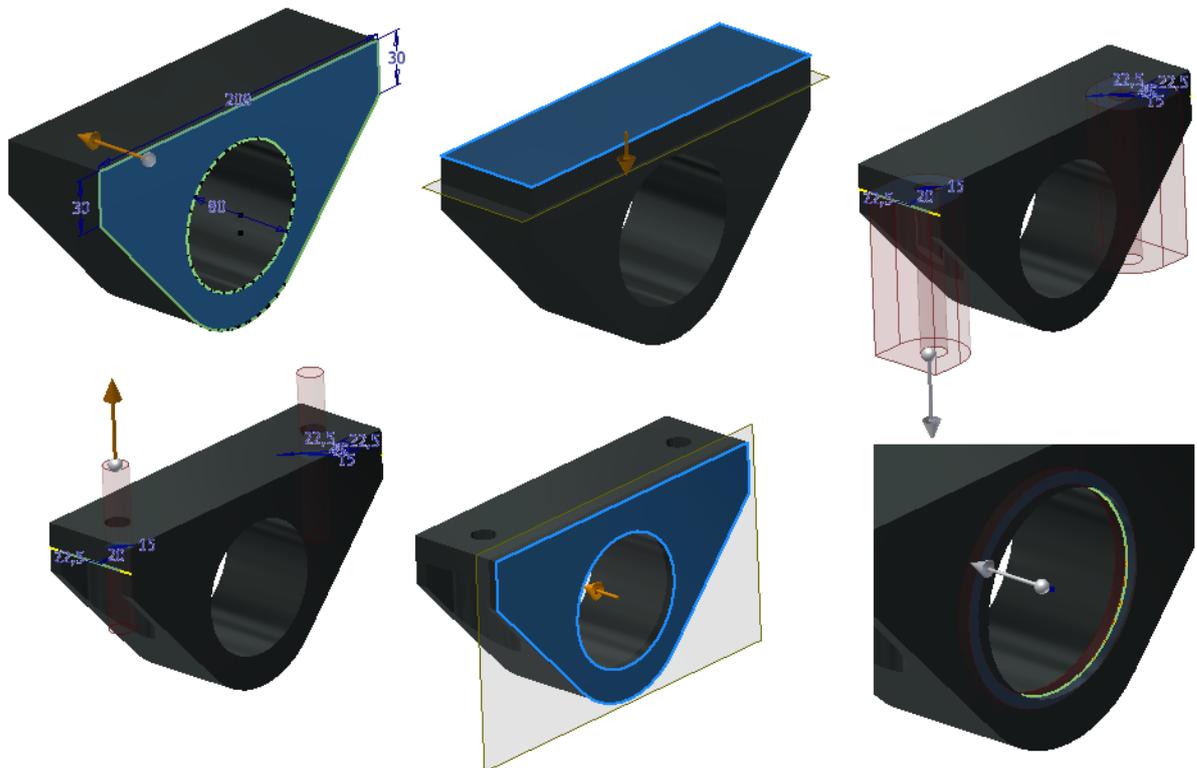


Figura 5.99: Diferentes pasos del modelado del buje de discos.

- **Separador:** Se puede observar uno de los separadores de discos en la figura 5.100:



Figura 5.100: Modelado paramétrico de uno de los separadores de discos.

Este separador a diferencia del anteriormente explicado es enterizo, por lo que se trata de la única pieza que separa dos discos consecutivos, y se encarga de mantener estos discos a una distancia concreta entre ellos. Debido a que se apoya por un lado en la parte convexa de un disco y por el otro en la parte cóncava de otro disco, sus laterales cuentan con superficies cóncavas y convexas para adaptarse a la forma de los discos.

Su modelado se basa en la extrusión de tres cilindros bases que dan lugar a un sólido similar a una pesa de gimnasio. Sobre ambos extremos se revoluciona un boceto que da la forma redondeada característica de los laterales del separador. A continuación se crean dos bocetos con el perfil de la concavidad o convexidad de los discos, para después ser revolucionados y conseguir así la forma adecuada, teniendo en cuenta que la superficie convexa deberá ser revolucionada añadiendo material, y la cóncava quitando material. Por último se extrusionó el cuadrado que provoca una oquedad que atraviesa todo el separador longitudinalmente con las dimensiones del eje cuadrado sobre el que se monta. Se realizaron algunos empalmes para mejorar el acabado, y se seleccionó el material del separador. Se pueden observar estos pasos en la figura 5.101.

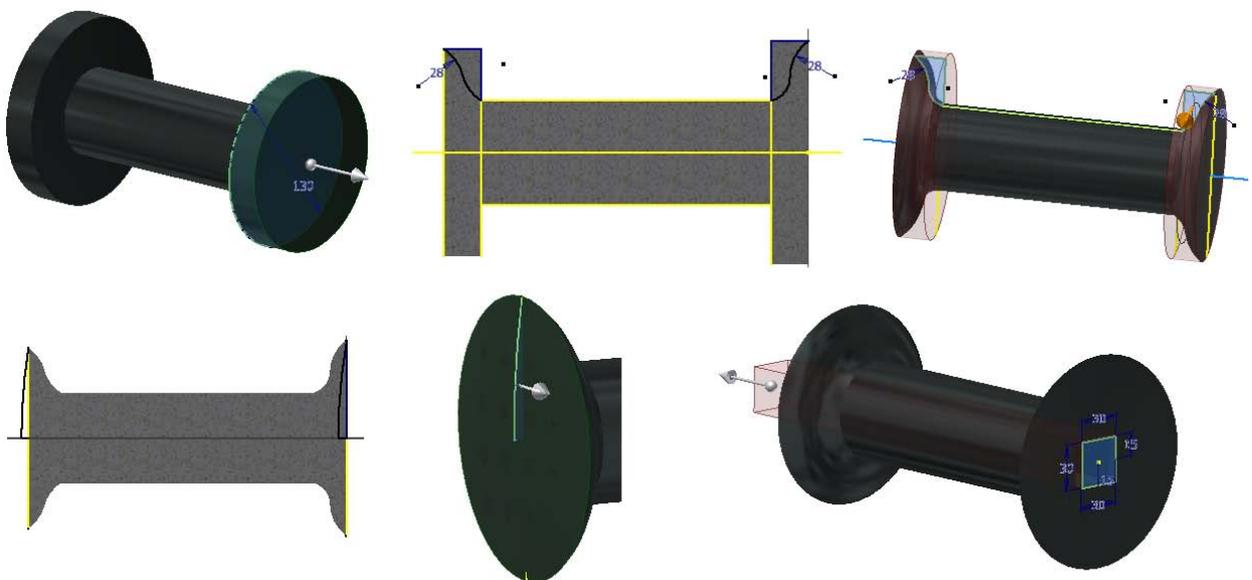


Figura 5.101: Diferentes pasos del modelado paramétrico de uno de los separadores de discos.

- **Clip:** Se puede observar uno de los clips en la figura 5.102:



Figura 5.102: Modelado paramétrico de uno de los clips.

Se trata de una pieza sencilla cuya función es la de sujetar o hacer de tope a otros elementos para evitar su salida de la posición de trabajo o similar.

La dificultad de su modelado radica en el diseño del boceto, que cuenta con diferentes curvaturas que deben ser coherentes para obtener una forma correcta del clip final, sin crear intersecciones tras el extrusionado o barrido. Los clips están modelados con la utilización de la herramienta barrido que ofrece Inventor, esta herramienta precisa de un perfil para extruir, y de una ruta por la que seguir la extrusión. Por ello es preciso el diseño de otro boceto en el que se define el perfil del clip en cuestión, en este caso una circunferencia. Realizados los bocetos, únicamente era necesario aplicar la herramienta barrido, generándose el clip tal y como se observa en la figura 5.102. Por último se seleccionó el material para el modelo. Se observan estos pasos en la figura 5.103.

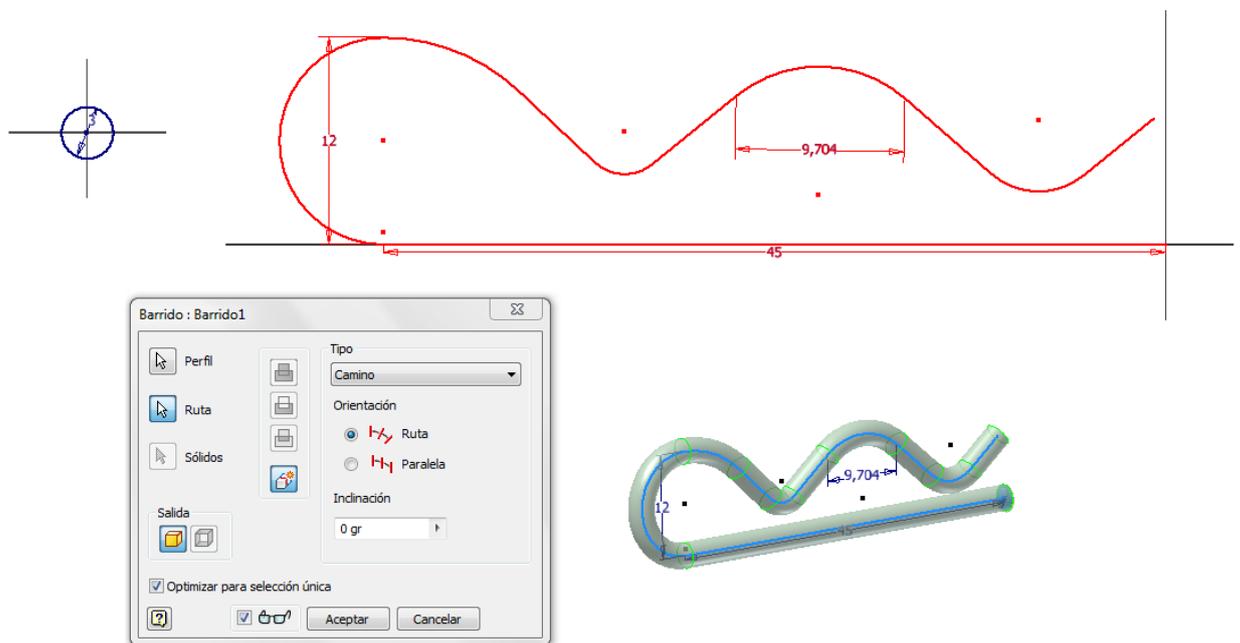


Figura 5.103: Diferentes pasos del modelado de uno de los clips de la grada de discos.

5.2.3 Ensamblajes

El ensamblado de todas las piezas anteriormente modeladas se realizó en el entorno que Autodesk Inventor ofrece para ello, es decir, en archivos .iam, en los que se permite establecer restricciones geométricas entre las distintas piezas para conseguir el mecanismo final programado.

Para simplificar el proceso se realizaron ensamblajes por grupos de piezas, es decir, se ensamblaron por separado distintas partes de la grada de discos y después se ensamblaron a su vez esos ensamblajes para terminar por conseguir un ensamblaje total de la grada de discos completa. De esta manera, lo primero que se ensambló fue la estructura principal de la grada, ensamblaje que se consideró el principal y sobre el cual se añadirían el resto de ensamblajes o piezas. Tras él se ensambló la estructura que soporta la ruedas, la estructura que soporta el eje delantero y la que soporta el eje trasero, el propio eje delantero y trasero, y ensamblajes más pequeños como el de un cojinete, un engrasador, o una de las válvulas tubeless. Por último se realizó el ensamblaje total de la grada, en el que además de los ensamblajes anteriores, había que

incluir elementos como las manivelas, el sistema de regulación del ángulo entre ejes, las bieletas, los engrasadores, etc.

Atendiendo por tanto a cada uno de los ensamblajes realizados cabe decir lo siguiente:

- **Ensamblaje de la estructura principal:** Se puede observar el ensamblaje de la estructura principal en la figura 5.104:

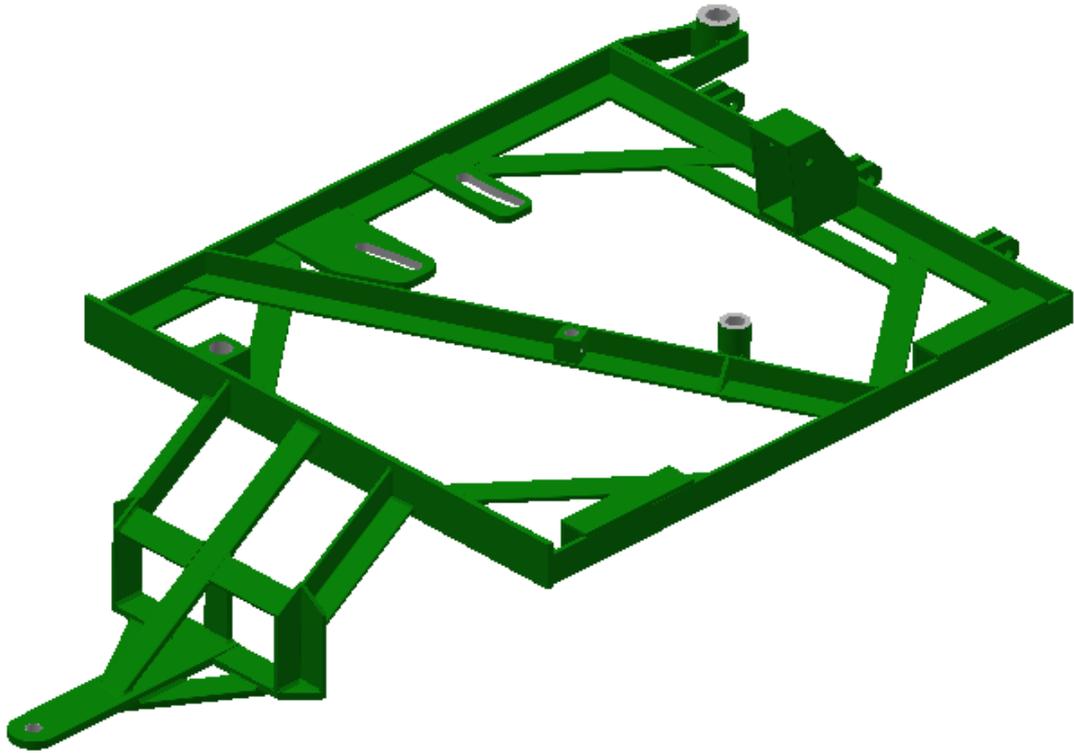


Figura 5.104: Ensamblaje de la estructura principal.

Este ensamblaje cuenta con 38 piezas unidas entre sí mediante restricciones geométricas de coincidencia, ángulo, tangencia o inserción. Se trata pues de eliminar los grados de libertad de cada una de las piezas, ya que es una estructura y ninguno de sus elementos a de moverse. Fue necesario la definición de diferentes planos de trabajo para establecer restricciones respecto a estos planos de manera que se consiguiera situar la pieza en el lugar deseado.

En esta estructura, para conseguir una simulación aún más realista se realizaron soldaduras entre las piezas mediante el entorno de soldadura que ofrece Inventor. En él es necesario indicar las dimensiones del cordón y las caras a unir, además de la dirección de soldadura. Se pueden observar algunos ejemplos de cordones en la figura 5.105:

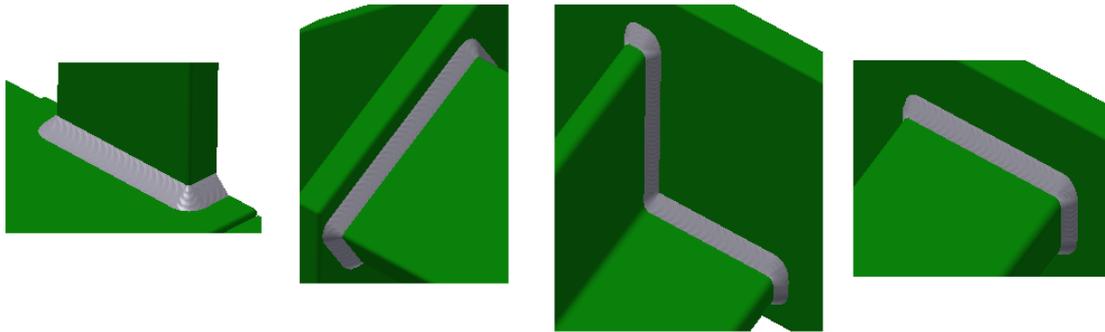


Figura 5.105: Ejemplos de cordones de soldadura de la estructura principal de la grada.

El proceso de ensamblaje se comenzó con la barra principal de enganche al tractor y sobre ella se fueron añadiendo las demás mediante restricciones, conformando así el enganche completo, de tal manera que sobre la barra principal hay aplicadas 13 restricciones de las barras adyacentes como se observa en la figura 5.106.



Figura 5.106: Restricciones sobre la barra principal.

Tras esto se ensambló el marco de la estructura, la barra diagonal que lo atraviesa, las escuadras, pletinas, soportes, y el resto de piezas que componen esta estructura. Con todo ello se obtuvo el modelo que se observa en la figura 5.104.

- **Ensamblaje de la estructura de ruedas:** Se puede observar el ensamblaje de la estructura de las ruedas en la figura 5.107:



Figura 5.107: Ensamblaje de la estructura de las ruedas.

Este ensamblaje por su parte cuenta con 8 piezas de nuevo unidas mediante restricciones. En este caso la pieza base sobre la que se fueron uniendo las demás fue la "U" invertida que une el marco con los tirantes. Se realizaron ajustes en las piezas para un correcto ensamblado de las mismas más eficaz y sencillo, como los que se observan en la figura 5.108. También se añadieron restricciones que podrían obviarse pero que se utilizaron para conseguir una uniformidad y estabilidad en el modelo, como por ejemplo la restricción de mantener en la misma posición las tres pletinas que unen la estructura de las ruedas con la estructura principal de la grada, es decir, se incluyó una restricción para que la pletina central se mantuviera con el mismo ángulo de inclinación que las laterales.



Figura 5.108: Ajustes para un buen ensamblado en la estructura de las ruedas.

- **Ensamblaje de la estructura de eje:** Se puede observar el ensamblaje de la estructura que soporta el eje delantero en la figura 5.109:



Figura 5.109: Ensamblaje de la estructura que soporta el eje delantero.

El ensamblaje de la estructura que soporta el eje delantero y el ensamblaje de la estructura que soporta el eje trasero son idénticos con la salvedad de que en la estructura que soporta el eje trasero todos los elementos están invertidos, es decir, por ejemplo los rascadores se posicionan virados al contrario respecto a los de esta estructura, pues los discos están orientados también al contrario, otro ejemplo es el de las bieletas, que se unen a la parte "delantera" de la estructura, mientras que en el eje delantero las bieletas se unen en la parte "trasera" de la estructura que soporta el eje.

El ensamblaje cuenta con 50 piezas de nuevo unidas mediante restricciones, como peculiaridad decir que el ensamblaje de los rascadores resultó complejo teniendo que modificarse levemente el diseño de los mismos en varias ocasiones, esto fue debido a la proximidad de los rascadores a otros elementos, como se observa en la figura 5.110. Otra peculiaridad fue la aplicación de una insignificante extrusión (0,1 mm) en la base del eje de giro de la estructura con la forma circular del propio eje, lo que facilitaba enormemente el ensamblaje de estos dos elementos, pues con la restricción de inserción el ensamblaje se conseguía de un solo paso (figura 5.110). En caso de no haber realizado esta extrusión, habría sido necesario la aplicación de al menos tres restricciones, y la definición de dos planos de trabajo, aplicando sobre ellos restricciones con desfase.

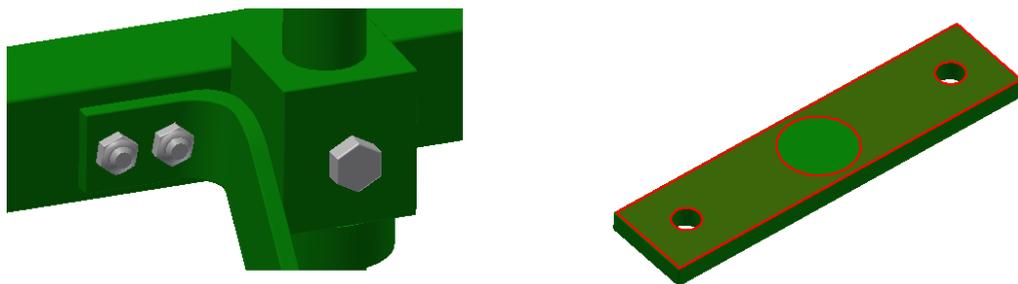


Figura 5.110: Diferentes peculiaridades del ensamblaje de la estructura que soporta el eje.

La pieza base en este caso en el proceso de ensamblaje es la viga de perfil en L sobre la que se unen todas las demás, los rascadores se sujetan mediante dos tornillos y dos tuercas cada uno, también se une con tuercas a la viga base el pilar que apoya en uno de los bujes del grupo de discos, mientras que el otro, el eje de giro, dispone de una pieza soldada a la viga en L en la que se introduce el eje que se fija a esta mediante un tornillo que rosca en ambos elementos. Por último, cabe decir que en el proceso de ensamblaje es imprescindible que ambas bases que apoyan en los bujes del eje estén perfectamente niveladas, para evitar descompensaciones o un mal apoyo que podría provocar daños en la estructura u otra parte.

- **Ensamblaje del grupo de discos:** Se puede observar el ensamblaje del grupo de discos delantero en la figura 5.111:



Figura 5.111: Ensamblaje del grupo de discos delantero.

De nuevo el ensamblaje del grupo de discos trasero es idéntico al delantero, con la salvedad de que se monta invertido en la grada para conseguir un funcionamiento correcto del conjunto.

El ensamblaje cuenta con 60 piezas, de las cuales el eje cuadrado es la pieza base sobre la que se montan las demás. Este ensamblaje, como todos los demás, sigue el proceso real de montaje, de manera que en este caso se van introduciendo los elementos en orden sobre el eje, siendo en primer lugar la arandela del extremo, tras ella el primer disco, un separador, el buje junto con el cojinete, otro separador, el siguiente disco, etc. Todo este montaje se consigue como es lógico gracias a las restricciones de las piezas sobre el eje y sobre las piezas adyacentes. Como peculiaridad decir que una de las restricciones de importancia para este ensamblaje es la de coincidencia de superficies entre discos y separadores, para lo que deben estar perfectamente modeladas de manera que coincidan

sin ningún error, pues cualquier mínimos detalle incorrecto en las superficies haría imposible el ensamblaje entre estas piezas.

- **Ensamblaje cojinete de bolas:** Se puede observar el ensamblaje de uno de los cojinetes de bolas en la figura 5.112:



Figura 5.112: Ensamblaje de cojinete de bolas.

La grada cuenta con cuatro de estos cojinetes, dos en cada buje de ruedas, a su vez cuenta con otros cuatro similares pero de rodillos, que se sitúan en los bujes de los grupos de discos. El ensamblaje en ambos tipos de cojinetes es similar, aplicándose casi las mismas restricciones para ensamblar el conjunto de elementos que forman cada cojinete.

Cuenta con 18 piezas, de las cuales únicamente se ven las juntas exteriores y la corona exterior. En su interior cuenta con la jaula, cuya disposición se observa en la figura 5.113, y las bolas, además de la corona interior y otras dos juntas. Para el ensamblaje de la jaula se hizo coincidir su eje con el de la corona interior, y tras esto las caras externas, de manera que solo quedara un grado de libertad y la corona pudiera girar en torno a la corona interior. Un detalle importante para el ensamblaje es que los huecos existentes en la corona coincidan exactamente con la superficie de las bolas, de tal manera que con una restricción de coincidencia de caras queda ensamblado el conjunto de las bolas y la jaula en la corona interior. Este ensamblaje permite por tanto el movimiento relativo de unas piezas respecto a otras, debido a que no se han eliminado todos los grados de libertad, para conseguir un mecanismo, y no una estructura como anteriormente.

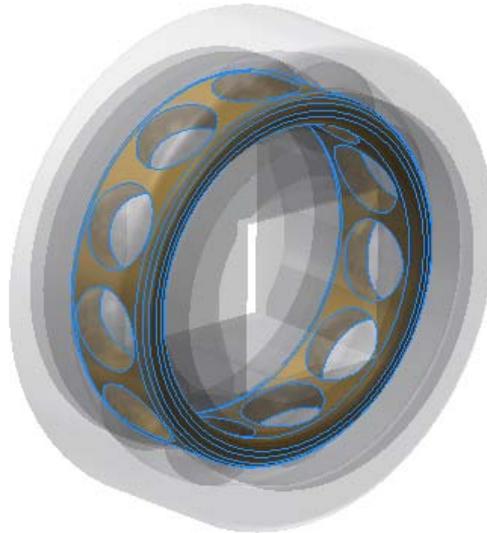


Figura 5.113: Disposición de la jaula en el interior del cojinete.

- **Ensamblaje engrasador:** Se puede observar el ensamblaje del engrasador en la figura 5.114:



Figura 5.114: Ensamblaje de engrasador.

Se trata de un ensamblaje de únicamente tres componentes. En este caso el cuerpo del engrasador es la pieza base sobre la que se insertan las demás. La bola cuenta con una restricción de tangencia, de tal manera que la superficie de la bola deberá ser tangente a la superficie interna del cuerpo del engrasador, que posee la misma geometría. El muelle por su parte cuenta con una restricción de coincidencia de ejes de tal manera que se alinea con la oquedad del cuerpo donde debe encajar, también cuenta con otra restricción de nivelación, de tal manera que el muelle apoye sobre la cara interior de la oquedad del cuerpo del engrasador. Para conseguir realizar esta última inserción o restricción, se aplanó el muelle en su cara inferior de forma que apoyara sobre la superficie interna y permitiera aplicar la restricción con facilidad, ya que en caso de no haber realizado este paso sería

necesaria la definición de distintos planos auxiliares, aplicar restricciones sobre los mismos, etc. Se puede observar el aplanamiento del muelle en la parte inferior de la figura 5.115.



Figura 5.115: Ilustración de montaje y aplanamiento de la parte inferior del muelle del engrasador.

- **Ensamblaje válvula tubeless:** Se puede observar el ensamblaje de la válvula tubeless en la figura 5.116:



Figura 5.116: Ensamblaje de la válvula tubeless.

La grada cuenta con dos de estas válvulas, una por neumático. Su ensamblaje se forma a partir de 10 piezas insertadas la mayoría en el interior del cuerpo principal de la válvula que se observa en la figura 5.117, este a su vez se encuentra en el interior de la goma que da forma a la válvula tubeless. Sobre la rosca superior del cuerpo principal se dispone el tapón

cuyo ensamblaje se basa en una inserción. En el interior del cuerpo principal se insertan el resto de componentes, situándose a la altura adecuada mediante restricciones sobre planos auxiliares definidos para tal fin. En la figura 5.117 se observa la disposición del cuerpo interior y de la varilla de la válvula dentro del cuerpo principal.

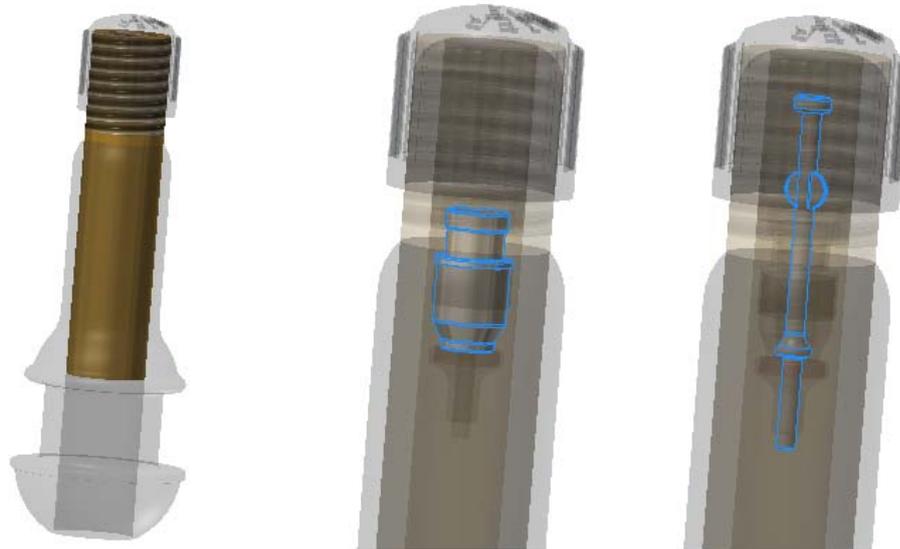


Figura 5.117: Disposición de diferentes elementos en el ensamblaje de la válvula.

- **Ensamblaje total:** Se puede observar el ensamblaje total de la grada de discos en la figura 5.117:

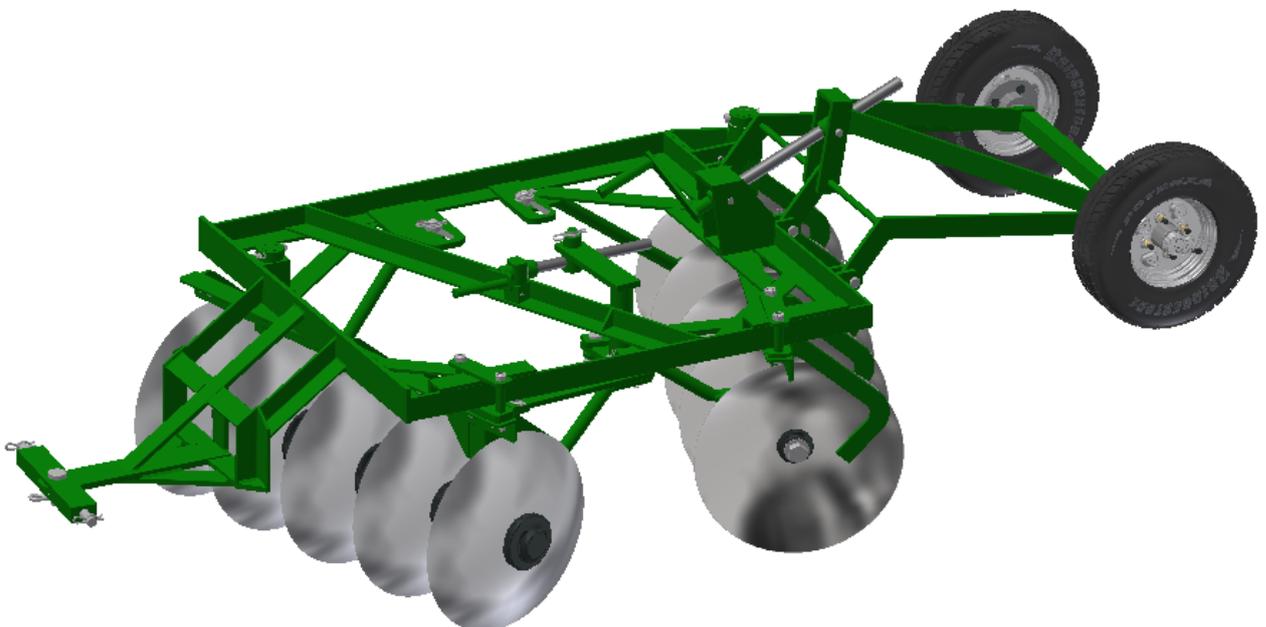


Figura 5.117: Ensamblaje total de la grada de discos.

El ensamblaje total de la grada de discos es el más importante y consiste en la unión de los distintos ensamblajes antes realizados además de una serie de piezas independientes como son las manivelas, el enganche, las ruedas, etc.

El ensamblaje total cuenta con 16 sub-ensamblajes debido a repeticiones de los anteriores, y además con 105 piezas adicionales que no se incluyen en estos ensamblajes, de esta forma, la grada está constituida por 475 piezas que le dan forma, unidas todas ellas con restricciones geométricas además de alguna de movimiento para simular el funcionamiento real de los distintos mecanismos de la grada.

El ensamblaje base en este caso, sobre el que se añadieron todas las demás piezas y ensamblajes, es la estructura principal, estableciéndose además como elemento fijo en inventor de forma que no se pueda mover, pero si el resto de elementos unidos a ella.

El proceso de ensamblaje por tanto partió de la estructura principal y sobre esta se añadieron los engrasadores y todo el sistema de accionamiento para la variación del ángulo entre ejes, incluyendo manivela, tirantes, codo, etc. Tras esto se ensambló la estructura de las ruedas, junto con la manivela que acciona este mecanismo, y sobre esta estructura, se ensamblaron ejes, bujes, cojinetes, llantas, neumáticos y demás elementos que constituyen las ruedas. Para continuar se ensamblaron las estructuras que soportan tanto el eje delantero como el trasero, así como los ejes o grupos de discos delantero y trasero. Por último se añadieron pasadores, clips, etc. que dan el remate final a la grada.

Este ensamblaje se diferencia de los demás en que se han añadido simulaciones para las restricciones de los mecanismos, es decir, en lugar de establecerse una restricción fija que impide el movimiento de un elemento o conjunto de elementos, se han establecido restricciones que permiten el movimiento entre dos valores predefinidos. De esta forma, el sistema de regulación del ángulo entre ejes permite el movimiento entre 165° y 105° respecto a la viga diagonal de la estructura principal (figura 5.118), de forma que no solo se mueve la manivela y el codo, si no que arrastra consecuentemente a los grupos de disco consiguiendo una simulación del movimiento idéntico al que se produce realmente. Además, para conseguir que el sistema avance o retroceda en función del movimiento giratorio de la manivela, se han establecido restricciones de movimiento, de forma que por una vuelta completa de la manivela, el sistema se mueve X distancia, consiguiendo por tanto el efecto de roscado, en Inventor es lo que se conoce como restricción de movimiento Rotación-Traslación. Otro ejemplo es el sistema de elevación de la grada, es decir, la estructura de ruedas junto con las ruedas etc. En este caso la estructura posee una restricción de ángulo, de forma que puede variar entre 80° y 38° respecto de la estructura principal, simulándose así el funcionamiento real del mecanismo, además de nuevo se ha establecido la restricción de movimiento entre manivela y rosca, de forma que por cada vuelta de la manivela la estructura se mueve un determinado ángulo. Se observan estas restricciones en la figura 5.118.

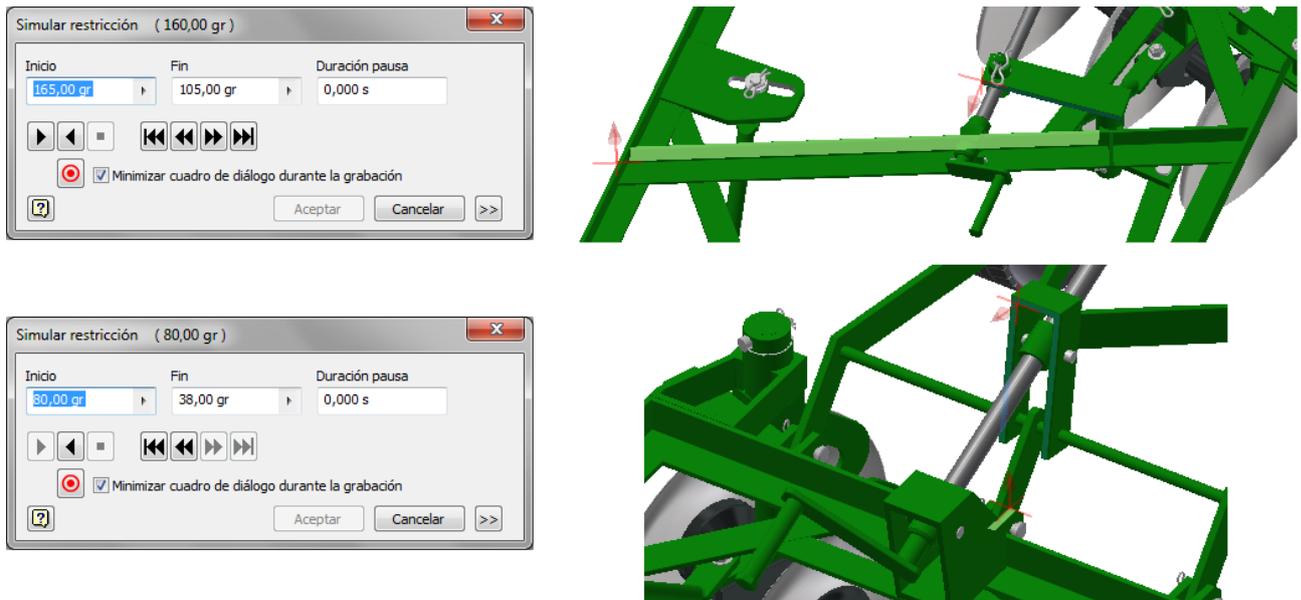


Figura 5.118: Restricciones sobre los mecanismos de la grada.

Como curiosidad decir que uno de los ensamblajes más complicados fue el de las bieletas que unen el sistema de regulación del ángulo entre ejes con los grupos de discos, pues las bieletas debían coincidir no solo con las perforaciones para los tornillos si no también en altura con las superficies sobre las que se apoya y con las bieletas rectas que se sitúan encima de ellas, tras diferentes pruebas y ensayos se consiguió un ensamblaje perfecto del conjunto.

5.2.4 Explosionados

Las presentaciones o explosionados se realizan en el entorno que Autodesk Inventor ofrece para ello, obteniéndose archivos .ipn. En ellos se ilustra el proceso de montaje o desmontaje de un ensamblaje, de forma que en el caso de la grada de discos del proyecto se realizaron tantas presentaciones como ensamblajes hay, ilustrándose el montaje de cada uno de ellos así como el de la grada total. Además, Inventor ofrece la posibilidad de simular diferentes movimientos al mismo tiempo, de forma que por ejemplo para el montaje de una pieza roscada, en la presentación puede observarse el avance del tornillo a la vez que su rotación dando un efecto de roscado sobre la pieza en cuestión. Otra de las cosas que ofrece Inventor en la creación de presentaciones que resulta de gran interés es la posibilidad de guardar las vistas o cámaras desde las que ver el proceso de montaje o desmontaje, pues cuando existen multitud de piezas, es necesario cambiar de vistas continuamente para poder ver el proceso ya que en caso contrario unas piezas taparían a otras impidiendo la visibilidad.

Las presentaciones por tanto se dividen en secuencias, dentro de las cuales se definen los movimientos a realizar, de tal forma que los movimientos incluidos en una secuencia se realizarán al mismo tiempo. Estos movimientos se definen en inventor indicando la dirección del mismo, el componente o los componentes a mover, el origen de la trayectoria, si se trata de un movimiento rectilíneo o circular, y la magnitud de este movimiento (figura 5.119). Definiendo por tanto cada uno de los movimientos en el proceso de montaje o desmontaje, incluyéndolos convenientemente

en las secuencias, y guardando diferentes vistas para una correcta visualización de la presentación, se consiguen buenos resultados y de gran interés.

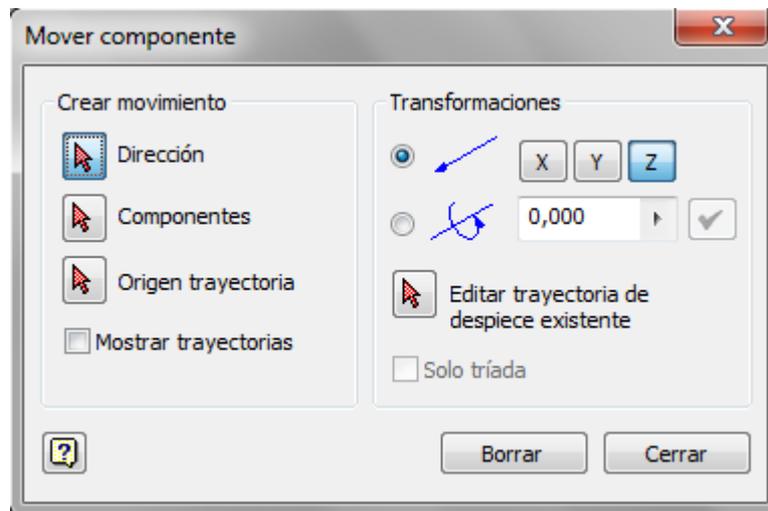


Figura 5.119: Cuadro de dialogo para mover un componente en una presentación.

Atendiendo al caso de la grada de discos del proyecto, se distinguen los siguientes explosionados o presentaciones:

- **Explosionado de la estructura principal:** Se puede observar el explosionado de la estructura principal de la grada de discos en la figura 5.120:



Figura 5.120: Explosionado de la estructura principal.

Esta presentación cuenta con 21 secuencias que van describiendo el proceso de montaje de la estructura, posee diferentes cámaras que permiten una correcta visualización del proceso. El montaje se inicia por la viga principal, a la que se le van añadiendo el resto de componentes del enganche. Al igual que en el proceso de ensamblado, tras el enganche se monta el marco de la estructura, las escuadras, barras, pletinas y demás componentes.

En esta presentación, como en todas, se combinan diferentes movimientos simultáneamente, pues al separar una pieza en el proceso de elaboración de la presentación, se ha de separar también la siguiente o las siguientes que la preceden para no intersectar entre sí, de esta forma se obtiene un explosionado que ocupa un gran volumen de espacio si el ensamblaje cuenta con muchas piezas.

- **Explosionado de la estructura de ruedas:** Se puede observar el explosionado de la estructura de las ruedas en la figura 5.121:

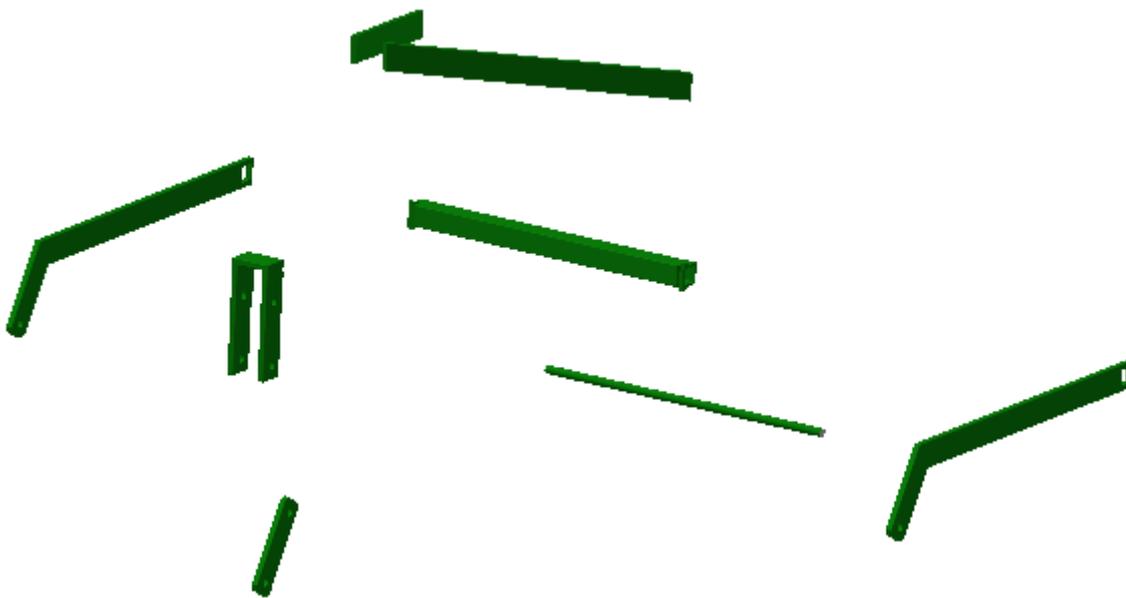


Figura 5.121: Explosionado de la estructura de ruedas.

Cuenta con 6 secuencias que describen el proceso de montaje partiendo de la "U" invertida principal, a la que se le van uniendo los laterales, los tirantes, la barra circular y el perfil en el que se introducen los ejes cuadrados de las ruedas.

- **Explosionado de la estructura de eje:** Se puede observar el explosionado de la estructura que soporta el eje delantero en la figura 5.122:

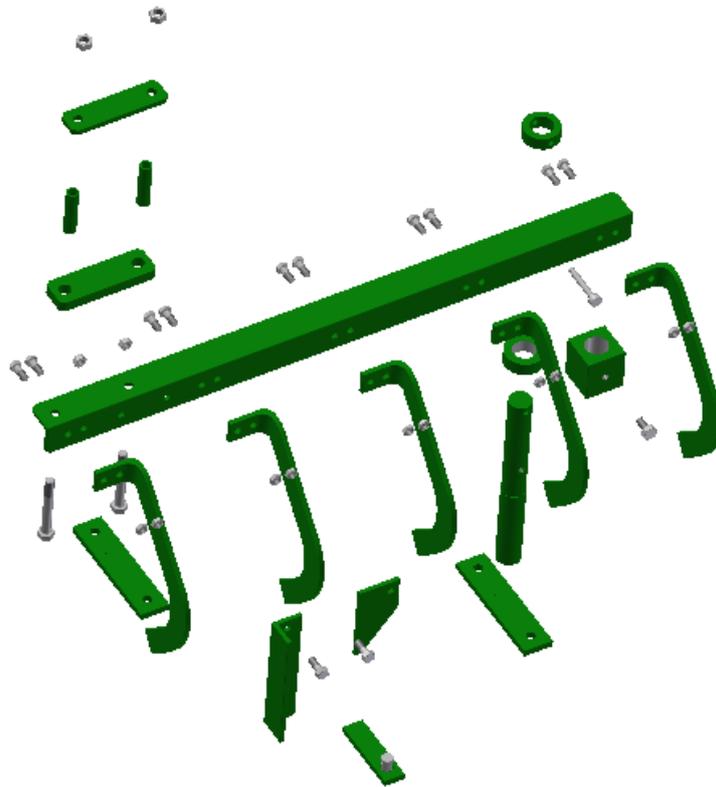


Figura 5.122: Explosionado de la estructura que soporta el eje delantero.

Esta presentación por su parte cuenta con 23 secuencias. Se inicia en la viga principal de perfil en L y sobre ella van acercándose y uniéndose el resto de componentes. Se comienza por el eje, después la pletina que soporta la estructura en el lado opuesto, tras ella los rascadores y por último el pilar que se une al otro buje del grupo de discos.

En esta presentación existen multitud de tornillos en los que se combinan la traslación con la rotación en el momento de introducirse en los elementos que pretende sujetar, de forma que la simulación es mucho más ilustrativa. Cuenta con cámaras o vistas prefijadas que dan una imagen clara del proceso de montaje/desmontaje.

El explosionado de la estructura que soporta el grupo trasero es idéntica al del delantero con la diferencia de tener las piezas invertidas.

- **Explosionado del grupo de discos:** Se puede observar el explosionado del grupo de discos en la figura 5.123:



Figura 5.123: Explosionado del grupo de discos delantero.

El explosionado del grupo de discos tanto delantero como trasero tienen una única posibilidad de realizarse, pues el montaje tiene que ser en orden introduciendo todos los elementos sobre el eje uno detrás de otro. Para ello esta presentación cuenta con 36 secuencias en las que se van moviendo todas las piezas hasta no quedar ninguna, es decir, se encuentran combinados los movimientos de todas las piezas en su avance hacia el eje. Únicamente en el montaje de los cojinetes en los bujes las únicas piezas que se mueven son las del propio cojinete, no siendo el total de las piezas del grupo de discos.

El eje cuadrado es por tanto la pieza base sobre la que se montan las demás, debe tener además las dimensiones adecuadas para que la rosca final pueda mantener la presión en todos los componentes del grupo.

- **Explosionado del cojinete de bolas:** Se puede observar el explosionado de uno de los cojinetes de bolas en la figura 5.124:

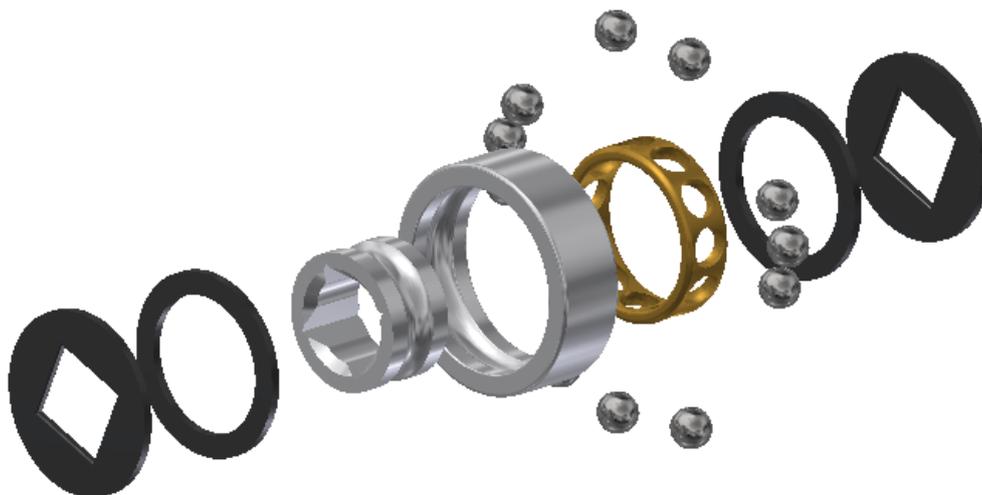


Figura 5.124: Explosionado de uno de los cojinetes de bolas.

El explosionado de los otros cojinetes de bolas, o de los cojinetes de rodillos, es lógicamente idéntico a este. Cuenta con 7 secuencias en las cuales la pieza base es la corona exterior, y sobre

ella van acercándose las demás piezas del cojinete. Las secuencias permiten además regular la velocidad a la que se acercan los componentes en el momento de la animación, de forma que si se trata de piezas repetidas, como por ejemplo las juntas, se puede acelerar la animación para verse a mayor velocidad, pues ya se ilustró anteriormente el proceso de montaje de las mismas.

- **Explosionado del engrasador:** Se puede observar el explosionado de uno de los engrasadores en la figura 5.125:



Figura 5.125: Explosionado de uno de los engrasadores.

El engrasador cuenta con únicamente tres piezas y dos secuencias, que ilustran el proceso de montaje de la bola y el muelle. La bola se introduce en el cuerpo del engrasador, con lo que describe un solo movimiento, sin embargo en la secuencia 1 se incluyen dos movimientos, debido a que a la vez que se acerca la bola también lo hace el muelle. En la secuencia dos el muelle a la vez que avanza para introducirse en el cuerpo va rotando, pues de no ser así sería imposible introducir el muelle dentro del cuerpo del engrasador, ya que el orificio por el que debe entrar es de menor diámetro que el muelle.

- **Explosionado de válvula tubeless:** Se puede observar el explosionado de una de las válvulas tubeless en la figura 5.126:

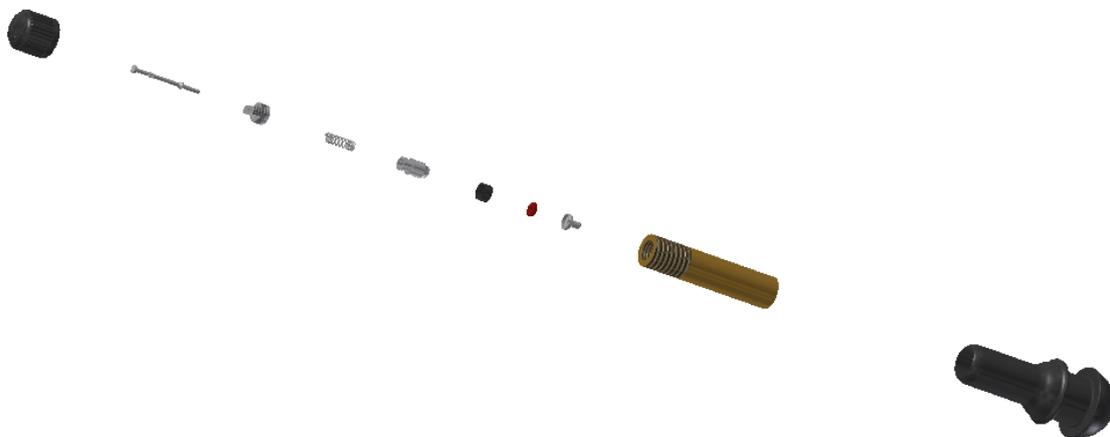


Figura 5.126: Explosionado de una de las válvulas tubeless.

La válvula tubeless cuenta con 10 piezas y 11 secuencias de montaje/desmontaje en la presentación. Por un lado, y en primer lugar, se produce el montaje del interior de la válvula, es decir, de la varilla, muelle, cuerpo interior, gomas, etc., y por otro lado, en segundo lugar, se ilustra el montaje del cuerpo principal en el interior de la goma, de los componentes internos de la válvula dentro del cuerpo principal, y por último del tapón. En piezas como el tapón, o el conjunto de elementos internos de la válvula, que van roscados sobre el cuerpo principal, se combinan movimientos de rotación con traslación, para dar el efecto de roscado, de manera que al roscar los elementos internos de la válvula en el cuerpo principal, todos ellos giran a la vez hasta terminar de roscarse. La presentación cuenta también con diferentes cámaras que muestran las mejores vistas para observar el proceso de montaje o desmontaje.

- **Explosionado de la grada de discos completa:** Se puede observar el explosionado de la grada de discos completa en la figura 5.127:

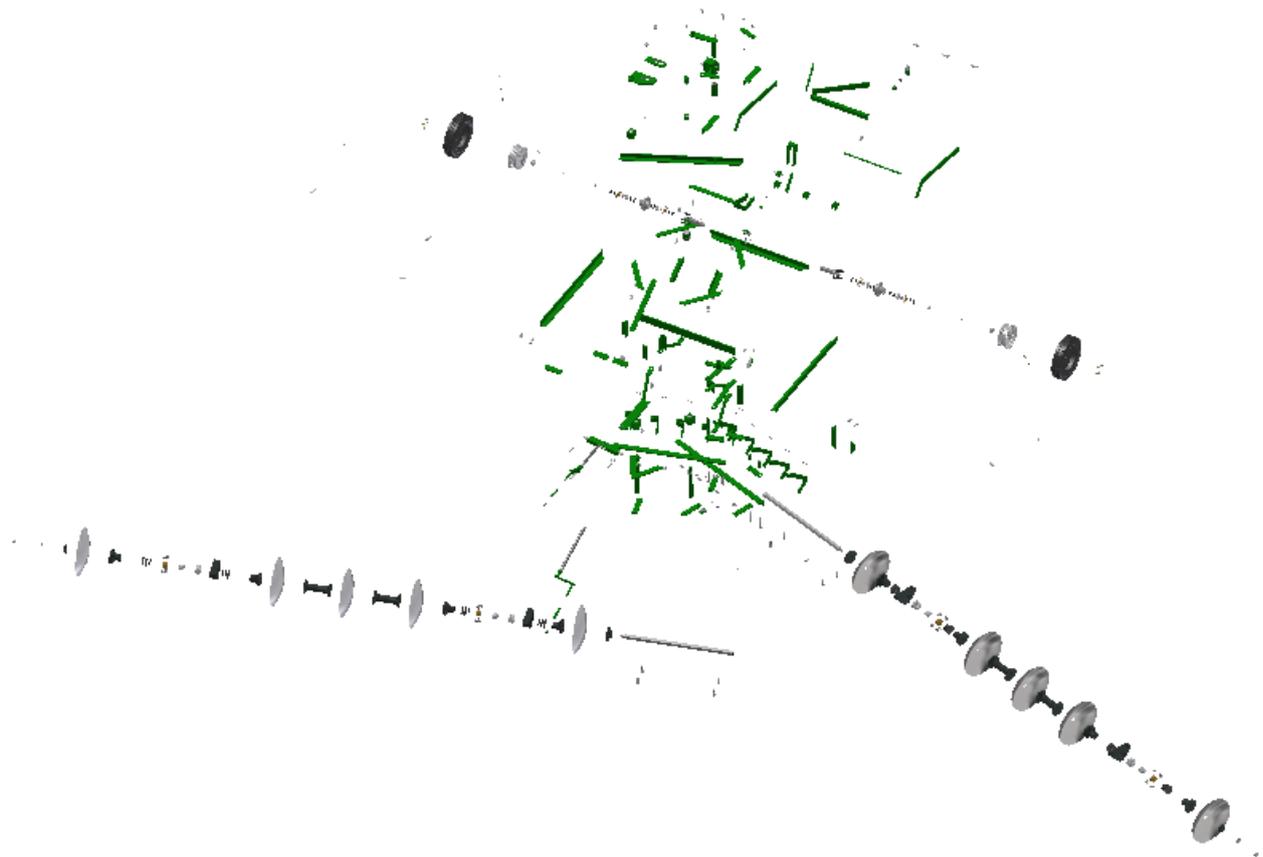


Figura 5.127: Explosionado de la grada de discos completa.

El explosionado de la grada de discos completa resulta realmente ilustrativo, pues muestra el proceso de montaje real de la grada que se llevó a cabo para su construcción.

Cabe destacar que en este caso, a diferencia del entorno de ensamblajes, no se permite añadir unas presentaciones en otras, teniendo por tanto que realizar el explosionado de toda la grada de discos completa incluyendo elementos repetidos como cojinetes, grupos de discos, válvulas etc., es decir, se realizaron todos los explosionados anteriormente explicados tantas veces como

repeticiones hay además del explosionado de los elementos no incluidos anteriormente, como manivelas, sistema de regulación del ángulo entre ejes, bieletas, pasadores, clips, etc.

Con todo se obtuvieron 290 secuencias de movimientos de piezas y como es lógico por cada secuencia multitud de movimientos, pues al avanzar una pieza avanzan también todas las que se desmontaron antes que ella.

La presentación comienza con el montaje de la estructura principal, con un proceso similar al descrito anteriormente pero con la salvedad de que ahora se incluyen los engrasadores. Tras esto se montan las bieletas, manivela, codo y demás componentes del sistema de regulación del ángulo entre ejes, siempre estableciendo cámaras para observar convenientemente el proceso. Le siguen el proceso de montaje de las estructuras que soportan los ejes delantero y trasero, ilustrándose además del montaje de las mismas, el montaje de estas estructuras en la estructura principal de la grada. A continuación se produce el montaje de la manivela de ruedas, así como de la estructura, mediante un proceso similar al anterior. Sobre la estructura se montan los ejes cuadrados de las ruedas, los bujes, cojinetes, válvulas, llantas, neumáticos, tornillos y tuercas etc., que conforman el conjunto de las ruedas. Por último se produce el montaje de ambos grupos de discos, tanto por separado como en la estructura que los une a la grada, ilustrándose perfectamente el proceso de montaje, y tras esto, se acopla el elemento de enganche al tractor, junto con los clips.

Por último decir que el entorno de presentaciones de Autodesk Inventor permite establecer un fondo de manera que el montaje pueda hacerse en un "taller" en el "campo" etc., en función del fondo que apliquemos. En este caso se mantuvo el fondo blanco que Inventor ofrece por defecto.

5.2.5 Planos de fabricación

Se pueden observar todos los planos de fabricación en el Anexo I.

Autodesk Inventor permite, como ya se refirió anteriormente, la creación de planos de fabricación bien automáticamente (no recomendable debido a la generación de muchos errores), o bien manualmente. En este caso se realizaron todos los planos manualmente, añadiendo cuatro vistas por plano, alzado, perfil, planta y una vista 3D, o menos en caso de no ser necesaria alguna de ellas. También se diseñó un nuevo marco para los planos y se introdujo el cajetín de la Escuela de Ingenierías Industriales, eliminando el cajetín por defecto de Autodesk Inventor. Se acotaron todas las piezas y se indicaron las escalas de reducción o ampliación de los dibujos. Se realizaron también planos de despiece, de manera que en ellos se indicara la referencia de cada una de las piezas con sus correspondientes ítems. Con esto, todos los planos se realizaron en A4 vertical, salvo los planos de despiece que se realizaron en A3, A2 y A1, pues las dimensiones requeridas para representar todas las piezas son mayores.

Los planos se agruparon por grupos de piezas, de forma que para cada grupo existía un número determinado de hojas, siendo cada hoja un plano de cada una de las piezas que componen el grupo. Estos grupos no son otros que los ensamblajes anteriormente descritos, además de otros para las piezas que se ensamblaron a la grada final. De esta forma se obtuvieron los siguientes grupos de planos:

- Enganche: Cuenta con 3 hojas en las que se reflejan el enganche al tractor, el perno y un plano de despiece con una lista de componentes indicando la cantidad y la referencia de cada pieza.
- Estructura principal: Este grupo cuenta con 32 hojas que forman 32 planos de cada una de las piezas que componen la estructura, siendo la última un A3 con el plano de despiece de la misma.
- Engrasador: Cuenta con 4 hojas para representar las tres piezas que componen el engrasador y un plano de despiece. En el plano del cuerpo del engrasador se incluyeron vistas seccionadas para una mejor visualización de la geometría.
- Codo: En este grupo se representan los componentes del sistema de regulación del ángulo entre ejes, de forma que se incluyen 10 hojas en las que de nuevo la última se dedica a un plano de despiece.
- Manivela de ejes: Se incluyen aquí los elementos que componen la manivela que acciona el sistema de regulación del ángulo entre ejes, contando con 6 hojas para representar todas las piezas y el plano de despiece.
- Manivela de ruedas: Siendo similar al grupo anterior, se incluyen aquí los componentes de la manivela que acciona en este caso el sistema de elevación de la grada, es decir, la estructura a la que se unen las ruedas etc. Cuenta con 7 hojas para la representación de los componentes.
- Estructura de ruedas: Este grupo cuenta con 9 hojas o planos en los que se representan los distintos componentes de la estructura de las ruedas además de los ejes cuadrados en los que se introducen los bujes. La última hoja como en todos los casos anteriores es el plano de despiece del conjunto.
- Ruedas: Se incluyen aquí únicamente neumático, llanta, tornillos y tuercas, de forma que solo existen estos planos para representar a las dos ruedas con las que cuenta la grada, ya que son iguales. El grupo cuenta con 5 hojas para la representación de los distintos componentes.
- Válvula: De nuevo solo existen estos planos para representar a ambas válvulas con las que cuenta la grada. Se disponen de 11 hojas para representar todos los componentes de la válvula tubeless y un plano de despiece.
- Bujes: La grada cuenta con dos bujes cuyos componentes son idénticos, por lo que solo está representado una vez en 11 planos que ilustran sus componentes, es decir, tanto el buje como uno de los cojinetes de bolas (a pesar de llevar dos, pues son iguales), tornillo, tapa etc. En la última hoja se observa el despiece.
- Estructura eje delantero: Este grupo cuenta con 33 hojas para representar las 50 piezas que lo componen, pues los tornillos, tuercas, rascadores, etc., son elementos muy repetidos, además de como es lógico el plano de despiece, en el que se referencian 23 piezas diferentes.

- Estructura eje trasero: En este caso es necesario la realización de planos diferentes para la estructura del eje trasero, pues a pesar de ser parecidos los componentes no son iguales a los de la estructura del eje trasero, ya que se encuentran invertidas. Se obtienen de nuevo 33 hojas o planos diferentes dentro del grupo establecido.
- Ejes delantero y trasero: Se incluyen aquí todos los componentes del grupo de discos tanto delantero como trasero, pues en este caso, a pesar de montarse invertidos, los componentes si son iguales en ambos grupos. Dispone de 18 planos en los que se representan todas aquellas piezas diferentes que componen el grupo de discos, siendo el último el plano de despiece.
- Clips: Se trata del último grupo de planos realizado, en el que se incluyen todos los diferentes tipos de clips con los que cuenta la grada. Cuenta con 6 planos diferentes, para representar cada uno de los 6 tipos de clips existentes. La diferencia entre ellos se da en función del diámetro del perfil al que debe "abrazar", además de existir un tipo diferente de clip para la pieza guía de la manivela del sistema de regulación del ángulo entre ejes, (figura 5.128).

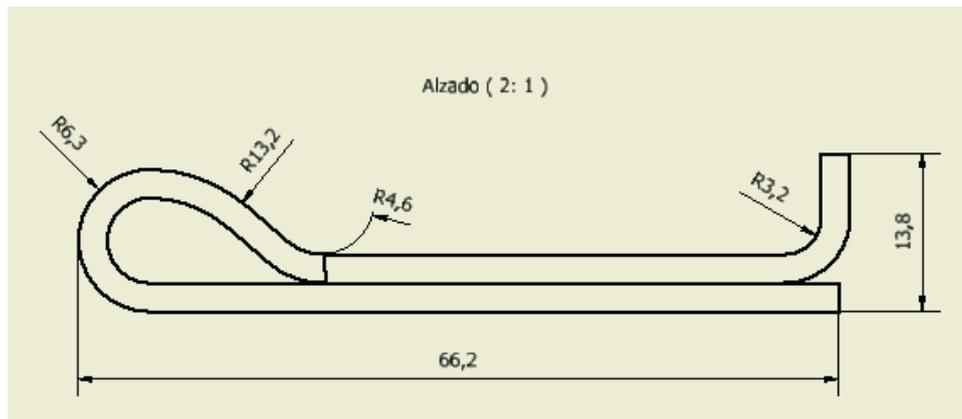


Figura 5.128: Vista en alzado del plano del clip para la guía de la manivela del sistema de regulación del ángulo entre ejes.

5.2.6 Videos

Para ilustrar el funcionamiento de los diferentes mecanismos de la grada se realizaron simulaciones en el proceso de ensamblaje, de manera que se produjeran diferentes movimientos igual a los reales para observar el funcionamiento de la máquina. Estos archivos en los que estaban preparadas las simulaciones, seguían siendo archivos .iam, es decir, archivos que para poder ser abiertos resultaba necesario disponer del programa Autodesk Inventor en la versión con la que se crearon estos archivos o superiores. Para evitar esto y poder observar el funcionamiento de los diferentes mecanismos de la grada, así como el resultado del modelado paramétrico de la misma en casi cualquier equipo con el que se lean los archivos, se realizaron diferentes videos en formato de Archivo de Audio o Video de Windows Media, en los que se ilustraba el funcionamiento del sistema de regulación del ángulo entre ejes desde 6 diferentes vistas, el funcionamiento del sistema de elevación de la grada mediante las ruedas posteriores desde 4

diferentes vistas, y el proceso de montaje de la grada de discos completa, es decir, la animación de la presentación anteriormente desarrollada, en formato de Video de Windows Media.

La realización de un video o grabación en inventor resulta tan sencillo como presionar el botón rojo reflejado en la figura 5.129, que aparece al realizar una simulación en Inventor o animar una presentación. Una vez presionado aparece un cuadro de dialogo para marcar un directorio para el archivo y hecho esto solo queda seleccionar el tamaño de imagen y el ancho de banda para definir así la calidad del video. Tras esto, al iniciar la simulación, Inventor grabará automáticamente aquello que esté sucediendo en el modelo. Es de destacar que a mayor calidad el renderizado del video será exponencialmente más lento. Con todo se obtuvieron 13 videos ilustrativos de diferentes partes del modelado paramétrico de la grada de discos, capaces de ser abiertos en casi cualquier equipo.

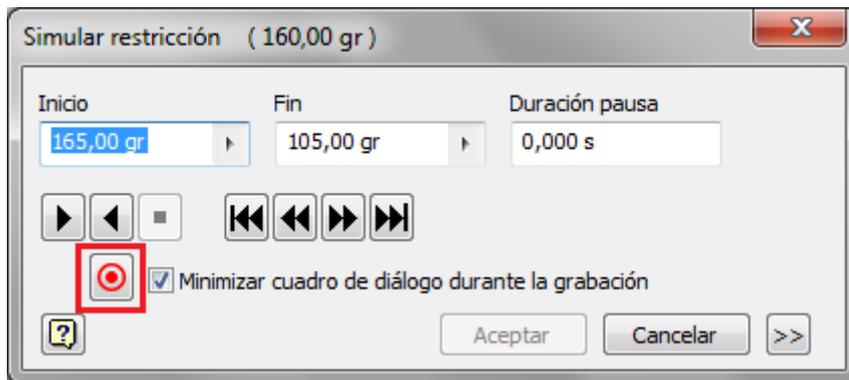


Figura 5.129: Botón a presionar para comenzar una grabación en Autodesk Inventor.

6 ADAPTACIÓN CE

Debido a que este trabajo se basa en la creación de un nuevo producto, y a que este proceso es usual en el mercado laboral de ingenieros mecánicos, resulta de interés el estudio de la legislación aplicable en materia de certificación "CE" al producto que da sentido a este trabajo fin de estudios.

6.1 Generalidades

El mercado CE es el proceso mediante el cual un fabricante o importador informa a los usuarios y autoridades competentes de que el equipo comercializado cumple con la legislación obligatoria en materia de requisitos esenciales.

Cuando un producto esté cubierto por varias Directivas que dispongan la colocación del marcado "CE", éste señalará que el producto cumple las disposiciones aplicables de todas esas Directivas de aplicación al mismo.

Sin embargo, en caso de que una o varias autoricen al fabricante a elegir, durante un periodo transitorio, aplicarlas o no (en cuyo caso deberán cumplir la legislación nacional que esté vigente), el marcado "CE" se referirá únicamente a la conformidad con las disposiciones de aquellas Directivas que se hayan aplicado, y deberán indicarse en los documentos establecidos por los procedimientos de evaluación de la conformidad únicamente las referencias de tales Directivas.

El marcado de conformidad está compuesto de las iniciales "CE" diseñadas de la forma que se refleja en la figura 6.1.

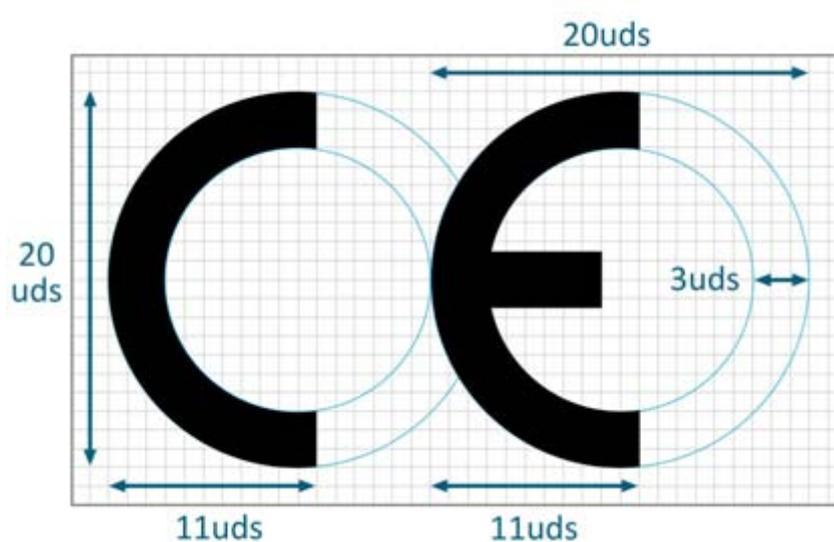


Figura 6.1: Marcado de conformidad CE.

- Deben conservarse las proporciones, siendo la dimensión mínima de 5 mm.
- Debe colocarse sobre el producto o su placa descriptiva. Cuando no sea posible, deberá fijarse al embalaje si lo hubiera y en los documentos que lo acompañan, si la Directiva lo exige.

- Se colocará de forma visible, legible e indeleble.
- Debe ir seguida del número/s de identificación del Organismo/s Notificado/s involucrado/s en su caso.
- Es el único marcado que indica que el producto cumple las Directivas de aplicación.
- Debe colocarse al final de la fase de control de producción.
- Lo fijará el fabricante o su representante autorizado dentro de la Unión Europea. Excepcionalmente, cuando la Directiva lo permita, podrá fijarlo la persona responsable de la puesta en el mercado del producto en la Unión Europea.
- Está prohibido colocar signos que puedan confundirse con el marcado "CE", tanto en significado como en la forma. Un producto podrá llevar otras marcas o sellos, siempre que no se confundan con el marcado "CE" y que no reduzcan la legibilidad y visibilidad de este. Los fabricantes que tengan marcas susceptibles de confundirse con el marcado "CE", están autorizados a poseer su marca durante 10 años después de la adopción del reglamento si estas marcas han sido registradas antes del 30/06/89 y están actualmente en servicio.

El fabricante es el responsable de los procedimientos de certificación y, en su caso, certificación de la conformidad de un producto. Básicamente tiene que garantizar el cumplimiento del producto con los requisitos esenciales de las Directivas de aplicación, firmar la Declaración "CE" de conformidad, elaborar la documentación o expediente técnico y fijar el marcado "CE".

Tener un mandatario o representante legal es una opción del fabricante. En algunos procedimientos que requieren certificación obligatoria, esta figura es imprescindible cuando el fabricante no reside en la Unión Europea.

El representante legal o mandatario, nombrado por el fabricante y establecido en la Unión Europea, puede ser el responsable para determinadas obligaciones previstas en las Directivas, generalmente de tipo administrativo, como el mantenimiento de la documentación técnica, presentación de la solicitud de Examen "CE" de tipo o la firma de la Declaración "CE" de conformidad.

Cuando ninguno de los dos esté establecido en la Unión Europea, como norma general, la persona que comercialice el producto en la UE asume todas las responsabilidades que normalmente recaen sobre el fabricante o su representante.

Esta persona deberá asegurarse de que el producto es conforme con los requisitos esenciales y poder facilitar la información pertinente (declaración de conformidad, documentación técnica, etc) a efectos de control.

Un fabricante radicado en la Unión Europea no podrá acogerse a este sistema y traspasar de esta manera su responsabilidad a terceros (revendedores, mayoristas, usuarios, etc.).

Cuando un Estado miembro compruebe que un producto provisto del marcado "CE" y utilizado de acuerdo a su finalidad, puede poner en peligro la seguridad o la salud de las personas, y en su caso la seguridad de los bienes o del medio ambiente, recaerá sobre el fabricante o su representante establecido en la Unión Europea la obligación de restablecer la conformidad del producto por lo

que respecta a las disposiciones sobre el marcado "CE" y de poner fin a tal infracción en las condiciones establecidas por dicho Estado miembro.

En caso de que persistiera en la no conformidad, el estado miembro deberá tomar todas las medidas oportunas para retirarlo del mercado, prohibir su puesta en el mercado, su puesta en servicio o su libre circulación. Además informará inmediatamente a la comisión de esta medida e indicará las razones de su decisión y en particular si la no conformidad se debe a un incumplimiento de los requisitos esenciales aplicables, a la inadecuada aplicación de las normas armonizadas u otras normas que confieran presunción de conformidad con la/s Directiva/s tratada/s, o al vacío de las propias normas que confieren presunción de conformidad con la/s Directiva/s.

Comienza así un proceso de consulta entre la comisión y las partes implicadas (el Estado miembro y el responsable del producto), que permite a la comisión evaluar si la medida restrictiva está justificada, aplicando la cláusula de salvaguardia.

En caso de incidente debido a un componente de recambio defectuoso, la determinación de responsabilidades se haría mediante la aplicación de la DC 85/374/CEE.

Va en interés del fabricante recordar en el manual de mantenimiento que, en tal caso, sólo asume la responsabilidad si el equipo era defectuoso de origen, pero que ésta queda atenuada o pasa al responsable de la sustitución si el usuario no se atiene a las instrucciones y utiliza piezas de recambio sin garantía.

A pesar de todo, existen situaciones válidas en las que es posible presentar productos sin marcar "CE". Estas son:

- En ferias, exposiciones y demostraciones se podrán presentar los productos que no cumplan con las disposiciones comunitarias en vigor, siempre que un cartel visible indique con claridad su no conformidad y la imposibilidad de adquirir dichos productos hasta que el fabricante o su representante en la Comunidad los haya adaptado para cumplir los requisitos esenciales. Con ocasión de las demostraciones, deberán adoptarse las medidas de seguridad adecuadas para garantizar la protección de las personas.
- Productos fabricados para exportación a países no pertenecientes a la Unión Europea.
- Determinados productos cubiertos por las Directivas pero eximidos del marcado "CE" como son los componentes de seguridad en la Directiva de Máquinas.
- Reparación o modificación no sustancial de equipos fabricados anteriormente en la Unión Europea.

La forma de partida más aconsejable es conocer y tener en cuenta los requisitos recogidos en las distintas Directivas de aplicación al producto antes de su fabricación, para poder así integrar las medidas necesarias para su cumplimiento desde la fase de diseño del prototipo, lo que disminuirá los costes y el tiempo para obtener un producto conforme.

Ha de tenerse presente que la conformidad del producto está limitada a los usos e instalaciones indicados por el fabricante y a la utilización previsible, pero no a los usos caprichosos.

Esquemáticamente el proceso general que un producto podría seguir sería: Diseño del producto, Análisis de requerimientos planteados en las directivas, Elaboración de documentación técnica, fabricación del producto, intervención de organismo notificado, firma de declaración "CE" de conformidad, colocación marcado "CE", comercialización.

Incluso cuando no es necesaria la participación de un Organismo Notificado, se deja a la voluntad del fabricante la opción de recurrir, si lo considera necesario, a exámenes y certificaciones elaboradas por terceras partes.

Para realizar los exámenes destinados a evaluar los riesgos de un producto y verificar si las soluciones adoptadas son adecuadas, en muchas ocasiones será preciso disponer de un equipamiento y unas instalaciones complejas.

El alto coste de este material y la formación que requiere el personal que lo manipula, entre otros, hacen que el fabricante no siempre disponga de tales medios, y por este motivo existen en la Unión Europea Laboratorios de Ensayos y Centros de Investigación donde el fabricante puede solicitar colaboración y asesoramiento, de modo que el trabajo conjunto de ambos proporcionará un producto conforme, apto para la comercialización.

6.2 Adaptación CE de la grada de discos

La grada de discos constituye una maquinaria intercambiable remolcada sobre la que se aplicarán unas determinadas directivas que establecerán los requisitos que esta debe cumplir para estar en conformidad con los requisitos legales de la Comunidad Europea.

Para determinar que directivas se aplican al producto se encuentra en la página web oficial del mercado "CE" (www.marcado-ce.com) una guía interactiva que tras unas determinadas preguntas indica el primer paso para comenzar el estudio legislativo referente al producto, es decir, muestra una o varias directivas aplicables al producto en cuestión, ofreciendo así un primer paso para investigar en los requisitos legales del producto, (figura 6.2).



Figura 6.2: Guía Interactiva para Directivas de Mercado CE.

Otro camino para llegar a las directivas aplicables es consultar la normativa nacional, concretamente el BOE-A-2010-9994 en el Real Decreto 750/2010, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.

Atendiendo al uso de la Guía Interactiva se llega a la directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE. En el párrafo 8 se cita textualmente: "En lo concerniente a los tractores agrícolas y forestales, no deben aplicarse las disposiciones de la presente Directiva a los riesgos que no se prevén actualmente en la Directiva 2003/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de mayo de 2003, relativa a la homologación de los tractores agrícolas o forestales, de sus remolques y de su maquinaria intercambiable remolcada, así como de los sistemas, componentes y unidades técnicas de dichos vehículos, después de que tales riesgos hayan pasado a preverse en la Directiva 2003/37/CE".

En la Directiva 2003/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de mayo de 2003 relativa a la homologación de los tractores agrícolas o forestales, de sus remolques y de su maquinaria intercambiable remolcada, así como de los sistemas, componentes y unidades técnicas de dichos vehículos y por la que se deroga la Directiva 74/150/CEE, se cita en el 1 apartado de su Artículo 1 (Ámbito de aplicación) que: "la presente Directiva se aplicará a la homologación de vehículos, ya se fabriquen en una o en diversas etapas. Se aplicará a los vehículos definidos en la letra d) del Artículo 2, con una velocidad máxima de fabricación igual o superior a 6 km/h". En el Artículo 2 (definiciones) letra d) se cita: "vehículo: todo tractor, remolque o maquinaria intercambiable remolcada, ya sea completo, incompleto o completado, destinado a ser utilizado en agricultura o silvicultura", y en la letra l) se cita: "Maquinaria intercambiable remolcada: el dispositivo utilizado en agricultura o silvicultura diseñado para ser remolcado por un tractor y que modifica la función de éste o le aporta una nueva"; por tanto se considera la grada de discos del proyecto como maquinaria intercambiable remolcada. Esta Directiva no será aplicable a la maquinaria intercambiable completamente levantada del suelo durante la circulación por carretera; en el caso de la grada de discos del proyecto no se trata de un apero completamente levantado del suelo para su circulación por carretera, pues dispone de un sistema de elevación mecánico mediante ruedas traseras.

En la lista de anexos de la Directiva 2003/37/CE, se observa que en el Capítulo B del Anexo II se encuentran la Lista de requisitos para la homologación CE de vehículos. Dirigiéndose al Anexo II, Capítulo A (Definición de las categorías y tipos de vehículos) en su apartado 4 se observa la Categoría S: Maquinaria intercambiable remolcada, en la que la Categoría S1 es: "Maquinaria intercambiable remolcada destinada a uso agrícola o forestal en la que la suma de las masas técnicamente admisibles por eje es inferior o igual a 3500kg", por tanto la categoría de la grada de discos del proyecto será la S1, pues la S2 es para masas superiores a los 3500 kg por eje. Además, en cada categoría de maquinaria intercambiable remolcada se intercala una letra "a" o "b", según la velocidad para la que se haya diseñado la maquinaria intercambiable remolcada, siendo para la grada de discos del proyecto la letra "a", pues se define con esta letra aquellos casos de la maquinaria intercambiable remolcada diseñada para una velocidad inferior o igual a 40 km/h, mientras que la "b" es para maquinaria diseñada para velocidades superiores a los 40 km/h.

En el capítulo B de la misma directiva se encuentra la lista de requisitos para la homologación CE de vehículos que se puede observar en la figura 6.3:

Nº	Objeto	Directivas de base y anexos	DO L	Aplicabilidad (véase el apéndice 1 en el caso de T4 y C4)							
				T1	T2	T3	T5	C	R	S	
1.1.	Masa máxima en carga	74/151/CEE I	84 de 28.3.1974, p. 25	X	X	X	X	(X)	(X)	(X)	
1.2.	Placa de matrícula	74/151/CEE II	—	X	X	X	X	I	(X)	(X)	
7.1.	Frenado	76/432/CEE	122 de 8.5.1976, p. 1	X	X	X	—	(X)	(X)	(X)	
13.1.	Instalación de los dispositivos de alumbrado	78/933/CEE	325 de 20.11.1978, p. 16	X	X	X	(X)	I	(X)	(X)	
14.1.	Dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa	79/532/CEE	145 de 13.6.1979, p. 16	X	X	X	X	X	(X)	(X)	
22.1.	Dimensiones y masas remolcables	89/173/CEE I	67 de 10.3.1989, p. 1	X	X	X	(X)	I	(X)	(X)	
22.5.	Acoplamientos mecánicos	89/173/CEE IV	—	X	X	X	(X)	I	(X)	(X)	
22.6.	Placa obligatoria	89/173/CEE V	—	X	X	X	(X)	I	(X)	(X)	
22.7.	Acoplamiento de frenos con los remolques	89/173/CEE VI	—	X	X	X	(X)	I	(X)	(X)	

Figura 6.3: Lista de requisitos aplicables a maquinaria intercambiable remolcada.

Utilizando la normativa nacional se llegan a las mismas directivas, de forma que en el Apéndice 5 del Anexo X (Homologación Nacional de Tipo de Vehículos) (Anexo Técnico sobre Homologación de Tipo Nacional de Máquinas remolcadas) del RD 750/2010 publicado en el BOE-A-2010-9994, aparece la siguiente lista de requisitos aplicables, (figura 6.4):

Nº	Asunto	Número de Directiva (*)	Homologación Nacional (H)	Homologación Individual (H)
	Masa máxima en carga	74/151/CEE (I)	C (RGV)	C (RGV)
	Placas traseras de matricula	74/151 CEE (II)	C (RGV) (7)	C (RGV)
	Frenado	76/432/CEE 71/320/CEE R13	C (RGV)	C (RGV)
	Instalación de dispositivos de alumbrado y señalización luminosa	78/933/CEE	C (2) (6)(RGV) C (4) (6) (RGV)	C (2) (6)(RGV) C(4) (6) (RGV)
	Dimensiones y masas remolcables	89/173/CEE (I) 97/27/CEE	C	C
	Acoplamiento mecánicos	89/173/CEE (IV)	C (2)(6)(8) C (4)(6) (8)	C (2)(6) C (4)(6)
	Placa de fabricante	89/173/CEE (V) 76/114/CEE	C (7)	C
	Acoplamiento de frenos para remolques	89/173/CEE (VI)	C	C

Figura 6.4: Lista de requisitos aplicables a maquinaria intercambiable remolcada.

Tanto en la lista de requisitos obtenida a partir de la guía interactiva como en la obtenida en la normativa nacional, aparecen una serie de directivas aplicables para cada requisito, siendo algunas de ellas modificadas por directivas más actuales.

Atendiendo por tanto a cada una de estas directivas:

- Directiva 74/151/CEE I (Masa máxima en carga): (Las actualizaciones no afectan en lo referente a lo que sigue). En su Anexo I se cita textualmente:

"El peso máximo en carga técnicamente admisible indicado por el constructor se adoptará como peso máximo en carga autorizado por la administración competente a condición de que:

- Los controles realizados por dicha administración, particularmente en lo que se refiere al frenado y a la dirección, sean satisfactorios.
- No se sobrepase el peso máximo en carga de 14 toneladas y el peso máximo de 10 toneladas sobre cada uno de los ejes.

- Cualquiera que sea el estado de carga del tractor, la carga transmitida a la carretera por las ruedas del eje delantero del tractor no deberá ser inferior a un 20% del peso en vacío del tractor".

De esta forma, la grada de discos no podrá superar el peso máximo estipulado por el fabricante del tractor en el que se acople el apero.

- Directiva 74/151/CEE II (Placas traseras de matrícula): Se describen en su Anexo II la situación de los emplazamientos y montajes de las placas en tractores. La grada de discos no deberá disponer de matrícula siempre que no interponga la visibilidad de la del tractor.
- Directiva 76/432/CEE (Frenado): (Las actualizaciones no afectan en lo referente a lo que sigue). En su Anexo II, apartado 2 (Rendimiento de los dispositivos de frenado) se cita textualmente:

- "Dispositivo de frenado de servicio: Los frenos de servicio de los tractores deben asegurar que en las condiciones previstas para la prueba de tipo 0, una deceleración media mínima, calculada a partir de la distancia de frenado, de $2,4 \text{ m/seg}^2$. Después de la prueba de tipo I, una eficacia residual que no debe ser inferior a un 75% de la prescrita, ni a un 60% del valor comprobado en el momento de la prueba de tipo 0 (con el motor desembragado)".

