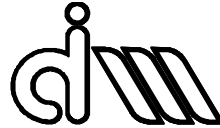


UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales



Trabajo Fin de Máster en Ingeniería Mecánica

“Análisis del comportamiento dinámico del banco de ensayos HIL de pantógrafos con catenarias virtuales”

Presentado por: Juan Ramón Roca Castro

Dirigido por:

Dr. Manuel Tur Valiente

Dr. Francisco Javier Fuenmayor

Valencia, febrero de 2022

Resumen

La Universidad Politécnica de Valencia desarrolló un banco de pruebas para pantógrafos con el uso de catenarias virtuales. El mismo consiste en una estructura en forma de pórtico con un sistema de excitación vertical eléctrico. Este será mejorado ampliando su rango de frecuencias, e incluyendo dos movimientos adicionales para la simulación: descentrado y peralte de curva. La investigación presente tiene como objetivo el desarrollo de un modelo virtual en elementos finitos del banco, para caracterizar el comportamiento dinámico y posteriormente utilizar el mismo, para realizar modificaciones y ampliar su rango de frecuencias de ensayo. Se realizó un análisis modal experimental a través de un martillo instrumentado y un acelerómetro. Con las FRF obtenidas y el programa Matlab® se reconstruyó un modelo virtual del banco para determinar las frecuencias naturales e identificar los modos de vibración principales. Después, con ayuda de los planos, fichas técnicas y datos reales, se desarrolló un modelo de elementos finitos con ayuda del programa ANSYS®. Se utilizó técnicas de modelado para representar todos los elementos de la estructura, así como sus respectivos ensambles. Utilizando los resultados del análisis modal experimental y del análisis modal de elementos finitos, se ajustó el modelo de elementos finitos para alcanzar los valores reales. Una vez ajustado el modelo de elementos finitos, se logró reproducir con excelente precisión el modo vertical y el modo lateral del banco de pruebas y con una precisión aceptable el modo axial y torsional con eje de rotación en “y”.

Palabras clave: banco de pruebas, modelo virtual experimental, frecuencia natural, modo de vibración, modelo de elementos finitos.

Abstract

The Polytechnic University of Valencia developed a test bench for pantographs with the use of virtual catenaries. It consists of a frame-shaped structure with a vertical electrical excitation system. This will be improved by expanding its frequency range, and including two additional movements for the simulation: offset and curve camber. The objective of this research is the development of a virtual model in finite elements of the bench, to characterize the dynamic behavior and later use it, to make modifications and expand its test frequency range. An experimental modal analysis was performed through an instrumented hammer and an accelerometer. With the FRF obtained and a Matlab® program, a virtual model of the bench was reconstructed to determine the natural frequencies and to identify the main vibration modes. Then, with the help of the plans, technical sheets and real data, a finite element model was developed with ANSYS® program. Modeling techniques were used to represent all the elements of the structure, as well as their respective assemblies. Using the results of the experimental modal analysis and the finite element modal analysis, the finite element model was adjusted to achieve the actual values. Once the finite element model was adjusted, it was possible to reproduce the vertical mode and the lateral mode of the test bench with excellent precision as well as the axial and torsional mode (axis of rotation in "y") with an acceptable precision.

Key words: test bench, virtual experimental model, natural frequency, vibration mode, finite elements model.

Contenido

Resumen	2
Abstract	3
1. Introducción	7
1.1 Catenaria	7
1.2 Pantógrafo.....	8
1.2.1 Desempeño Mecánico de los Pantógrafos.....	10
1.3 Ensayos principales para Pantógrafos.....	11
2. Antecedentes	12
3. Motivación y Objetivos	14
3.1 Objetivo.....	14
4. Caracterización experimental del comportamiento dinámico	15
4.1 Técnicas Experimentales para Análisis de Vibraciones	15
4.2 Método para Análisis Modal Experimental.....	16
4.3 Resultados del análisis modal Experimental.....	22
5. Modelo de Elementos Finitos del Banco.....	28
5.1 Método de los Elementos Finitos.....	28
5.2 Método construcción modelo EF	29
5.2.1 Modelado del pórtico principal (Etapa 1)	29
5.2.2 Modelado del soporte del excitador (Etapa 2)	32
5.2.3 Modelado de las placas rigidizadoras (Etapa 3).....	35
5.2.4 Ensamblaje del pórtico principal y soporte del excitador (Etapa 4)	36
5.2.5 Condiciones de contorno y análisis modal.....	37
5.3 Resultados del Análisis modal mediante MEF	38
6. Comparación de los modos Experimentales y modos MEF	42
7. Conclusiones y recomendaciones	44
7.1 Conclusiones.....	44
7.2 Recomendaciones	45
8. Bibliografía	46
9. Anexos.....	47
Ilustración 1: Pantógrafo en contacto con catenaria.....	7
Ilustración 2: Catenaria Shinkansen, Japón.....	8
Ilustración 3: Configuración estructural catenaria Re160, Alemania	8
Ilustración 4: Partes de un pantógrafo de brazo simple. Fuente: Pantograph and Contact Line System	8
Ilustración 5: Sección barra colectora. Fuente: Pantograph and Contact Line Systems.....	9