- "Dispositivos de frenado de estacionamiento: El dispositivo de frenado de estacionamiento, incluso si está combinado con uno de los otros dispositivos de frenado, debe poder mantener detenido el tractor, con carga, en una pendiente ascendente o descendente del 18%. En los tractores en los que se autorice a enganchar uno o varios remolques, el dispositivo de frenado de estacionamiento del tractor debe poder mantener detenido, en una pendiente ascendente o descendente del 12%, un conjunto constituido por un tractor en vacío y un remolque no frenado y del mismo peso (no superior a 3 toneladas). Se puede admitir un dispositivo de frenado de estacionamiento que deba accionarse varias veces para alcanzar la eficacia prescrita".

De esta forma, siempre que se cumplan estas condiciones de rendimiento en los sistemas de frenado del tractor, no será necesaria la aplicación de sistemas de frenado en el apero o remolque.

- Directiva 78/933/CEE (Instalación de dispositivos de alumbrado y señalización luminosa): La Directiva únicamente refiere a iluminación y señalización en tractores.
- Directiva 89/173/CEE I (Dimensiones y masas remolcables): (Las actualizaciones no afectan en lo referente a lo que sigue). Lo que se cita en esta Directiva respecto a dimensiones únicamente se aplica a tractores. En cuanto a masas remolcables, en su Anexo I apartado 2.2 se cita textualmente: "La masa remolcable autorizada no deberá exceder de:
 - La masa remolcable técnicamente admisible, comola definida en el punto 1.7., indicada por el fabricante del tractor.
 - La masa remolcable fijada para el dispositivo de remolque sobre la basedela homologación.
 - En el caso de que un Estado miembro aplique las disposiciones del apartado 2 del artículo 2, las masas remolcables deberán señalarse en el certificado de matriculación del tractor".

De esta forma, el apero no podrá superar la masa remolcable técnicamente admisible indicada por el fabricante del tractor.

- Directiva 89/173/CEE IV (Acoplamiento mecánicos): (Las actualizaciones no afectan en lo referente a lo que sigue). En su Anexo IV apartado 2 se cita textualmente:
 - "Los enganches mecánicos deberán estar concebidos y fabricados de forma que, en circunstancias normales, funcionen siempre de forma satisfactoria y no pierdan las características contempladas en la presente directiva.
 - Todas las partes de los enganches mecánicos deberán estar fabricadas de materiales de tal calidad que resistan los ensayos a que se refiere el punto 3.2 y deberán poseer características duraderas de resistencia.
 - Todos los enganches y sus seguros deberán ser de fácil conexión y desconexión, garantizando que, en condiciones normales de funcionamiento no sea posible una desconexión accidental de los mismos.
 - Deberá garantizarse que el anillo pueda alcanzar un giro horizontal de al menos 60º con respecto a ambos lados del eje longitudinal del mecanismo de enlace no unido al vehículo. Asimismo deberá preverse una movilidad vertical de 20º hacia arriba y hacia abajo. No será necesario que los ángulos de giro se alcancen simultáneamente.
 - La horquilla articulada deberá permitir una rotación axial del anillo de al menos 90º hacia la derecha o la izquierda en torno al eje longitudinal del enganche, que se frene mediante un momento de rotación de 30 a 150 Nm.
 - El gancho de tracción deberá permitir una rotación axial del anillo de al menos 20º hacia la derecha o la izquierda respecto al eje longitudinal del gancho".

Por tanto, el enganche mecánico de la grada de discos deberá cumplir estos requisitos para estar conforme a la legislación Europea en materia de tractores y maquinaria agrícola.

- Directiva 89/173/CEE V (Placa de fabricante): (Anexo V) La Directiva únicamente refiere a placas de fabricante en tractores, definiendo los requisitos que estas deben cumplir, no mencionando por tanto placas de fabricante para aperos y maquinaria.
- Directiva 89/173/CEE VI (Acoplamiento de frenos para remolques): (Anexo VI) La Directiva únicamente refiere a sistemas de mando de frenado de remolques.

Por otro lado, el Reglamento General de Vehículos aprobado por el Real Decreto 1428/2003 de 21 de Noviembre, en su Anexo XI (Señales en los vehículos) establece lo siguiente:

" Señal V-20: Indica que la carga sobresale posteriormente. Cuando la carga sobresalga por detrás del vehículo deberá colocarse esta señal en el extremo posterior de la misma, de manera que quede constantemente perpendicular al eje del vehículo" (figura 6.5).



Figura 6.5: Señal V-20.

"La señal V-2 en un vehículo indica la posición en la vía o en sus inmediaciones de un vehículo que desempeña un servicio, actividad u operación de trabajo, tractores agrícolas, maquinaria agrícola automotriz, en situación deparada o estacionamiento, o a una velocidad que no supere los 40 kilómetros por hora" (figura 6.6).



Figura 6.6: Señal V-2.

El Reglamento General de Vehículos define tractor agrícola como: "Vehículo especial autopropulsado, de dos o más ejes, concebido y construido para arrastrar o empujar aperos, maquinaria o remolques agrícolas".

En su Anexo II (Definiciones por Criterio de Construcción) se define a maquinaria agrícola remolcada como: " Vehículo especial concebido y construido para efectuar trabajos agrícolas, y que, para trasladarse y maniobrar debe ser arrastrado o empujado por un tractor, motocultor, portador, o máquina agrícola automotriz. Se excluyen de esta definición los aperos agrícolas, entendiéndose por tales los útiles o instrumentos agrícolas, sin motor, concebidos y construidos para efectuar trabajos de preparación de terreno o laboreo, así como el resto de maquinaria remolcada de 750 kg".

En el Anexo IX (Masas y Dimensiones), se define Tara como: "Masa del vehículo, con su equipo fijo autorizado, sin personal deservicio, pasajeros ni carga, y con su dotación completa de agua, combustible, lubricante, repuestos, herramientas y accesorios necesarios". No se menciona nada referente al equipo desmontable o temporal, con lo cual no cabe pensar que dichos instrumentos

(útiles o aperos), variarían la tara del mismo, ni su instalación conllevaría una modificación intrínseca del propio vehículo en sí, dado que las tareas de laboreo pueden ser diversas y para su realización resulta imprescindible el porte de dichos útiles.

De todo lo anterior se extrae que la señal V-20 se trata de un "panel para cargas que sobresalen", que indica por tanto que la carga del vehículo sobresale posteriormente. En el Reglamento General de Vehículos se establecen las dimensiones, color y características técnicas. Por otro lado, en el Reglamento General de Circulación, también se refiere a la señal V-20 y establece en los mismos términos en qué casos y cómo se debe colocar esta señal.

En el Anexo II del Reglamento General de Vehículos se clasifica a los vehículos por criterios de construcción, y se define la maquinaria agrícola remolcada, de forma que excluyen de la misma a los aperos agrícolas, entendiéndose por estos los útiles o instrumentos sin motor concebidos y construidos para efectuar trabajos de preparación de terreno o laboreo que, además, no se consideran vehículos a los efectos del Reglamento.

En el mismo Anexo, se define tractor agrícola como vehículo especial autopropulsado, de dos o más ejes, concebido y construido para arrastrar o empujar aperos, maquinaria o remolques agrícolas.

De estas definiciones se desprende que el apero agrícola no es una mercancía que se transporta por el tractor agrícola, si no un equipo, útil o instrumento que se lleva en el tractor para efectuar en el campo trabajos de preparación de terreno o laboreo.

En consecuencia, los aperos agrícolas no se pueden considerar una carga, por lo que no están obligados a llevar la señal V-20 cuando sobresalen posteriormente del tractor agrícola.

Sin embargo, los tractores agrícolas, al igual que el resto de vehículos especiales, cuando circulen tanto de día como de noche a una velocidad que no supere los 40 km/h, deben llevar la señal luminosa V-2, de color amarillo auto, visible en todas direcciones desde una distancia de 100 metros, de acuerdo con lo dispuesto en el anexo XI del Reglamento General de Vehículos. Con esta señalización, su presencia en las vías públicas queda suficientemente indicada y garantizada la seguridad vial.

7 ESFUERZOS

Para conseguir un trabajo aún más completo y debido al interés que posee esta área en los ingenieros mecánicos, se decidió incluir la medición de fuerzas y el cálculo de esfuerzos a los que está sometida la barra principal de enganche al tractor, así como un estudio de las características mecánicas del acero que compone la grada de discos.

7.1 Características mecánicas del material

Para determinar las características mecánicas del material, debido a que no se poseía la referencia del acero utilizado en la construcción de la grada, se llevo a cabo un ensayo de tracción conforme a la legislación vigente en el momento de la realización del ensayo, es decir, conforme a la norma UNE-EN ISO 6892-1 de Febrero de 2017 que anula y sustituye a la UNE-EN ISO 6893-1:2010.

De acuerdo con esta norma UNE, el ensayo consiste en someter a una probeta a un esfuerzo de tracción, generalmente hasta su rotura, con el fin de determinar una o varias características mecánicas del material.

Salvo especificación en contra, el ensayo se lleva a cabo a temperatura ambiente entre 10°C y 35°C. Para aquellos ambientes de laboratorio fuera del requisito declarado, es responsabilidad del laboratorio de ensayo que evalúe el impacto sobre los ensayos y/o sobre la calibración de los datos obtenidos con y para las máquinas de ensayo que operen en tales ambientes. Cuando las actividades de ensayo y calibración se lleven a cabo fuera de los límites recomendados de temperatura de 10°C y 35°C, se debe registrar e informar sobre la temperatura. Si se presentan gradientes de temperatura significativos durante el ensayo y/o calibración, la incertidumbre de las mediciones pueden incrementarse y quedar fuera de las condiciones toleradas.

Para los ensayos realizados bajo condiciones controladas, la temperatura ambiente debe mantenerse a 23°C +/- 5°C.

En el caso de la grada de discos, el ensayo se realizó a temperatura ambiente, a unos 21°C y sin gradientes de temperatura significativos.

Para la realización del ensayo fue necesario el mecanizado de una probeta del mismo material que la grada de discos con las dimensiones y tolerancias establecidas en la norma.

De acuerdo con la norma, la forma y medida de las probetas depende de las del producto metálico a partir del cual se toman dichas probetas.

La probeta se obtiene, normalmente, mecanizando una muestra obtenida del producto o de una muestra moldeada. Sin embargo, en los productos de sección transversal constante o de muestras de ensayo moldeadas se pueden utilizar las muestras sin mecanizar. En el caso de la grada de discos se mecanizó una probeta de sección rectangular a partir de un resto de una de las barras que componen la grada. Se puede observar el esquema de la probeta en la figura 7.1.

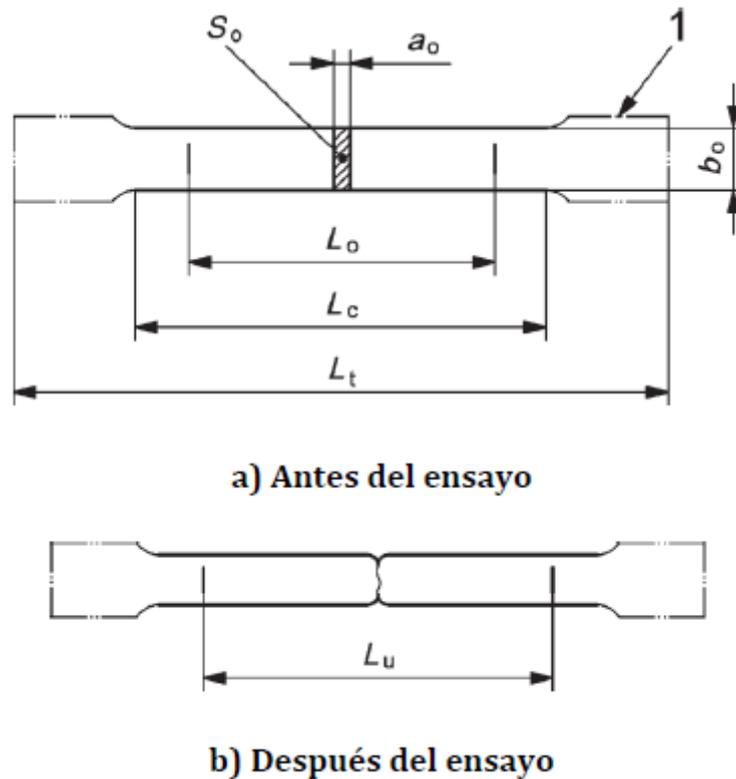


Figura 7.1: Esquema de una probeta de sección rectangular.

Para entender de que se trata cada término, en la norma se establecen las siguientes definiciones:

- Longitud entre puntos, L : Longitud de la parte cilíndrica o prismática de la probeta sobre la que se mide el alargamiento en cualquier momento durante el ensayo.
- Longitud inicial entre puntos, L_0 : Marcas de la longitud entre puntos sobre la probeta, medida a temperatura ambiente antes del ensayo.
- Longitud final entre puntos después de la rotura, L_u : Marcas de la longitud entre puntos sobre la probeta después de la rotura, a temperatura ambiente, y tras unir cuidadosamente las dos partes de la probeta de forma que sus ejes estén en prolongación.
- Longitud calibrada, L_c : Longitud de la parte calibrada de la probeta que presenta una sección más reducida.
- Longitud base del extensómetro, L_e : Longitud base inicial del extensómetro que se utiliza para la medición del alargamiento con un extensómetro.
- Longitud total, L_t : Longitud total de la probeta incluyendo las cabezas para las mordazas.
- Sección transversal, S_0 : Área de la sección transversal de la probeta en su zona calibrada.
- Espesura, a_0 : Espesura de la sección transversal de la probeta en su zona calibrada.
- Anchura, b_0 : Anchura de la sección transversal de la probeta en su zona calibrada.

La sección transversal de las probetas puede ser circular, cuadrada, rectangular, anular o, en casos especiales, de otra forma constante.

Las probetas que se deben usar preferentemente tienen una longitud inicial entre puntos L_0 que está relacionada directamente con el área de la sección transversal inicial S_0 y con un coeficiente de proporcionalidad k , y se denominan probetas de ensayo proporcionales. El valor adoptado internacionalmente para k es 5.65. La longitud inicial entre puntos no debe ser menor de 15 mm. Cuando el área de la sección transversal de la probeta sea demasiado pequeña para que se cumpla este requisito con el valor del coeficiente $k = 5,65$, puede usarse un valor mayor o una probeta no proporcional. En el caso de la grada de discos se utilizó una probeta proporcional, y el valor de $K = 5.65$.

Del Anexo D apartado D.3.3 se extraen las tolerancias para la probeta en cuestión, en este caso se tiene una tolerancia de mecanizado de $\pm 0,15$ mm y una tolerancia de forma de también $\pm 0,15$ mm.

Por otro lado, según establece la norma, las probetas mecanizadas deben tener un radio de acuerdo suave entre la parte calibrada y las cabezas de amarre si poseen diferentes dimensiones. Las dimensiones de este radio de acuerdo son importantes y se recomienda para el caso de una probeta de sección rectangular y de acuerdo con lo expuesto en el Anexo D, que no sea inferior a 12 mm. Las cabezas de amarre pueden ser de cualquier forma para que se adapten a los dispositivos de sujeción de la máquina de ensayo. El eje de la probeta debe coincidir con el eje de aplicación de la fuerza.

En el Anexo D (tipos de probetas que se deben utilizar para chapas y productos planos de espesor mayor o igual a 3 mm, y de alambres, barras y perfiles de diámetro o espesor mayor o igual a 4 mm), se establecen también las dimensiones de la probeta.

Para probetas con una sección transversal rectangular, se recomienda que la relación entre la anchura y el espesor no exceda de la relación 8:1.

La longitud de la parte calibrada, L_c , para el caso de probetas proporcionales distintas a las de sección transversal circular, debe ser, al menos, igual a (7.1):

$$L_c = L_0 + 1,5\sqrt{S_0} \quad (7.1)$$

La longitud inicial entre puntos, L_0 , como se mencionó anteriormente, está relacionada con el área de la sección transversal inicial, S_0 , mediante la fórmula (7.2):

$$L_0 = k\sqrt{S_0} \quad (7.2)$$

Donde k es igual a 5,65.

La longitud libre entre las mordazas de la máquina debe ser la adecuada para que los puntos marcados sobre la probeta se encuentren a una distancia mínima de $\sqrt{S_0}$ de las mordazas.

En la tabla 7.1 se observan dimensiones típicas de probetas planas.

Tabla 7.1: Dimensiones típicas de probetas planas.

Anchura b_0	Longitud inicial entre puntos L_0	Longitud mínima de la parte calibrada L_c	Longitud total aproximada L_t
$40 \pm 0,7$	200	220	450
$25 \pm 0,7$	200	212,5	450
$20 \pm 0,5$	80	90	300

A partir de todo lo anterior, extraído de la norma, se realizó por tanto una probeta para determinar las características del material. Se partió de una barra del mismo acero que la grada de discos con la forma que se observa en la figura 7.2.

**Figura 7.2:** Muestra base sobre la que se mecanizó la probeta de ensayo.

La muestra ya contaba con una espesura de 12 mm, por lo que se decidió aprovechar esta medida para establecer la sección transversal de la zona calibrada. La espesura a_0 es por tanto de 12 mm, mientras que a la anchura b_0 se le dio 20 mm, respetando el requisito de una proporcionalidad inferior a 8:1 establecida en la norma. Se consiguió así una sección transversal de 240 mm^2 (7.3).

$$S_0 = a_0 \times b_0 \quad (7.3)$$

$$S_0 = 20 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} = 240 \text{ mm}^2$$

A partir de la sección se obtuvieron el resto de parámetros necesarios para definir las dimensiones de la probeta, de forma que la longitud inicial entre puntos L_0 , de acuerdo con la fórmula 7.2, dio como resultado:

$$L_0 = 5,65\sqrt{240} = 87,52 \text{ mm}$$

Y la longitud de la parte calibrada L_c , de acuerdo con la fórmula 7.1:

$$L_c = 87,52 + 1,5\sqrt{240} = 110,75 \text{ mm}$$

Conocidas las dimensiones de la probeta y respetando las tolerancias establecidas en la norma, se mecanizó la barra base de la figura 7.2, y se obtuvo la probeta que se observa en la figura 7.3, realizándose además unas marcas a la medida de L_0 para poder medir tras el ensayo la longitud final L_u .



Figura 7.3: Probeta utilizada en el ensayo de tracción.

Se dispuso la probeta en una máquina de tracción HMD-200-KN / CPC HOYTOM, S.L. - JML, de forma que el eje longitudinal de la misma coincidiera con la línea de aplicación de la fuerza, colocando las mordazas de forma que abrazaran a la probeta en las cabezas de amarre destinadas para ello, como se observa en la figura 7.4.



Figura 7.4: Disposición de la probeta en la máquina de tracción.

Una vez establecidos todos los parámetros requeridos por la máquina de tracción y colocada la probeta convenientemente en las mordazas, se procedió a realizar el ensayo, traccionando la probeta hasta su rotura. Se alcanzaron 118647 N antes de romper, lo que implica una tensión máxima o esfuerzo máximo de $494,4 \text{ N/mm}^2$ (MPa), se obtuvo también un límite elástico de 79176 N lo que significa una tensión de 329,9 MPa haciendo uso del criterio del 0,2%, y el módulo de Elasticidad o módulo de Young resulto ser de $E = 11161,57$. Se pueden observar estos resultados, además de la gráfica tensión deformación obtenida de la máquina de ensayos en la figura 7.5.

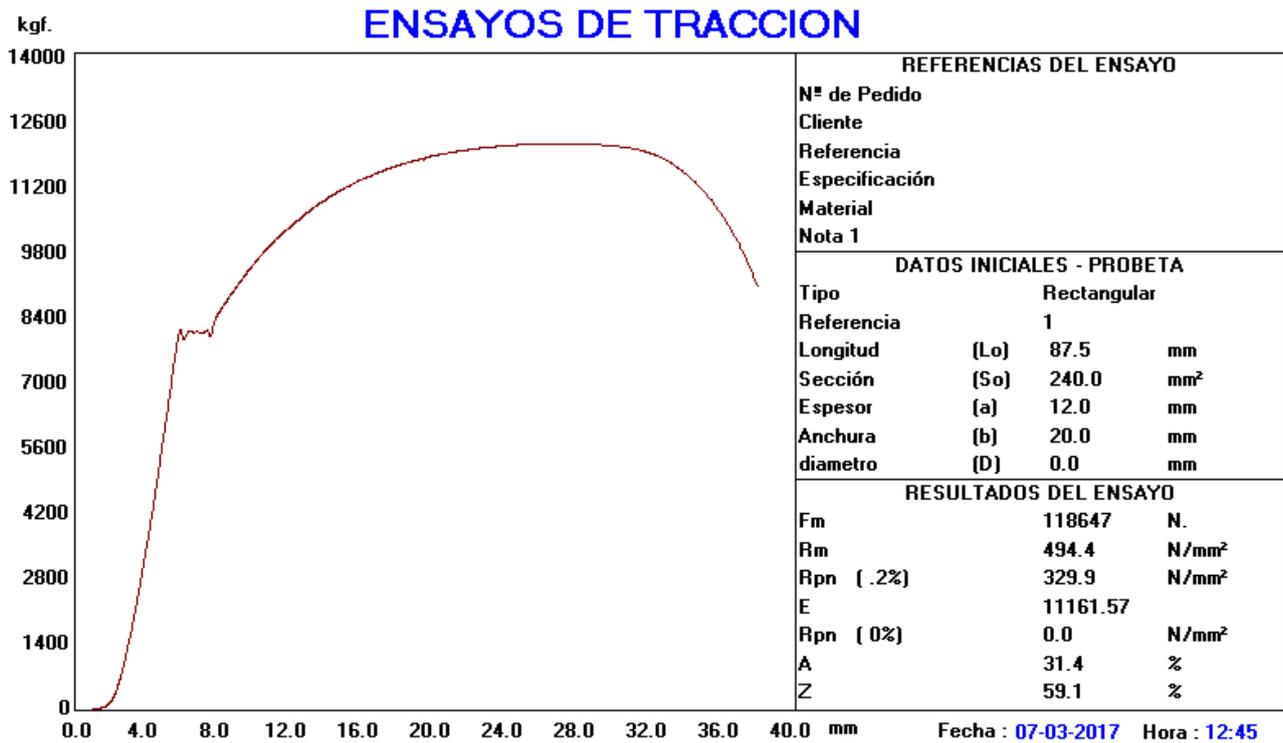


Figura 7.5: Gráfica y resultados obtenidos de la máquina de tracción tras el ensayo.

En la gráfica se distinguen perfectamente la zona elástica que alcanza casi los 8400 kgf, una zona de transición, y la zona plástica que abarca una gran área bajo la curva, lo que indica que se trata de un material dúctil. Los datos con mayor interés obtenidos del ensayo son los de resistencia máxima o tensión máxima del material $R_m = 494,4$ MPa, y la resistencia de límite elástico o tensión de límite elástico $R_{pn} = 329,9$ MPa.

Tras la rotura se unieron cuidadosamente las dos partes resultantes de la probeta para determinar la longitud final entre puntos L_u , obteniéndose una distancia de $L_u = 115$ mm, frente a los 87,52 mm iniciales, lo que significa una gran deformación plástica (27,48 mm), característico de materiales con cierta ductilidad. Se pueden observar imágenes de la probeta tras el ensayo en la figura 7.6.



Figura 7.6: Imágenes de la probeta tras el ensayo de tracción.

7.2 Medición de fuerzas

Conocidas las características mecánicas del material que compone la grada de discos, resultaba ahora necesario determinar las fuerzas a las que está sometida la barra objeto del estudio, para con estas determinar los esfuerzos y poderlos comparar los que consigue aguantar el material, viendo así si existe un sobredimensionamiento de la barra o no.

Debido a que la grada de discos posee dos grados de libertad, es decir, el movimiento de la grada no está restringido ni horizontalmente ni verticalmente, solo existirá esfuerzo axial o de tracción, no existiendo por tanto ningún momento aplicado sobre la barra principal.

El objetivo es por tanto determinar la fuerza máxima de tracción a la que está sometida la barra. Para ello existen diferentes métodos con mayor o menor complejidad y exactitud. El primero a destacar es un estudio teórico de las fuerzas implicadas en el proceso, es decir, realizar un análisis del sólido libre estudiando en qué modo afecta cada una de las fuerzas a la barra principal. Debido a la complejidad de este proceso, no se escogió para la determinación de las fuerzas aplicadas sobre la barra principal de la grada de discos. Otro método es la medición experimental de las fuerzas a través de un equipo portátil de galgas extensiométricas, o aún más sencillo, mediante una célula de carga, dispositivo que consiste en un transductor que transforma una fuerza aplicada sobre él en una señal eléctrica medible, las más típicas son las células de carga en S, como las que se observan en la figura 7.7. Este método es por tanto el ideal para la determinación de la fuerza máxima aplicada sobre la barra principal de la grada de discos, pero debido a indisponibilidad del equipo no se pudo realizar, debiendo por tanto que encontrar otro método para ello.



Figura 7.7: Células de carga en S.

El tercer método para la determinación de las fuerzas, método por tanto utilizado, es el empleo de un acelerómetro para medir las aceleraciones longitudinales a las que está sometida la grada, y a partir de estas calcular las fuerzas puestas en juego. A la fuerza máxima de tracción obtenida mediante este método habrá que sumarle además la fuerza necesaria para vencer la resistencia del suelo, obtenida anteriormente mediante la ecuación 4.1.

Los acelerómetros son capaces de medir la aceleración en tres dimensiones, es decir, en los ejes X, Y y Z, de manera que uno de los ejes siempre va a marcar como mínimo la aceleración de la gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$). Para el caso de la grada de discos, como ya se mencionó anteriormente,

únicamente interesa la aceleración longitudinal, pues se pretende determinar la fuerza de tracción a la que está sometida la barra principal, ya que no se aplicarán fuerzas verticales ni horizontales sobre la misma. Por todo ello únicamente interesan las mediciones en uno de los ejes del acelerómetro, aquel que este alineado con el eje longitudinal de la grada.

El acelerómetro empleado es un MPU 6515 Accelerometer version 1 de InvenSense, con una resolución de $5,950928E-4 \text{ m/s}^2$ y un rango máximo de $39,226593 \text{ s}$, (figura 7.8).

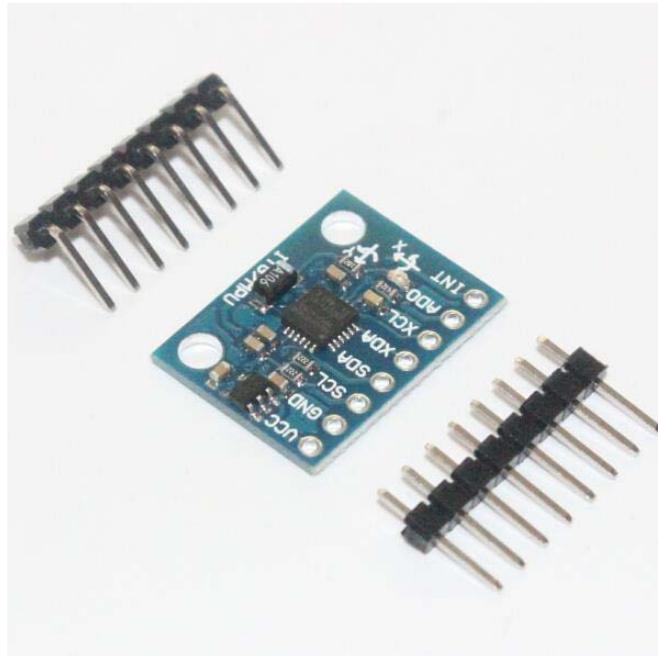


Figura 7.8: Acelerómetro MPU 6515 de InvenSense.

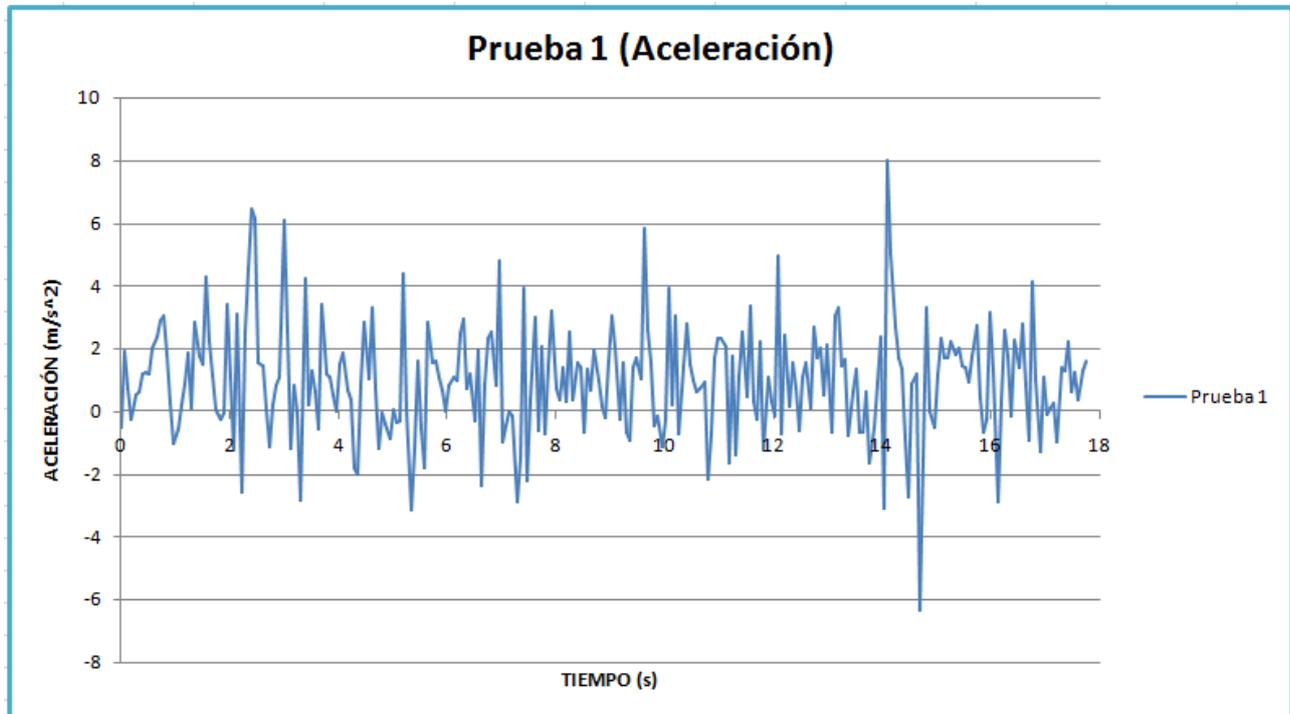
El primer paso por tanto para la utilización del acelerómetro fue situar al mismo de forma que uno de sus ejes coincidiera con el eje longitudinal de la grada. En este caso se alineó el eje Y, de tal manera que los datos obtenidos, son las mediciones de las aceleraciones tanto positivas como negativas en este eje. En la figura 7.9 se observa el lugar donde se dispuso el acelerómetro para la realización de las pruebas y la toma de datos.



Figura 7.9: Disposición del acelerómetro en la grada de discos.

Se llevaron a cabo tres pruebas en condiciones similares obteniéndose las siguientes aceleraciones en el eje longitudinal de la grada:

- **Prueba 1:** La prueba 1 se llevó a cabo durante casi 18 segundos, obteniéndose las aceleraciones representadas en la figura 7.10.

**Figura 7.10:** Gráfico representando las aceleraciones obtenidas en la prueba 1.

Se alcanzó un máximo de $8 m/s^2$ debido seguramente a alguna raíz, roca o similar que provocó que la grada de discos se enganchara y sufriera una aceleración momentánea mayor que a las que estaba siendo sometida en condiciones normales de trabajo.

- **Prueba 2:** En la prueba 2 se recogieron datos durante 17 segundos y se obtuvieron las aceleraciones representadas en la figura 7.11.

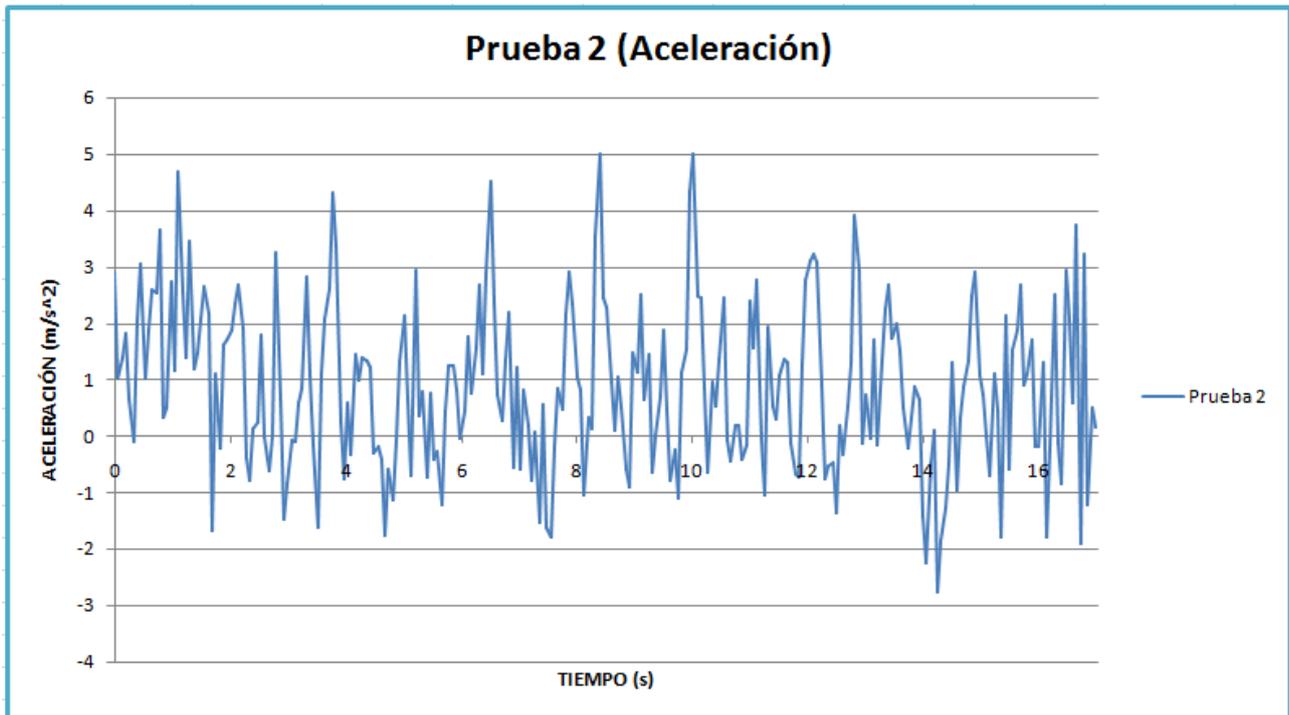


Figura 7.11: Gráfico representando las aceleraciones obtenidas en la prueba 2.

En este caso se alcanzaron dos máximos de $5,01 \text{ m/s}^2$, lo que supone una aceleración inferior a la máxima obtenida en la prueba 1.

- **Prueba 3:** La prueba 3, última prueba realizada, resultó ser la prueba más larga, llevándose a cabo durante 22 segundos. Se obtuvieron las aceleraciones representadas en la figura 7.12.

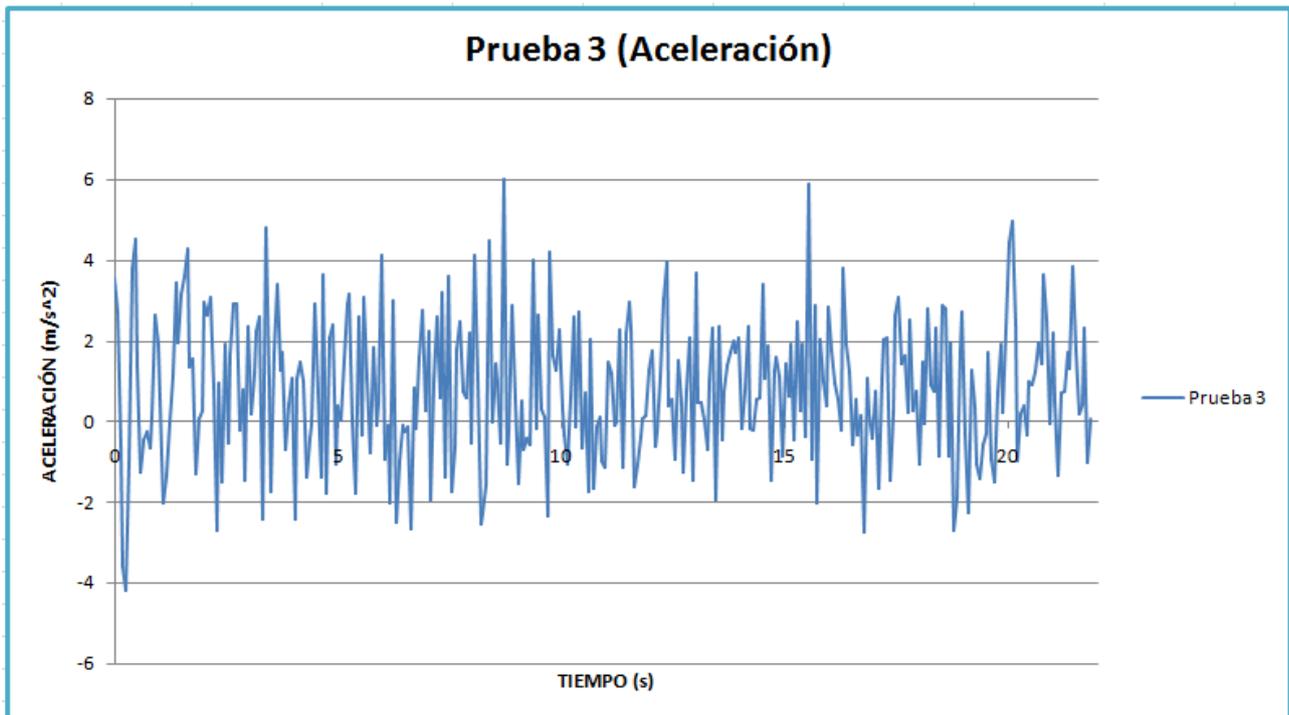


Figura 7.12: Gráfico representando las aceleraciones obtenidas en la prueba 3.

En esta última prueba se alcanzaron dos máximos de unos 6 m/s^2 , de nuevo aceleraciones inferiores a la máxima obtenida en la prueba 1.

Conseguidas las aceleraciones en condiciones normales de trabajo, es decir, con una plasticidad del suelo de aproximadamente 60 kPa , a una velocidad de trabajo del tractor aproximada de 10 km/h , y con un ángulo de corte adecuado a las condiciones del terreno, ni el máximo permitido, ni el mínimo permitido, se procedió a calcular las fuerzas a las que está sometida la barra principal de enganche al tractor mediante la primera ley de Newton $F = m \cdot a$, considerando una masa de 320 kg para la grada, y las aceleraciones obtenidas en cada una de las pruebas. A esta fuerza necesaria para mover la grada de discos, es preciso sumarle la fuerza requerida para vencer la resistencia que opone el suelo al avance del apero, calculada en el apartado 4 mediante la ecuación 4.1, y obteniéndose un valor de 3120 N .

De esta forma, las fuerzas calculadas a partir de cada una de las pruebas son:

- **Prueba 1:** Las fuerzas calculadas a partir de las aceleraciones obtenidas en la prueba 1 se representan en la figura 7.13.

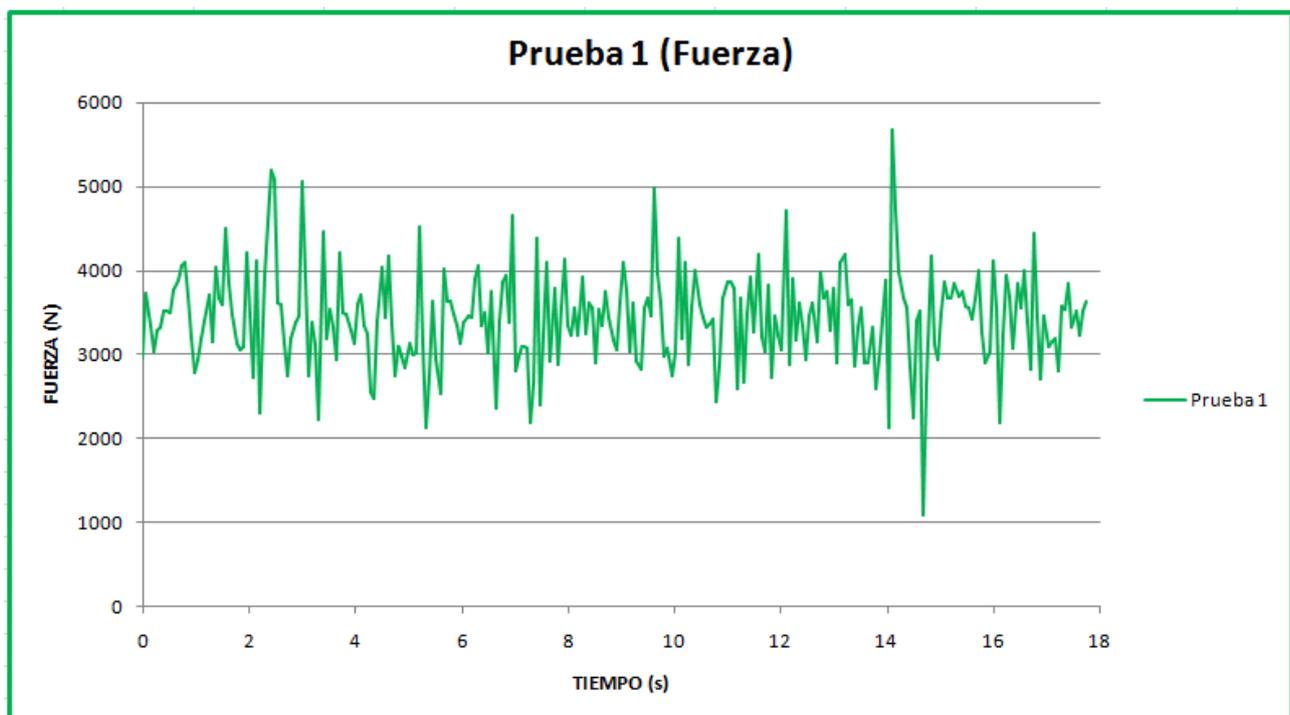


Figura 7.13: Gráfico representando las fuerzas calculadas a partir de las aceleraciones de la prueba 1.

A partir de la prueba 1 se obtuvo un máximo de 5680 N , mayor valor obtenido de las tres pruebas.

- **Prueba 2:** Las fuerzas calculadas a partir de las aceleraciones obtenidas en la prueba 2 se representan en la figura 7.14.

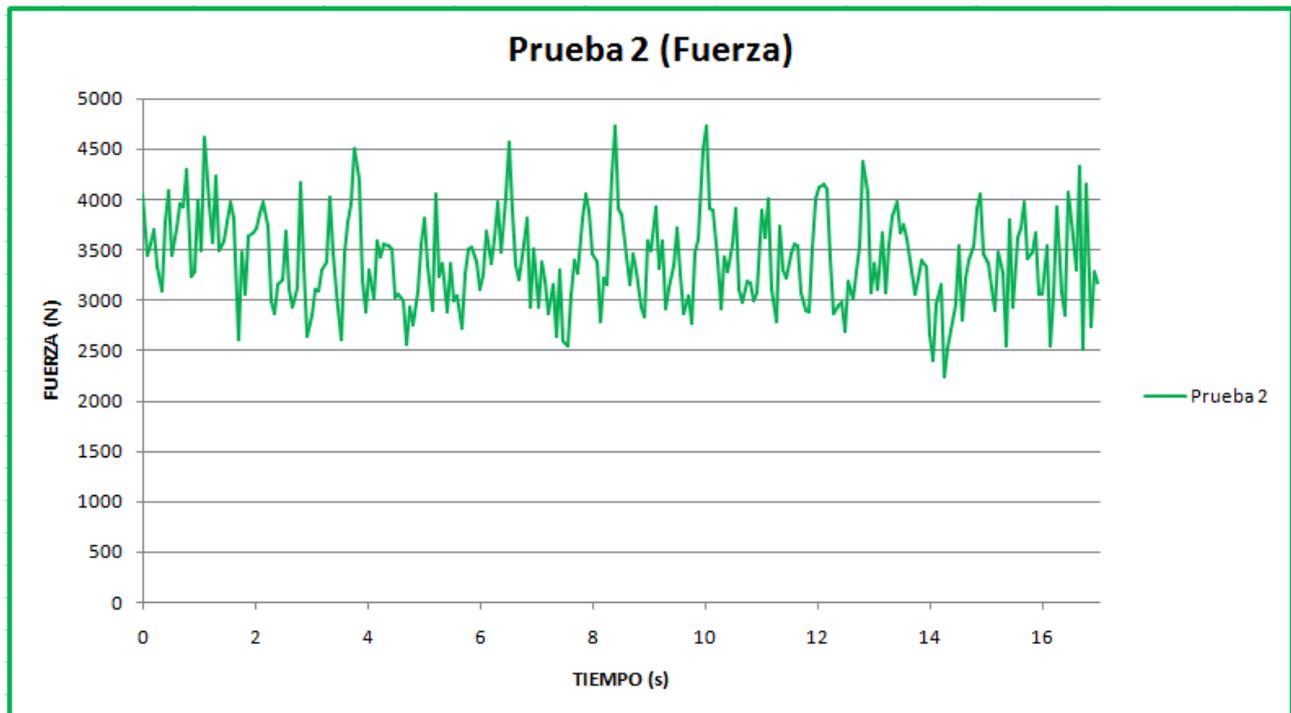


Figura 7.14: Gráfico representando las fuerzas calculadas a partir de las aceleraciones de la prueba 2.

En la prueba 2 se obtuvieron dos máximos de 4724 N, inferiores al máximo obtenido de la prueba 1.

- **Prueba 3:** Las fuerzas calculadas a partir de las aceleraciones obtenidas en la prueba 3 se representan en la figura 7.15.

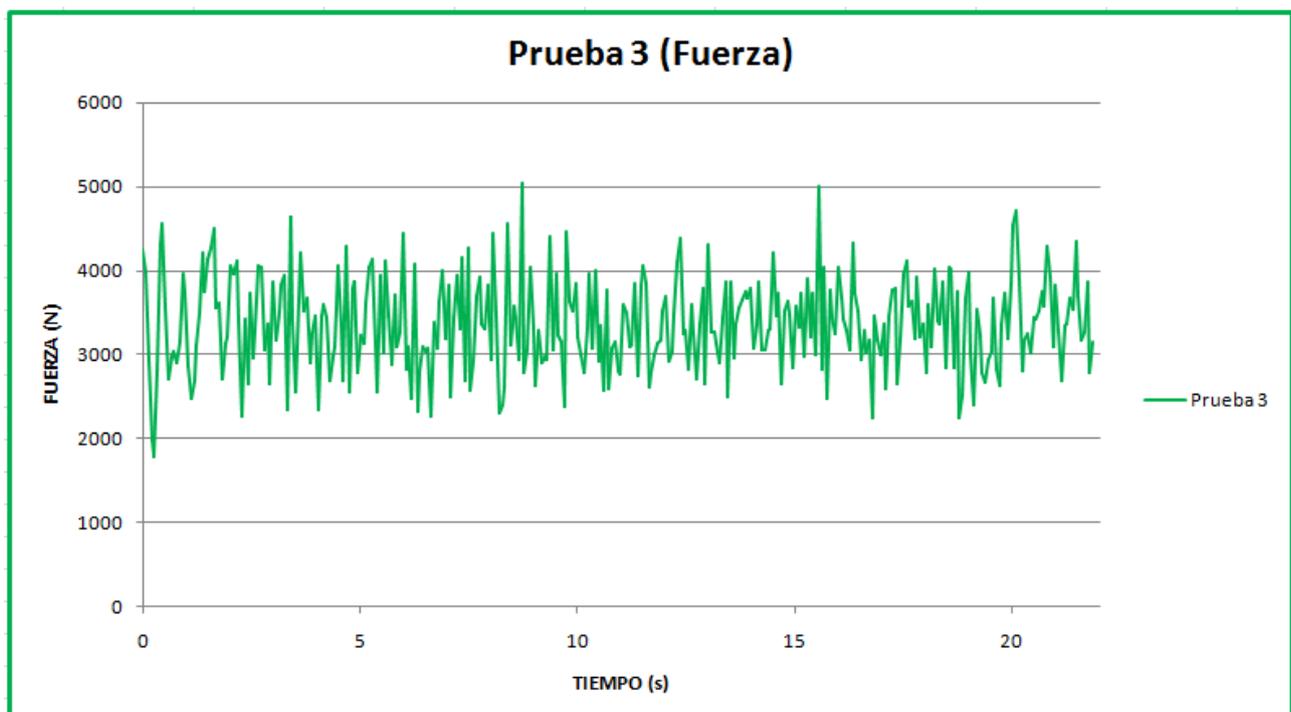


Figura 7.15: Gráfico representando las fuerzas calculadas a partir de las aceleraciones de la prueba 3.

En la prueba 3 se obtuvieron de nuevo dos máximos de unos 5000 N.

La máxima fuerza lógicamente se obtuvo en el punto de aceleración máxima de la prueba 1, resultando un valor de 5680 N. Este valor se utilizará para determinar los esfuerzos a los que está sometida la barra principal mediante el entorno de análisis de elementos finitos de Autodesk Inventor, cuestión que se desarrollará en el siguiente apartado.

7.3 Cálculo de esfuerzos

Para la determinación de los esfuerzos a los que está sometida la barra principal de enganche al tractor se utilizó, como se mencionó anteriormente, el entorno de análisis de elementos finitos de Autodesk Inventor. En él, el primer paso fue establecer las restricciones de la viga, de forma que se dispuso una restricción fija en el extremo ligado al resto de la grada de discos. Posteriormente se aplicó en la cara interna del agujero en el que se introduce el pasador que une la grada de discos con el tractor una fuerza en la dirección longitudinal de la barra y de sentido el de avance de la grada o del tractor, concretamente, como se observa en la figura 7.16, en la dirección del eje Y, y de sentido -Y. El valor dado a esta fuerza es el determinado experimentalmente en el apartado anterior, $F = 5680 \text{ N}$, (figura 7.16).

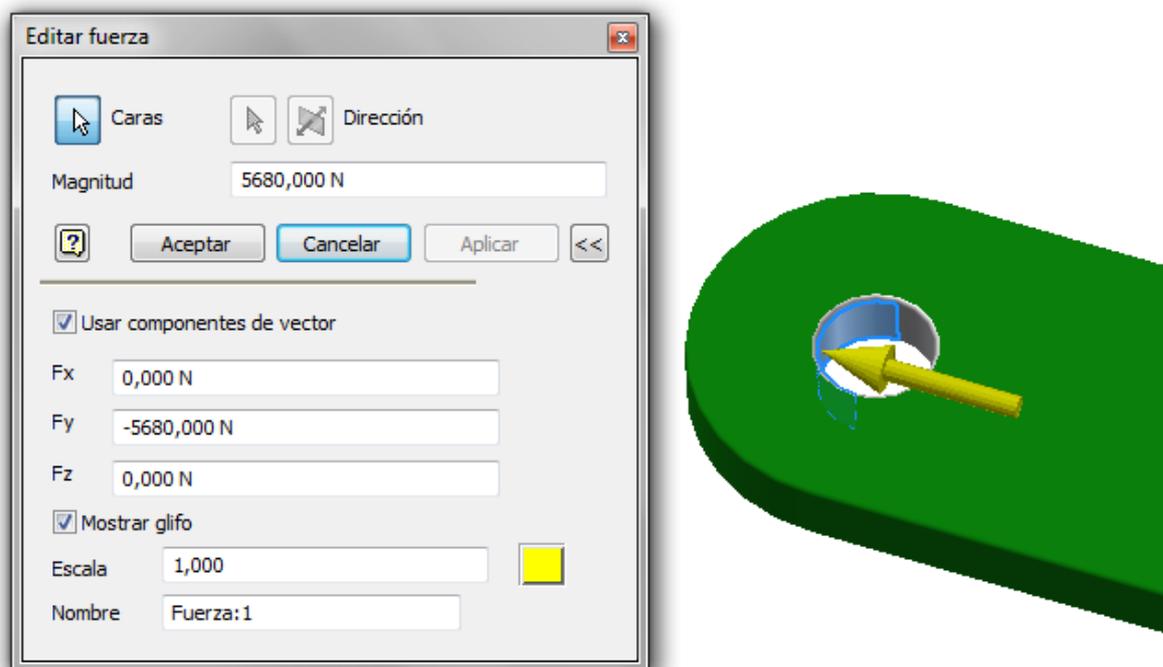


Figura 7.16: Aplicación de la fuerza en el entorno de análisis de elementos finitos de Autodesk Inventor.

La malla creada por Inventor para el cálculo de los esfuerzos en cada punto de la viga cuenta con 12798 nodos, se observa esta malla en la figura 7.17.

Nodos:12798
Elementos:7486

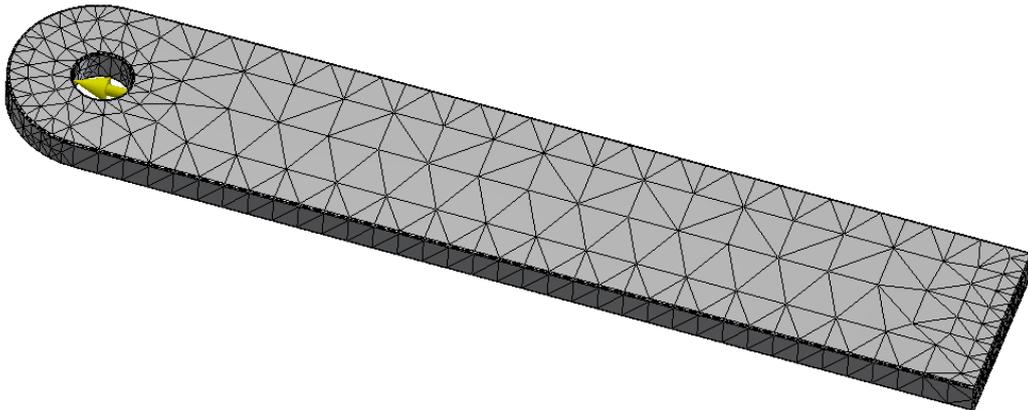


Figura 7.17: Malla creada en Inventor para la simulación de elementos finitos de la barra principal.

Establecidas las restricciones, aplicadas las fuerzas y diseñada la malla, se procedió a realizar la simulación, obteniéndose las tensiones de Von Mises en MPa. Como era de esperar existe una concentración de tensiones en la perforación destinada a introducir el pasador, de forma que en sus laterales se alcanzan los casi 42 MPa, cifra que no resulta alarmante frente a los 329 MPa de resistencia de límite elástico que el material posee, de acuerdo con el ensayo de tracción realizado anteriormente. Si bien es posible que se alcancen fuerzas significativamente mayores, pues pueden darse condiciones de trabajo no reflejadas en las pruebas experimentales realizadas, como enganchones del apero con obstáculos del terreno, suelo excesivamente pesado o duro, etc, existe un gran sobredimensionamiento de la viga, siendo su coeficiente o factor de seguridad, para las condiciones de trabajo consideradas en las pruebas experimentales, y de acuerdo con la teoría de la energía de distorsión o de Von Mises-Hencky (7.4):

$$N = \frac{S_y}{\sigma} \quad (7.4)$$

$$N = \frac{329,9}{42} = 7,85$$

Se podría por tanto utilizar una viga con una sección de menores dimensiones, pues el material consigue aguantar 7,85 veces el esfuerzo al que está sometido en condiciones normales de funcionamiento, aunque del lado de la seguridad, la viga o barra cuenta con un sobredimensionamiento que ofrece un gran margen para prever situaciones límites no contempladas en las pruebas realizadas.

Se pueden observar los resultados de la simulación de Autodesk Inventor en la figura 7.18:

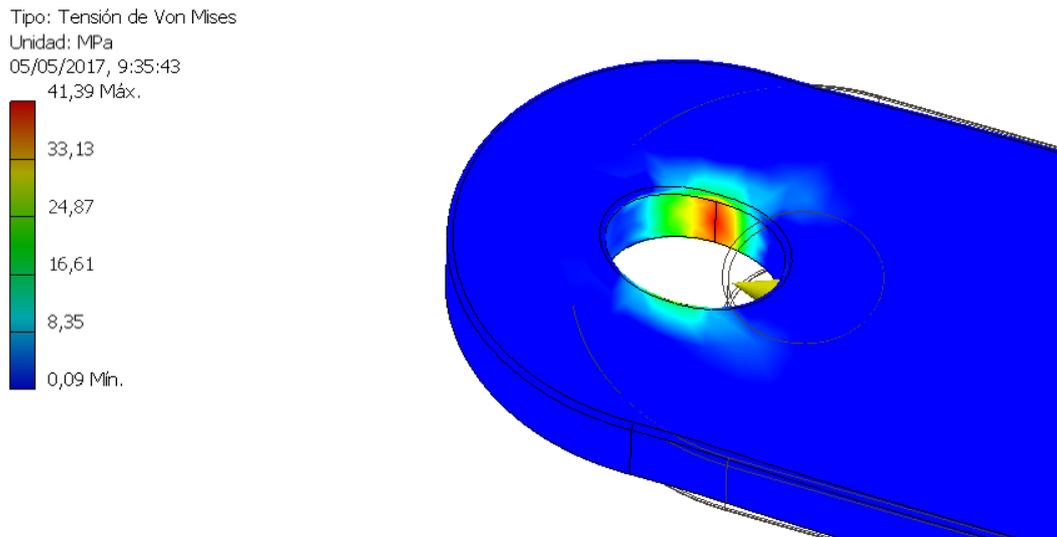


Figura 7.18: Resultados de la simulación de elementos finitos en Autodesk Inventor.

8 CONCLUSIÓN

Tras la elaboración de este trabajo final de estudios al igual imagino que de cualquier otro, se adquiere una perspectiva diferente de la situación del trabajo de un ingeniero fuera de la universidad, pues finalizados los cuatro años de carrera, llegamos a un punto en el que hemos adquirido muchos conocimientos, muchas capacidades, incluso nuevas habilidades que nos ayudarán sin duda de cara al futuro, pero no hemos aprendido lo que hay tras las puertas de la universidad en lo que respecta al trabajo y a las situaciones a las que nos tendremos que enfrentar cuando salgamos.

El desarrollo de un trabajo o de un proyecto digamos, más cercano a la realidad, como es por ejemplo este tfg, ayuda a abrir los ojos y a darte cuenta de que aunque nos falte mucho por aprender una vez terminada la universidad, ya somos capaces de hacer frente a proyectos reales y tenemos las capacidades necesarias para ello, siempre y cuando tengamos el apoyo y los requisitos necesarios.

Quiero decir con esto que aunque la universidad hoy en día no esté en el nivel que estaba hace unos años, como muchos profesores nos han dicho a lo largo del tiempo, y que posiblemente no salgamos tan preparados como los estudiantes podrían salir antiguamente, tenemos las mismas capacidades y haremos frente a los proyectos que se nos planteen aprendiendo todo lo posible a su paso, pues si a una cosa nos enseña la universidad y concretamente la Escuela, tal y como está planteada hoy en día, es a aprender a aprender.

Cuando me planteé la elaboración de este trabajo era consciente de que se trataba de un trabajo de cierta magnitud, que me implicaría una gran dedicación y multitud de horas para su desarrollo y sin duda así fue, sin embargo a pesar de las horas y a pesar del esfuerzo, me siento orgulloso de haberlo llevado a cabo pues no solo es gratificante por el hecho de haber realizado un duro trabajo y haberlo finalizado con resultados incluso mejores a los esperados, sino que lo es sobre todo por lo que implica en cuanto a conocimientos prácticos aprendidos, a la soltura adquirida en enfrentar problemas que se plantean, a aprender a conseguir y aplicar los recursos con los que uno puede contar, a realizar operaciones que van teniendo cierta responsabilidad implicando a más personas, y sobre todo a ganar confianza en uno mismo a la hora de enfrentar cualquier problema que se nos plantee.

Sin duda el desarrollo de este trabajo no habría sido posible o al menos no en su totalidad sin la colaboración de parte del personal de la universidad, a quien tengo que agradecer inmensamente su ayuda, así como de algunos equipos con los que cuenta la Escuela de Ingenierías Industriales, como la máquina de tracción utilizada para realizar el ensayo, o los distintos equipos para la mecanización de la probeta. Si bien tengo que decir que no pude utilizar todos aquellos equipos que precisaba debido a diferentes problemas internos de la Escuela.

Como conclusión final, por tanto, cabe decir que el desarrollo de un trabajo como los que se plantean en los trabajos final de estudio es especialmente bueno para los estudiantes, al menos de ingeniería, para enfocarse de alguna manera al trabajo que desarrollaremos tras pasar las puertas de la universidad, planteándome incluso desde mi humilde opinión que deberían llevarse a cabo más proyectos o trabajos similares a lo largo de los diferentes cursos por los que pasamos durante los estudios universitarios.

9 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- www.mapama.gob.es.
- www.ecured.cu.
- www.reparatucultivador.com.
- www.agronotas.es.
- www.boletinagrario.com.
- www.tecnoagri.es.
- www.duranmaquinaria.com.
- www.gasconinternational.com.
- www.aenor.es.
- www.marcado-ce.com.
- www.autodesk.es.
- www.eur-lex.europa.eu.
- www.boe.es.
- www.unex.es.

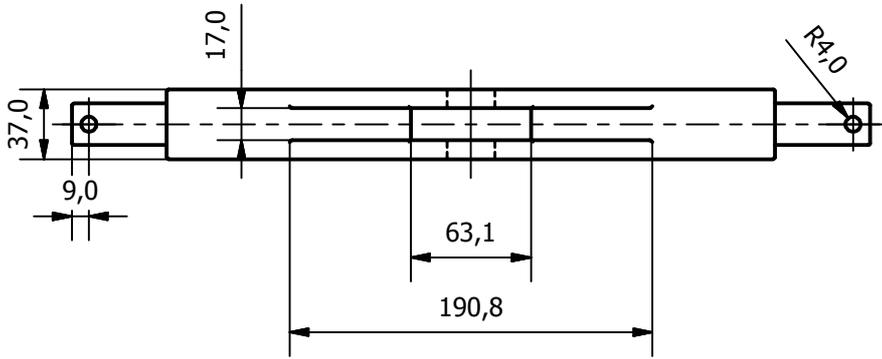
- [1] Márquez, L., 2004. Maquinaria agrícola. Ed. B & H. Madrid.
- [2] Ortiz-Cañavate, J., (coord.), 2003. Las máquinas agrícolas y su aplicación. Ed. Mundi-Prensa.
- [3] UNE 68051-0: 1988. Tractores y maquinaria agrícola y forestal. Clasificación y terminología. Parte 0: clasificación detallada. Ed. AENOR.
- [4] Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas.
- [5] Directiva 2003/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de mayo de 2003 relativa a la homologación de los tractores agrícolas o forestales, de sus remolques y de su maquinaria intercambiable remolcada, así como de los sistemas, componentes y unidades técnicas de dichos vehículos.
- [6] Directiva 74/151/CEE del Consejo de 4 de marzo de 1974 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre determinados elementos y características de los tractores agrícolas o forestales de ruedas.
- [7] Directiva 76/432/CEE del Consejo de 6 e abril de 1976 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el frenado de los tractores agrícolas o forestales de ruedas.

-
- [8] Directiva 78/933/CEE del Consejo de 17 de octubre de 1978 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la instalación de los dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa en los tractores agrícolas o forestales con ruedas.
- [9] Directiva 79/532/CEE del Consejo de 17 de mayo de 1979 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la homologación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa de los tractores, agrícolas o forestales, de ruedas.
- [10] Directiva 89/173/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre determinados elementos y características de los tractores agrícolas o forestales de ruedas.
- [11] Directiva 2006/26/CE de la Comisión de 2 de marzo de 2006 por la que se modifican, para su adaptación al progreso técnico, las Directivas 74/151/CEE, 77/311/CEE, 78/933/CEE y 89/173/CEE del Consejo sobre los tractores agrícolas o forestales de ruedas.
- [12] Manual de procedimiento de inspección de las estaciones I.T.V. III.- Inspecciones de vehículos agrícolas.
- [13] Real Decreto 750/2010, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.
- [14] Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.
- [15] Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo.
- [16] UNE-EN ISO 6892-1. Materiales metálicos, Ensayo de tracción, Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente (ISO 6892-1:2016).

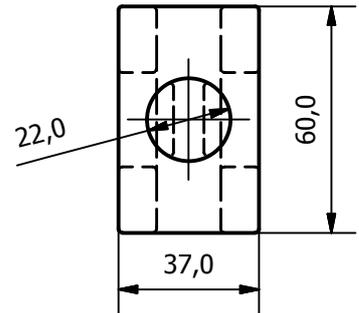
10 ANEXO I : PLANOS

- 1. ENGANCHE
- 2. ESTRUCTURA
- 3. ENGRASADOR
- 4. CODO
- 5. MANIVELA EJES
- 6. MANIVELA RUEDAS
- 7. ESTRUCTURA RUEDAS
- 8. RUEDAS
- 9. VÁLVULA
- 10. BUJE
- 11. ESTRUCTURA EJE DELANTERO
- 12. ESTRUCTURA EJE TRASERO
- 13. EJE DELANTERO Y TRASERO
- 14. CLIPS

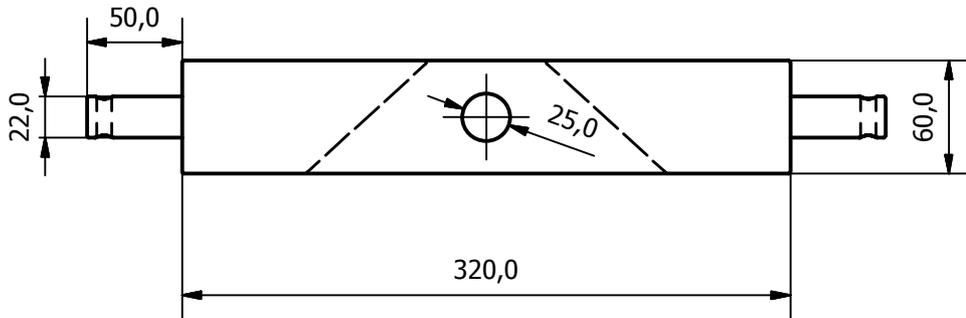
Alzado (1 : 4)



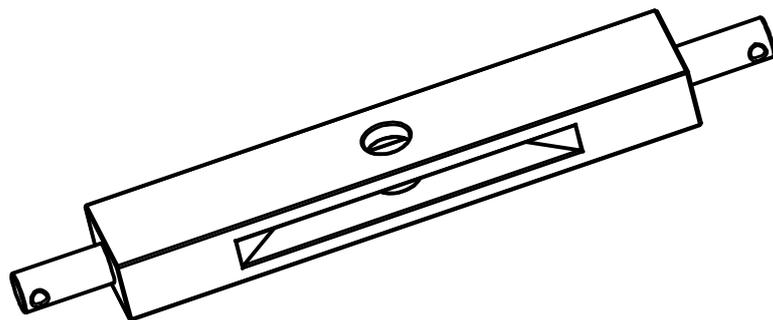
Perfil (1 : 2)



Planta (1 : 4)

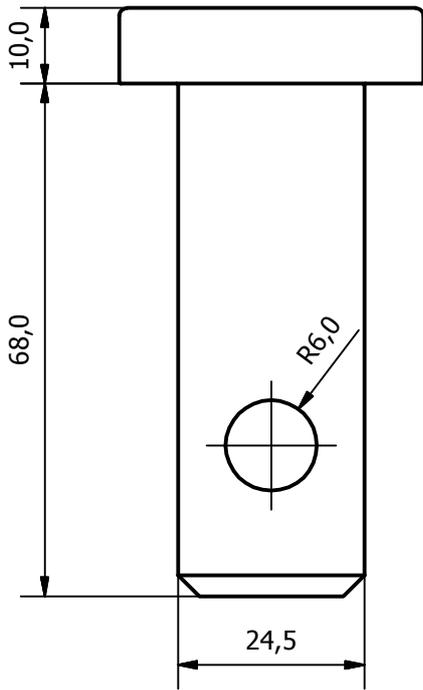


VISTA 3D (1 : 4)

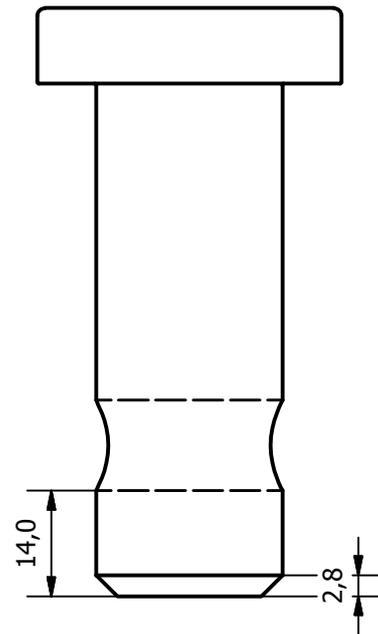


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ENGANCHE	Fecha: Junio
		nº plano: 1
		escalas: X

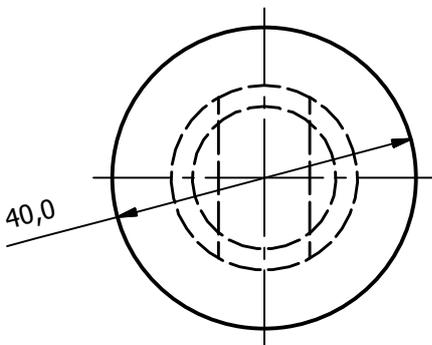
Alzado (1 : 1)



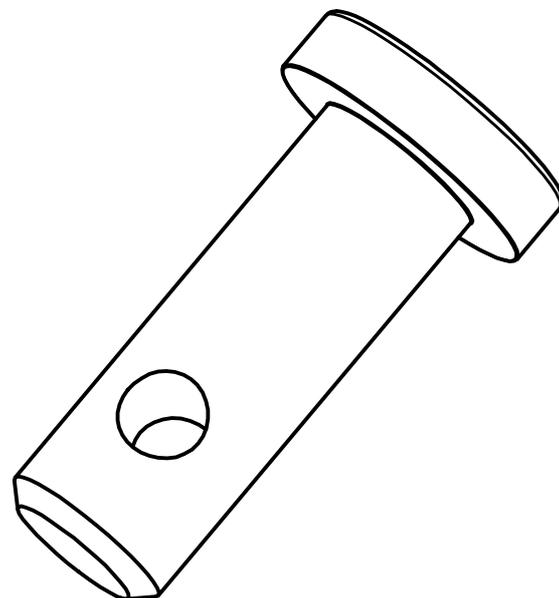
Perfil (1 : 1)



Planta (1 : 1)

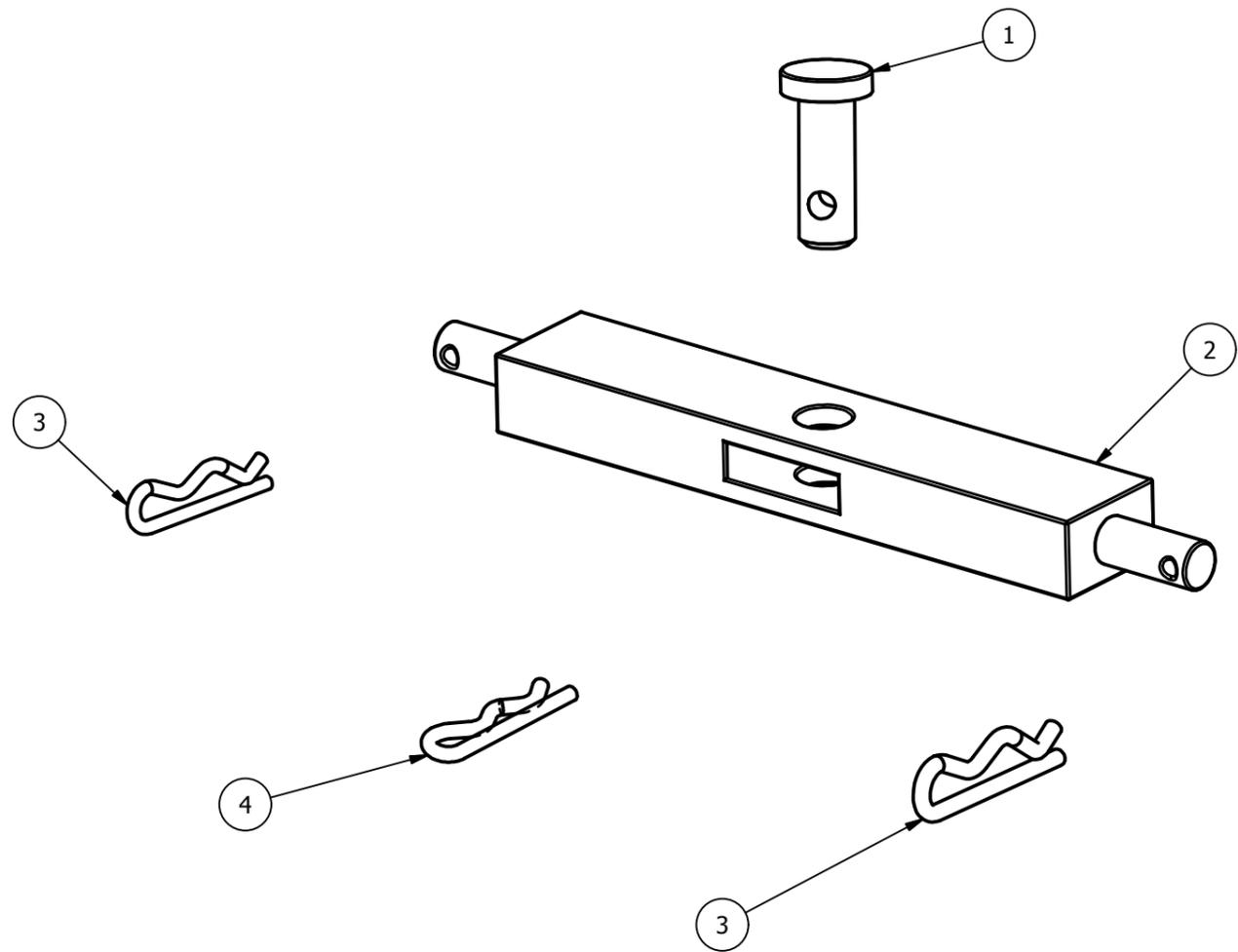


VISTA 3D (1 : 1)



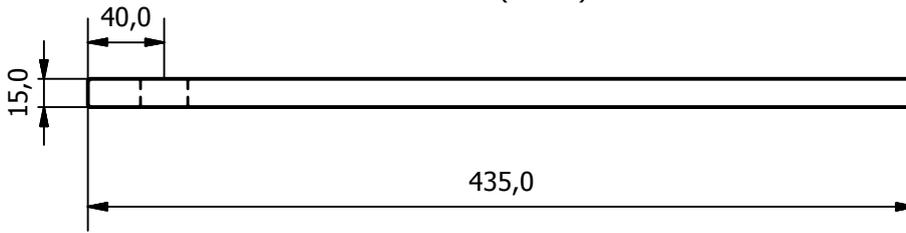
 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ENGANCHE	Fecha: Junio
		nº plano: 1
		escalas: X

LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Pieza1 (Enganche)
2	1	Pieza2 (Perno)
3	2	Pieza146 (Clip)
4	1	Pieza147 (Clip)

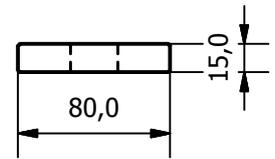


<p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ENGANCHE	Fecha: Junio
		nº plano: 1
		escalas: X

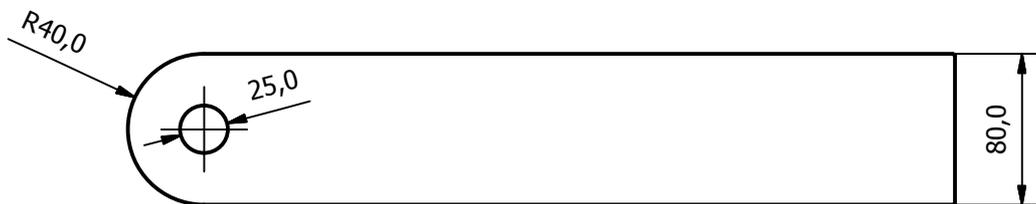
Alzado (1 : 4)



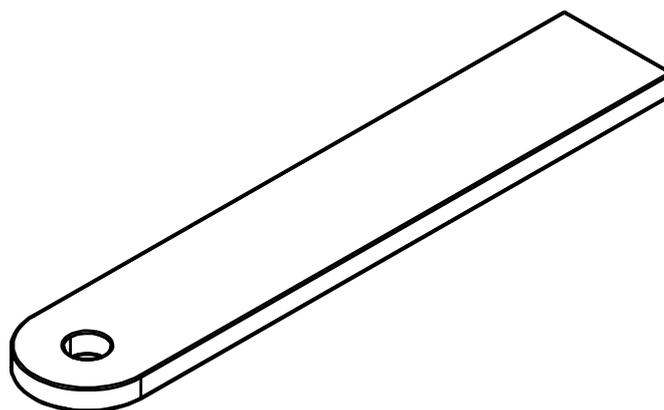
Perfil (1 : 4)

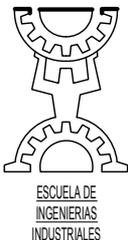


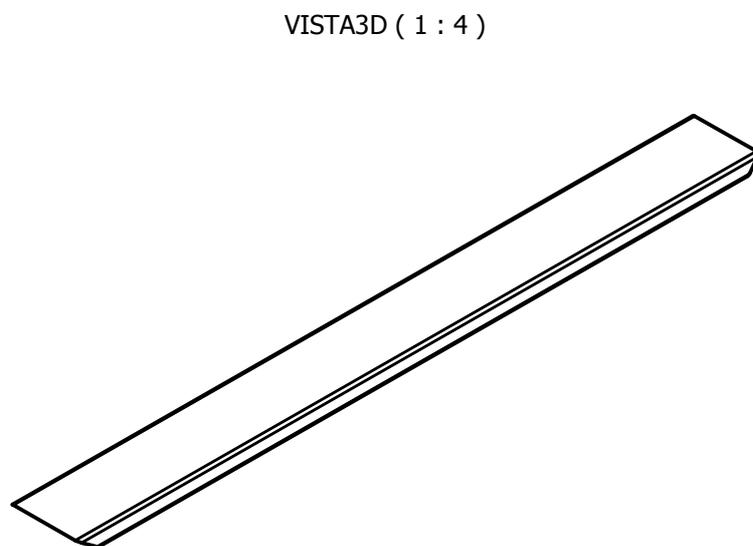
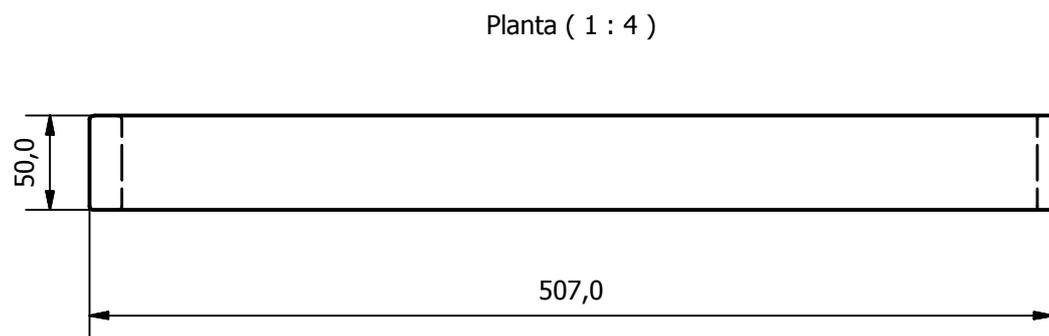
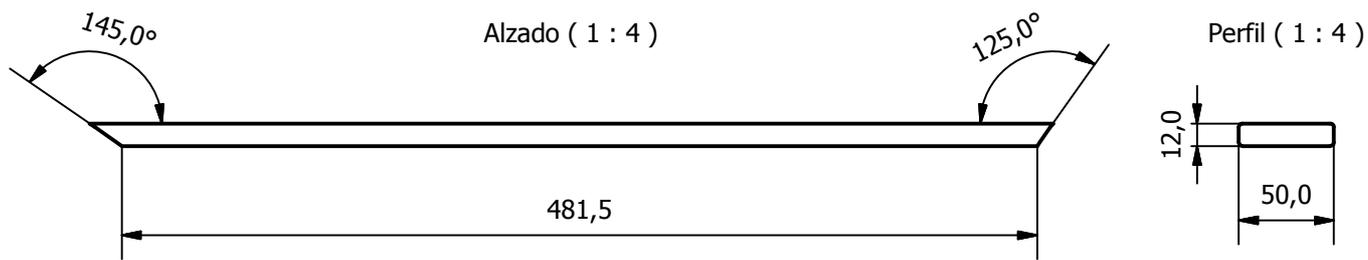
Planta (1 : 4)



VISTA 3D (1 : 4)

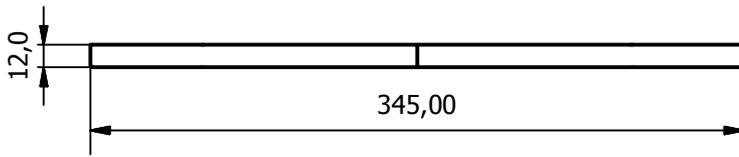


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA	Fecha: Junio
		nº plano: 2
		escalas: X

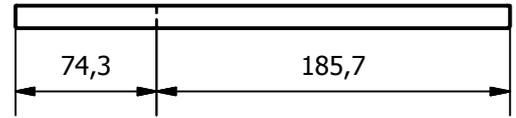


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA	Fecha: Junio
		nº plano: 2
		escalas: X

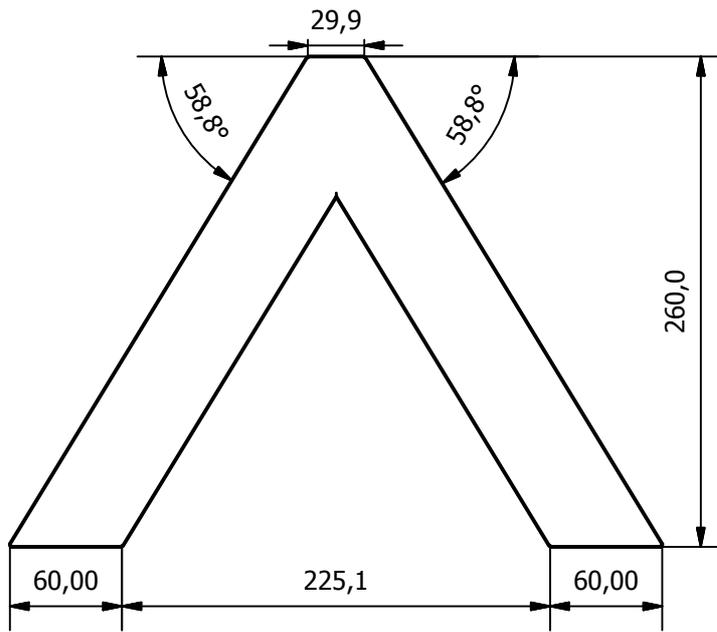
Alzado (1 : 4)



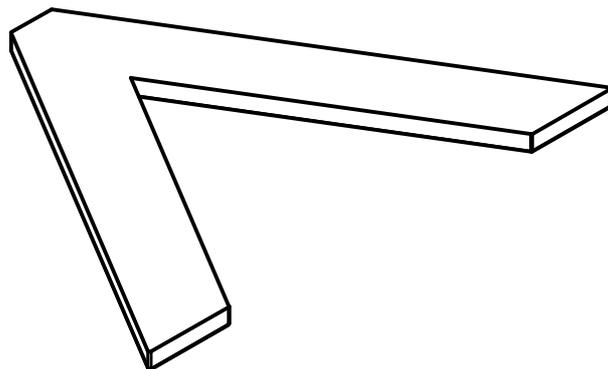
Perfil (1 : 4)



Planta (1 : 4)

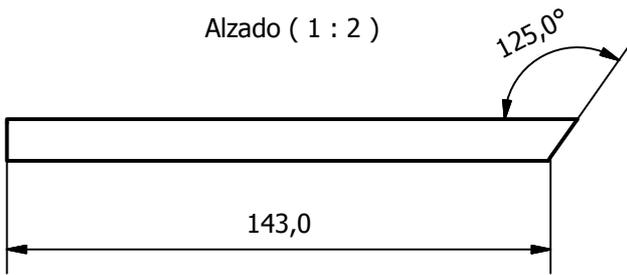


VISTA 3D (1 : 4)

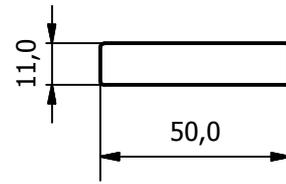


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA	Fecha: Junio
		nº plano: 2
		escalas: X

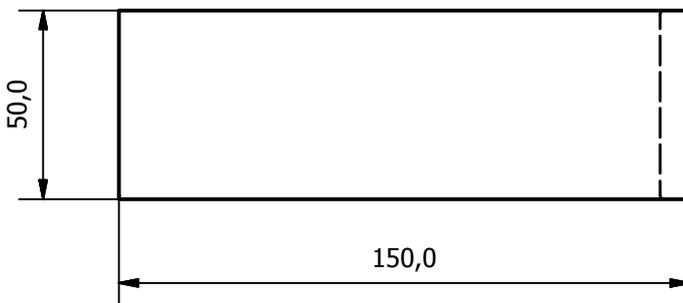
Alzado (1 : 2)



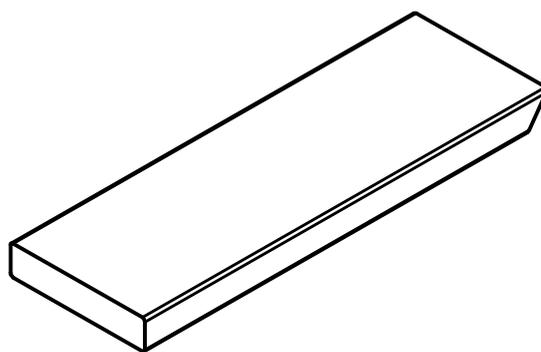
Perfil (1 : 2)



Planta (1 : 2)



VISTA3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

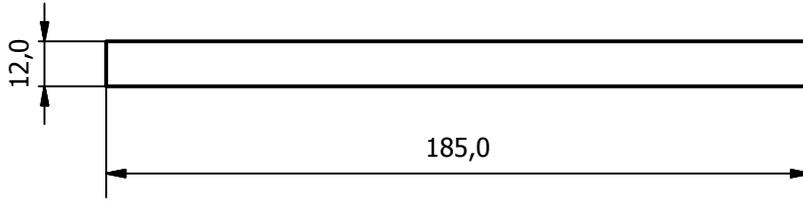
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

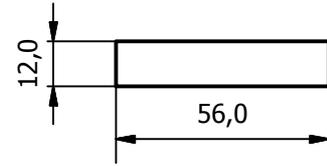
nº plano: 2

escalas: X

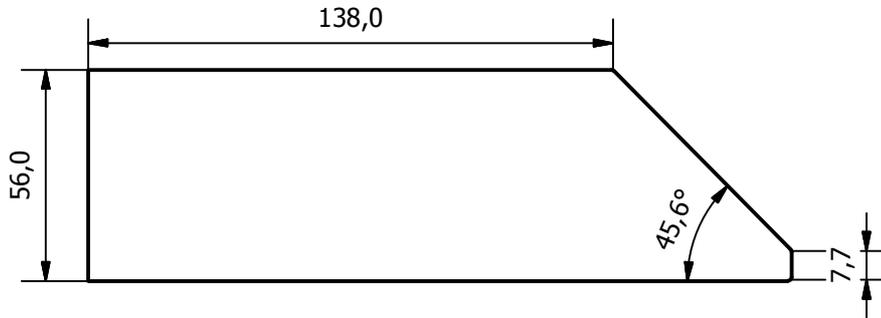
Alzado (1 : 2)



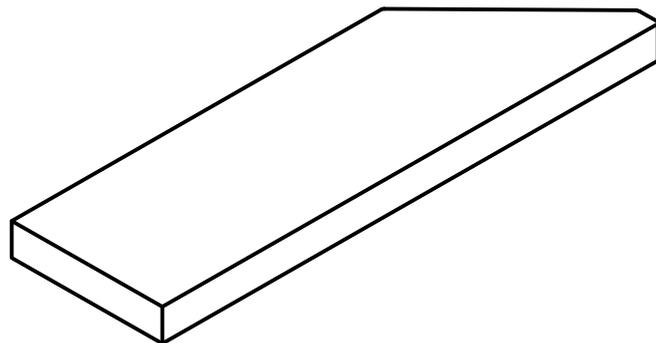
Perfil (1 : 2)



Planta (1 : 2)



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

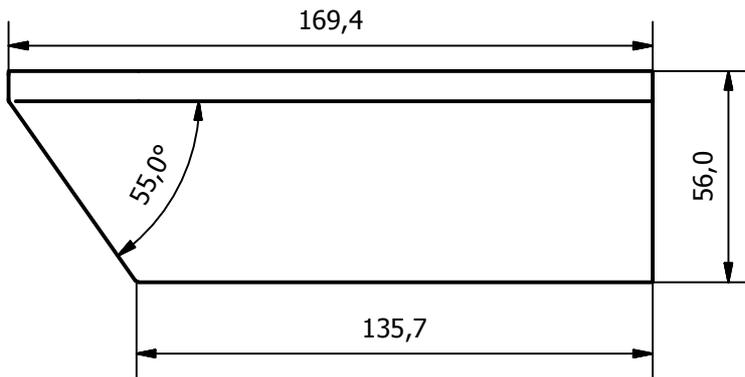
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

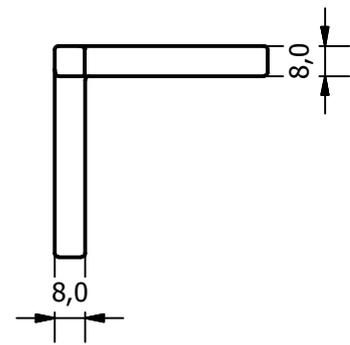
nº plano: 2

escalas: X

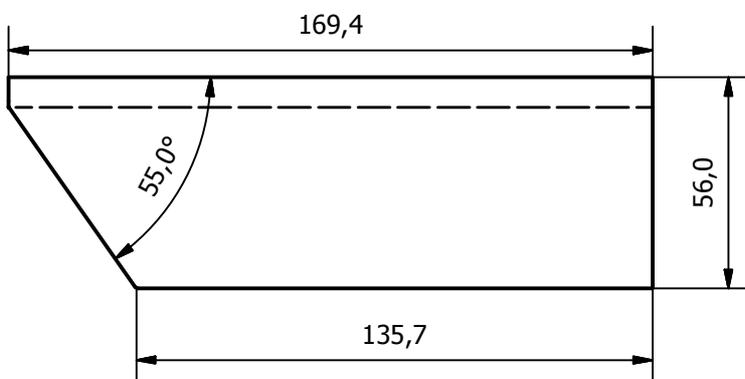
Alzado (1 : 2)



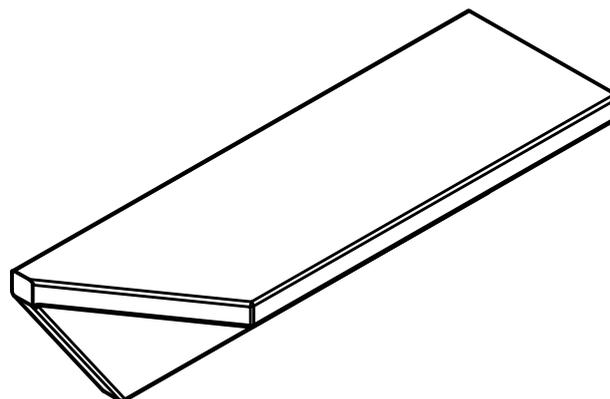
Perfil (1 : 2)



Planta (1 : 2)



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

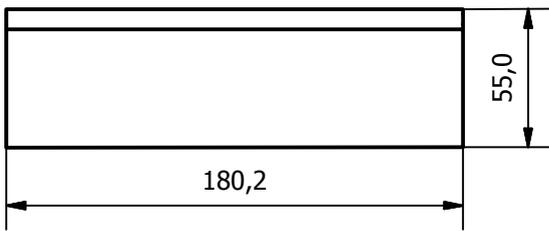
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

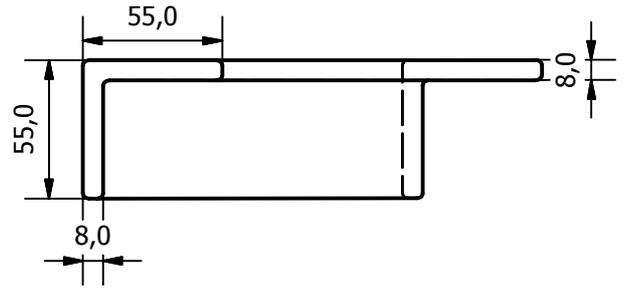
nº plano: 2

escalas: X

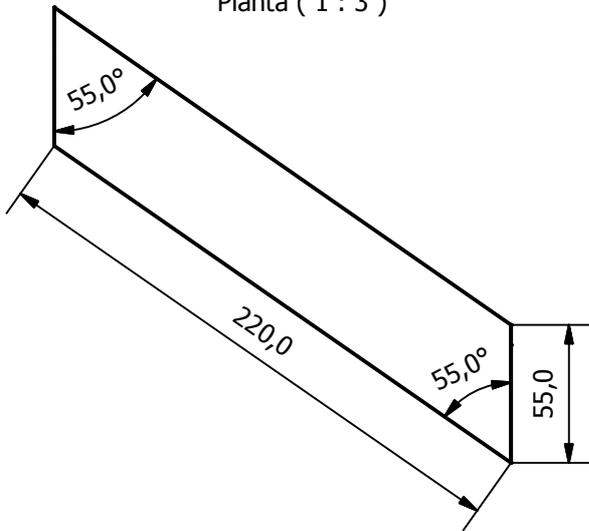
Alzado (1 : 3)



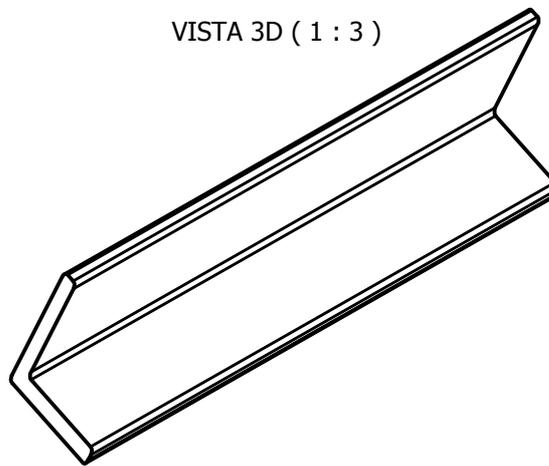
Perfil (1 : 3)



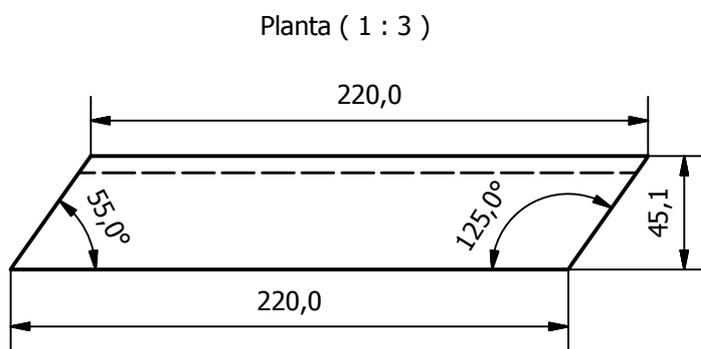
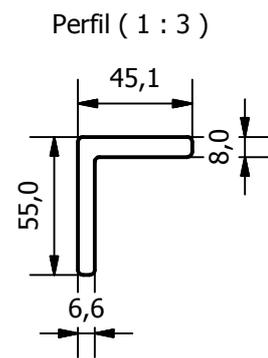
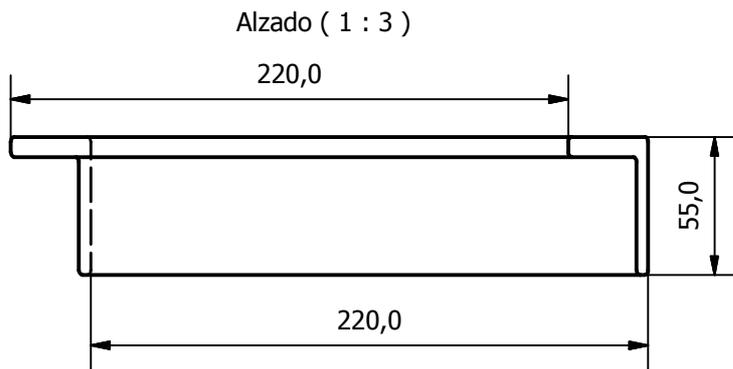
Planta (1 : 3)



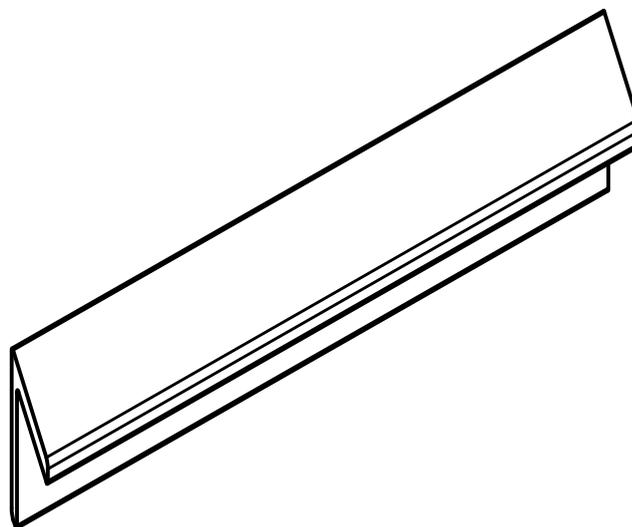
VISTA 3D (1 : 3)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA	Fecha: Junio
		nº plano: 2
		escalas: X



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

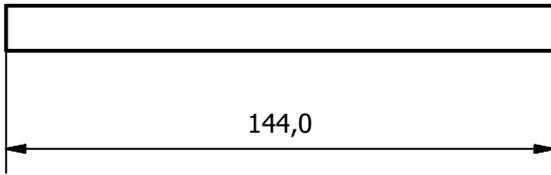
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

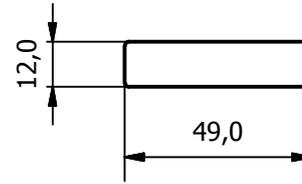
nº plano: 2

escalas: X

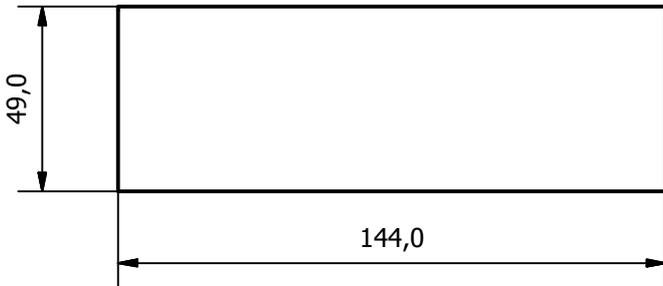
Alzado (1 : 2)



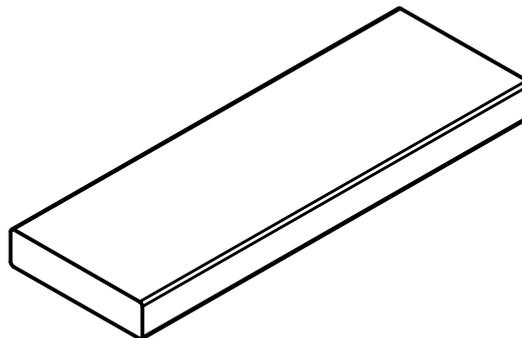
Perfil (1 : 2)



Planta (1 : 2)

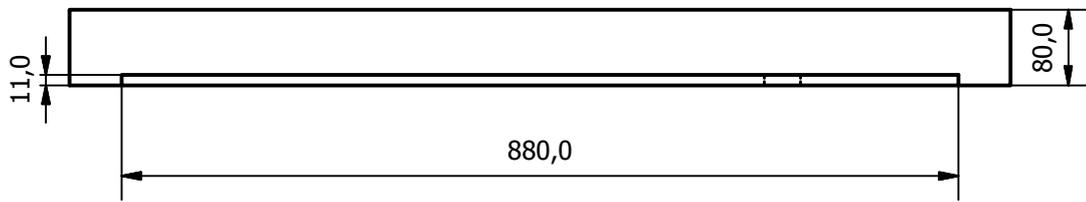


VISTA 3D (1 : 2)

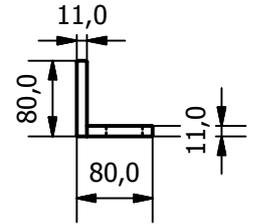


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA	Fecha: Junio
		nº plano: 2
		escalas: X

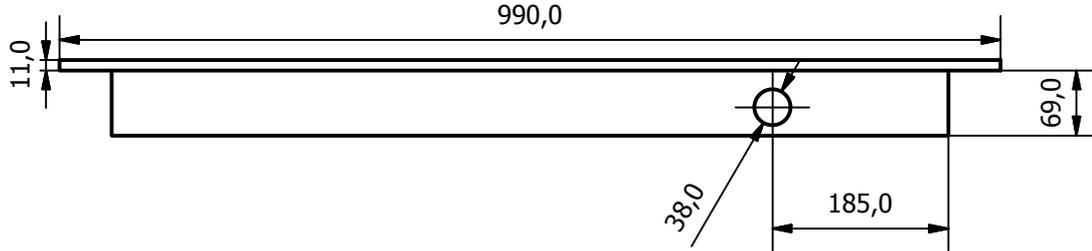
Alzado (1 : 8)



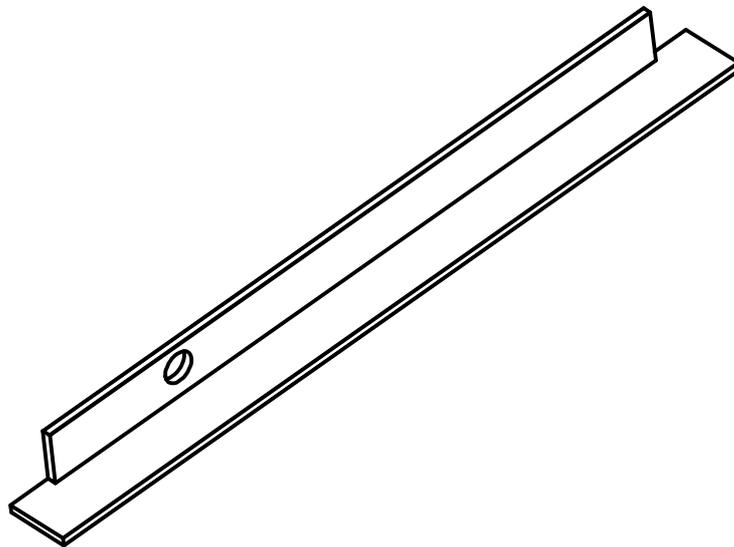
Perfil (1 : 8)



Planta (1 : 8)



VISTA 3D (1 : 8)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

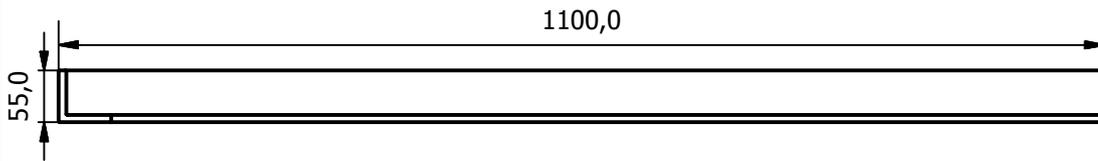
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

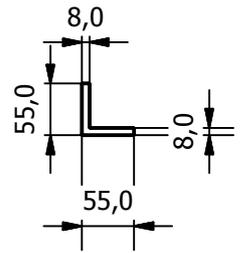
nº plano: 2

escalas: X

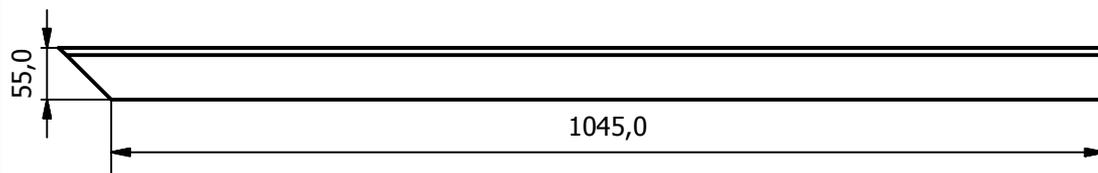
Alzado (1 : 8)



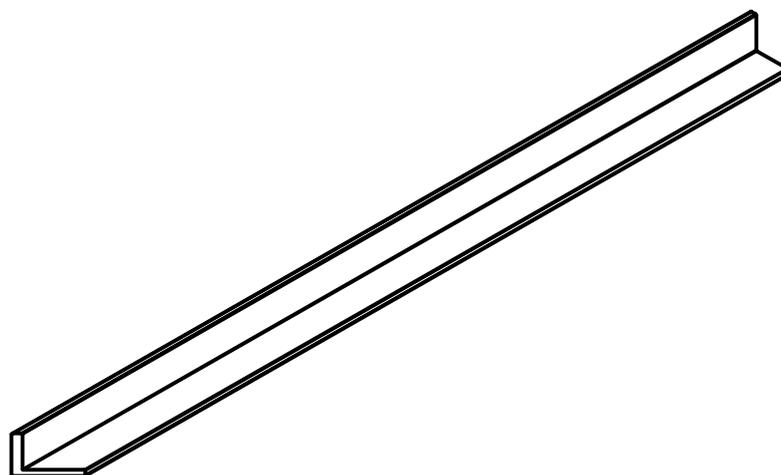
Perfil (1 : 8)



Planta (1 : 8)



VISTA 3D (1 : 8)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

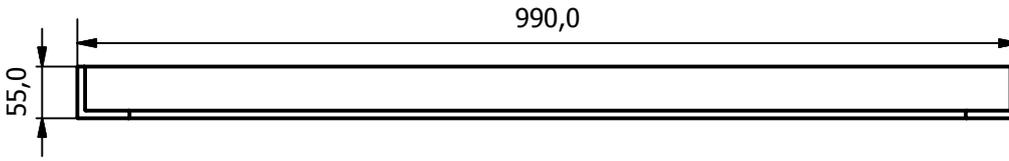
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

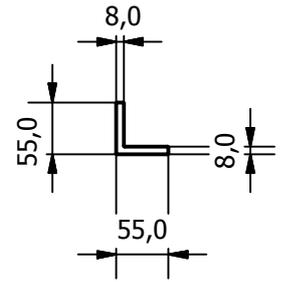
nº plano: 2

escalas: X

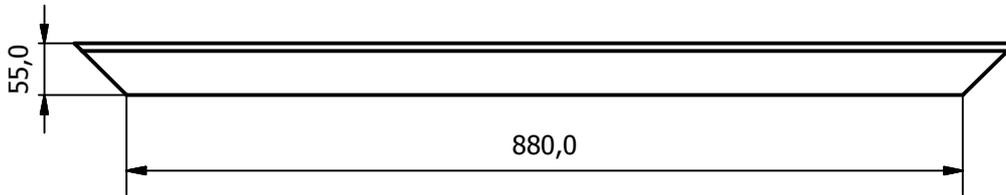
Alzado (1 : 8)



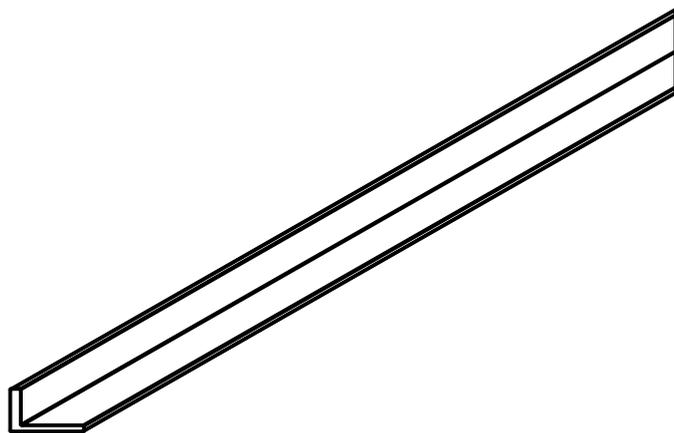
Perfil (1 : 8)



Planta (1 : 8)



VISTA 3D (1 : 8)

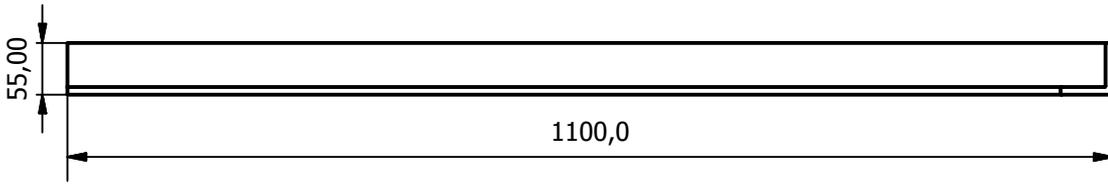


PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

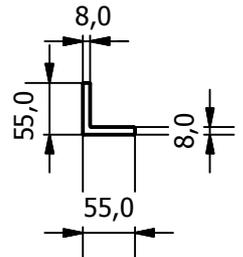
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA	Fecha: Junio
		nº plano: 2
		escalas: X

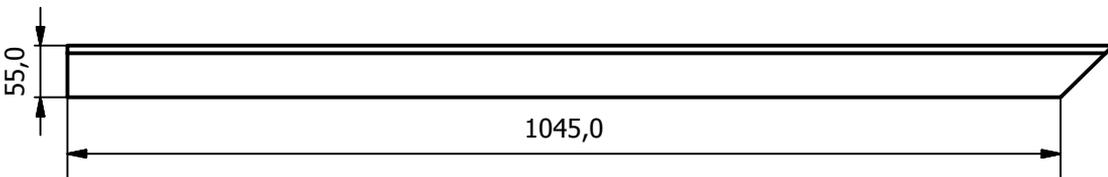
Alzado (1 : 8)



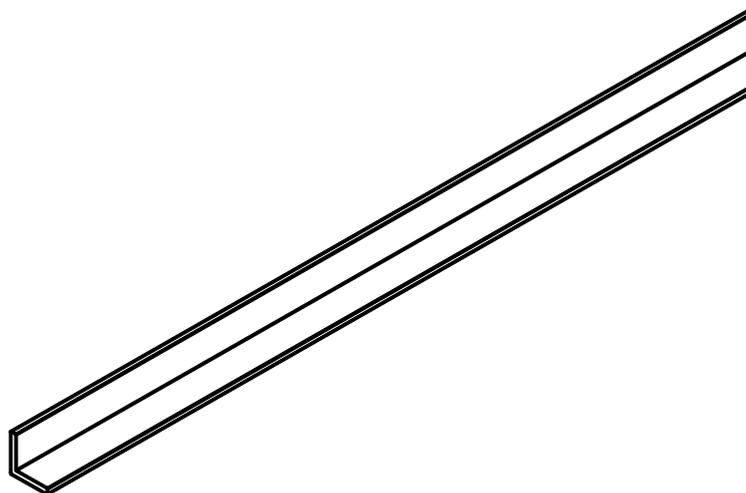
Perfil (1 : 8)



Planta (1 : 8)



VISTA 3D (1 : 8)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

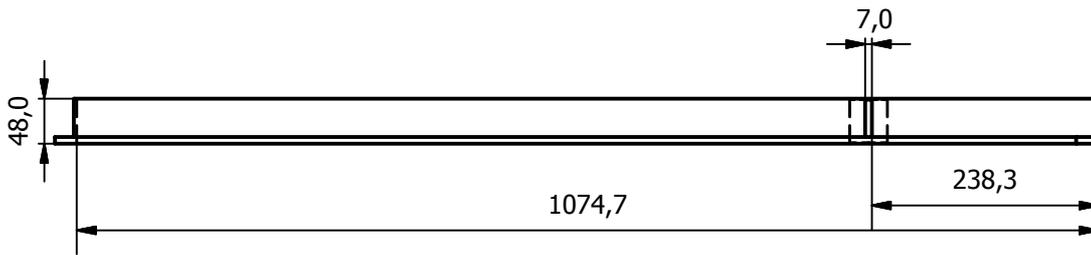
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

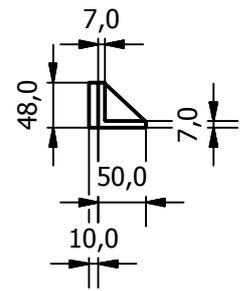
nº plano: 2

escalas: X

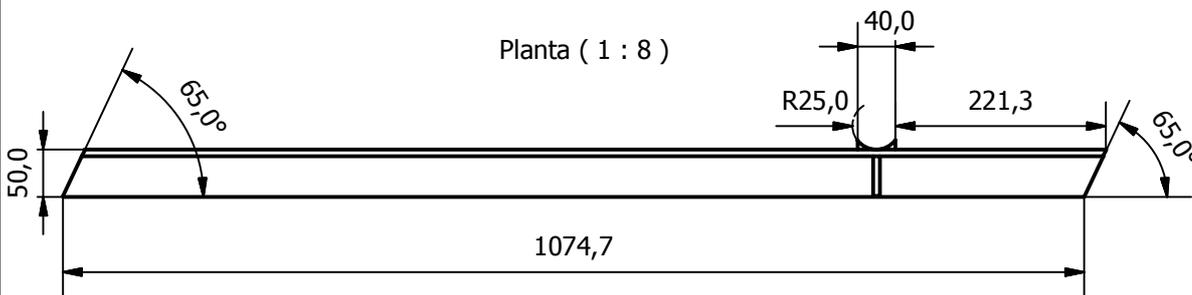
Alzado (1 : 8)



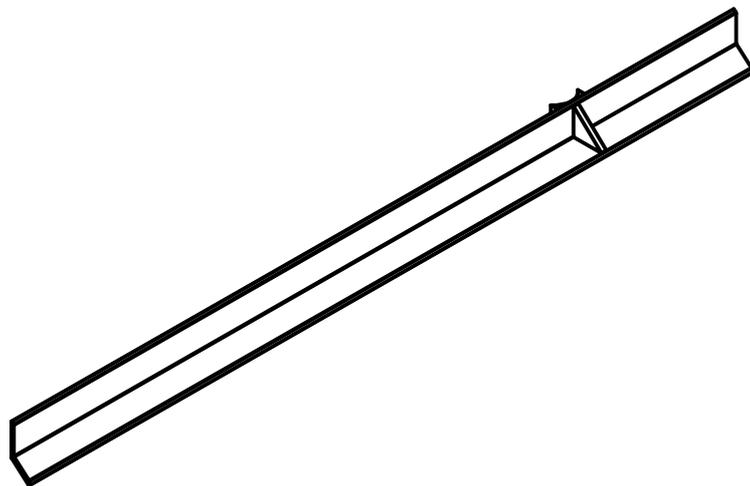
Perfil (1 : 8)



Planta (1 : 8)



VISTA 3D (1 : 8)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

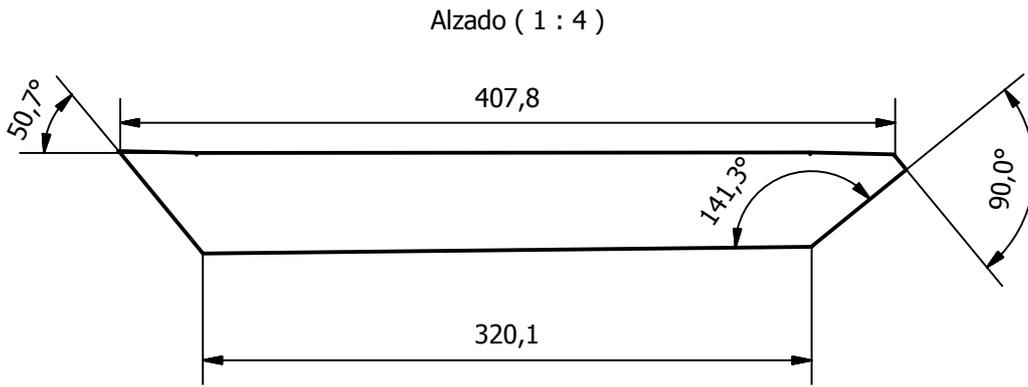
ESTRUCTURA

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

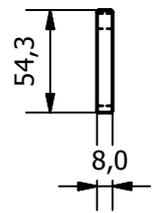
Fecha: Junio

nº plano: 2

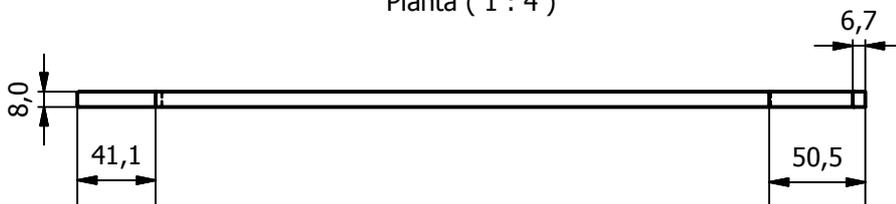
escalas: X



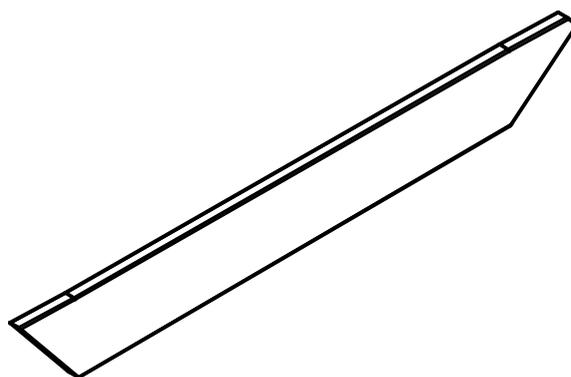
Perfil (1 : 4)



Planta (1 : 4)



VISTA 3D (1 : 4)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

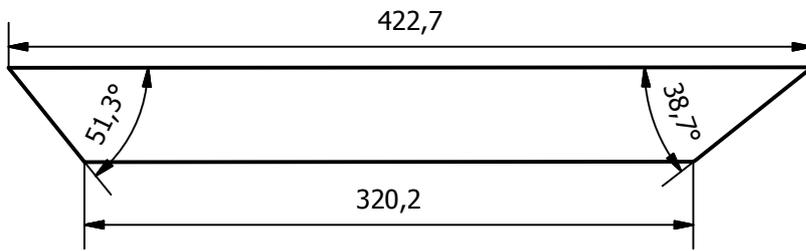
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

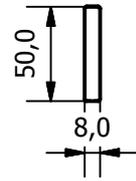
nº plano: 2

escalas: X

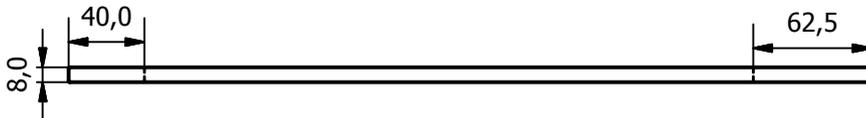
Alzado (1 : 4)



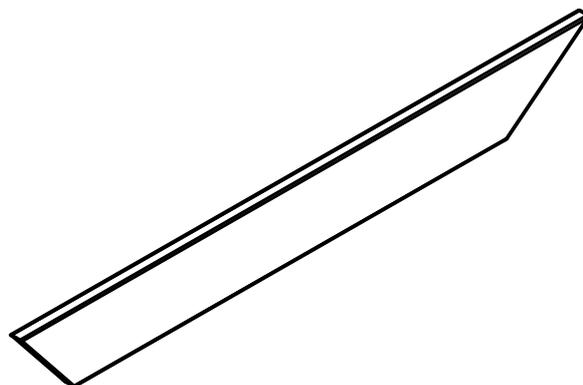
Perfil (1 : 4)



Planta (1 : 4)



VISTA 3D (1 : 4)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

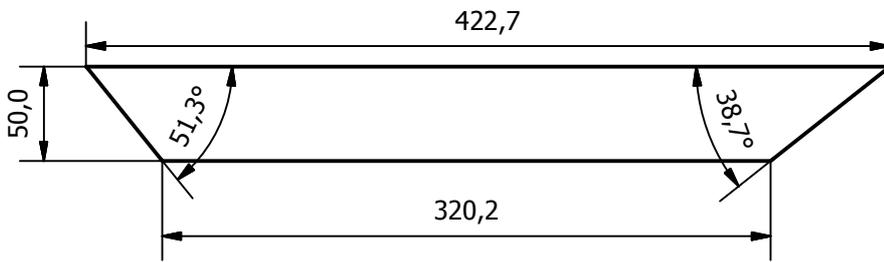
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

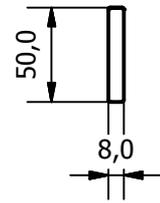
nº plano: 2

escalas: X

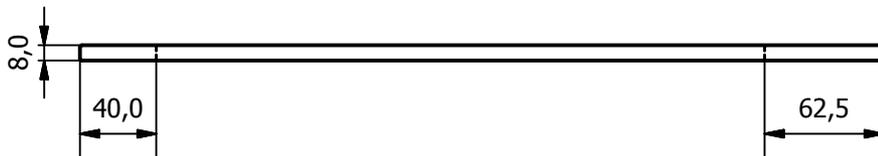
Alzado (1 : 4)



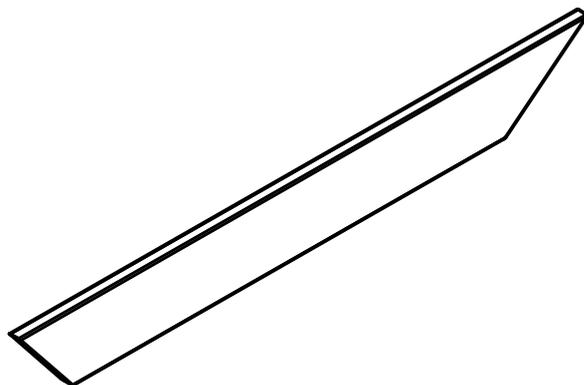
Perfil (1 : 4)



Planta (1 : 4)



VISTA 3D (1 : 4)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

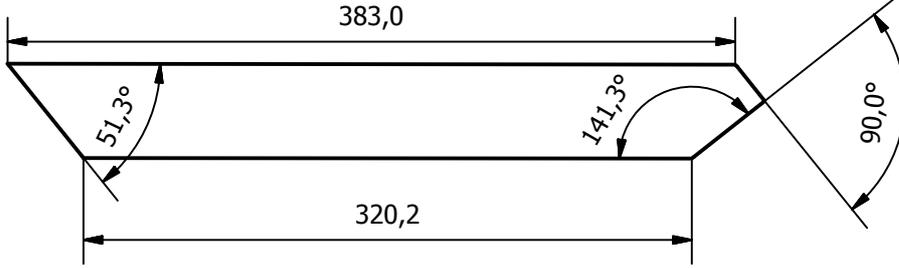
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

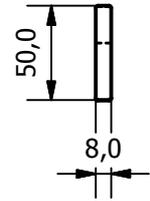
nº plano: 2

escalas: X

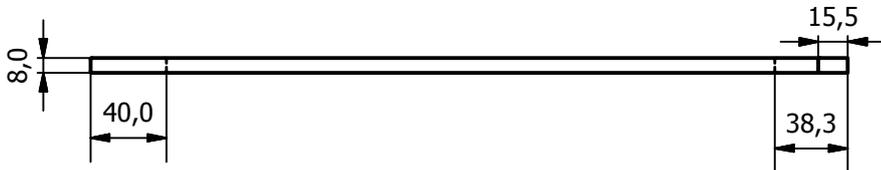
Alzado (1 : 4)



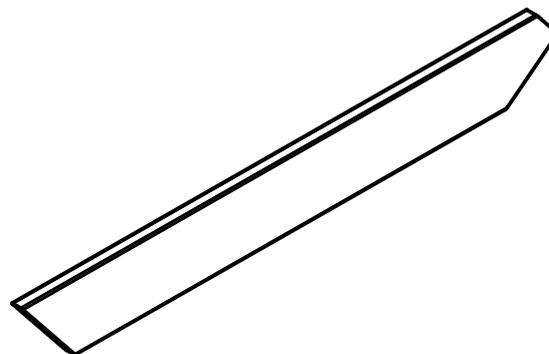
Perfil (1 : 4)



Planta (1 : 4)



VISTA 3D (1 : 4)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

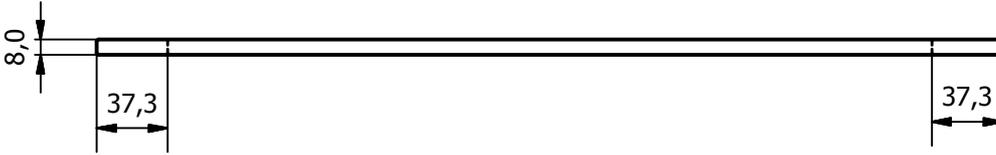
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

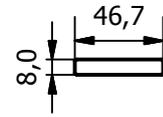
nº plano: 2

escalas: X

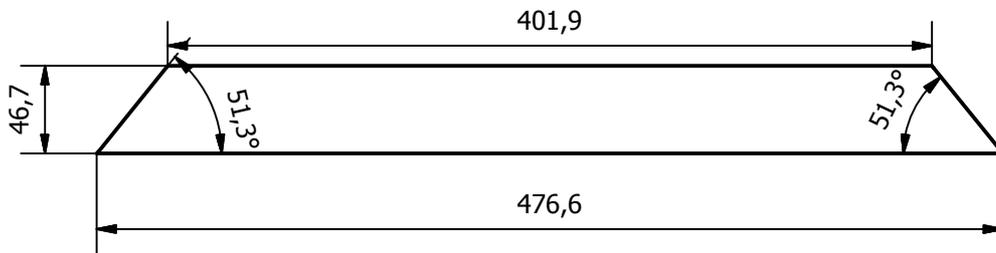
Alzado (1 : 4)



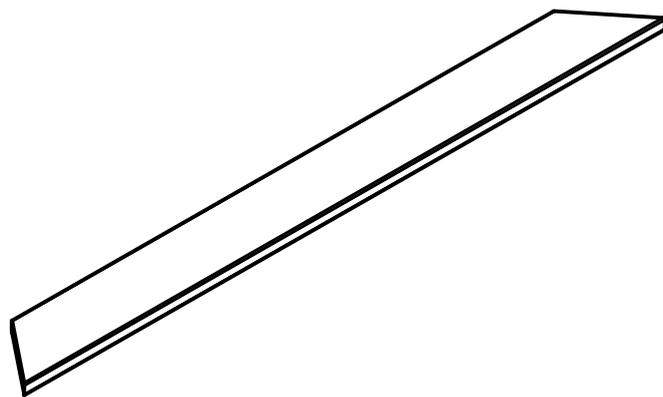
Perfil (1 : 4)



Planta (1 : 4)



VISTA 3D (1 : 4)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

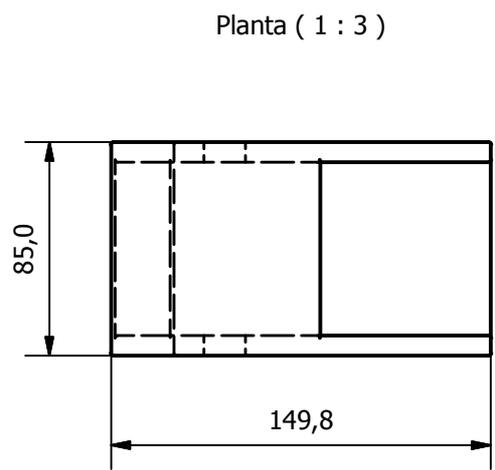
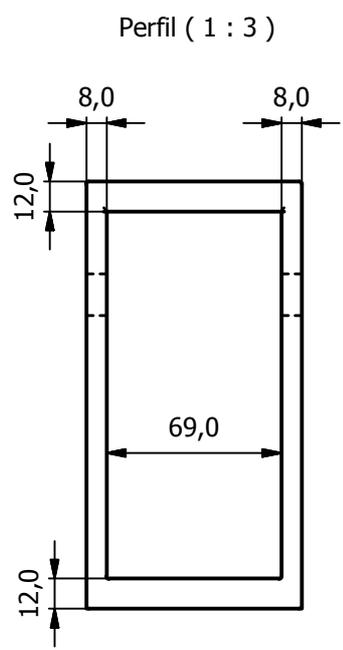
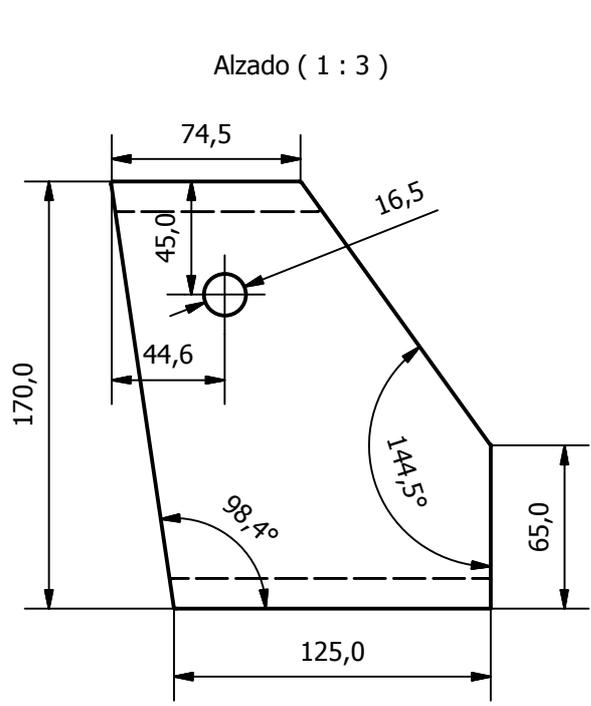
ESTRUCTURA

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

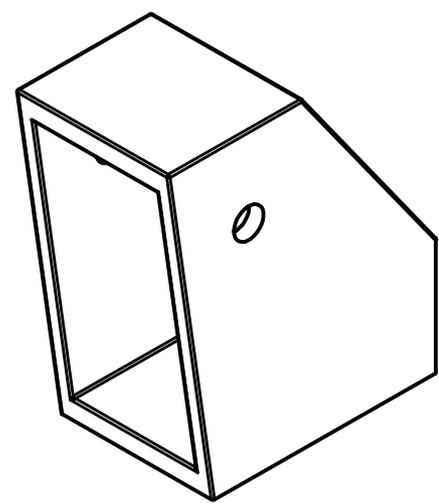
Fecha: Junio

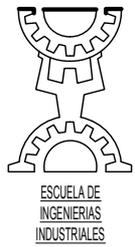
nº plano: 2

escalas: X

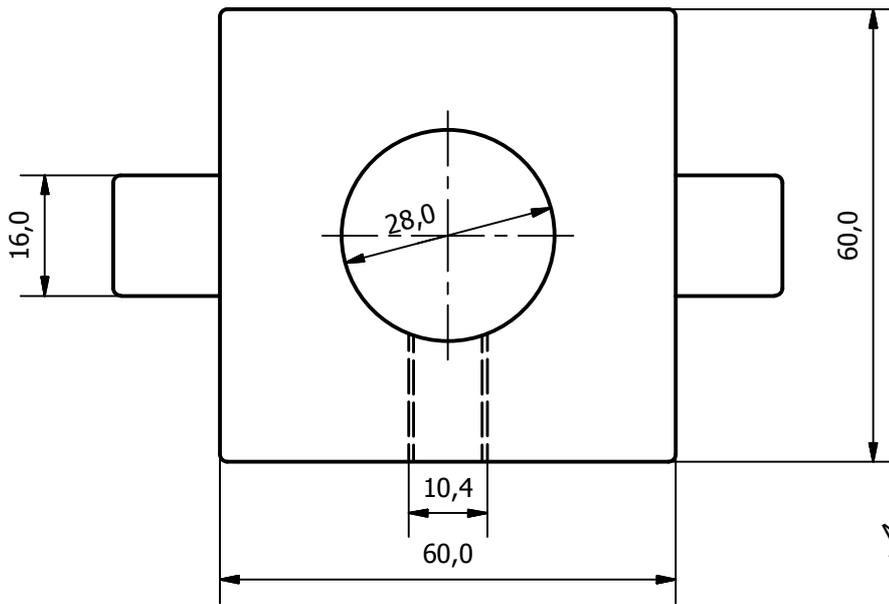


VISTA 3D (1 : 3)

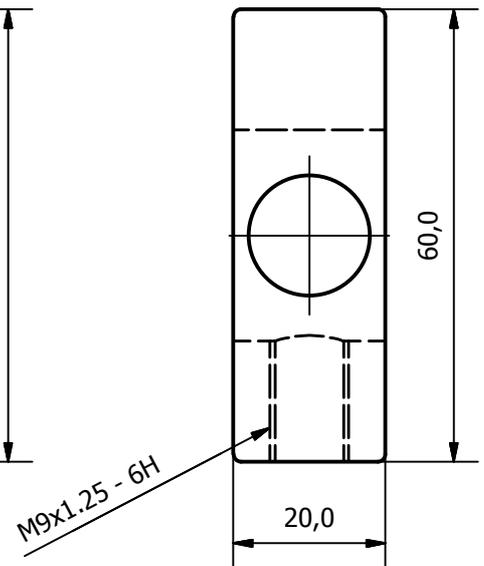


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS		Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel	
	ESTRUCTURA		Fecha:	Junio
			nº plano:	2
			escalas:	X

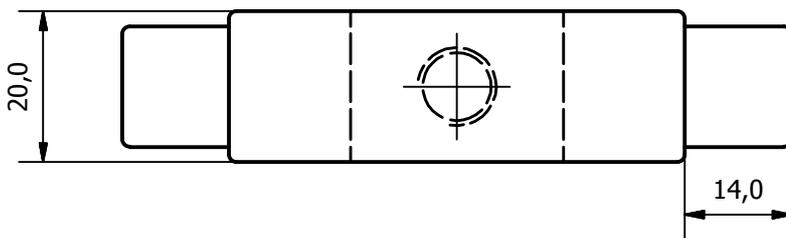
Alzado (1 : 1)



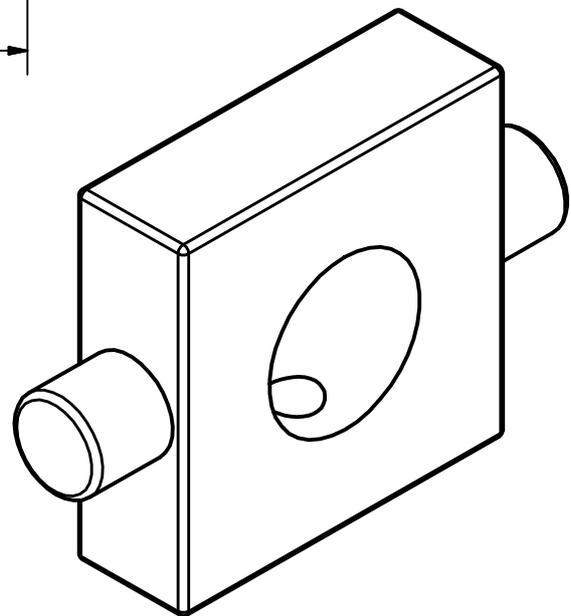
Perfil (1 : 1)



Planta (1 : 1)



VISTA 3D (1 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

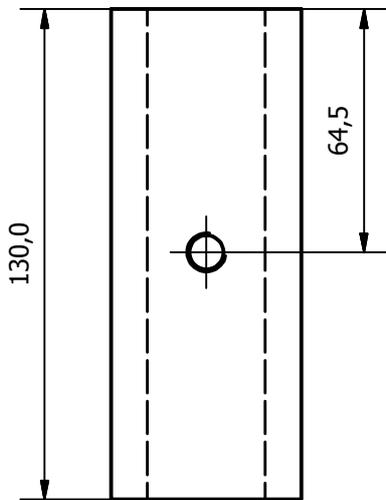
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

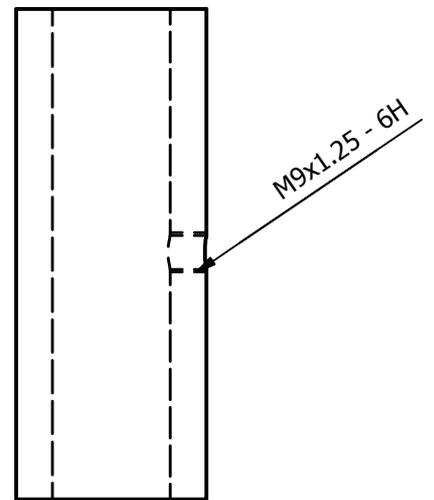
nº plano: 2

escalas: X

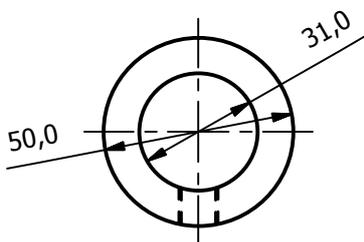
Alzado (1 : 2)



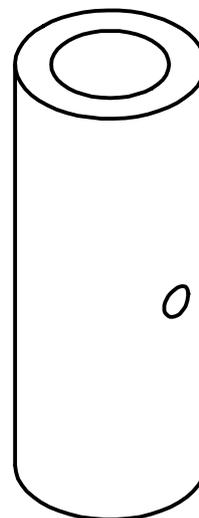
Perfil (1 : 2)

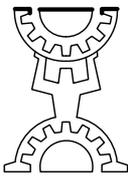


Planta (1 : 2)

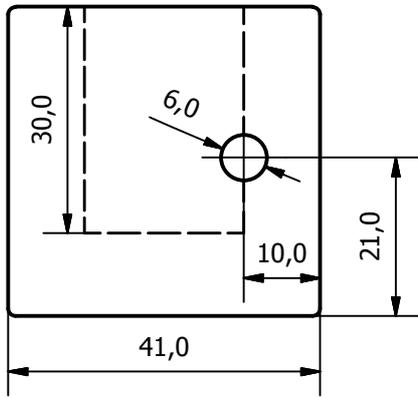


VISTA 3D (1 : 2)

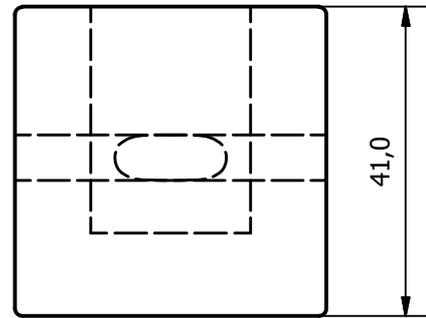


 ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA	Fecha: Junio
		nº plano: 2
		escalas: X

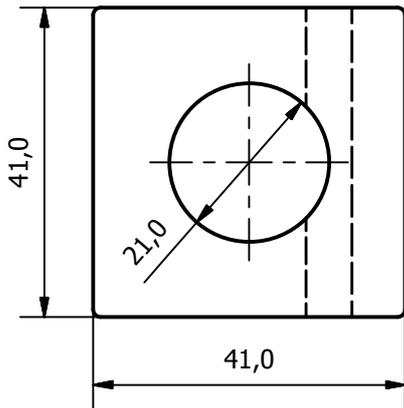
Alzado (1:1)



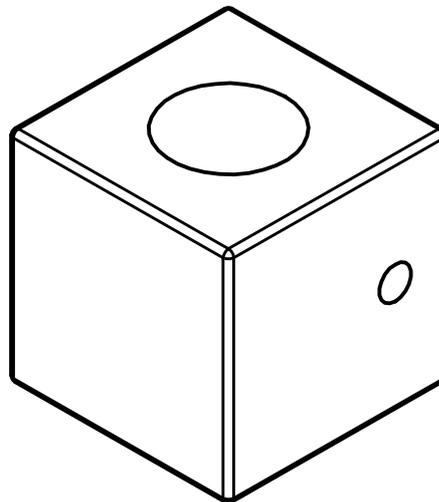
Perfil (1:1)



Planta (1:1)

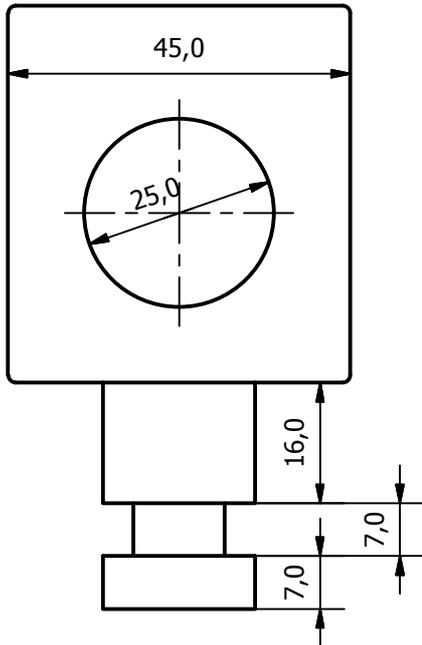


VISTA 3D (1:1)

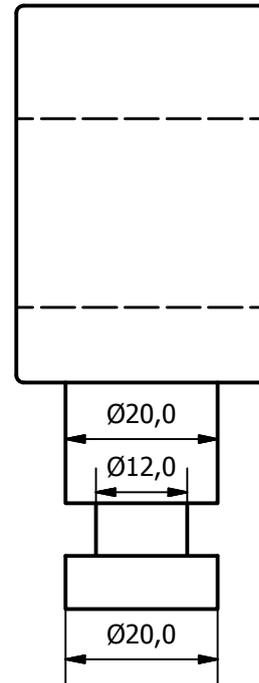


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA	Fecha: Junio
		nº plano: 2
		escalas: X

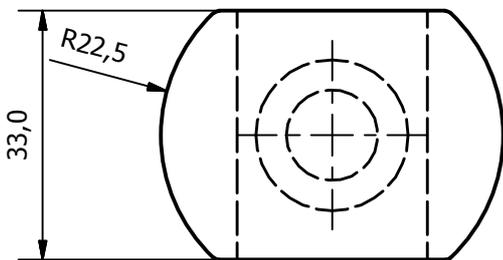
Alzado (1 : 1)



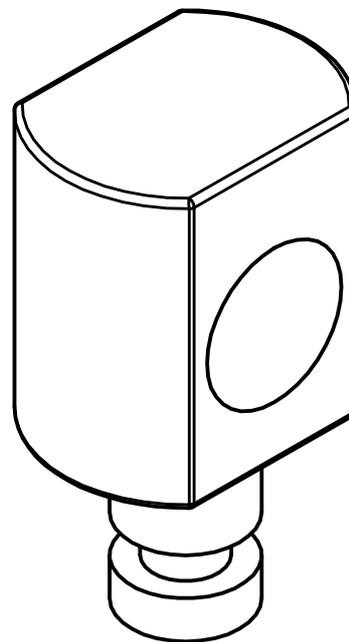
Perfil (1 : 1)



Planta (1 : 1)



VISTA 3D (1 : 1)



ESCUELA DE
INGENIERIAS
INDUSTRIALES

DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

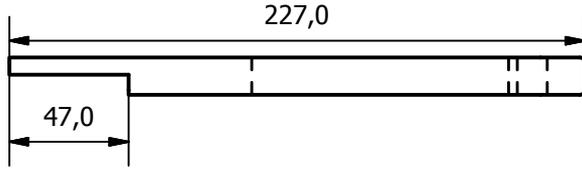
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

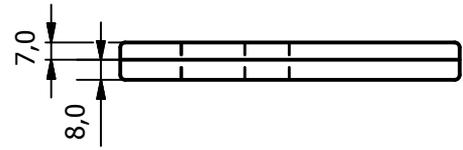
nº plano: 2

escalas: X

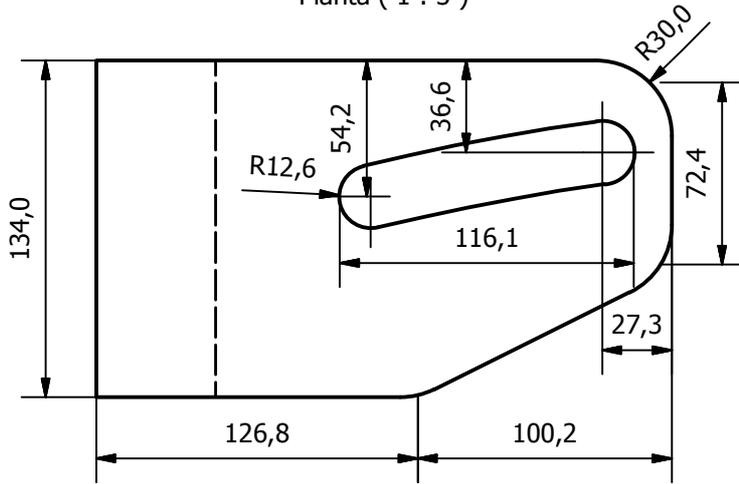
Alzado (1 : 3)



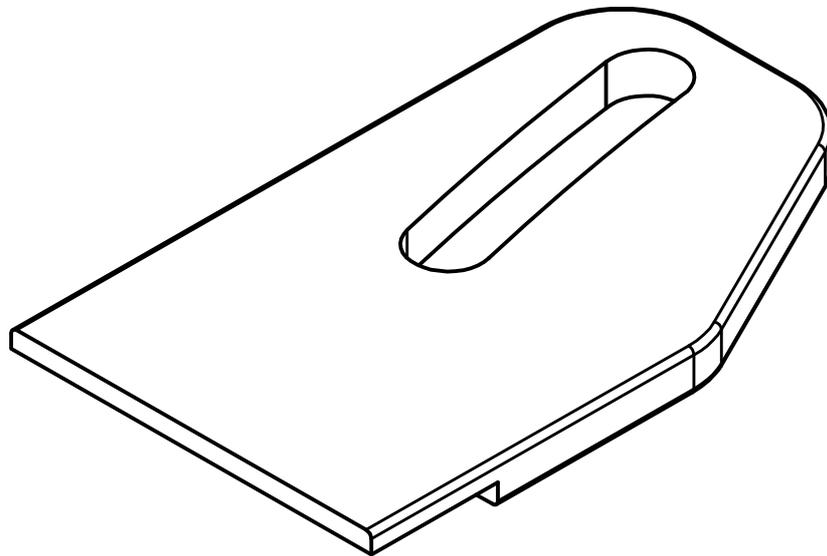
Perfil (1 : 3)



Planta (1 : 3)



VISTA 3D (1 : 2)

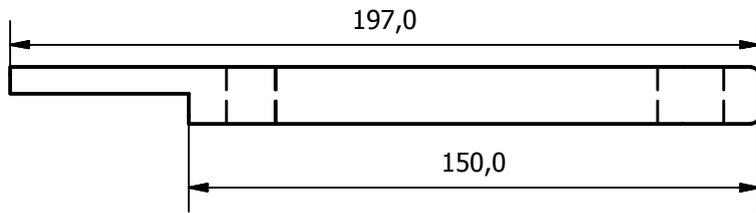


PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

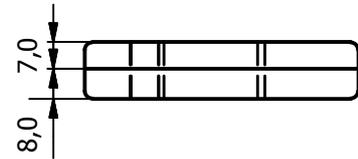
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA	Fecha: Junio
		nº plano: 2
		escalas: X

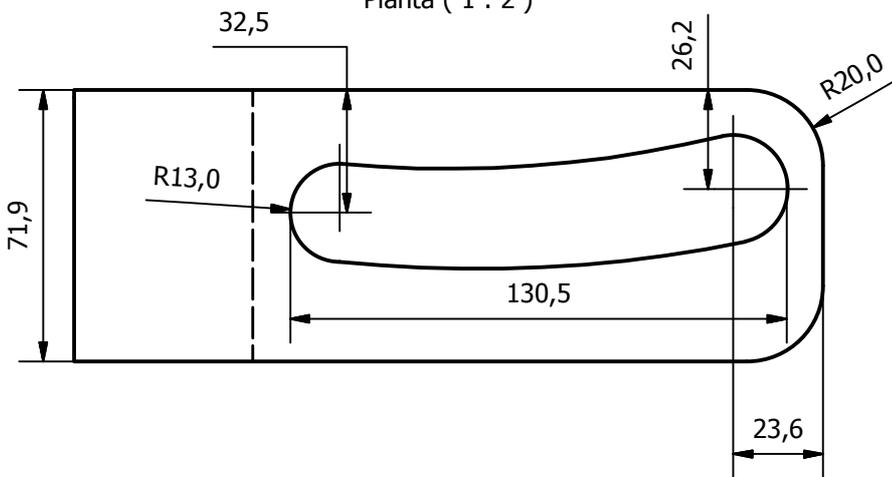
Alzado (1 : 2)



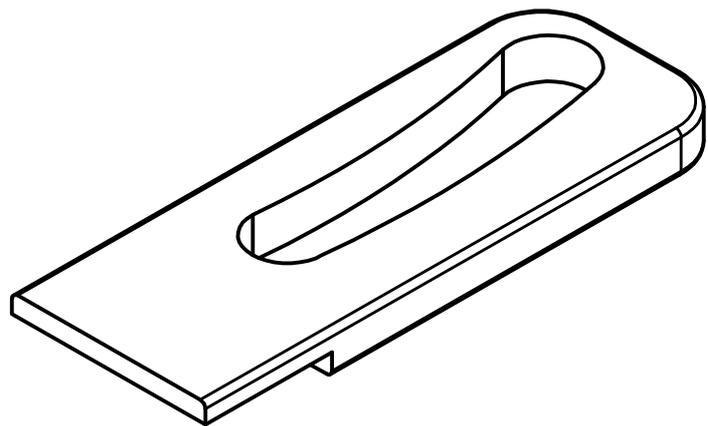
Perfil (1 : 2)



Planta (1 : 2)



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

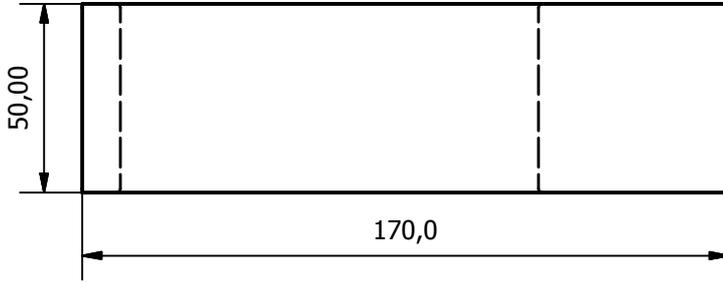
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

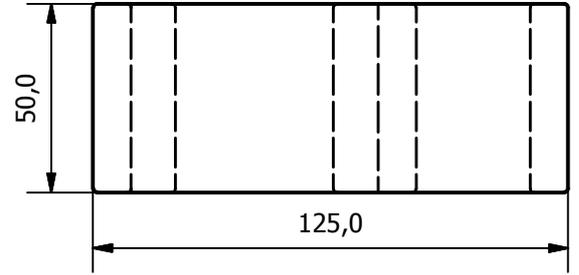
nº plano: 2

escalas: X

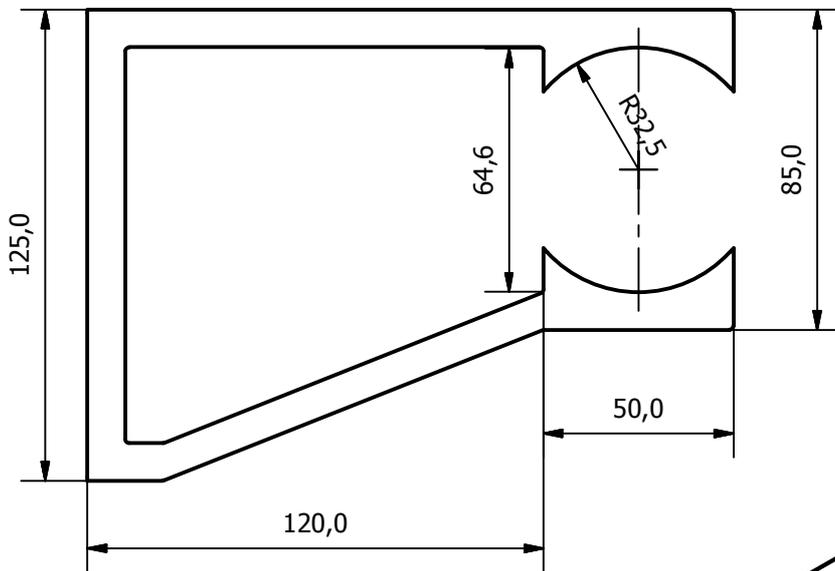
Alzado (1 : 2)



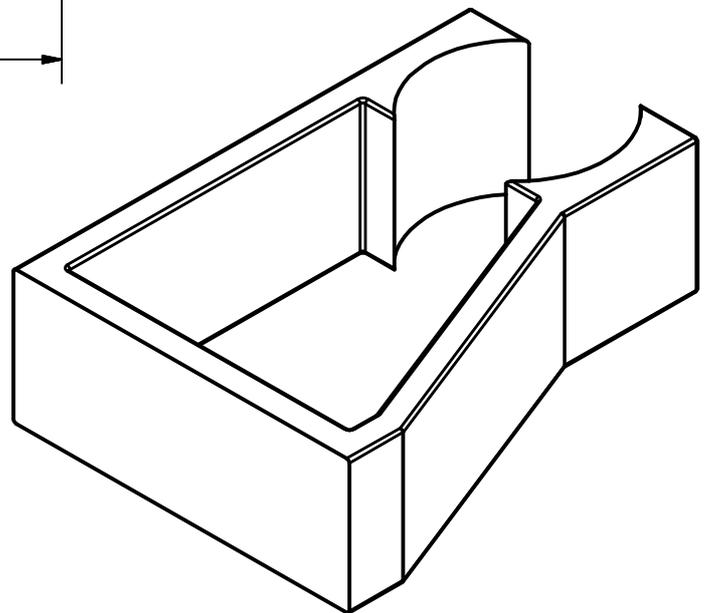
Perfil (1 : 2)



Planta (1 : 2)



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

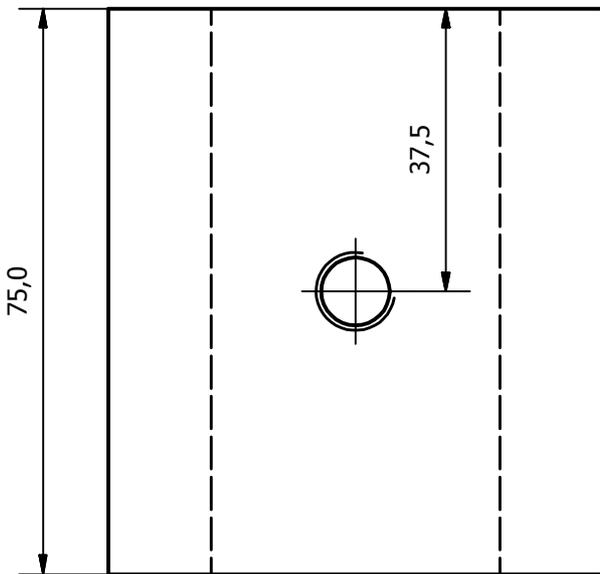
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

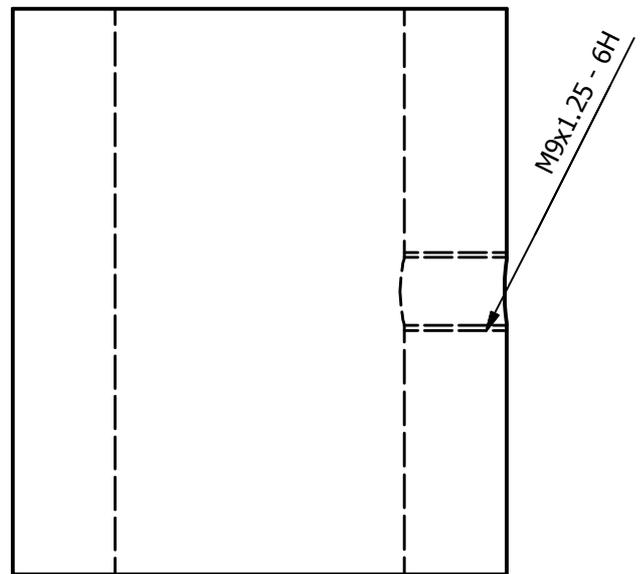
nº plano: 2

escalas: X

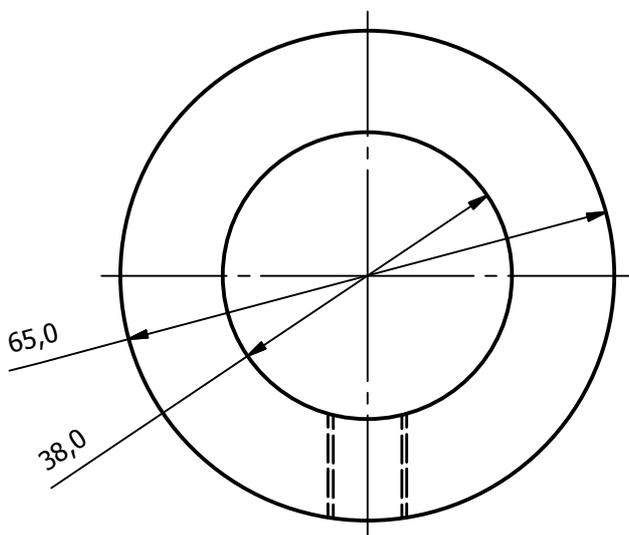
Alzado (1 : 1)



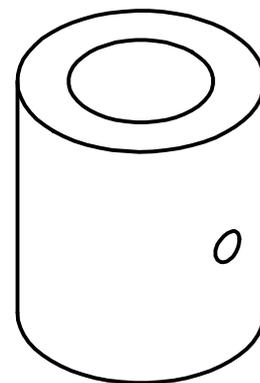
Perfil (1 : 1)



Planta (1 : 1)



VISTA 3D (1 : 2)



ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

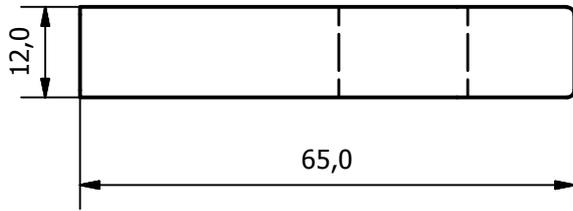
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

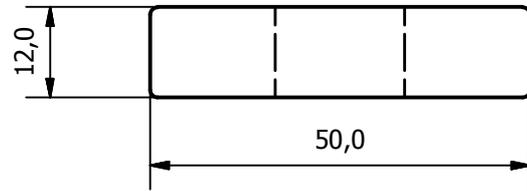
nº plano: 2

escalas: X

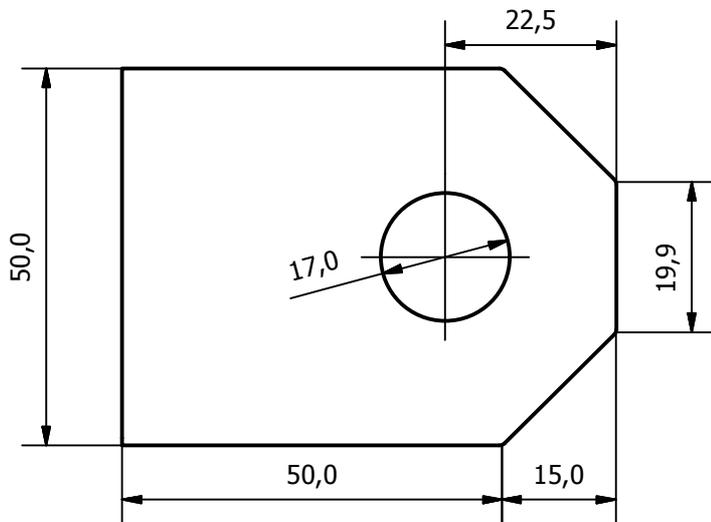
Alzado (1 : 1)



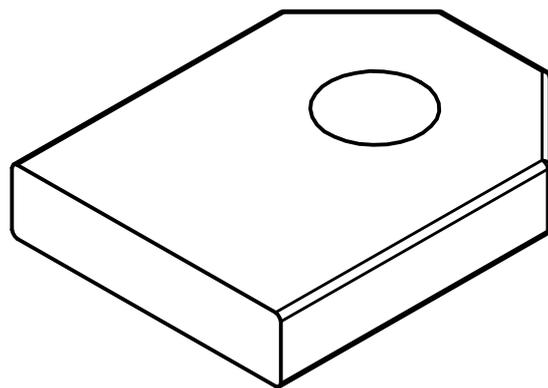
Perfil (1 : 1)



Planta (1 : 1)

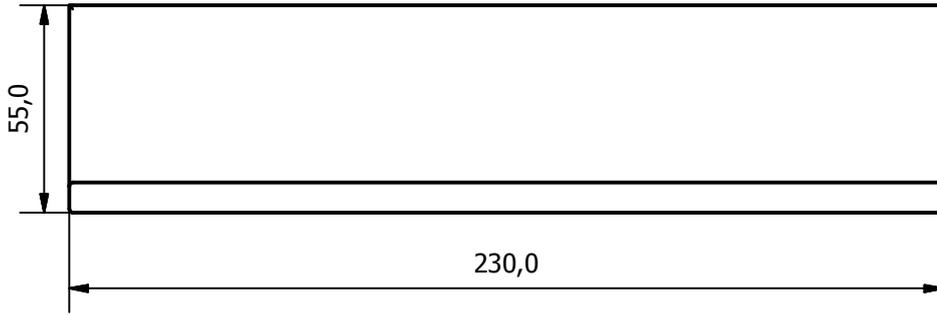


VISTA 3D (1 : 1)

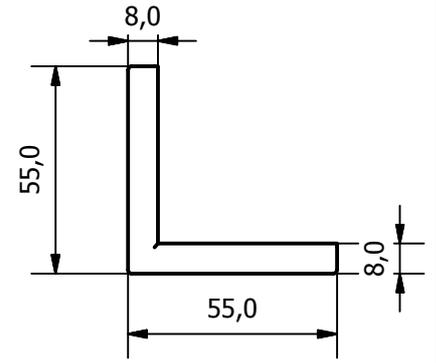


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS		Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel	
	ESTRUCTURA		Fecha:	Junio
			nº plano:	2
			escalas:	X

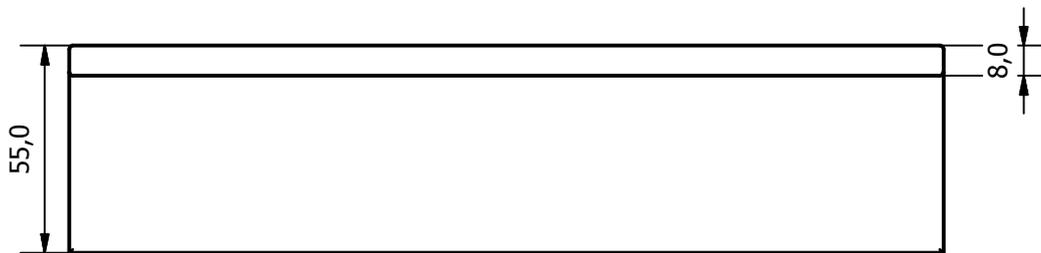
Alzado (1 : 2)



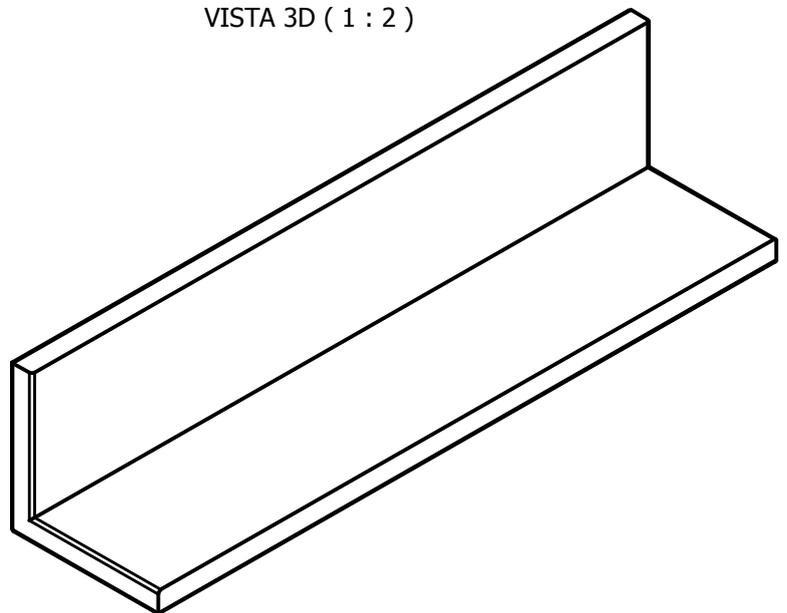
Perfil (1 : 2)



Planta (1 : 2)



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA

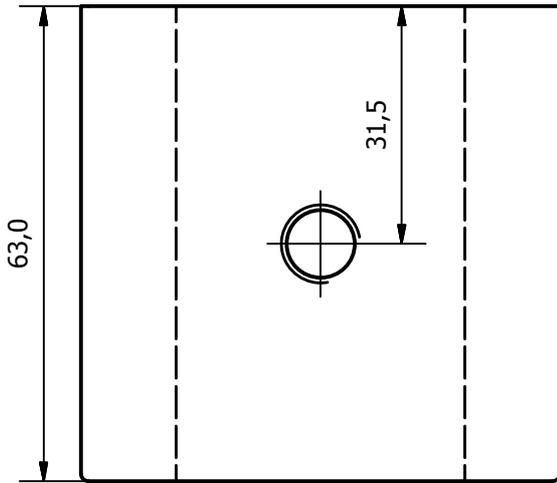
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

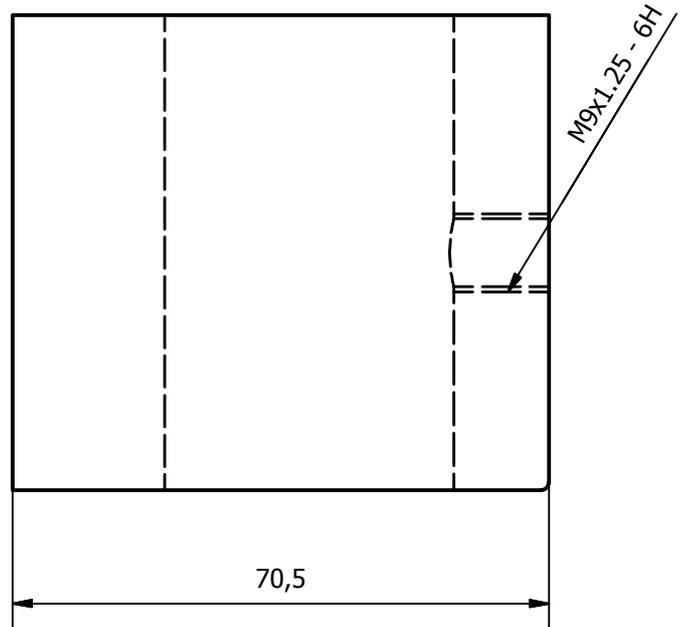
nº plano: 2

escalas: X

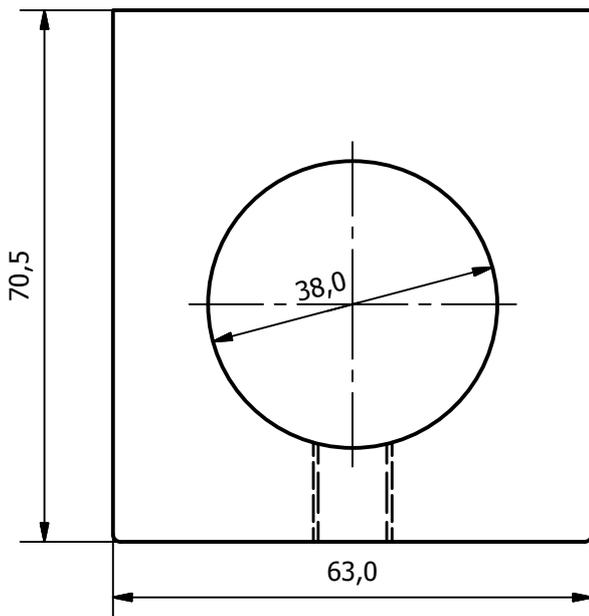
Alzado (1 : 1)



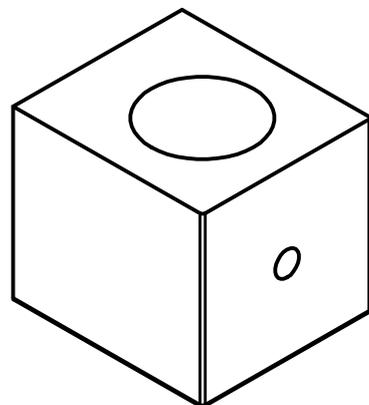
Perfil (1 : 1)



Planta (1 : 1)



VISTA 3D (1 : 2)