Ilustración 6: Pantógrafo de doble brazo. Fuente: Wikipedia	10
Ilustración 7: Pantógrafo de brazo simple. Fuente: Sitio web: Engineering Master.....	10
Ilustración 8: Pantógrafo de brazo simple con accionamiento neumático. Fuente: Sitio web: Shunk Group.....	10
Ilustración 9: Fuerzas que actúan en el pantógrafo. Fuente: Pantograph and Contact Line Systems	11
Ilustración 10: Banco de pruebas para pantógrafos DB.....	12
Ilustración 11: Isométrico Banco de pruebas.....	13
Ilustración 12: Banco de pruebas real UPV.....	14
Ilustración 13: Diagrama sistema de medición de vibraciones. Fuente: Vibraciones Mecánicas, Singiresu S. Rao 5ta Ed	15
Ilustración 14: Martillo instrumentado y acelerómetros. Fuente: Sitio web: Roga Instruments	16
Ilustración 15: Martillos de impulso instrumentados. Fuente: Elaboración propia	16
Ilustración 16: Acelerómetro piezoeléctrico. Fuente: Elaboración propia	16
Ilustración 17: Posiciones en vista superior. Fuente: Elaboración Propia	17
Ilustración 18: Posiciones vista izquierda. Fuente: Elaboración Propia	17
Ilustración 19: Posiciones vista derecha. Fuente: Elaboración propia.....	17
Ilustración 20: Posiciones frontales. Fuente: Elaboración propia	18
Ilustración 21: Posiciones posteriores. Fuente: Elaboración propia.....	18
Ilustración 22: Posiciones barra de contacto. Fuente: Elaboración propia	19
Ilustración 23: Posiciones soporte del excitador. Fuente: Elaboración propia.....	19
Ilustración 24: Sistema de adquisición de datos National Instruments NI cDAQ-9174.....	20
Ilustración 25: Sistema de coordenadas global del banco. Fuente: Elaboración propia	21
Ilustración 26: Posicionamiento del acelerómetro en los puntos de medida (punto 13). Fuente: Elaboración propia	22
Ilustración 27: Función de respuesta en frecuencia del punto 12, con excitación en 12 axial. Fuente: Elaboración propia.....	23
Ilustración 28: Función de respuesta en frecuencia punto 10, excitación en 10. Fuente: Elaboración propia.....	24
Ilustración 29: Función de respuesta en frecuencia punto 12, con excitación en 12 vertical. Fuente: Elaboración propia	24
Ilustración 30: Captura animación modo experimental axial. Fuente: Elaboración propia	25
Ilustración 31: Captura animación modo experimental torsional en z. Fuente: Elaboración propia	26
Ilustración 32: Captura animación modo experimental lateral. Fuente: Elaboración propia.....	27
Ilustración 33: Captura animación modo experimental vertical. Fuente: Elaboración propia... ..	28
Ilustración 34: Partes principales del banco de prueba. Fuente: TFM: Diseño de un banco para ensayos dinámicos de pantógrafos. Fernando Peinado	29
Ilustración 35: Elementos tipo barra de la estructura del banco. Fuente: Elaboración propia ..	31
Ilustración 36: Estructura del banco discretizada. Fuente: Elaboración propia.....	32
Ilustración 37: Soporte Excitador Ensamblado. Fuente: elaboración propia.....	34
Ilustración 38: Conjunto de soporte ensamblado. Fuente: elaboración propia	35
Ilustración 39: Modelo de áreas de las placas rigidizadoras. Fuente: elaboración propia	35
Ilustración 40: Malla de elementos finitos de las placas rigidizadoras. Fuente: elaboración propia	36
Ilustración 41: Modelo de elementos finitos de banco de pruebas sin condiciones de contorno. Fuente: elaboración propia.....	37

Ilustración 42: Modelo EF del banco incluidas sus condiciones de contorno. Fuente: elaboración propia.	38
Ilustración 43: Modo axial MEF. Fuente: elaboración propia	39
Ilustración 44: Modo torsional MEF, con rotación en el eje y. Fuente: elaboración propia.....	40
Ilustración 45: Modo Lateral MEF. Fuente: elaboración propia.	41
Ilustración 46: Modo vertical MEF. Fuente: elaboración propia.	42
Tabla 2.1: Especificaciones Banco de prueba. Fuente: Elaboración Propia.....	13
Tabla 4.1: Resumen especificaciones martillo instrumentado y acelerómetro. Fuente: Elaboración propia	20
Tabla 4.2: Parámetros para le ejecución de mediciones con el sistema de adquisición. Fuente: Elaboración propia	21
Tabla 4.3: Modos principales experimentales. Fuente: Elaboración propia.....	25
Tabla 5.1: Propiedades aleación de aluminio 6060. Fuente: Elaboración propia.	30
Tabla 5.2: Resumen de propiedades de los perfiles de aluminio 6060 Bosch Rexroth.	30
Tabla 5.3: Orientación y desplazamiento de los ejes centroides según la codificación de la ilustración. Fuente: Elaboración propia	31
Tabla 5.4: Designación de espesores del soporte del excitador. Fuente: elaboración propia ...	33
Tabla 5.5: Asignación de espesores a placa de soporte y placa. Fuente: elaboración propia	33
Tabla 5.6: Descripción "Real Constant 1" para masas. Fuente: elaboración propia.....	36
Tabla 5.7: Descripción "Real Constant 2" para masas. Fuente: Elaboración propia	37
Tabla 5.8: Modos y frecuencias naturales del banco por MEF. Fuente: elaboración propia.....	38
Tabla 6.1: Comparativa de modos de vibración experimentales y modos de elementos finitos del banco de pruebas. Fuente: elaboración propia	43
Tabla 6.2: Error porcentual en modos experimentales y MEF. Fuente: elaboración propia.....	44

1. Introducción

La tendencia mundial actual, es migrar hacia medios de transporte de larga distancia más eco sustentables. Una de las alternativas que ha mostrado ser más prometedora, es la utilización de los transportes ferroviarios. Específicamente el transporte de pasajeros de alta velocidad, ya que sus tiempos se han vuelto competitivos con los del transporte aéreo tradicional. Desde los años 60, en varios países, se han hecho desarrollos a pasos agigantados; siendo los pioneros: Alemania, Francia, Japón y China. Por definición, un vehículo ferroviario, es considerado de alta velocidad si este puede superar los 200 km/h.

Uno de los problemas principales a resolver durante muchos años, fue la transmisión de la energía eléctrica desde las líneas de media tensión hacia el sistema de tracción de los vehículos ferroviarios. Desde el primer desarrollo realizado en el año 1889 en Alemania, el cual fue lo más similar al sistema actual de pantógrafo y catenaria (Ver Ilustración 1), se ha ido perfeccionando con el tiempo hasta lo que se utiliza hoy en día. En general, el método utilizado por excelencia en todos los países con vías férreas de alta velocidad, ha sido el sistema de catenaria y pantógrafo.



Ilustración 1: Pantógrafo en contacto con catenaria.

Fuente: Sitio web de MaxFAQs. Portland Lightrail

1.1 Catenaria

La catenaria se define como la curva ideal que representa físicamente la curva generada por un elemento sin rigidez flexional (cable) (Wu, 2017). Específicamente, en el ámbito ferroviario, se refiere al cable que se encuentra suspendido por encima del vehículo, por donde pasa la tensión necesaria para la alimentación de energía. Existen diferentes arreglos para la configuración de la catenaria, existen tres tipos principales: tipo trolley, con eslingas de suspensión, y sin eslingas de suspensión. Dependiendo del tipo de tren que va a circular por la vía, se selecciona un tipo de arreglo u otro; a lo largo del mundo para alta velocidad se utiliza normalmente catenarias suspendidas por eslingas (Wu, 2017). Una imagen de la catenaria utilizada en el Shinkansen, se encuentra representada en la Ilustración 2. En La Especificación Técnica de Interoperabilidad (TSI) se estipula que el voltaje normalizado de las catenarias de corriente alterna debe ser de 15 kV o 25 kV; y para catenarias de corriente continua 1,5 kV o 3 kV. Las catenarias poseen una configuración estructural (Ver Ilustración 3), dependiendo de como van a operar. Los cables poseen tensiones mecánicas a través de templadores, controladas por la respuesta dinámica esperada.

Catenaria Real



Ilustración 2: Catenaria Shinkansen, Japón

Fuente: Libro: Pantograph and Contact Line System

Configuración estructural de una catenaria

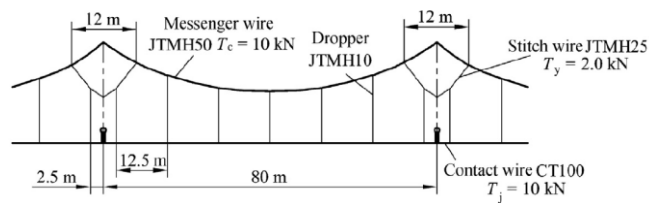


Ilustración 3: Configuración estructural catenaria Re160, Alemania

Fuente: Pantograph and Contact Line System

1.2 Pantógrafo

Los pantógrafos son dispositivos montados en trenes eléctricos, para tomar energía de varios cables de contacto (Wu, 2017). Consiste en 4 partes principales: cabeza, estructura, base y sistema de accionamiento. La cabeza es donde se encuentran las barras colectoras que hacen contacto eléctrico con la catenaria para la transferencia de energía. La estructura, es un conjunto de elementos que forman un mecanismo adaptable a la catenaria durante el funcionamiento. La base, es la que soporta todos los elementos del pantógrafo y a su vez donde se une al vehículo. El sistema de accionamiento, es el actuador mecánico encargado de realizar el movimiento de ascenso y descenso de la cabeza y mantener la rigidez de la estructura durante el funcionamiento. En la Ilustración 4 se encuentran las partes principales de un pantógrafo de brazo simple, y el nombre de cada parte se encuentra en la descripción de la ilustración.

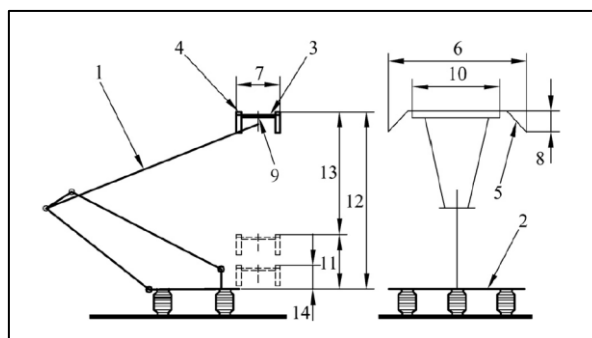


Ilustración 4: Partes de un pantógrafo de brazo simple. Fuente: Pantograph and Contact Line System

Descripción: 1, Estructura; 2, base de la estructura; 3, cabeza del pantógrafo; 4, colector; 5, cuerno; 6, longitud de la cabeza; 7, ancho de la cabeza; 8, altura de la cabeza; 9, eje del soporte fijo; 10, longitud del colector; 11, altura de operación más baja; 12, altura de operación mas alta; 13, rango de operación del pantógrafo; 14, altura de descuelgue.

Los pantógrafos pueden ser clasificados por medio de diferentes maneras, por su sistema de accionamiento, por el tipo de estructura, por la velocidad de operación, por el tipo de corriente, y entre otras categorías. En resumen, se podrían clasificar de la siguiente manera:

- Tipo de accionamiento:
 - Operados por resorte
 - No operados por resorte
- Tipo de estructura:
 - Brazo simple
 - Doble brazo
 - Diamante de doble brazo con 4 voladizos
 - Diamante de doble brazo con 2 voladizos
 - Diamante de doble brazo cruzado con 4 voladizos
- Velocidad de operación:
 - Alta velocidad
 - Normal
- Tipo de corriente:
 - Corriente Alterna
 - Corriente Continua

Uno de los elementos más importantes del pantógrafo son los colectores, ya que estos son los que entran en contacto directo con el cable de energía. Son piezas que están sujetas a un gran desgaste, deben poseer una buena rigidez y además ser livianas (Wu, 2017). La elevada rigidez y el bajo peso son características que garantizan un buen comportamiento dinámico durante la operación. La configuración preferida para estos elementos es un elemento tubular de aluminio o acero de soporte, unido a una barra de carbono, la cual hace el contacto con la catenaria.

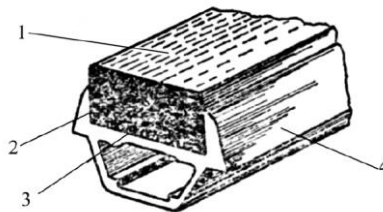
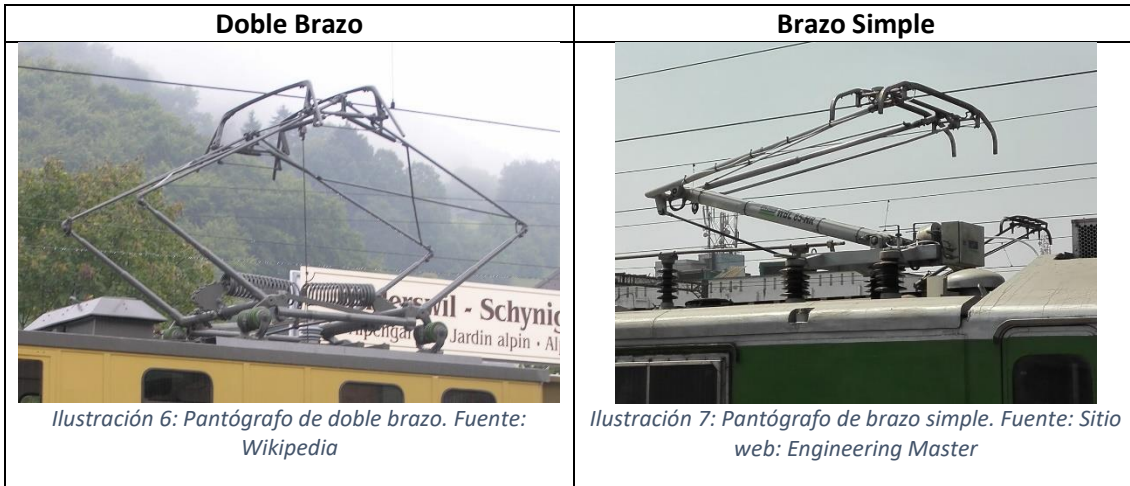


Ilustración 5: Sección barra colectorora. Fuente: Pantograph and Contact Line Systems.