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

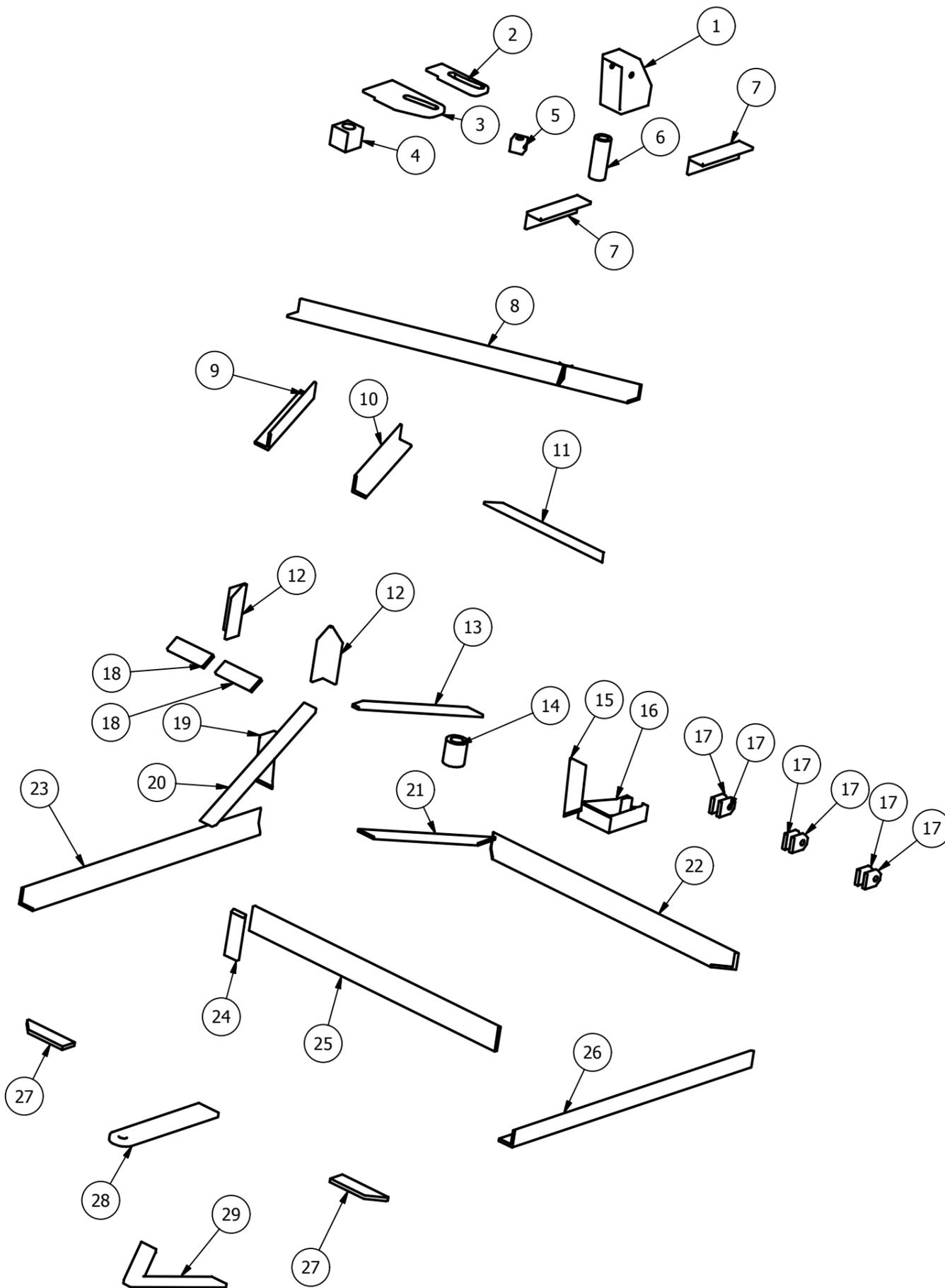
ESTRUCTURA

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

nº plano: 2

escalas: X



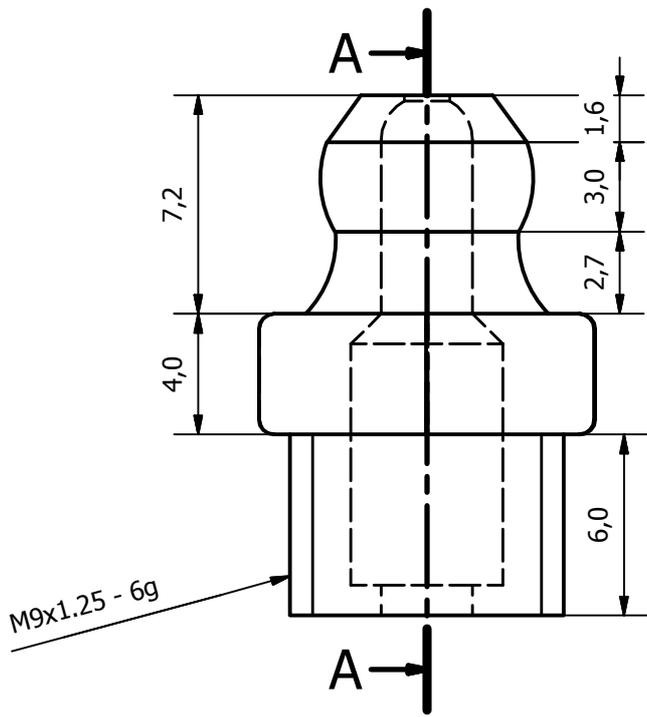
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Pieza25 (Soporte manivela)
2	1	Pieza30 (Guía bieleta)
3	1	Pieza29 (Guía bieleta)
4	1	Pieza40 (Soporte eje)
5	1	Pieza27 (Soporte manivela)
6	1	Pieza26 (Soporte eje)
7	2	Pieza38,39 (Barras guía)
8	1	Pieza19 (Barra inclinada)
9	1	Pieza12 (Barra)
10	1	Pieza11 (barra)
11	1	Pieza24 (Barra soporte)
12	2	Pieza9 y 10 (Barras)
13	1	Pieza23 (Barra escuadra)
14	1	Pieza33 (Soporte eje)
15	1	Pieza22 (Barra escuadra)
16	1	Pieza31,32 (Soporte)
17	6	Pieza34,35,36,37,41,42 (Soportes eje)
18	2	Pieza13 y 14 (Barras)
19	1	Pieza20 (Barra escuadra)
20	1	Pieza4 (Barra a 35º)
21	1	Pieza21 (Barra escuadra)
22	1	Pieza17 (Barra trasera)
23	1	Pieza18 (Barra lateral)
24	1	Pieza7 (Barra)
25	1	Pieza15 (Barra delantera)
26	1	Pieza16 (Barra lateral)
27	2	Pieza8 y 8' (Barras)
28	1	Pieza3 (Barra principal)
29	1	Pieza5 y 6 (Barras inferiores)

<p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA	Fecha: Junio
		nº plano: 2
		escalas: X

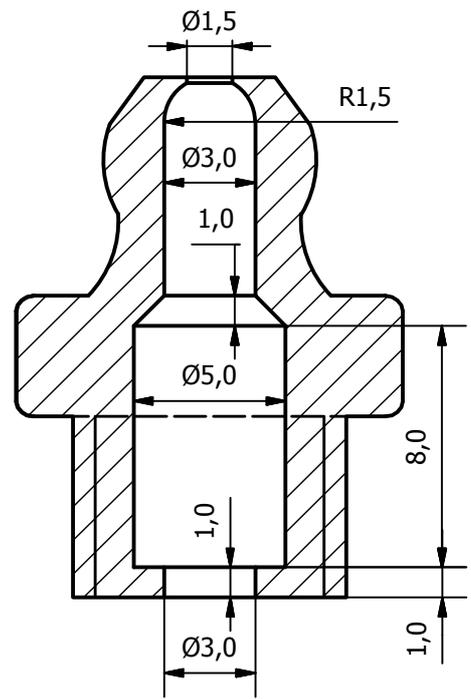
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

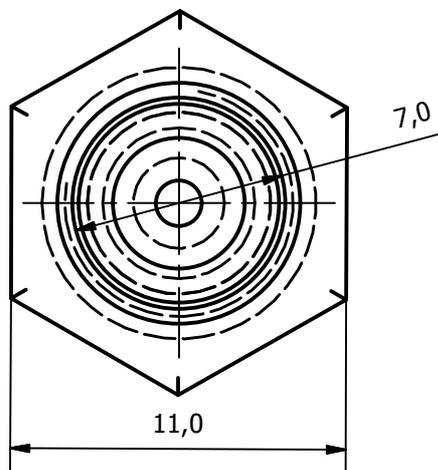
Alzado (4 : 1)



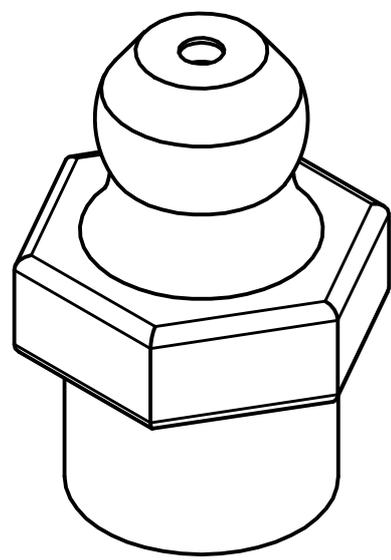
A-A (4 : 1)



Planta (4 : 1)

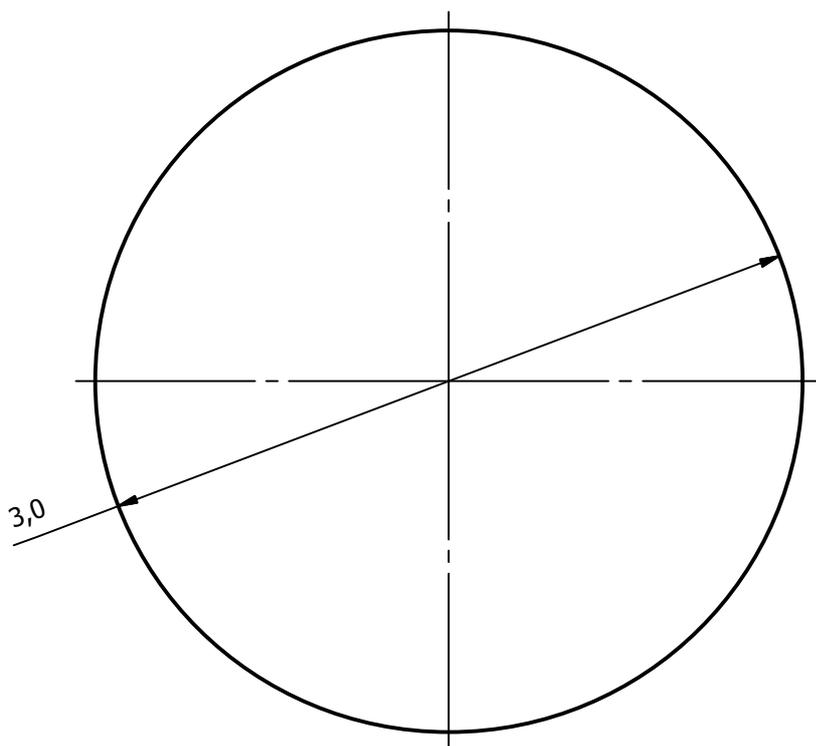


VISTA 3D (4 : 1)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS		Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ENGRASADOR		Fecha: Junio
			nº plano: 3
			escalas: X

VISTA 3D (31 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ENGRASADOR

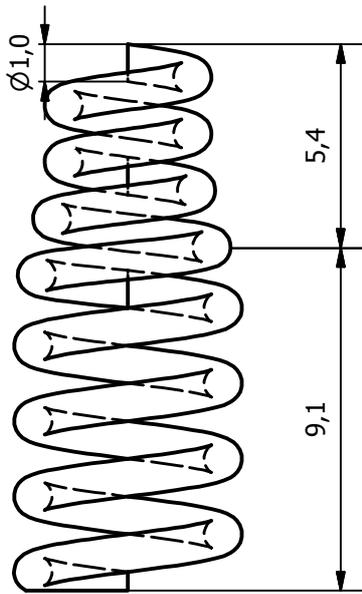
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

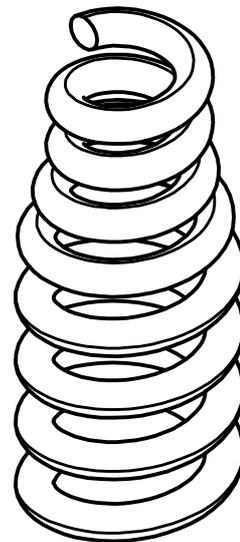
nº plano: 3

escalas: X

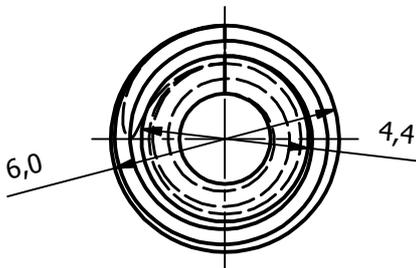
Alzado (5: 1)

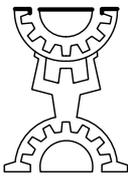


VISTA 3D (5: 1)

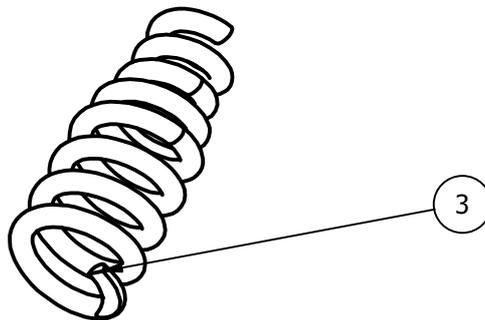
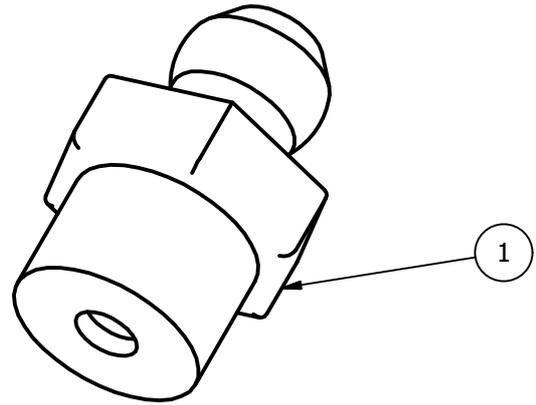


Planta (5: 1)

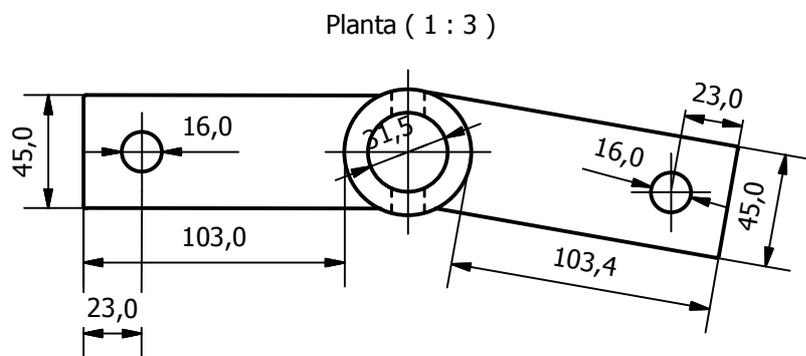
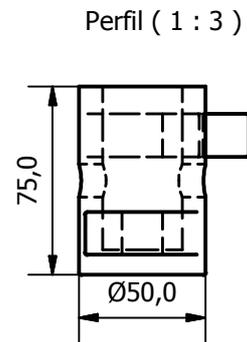
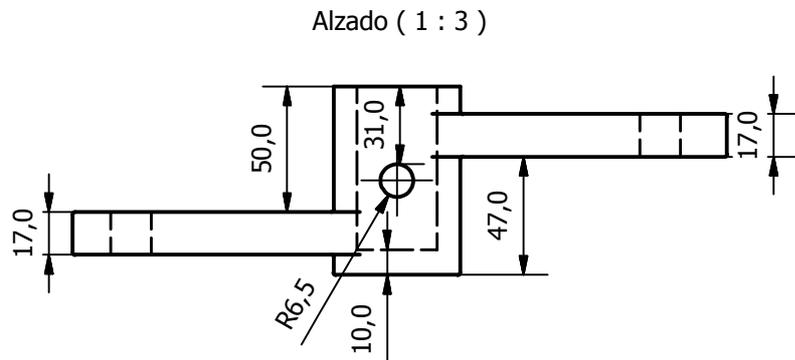


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ENGRASADOR	Fecha: Junio
		nº plano: 3
		escalas: X

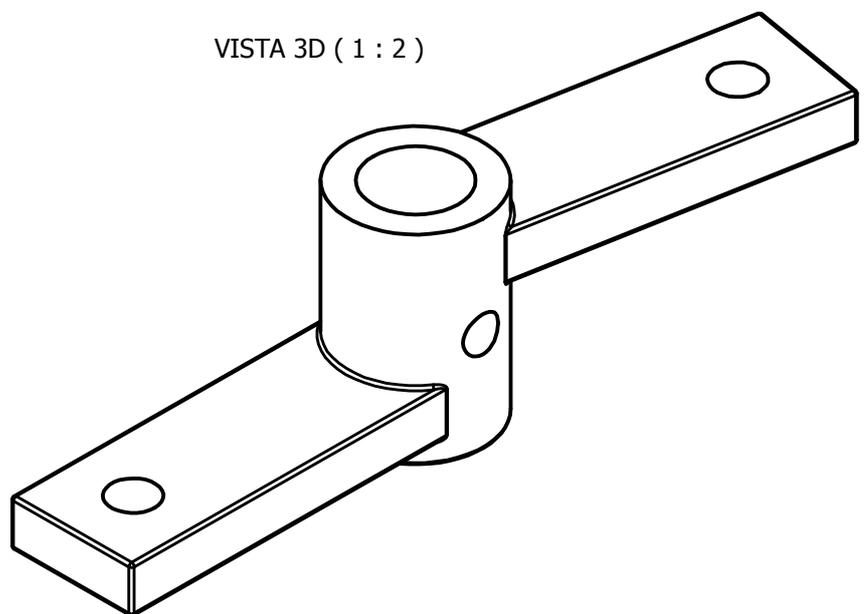
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Pieza26.1 (Engrasador)
2	1	Pieza26.2 (Bola engrasador)
3	1	Pieza26.3 (Muelle engrasador)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ENGRASADOR	Fecha: Junio
		nº plano: 3
		escalas: X

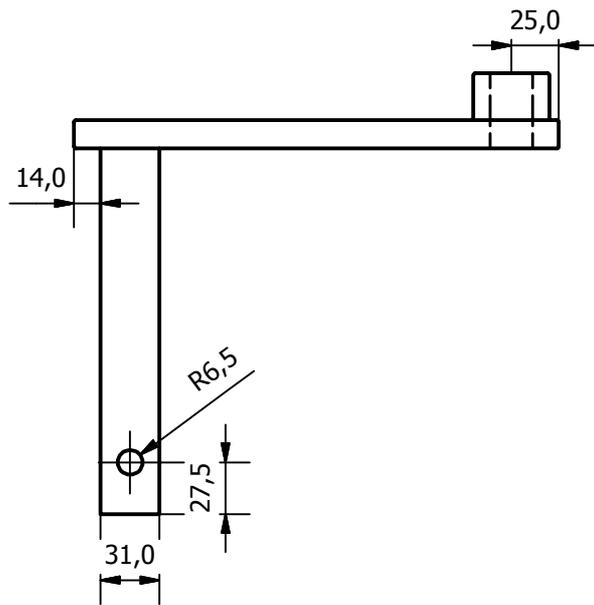


VISTA 3D (1 : 2)

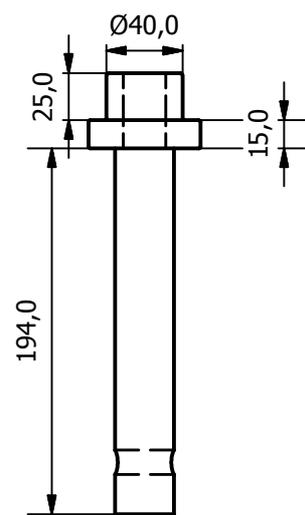


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	CODO	Fecha: Junio
		nº plano: 4
		escalas: X

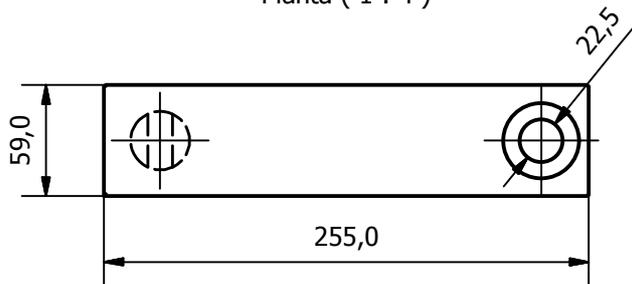
Alzado (1 : 4)



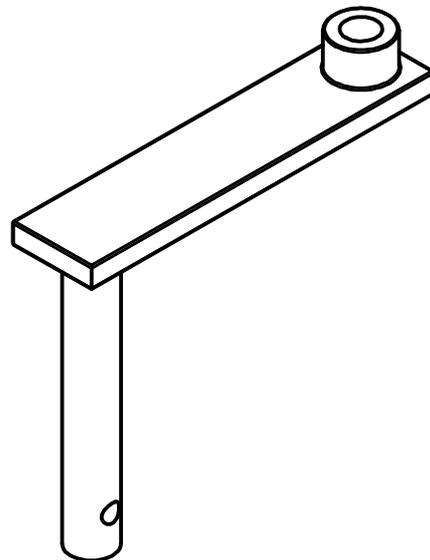
Perfil (1 : 4)



Planta (1 : 4)

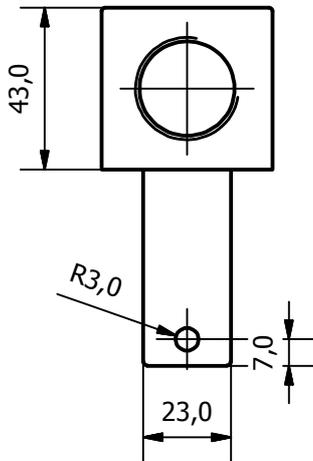


VISTA 3D (1 : 4)

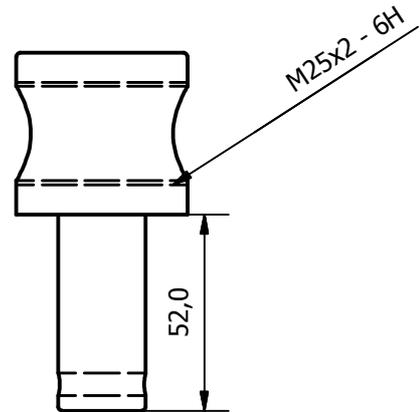


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	CODO	Fecha: Junio
		nº plano: 4
		escalas: X

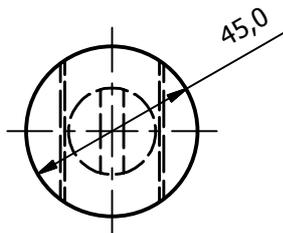
Alzado (1 : 2)



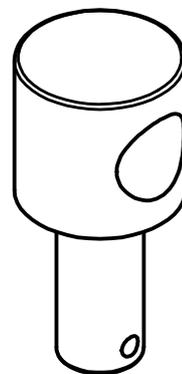
Perfil (1 : 2)

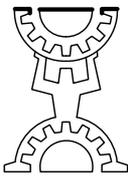


Plaza (1 : 2)

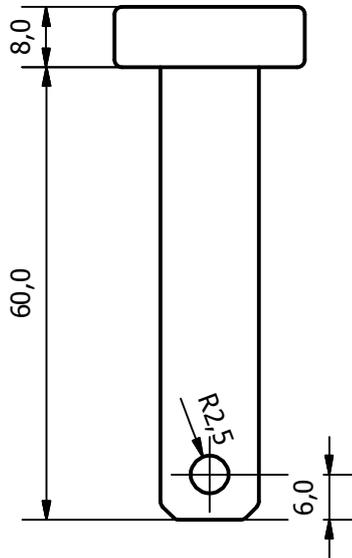


VISTA 3D (1 : 2)

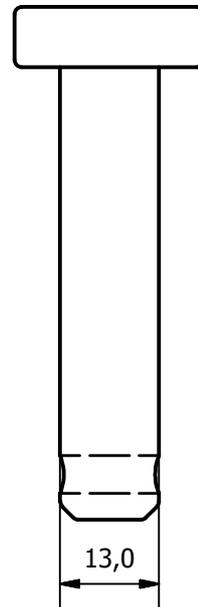


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS		Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	CODO		Fecha: Junio
			nº plano: 4
			escalas: X

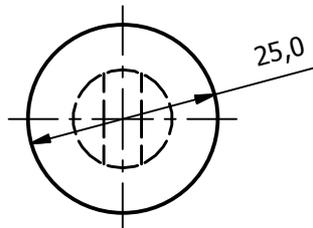
Alzado (1 : 1)



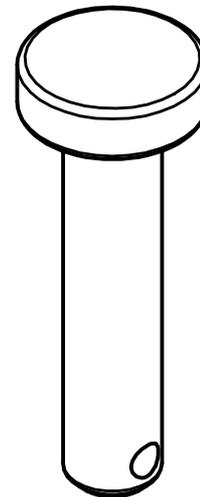
Perfil (1 : 1)

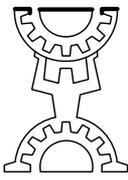


Planta (1 : 1)

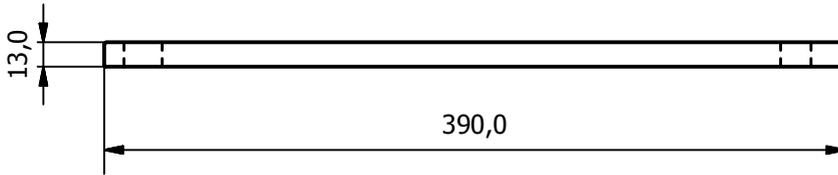


VISTA 3D (1 : 1)

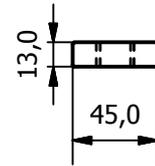


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS		Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel	
	CODO		Fecha:	Junio
			nº plano:	4
			escalas:	X

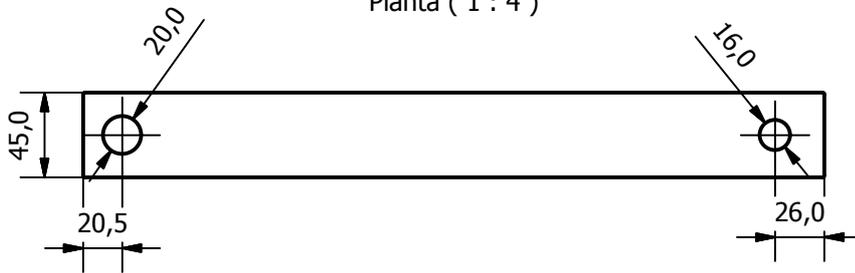
Alzado (1 : 4)



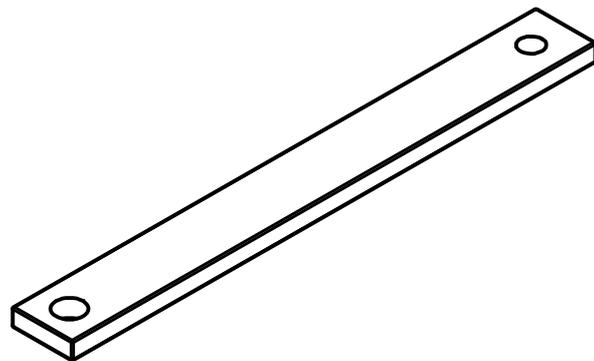
Perfil (1 : 4)



Planta (1 : 4)

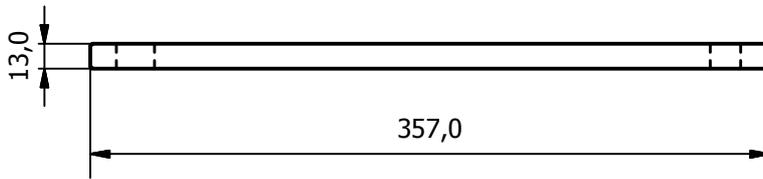


VISTA 3D (1 : 4)

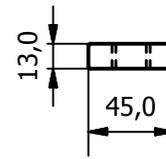


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	CODO	Fecha: Junio
		nº plano: 4
		escalas: X

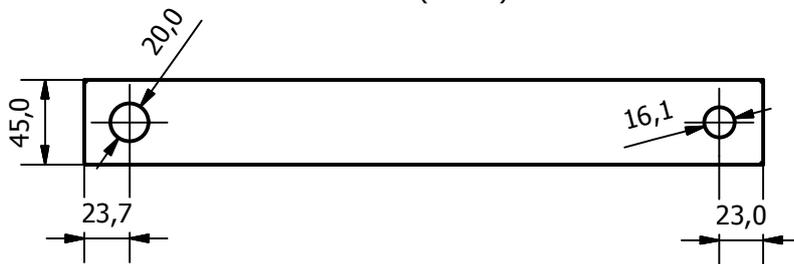
Alzado (1 : 4)



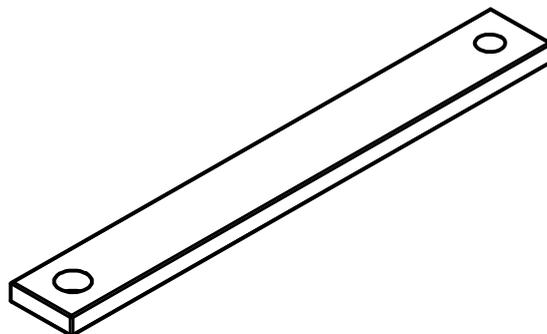
Perfil (1 : 4)



Planto (1 : 4)

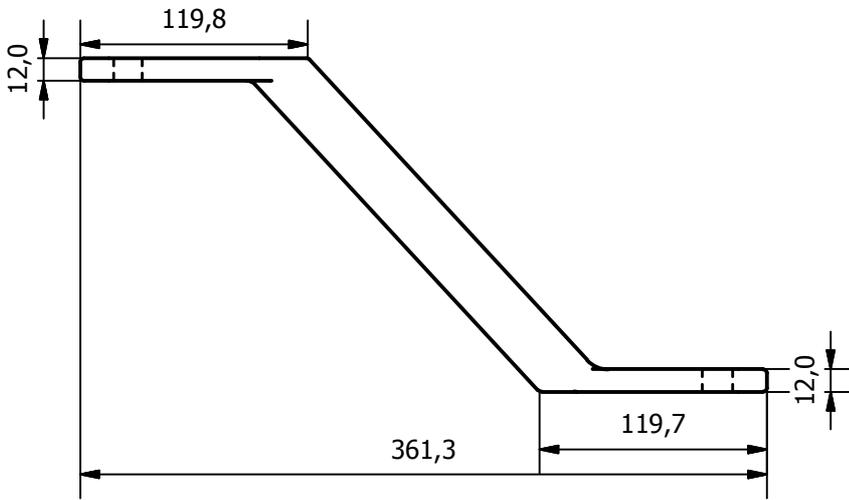


VISTA 3D (1 : 4)

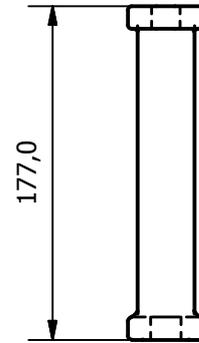


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	CODO	Fecha: Junio
		nº plano: 4
		escalas: X

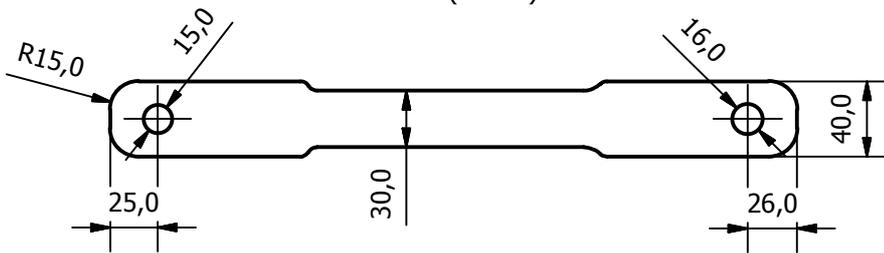
Alzado (1 : 4)



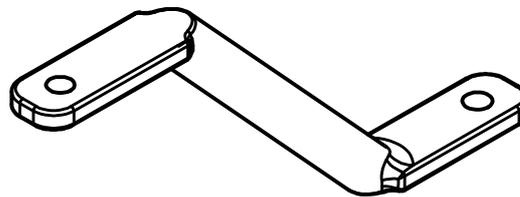
Perfil (1 : 4)



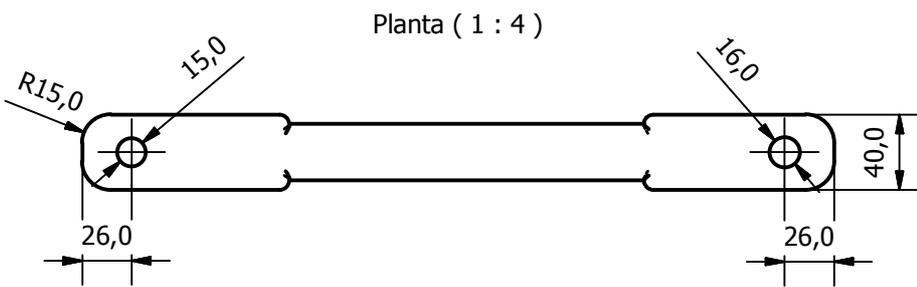
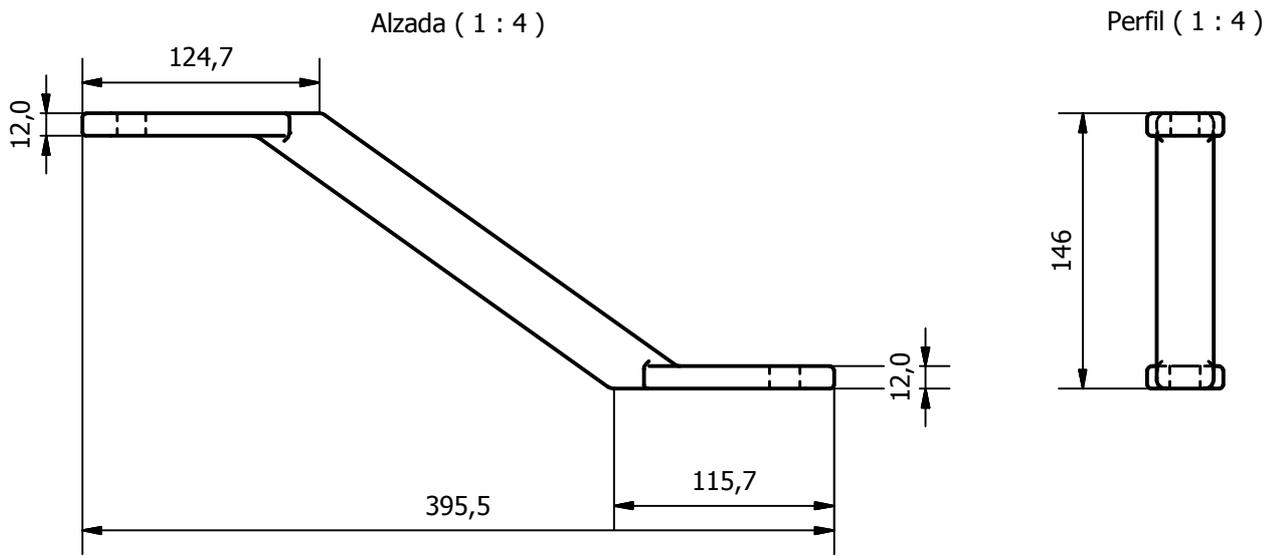
Planta (1 : 4)



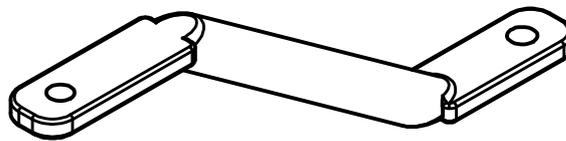
VISTA 3D (1 : 4)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS		Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel	
	CODO		Fecha:	Junio
			nº plano:	4
			escalas:	X

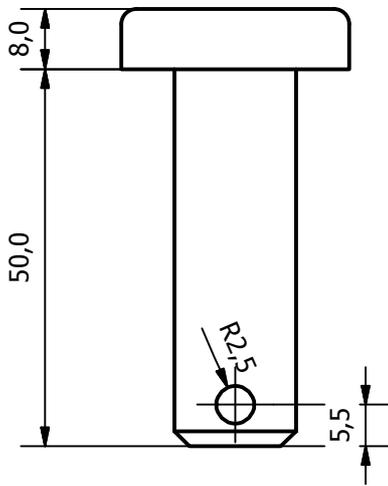


VISTA 3D (1 : 4)

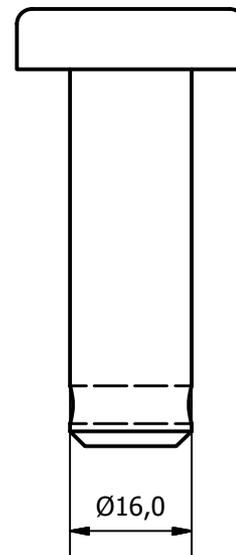


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	CODO	Fecha: Junio
		nº plano: 4
		escalas: X

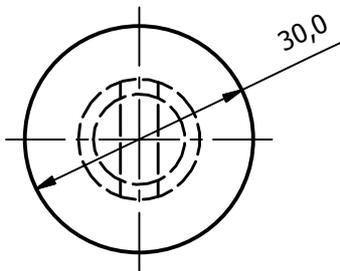
Alzado (1:1)



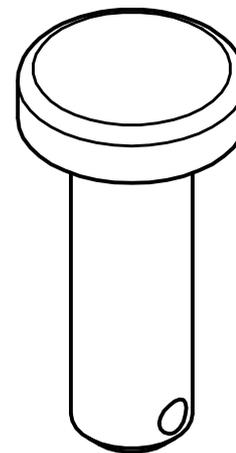
Perfil (1:1)



Planta (1:1)



VISTA 3D (1:1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

CODO

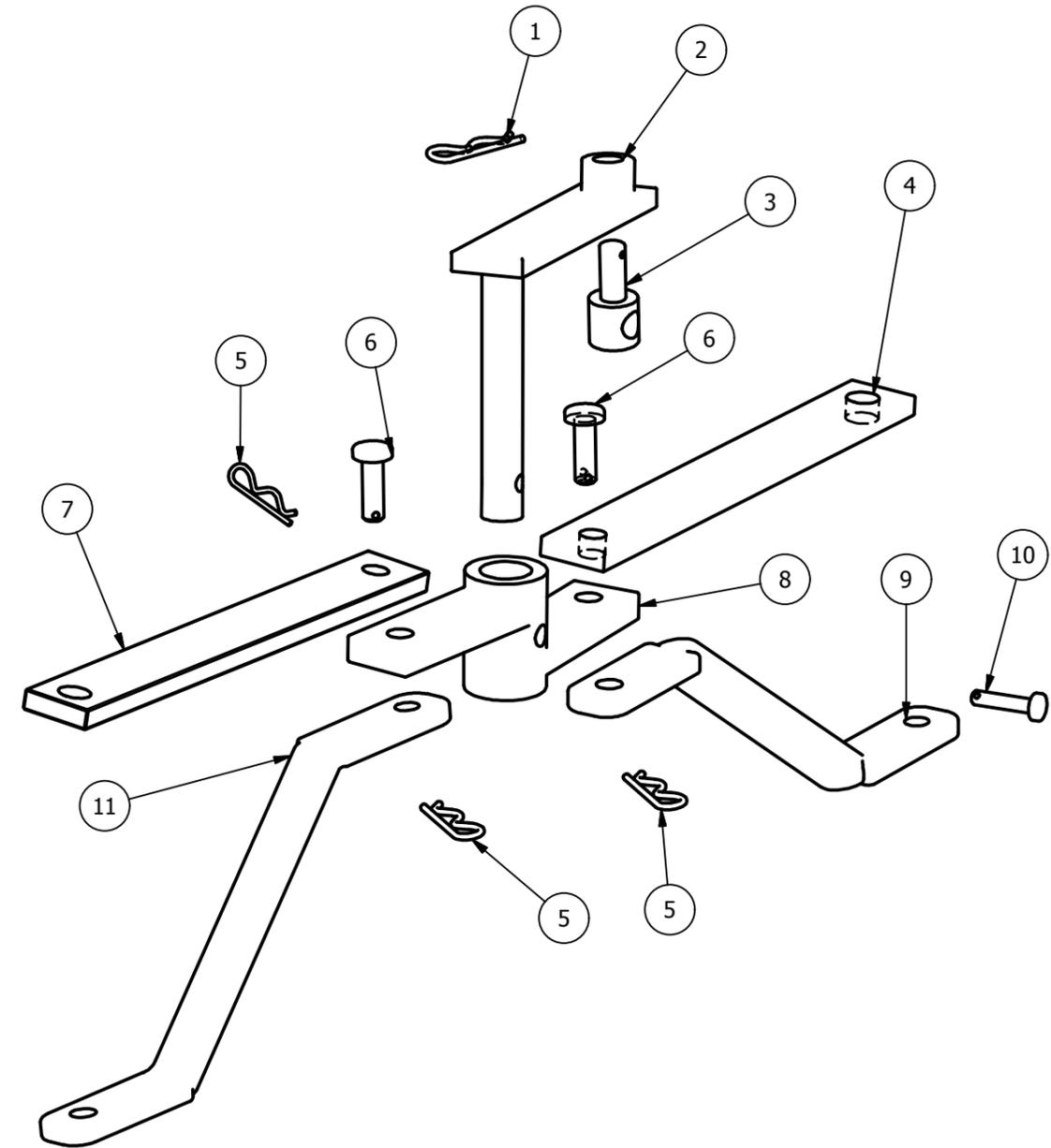
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

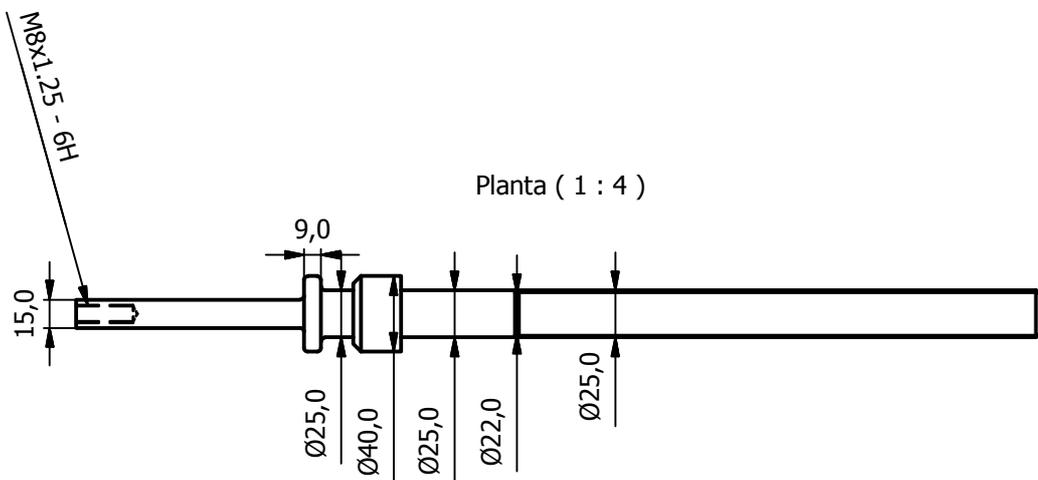
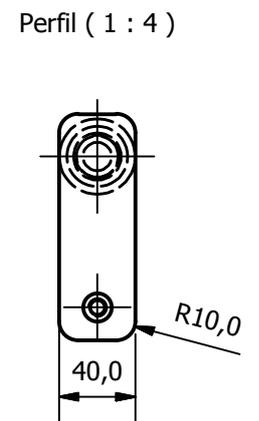
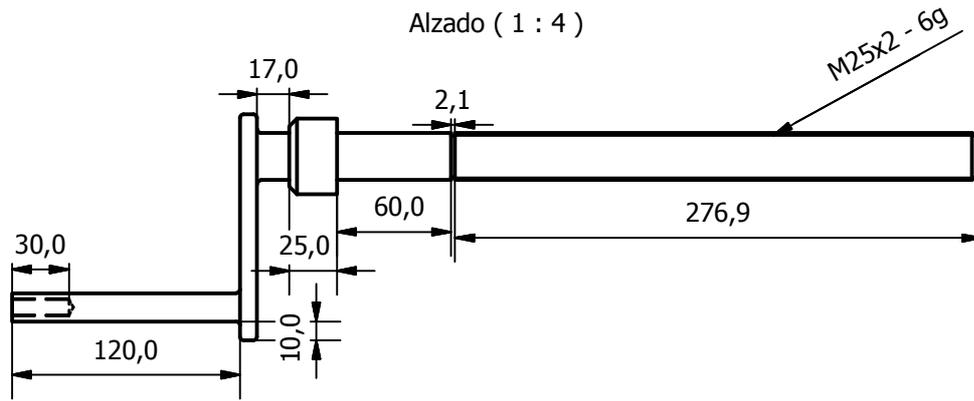
nº plano: 4

escalas: X

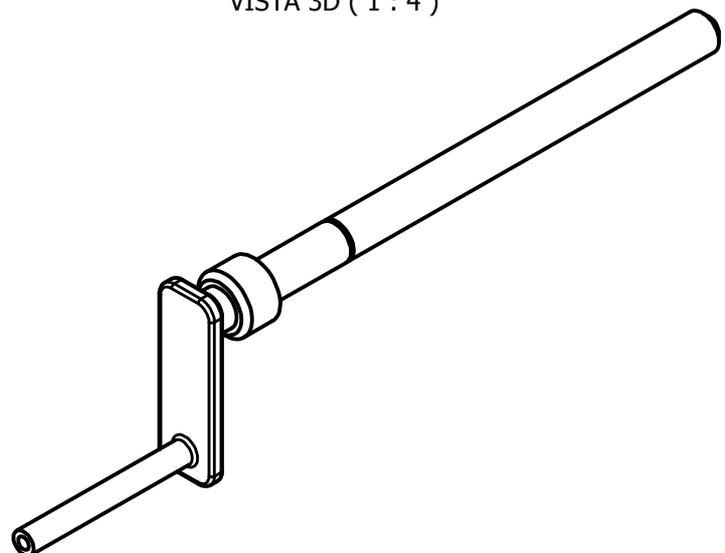
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Pieza151 (Clip)
2	1	Pieza44 (Eje codo)
3	1	Pieza45 (Guía manivela)
4	1	Pieza48 (Pletina)
5	3	Pieza149 (Clip)
6	2	Pieza51 (Pasador)
7	1	Pieza47 (Pletina)
8	1	Pieza43 (Codo)
9	1	Pieza50 (Bieleta)
10	1	Pieza46 (Pasador)
11	1	Pieza49 (Bieleta)



<p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	CODO	Fecha: Junio
		nº plano: 4
		escalas: X

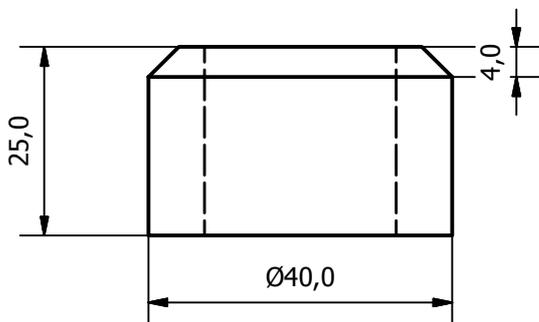


VISTA 3D (1 : 4)

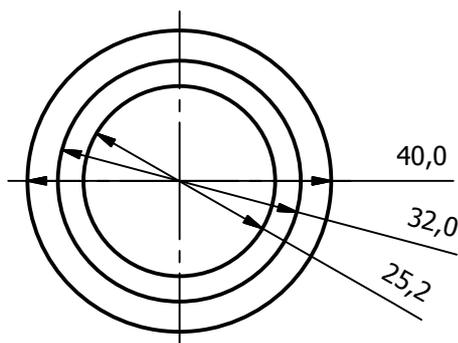


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y EFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	MANIVELA EJES	Fecha: Junio
		nº plano: 5
		escalas: X

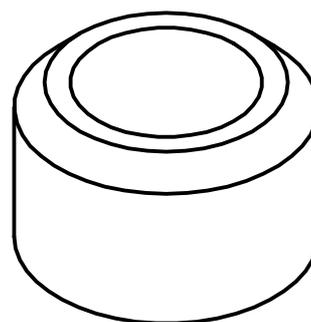
Alzado (1:1)



Planta (1:1)



VISTA 3D (1:1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y EFUERZOS

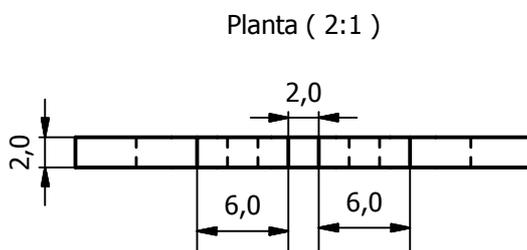
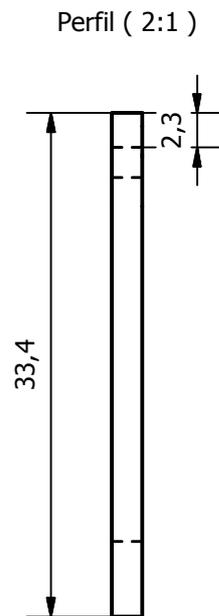
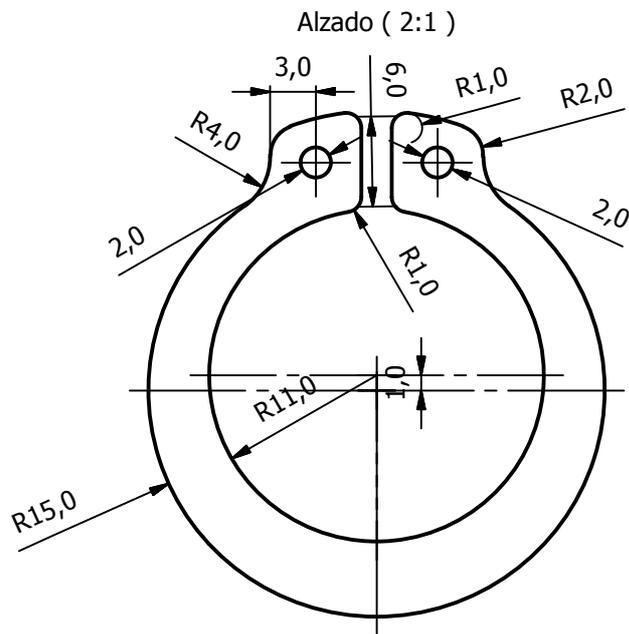
MANIVELA EJES

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

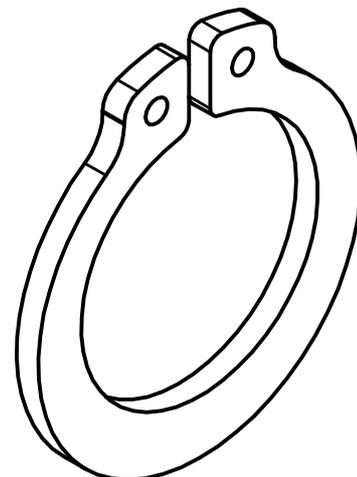
Fecha: Junio

nº plano: 5

escalas: X



VISTA 3D (2:1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y EFUERZOS

MANIVELA EJES

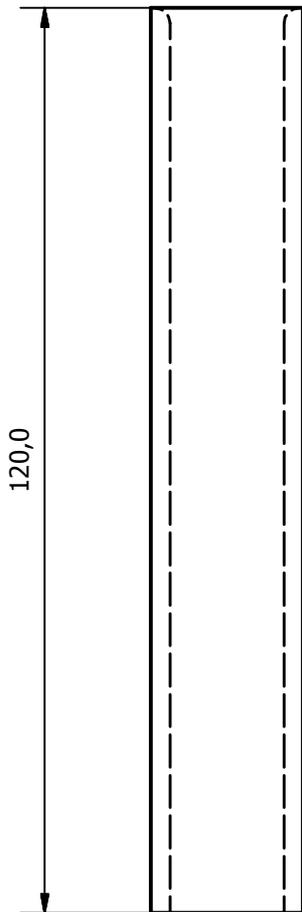
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

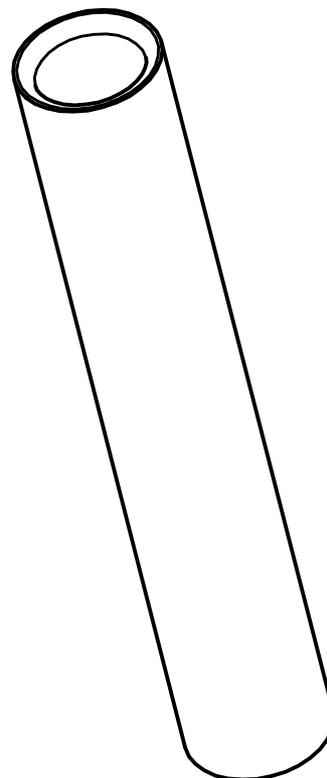
nº plano: 5

escalas: X

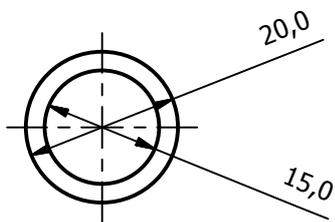
Alzado (1:1)



VISTA 3D (1:1)

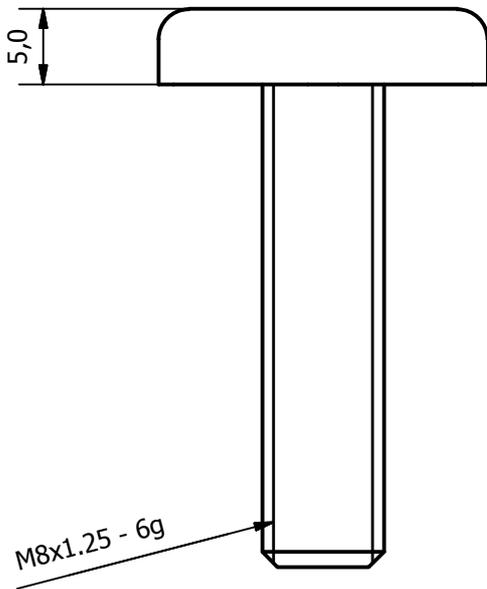


Planta (1:1)

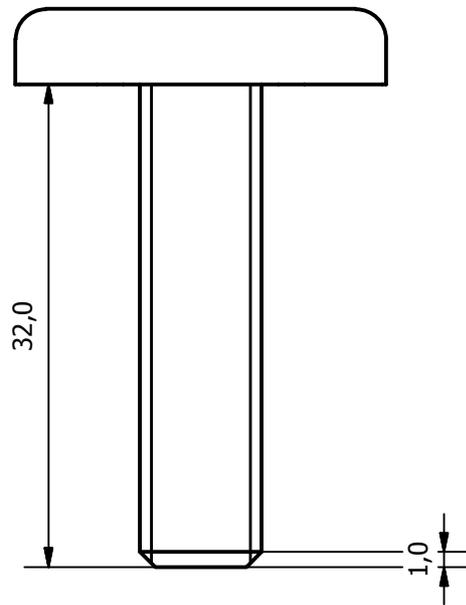


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y EFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	MANIVELA EJES	Fecha: Junio
		nº plano: 5
		escalas: X

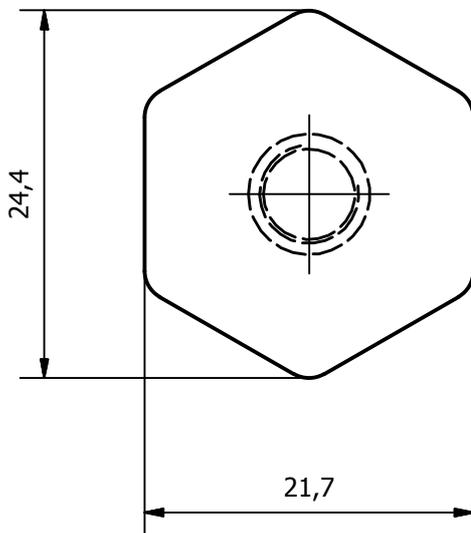
Alzado (2:1)



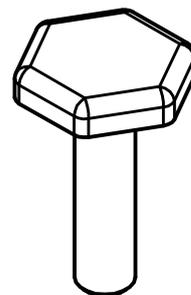
Perfil (2:1)



Planta (2:1)



VISTA 3D (1:1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y EFUERZOS

MANIVELA EJES

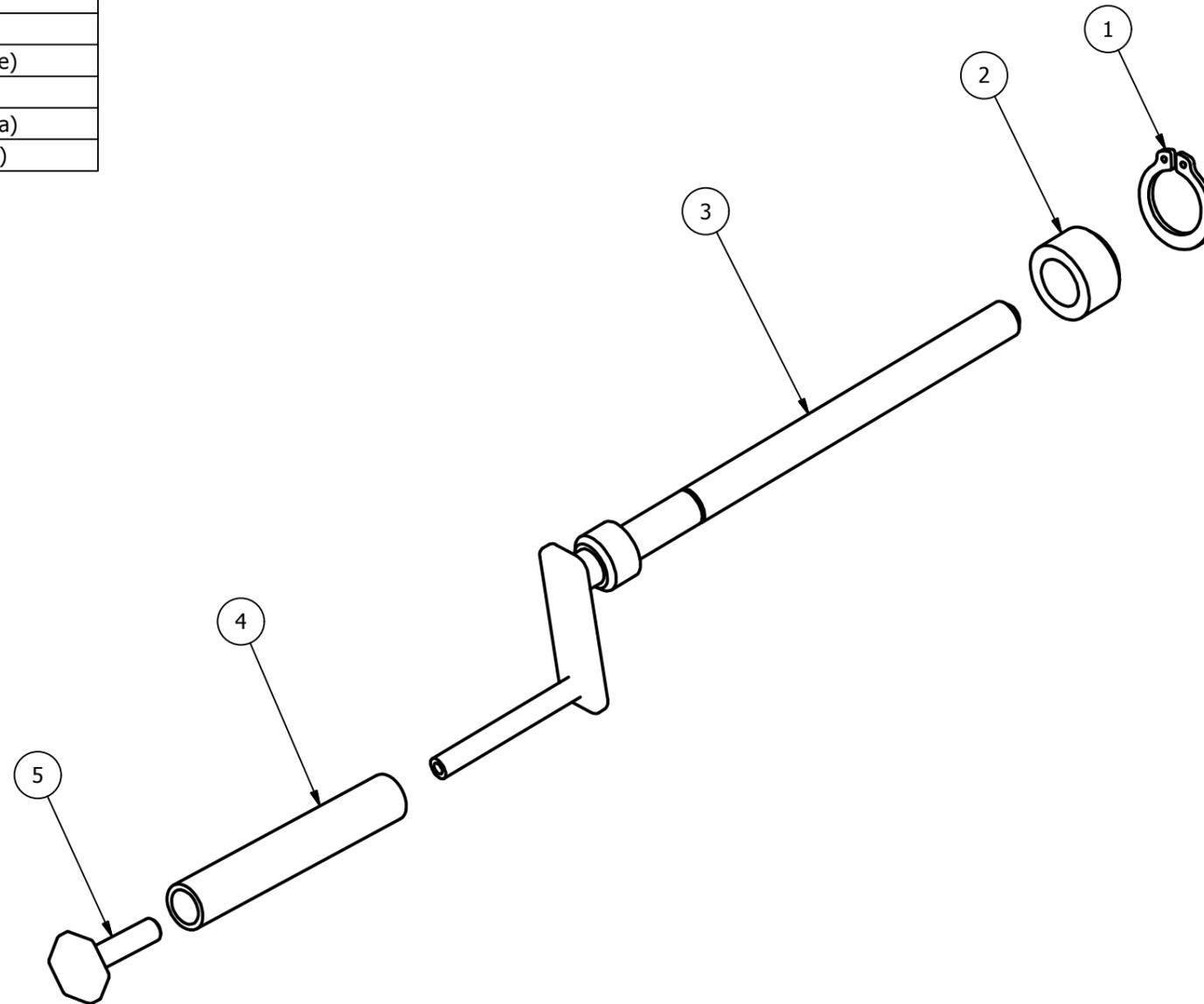
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

nº plano: 5

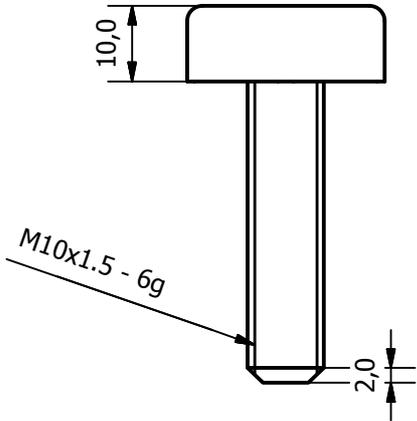
escalas: X

LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Pieza52.2 (Circlip)
2	1	Pieza52.1 (Arandela cierre)
3	1	Pieza52 (Manivela)
4	1	Pieza53 (Tornillo manivela)
5	1	Pieza54 (Tornillo manuela)

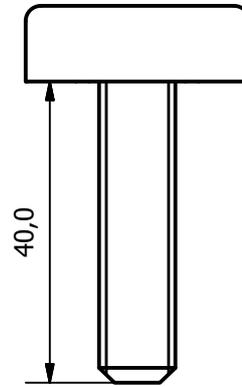


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y EFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	MANIVELA EJES	Fecha: Junio
		nº plano: 5
		escalas: X

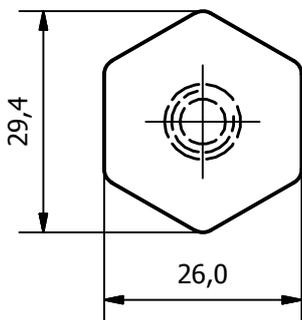
Alzado (1 : 1)



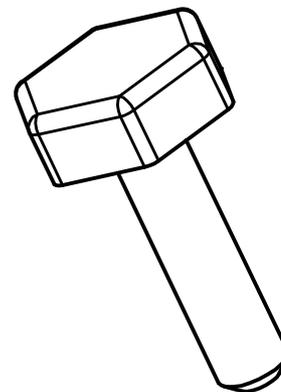
Perfil (1 : 1)



Planta (1 : 1)



VISTA 3D (1 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y EFUERZOS

MANIVELA RUEDAS

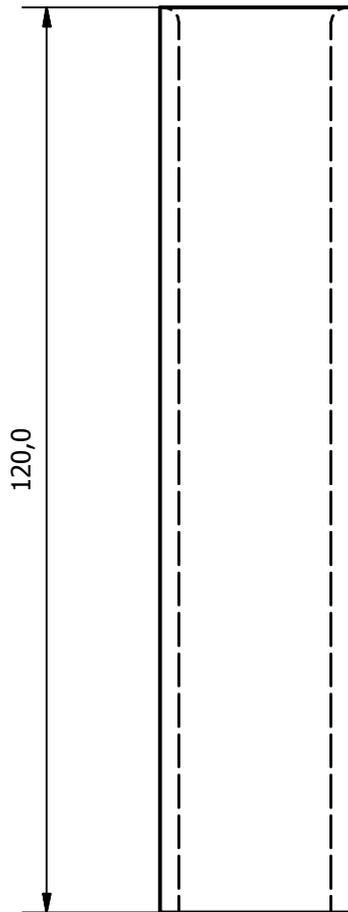
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

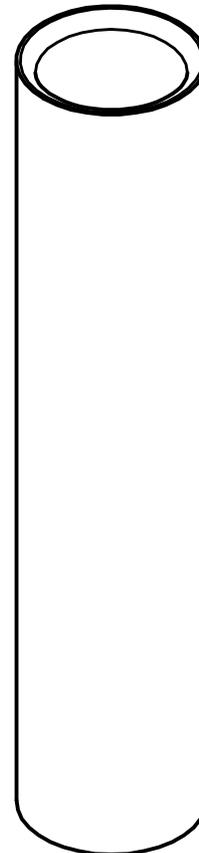
nº plano: 6

escalas: X

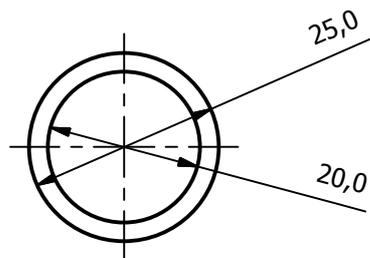
Alzado (1: 1)

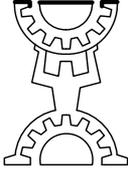


VISTA 3D (1: 1)

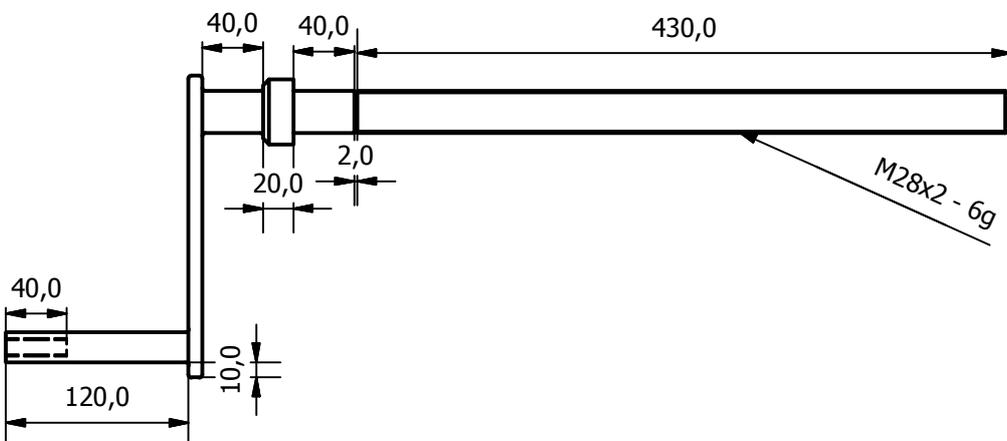


Planta (1: 1)

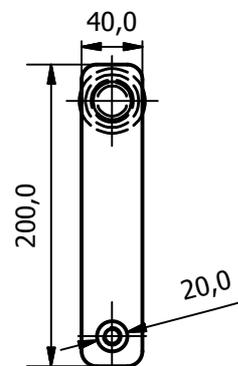


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y EFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	MANIVELA RUEDAS	Fecha: Junio
		nº plano: 6
		escalas: X

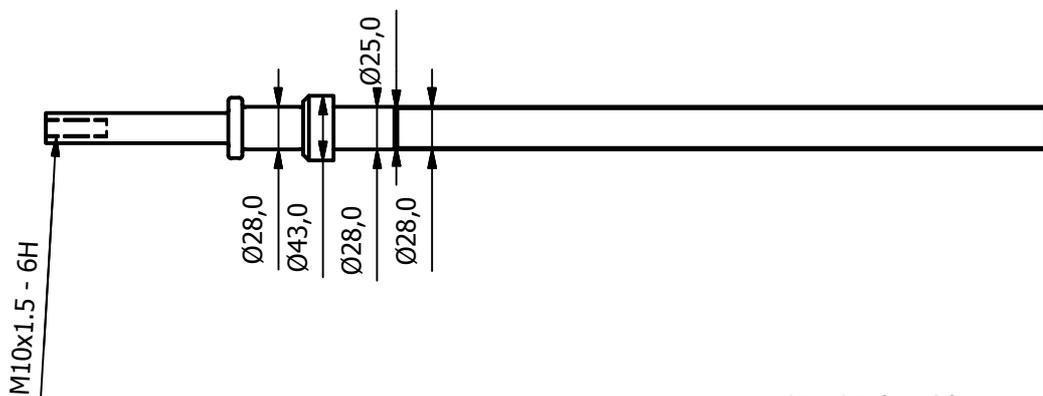
Alzado (1: 5)



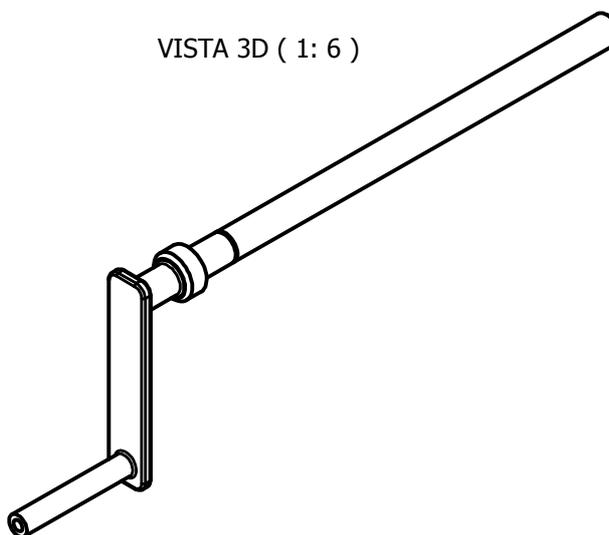
Perfil (1: 5)



Planta (1: 5)



VISTA 3D (1: 6)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y EFUERZOS

MANIVELA RUEDAS

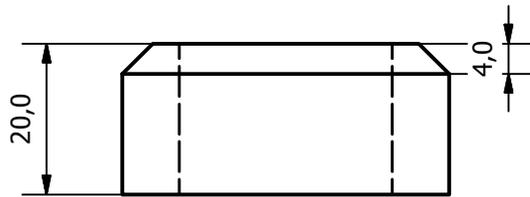
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

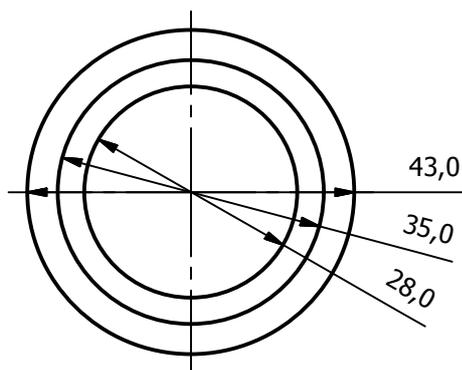
nº plano: 6

escalas: X

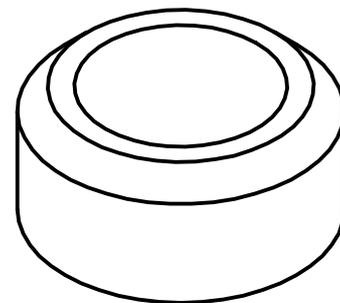
Alzado (1: 1)



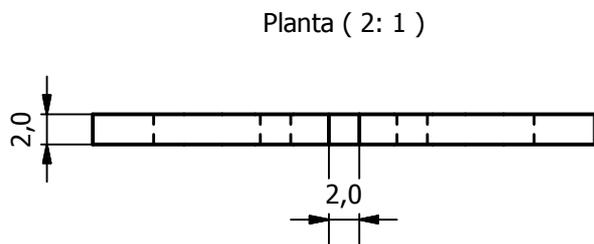
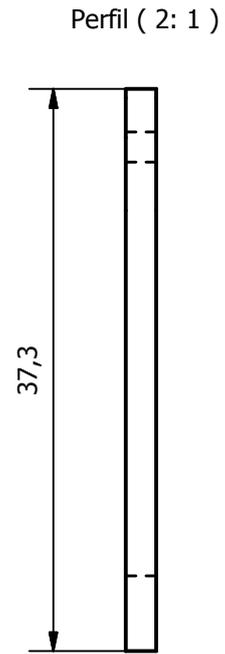
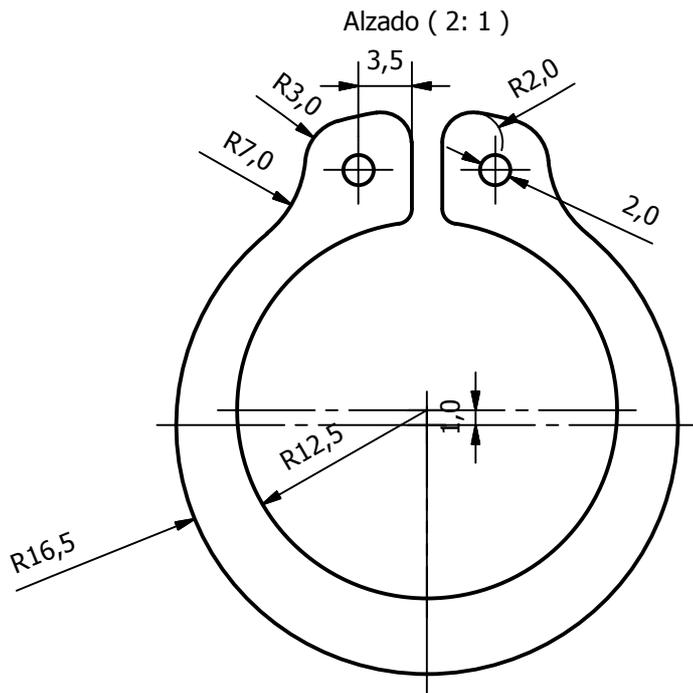
Planta (1: 1)



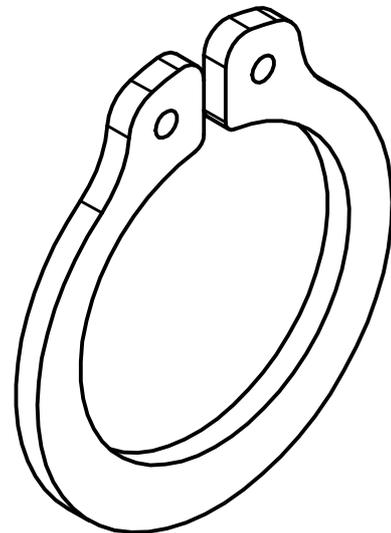
VISTA 3D (1: 1)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y EFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	MANIVELA RUEDAS	Fecha: Junio
		nº plano: 6
		escalas: X



VISTA 3D (2: 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y EFUERZOS

MANIVELA RUEDAS

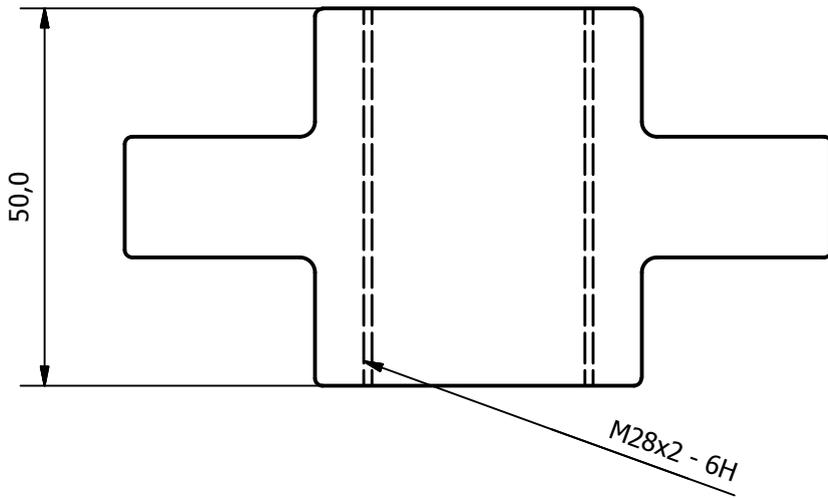
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

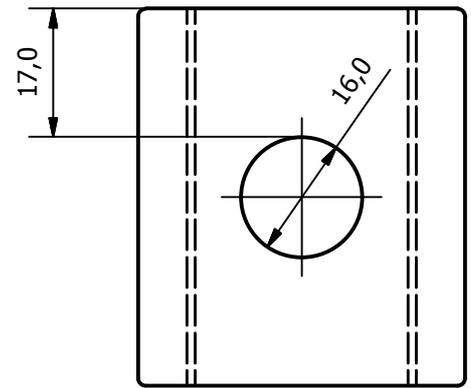
nº plano: 6

escalas: X

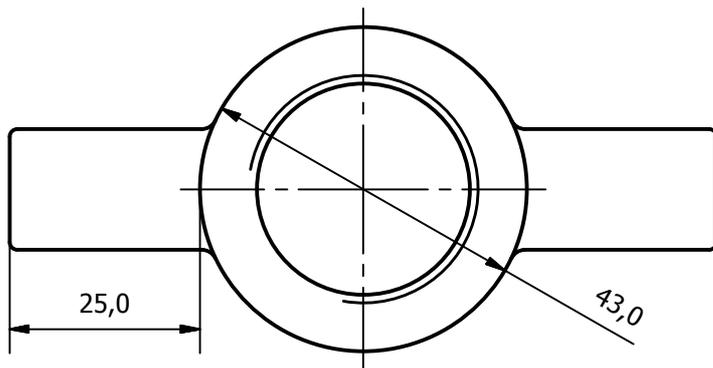
Alzado (1: 1)



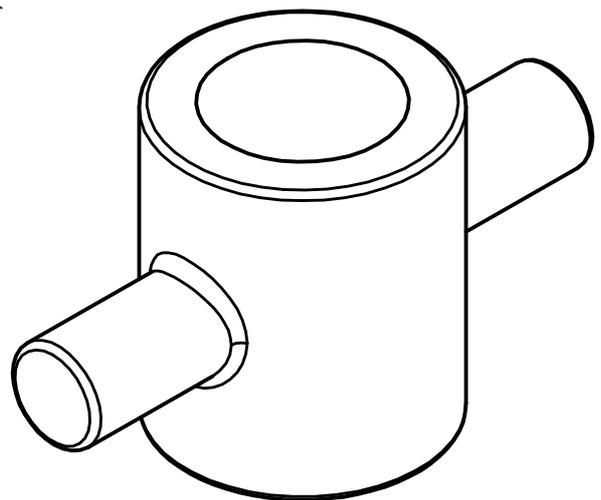
Perfil (1: 1)



Planta (1: 1)



VISTA 3D (1: 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y EFUERZOS

MANIVELA RUEDAS

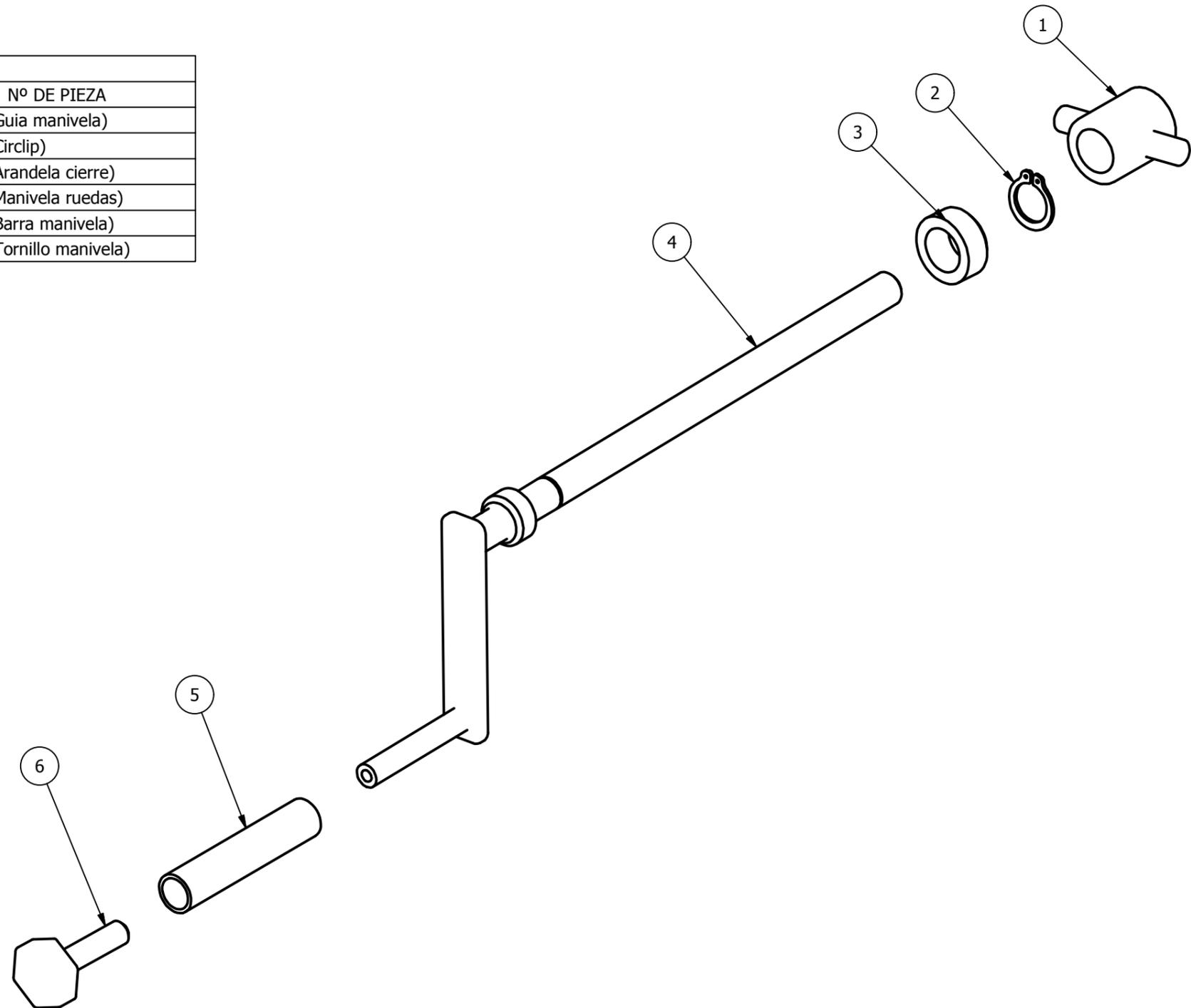
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

nº plano: 6

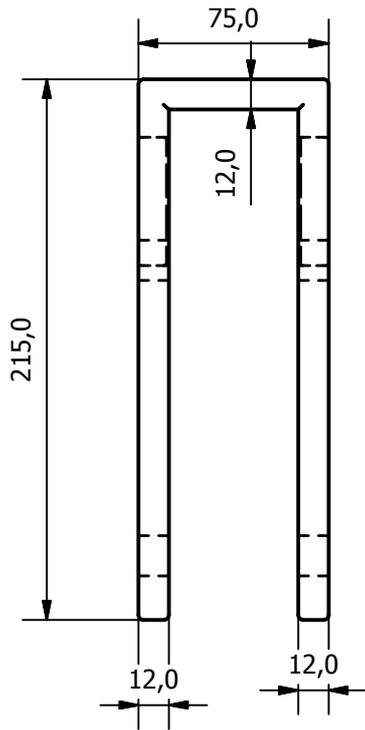
escalas: X

LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Pieza60 (Guia manivela)
2	1	Pieza59 (Circlip)
3	1	Pieza58 (Arandela cierre)
4	1	Pieza57 (Manivela ruedas)
5	1	Pieza56 (Barra manivela)
6	1	Pieza55 (Tornillo manivela)

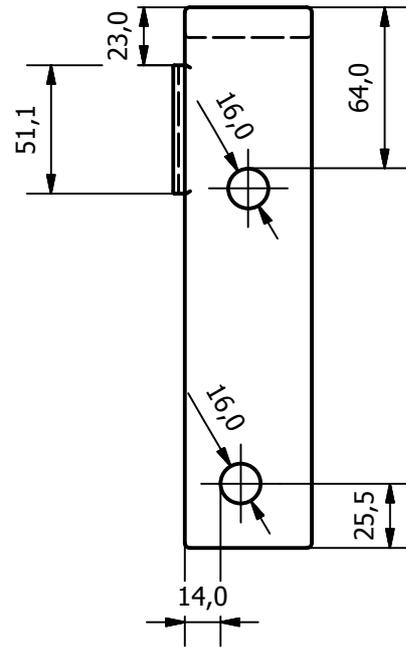


<p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y EFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	MANIVELA RUEDAS	Fecha: Junio
		nº plano: 6
		escalas: X

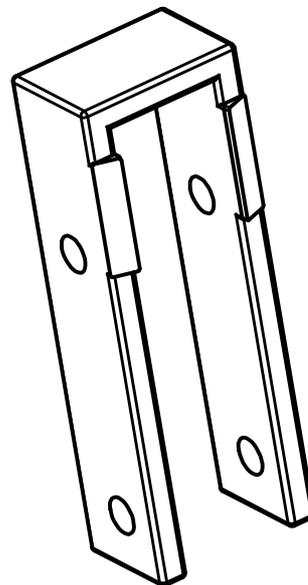
Alzado (1 : 3)



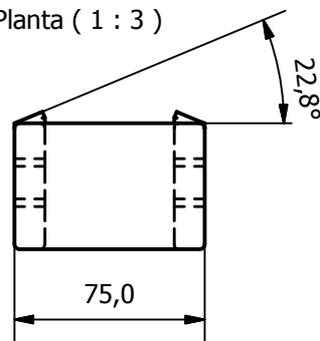
Perfil (1 : 3)



VISTA 3D (1 : 3)



Planta (1 : 3)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA RUEDAS

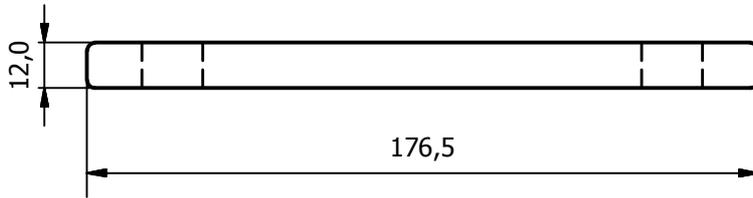
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

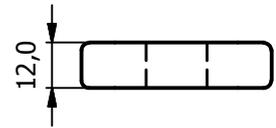
nº plano: 7

escalas: X

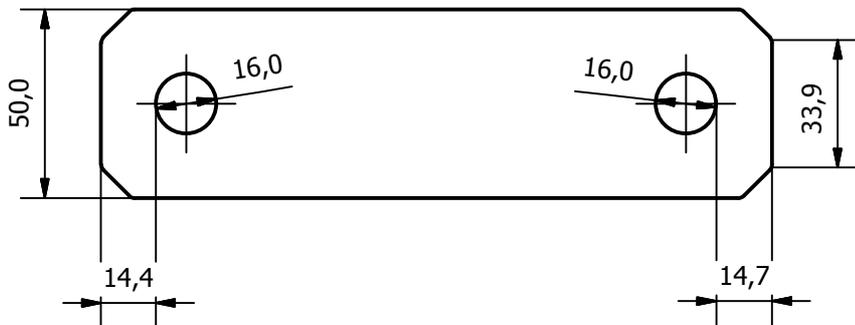
Alzado (1 : 2)



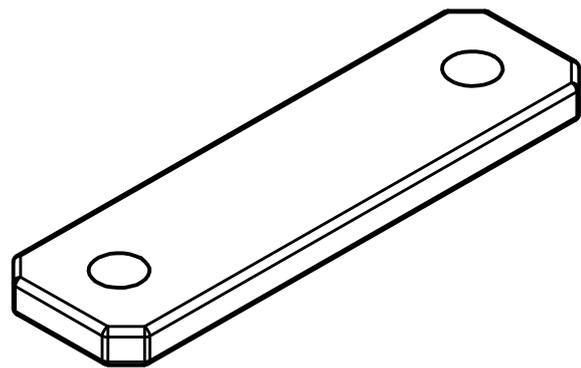
Perfil (1 : 2)