1, barra de carbono; 2, malla de acero; 3, aglutinante; 4, tubo de aluminio.

Debido al comportamiento dinámico del pantógrafo durante la operación, es necesario que este posea la menor masa posible. De los tipos de pantógrafos mencionados anteriormente, los de doble brazo (Ilustración 6), cada vez han ido más en desuso. Esto se debe a que mientras ha ido avanzando la tecnología en el ámbito ferroviario, las velocidades de operación han ido aumentando, y el comportamiento de los de brazo simple ha presentado muchas ventajas técnicas (Kießling, 2017). Para los trenes de alta velocidad, el tipo de pantógrafo por excelencia es el de brazo simple (Ilustración 7). La única desventaja, es su estabilidad estructural.



Entre los sistemas de accionamiento más utilizados se encuentran los sistemas con resorte y los sistemas neumáticos. La fiabilidad de los sistemas accionados por resorte es excelente, debido a que es un sistema netamente autónomo. Pero el hecho de que su rigidez sea fija, y no se pueda accionar deliberadamente, hace que los sistemas neumáticos sean mejores para la tarea (Wu, 2017). Para pantógrafos de vehículos ferroviarios de alta velocidad, se utilizan normalmente de brazo simple con sistema de accionamiento neumático de balonas. El hecho de que sea neumático, brinda la característica de ser adaptable para mejorar el comportamiento dinámico. En la Ilustración 8 se puede apreciar un pantógrafo con accionamiento neumático, donde se encuentra indicada la balona de caucho.

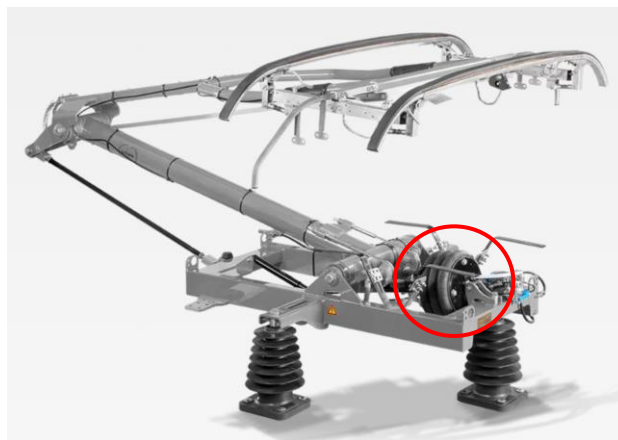


Ilustración 8: Pantógrafo de brazo simple con accionamiento neumático. Fuente: Sitio web: Shunk Group

1.2.1 Desempeño Mecánico de los Pantógrafos

Los pantógrafos ejercen una fuerza sobre la catenaria, la cual es lo suficientemente grande como para mantener el contacto y lo suficientemente pequeña como para evitar el desgaste excesivo de los colectores. Esta fuerza será variable según las condiciones en que se encuentre el vehículo ferroviario. Cuando este se encuentra estacionado, esta fuerza se llama fuerza estática de contacto y posee un valor constante según el voltaje de línea. Y cuando el tren se encuentra en movimiento, se la conoce como fuerza de contacto dinámica. Esta se ve afectada por otros factores que influyen de manera significativa durante la operación: la respuesta dinámica del sistema a las perturbaciones externas y la aerodinámica.

En operación normal, la fuerza de contacto del pantógrafo vendrá dada por la suma de la fuerza estática, la fuerza de fricción, la fuerza aerodinámica y la fuerza dinámica. Es decir, es una fuerza variable en el tiempo que debe ser controlada, para realizar la transferencia de energía lo más eficientemente posible. En la Ilustración 9 se aprecia una representación de las fuerzas que actúan.

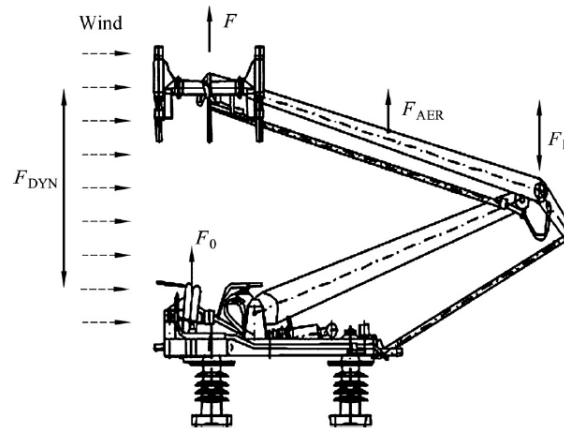


Ilustración 9: Fuerzas que actúan en el pantógrafo. Fuente: *Pantograph and Contact Line Systems*

La predicción exacta de cuál será el comportamiento del pantógrafo en servicio, será un problema de gran envergadura. La catenaria, al ser un elemento flexible, su comportamiento elástico es no lineal y su modelización analítica no es sencilla. El pantógrafo es un mecanismo que posee más de 1 grado de libertad y su modelización analítica de igual manera tampoco será sencilla. En general, el problema acoplado, es decir la interacción del pantógrafo con la catenaria, será un problema muy complejo de resolver de manera analítica. La optimización y diseño de estos sistemas, se lo realiza mediante análisis por elementos finitos para obtener resultados fiables de manera eficiente. Como dichos sistemas deben ser construidos y probados, he aquí la razón por la cual las características dinámicas de los pantógrafos son obtenidas a partir de ensayos.

1.3 Ensayos principales para Pantógrafos

Los pantógrafos son sometidos a diferentes ensayos, antes de ponerlos en servicio en los vehículos. Principalmente existen cuatro tipos: de tipo, de rutina, de investigación y pruebas de integración. Las pruebas de tipo pueden ser: resistencia al ascenso y descenso, medición de la frecuencia natural lateral, prueba de vibración lateral, medición de rigidez lateral, y medición de la fuerza de retención de caída (Wu, 2017). La prueba de rutina más aplicada es la medición de fuerza estática de contacto; de la misma manera, en las pruebas de investigación es el ensayo de vibraciones verticales; y de las pruebas de integración la más usual es la medición de la fuerza promedio de empuje. Para efectos prácticos de este trabajo fin de master, el ensayo en el que estaremos centrados es en el ensayo de investigación de vibraciones verticales.

El ensayo de vibraciones verticales consiste en un banco de prueba donde se monta el pantógrafo con todos sus elementos de operación normal y se lo excita con un dispositivo que genere vibraciones sinusoidales. El dispositivo normalmente es un motor lineal eléctrico, al cual se le pueden ingresar funciones mediante pulsos para simular el movimiento deseado. La frecuencia natural de vibración de la estructura de banco de pruebas Ilustración 10 debe ser de al menos 10 veces la frecuencia de vibración de la suspensión del cabezal. El ensayo puede ser ejecutado de dos maneras: subir la frecuencia desde 0,5 Hz hasta 10 Hz en incrementos de 0,02

Hz/s o bien subir la frecuencia desde 10 Hz hasta 50 Hz en incrementos de 0,1 Hz. La fuerza estática y la amplitud de la vibración sinusoidal son parámetros que deben ser elegidos antes del iniciar el ensayo y dependen de cada pantógrafo a ser ensayado (Kiessling, 2017).



Ilustración 10: Banco de pruebas para pantógrafos DB.

Fuente: Sitio web: Deutsche Bahn Systemtechnik

Parámetros dinámicos característicos obtenidos con el ensayo de vibración vertical:

- Medición de la respuesta en frecuencia
 - Función de masa dinámica aparente
 - Impedancia mecánica
 - Función de transferencia de perturbación
 - Función de transferencia del sistema de medición de fuerza estática
- Análisis de la Estructura
- Simulación de operación en línea

2. Antecedentes

Para el año 2017, en la Universidad Politécnica de Valencia realizó el desarrollo de un banco de pruebas para pantógrafos. Específicamente para ensayos dinámicos de los pantógrafos de trenes de alta velocidad de la compañía Talgo. Como se explicó en la sección 1.2.1, el contacto entre la catenaria y el pantógrafo debe ser muy preciso, para evitar las pérdidas de energía y la creación de arcos eléctricos. Debido a esta problemática, los pantógrafos deben ser ensayados para garantizar el correcto funcionamiento. En la industria ferroviaria, mientras mayor sea la cantidad de ensayos que se puedan realizar en un laboratorio, es más rentable económicamente.

La idea principal de este proyecto ejecutado por la UPV, era diseñar una estructura liviana y de alta rigidez, con un mecanismo generador de vibraciones, que sea capaz de simular la acción de la catenaria sobre el pantógrafo. Es decir, a través de una función ingresada por computadora,

generar el movimiento del excitador y obtener la respuesta dinámica del pantógrafo. Al tratarse de un sistema dinámico, la predicción de la respuesta no es un problema sencillo.

El banco fue logrado con éxito, y durante los últimos años ha sido utilizado para la realización de dichos ensayos. El banco de pruebas consiste en una estructura en forma de pórtico hecha con perfiles extruidos aluminio y placas de conexión de aluminio. Posee un soporte en el centro del vano, fabricado también en aluminio, donde alberga el mecanismo excitador. El mecanismo excitador consiste en un motor eléctrico lineal y un cabezal de contacto. En la Tabla 2.1 se encuentra un resumen de las características principales del banco de pruebas; y en la Ilustración 11 se puede observar cómo está constituido. El rango de frecuencias en el que puede trabajar actualmente es de 0 – 20 Hz, y el movimiento que genera actualmente es netamente vertical, ya que es el que tiene mayor influencia en la dinámica. Una foto del banco construido se puede observar en la Ilustración 12.

Resumen de Especificaciones Banco de Pruebas			
Pórtico	Luz	1,3	m
	Alto	1,9	m
	Ancho	0,6	m
	Masa	530,7	kg
Motor Lineal	Fuerza Máxima	2150	N
	Aceleración Máxima	127,07	m/s ²
	Velocidad Máxima	2,2	m/s
	Carrera Máxima	450	mm
Cabezal Excitador	Masa	16,92	kg

Tabla 2.1: Especificaciones Banco de prueba. Fuente: Elaboración Propia

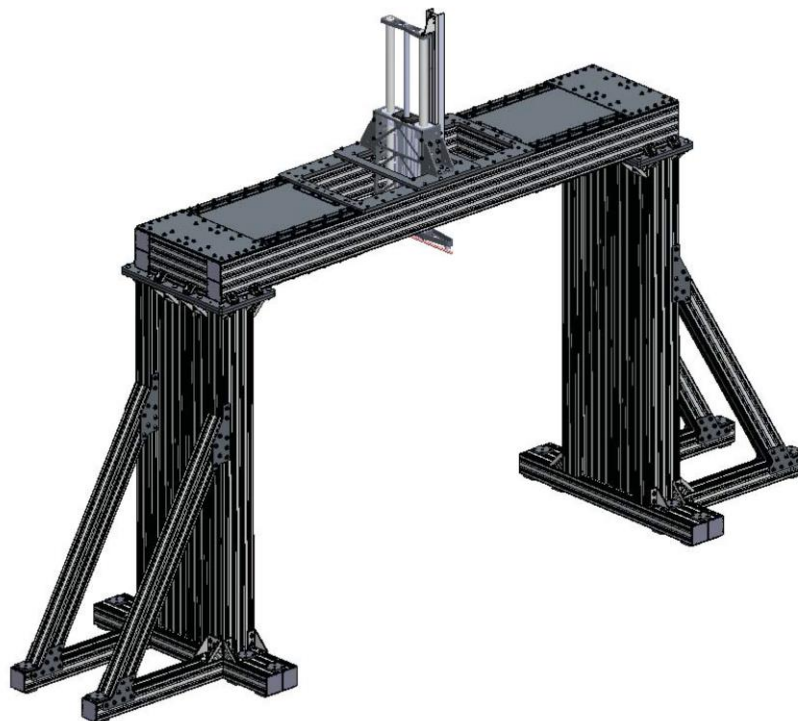


Ilustración 11: Isométrico Banco de pruebas.

Fuente: TFM: Diseño de un banco para ensayos dinámicos de pantógrafos. Fernando Peinado



Ilustración 12: Banco de pruebas real UPV.

Fuente: Elaboración propia.

3. Motivación y Objetivos

La normativa para los ensayos dinámicos de pantógrafos ferroviarios se encuentra especificada en la EN 61373. En la sección 1.3 habla acerca del ensayo de vibración vertical, donde especifica que el espectro de frecuencias que debe ser probado el pantógrafo debe ser desde 0 Hz hasta 50 Hz. En la misma norma también especifica otros tipos de ensayos, como la medición de la frecuencia natural del pantógrafo, ensayos de vibración transversal, entre otros.