Planta (1 : 2)°



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

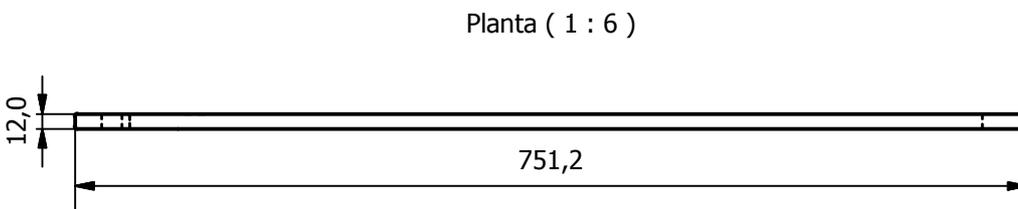
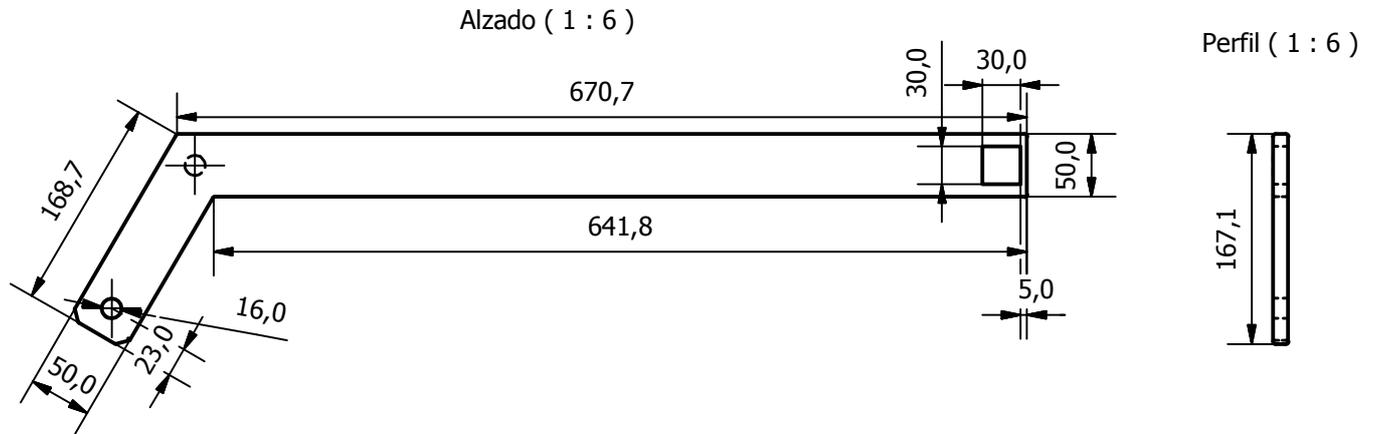
ESTRUCTURA RUEDAS

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

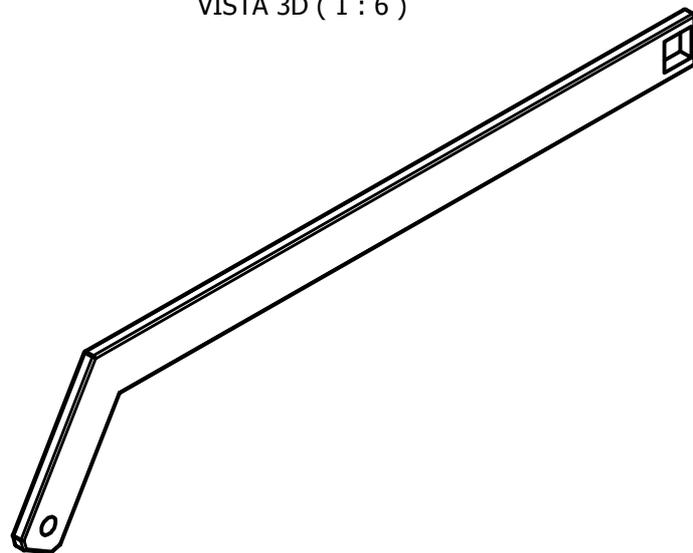
Fecha: Junio

nº plano: 7

escalas: X

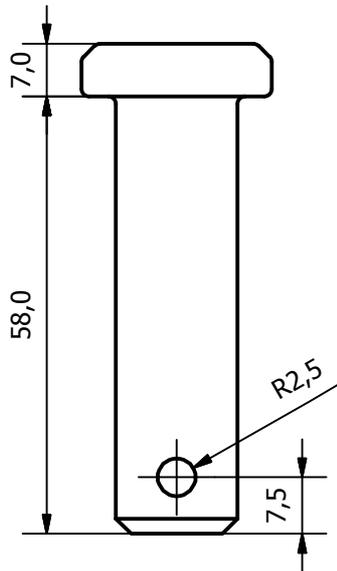


VISTA 3D (1 : 6)

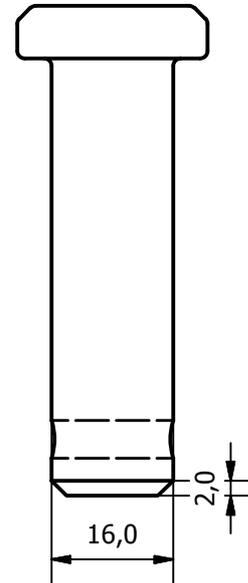


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA RUEDAS	Fecha: Junio
		nº plano: 7
		escalas: X

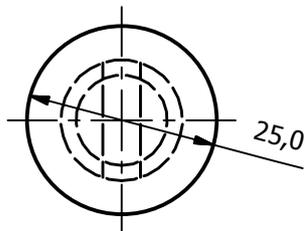
Alzado (1 : 1)



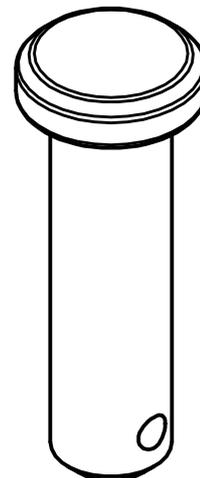
Perfil (1 : 1)



Planta (1 : 1)



VISTA 3D (1 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA RUEDAS

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

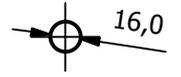
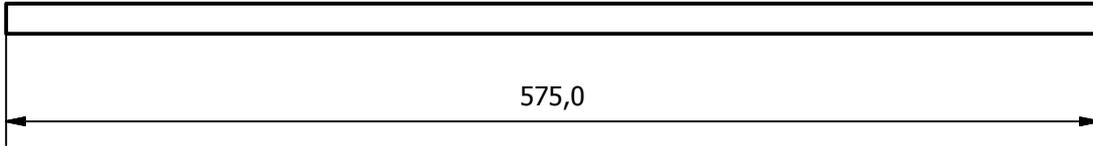
Fecha: Junio

nº plano: 7

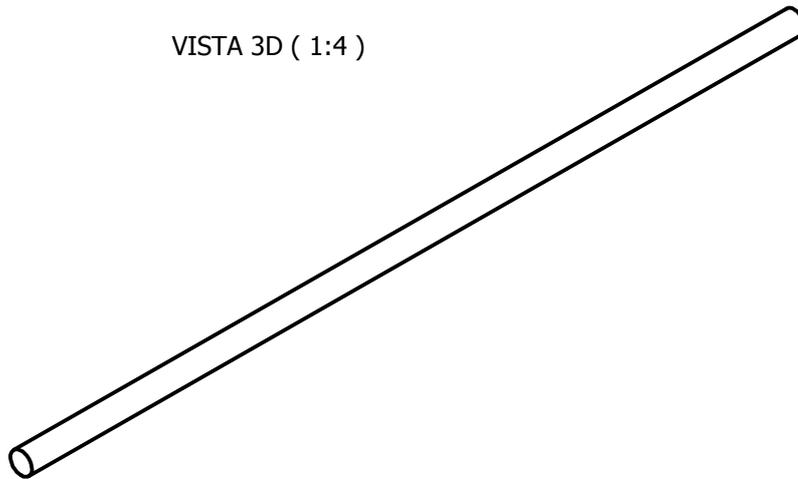
escalas: X

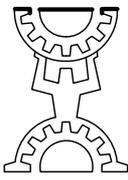
Alzado (1:4)

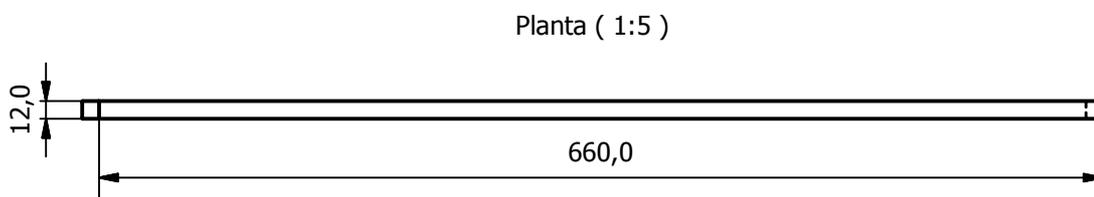
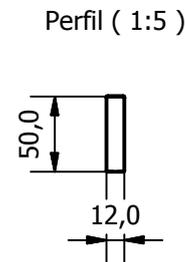
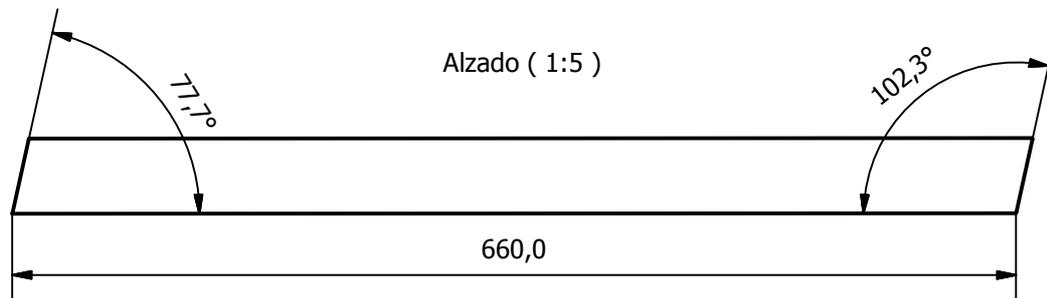
Perfil (1:4)



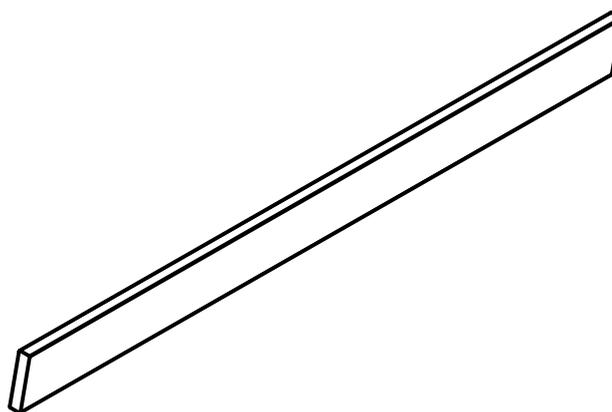
VISTA 3D (1:4)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA RUEDAS	Fecha: Junio
		nº plano: 7
		escalas: X



VISTA 3D (1:6)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

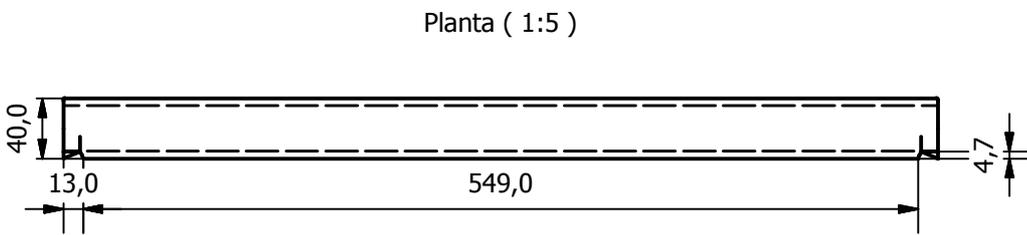
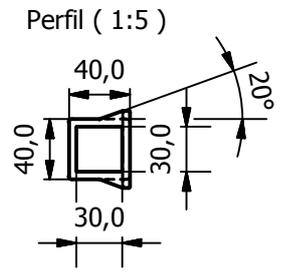
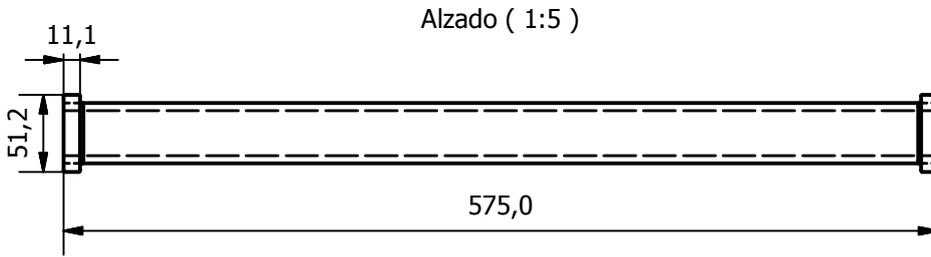
ESTRUCTURA RUEDAS

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

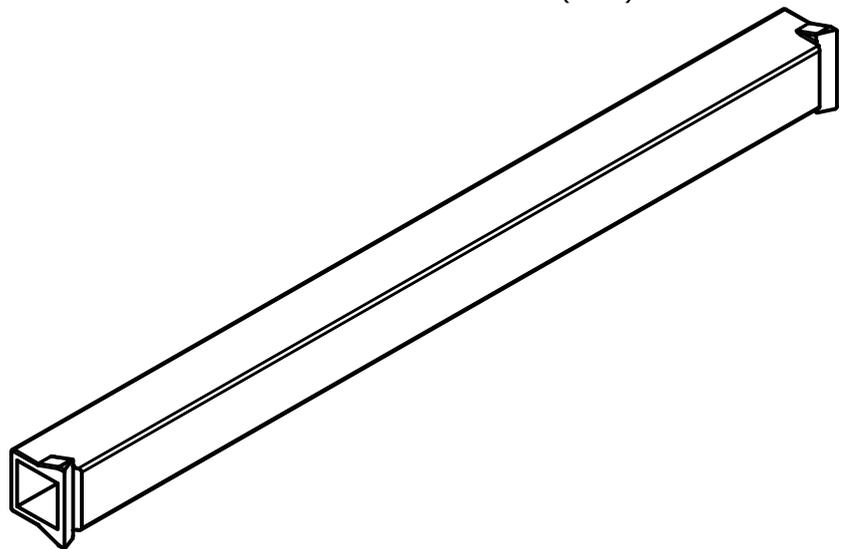
Fecha: Junio

nº plano: 7

escalas: X



VISTA 3D (1:4)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA RUEDAS

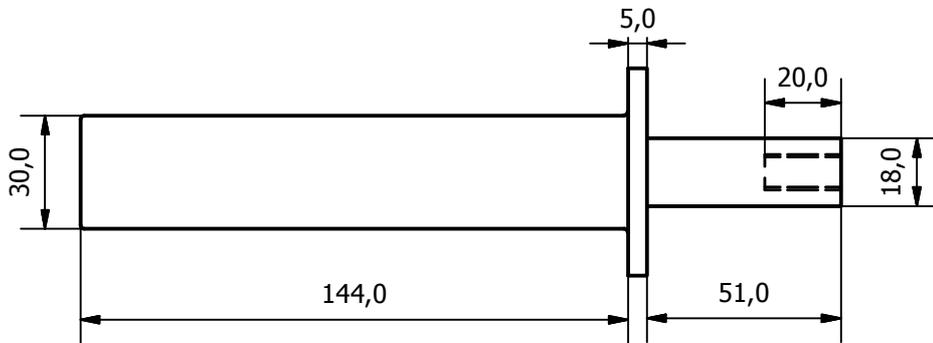
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

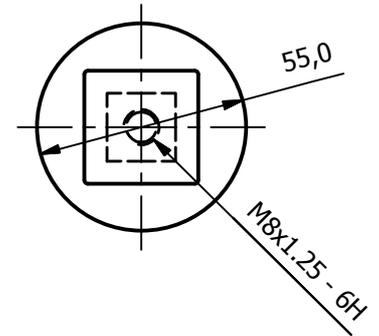
nº plano: 7

escalas: X

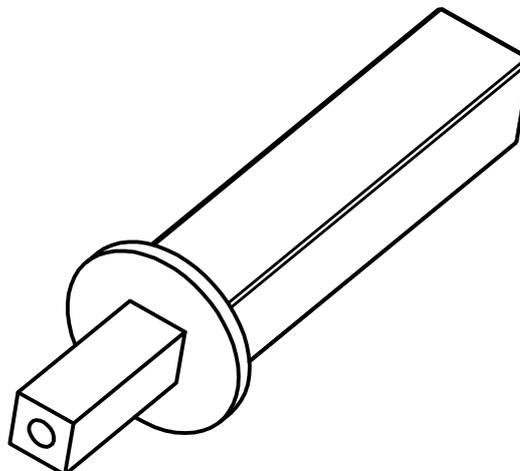
Alzado (1 : 2)



Perfil (1 : 2)

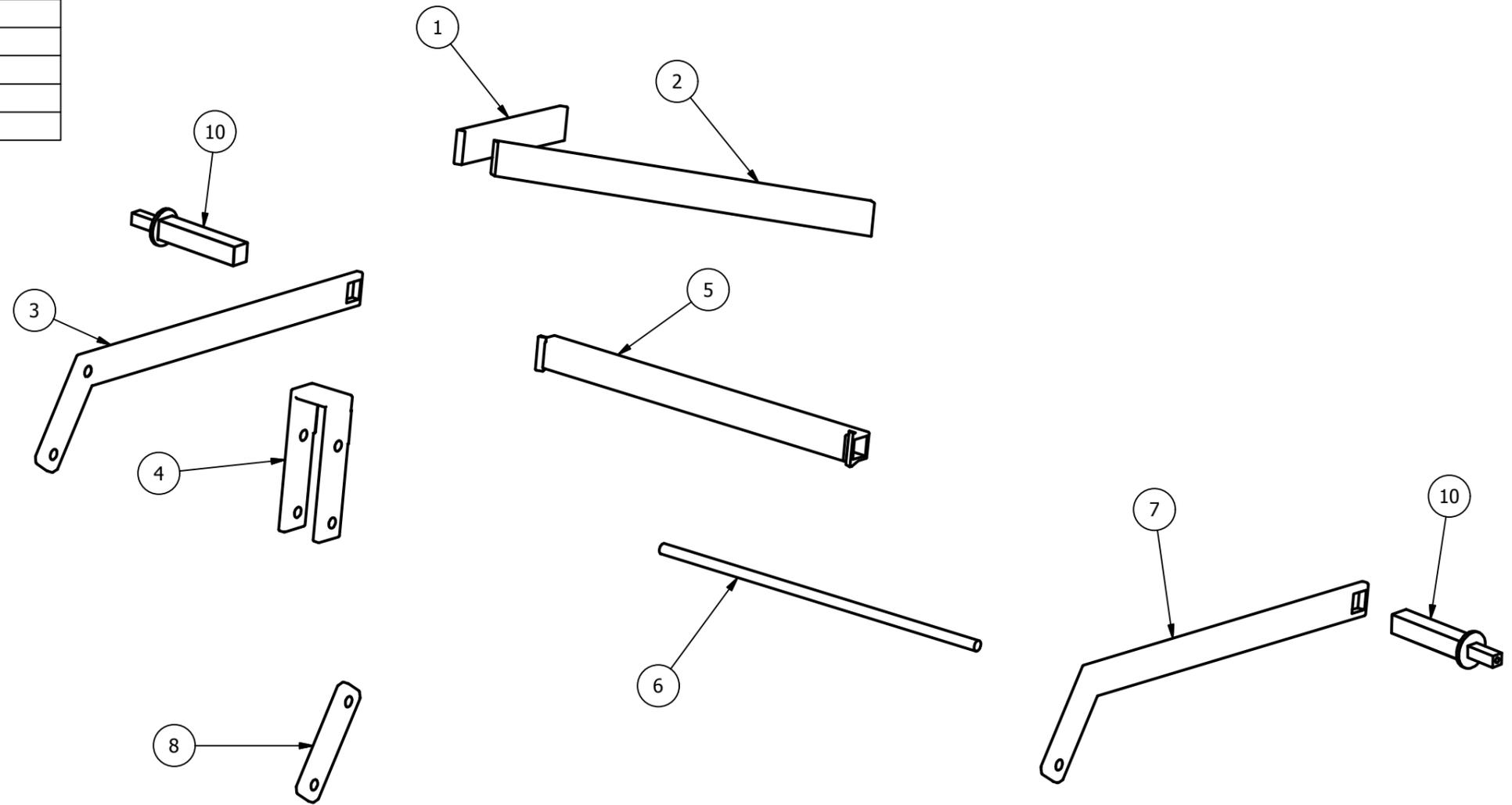


VISTA 3D (1 : 2)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA RUEDAS	Fecha: Junio
		nº plano: 7
		escalas: X

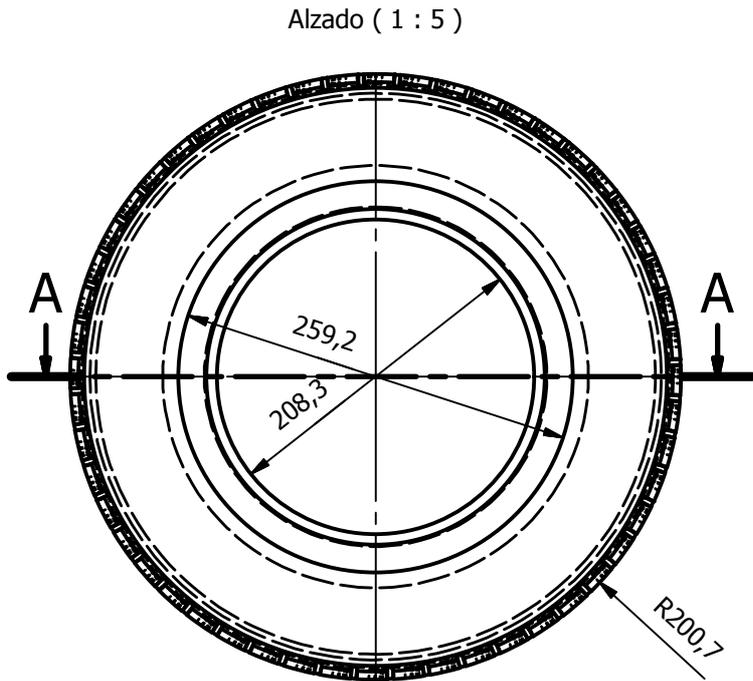
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Pieza70 (Barra)
2	1	Pieza69 (Barra)
3	1	Pieza64 (Lateral)
4	1	Pieza61 (Cuadro)
5	1	Pieza71 (Eje cuadrado ruedas)
6	1	Pieza68 (Barra)
7	1	Pieza63 (Lateral)
8	1	Pieza62 (Guía)
9	1	Pieza72 (Eje ruedas)
10	1	Pieza73 (Eje ruedas)



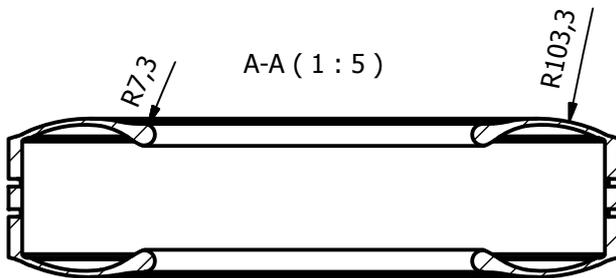
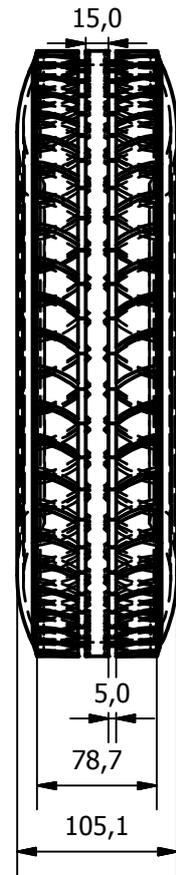
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

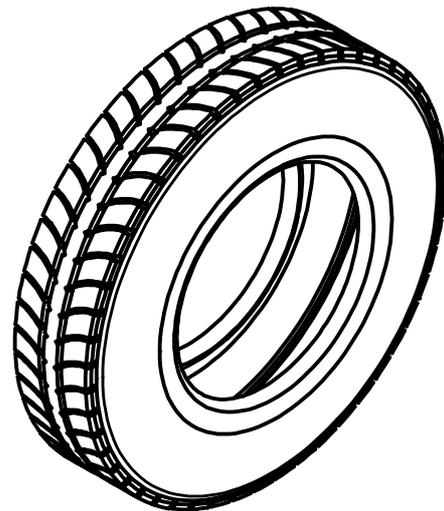
 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA RUEDAS	Fecha: Junio
		nº plano: 7
		escalas: X



Perfil (1 : 5)

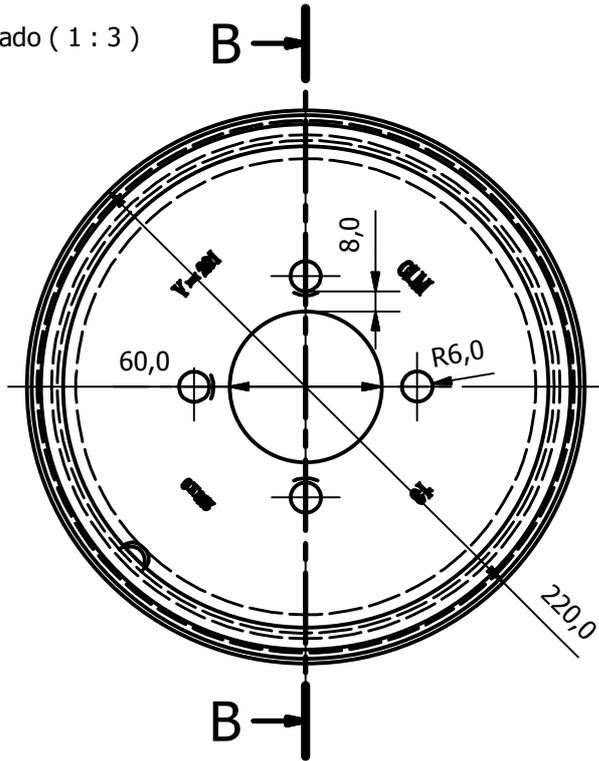


VISTA 3D (1 : 6)

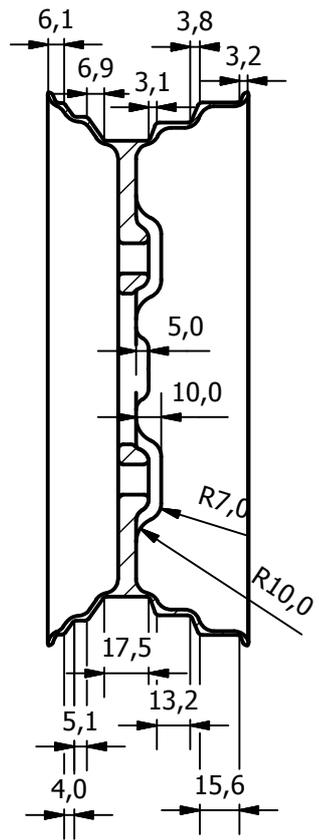


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	RUEDAS	Fecha: Junio
		nº plano: 8
		escalas: X

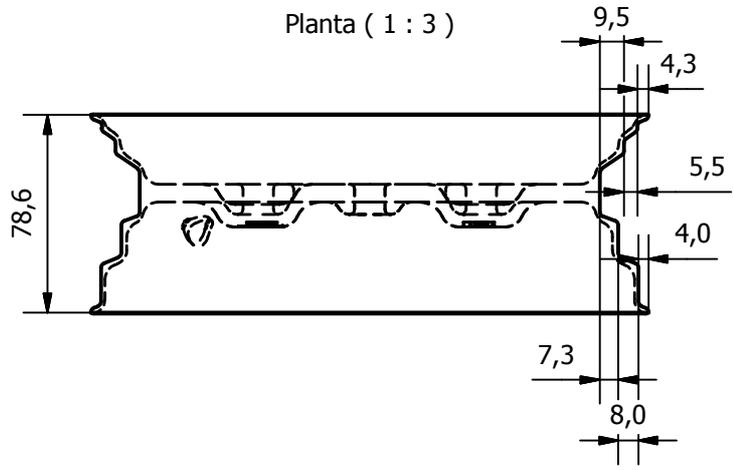
Alzado (1 : 3)



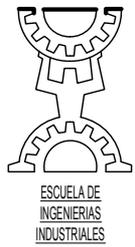
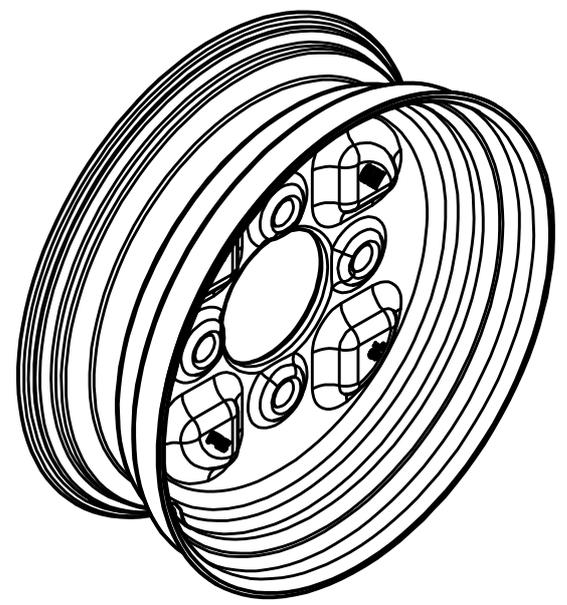
B-B (1 : 3)



Planta (1 : 3)



VISTA 3D (1 : 3)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

RUEDAS

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

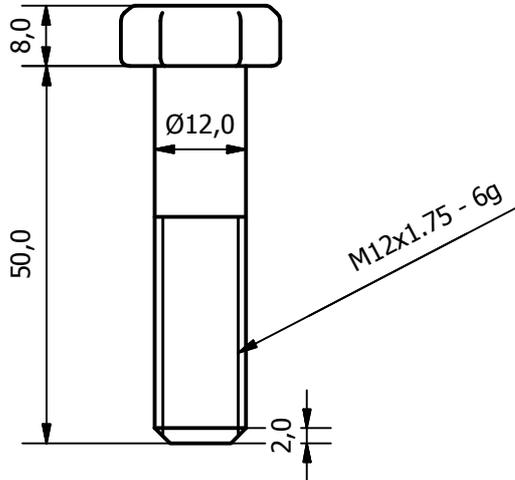
nº plano: 8

escalas: X

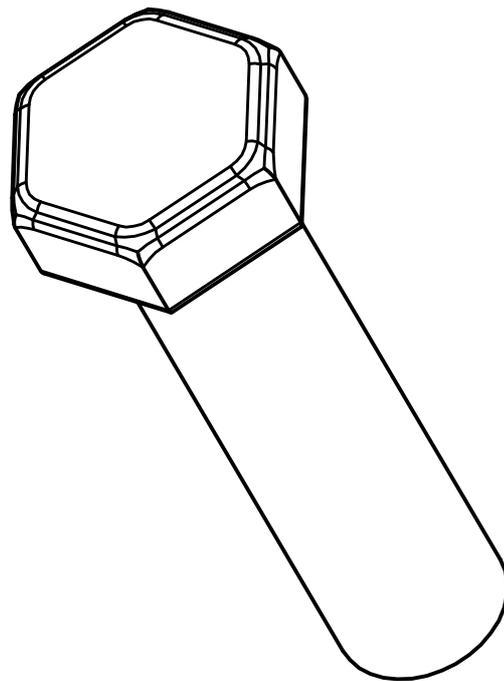
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

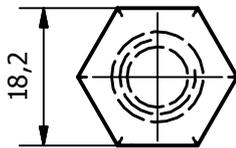
Alzado (1 : 1)

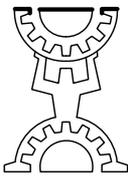


VISTA 3D (2: 1)

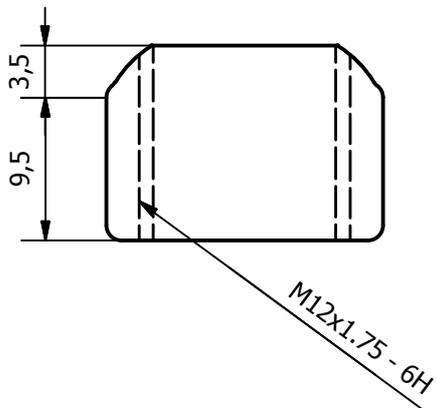


Planta (1 : 1)

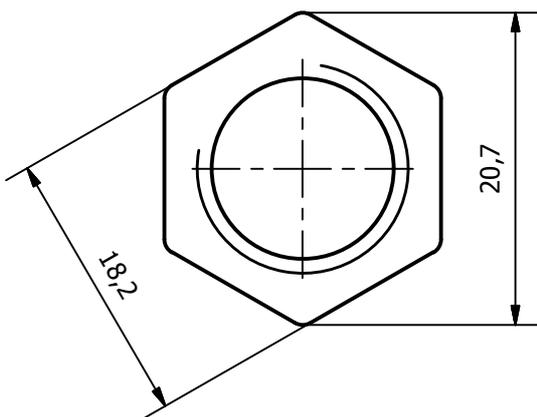


 ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel	
	RUEDAS	Fecha:	Junio
		nº plano:	8
		escalas:	X

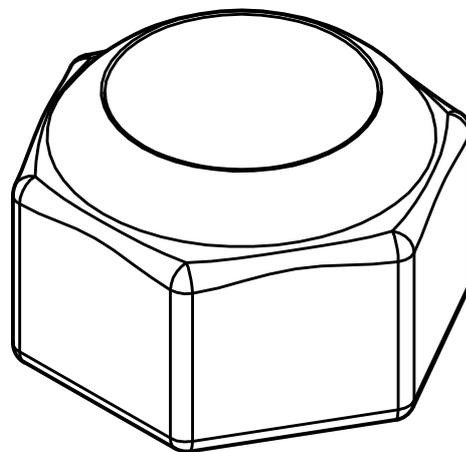
Alzado (2 : 1)

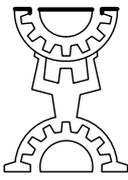


Planta (2 : 1)

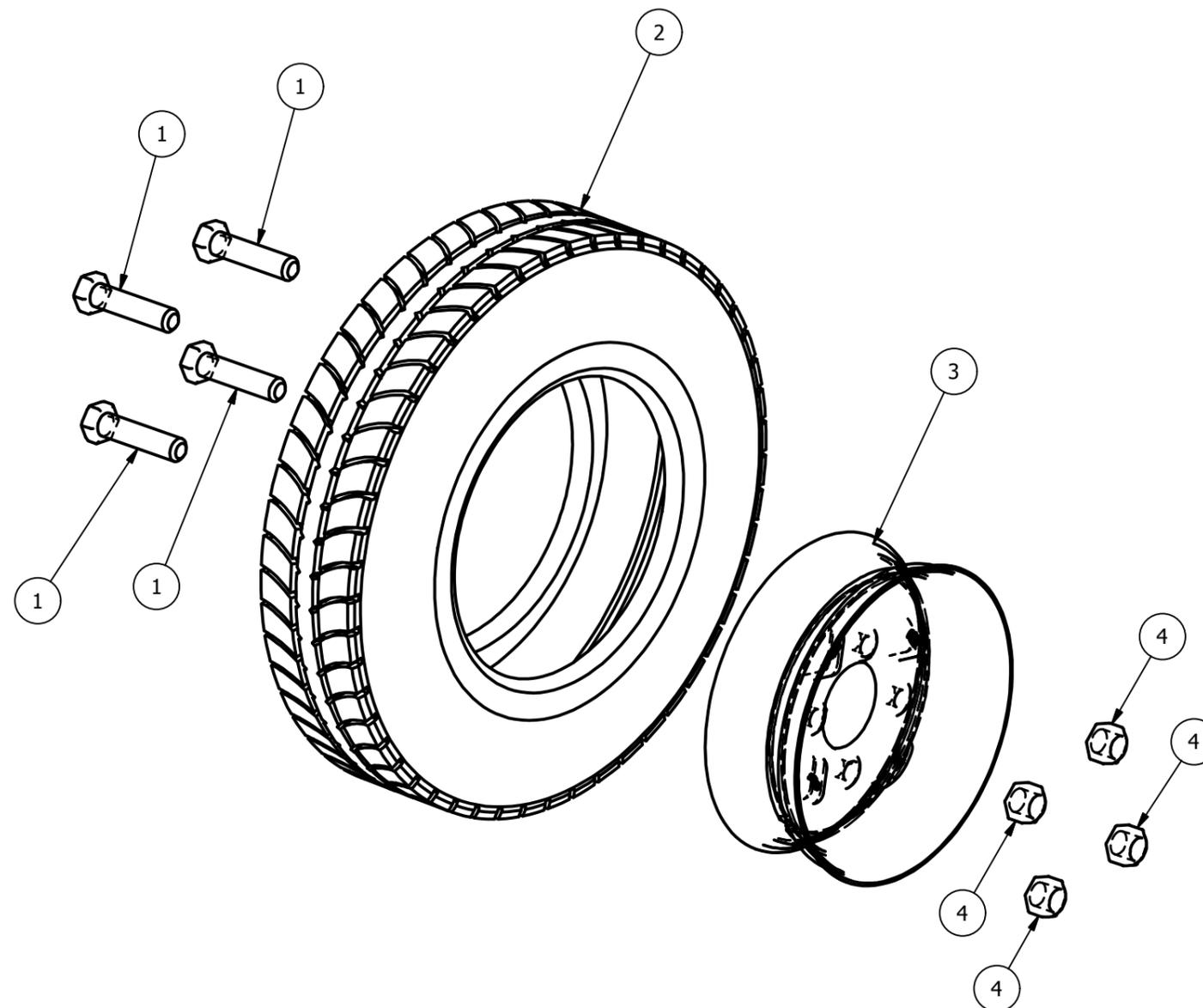


VISTA 3D (3 : 1)



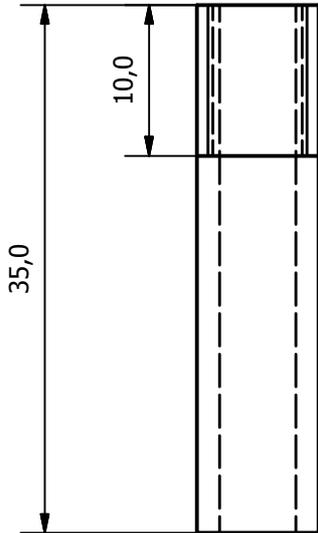
 ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	RUEDAS	Fecha: Junio
		nº plano: 8
		escalas: X

LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Pieza74.3 (Tornillo)
2	1	Pieza74 (Neumático)
3	1	Pieza74.1 (Llanta)
4	1	Pieza74.4 (Tuerca)

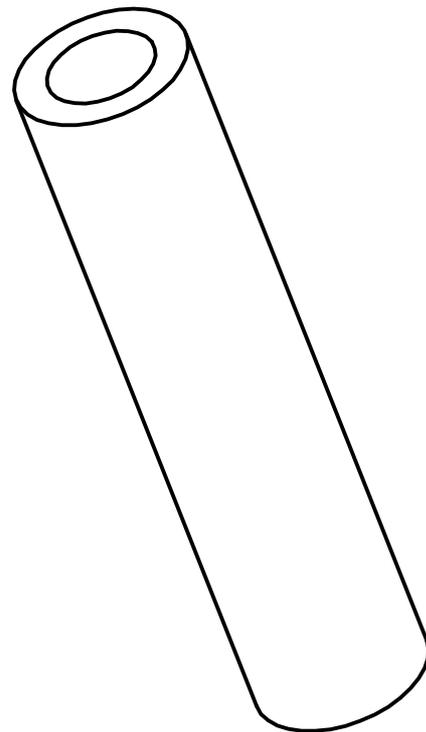


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	RUEDAS	Fecha: Junio
		nº plano: 8
		escalas: X

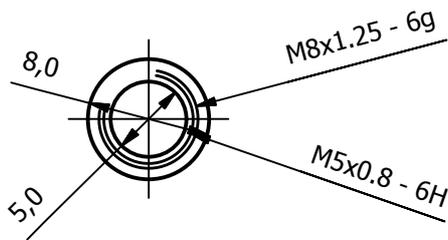
Alzado (2 : 1)



VISTA 3D (3 : 1)

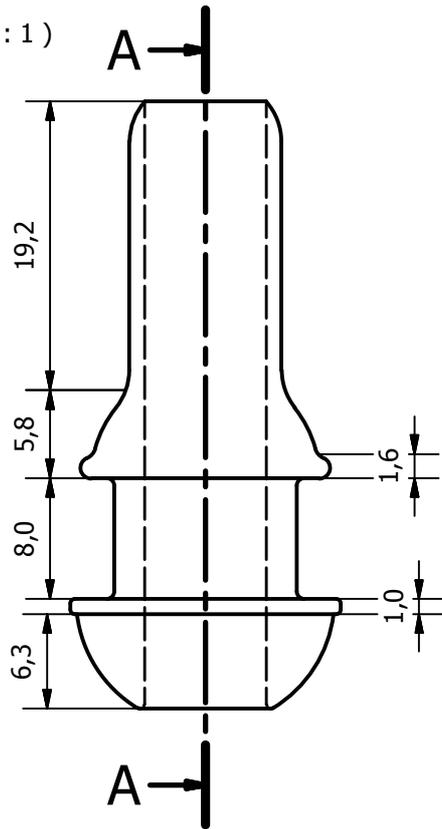


Planta (2 : 1)

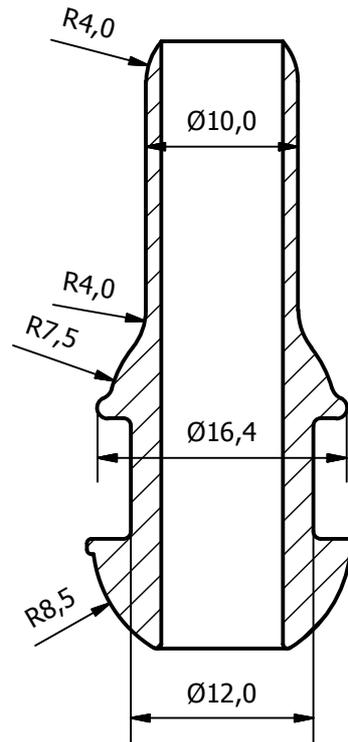


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	VÁLVULA	Fecha: Junio
		nº plano: 9
		escalas: X

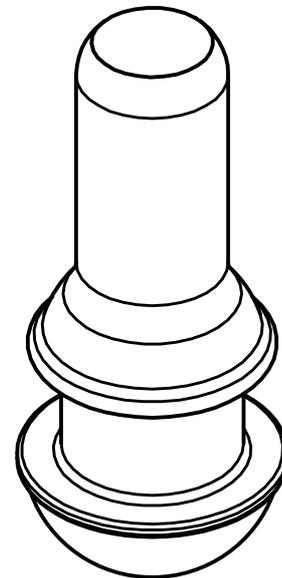
Alzado (2 : 1)



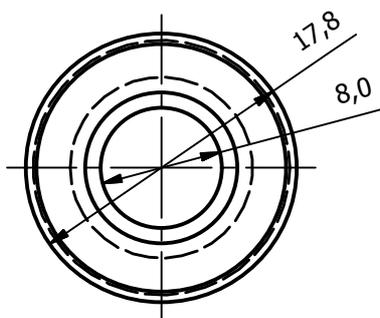
A-A (2 : 1)



VISTA 3D (2 : 1)



Planta (2 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

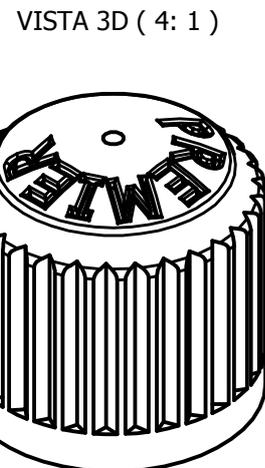
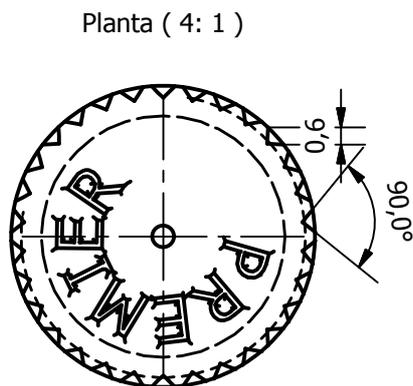
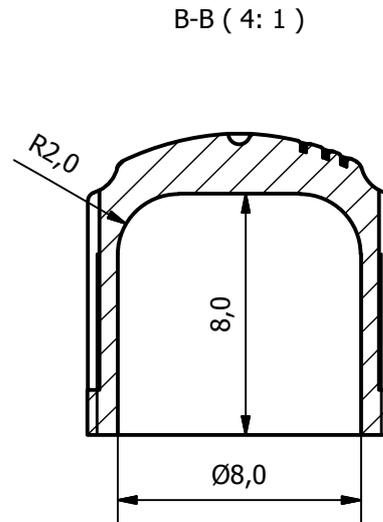
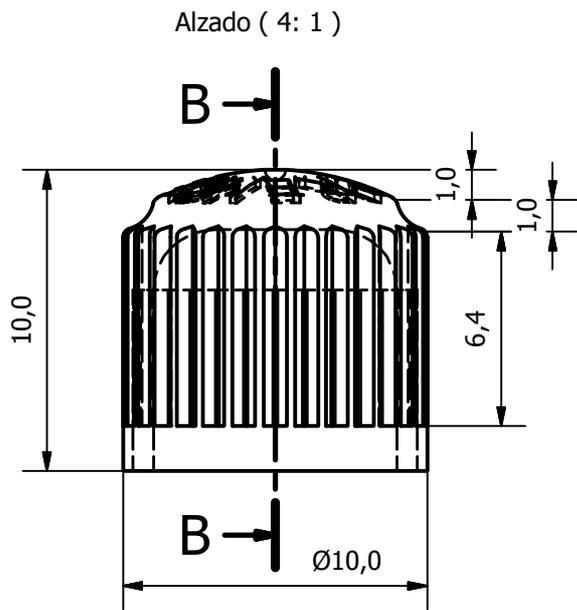
VÁLVULA

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

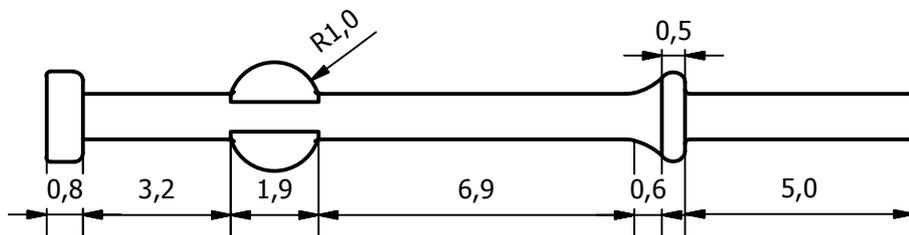
nº plano: 9

escalas: X

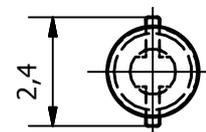


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	VÁLVULA	Fecha: Junio
		nº plano: 9
		escalas: X

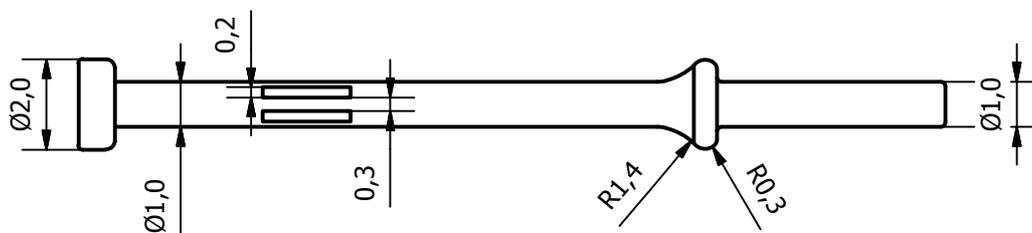
Alzado (6 : 1)



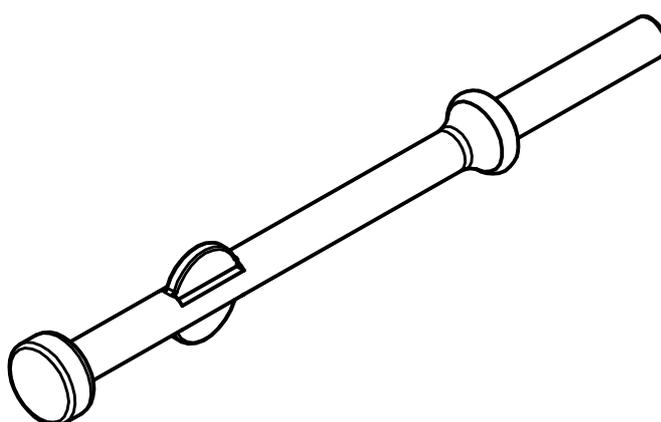
Perfil (6 : 1)



Planta (6 : 1)



VISTA 3D (6 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

VÁLVULA

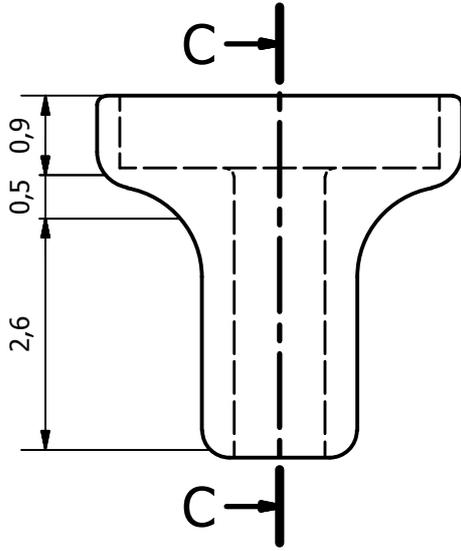
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

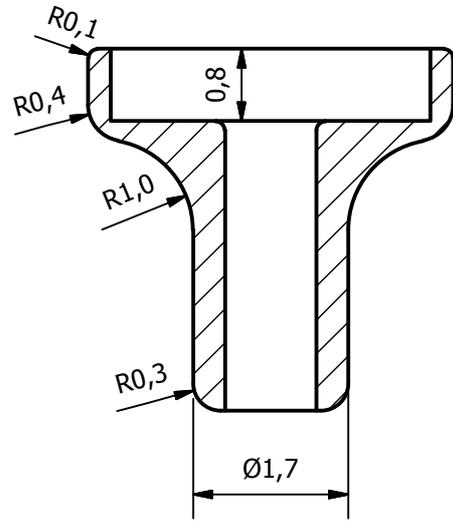
nº plano: 9

escalas: X

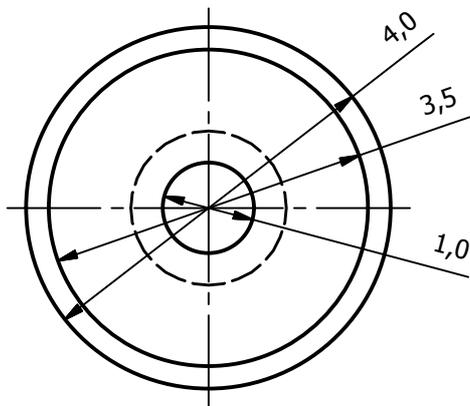
Alzado (12: 1)



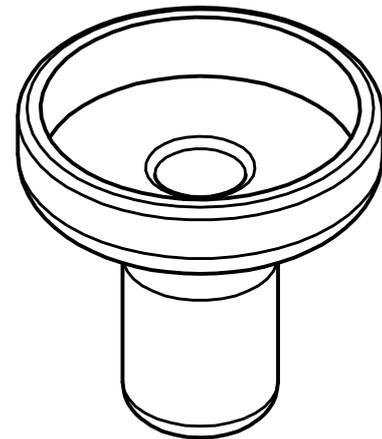
C-C (12: 1)



Planta (12: 1)



VISTA 3D (12: 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

VÁLVULA

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

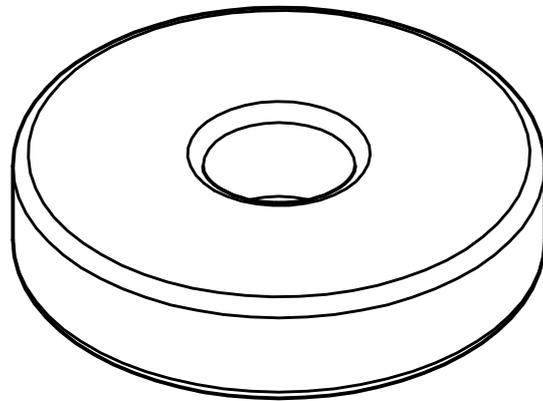
nº plano: 9

escalas: X

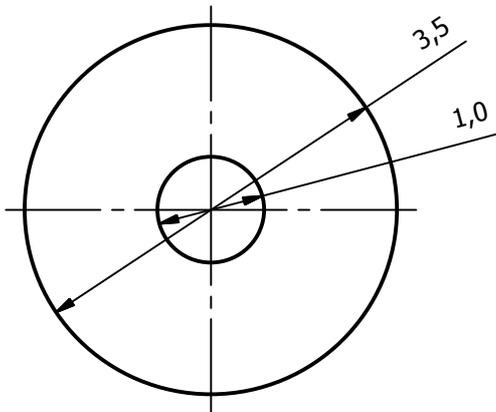
Alzado (14: 1)



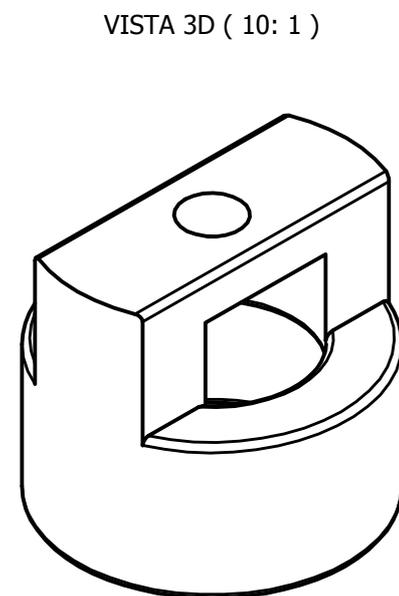
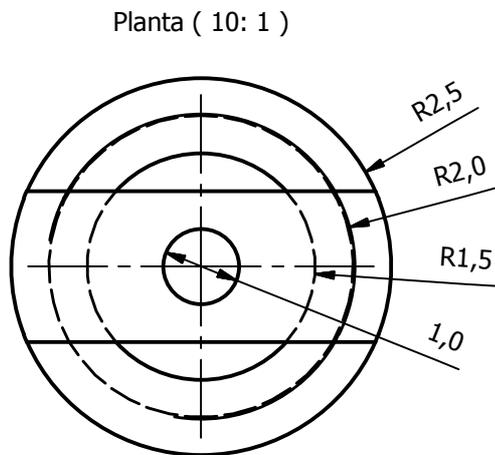
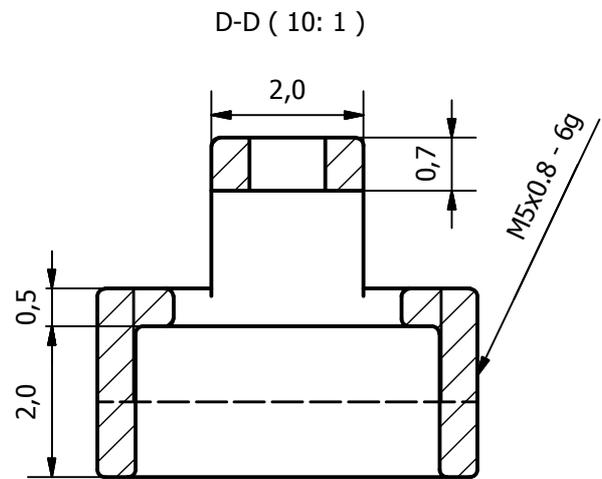
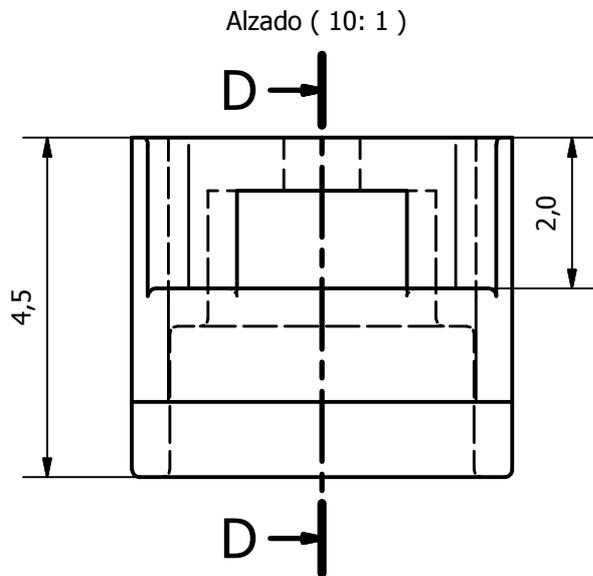
VISTA 3D (20: 1)

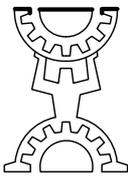


Planta (14: 1)

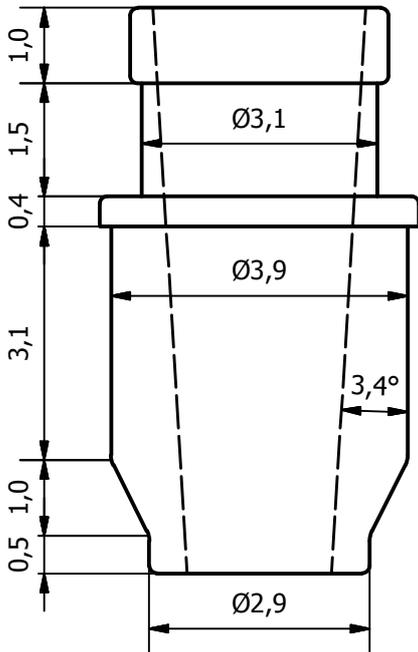


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	VÁLVULA	Fecha: Junio
		nº plano: 9
		escalas: X



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	VÁLVULA	Fecha: Junio
		nº plano: 9
		escalas: X

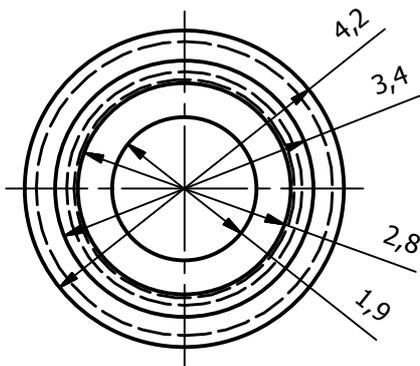
Alzado (10: 1)

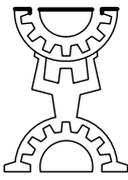


VISTA 3D (10: 1)



Planta (10: 1)

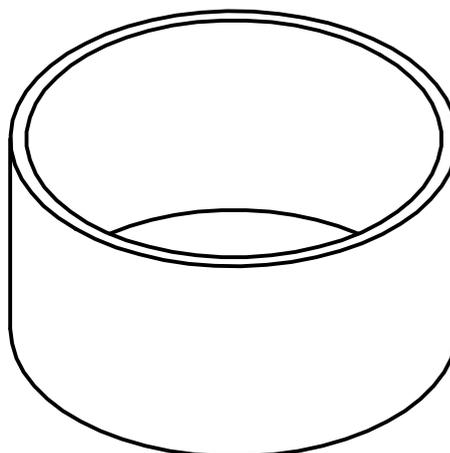


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	VÁLVULA	Fecha: Junio
		nº plano: 9
		escalas: X

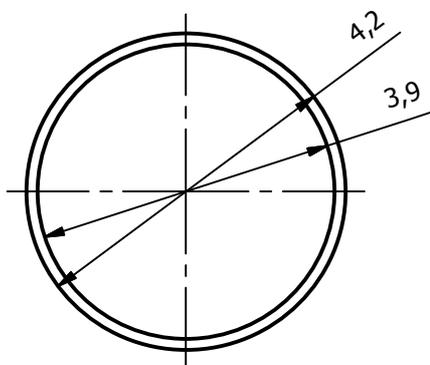
Alzado (10: 1)

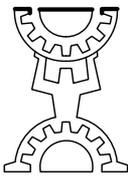


VISTA 3D (14: 1)

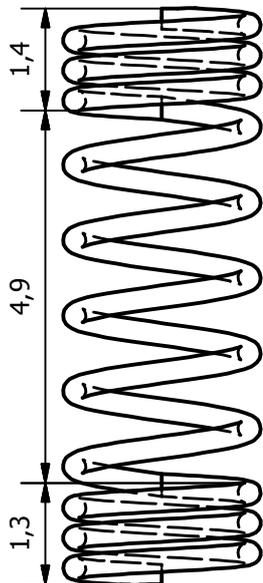


Planta (10: 1)

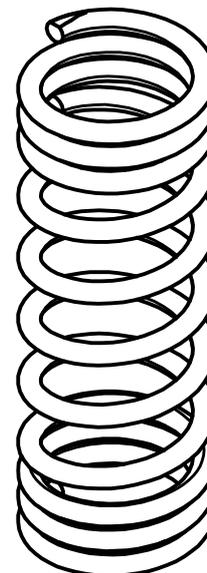


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	VÁLVULA	Fecha: Junio
		nº plano: 9
		escalas: X

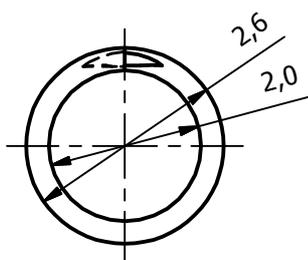
Alzado (10: 1)



VISTA 3D (10: 1)

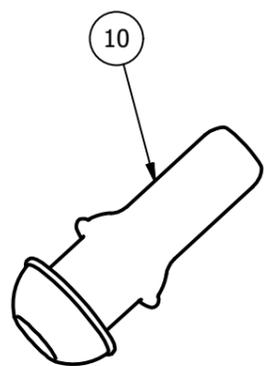
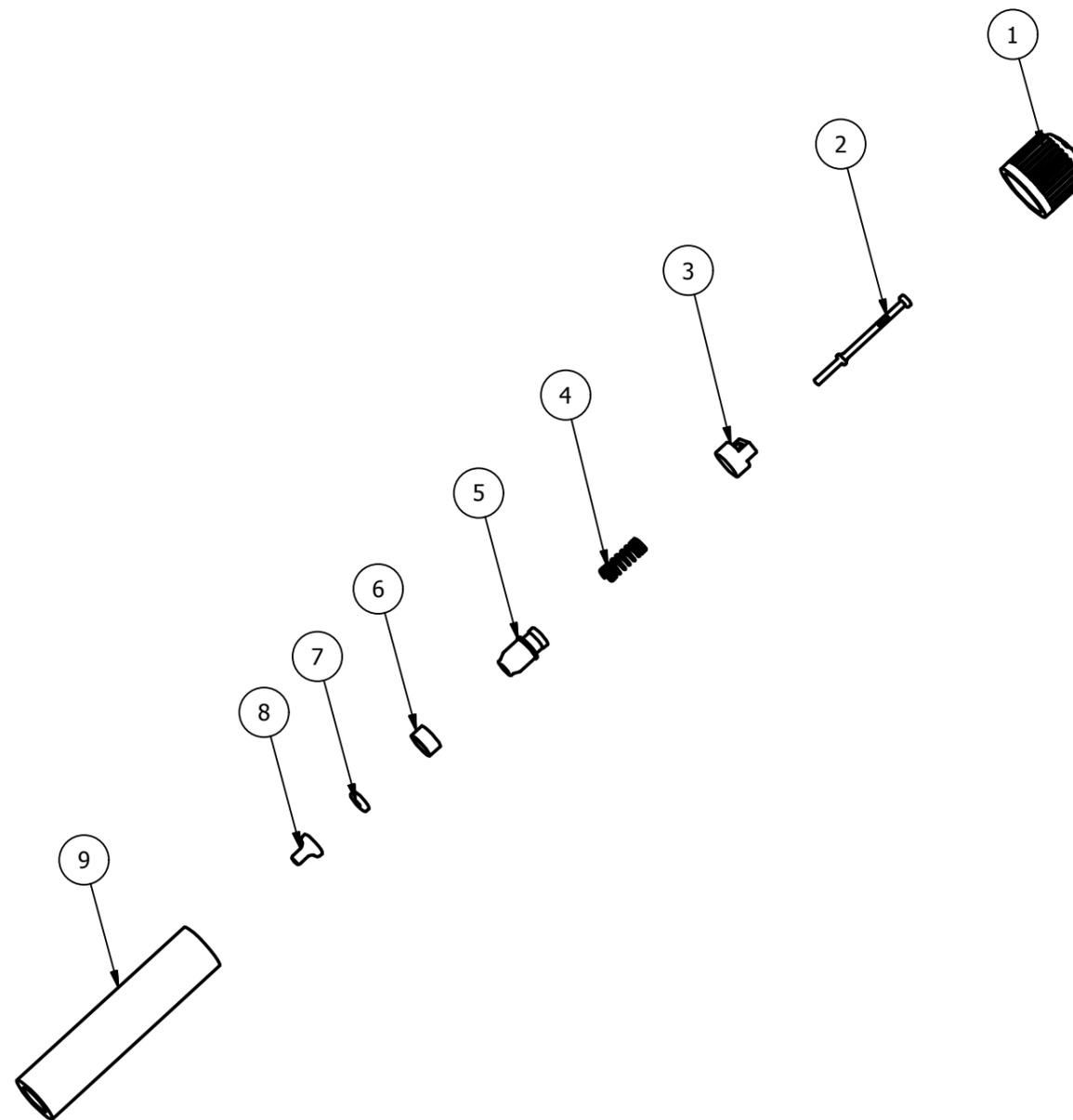


Planta (10: 1)



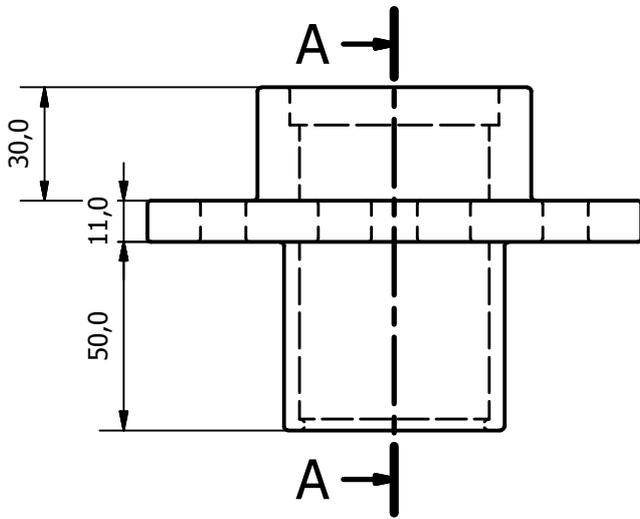
 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	VÁLVULA	Fecha: Junio
		nº plano: 9
		escalas: X

LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Pieza74.2.2 (Tapón)
2	1	Pieza74.2.3 (Varilla)
3	1	Pieza74.2.6 (Rosca superior)
4	1	Pieza74.2.9 (Muelle)
5	1	Pieza74.2.7 (Cuerpo)
6	1	Pieza74.2.8 (Goma)
7	1	Pieza74.2.5 (Goma cierre)
8	1	Pieza74.2.4 (Cierre varilla)
9	1	Pieza74.2 (Conjunto válvula, tubo)
10	1	Pieza74.2.1 (Goma)

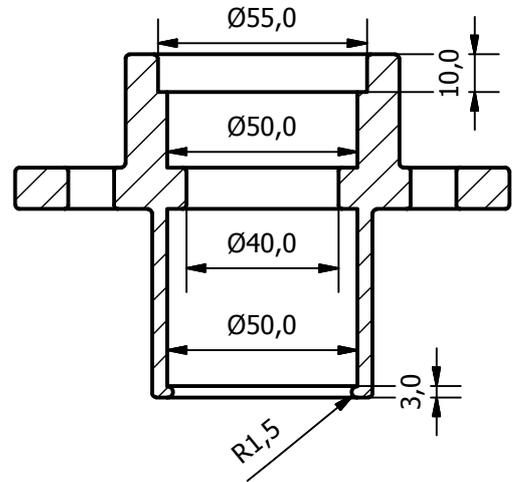


	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	VÁLVULA	Fecha: Junio
		nº plano: 9
		escalas: X

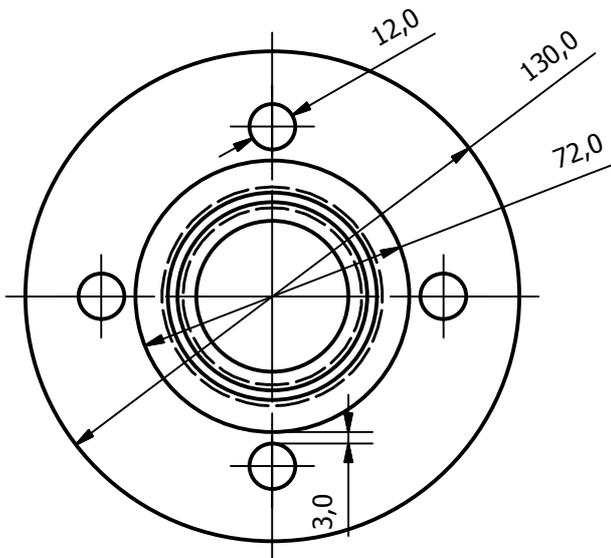
Alzado (1 : 2)



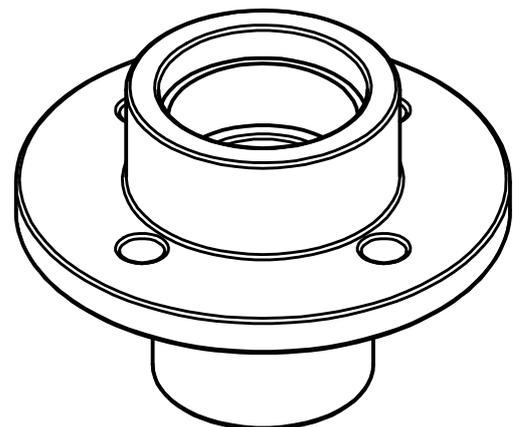
A-A (1 : 2)



Planta (1 : 2)



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

BUJE

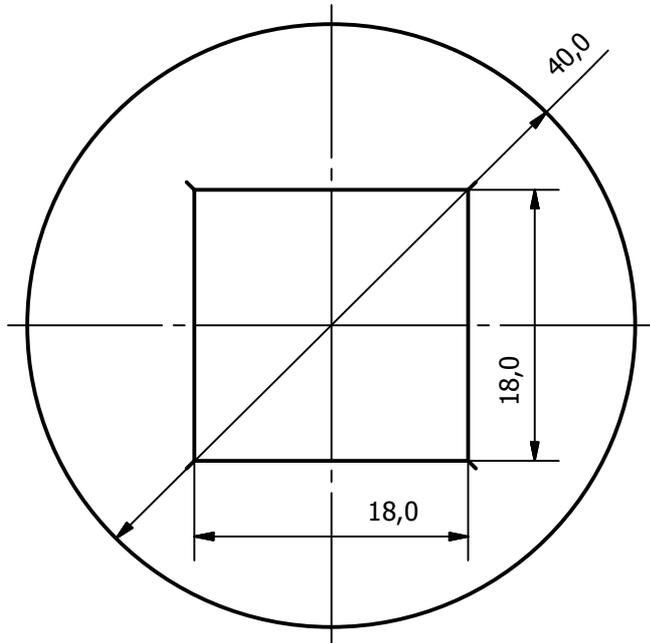
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

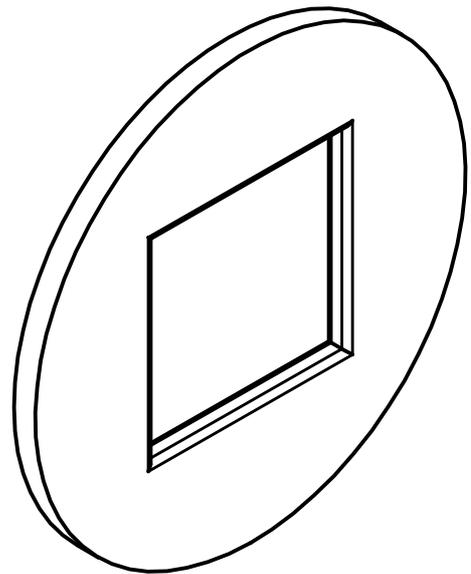
nº plano: 10

escalas: X

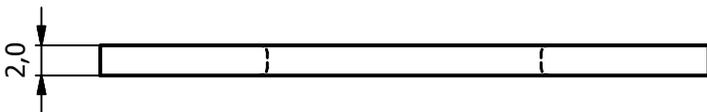
Alzado (2: 1)

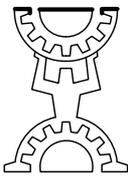


VISTA 3D (2: 1)

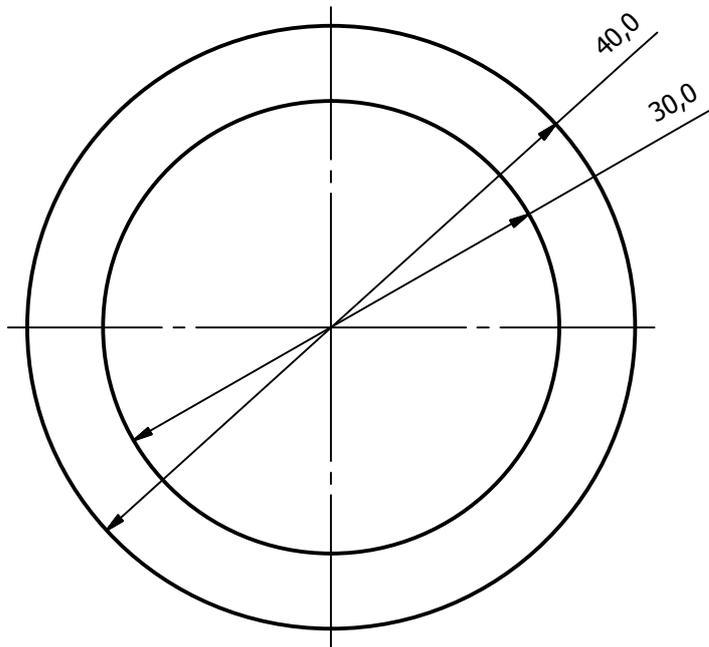


Planta (2: 1)

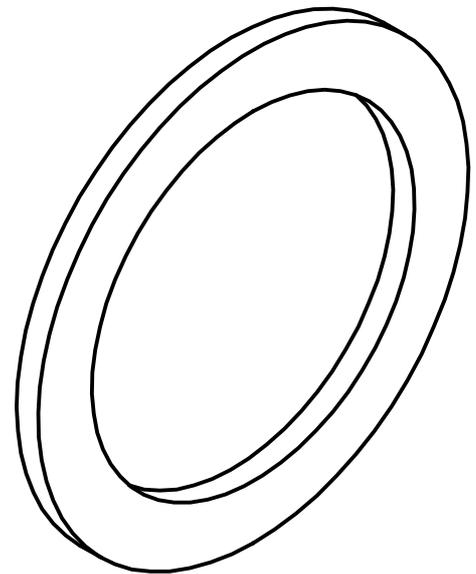


 ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel	
	BUJE	Fecha:	Junio
		nº plano:	10
		escalas:	X

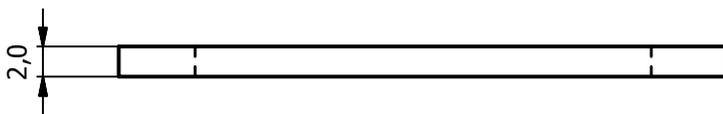
Alzado (2: 1)

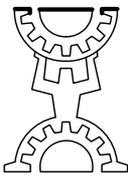


VISTA 3D (2: 1)

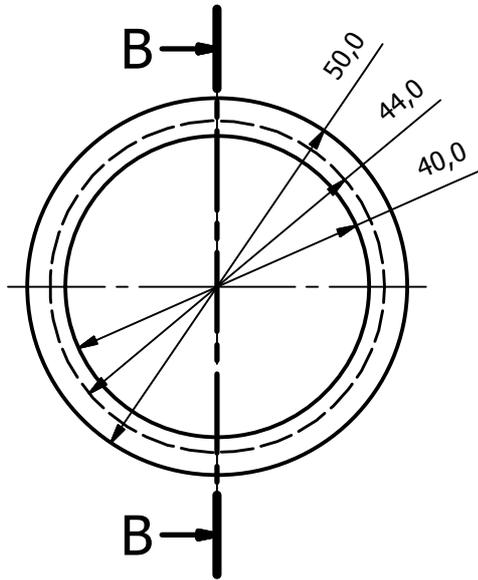


Planta (2: 1)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	BUJE	Fecha: Junio
		nº plano: 10
		escalas: X

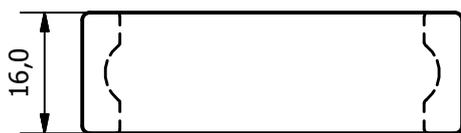
Alzado (1: 1)



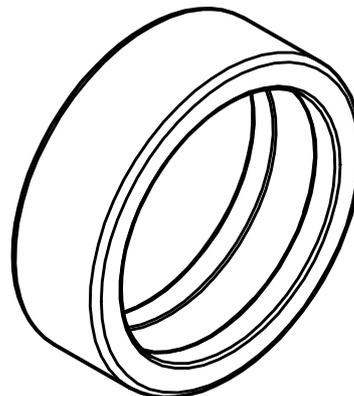
B-B (1: 1)

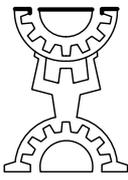


Planta (1: 1)

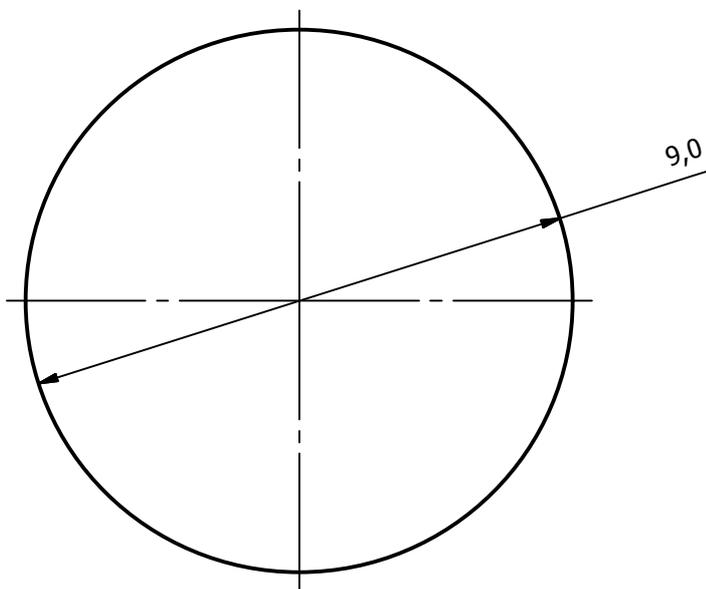


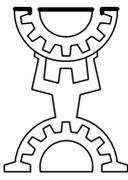
VISTA 3D (1:1)



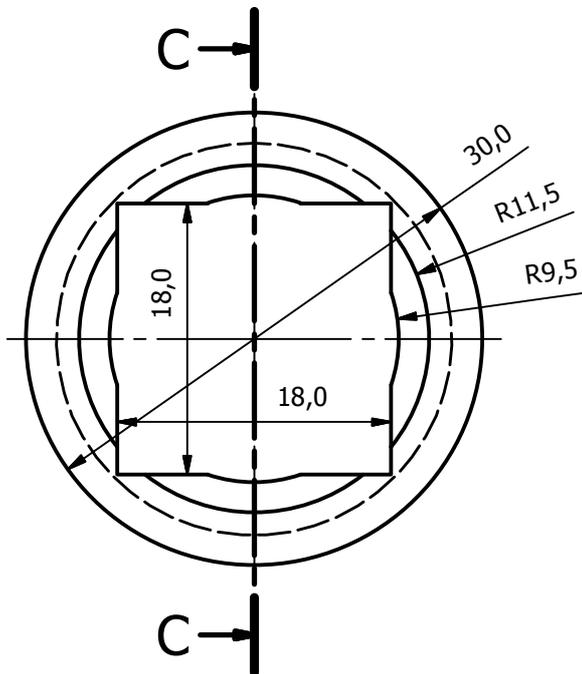
 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	BUJE	Fecha: Junio
		nº plano: 10
		escalas: X

VISTA 3D (8:1)

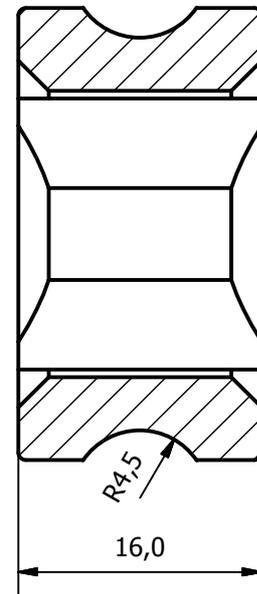


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	BUJE	Fecha: Junio
		nº plano: 10
		escalas: X

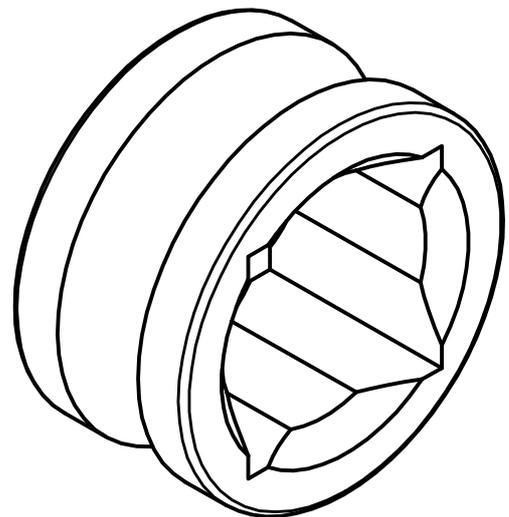
Alzado (2 : 1)



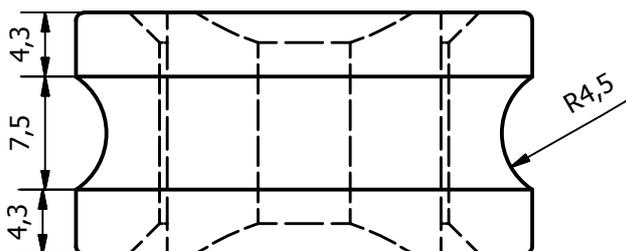
C-C (2 : 1)



VISTA 3D (2 : 1)



Planta (2 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

BUJE

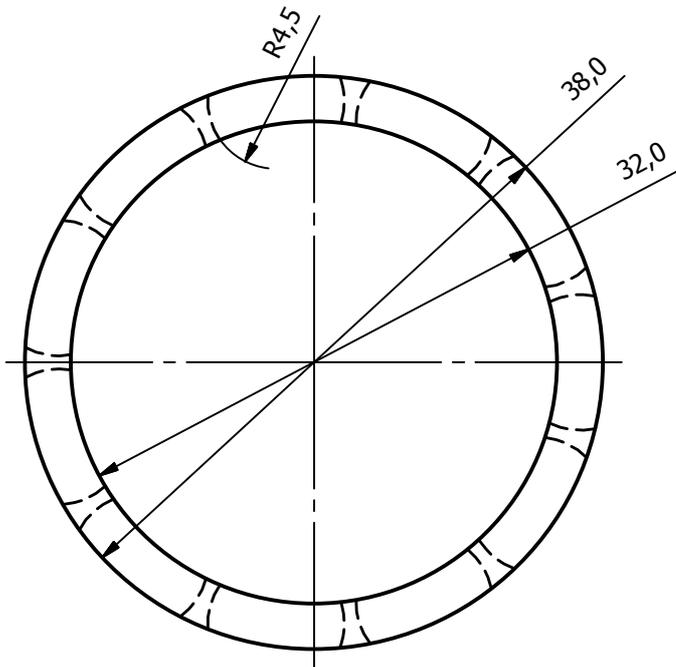
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

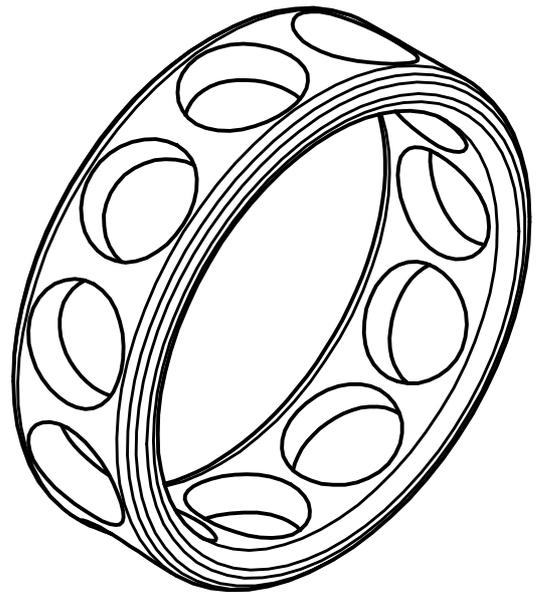
nº plano: 10

escalas: X

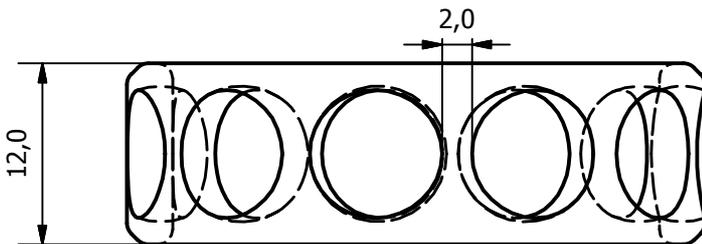
Alzado (2 : 1)