3.1 Objetivo

El trabajo fin de máster tiene como objetivo final la mejora de la respuesta dinámica del banco de pruebas. Para conseguir el objetivo, en el presente trabajo se realiza un modelo de elementos finitos que es validado mediante técnicas experimentales de análisis modal. Se definen los siguientes objetivos parciales:

- Caracterización experimental del comportamiento dinámico del banco de pruebas a través de la medición de vibraciones.
- Realización del modelo de elementos finitos y análisis del comportamiento dinámico del modelo.
- Validación del modelo de los elementos finitos comparando con los resultados experimentales.

El estudio de la respuesta dinámica es el primer paso, para garantizar que las frecuencias de prueba no coincidan con las de los elementos del banco, entren en resonancia y proporcionen datos errados en la ejecución del ensayo.

El TFM estará estructurado en 4 etapas:

- Técnicas experimentales: construcción de modelos virtuales en MATLAB® a partir de mediciones experimentales (ensayo del martillo instrumentado), para la identificación de modos y frecuencias naturales del banco.

- Modelado en elementos finitos: elaboración de un modelo del banco real, por medio del programa de EF ANSYS®; y con este lograr la obtención de sus modos y frecuencias naturales “teóricos”.
- Análisis de resultados: comparación de los resultados experimentales de MATLAB® y el modelo de ANSYS® para determinar la efectividad del modelo de EF en la predicción del comportamiento dinámico.
- Ajuste del modelo de elementos finitos, para mejorar la predicción del comportamiento dinámico del banco con el uso del mismo.

4. Caracterización experimental del comportamiento dinámico

4.1 Técnicas Experimentales para Análisis de Vibraciones

Las técnicas experimentales pueden tener como objetivo medir el nivel de vibración, validar modelos teóricos, ajustar modelos teóricos y/o construcción de modelos (Fuenmayor, 2021). Las mediciones son realizadas en el dominio del tiempo a través de diferentes dispositivos, y por medio de la transformada de Fourier se obtienen las señales en el dominio de la frecuencia. Consiste en ejecutar una excitación al sistema (armónica, impulso, etc) y medir la respuesta en el o los puntos deseados (desplazamiento, velocidad o aceleración). La señal obtenida debe tener su debido tratamiento, normalmente a través de ventanas temporales y seleccionando parámetros iniciales para la adquisición de datos (Rao, 2012). Los sistemas poseen normalmente 3 partes: excitación controlada, medida de excitación/respuesta, y un sistema de adquisición de datos y procesamiento de señal. Los excitadores más comunes son los excitadores eléctricos de contrapesos, excitadores hidráulicos, excitadores electrohidráulicos y los martillos instrumentados. Los medidores de respuesta por excelencia, es decir los más utilizados, son los acelerómetros piezoeléctricos.

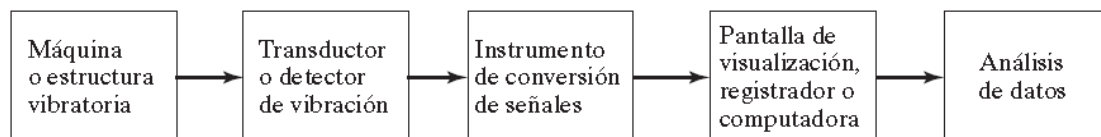


Ilustración 13: Diagrama sistema de medición de vibraciones. Fuente: *Vibraciones Mecánicas*, Singiresu S. Rao 5ta Ed

Entre los diferentes métodos, existe un método de medición de frecuencias naturales y modos de vibración de las estructuras; a través de la utilización de un martillo instrumentado y un acelerómetro. El martillo instrumentado (Ilustración 14) es una herramienta que posee un dispositivo de medición y un dispositivo de impacto, cada uno depende de qué tipo de excitación se va a realizar. Mientras más altas sean las frecuencias que se quieren excitar, más rígido será el dispositivo de impacto (punta del martillo) y vice versa; a su vez la galga de fuerza estará relacionada con el tamaño del martillo, el cual se selecciona según el tamaño de la estructura. Los acelerómetros (Ilustración 14) son dispositivos que generan una señal de voltaje, según la cantidad de aceleración que reciben. Esto es posible, gracias que en su constitución interna poseen un elemento piezoeléctrico el cual es el que genera señales de voltaje al recibir vibraciones externas. Es un método muy utilizado para la obtención de los datos que se requieren, por lo cual será implementado en el desarrollo.



Ilustración 14: Martillo instrumentado y acelerómetros. Fuente: Sitio web: Roga Instruments

4.2 Método para Análisis Modal Experimental

En el presente trabajo de investigación se hará la construcción de un modelo virtual, para la predicción del comportamiento dinámico del banco, mediante un ensayo experimental de la estructura del mismo. Se excitará la estructura, se obtendrán las mediciones con un acelerómetro en el dominio del tiempo, se transformará la señal al dominio de la frecuencia, se obtendrán las FRF, y con el uso de las medidas reales y un software se construirá el modelo.

El método de ensayo consiste en excitar la estructura del banco con un martillo instrumentado (Ilustración 15), y medir la respuesta en distintos puntos por medio de un acelerómetro (Ilustración 16). Primero se debe realizar una marcación de la estructura, de los puntos donde se va a ubicar el acelerómetro para la medición de la respuesta y para la aplicación de la excitación. Se decidió un total de 36 puntos ubicados de tal manera que se puedan visualizar los modos, una vez reconstruido el modelo virtual. Se toman 8 puntos ubicados en los extremos de las patas de soporte, 2 puntos en el piso del laboratorio a la mitad de los elementos de soporte longitudinal, 5 puntos por cada columna, 5 puntos por cada viga, 1 punto en cada extremo de la barra de contacto y 4 puntos en el soporte del excitador (Ilustración 17-Ilustración 23).



Ilustración 15: Martillos de impulso instrumentados.
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 16: Acelerómetro piezoeléctrico. Fuente:
Elaboración propia

Martillo instrumentado

Acelerómetro

En los diagramas siguientes se muestran las vistas: superior, derecha, izquierda, frontal y posterior del banco de pruebas; marcados los puntos de medición donde se colocará el acelerómetro, para la obtención de las distintas funciones de respuesta en frecuencia (FRF). Además, también se muestran los diagramas de posicionamiento de los puntos de medición en la barra de contacto y en el soporte principal del excitador.