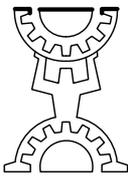


VISTA 3D (2 : 1)

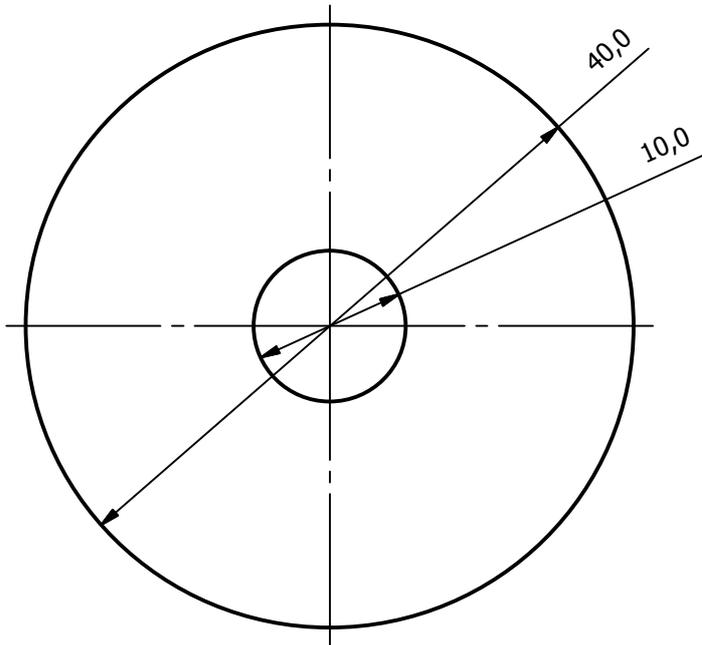


Planta (2 : 1)

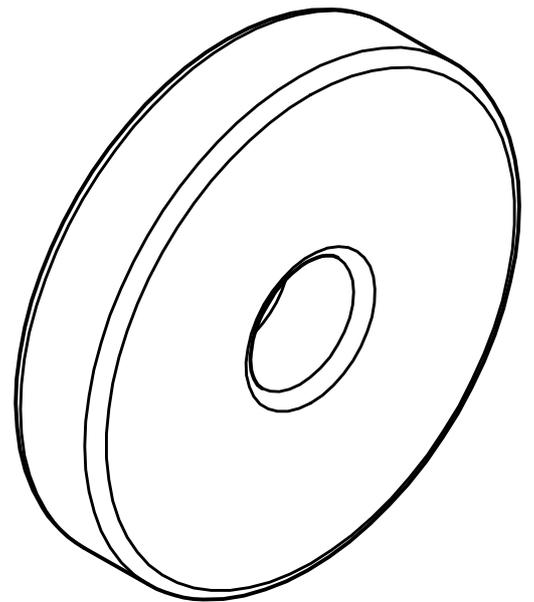


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	BUJE	Fecha: Junio
		nº plano: 10
		escalas: X

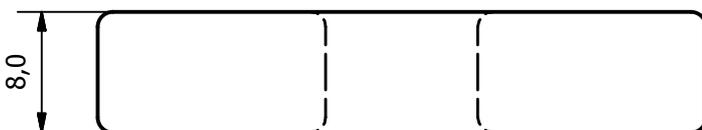
Alzado (2 : 1)

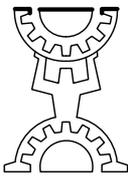


VISTA 3D (2 : 1)

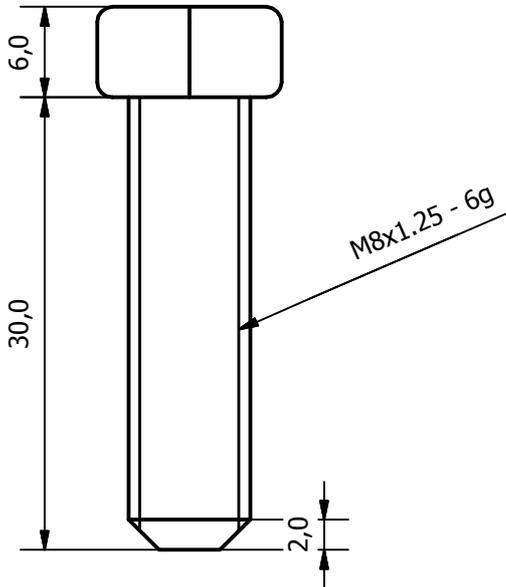


Planta (2 : 1)

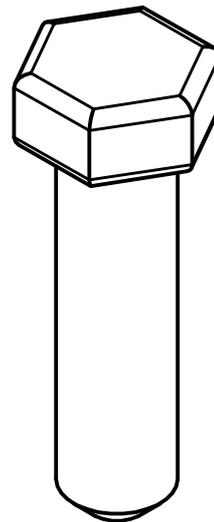


 ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel	
	BUJE	Fecha:	Junio
		nº plano:	10
		escalas:	X

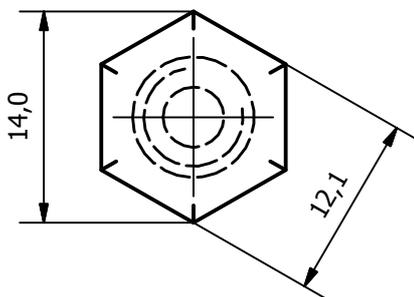
Alzado (2 : 1)

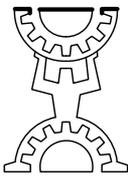


VISTA 3D (2 : 1)

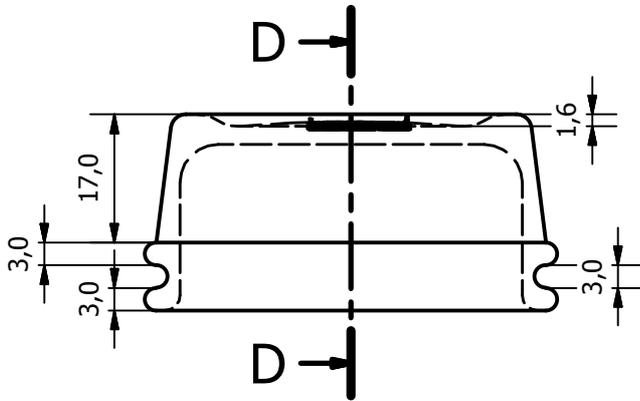


Planta (2 : 1)

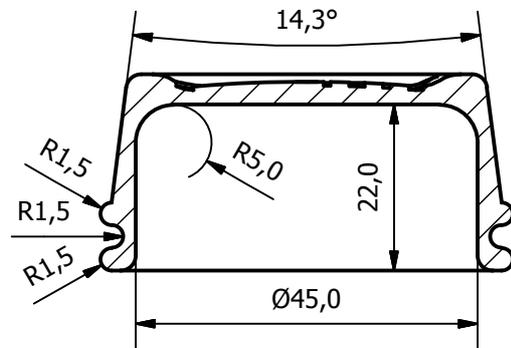


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	BUJE	Fecha: Junio
		nº plano: 10
		escalas: X

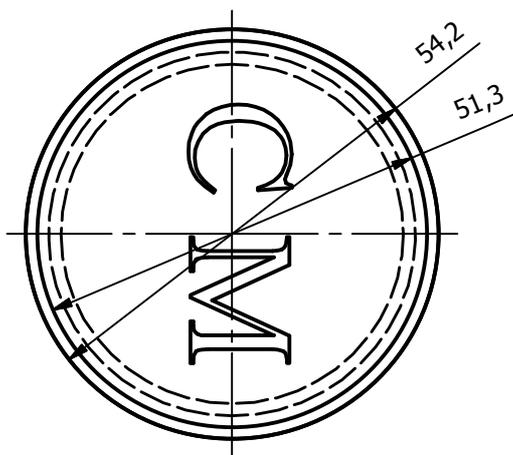
Alzado (1: 1)



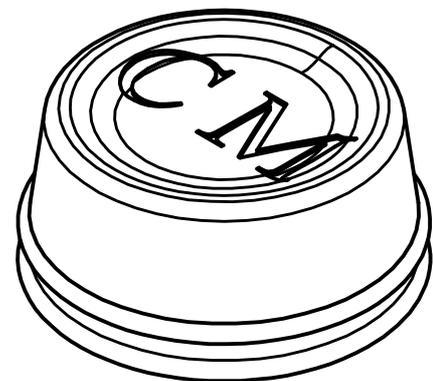
D-D (1: 1)



Planta (1: 1)



VISTA 3D (1: 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

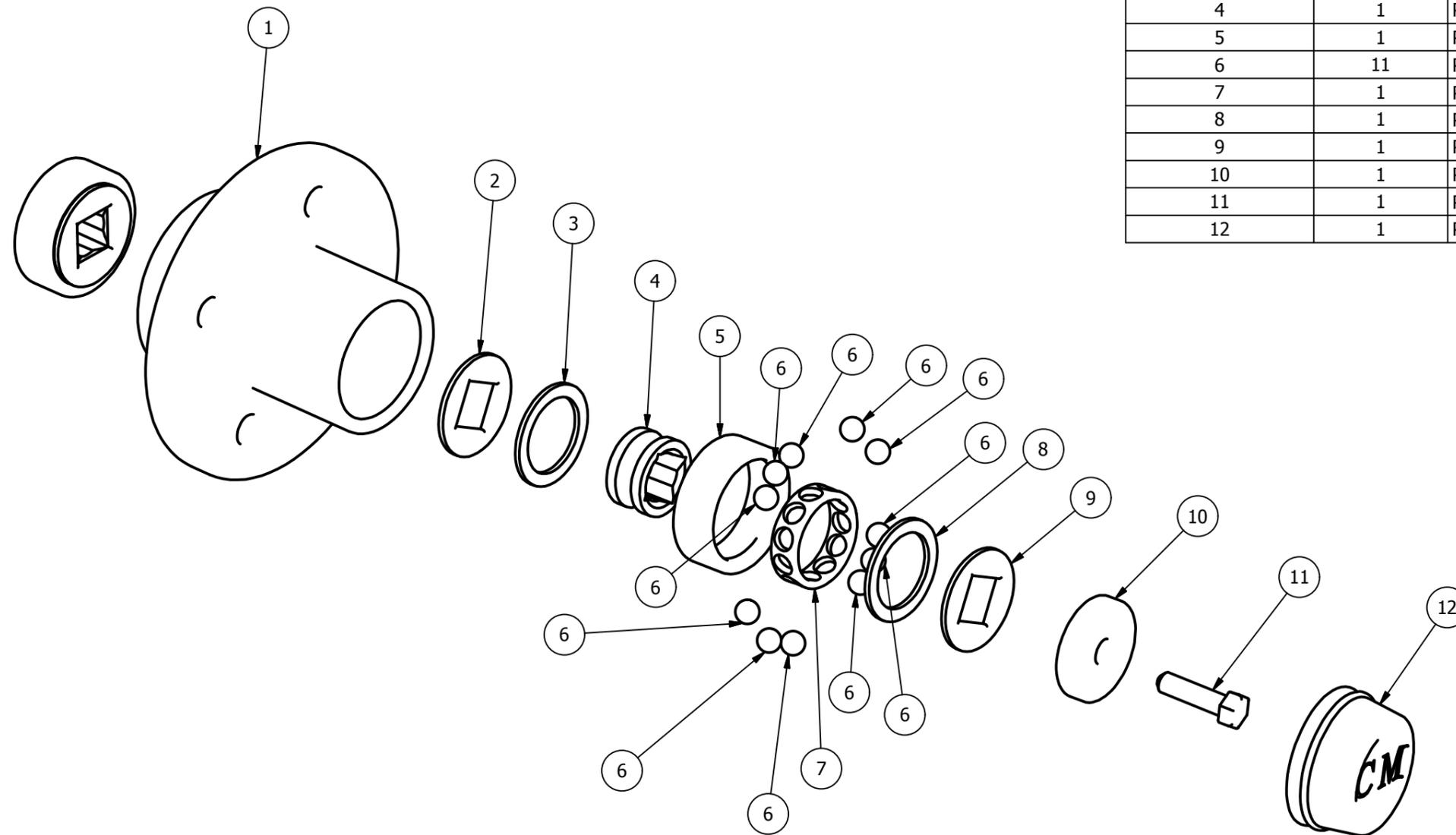
BUJE

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

nº plano: 10

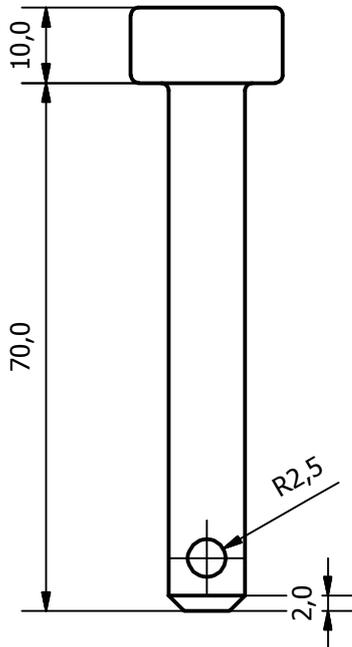
escalas: X



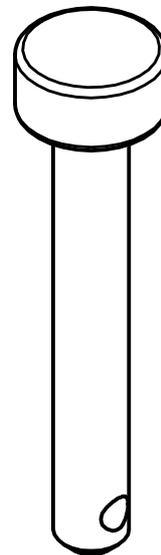
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Pieza74.5 (Buje)
2	1	Pieza74.6 (Junta)
3	1	Pieza74.7 (Junta)
4	1	Pieza74.13 (Corona interior)
5	1	Pieza74.8 (Corona exterior)
6	11	Pieza74.9 (Bola)
7	1	Pieza74.10 (Jaula)
8	1	Pieza74.11 (Junta)
9	1	Pieza74.12 (Junta)
10	1	Pieza74.22 (Cierre)
11	1	Pieza74.23 (Tornillo)
12	1	Pieza74.24 (Tapa)

	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	BUJE	Fecha: Junio
		nº plano: 10
		escalas: X

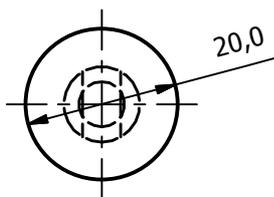
Alzado (1 : 1)



VISTA 3D (1 : 1)

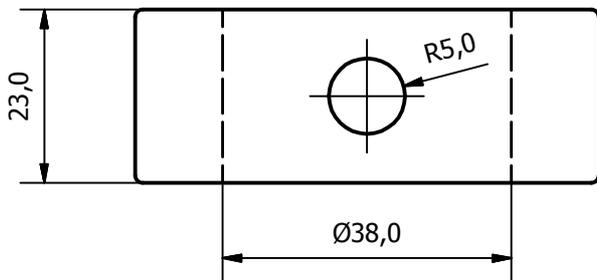


Planta (1 : 1)

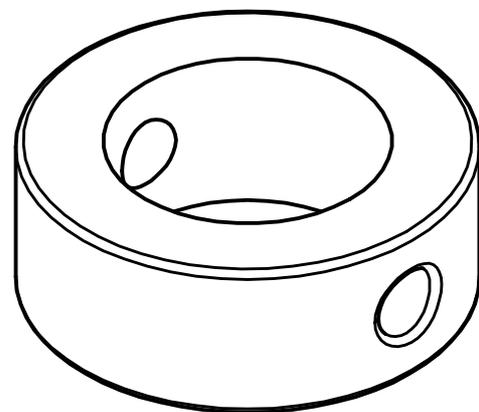


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

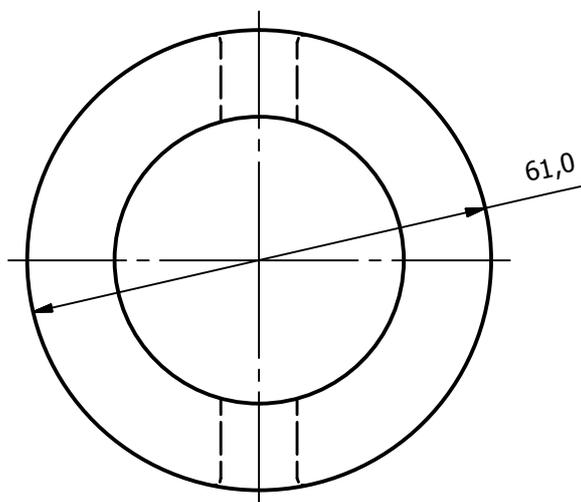
Alzado (1 : 1)

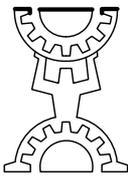


VISTA 3D (1 : 1)

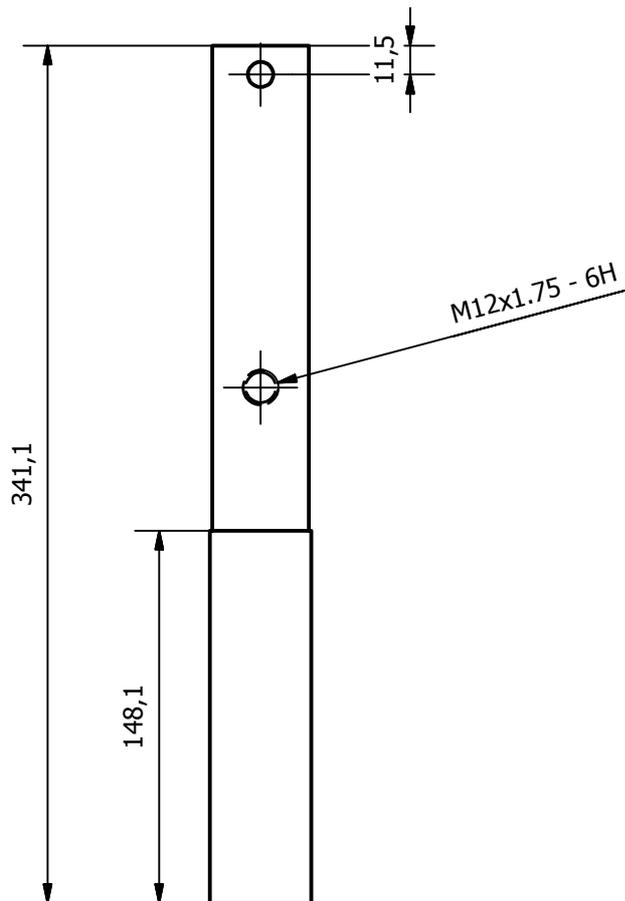


Planta (1 : 1)



 ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel	
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha:	Junio
		nº plano:	11
		escalas:	X

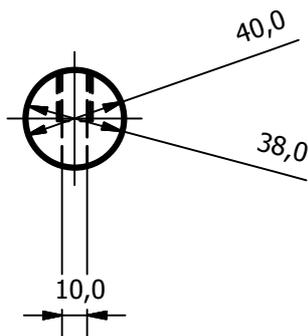
Alzado (1 : 3)



VISTA 3D (1 : 4)

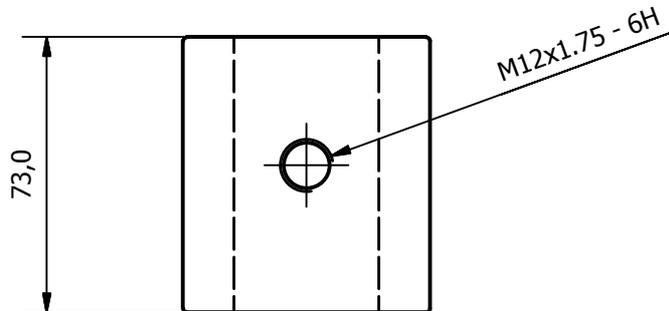


Planta (1 : 3)

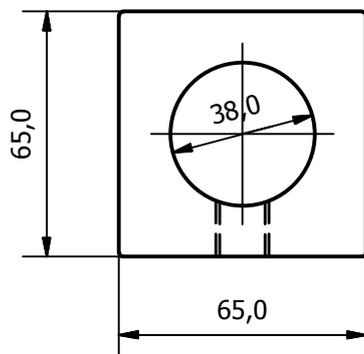


<p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

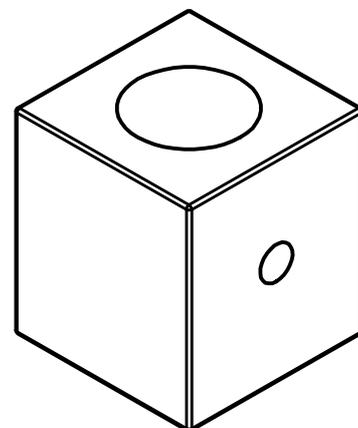
Alzado (1 : 2)



Planta (1 : 2)



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE DELANTERO

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

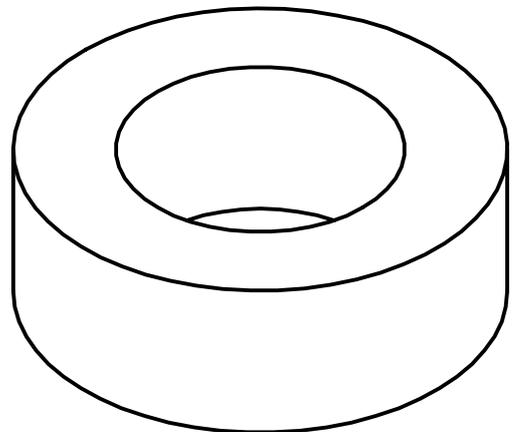
nº plano: 11

escalas: X

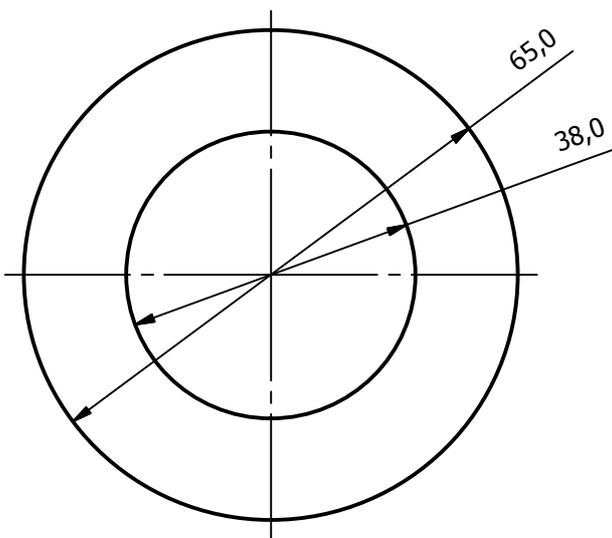
Alzado (1 : 1)

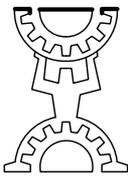


VISTA 3D (1 : 1)

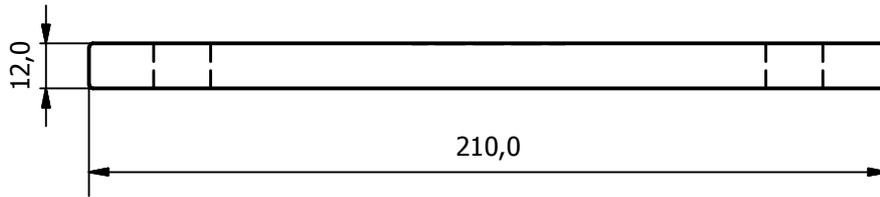


Planta (1 : 1)

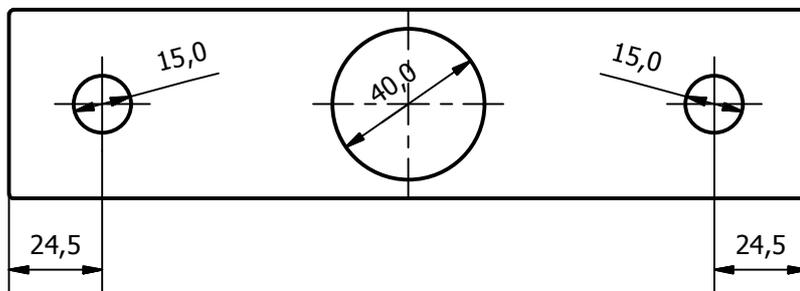


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

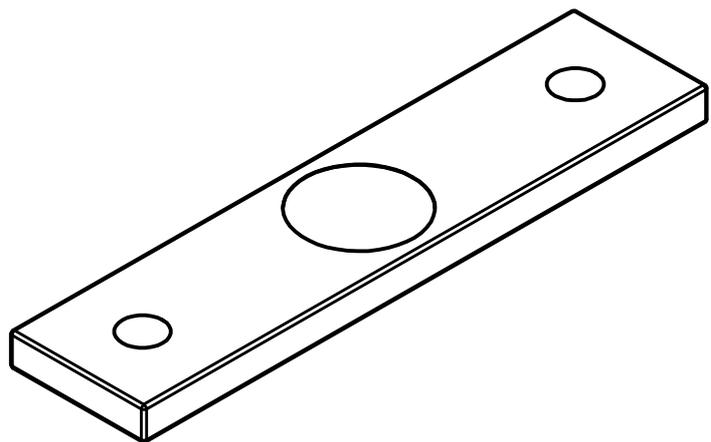
Alzado (1 : 2)



Planta (1 : 2)



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE DELANTERO

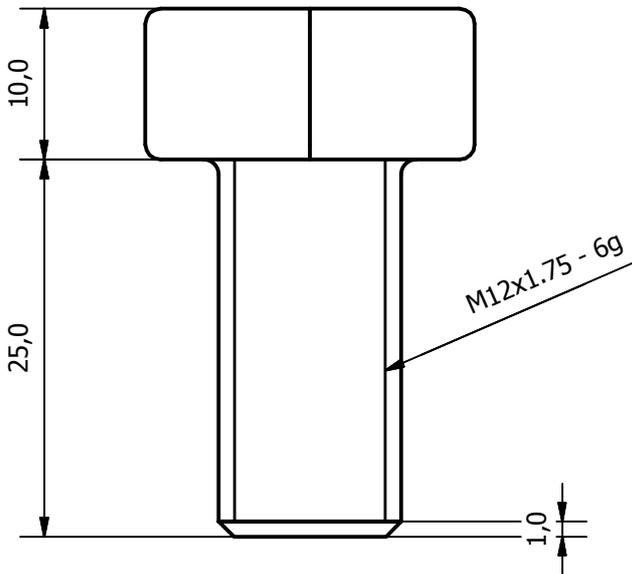
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

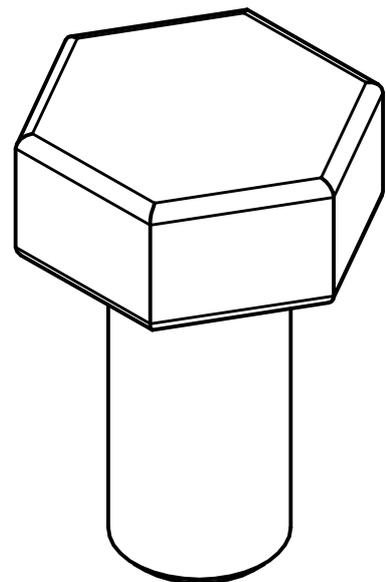
nº plano: 11

escalas: X

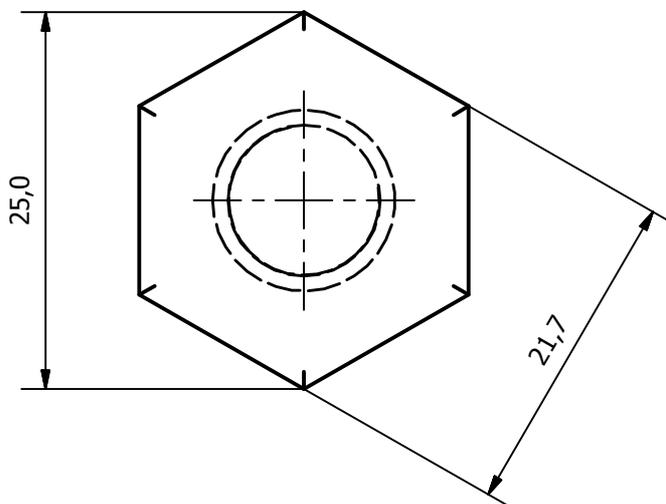
Alzado (2: 1)

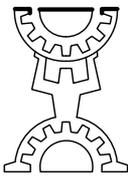


VISTA 3D (2: 1)

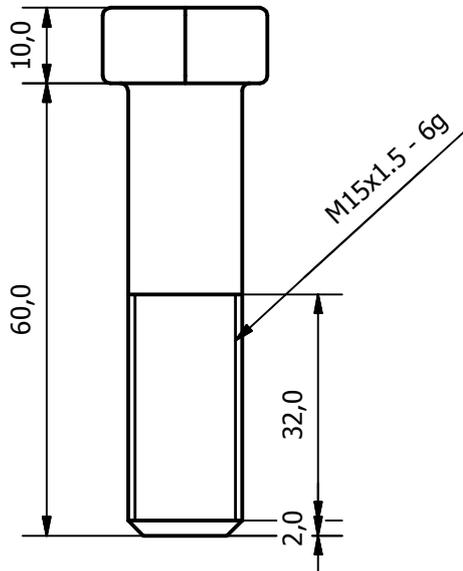


Planta (2: 1)

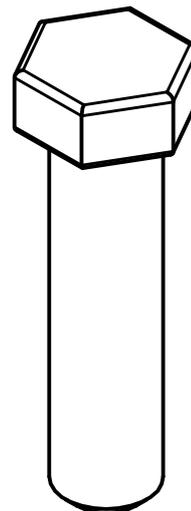


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

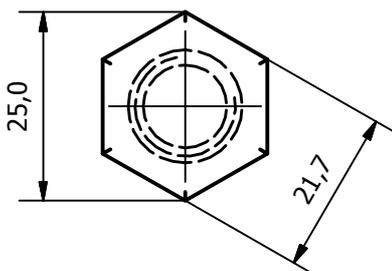
Alzado (1 : 1)

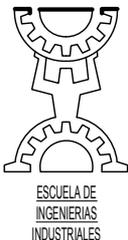


VISTA 3D (1 : 1)

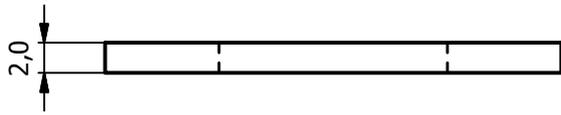


Planta (1 : 1)

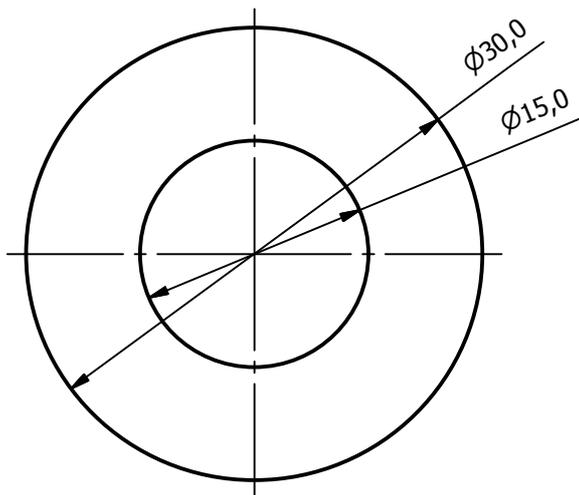


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

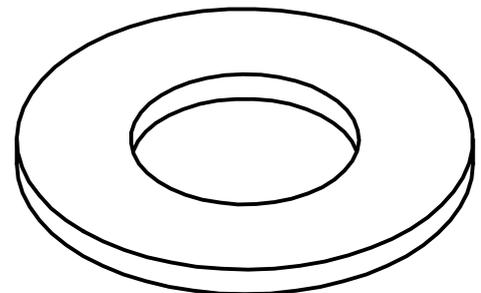
Alzado (2 : 1)



Planta (2 : 1)

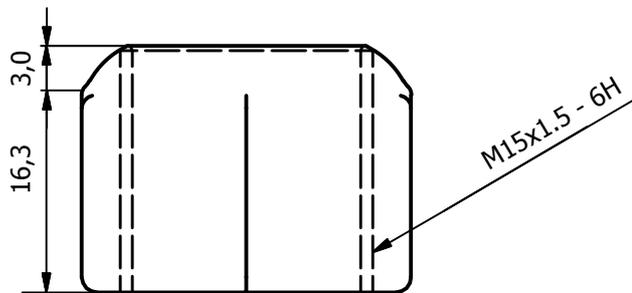


VISTA 3D (2 : 1)

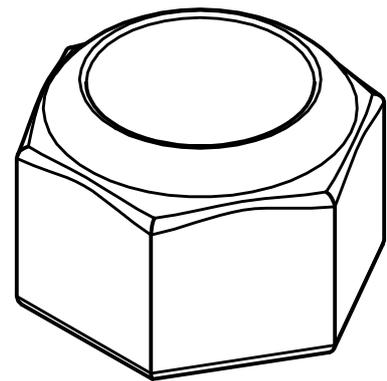


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

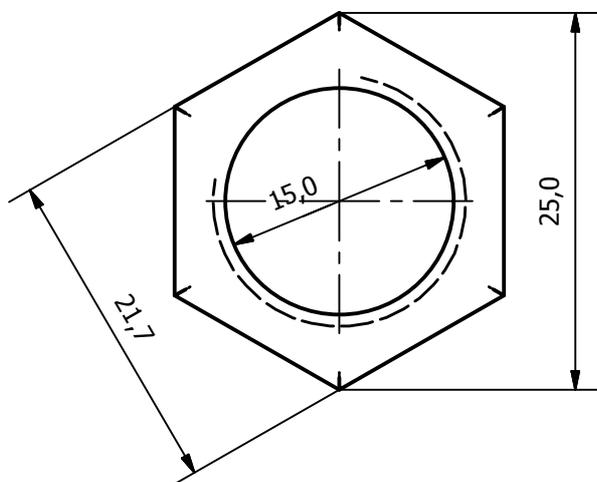
Alzado (2 : 1)

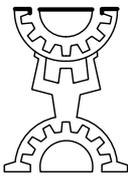


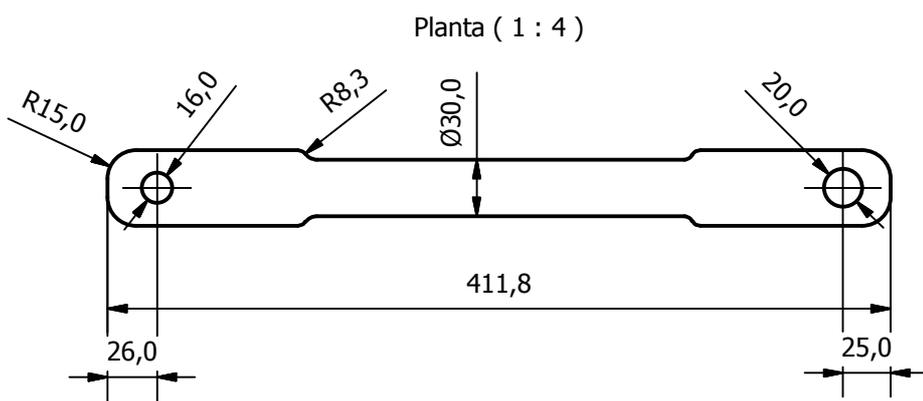
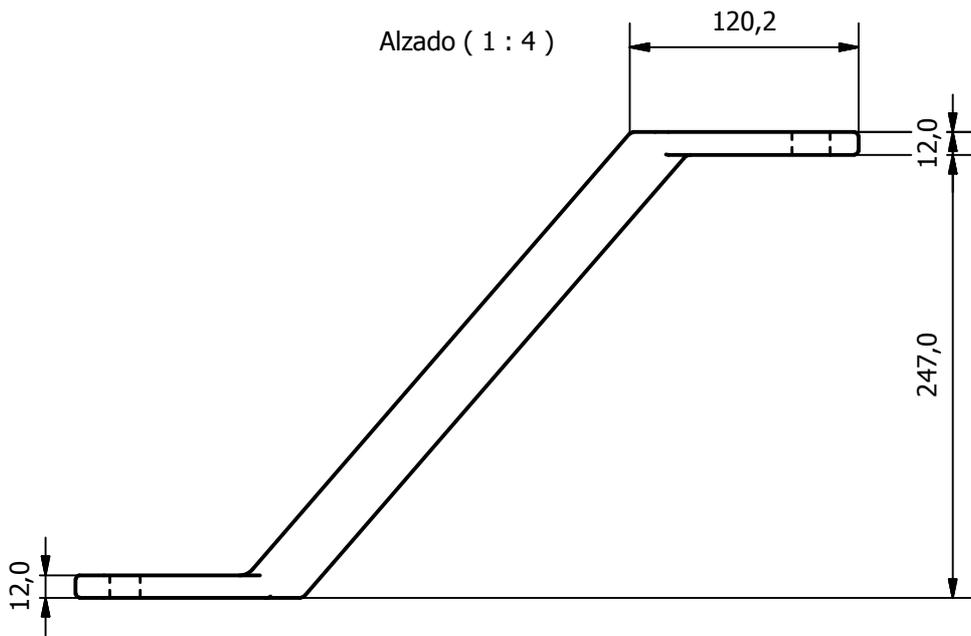
VISTA 3D (2 : 1)



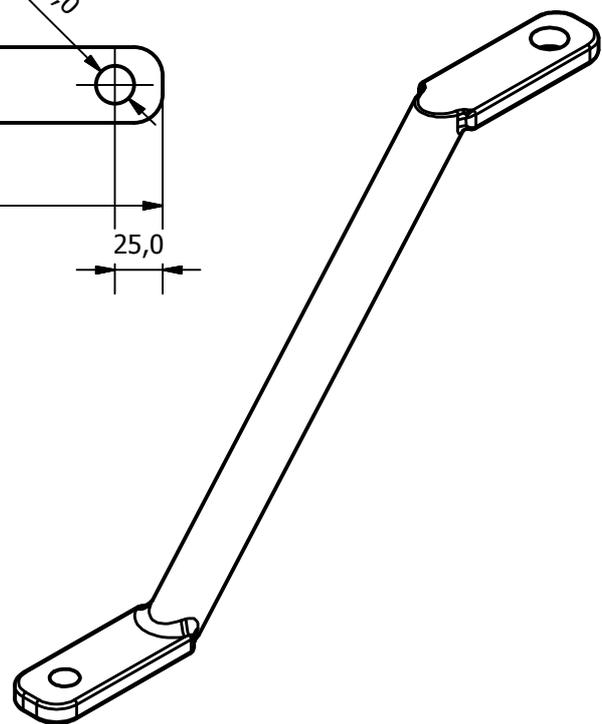
Planta (2 : 1)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X



VISTA 3D (1 : 4)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE DELANTERO

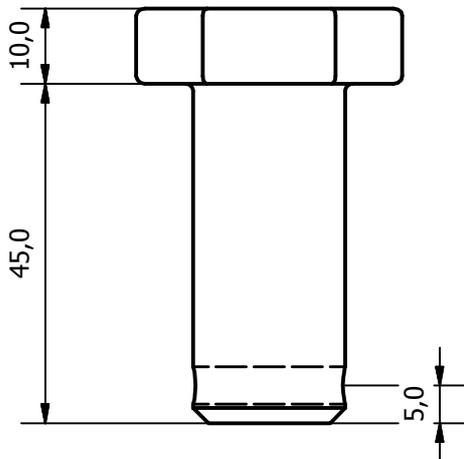
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

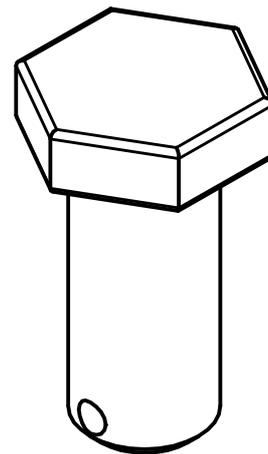
nº plano: 11

escalas: X

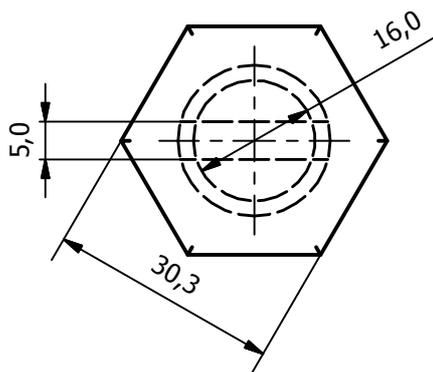
Alzado (1: 1)

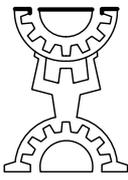


VISTA 3D (1: 1)



Planta (1: 1)

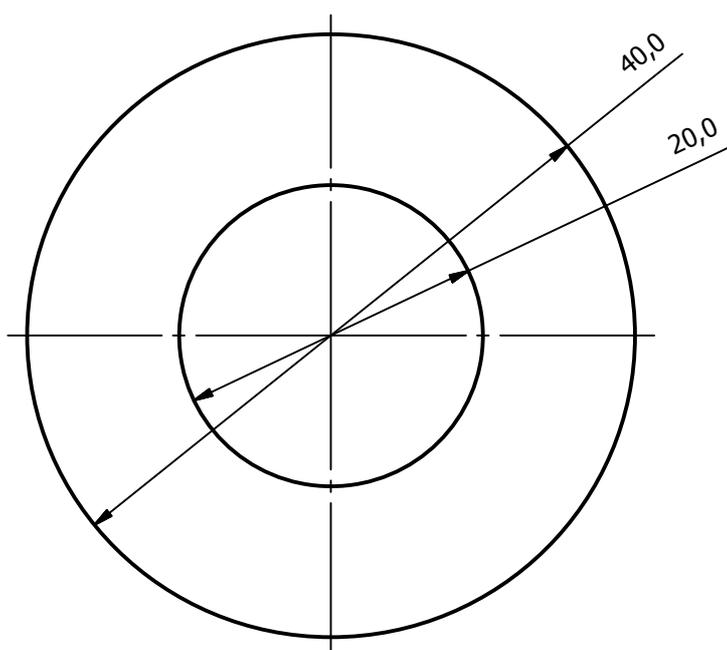


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

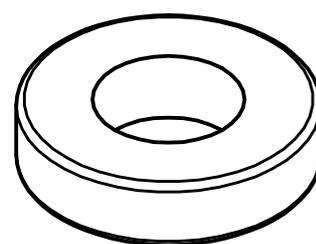
Alzado (2: 1)



Planta (2: 1)



VISTA 3D (1: 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE DELANTERO

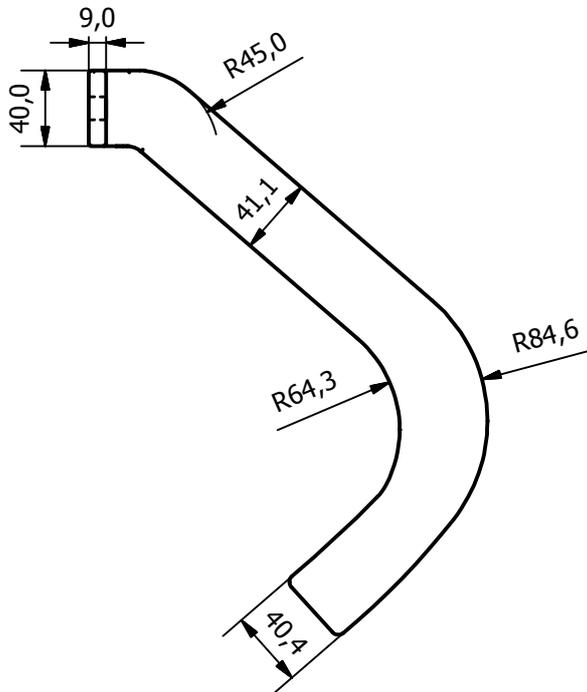
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

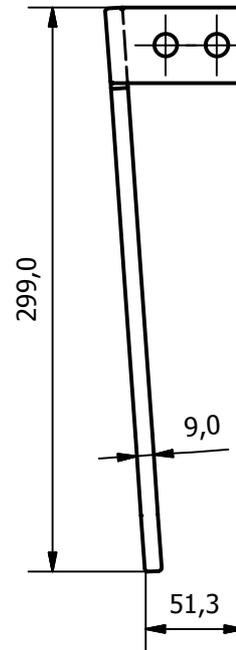
nº plano: 11

escalas: X

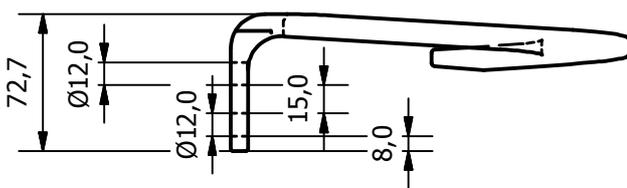
Alzado (1 : 4)



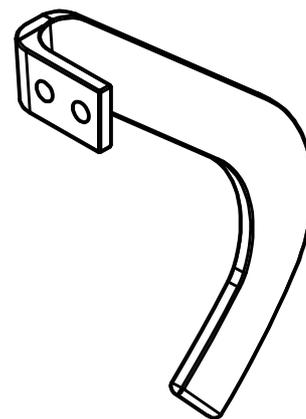
Perfil (1 : 4)



Planta (1 : 4)



VISTA 3D (1 : 4)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

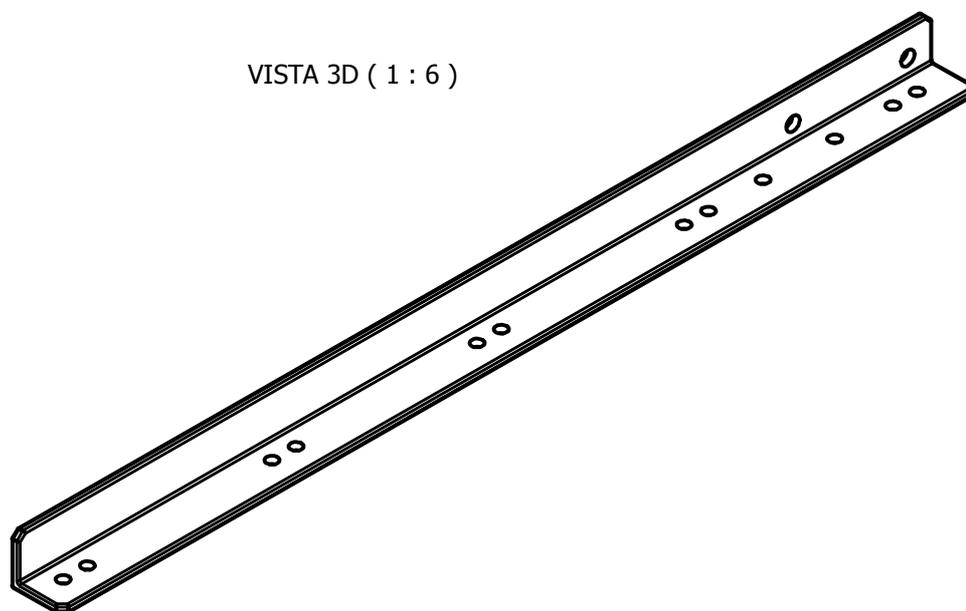
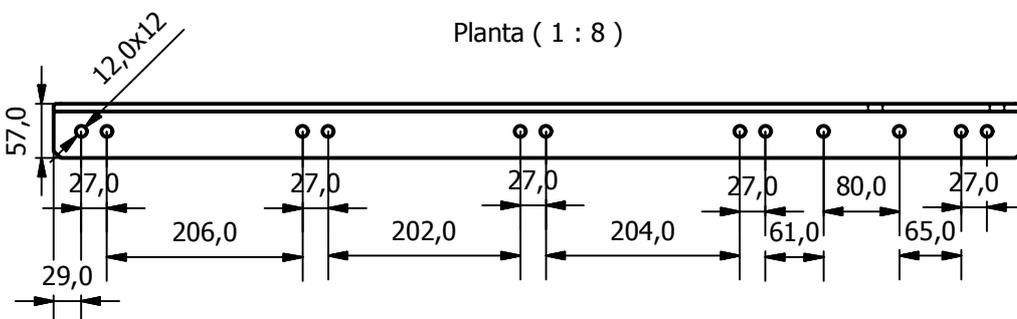
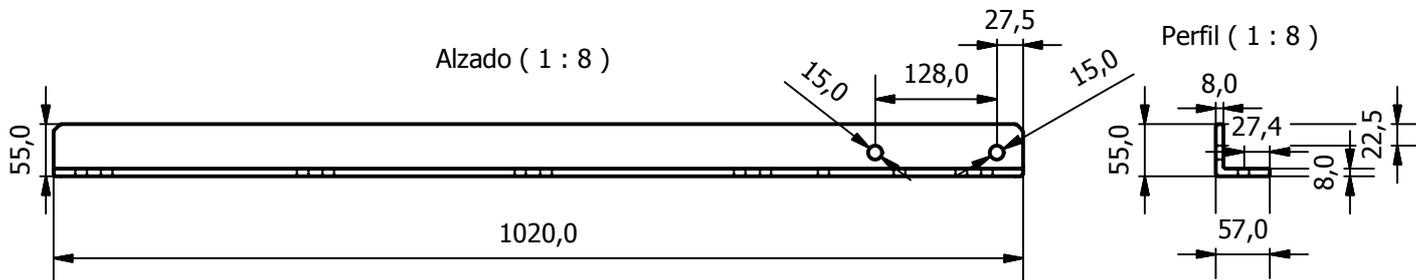
ESTRUCTURA EJE DELANTERO

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

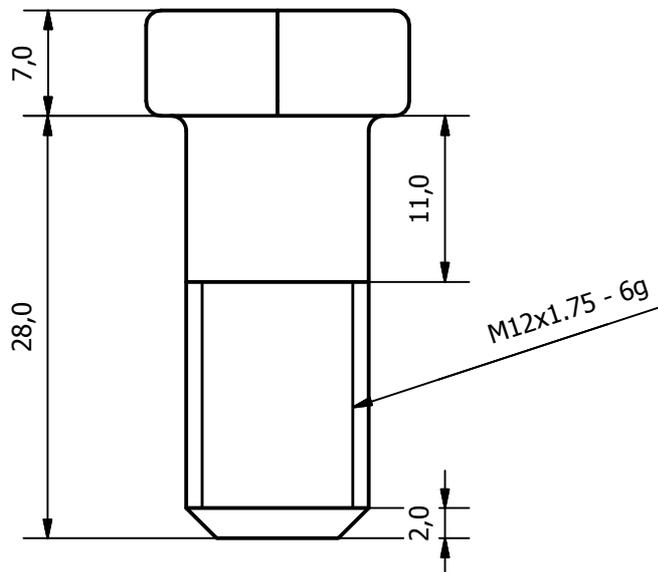
nº plano: 11

escalas: X

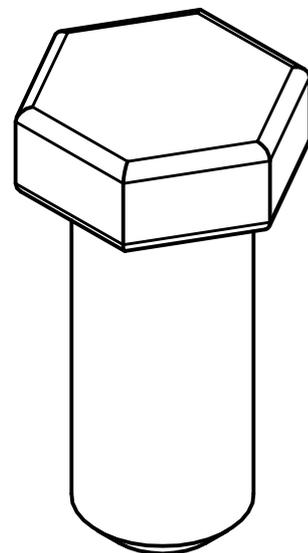


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

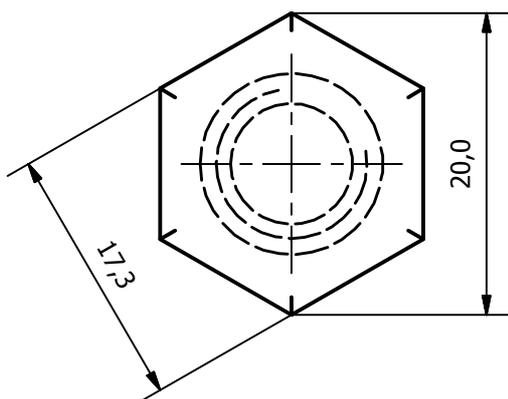
Alzado (2: 1)

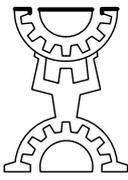


VISTA 3D (2: 1)

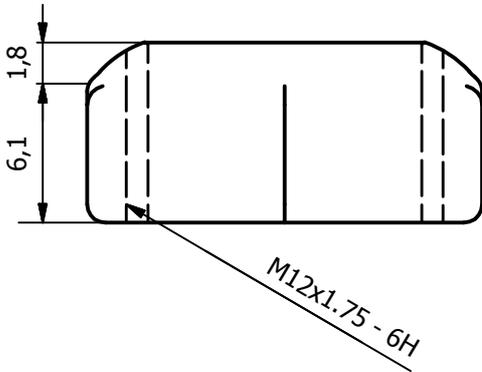


Planta (2: 1)

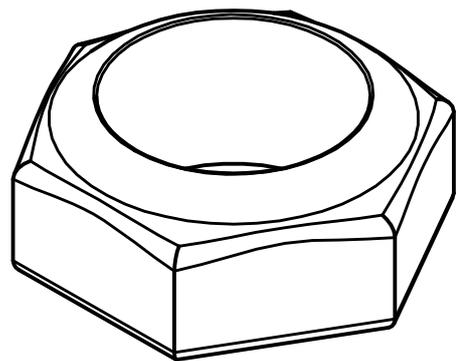


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

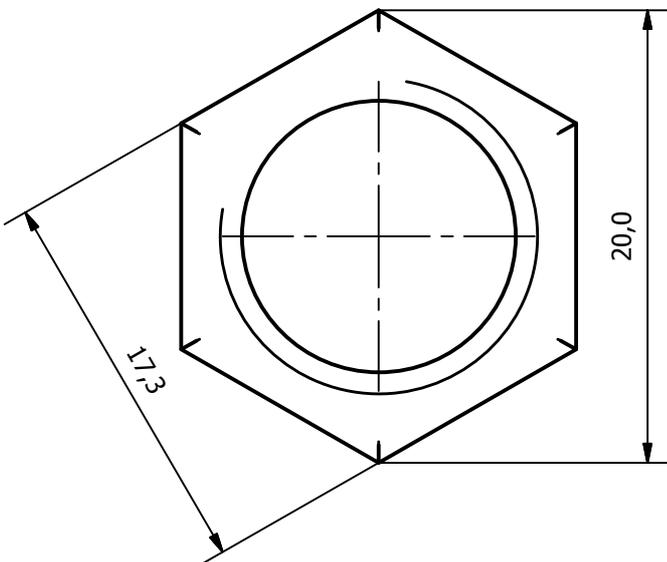
Alzado (3: 1)

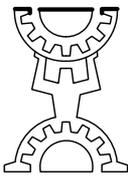


VISTA 3D (3: 1)

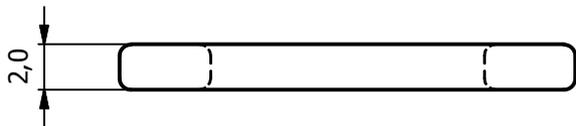


Planta (3: 1)

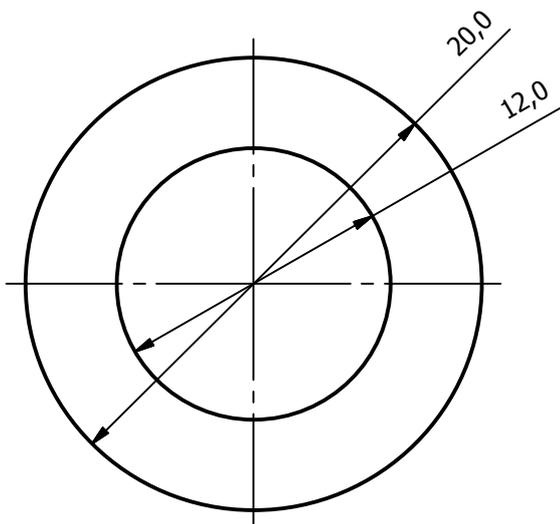


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

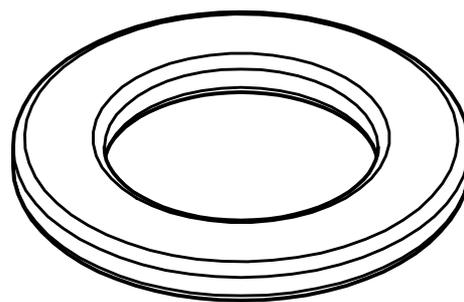
Alzado (3: 1)



Planta (3: 1)



VISTA 3D (3: 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE DELANTERO

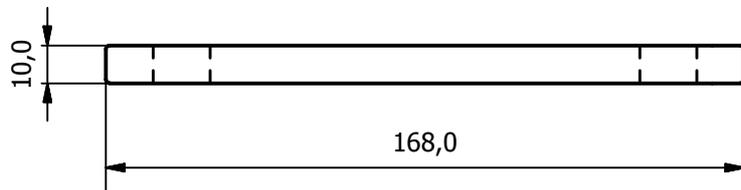
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

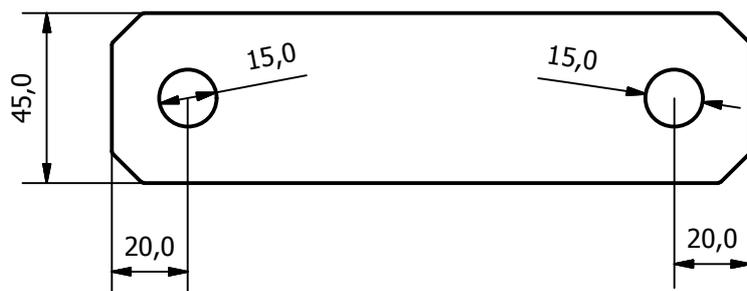
nº plano: 11

escalas: X

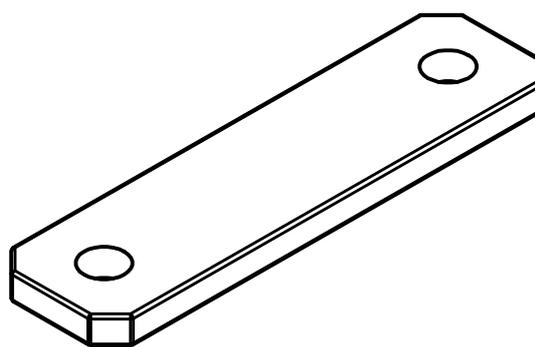
Alzado (1 : 2)



Planta (1 : 2)



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE DELANTERO

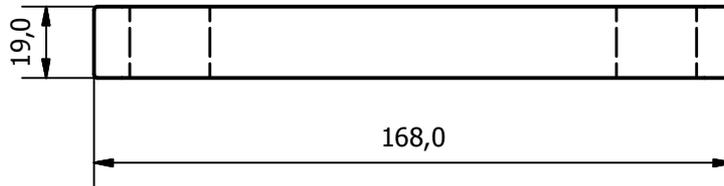
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

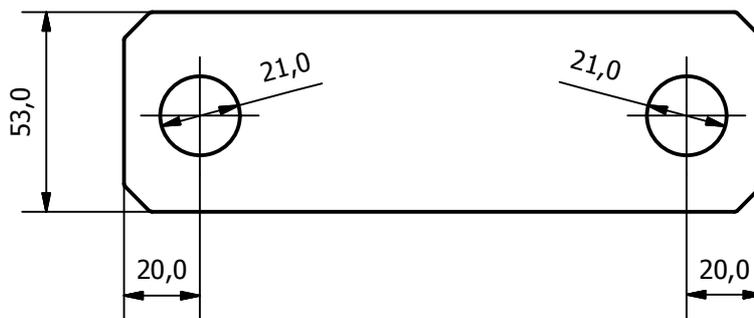
nº plano: 11

escalas: X

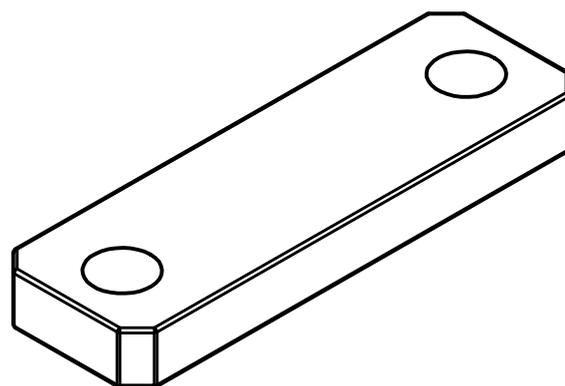
Alzado (1 : 2)



Planta (1 : 2)

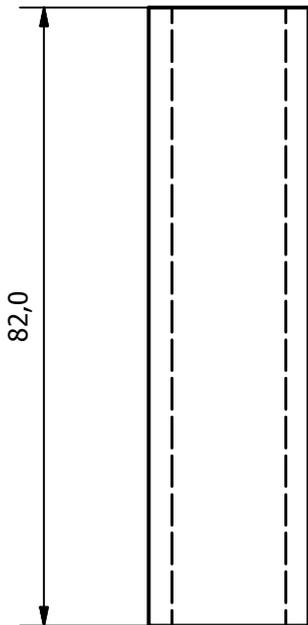


VISTA 3D (1 : 2)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

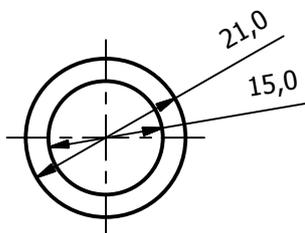
Alzado (1 : 1)

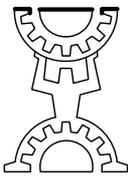


VISTA 3D (1 : 1)

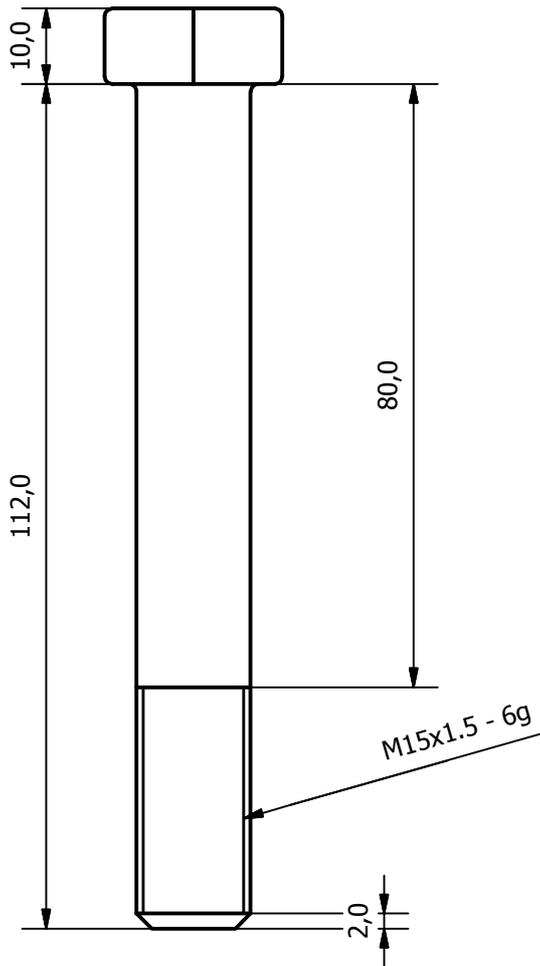


Planta (1 : 1)

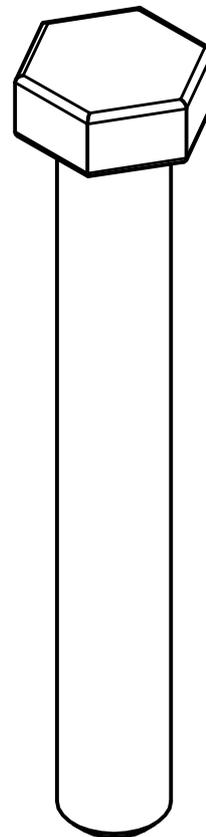


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

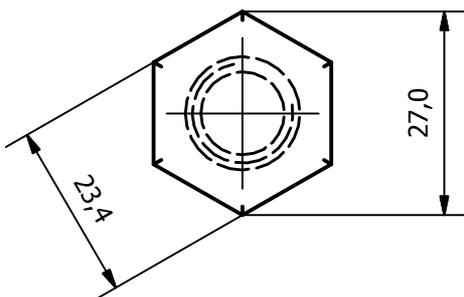
Alzado (1 : 1)

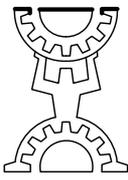


VISTA 3D (1 : 1)

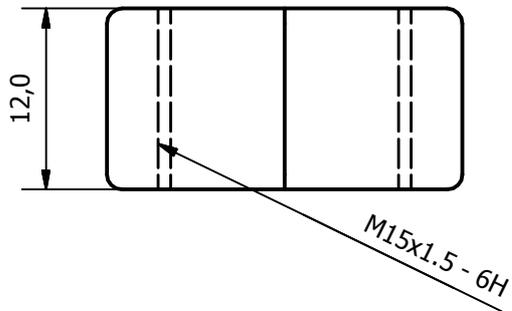


Planta (1 : 1)

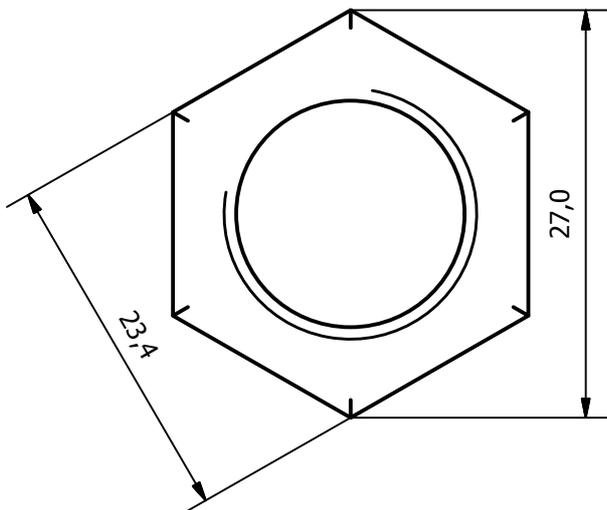


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

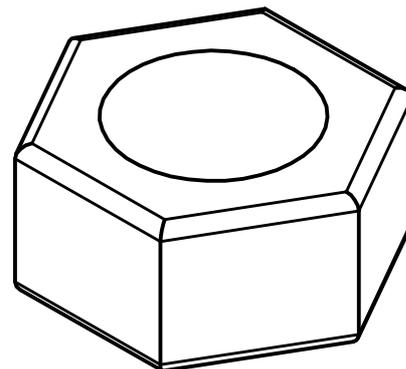
Alzado (2: 1)



Planta (2: 1)



VISTA 3D (2: 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE DELANTERO

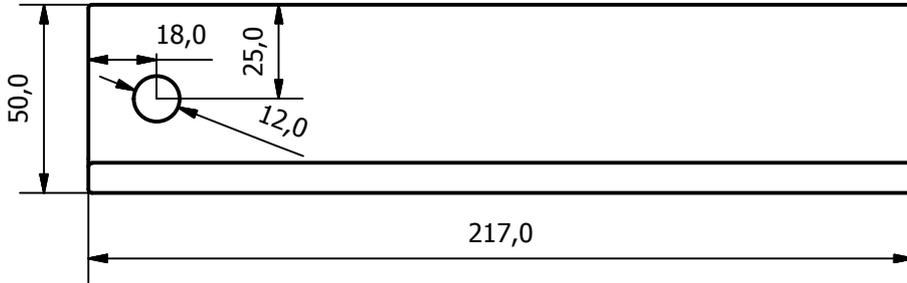
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

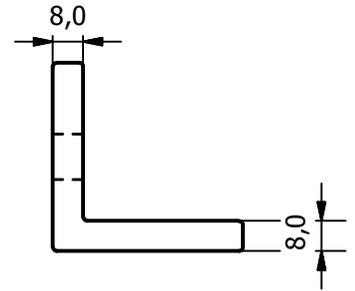
nº plano: 11

escalas: X

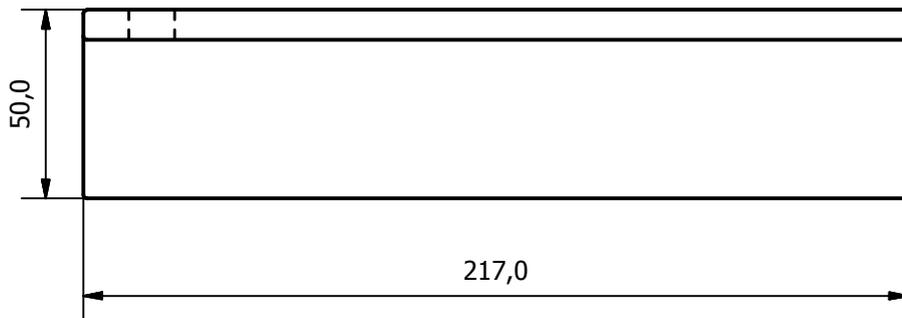
Alzado (1 : 2)



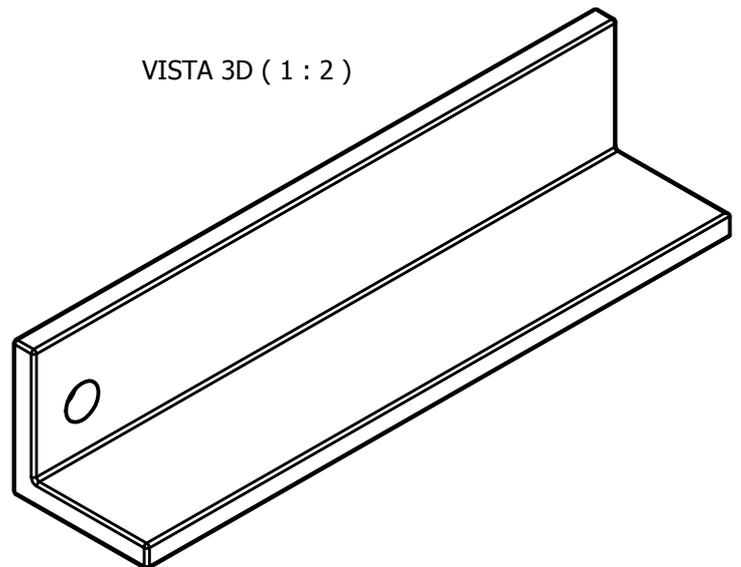
Perfil (1 : 2)



Planta (1 : 2)

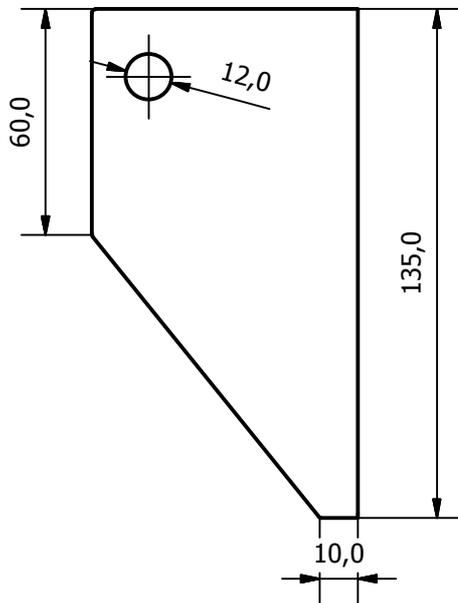


VISTA 3D (1 : 2)

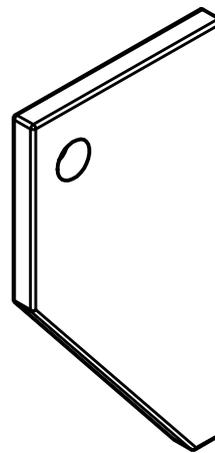


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

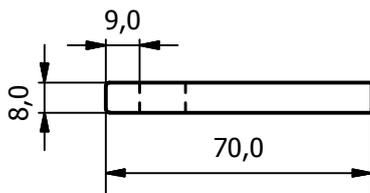
Alzado (1 : 2)



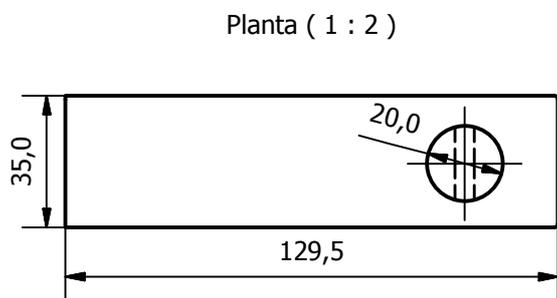
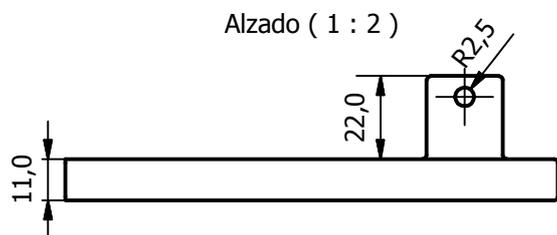
VISTA 3D (1 : 2)



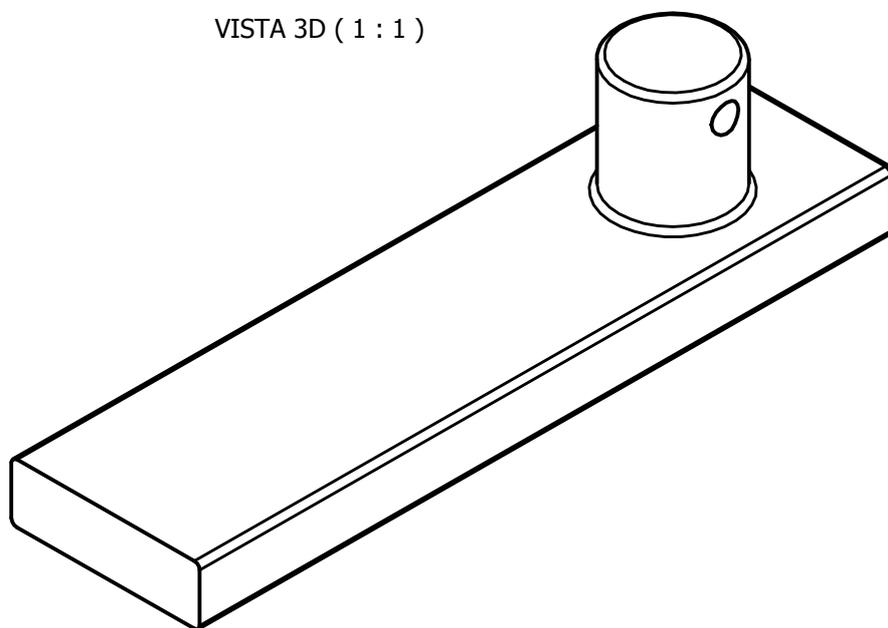
Planta (1 : 2)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X



VISTA 3D (1 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE DELANTERO

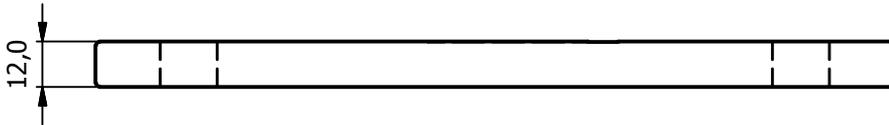
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

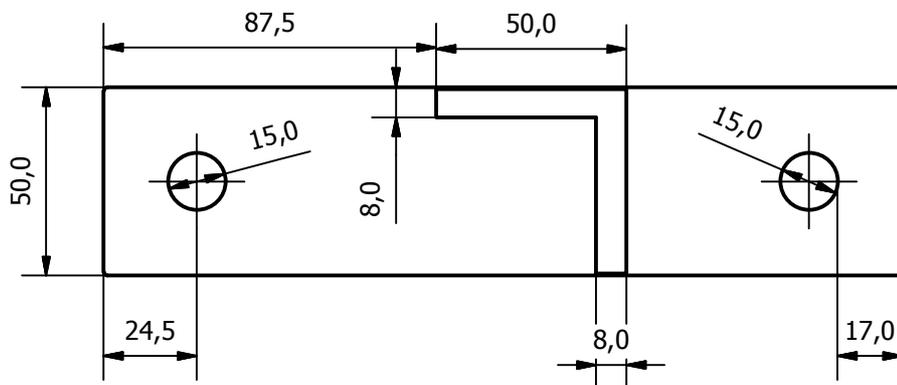
nº plano: 11

escalas: X

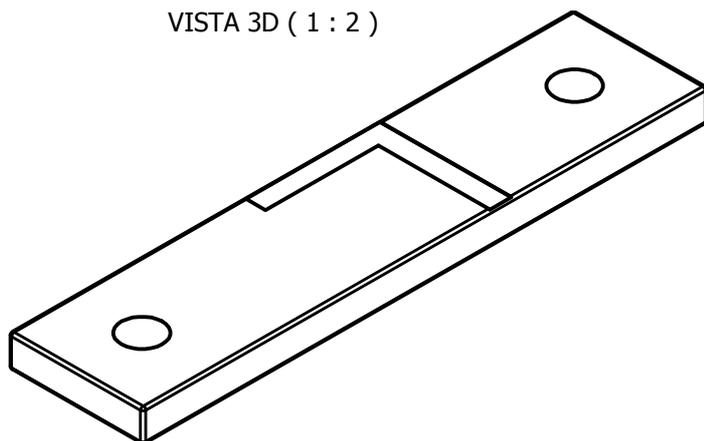
Alzado (1 : 2)



Planta (1 : 2)



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE DELANTERO

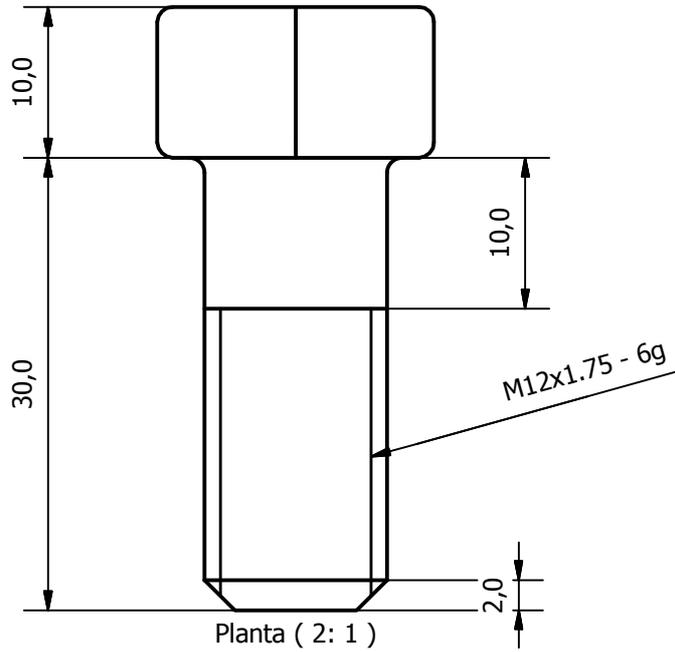
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

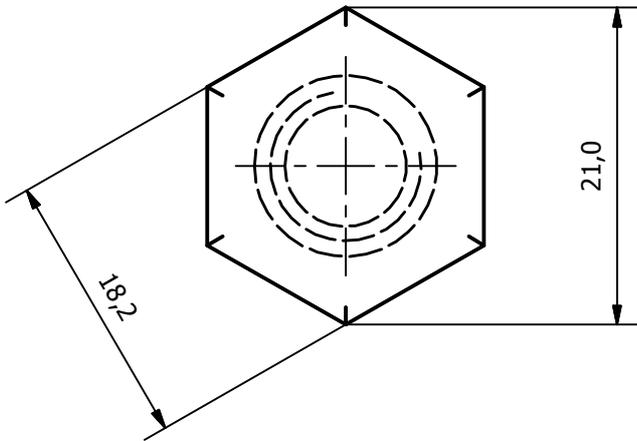
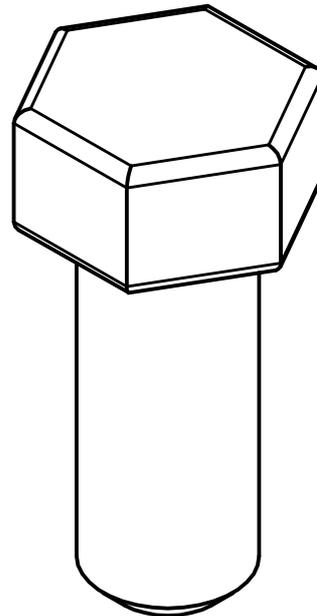
nº plano: 11

escalas: X

Alzado (2: 1)



VISTA 3D (2:1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE DELANTERO

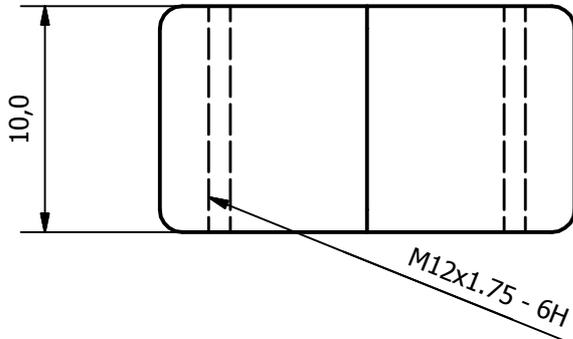
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

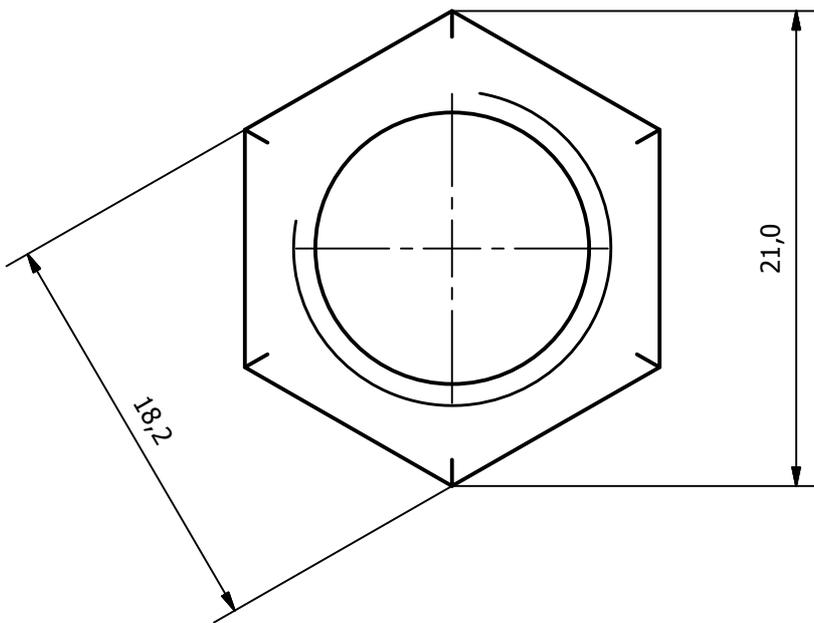
nº plano: 11

escalas: X

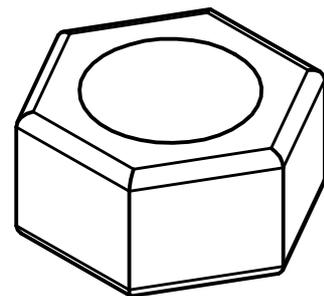
Alzado (3: 1)



Planta (3: 1)

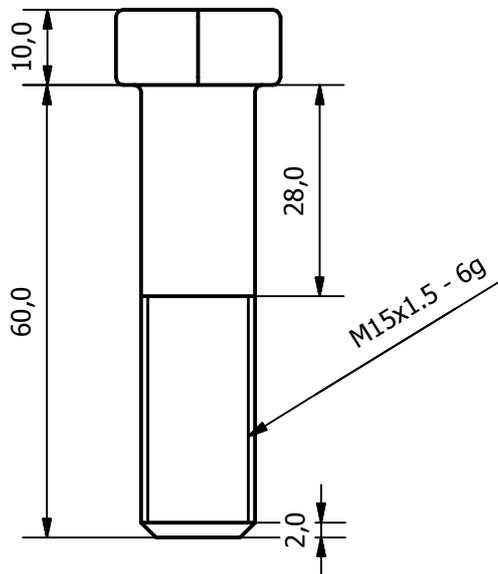


VISTA 3D (2: 1)

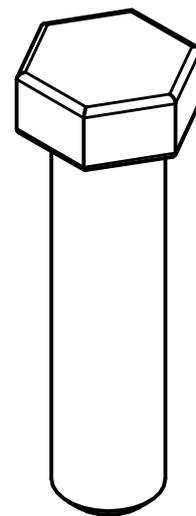


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

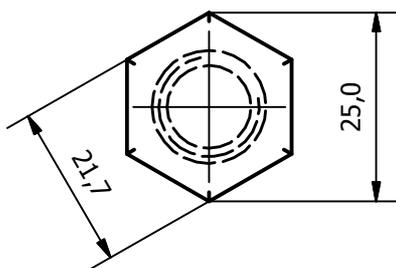
Alzado (1:1)

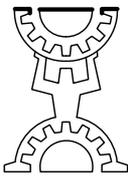


VISTA 3D (1:1)

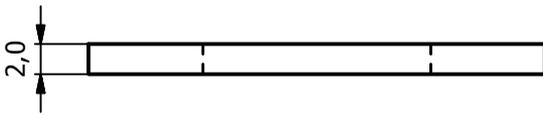


Planta (1:1)