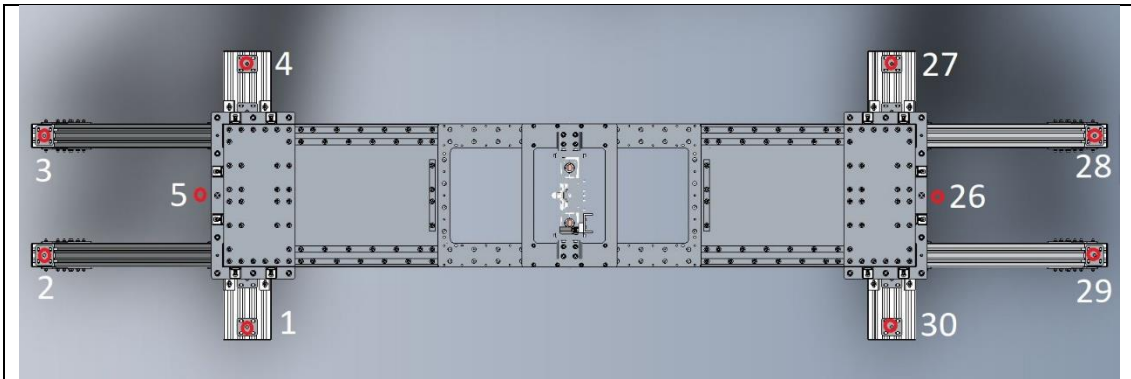


Ilustración 17: Posiciones en vista superior. Fuente: Elaboración Propia

Vista superior con las posiciones del acelerómetro

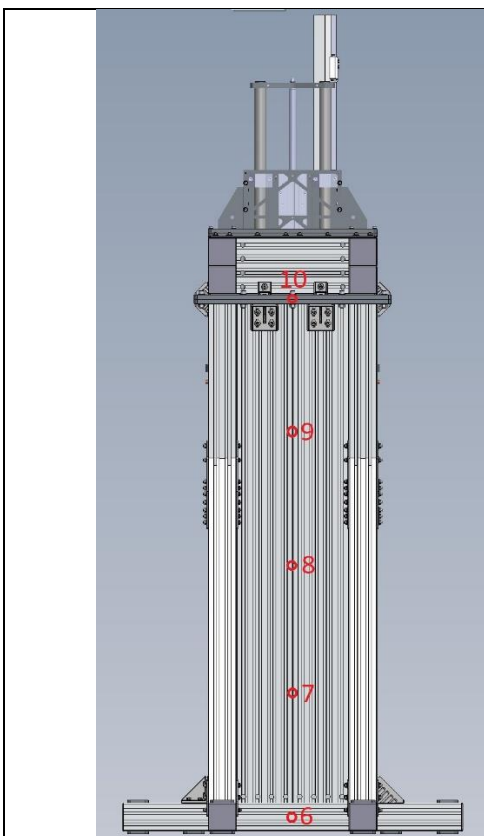


Ilustración 18: Posiciones vista izquierda. Fuente: Elaboración Propia

Vista lateral izquierda con las posiciones del acelerómetro

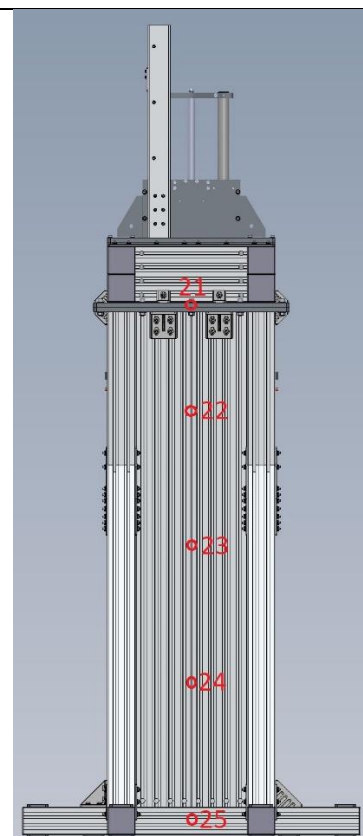


Ilustración 19: Posiciones vista derecha. Fuente: Elaboración propia

Vista lateral derecha con las posiciones del acelerómetro

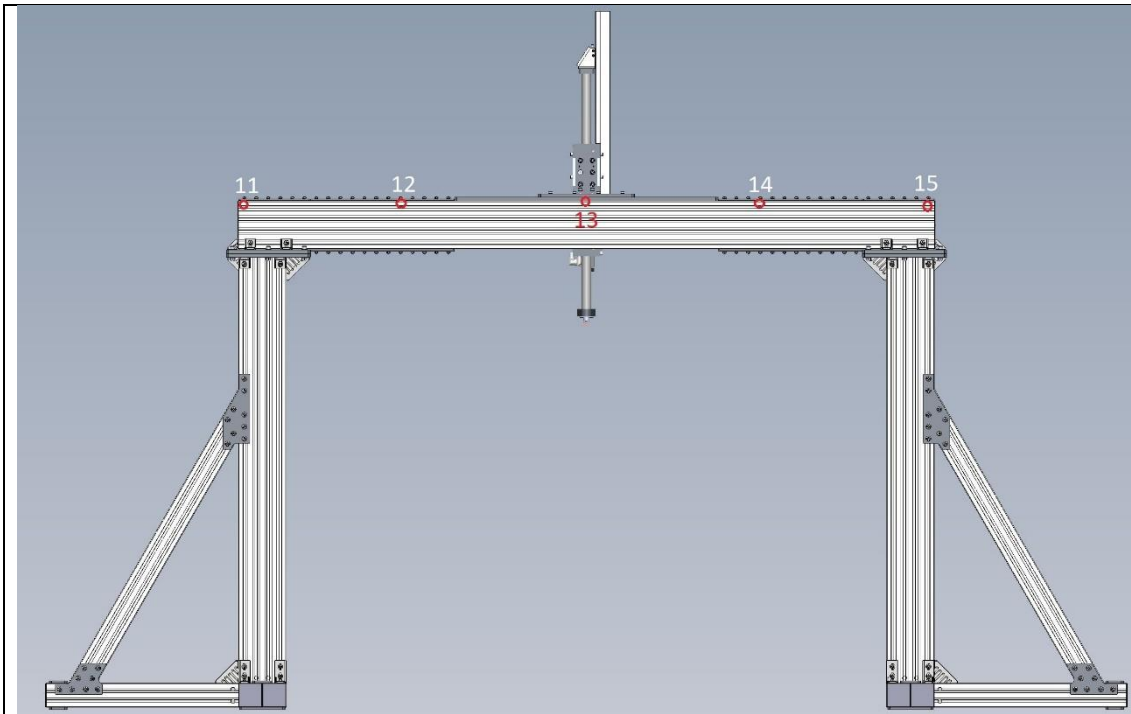


Ilustración 20: Posiciones frontales. Fuente: Elaboración propia

Vista Frontal con las posiciones del acelerómetro

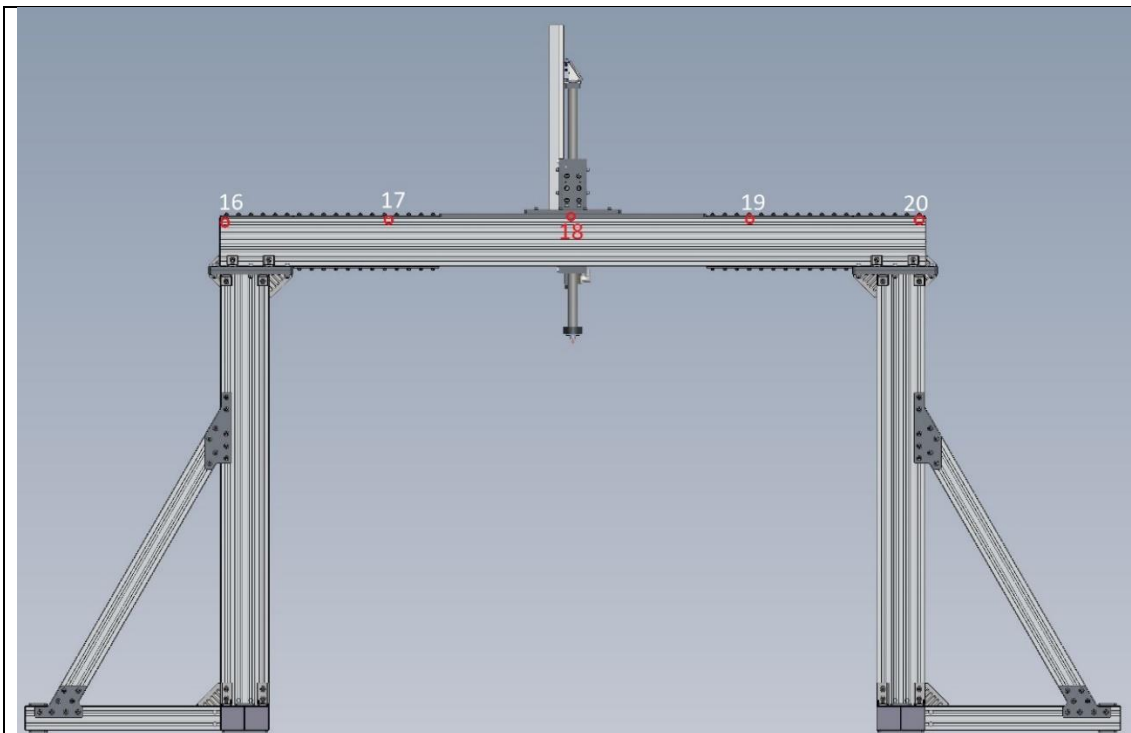


Ilustración 21: Posiciones posteriores. Fuente: Elaboración propia

Vista posterior con las posiciones del acelerómetro

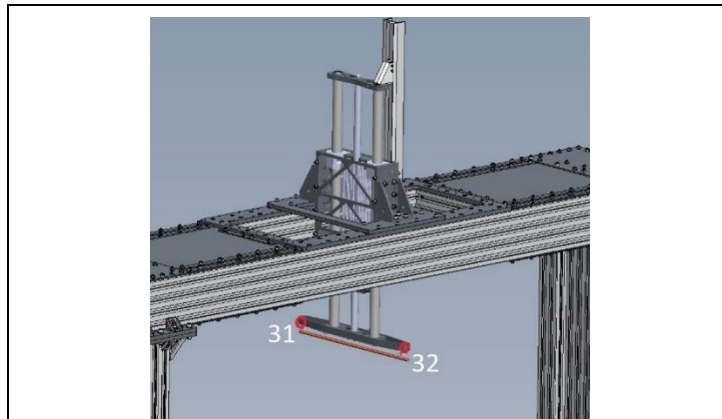


Ilustración 22: Posiciones barra de contacto. Fuente: Elaboración propia

Puntos de medición de la barra de contacto