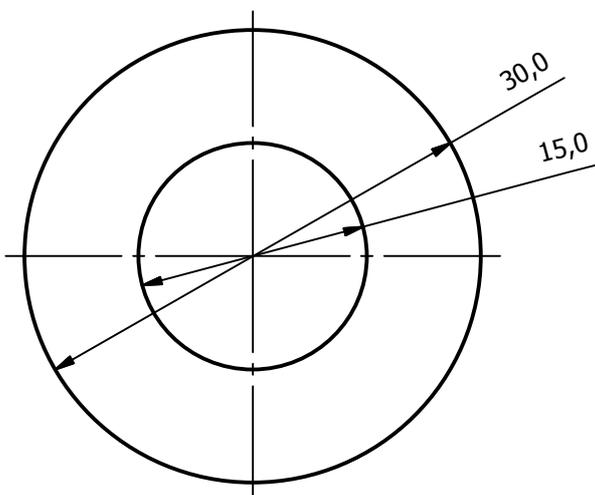


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

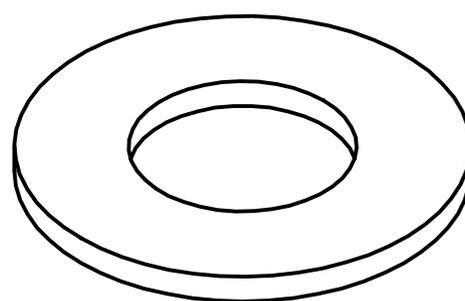
Alzado (2:1)



Planta (2:1)



VISTA 3D (2:1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

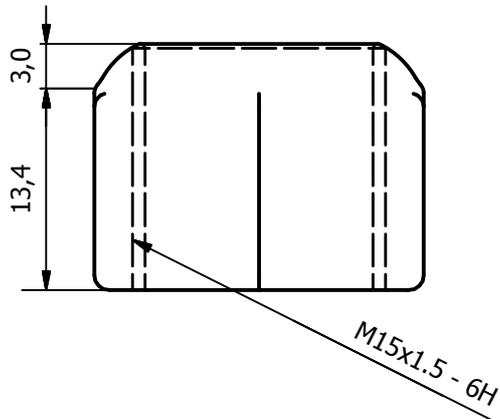
ESTRUCTURA EJE DELANTERO

Fecha: Junio

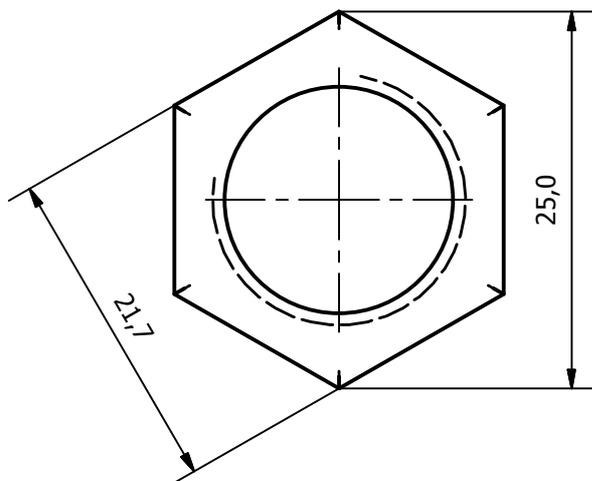
nº plano: 11

escalas: X

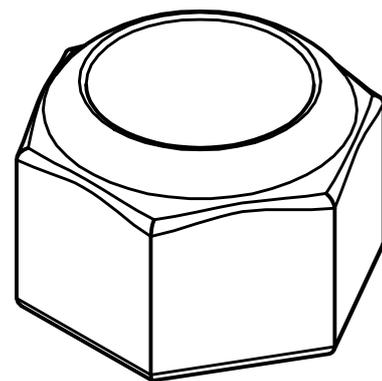
Alzado (2:1)



Planta (2:1)



VISTA 3D (2:1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

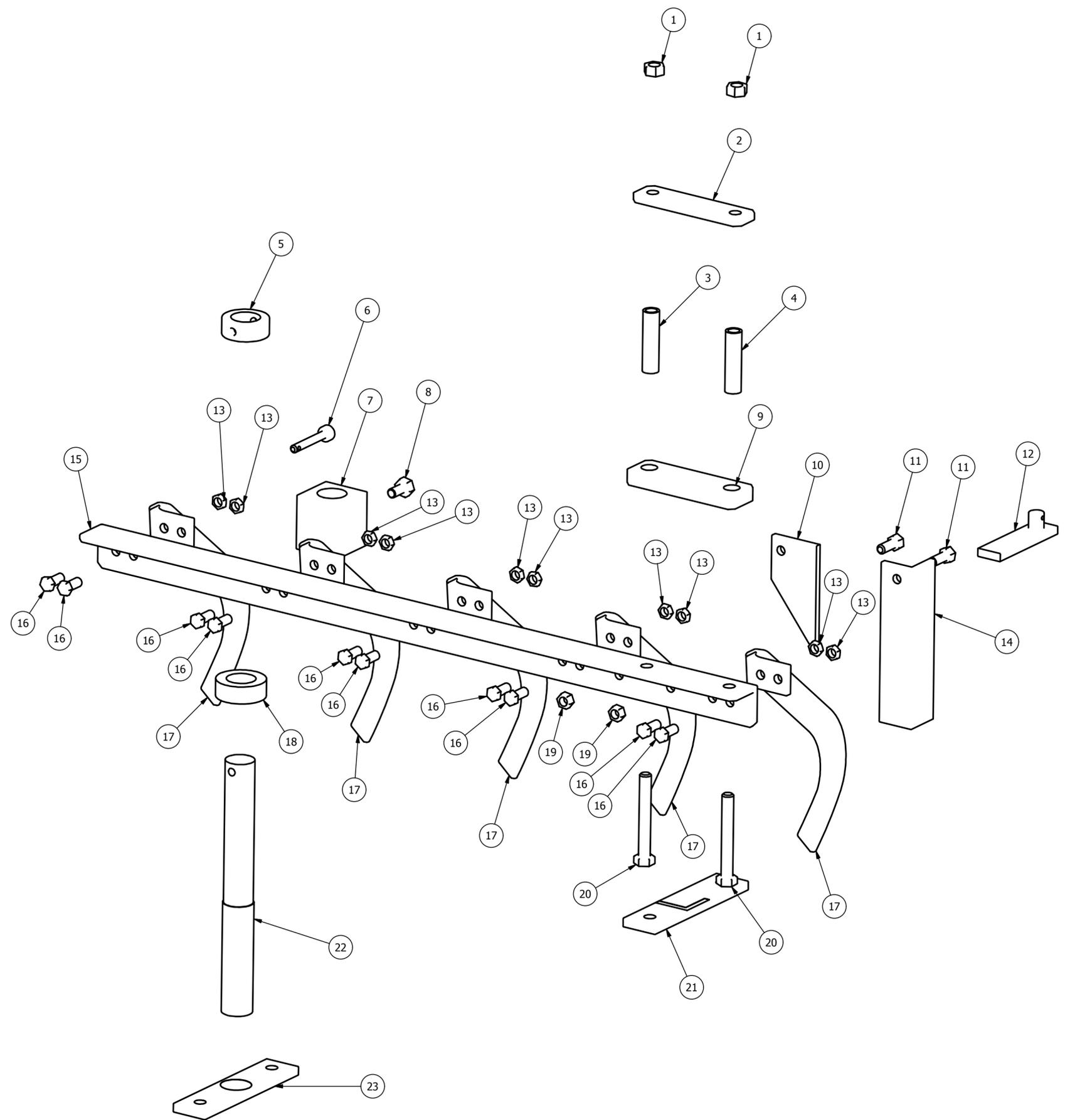
ESTRUCTURA EJE DELANTERO

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

nº plano: 11

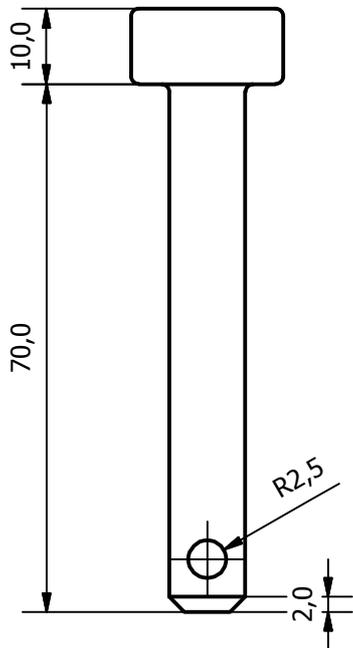
escalas: X



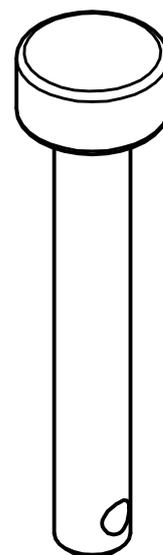
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	2	Pieza96 (Tuerca)
2	1	Pieza92 (Chapa)
3	1	Pieza93 (Barra)
4	1	Pieza94 (Barra)
5	1	Pieza76 (Barra)
6	1	Pieza75 (Pasador)
7	1	Pieza78 (Barra)
8	1	Pieza81 (Tornillo)
9	1	Pieza92' (Chapa)
10	1	Pieza98 (Barra)
11	2	Pieza101 (Tornillo)
12	1	Pieza99 (Barra)
13	10	Pieza91 (Tuerca)
14	1	Pieza97 (Barra)
15	1	Pieza89 (Barra)
16	10	Pieza90 (Tornillo)
17	5	Pieza88 (Cuchilla)
18	1	Pieza79 (Barra)
19	2	Pieza102 (Tuerca)
20	2	Pieza95 (Tornillo)
21	1	Pieza100 (Barra)
22	1	Pieza77 (Barra)
23	1	Pieza80 (Barra)

<p>ESQUENA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE DELANTERO	Fecha: Junio
		nº plano: 11
		escalas: X

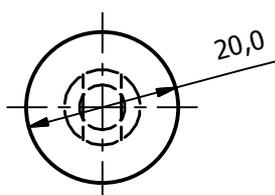
Alzado (1 : 1)

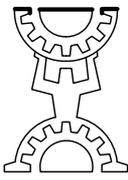


VISTA 3D (1 : 1)

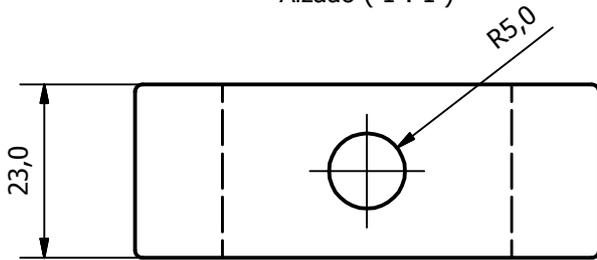


Planta (1 : 1)

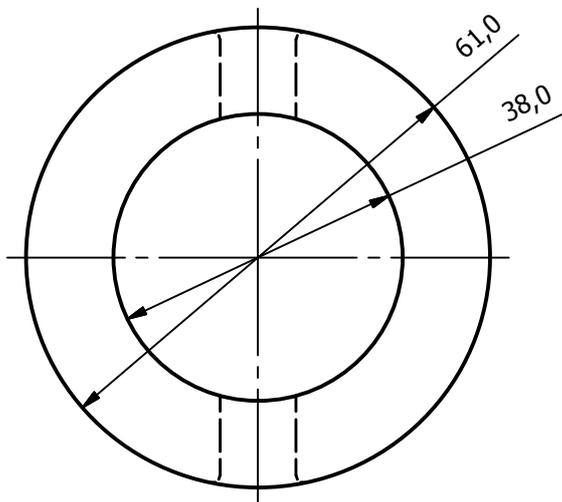


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

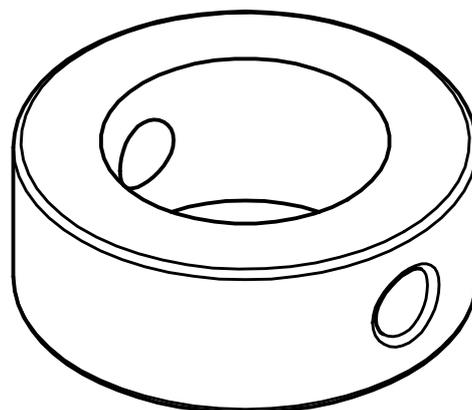
Alzado (1 : 1)



Planta (1 : 1)



VISTA 3D (1 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

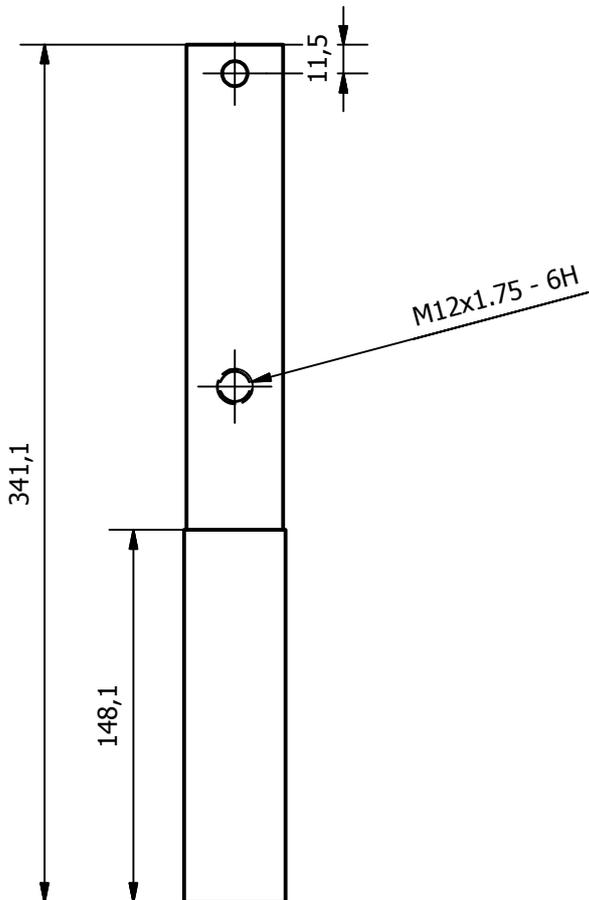
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

nº plano: 12

escalas: X

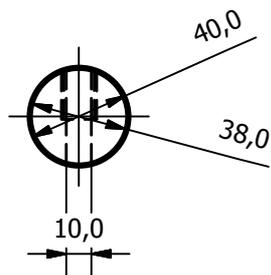
Alzado (1 : 3)



VISTA 3D (1 : 4)

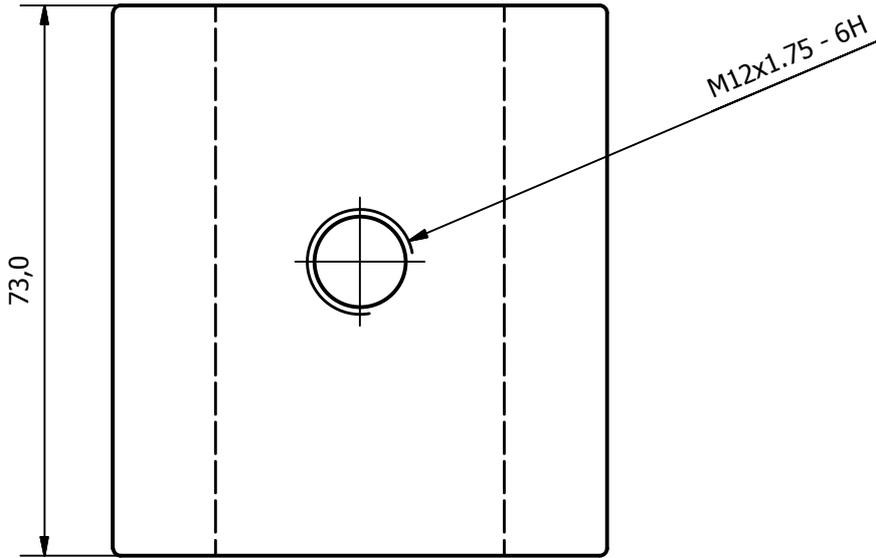


Planta (1 : 3)

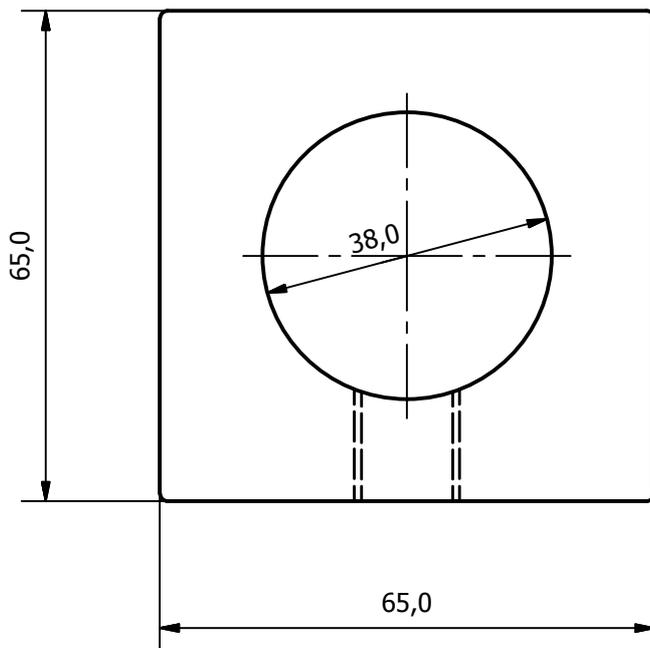


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

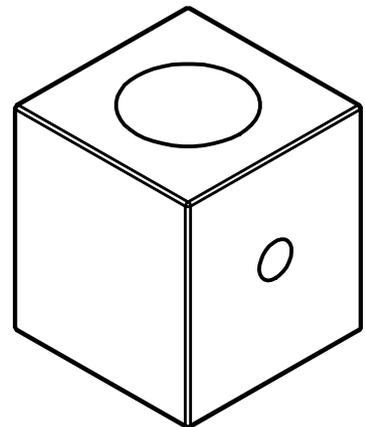
Alzado (1 : 1)



Planta (1 : 1)



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

ESTRUCTURA EJE TRASERO

Fecha: Junio

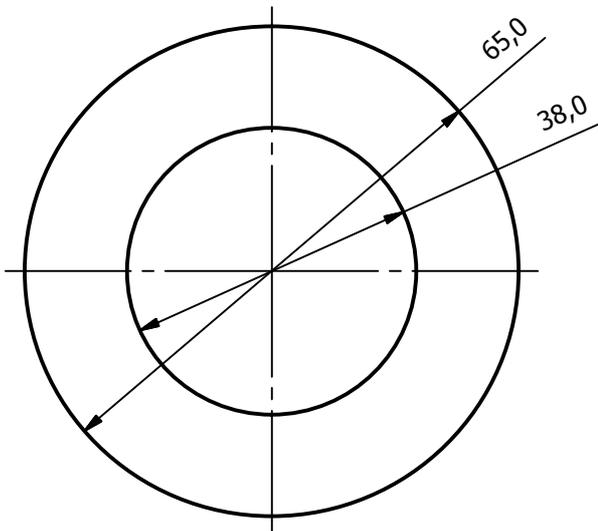
nº plano: 12

escalas: X

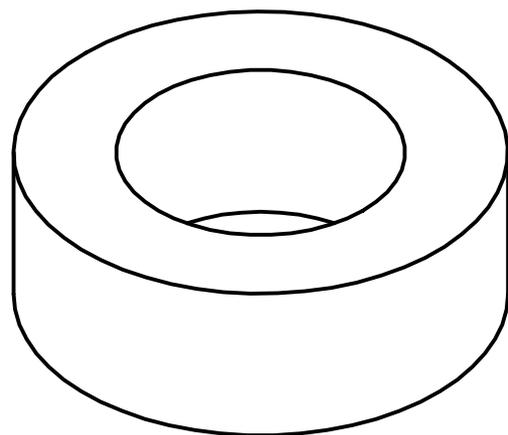
Alzado (1 : 1)



Planta (1 : 1)



VISTA 3D (1 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

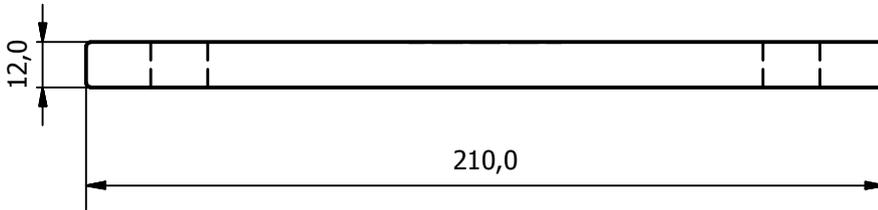
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

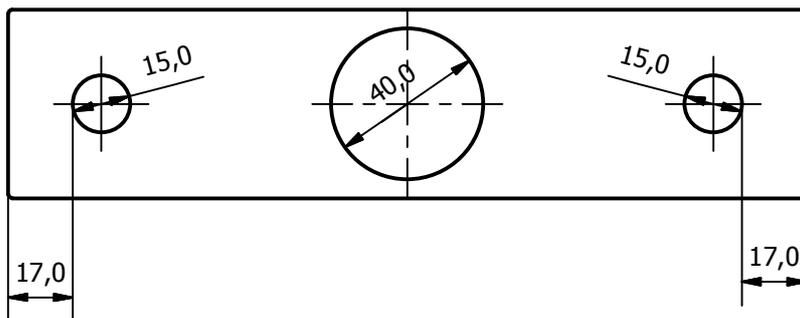
nº plano: 12

escalas: X

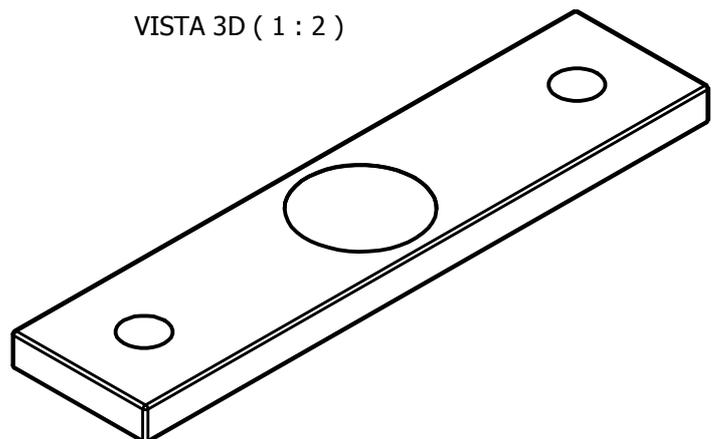
Alzado (1 : 2)



Planta (1 : 2)

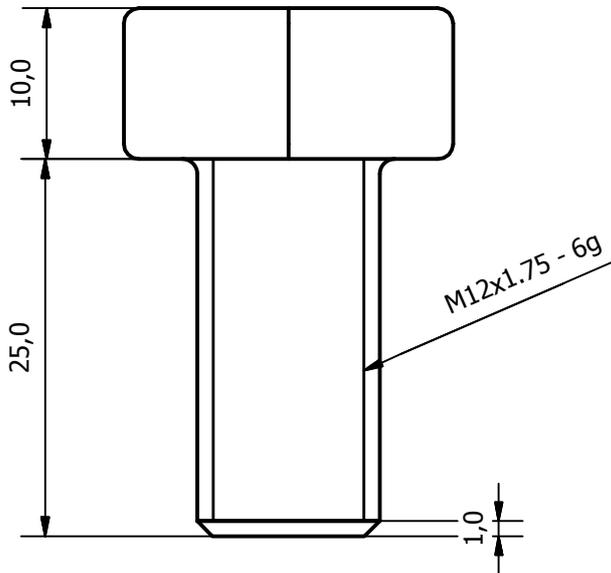


VISTA 3D (1 : 2)

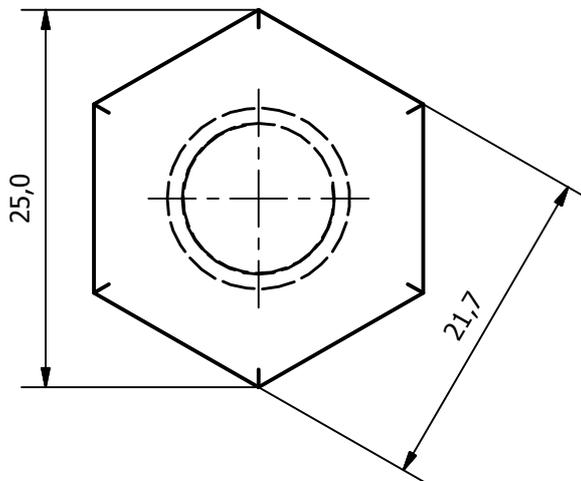


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

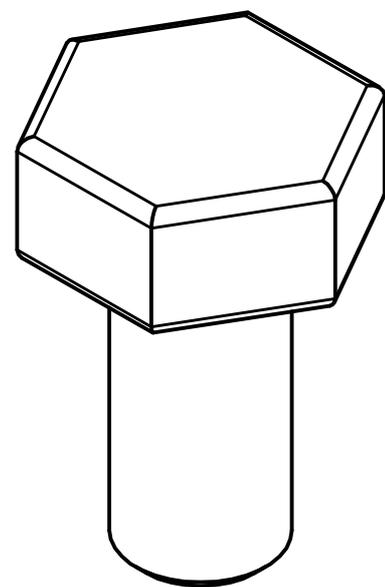
Alzado (2 : 1)

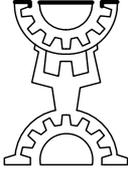


Planta (2 : 1)

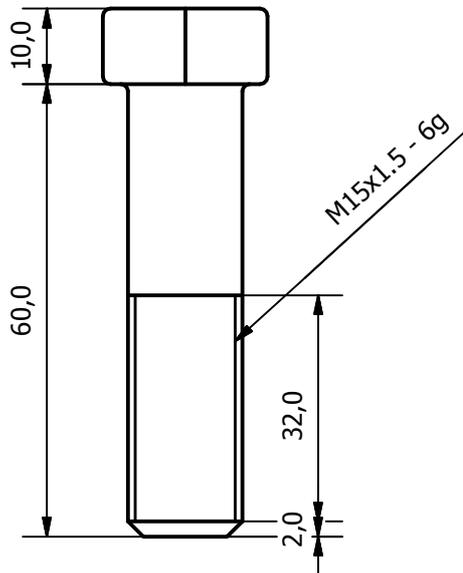


VISTA 3D (2 : 1)

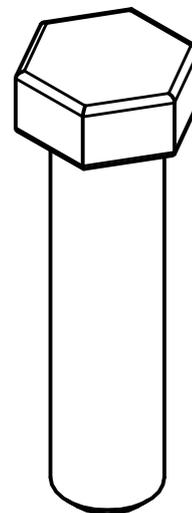


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

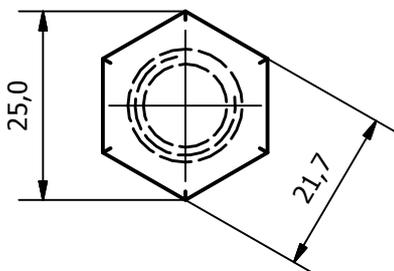
Alzado (1 : 1)

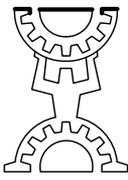


VISTA 3D (1 : 1)

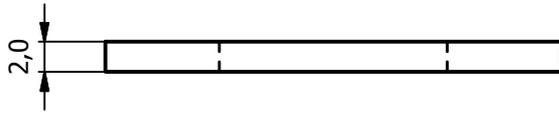


Planta (1 : 1)

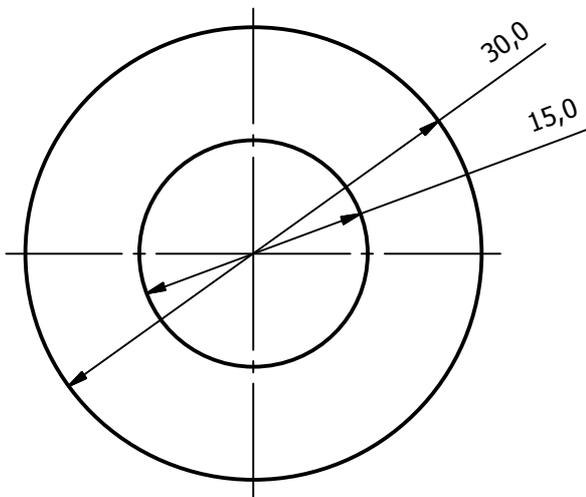


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

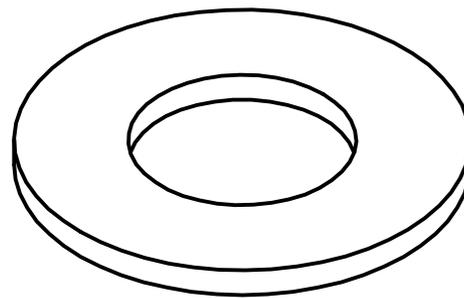
Alzado (2 : 1)



Planta (2 : 1)



VISTA 3D (2 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

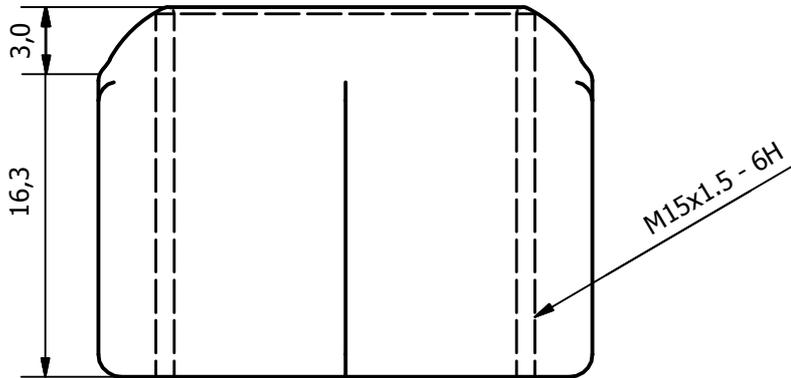
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

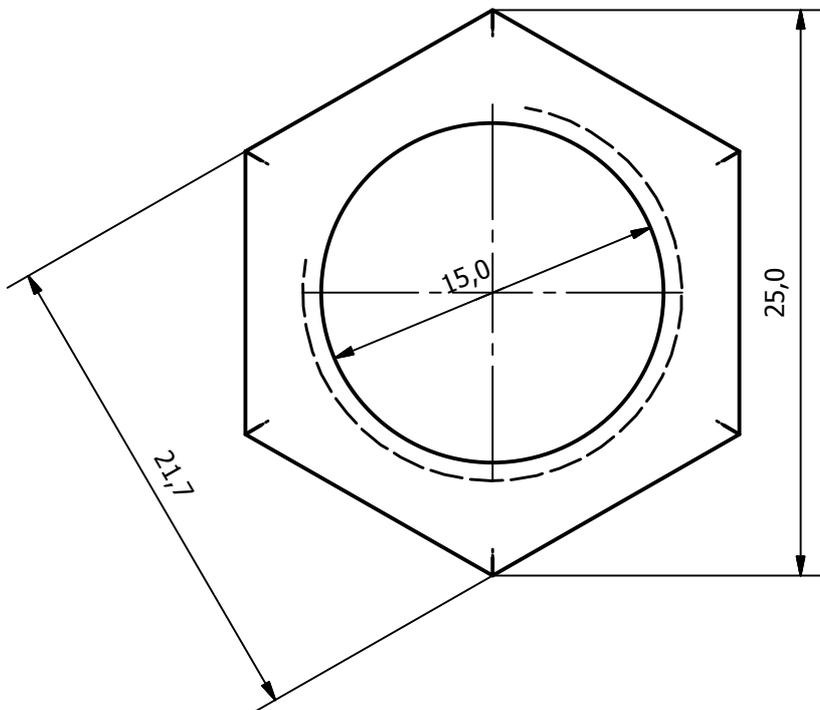
nº plano: 12

escalas: X

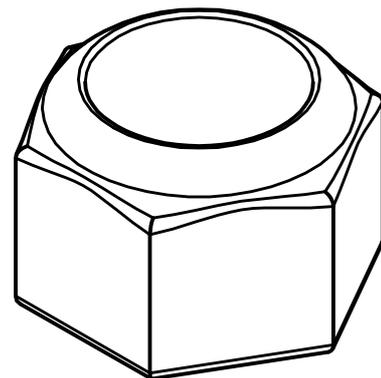
Alzado (3 : 1)



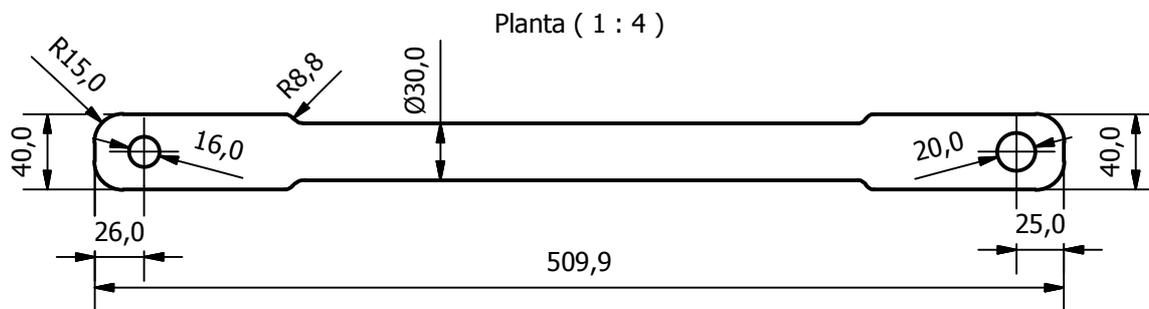
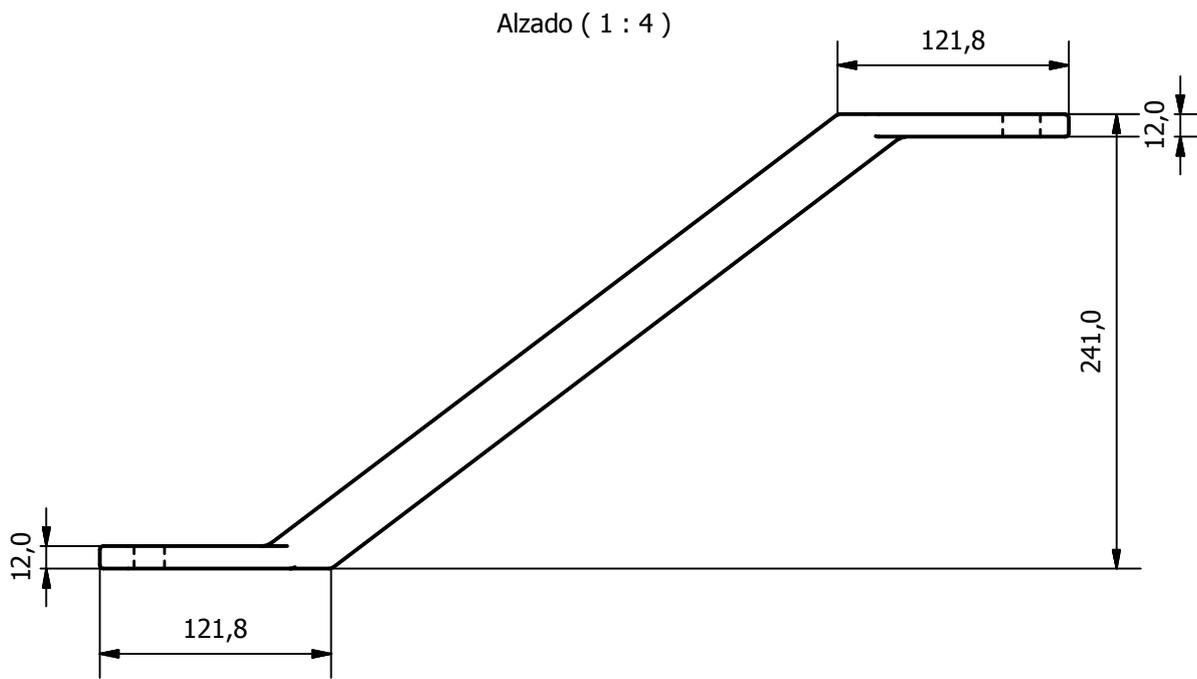
Planta (3 : 1)



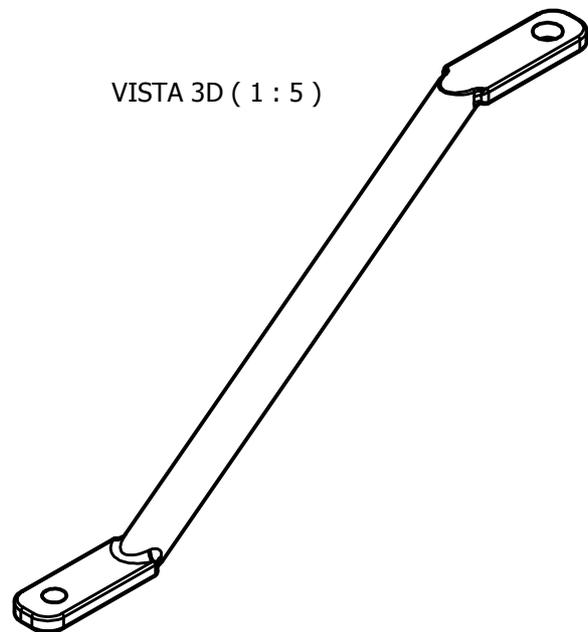
VISTA 3D (2 : 1)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X



VISTA 3D (1 : 5)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

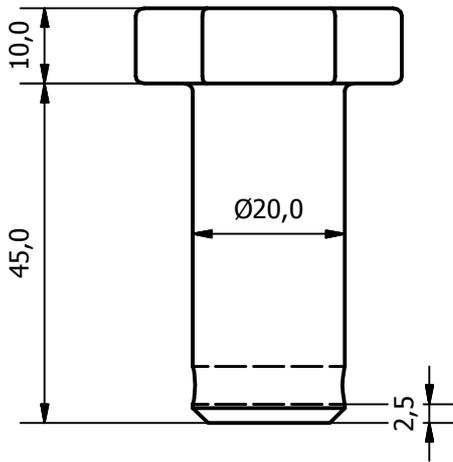
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

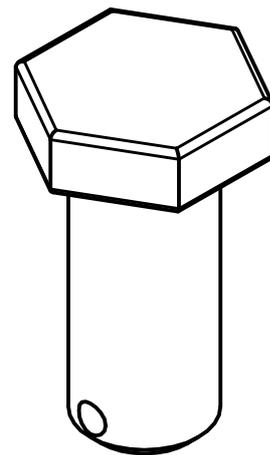
nº plano: 12

escalas: X

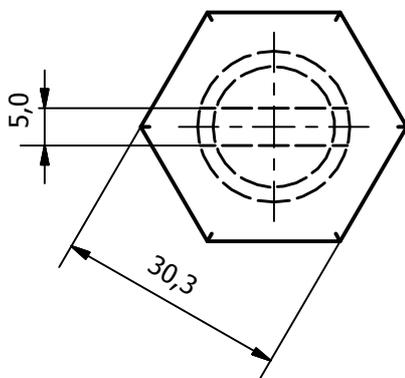
Alzado (1: 1)

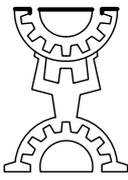


VISTA 3D (1: 1)



Planta (1: 1)

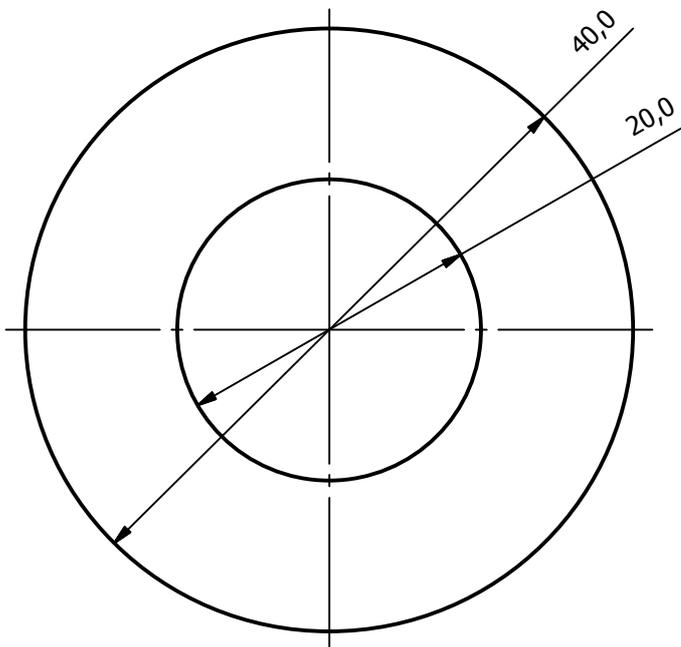


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

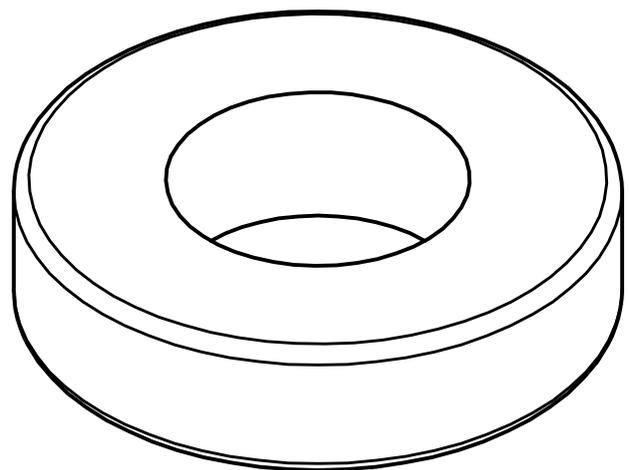
Alzado (2: 1)



Planta (2: 1)



VISTA 3D (2: 1)



ESCUELA DE
INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

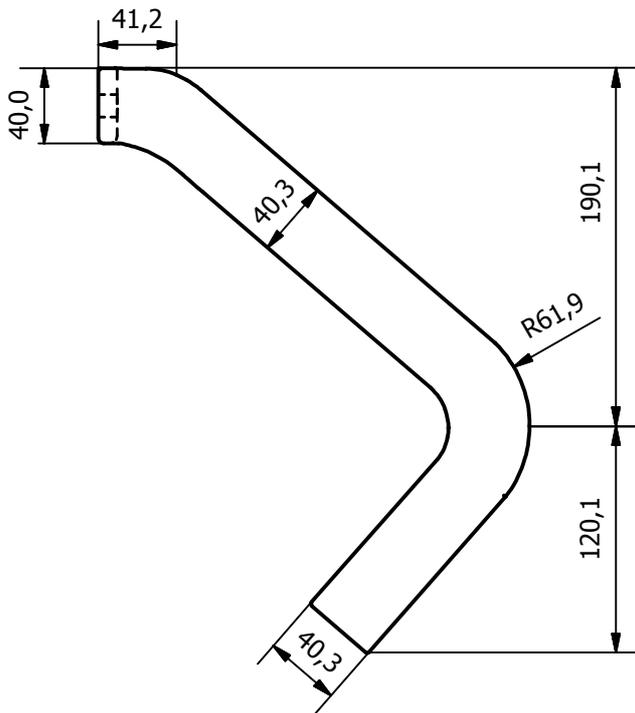
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

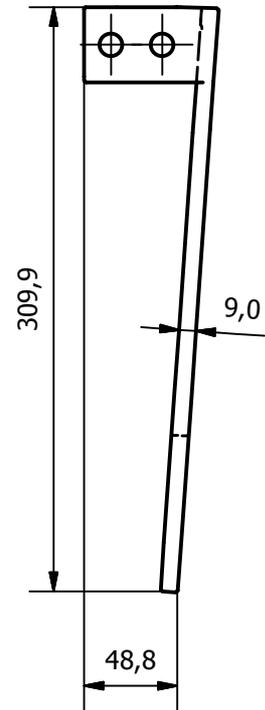
nº plano: 12

escalas: X

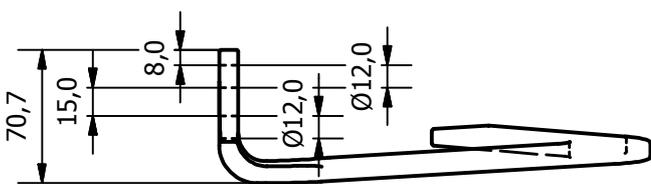
Alzado (1 : 4)



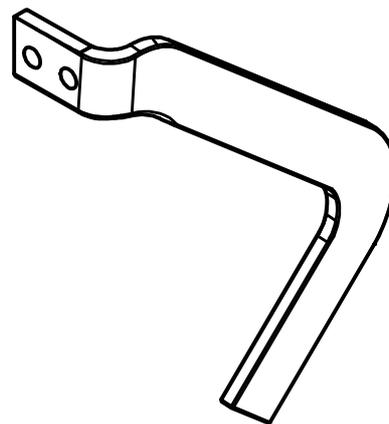
Perfil (1 : 4)



Planta (1 : 4)



VISTA 3D (1 : 4)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

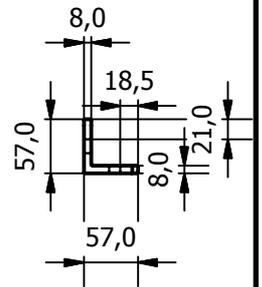
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

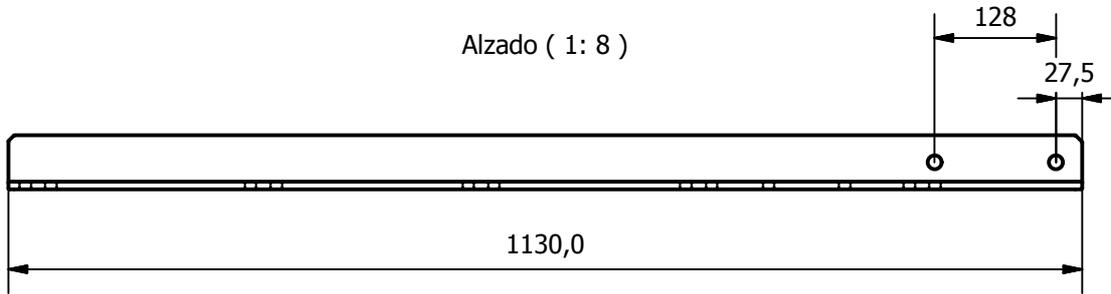
nº plano: 12

escalas: X

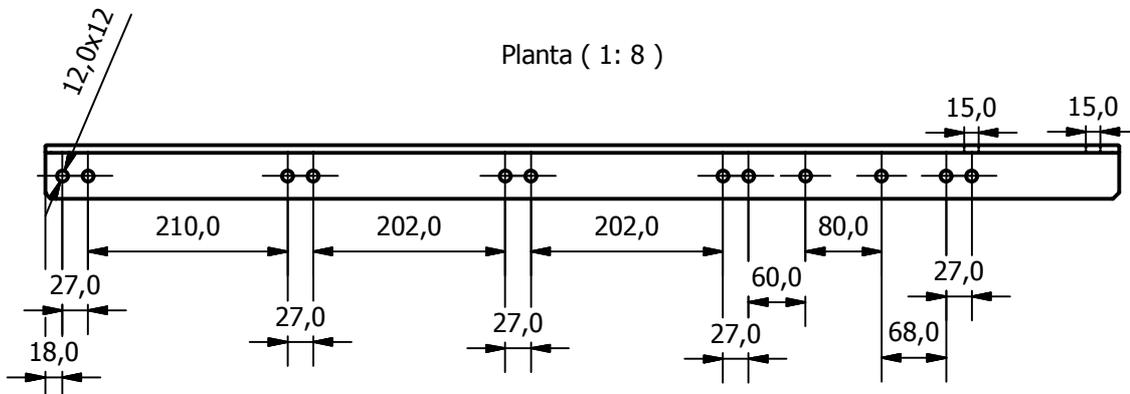
Perfil (1 : 8)



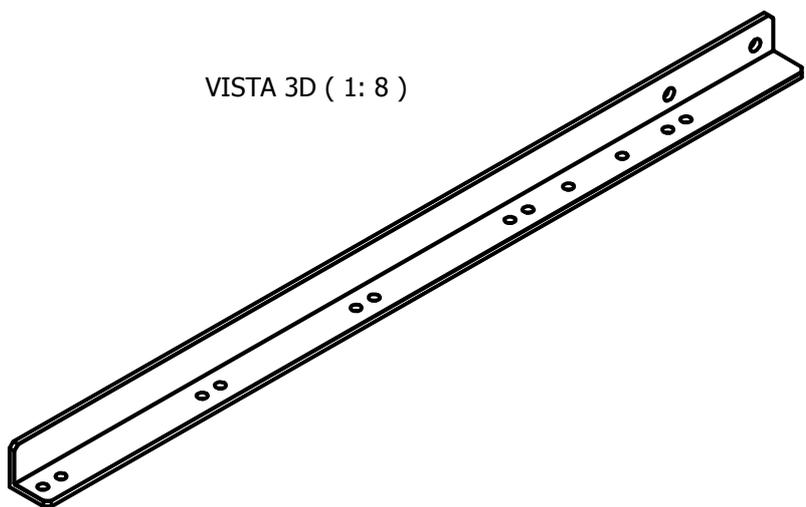
Alzado (1 : 8)



Planta (1 : 8)



VISTA 3D (1 : 8)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

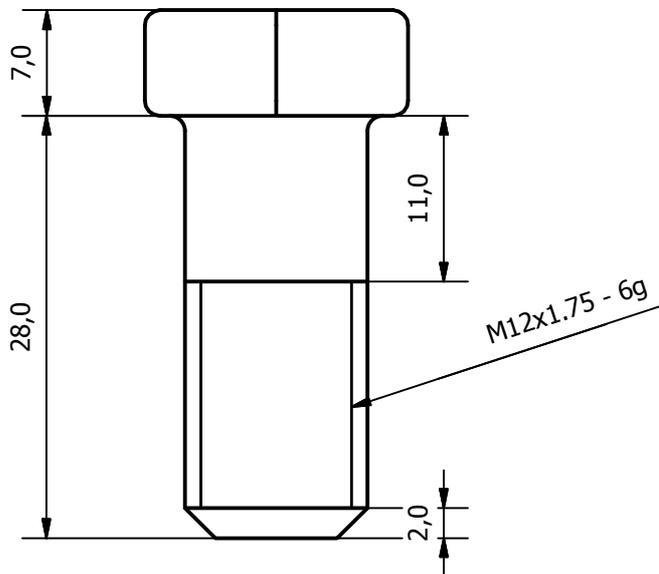
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

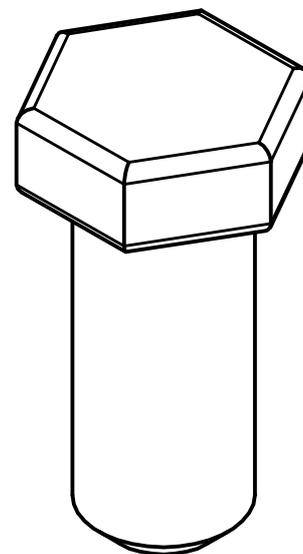
nº plano: 12

escalas: X

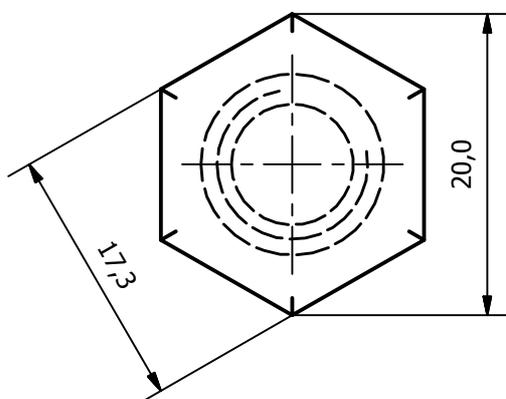
Alzado (2: 1)

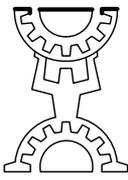


VISTA 3D (2: 1)

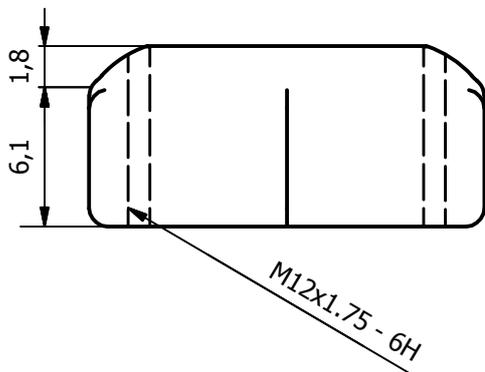


Planta (2: 1)

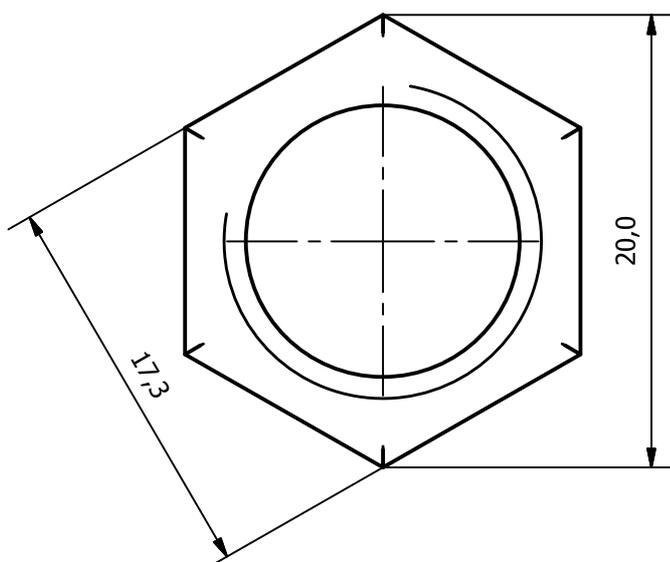


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

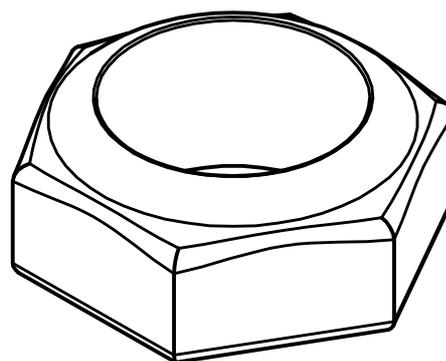
Alzado (3: 1)



Planta (3: 1)



VISTA 3D (3: 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

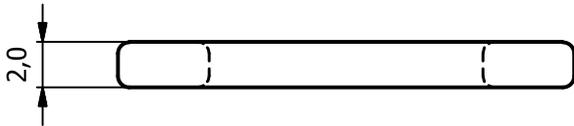
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

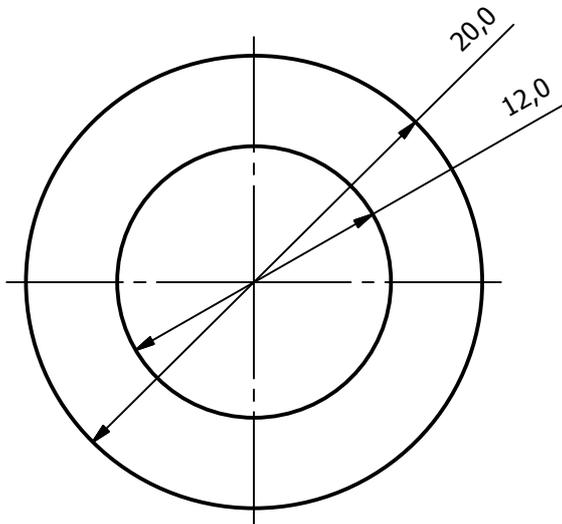
nº plano: 12

escalas: X

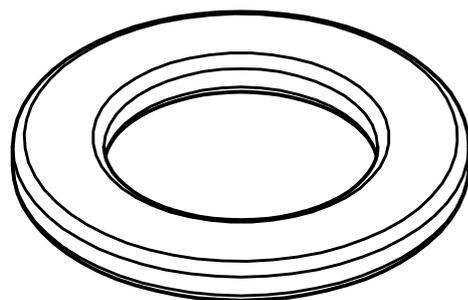
Alzado (3: 1)



Planta (3: 1)



VISTA 3D (3: 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

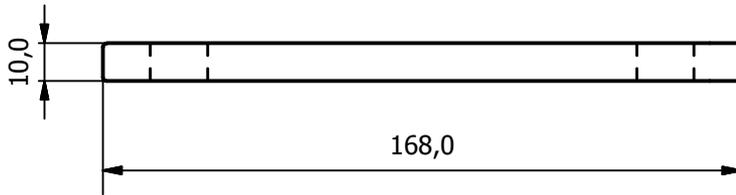
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

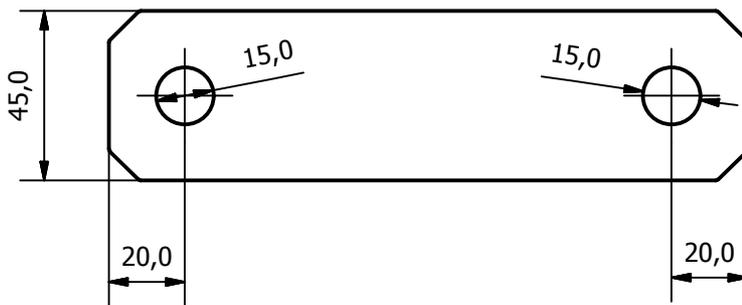
nº plano: 12

escalas: X

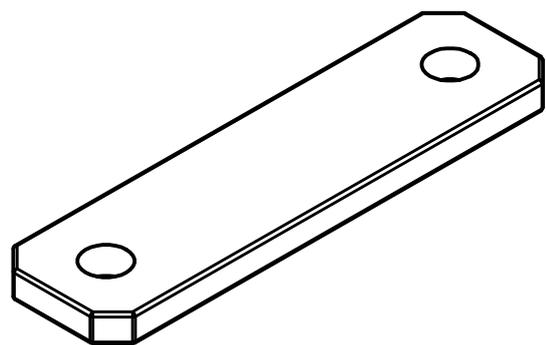
Alzado (1 : 2)

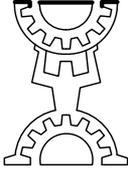


Planta (1 : 2)

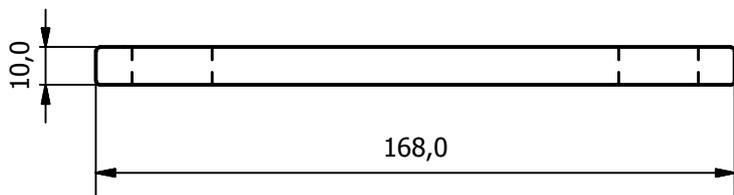


VISTA 3D (1 : 2)

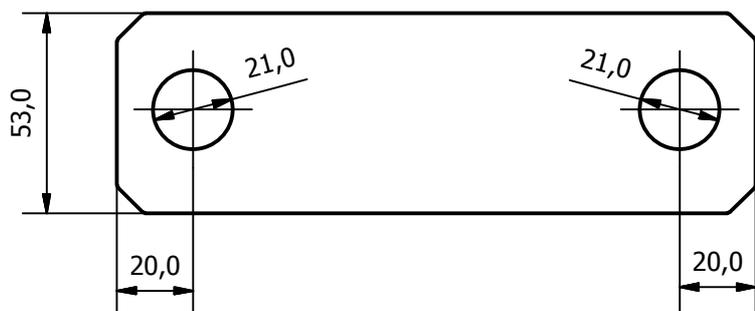


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

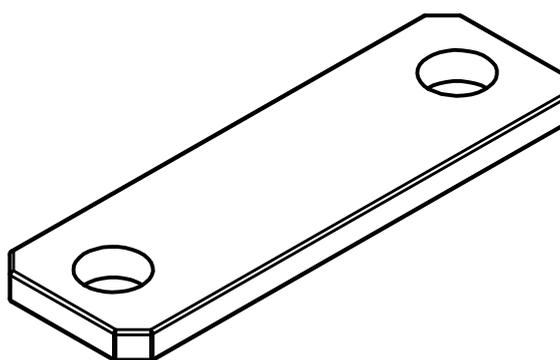
Alzado (1: 2)



Planta (1: 2)



VISTA 3D (1: 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

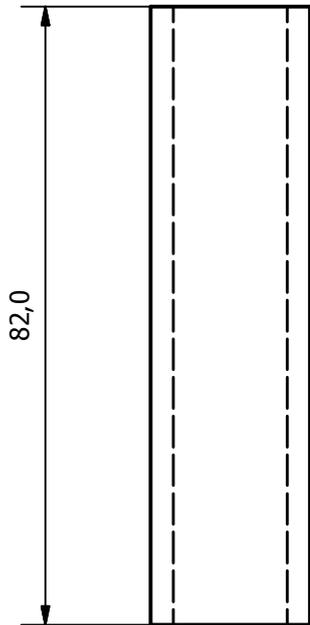
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

nº plano: 12

escalas: X

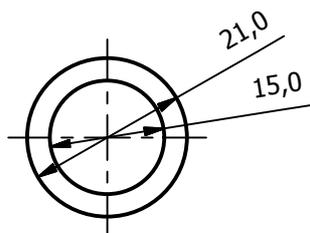
Alzado (1 : 1)

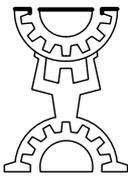


VISTA 3D (1 : 1)

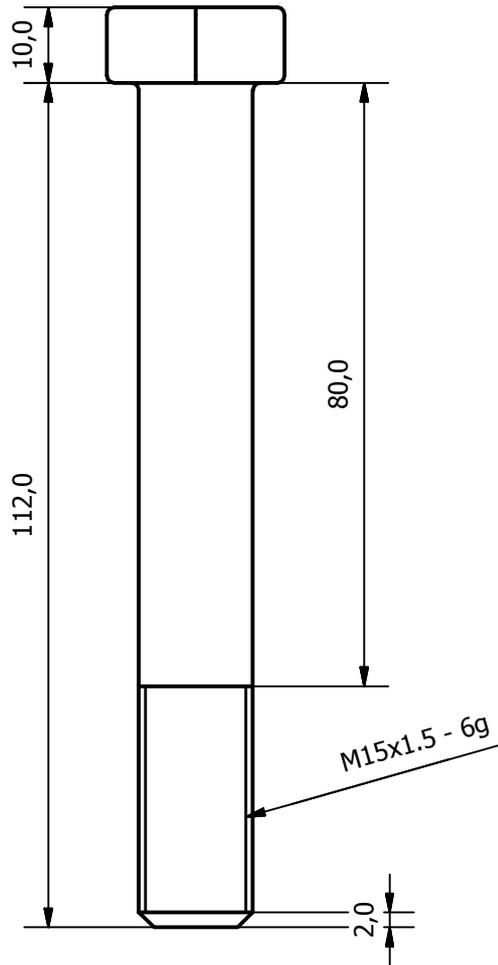


Planta (1 : 1)

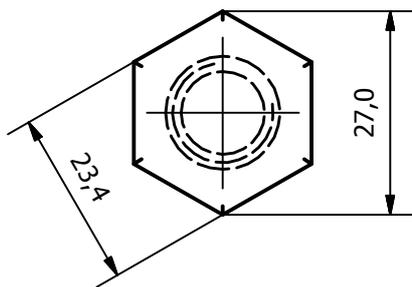


 ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

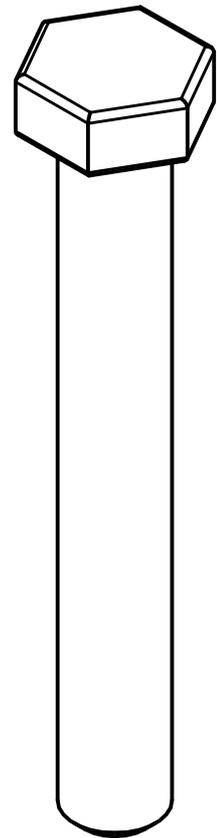
Alzado (1 : 1)



Planta (1 : 1)

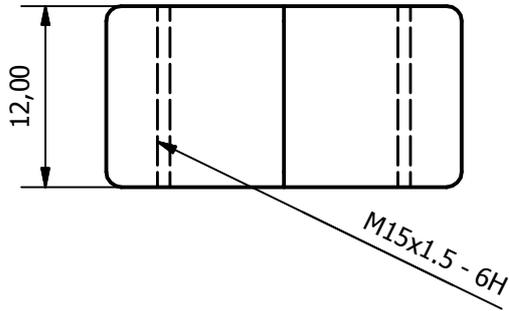


VISTA 3D (1 : 1)

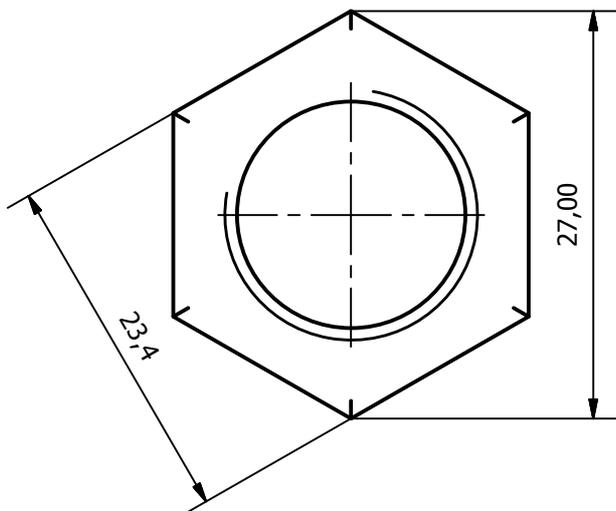


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

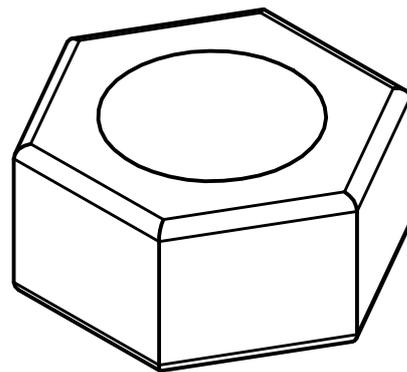
Alzado (2: 1)



Planta (2: 1)

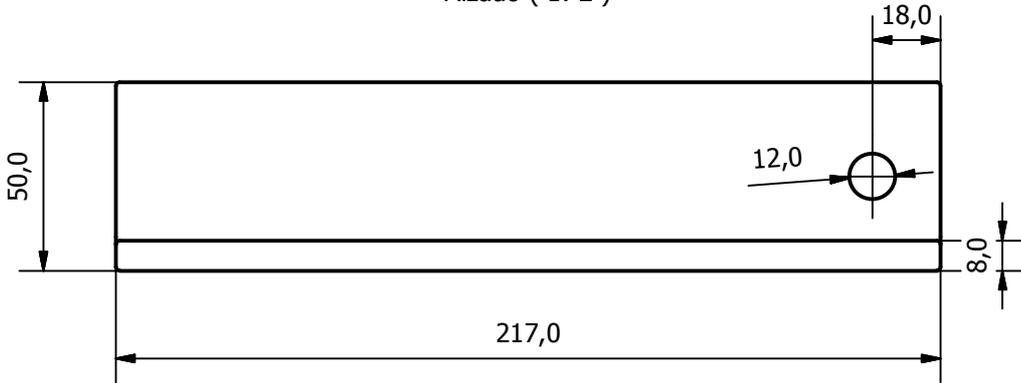


VISTA 3D (2: 1)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

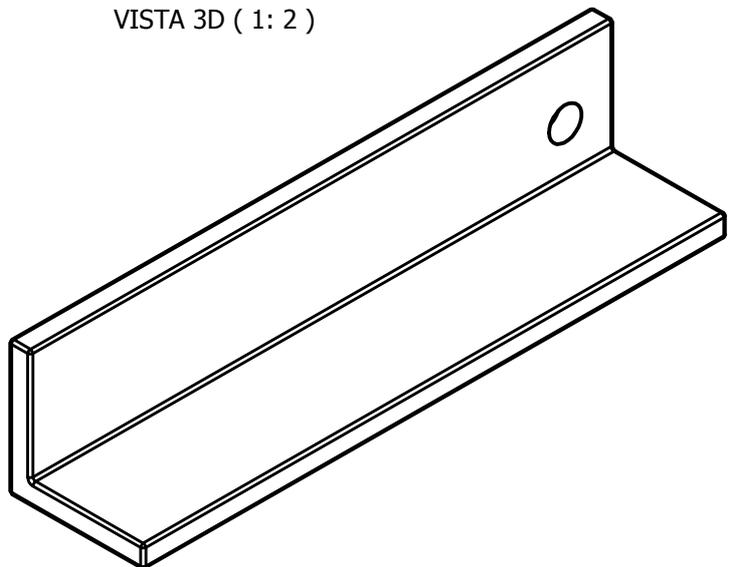
Alzado (1: 2)



Planta (1: 2)



VISTA 3D (1: 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

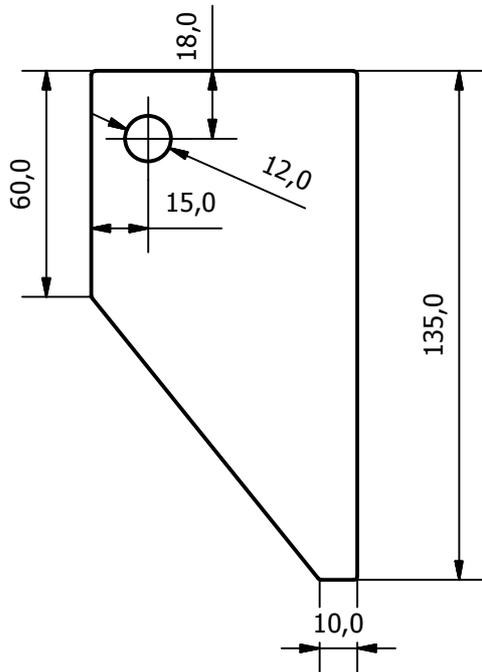
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

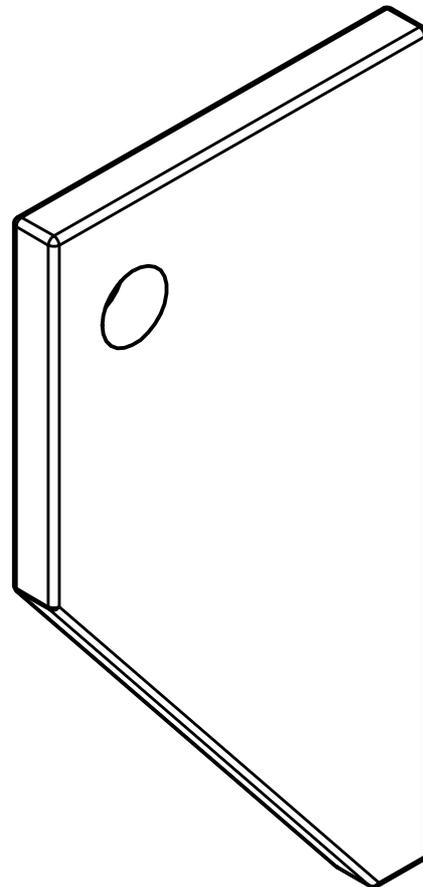
nº plano: 12

escalas: X

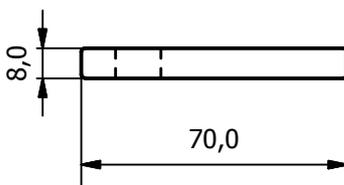
Alzado (1: 2)

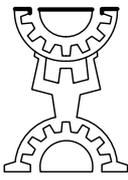


VISTA 3D (1: 1)



Planta (1: 2)

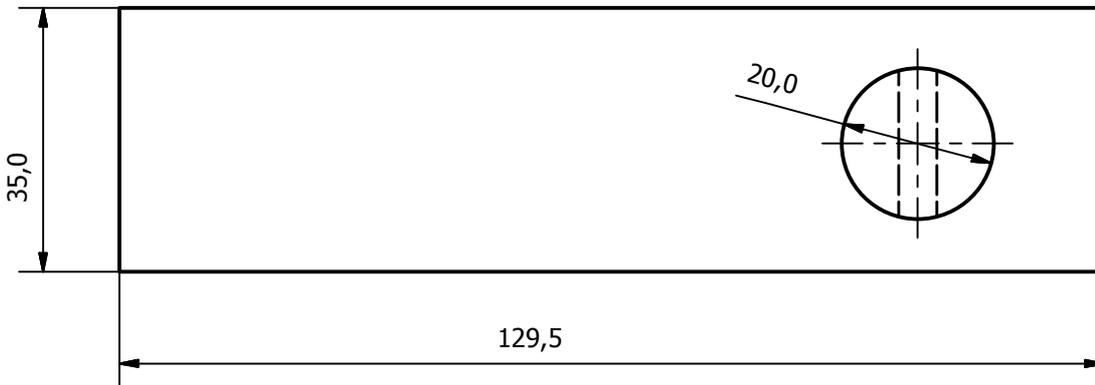


 ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel	
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha:	Junio
		nº plano:	12
		escalas:	X

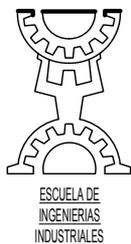
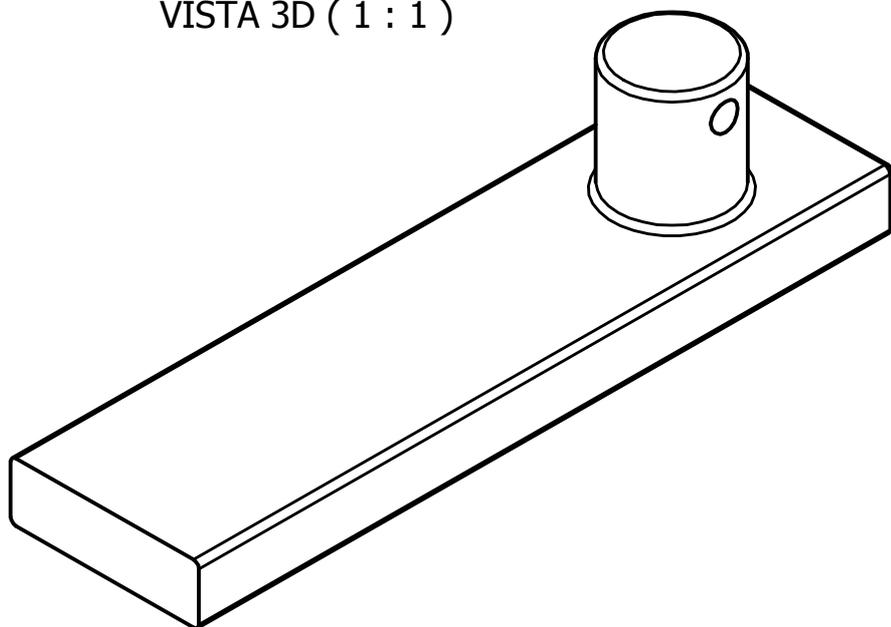
Alzado (1 : 1)



Planta (1 : 1)



VISTA 3D (1 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

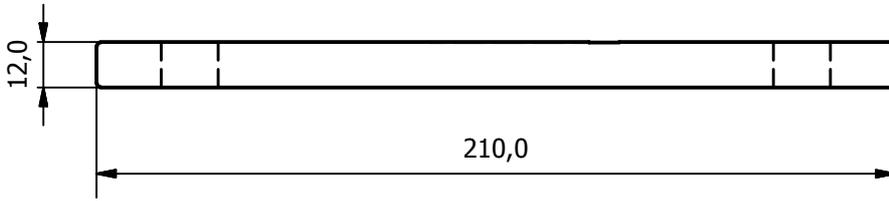
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

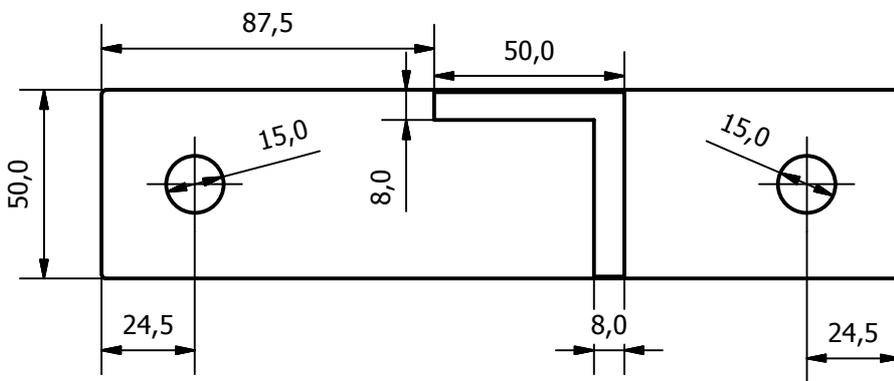
nº plano: 12

escalas: X

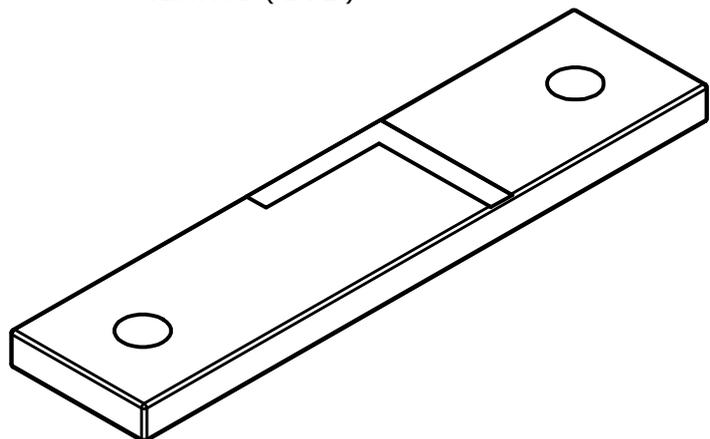
Alzado (1 : 2)



Planta (1 : 2)



VISTA 3D (1 : 2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

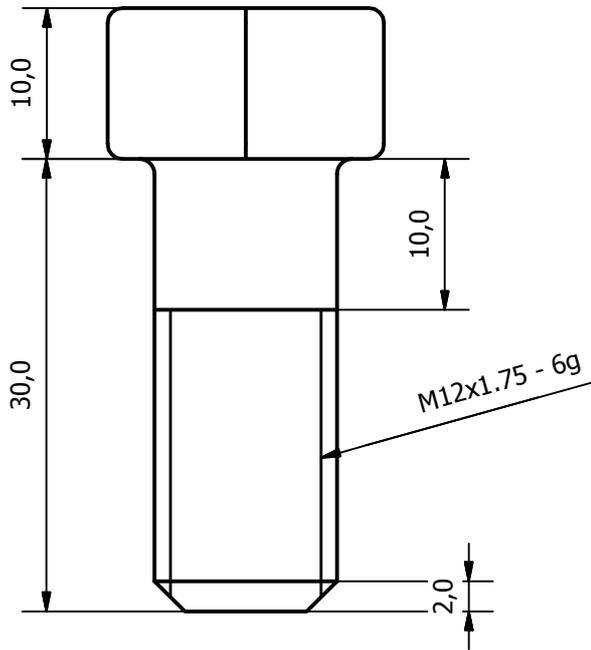
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

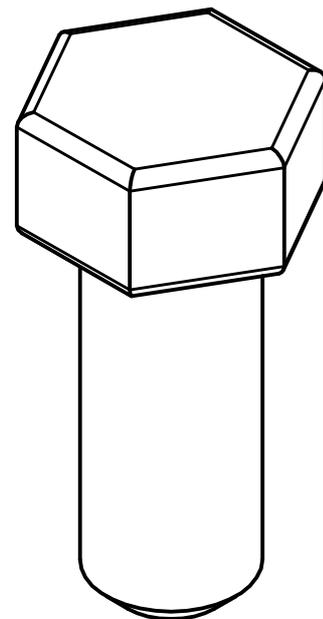
nº plano: 12

escalas: X

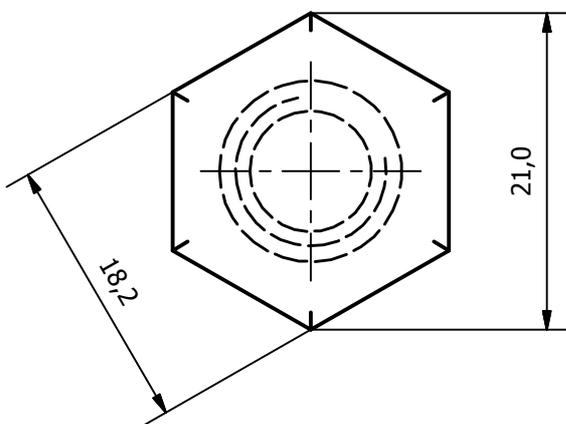
Alzado (2: 1)



VISTA 3D (2:1)

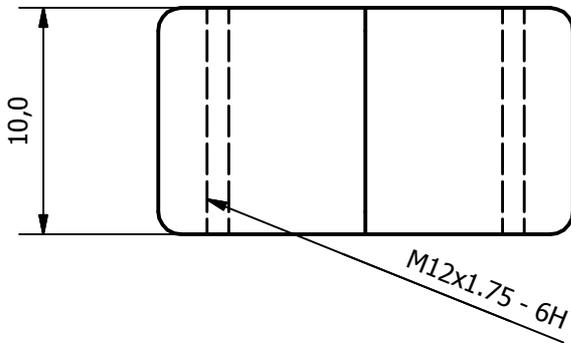


Planta (2: 1)

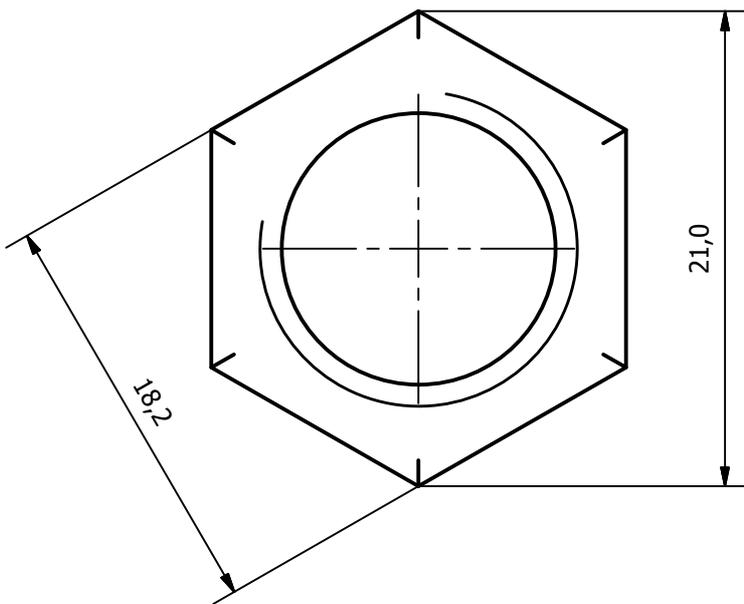


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

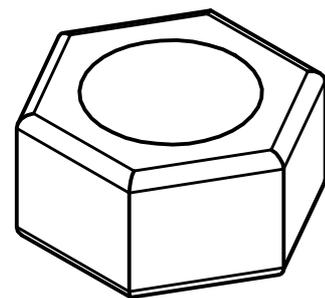
Alzado (3: 1)



Planta (3: 1)

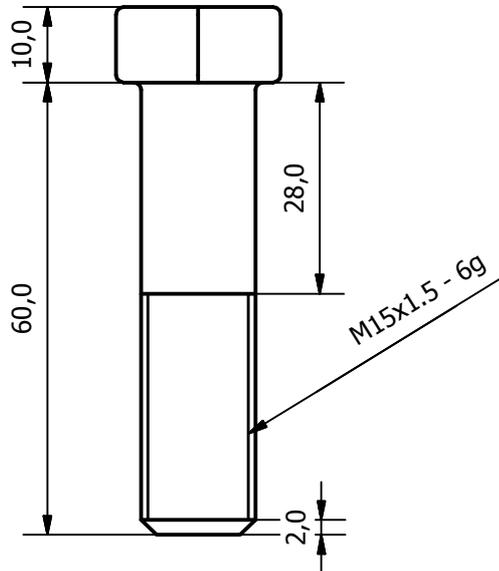


VISTA 3D (2: 1)

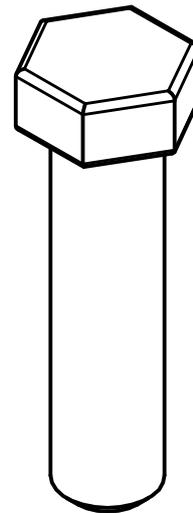


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

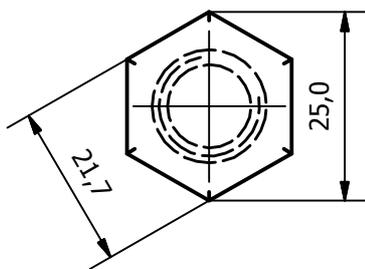
Alzado (1:1)

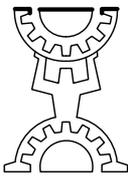


VISTA 3D (1:1)

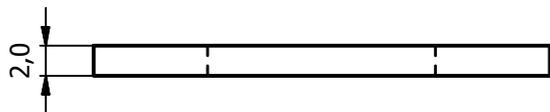


Planta (1:1)

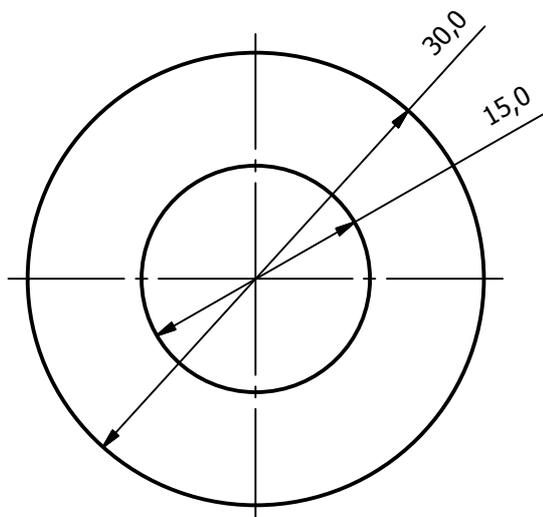


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

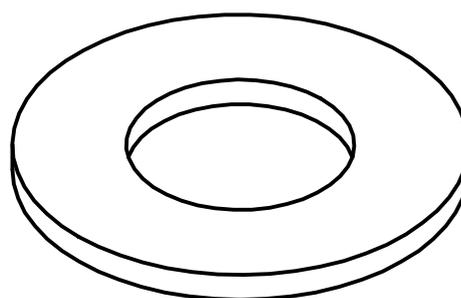
Alzado (2:1)



Planta (2:1)



VISTA 3D (2:1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

ESTRUCTURA EJE TRASERO

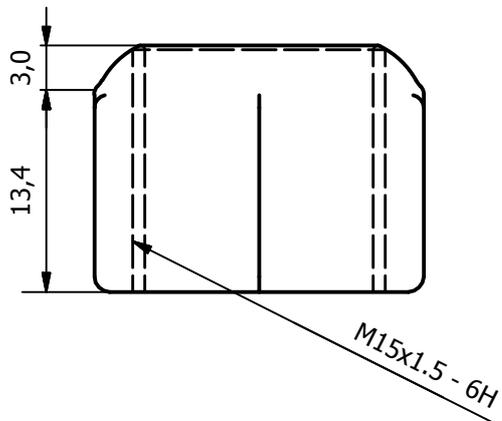
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

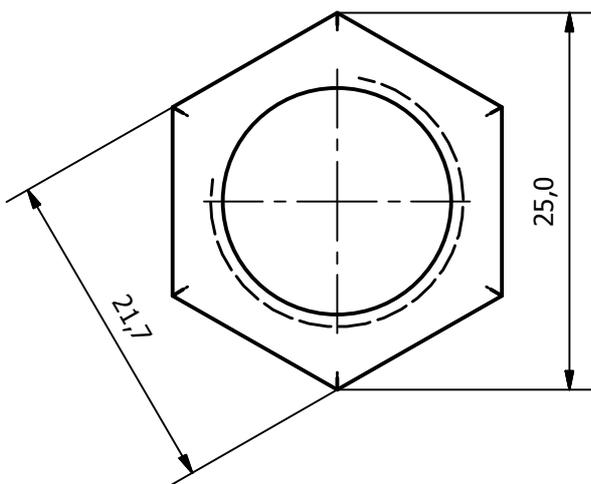
nº plano: 12

escalas: X

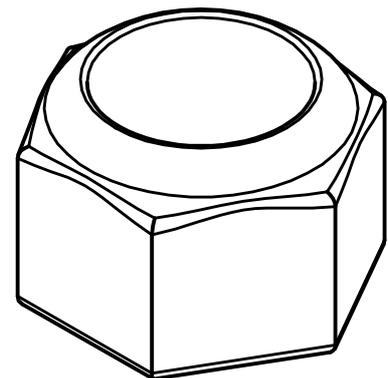
Alzado (2:1)



Planta (2:1)



VISTA 3D (2:1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

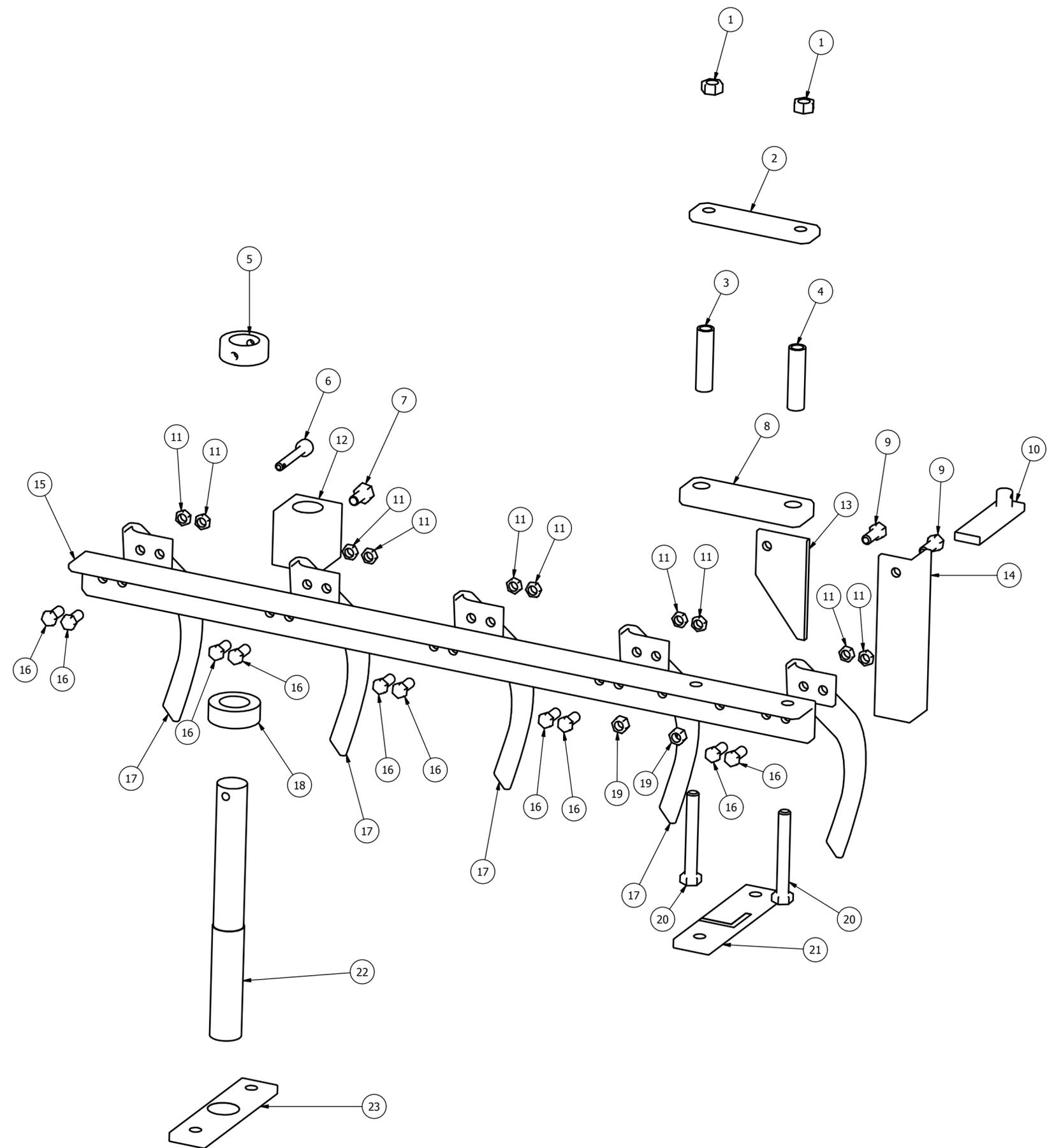
ESTRUCTURA EJE TRASERO

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

nº plano: 12

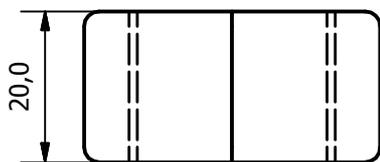
escalas: X



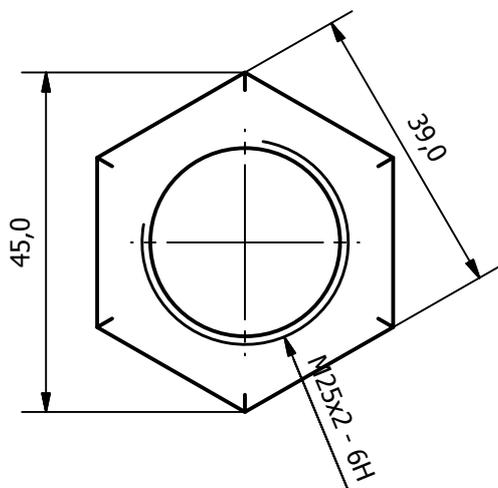
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	2	Pieza96 (Tuerca)
2	1	Pieza92 (Chapa)
3	1	Pieza93 (Barra)
4	1	Pieza94 (Barra)
5	1	Pieza76 (Barra)
6	1	Pieza75 (Pasador)
7	1	Pieza81 (Tornillo)
8	1	Pieza92' (Chapa)
9	2	Pieza101 (Tornillo)
10	1	Pieza99 (Barra)
11	10	Pieza91 (Tuerca)
12	1	Pieza78 (Barra)
13	1	Pieza98 (Barra)
14	1	Pieza97 (Barra)
15	1	Pieza89 (Barra)
16	10	Pieza90 (Tornillo)
17	5	Pieza88 (Cuchilla)
18	1	Pieza79 (Barra)
19	2	Pieza102 (Tuerca)
20	2	Pieza95 (Tornillo)
21	1	Pieza100 (Barra)
22	1	Pieza77 (Barra)
23	1	Pieza80 (Barra)

	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	ESTRUCTURA EJE TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 12
		escalas: X

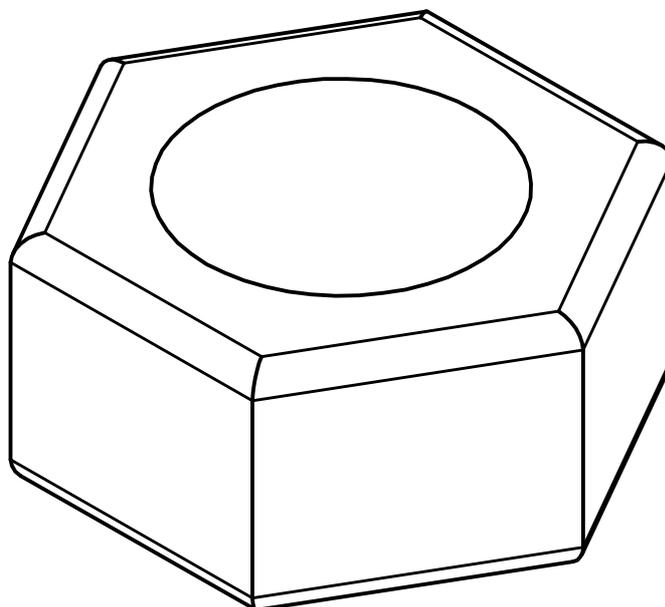
Alzado (1: 1)



Planta (1: 1)



VISTA 3D (2: 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

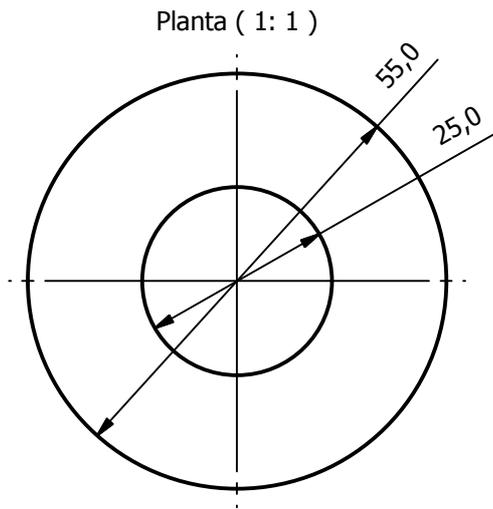
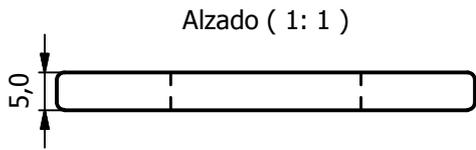
EJE DELANTERO Y TRASERO

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

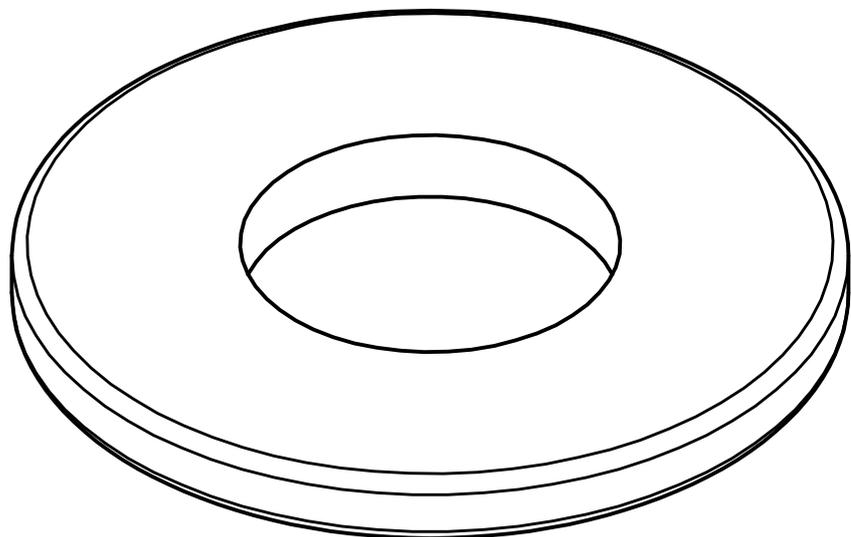
Fecha: Junio

nº plano: 13

escalas: X



VISTA 3D (2: 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

EJE DELANTERO Y TRASERO

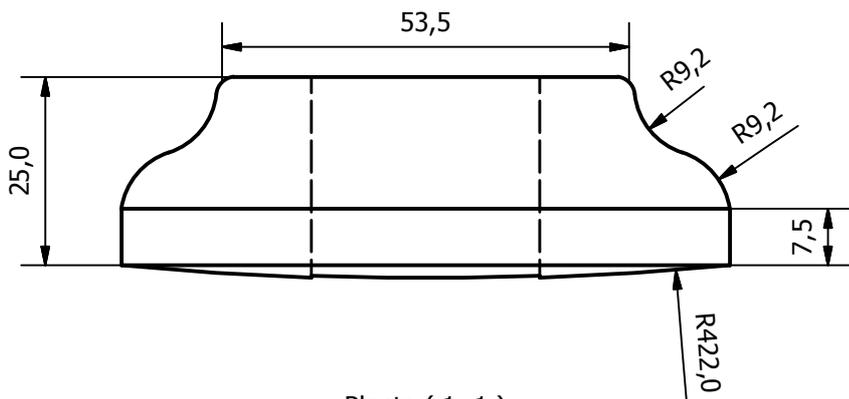
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

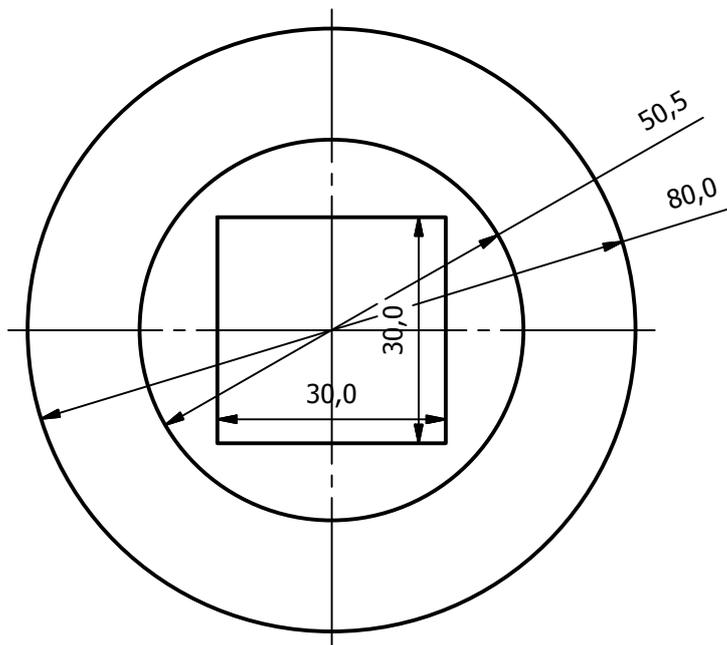
nº plano: 13

escalas: X

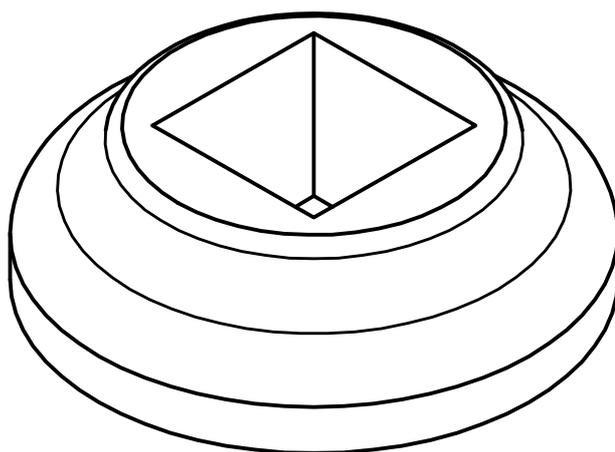
Alzado (1 : 1)



Planta (1 : 1)



VISTA 3D (1 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

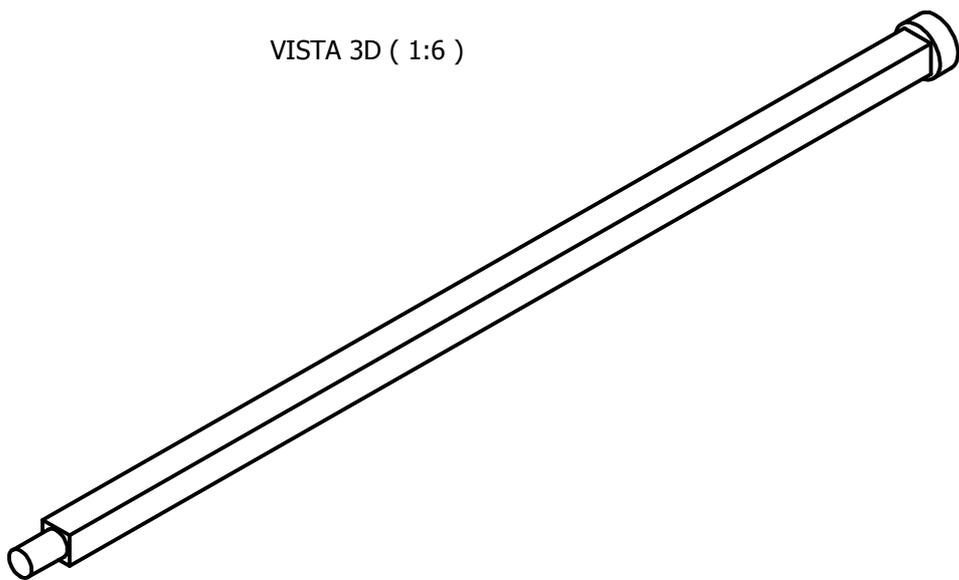
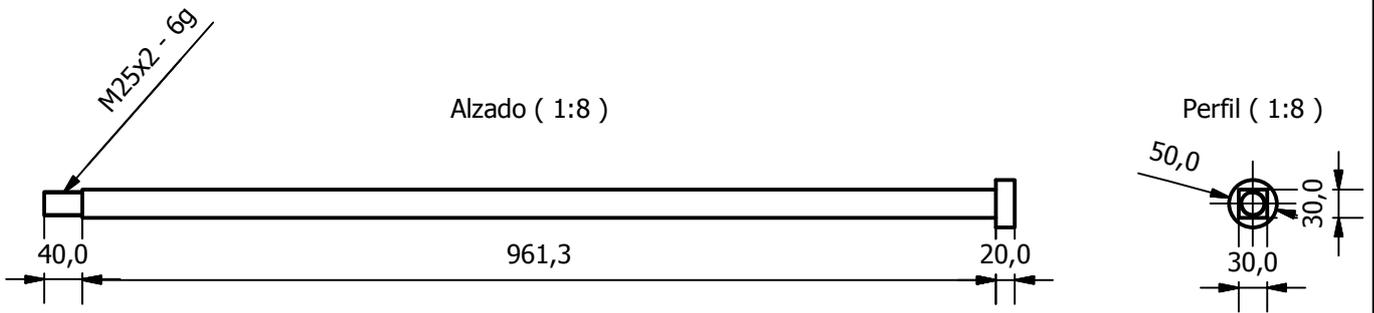
EJE DELANTERO Y TRASERO

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

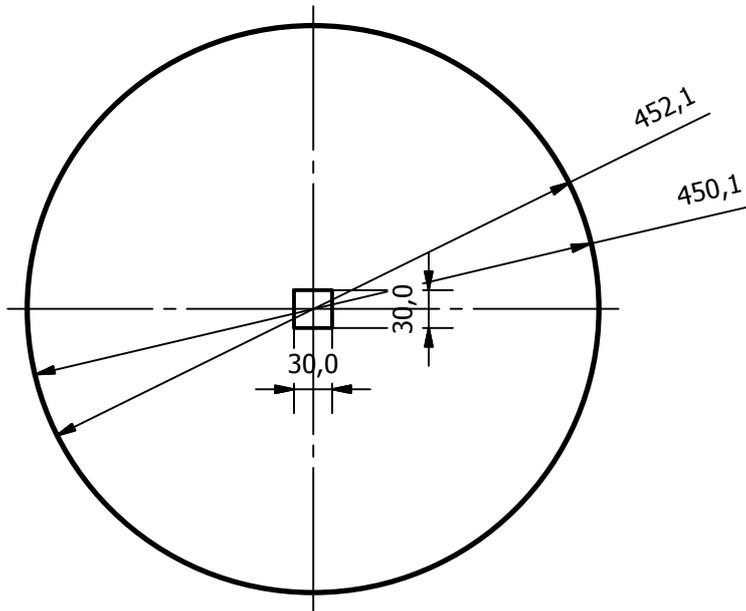
nº plano: 13

escalas: X

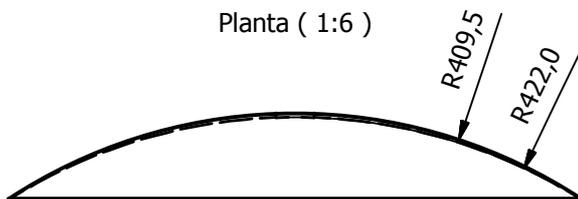


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	EJE DELANTERO Y TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 13
		escalas: X

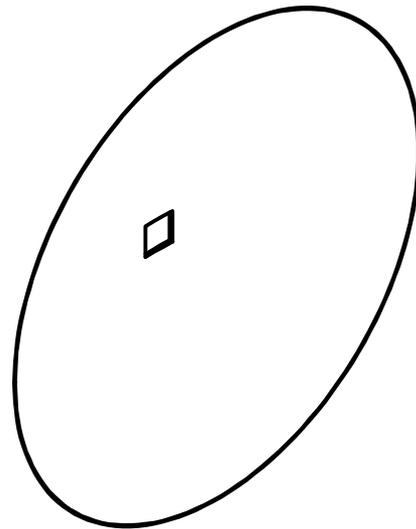
Alzado (1:6)



Planta (1:6)



VISTA 3D (1:6)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

EJE DELANTERO Y TRASERO

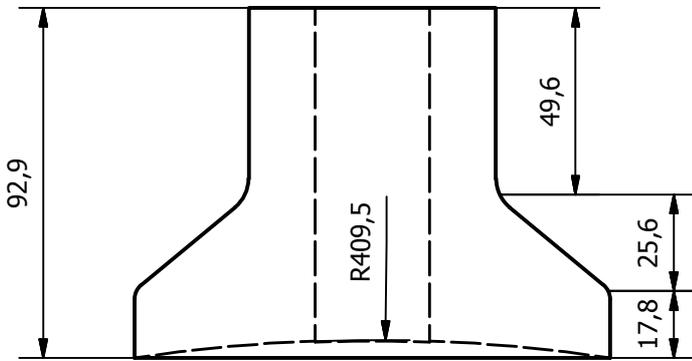
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

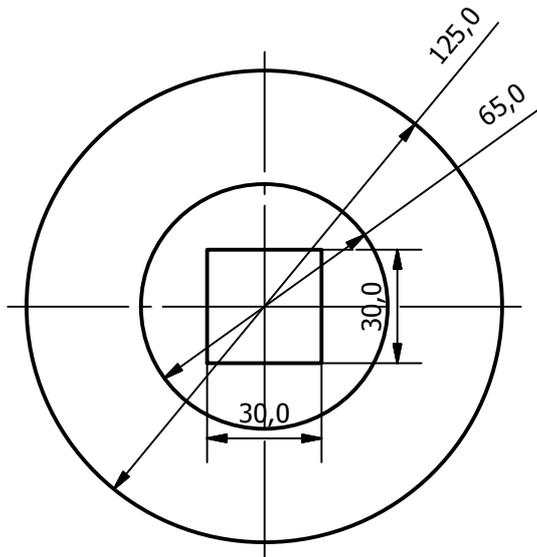
nº plano: 13

escalas: X

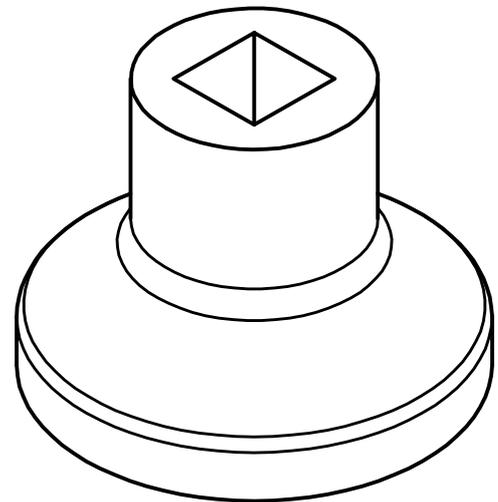
Alzado (1:2)



Planta (1:2)



VISTA 3D (1:2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

EJE DELANTERO Y TRASERO

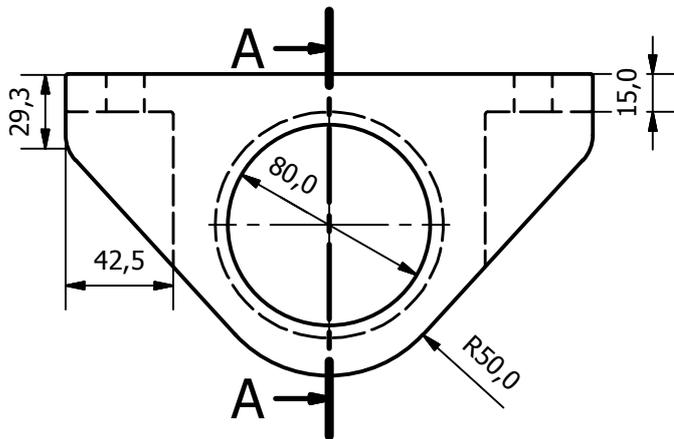
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

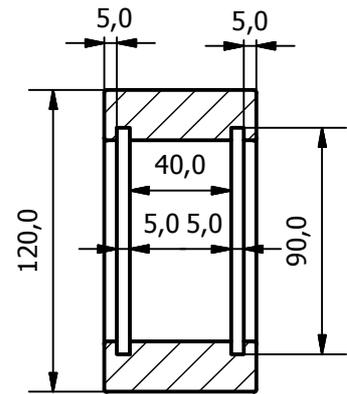
nº plano: 13

escalas: X

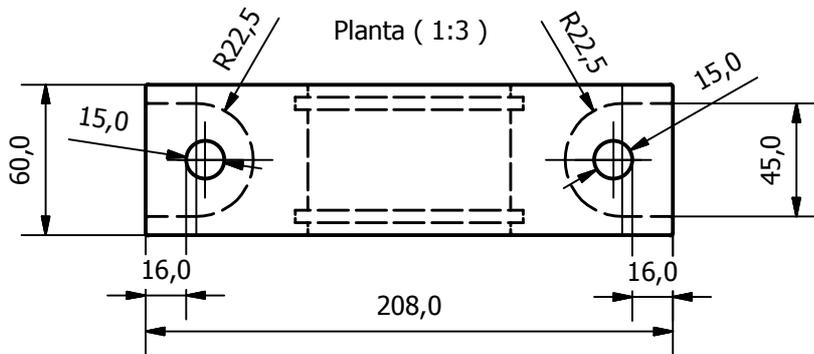
Alzado (1:3)



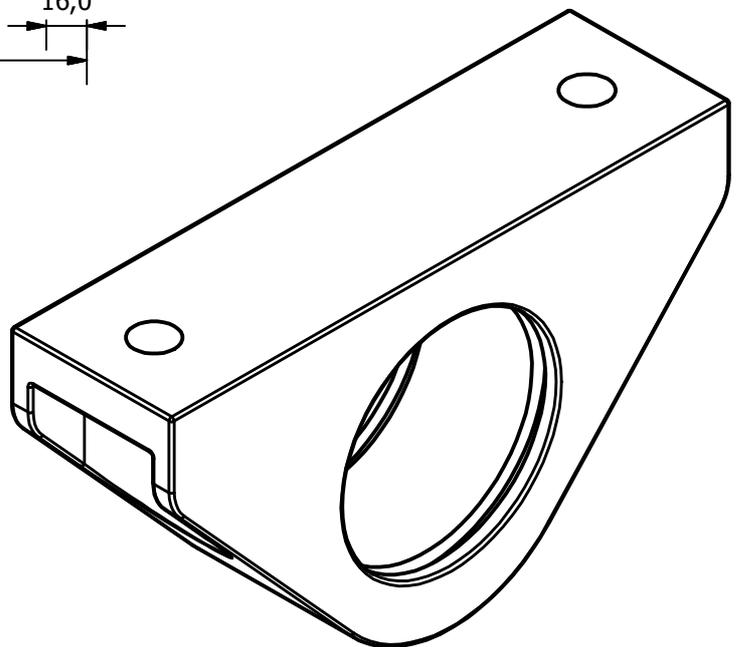
A-A (1:3)



Planta (1:3)



VISTA 3D (1:2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

EJE DELANTERO Y TRASERO

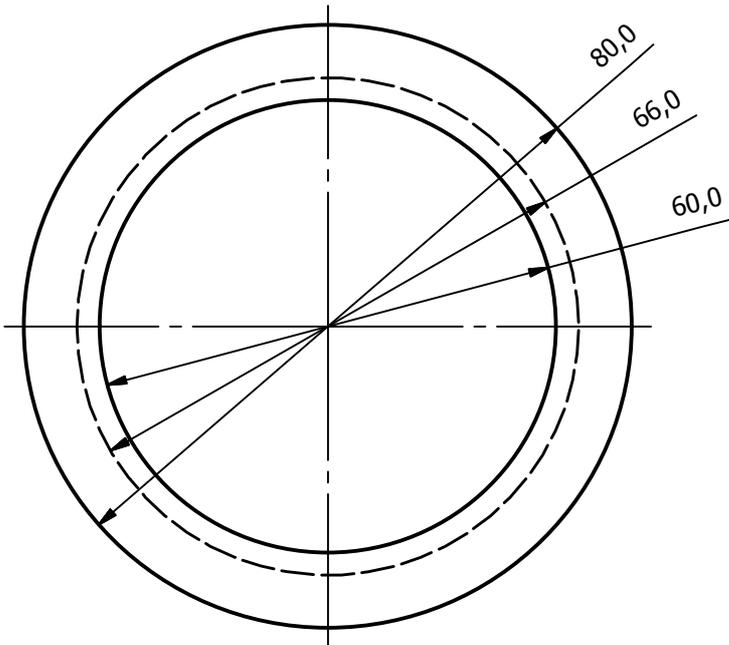
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

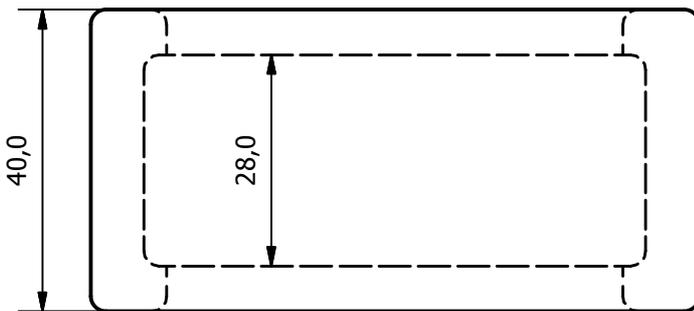
nº plano: 13

escalas: X

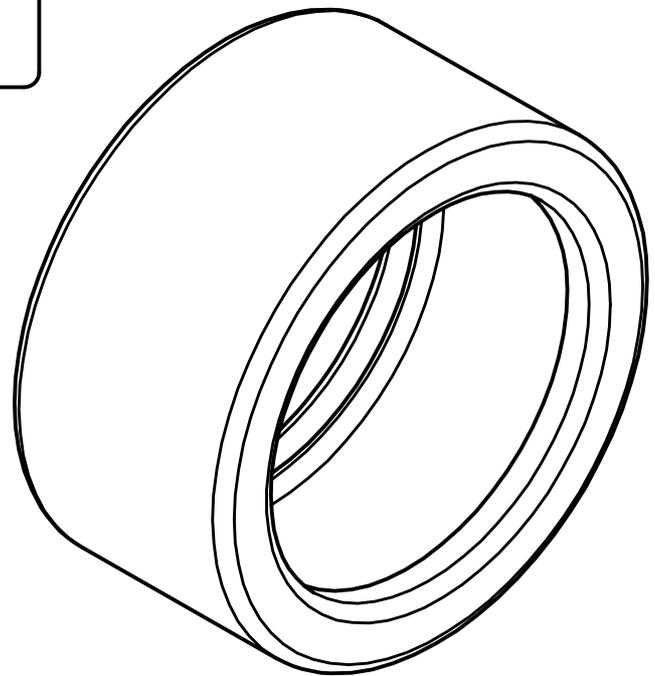
Alzado (1:1)



Planta (1:1)



VISTA 3D (1:1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

EJE DELANTERO Y TRASERO

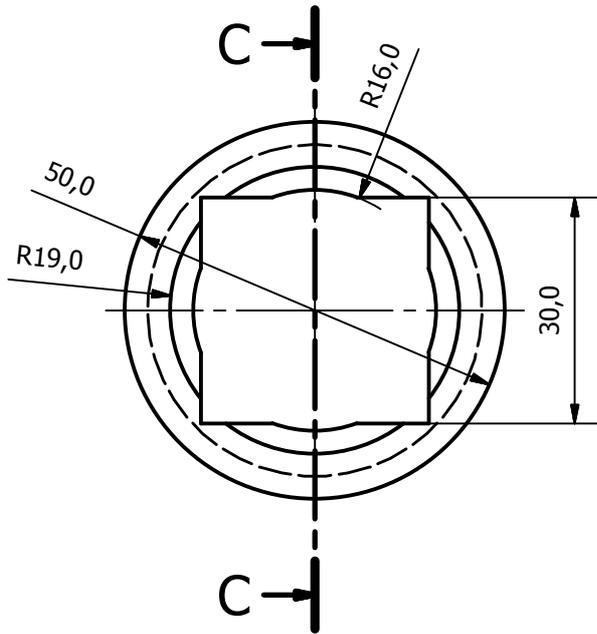
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

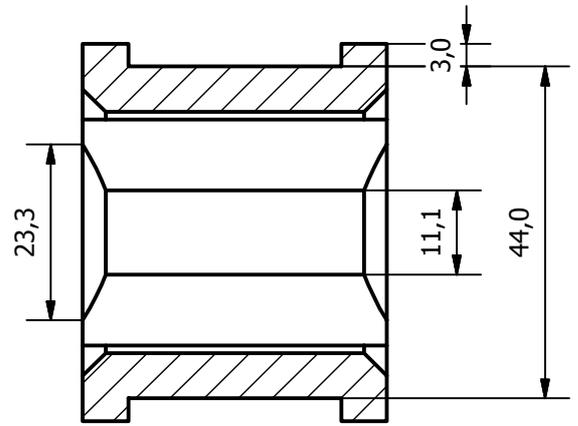
nº plano: 13

escalas: X

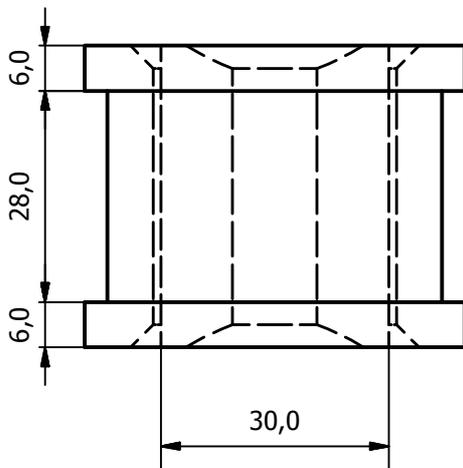
Alzado (1:1)



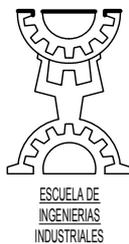
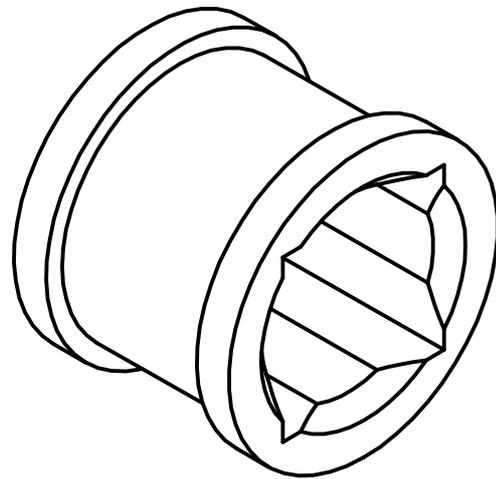
C-C (1:1)



Planta (1:1)



VISTA 3D (1:1)



ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

EJE DELANTERO Y TRASERO

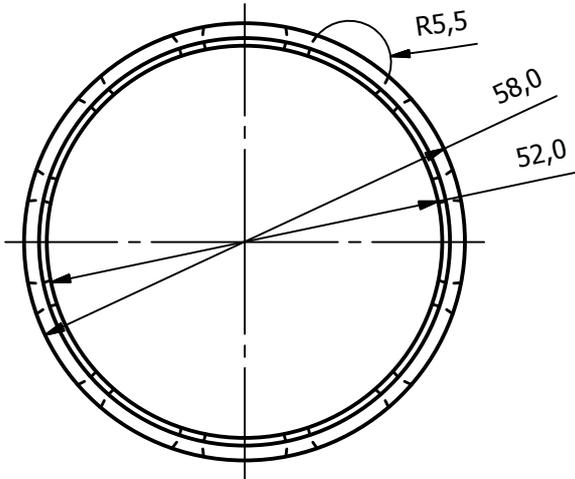
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

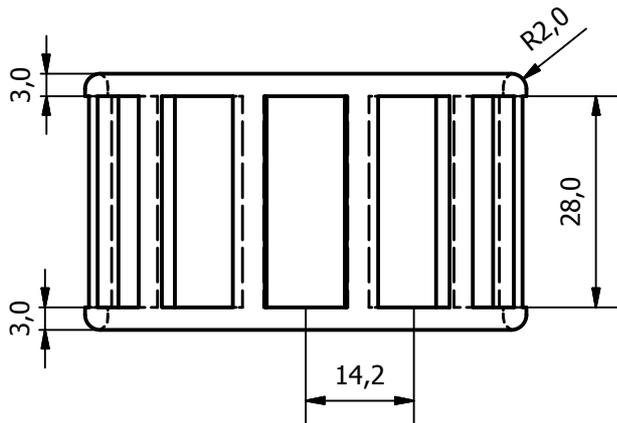
nº plano: 13

escalas: X

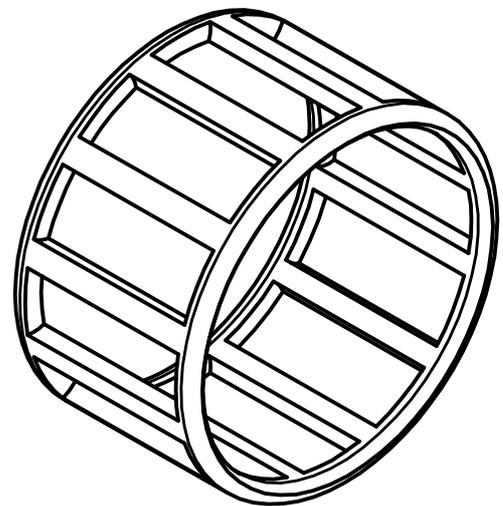
Alzado (1:1)



Planta (1:1)



VISTA 3D (1:1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

EJE DELANTERO Y TRASERO

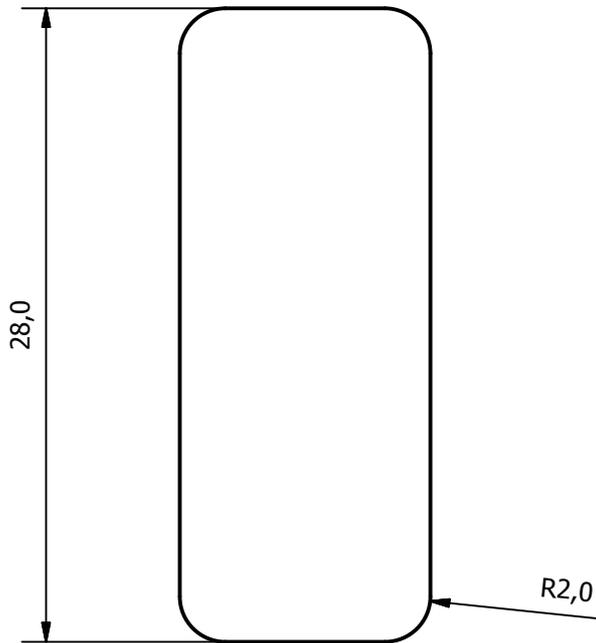
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

nº plano: 13

escalas: X

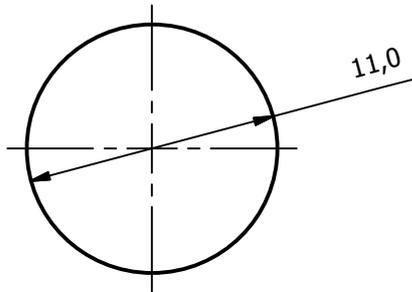
Alzado (3:1)

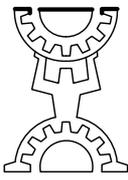


VISTA 3D (2:1)

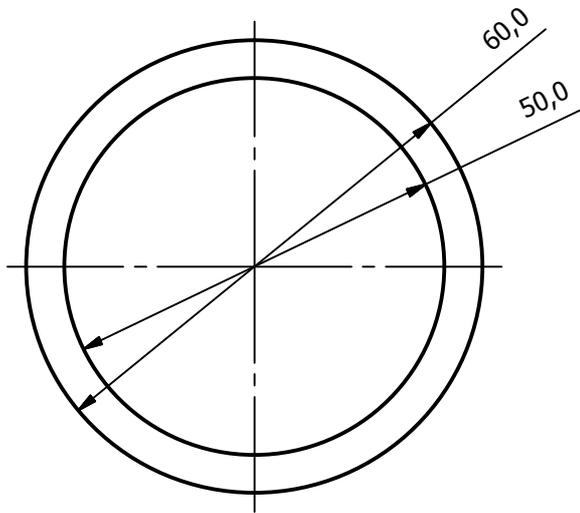


Planta (3:1)

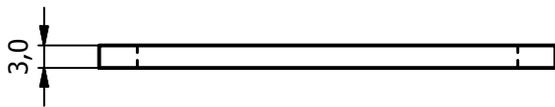


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	EJE DELANTERO Y TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 13
		escalas: X

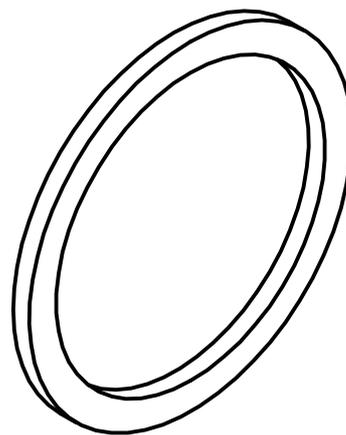
Alzado (1:1)



Planta (1:1)



VISTA 3D (1:1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

EJE DELANTERO Y TRASERO

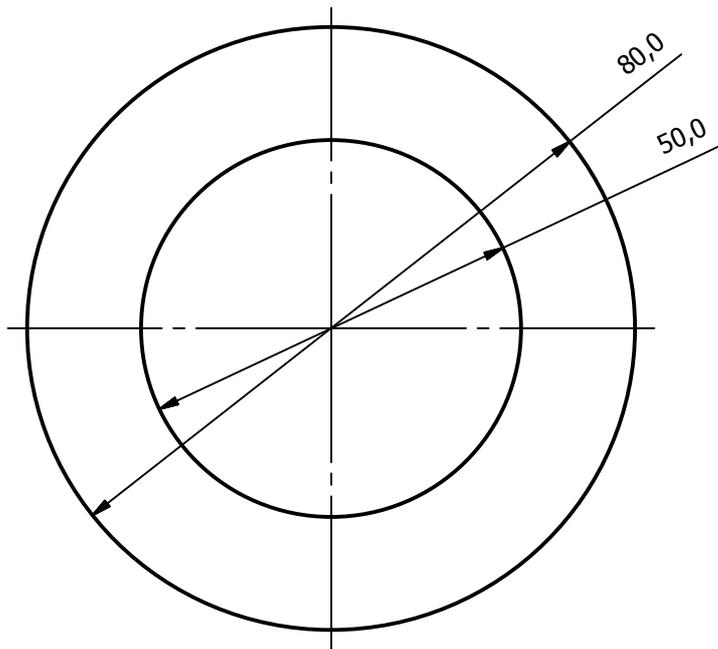
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

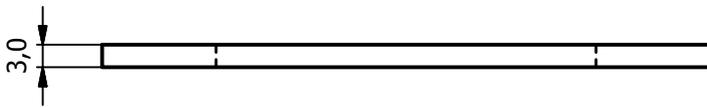
nº plano: 13

escalas: X

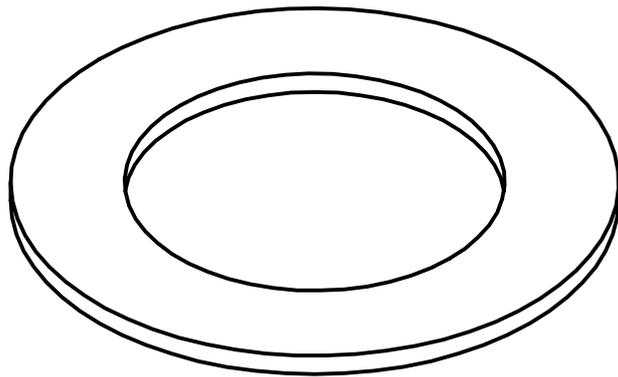
Alzado (1:1)



Planta (1:1)



VISTA 3D (1:1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

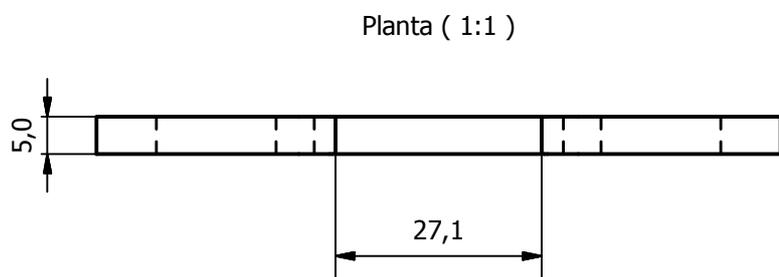
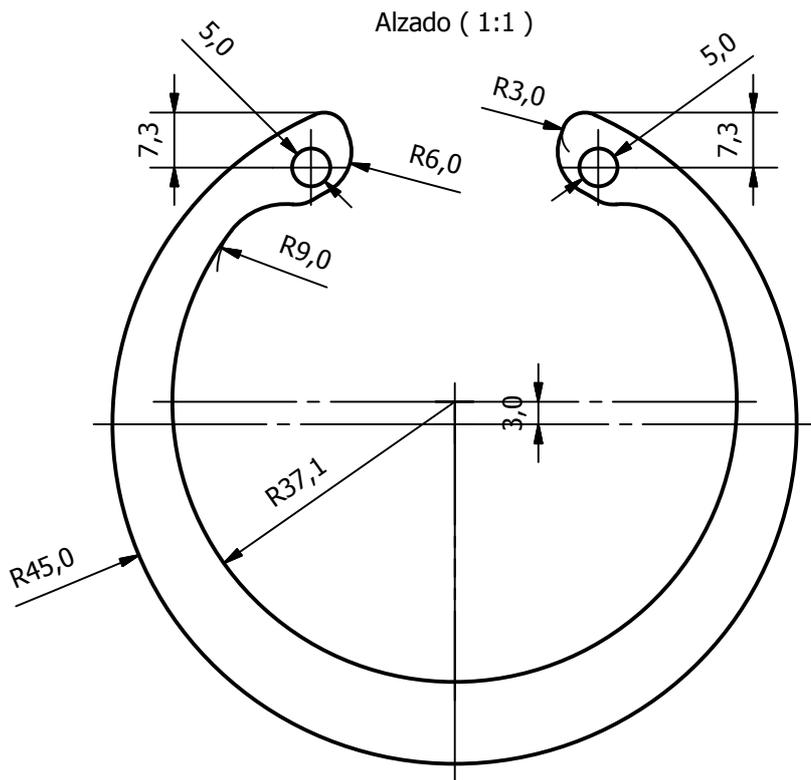
EJE DELANTERO Y TRASERO

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

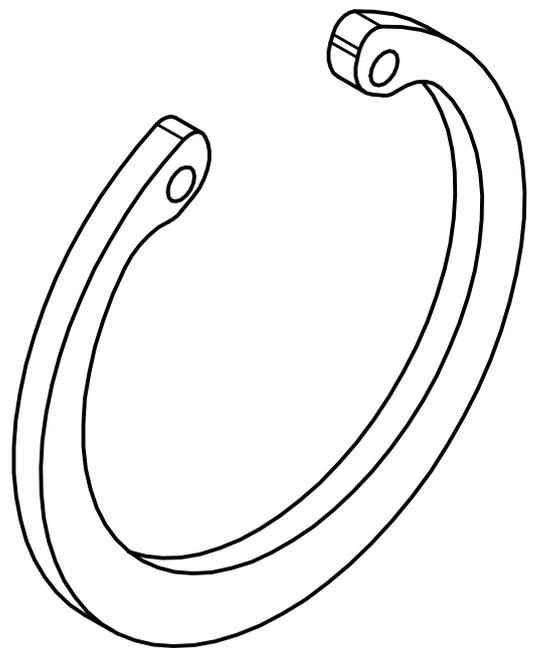
Fecha: Junio

nº plano: 13

escalas: X

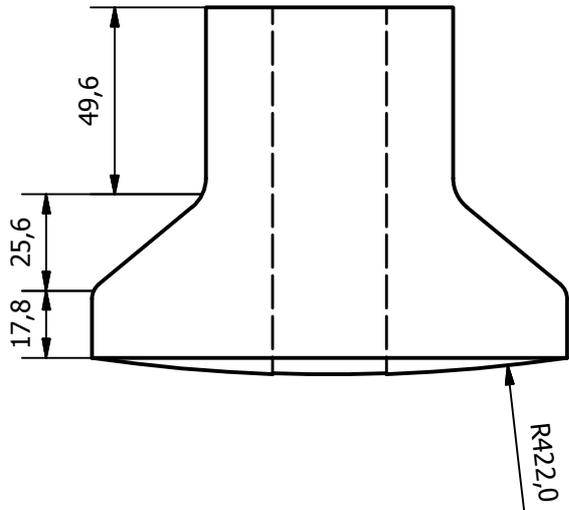


VISTA 3D (1:1)

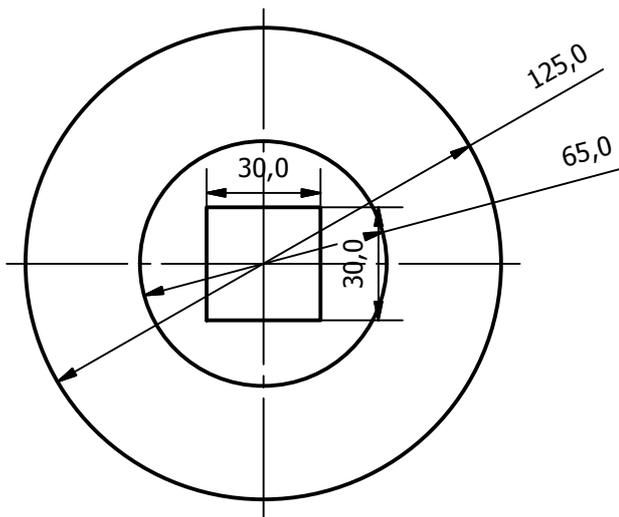


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	EJE DELANTERO Y TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 13
		escalas: X

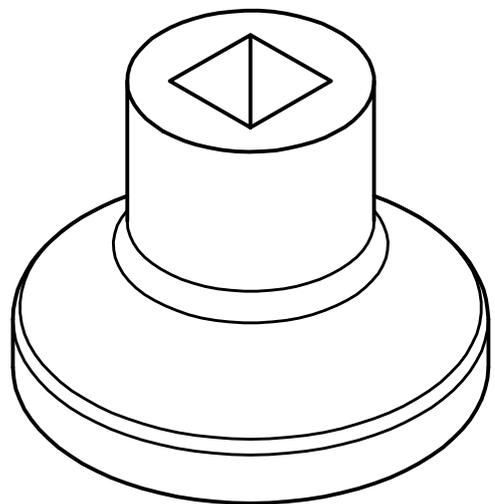
Alzado (1:2)



Planta (1:2)



VISTA 3D (1:2)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

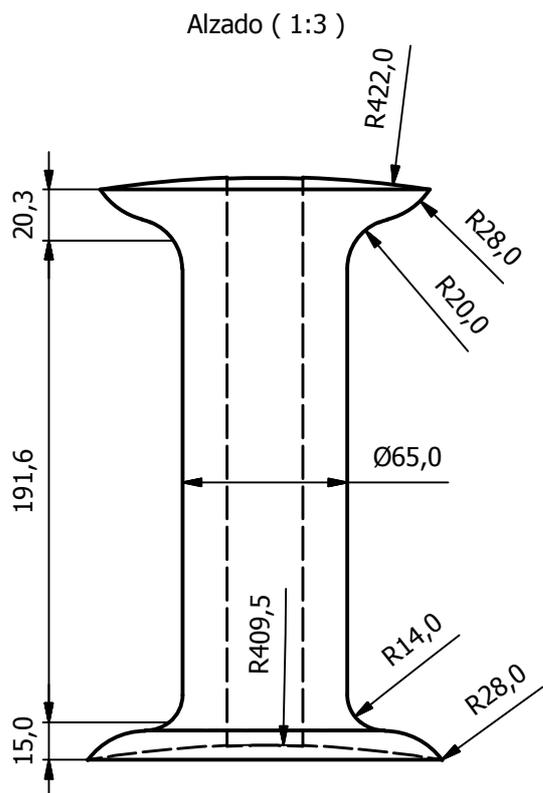
EJE DELANTERO Y TRASERO

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

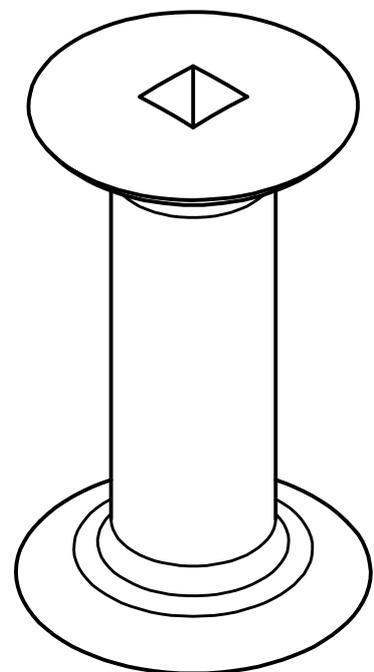
Fecha: Junio

nº plano: 13

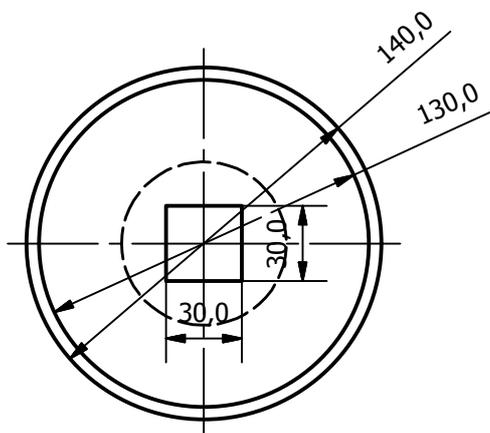
escalas: X



VISTA 3D (1:3)



Planta (1:3)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

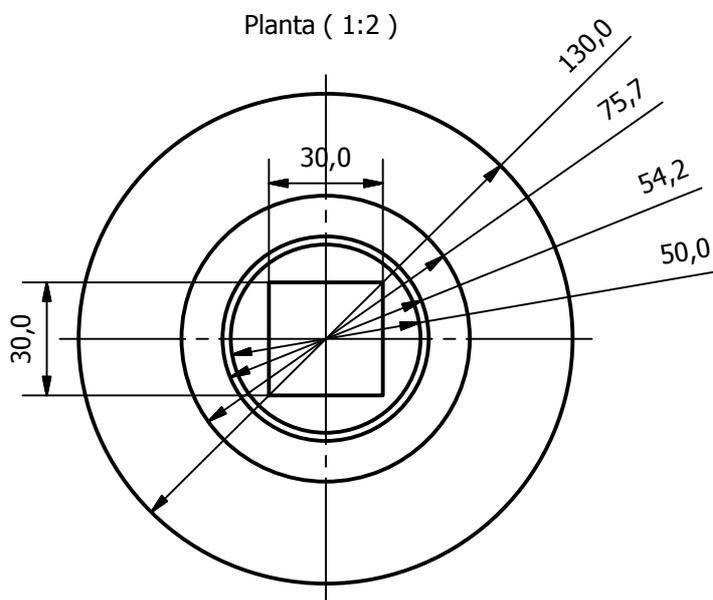
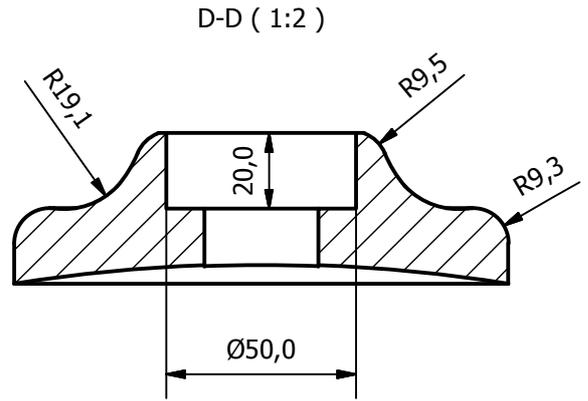
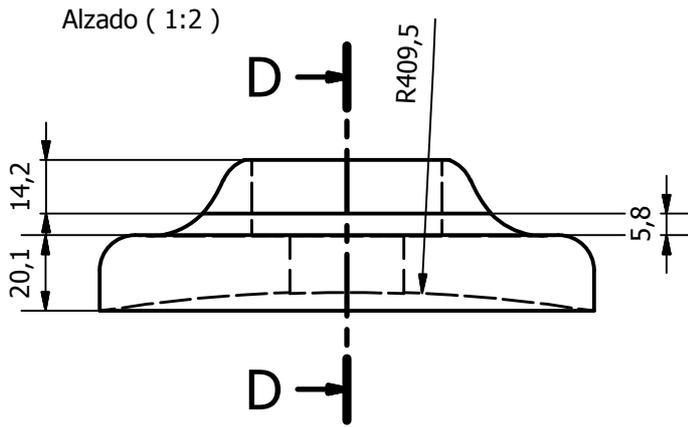
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

EJE DELANTERO Y TRASERO

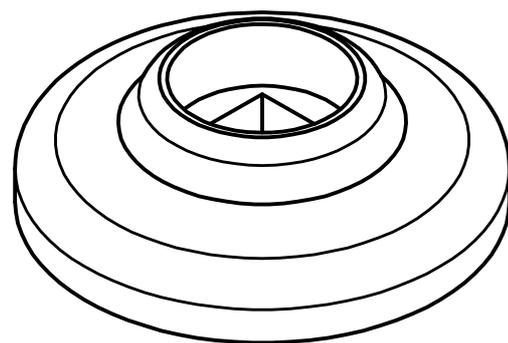
Fecha: Junio

nº plano: 13

escalas: X

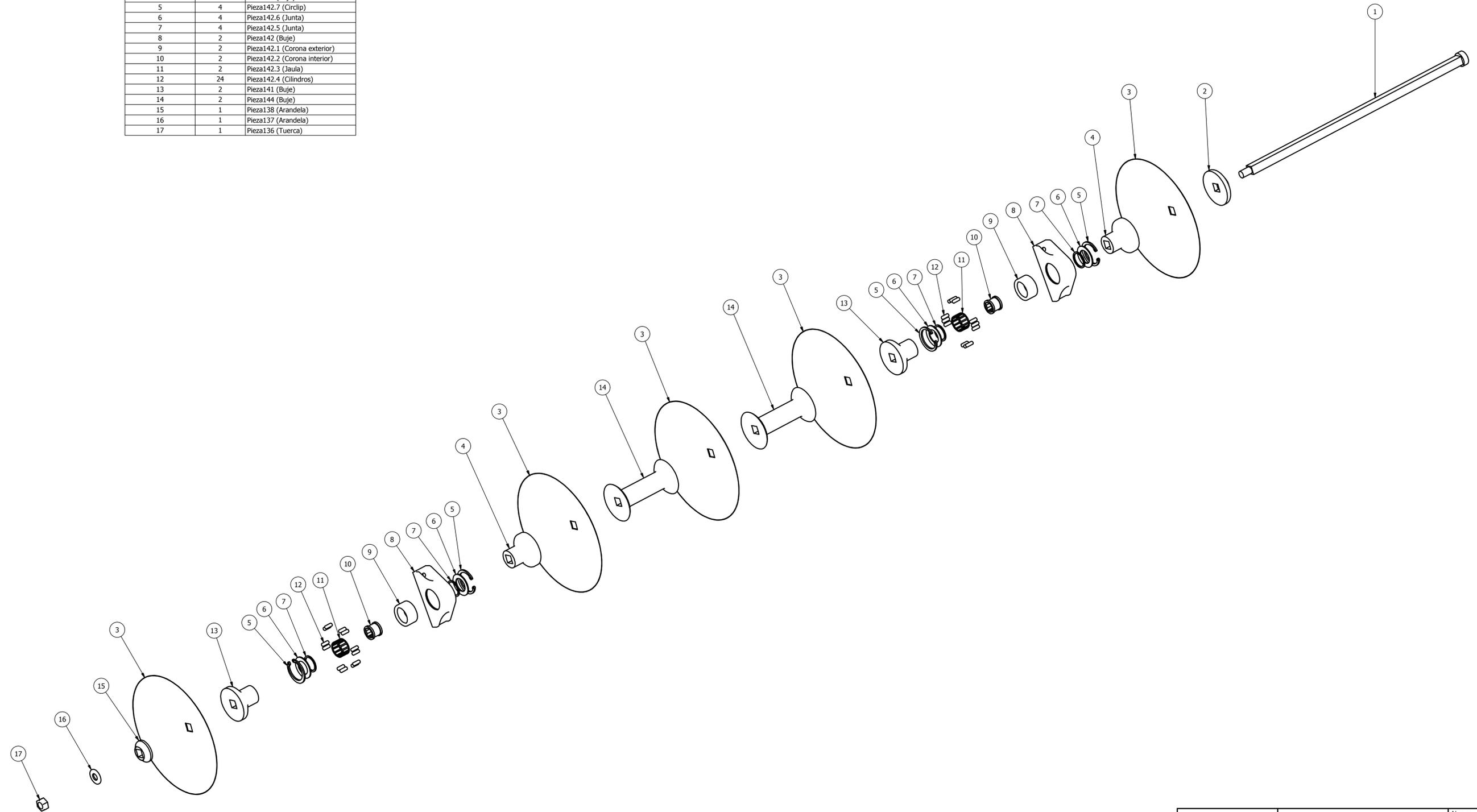


VISTA 3D (1:2)

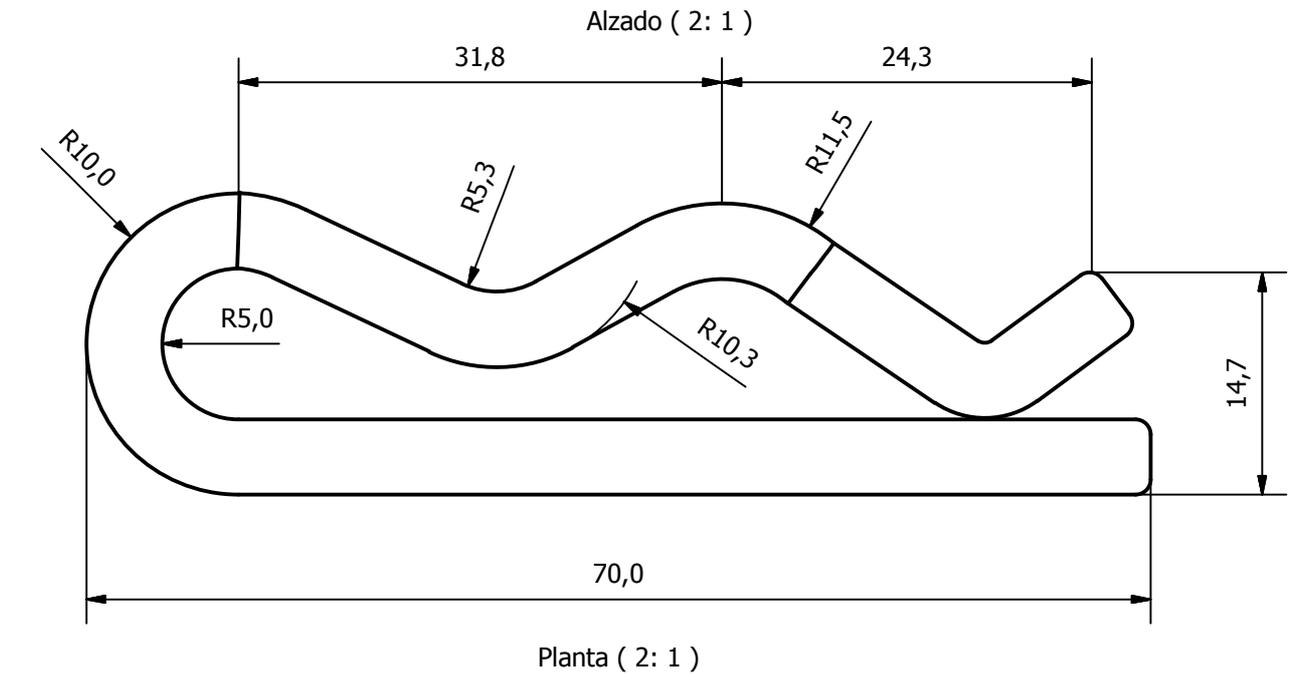


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	EJE DELANTERO Y TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 13
		escalas: X

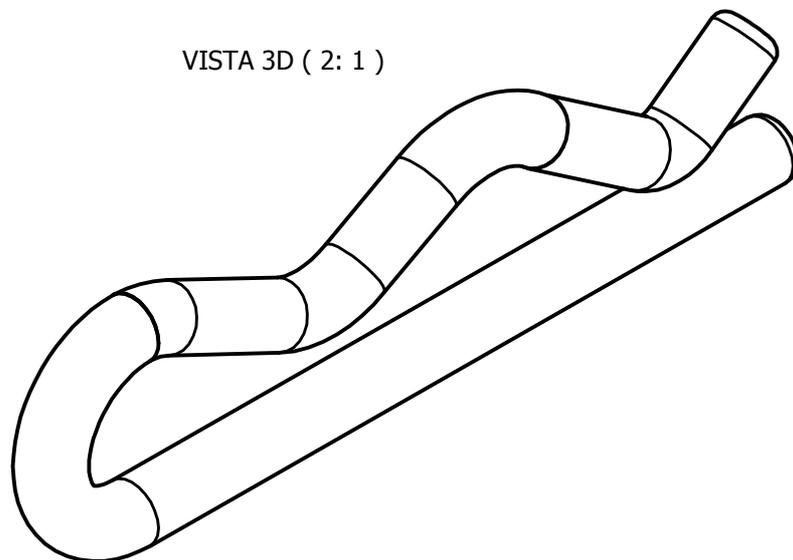
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Pieza139 (Eje)
2	1	Pieza145 (Arandela)
3	5	Pieza140 (Disco)
4	2	Pieza143 (Buje)
5	4	Pieza142.7 (Circlip)
6	4	Pieza142.6 (Junta)
7	4	Pieza142.5 (Junta)
8	2	Pieza142 (Buje)
9	2	Pieza142.1 (Corona exterior)
10	2	Pieza142.2 (Corona interior)
11	2	Pieza142.3 (Jaula)
12	24	Pieza142.4 (Cilindros)
13	2	Pieza141 (Buje)
14	2	Pieza144 (Buje)
15	1	Pieza138 (Arandela)
16	1	Pieza137 (Arandela)
17	1	Pieza136 (Tuerca)



	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	EJE DELANTERO Y TRASERO	Fecha: Junio
		nº plano: 13
		escalas: X

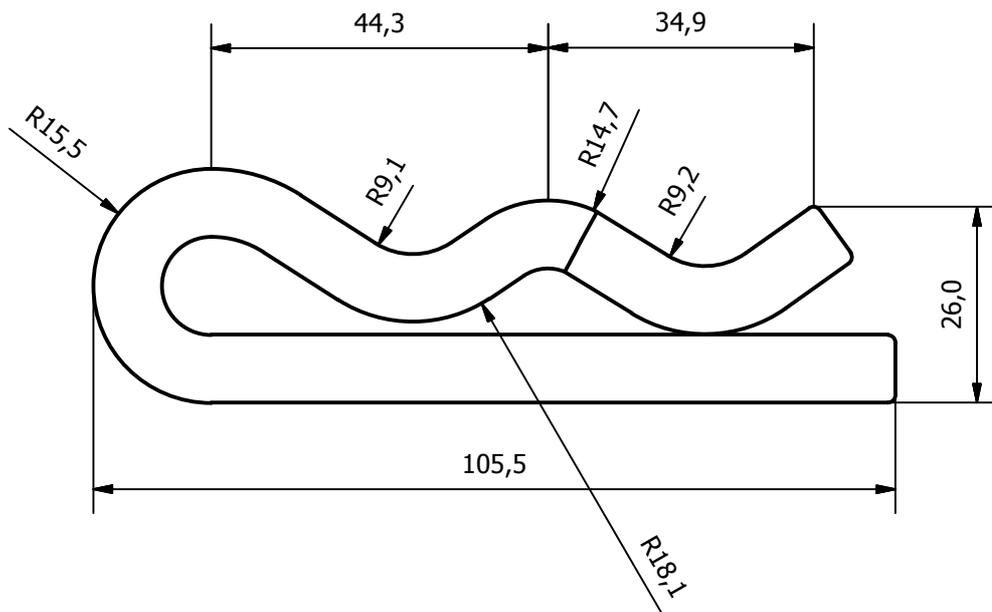


VISTA 3D (2: 1)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	CLIPS	Fecha: Junio
		nº plano: 14
		escalas: X

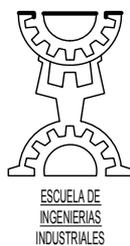
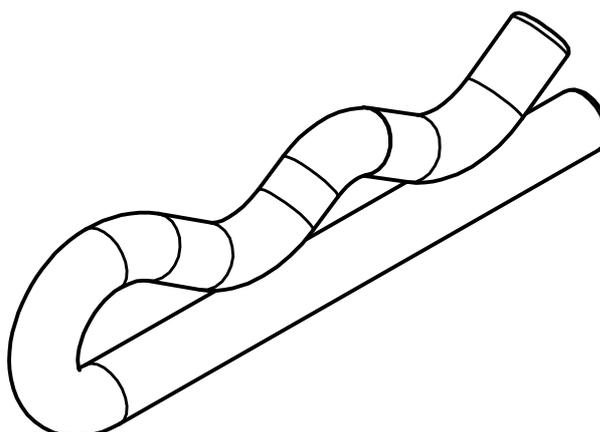
Alzado (1 : 1)



Planta (1 : 1)



VISTA3D (1 : 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

CLIPS

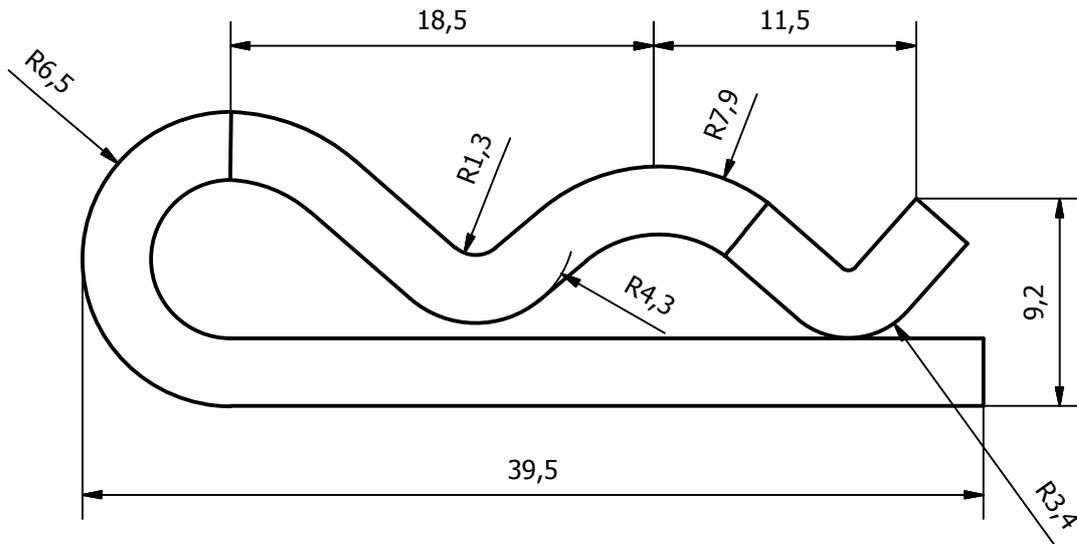
Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

nº plano: 14

escalas: X

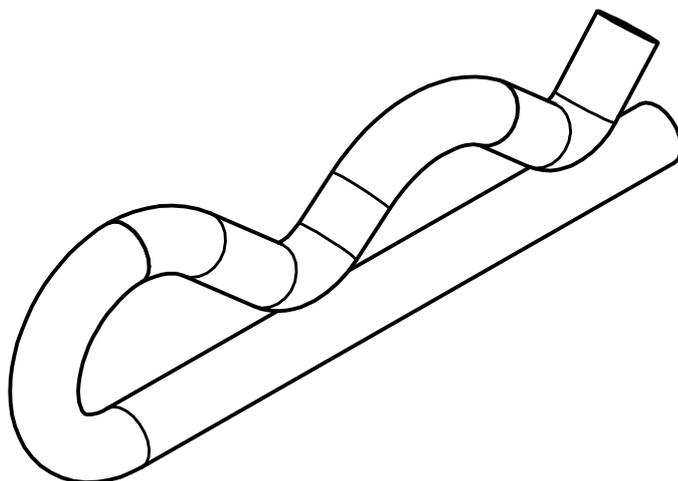
Alzado (3: 1)



Planta (3: 1)



VISTA 3D (3: 1)



DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS

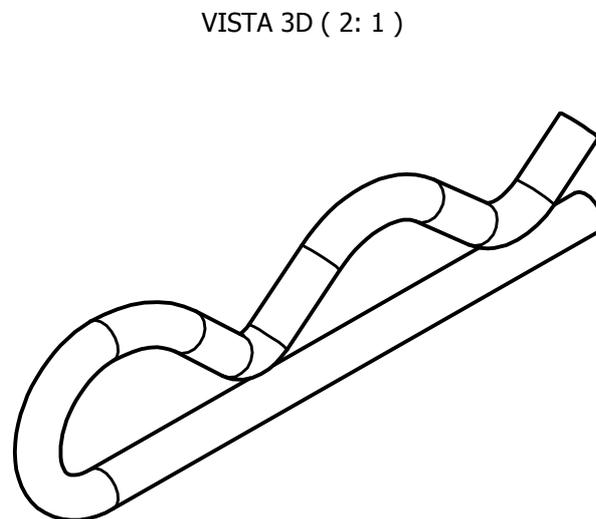
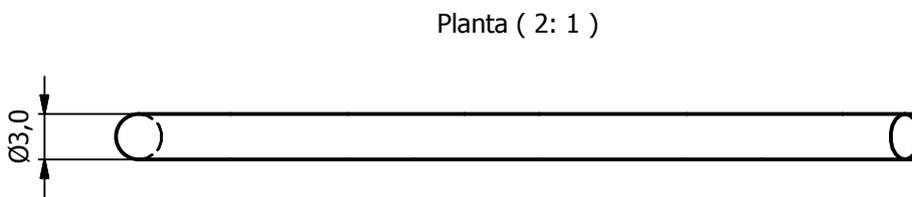
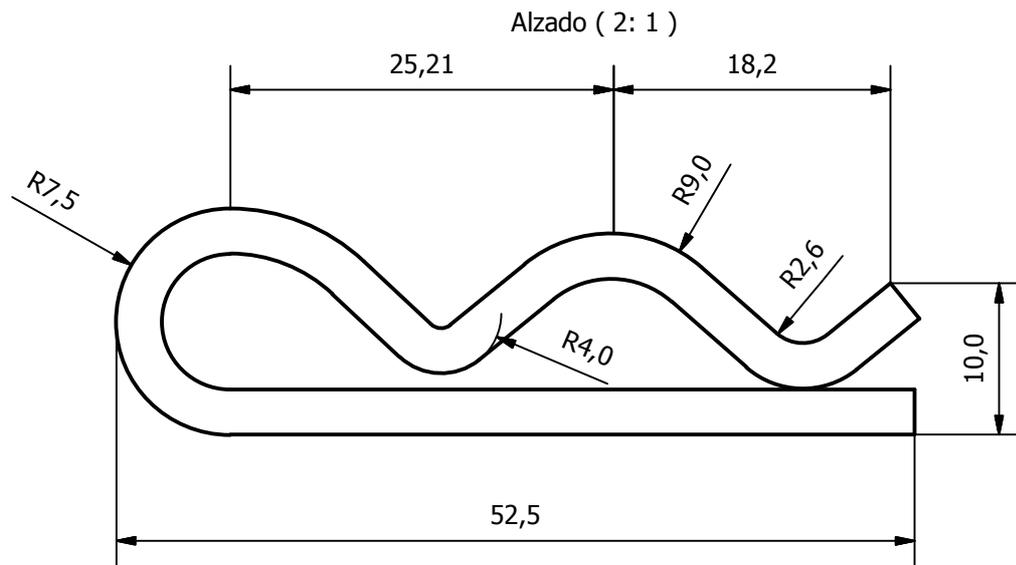
CLIPS

Alumno:
De La Hoz Hernández,
Juan Manuel

Fecha: Junio

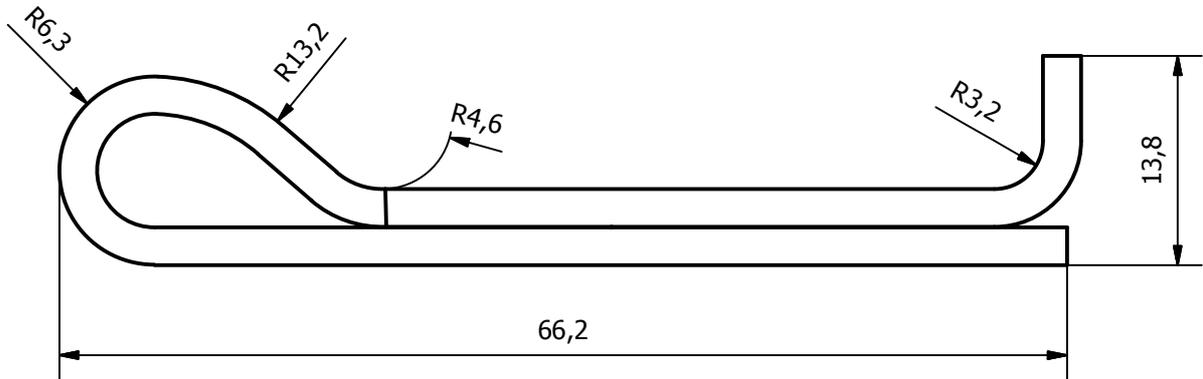
nº plano: 14

escalas: X

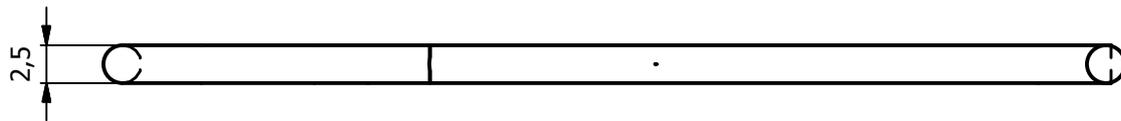


 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	CLIPS	Fecha: Junio
		nº plano: 14
		escalas: X

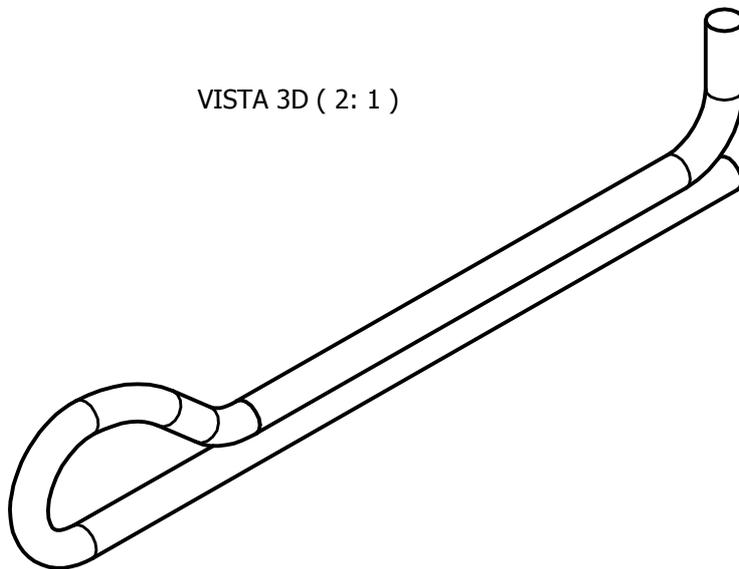
Alzado (2: 1)



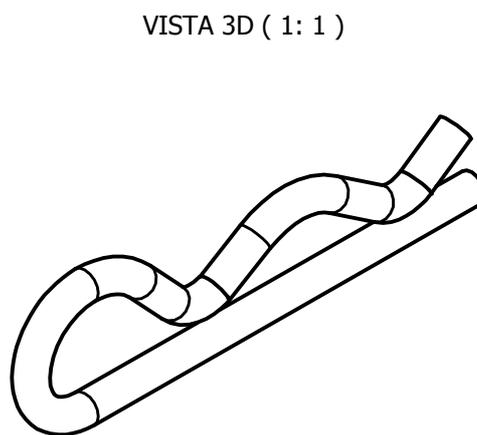
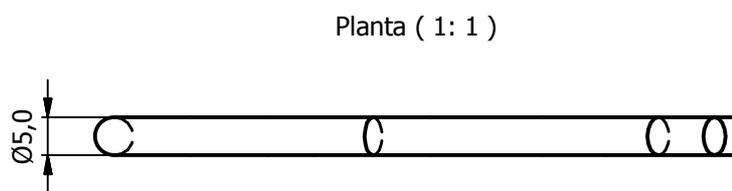
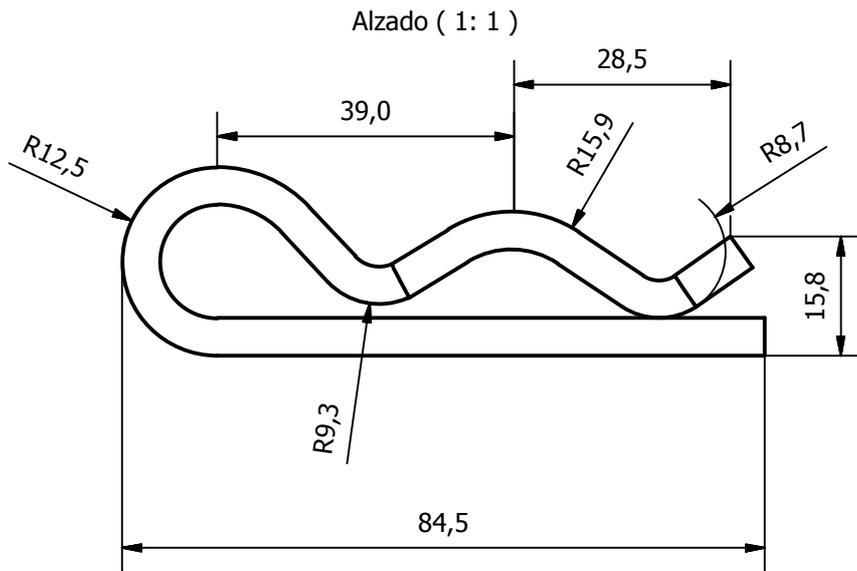
Planta (2: 1)



VISTA 3D (2: 1)



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	CLIPS	Fecha: Junio
		nº plano: 14
		escalas: X



 <p>ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES</p>	DISEÑO Pco., ADAPTACIÓN CE Y ESFUERZOS	Alumno: De La Hoz Hernández, Juan Manuel
	CLIPS	Fecha: Junio
		nº plano: 14
		escalas: X