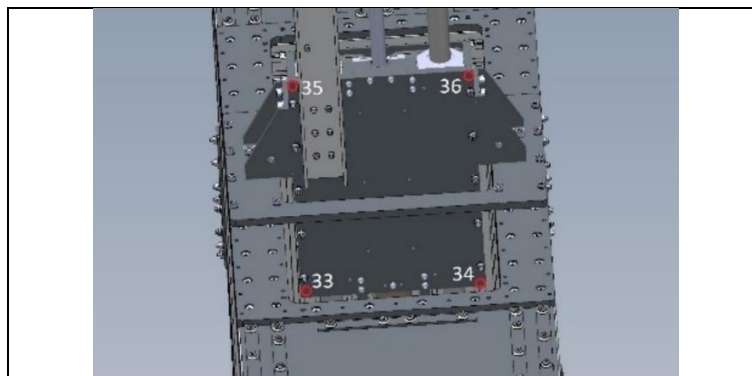


Ilustración 23: Posiciones soporte del excitador. Fuente: Elaboración propia

Puntos de medición del soporte del excitador

Se hacen pruebas con dos martillos: uno de 160 g y otro de 1100 g; utilizando un acelerómetro triaxial de +/- 49 m/s². Se seleccionan estos instrumentos según recomendaciones del fabricante (PCB Piezotronics), basadas en la masa aproximada de la estructura y el tipo de sistema. Se hacen dos conjuntos de pruebas: un conjunto con el martillo de 160 g y el acelerómetro y otro conjunto con el martillo de 1100 g y el acelerómetro. En cada conjunto se conecta el acelerómetro y el martillo al sistema de adquisición, y este último al ordenador. El sistema de adquisición de datos es un National Instruments NI cDAQ-9174 (Ilustración 24), el cual posee 3 canales de entrada para el acelerómetro, 1 canal para el martillo instrumentado y 1 canal de salida USB hacia el ordenador. Una vez conectados, se debe configurar las entradas del acelerómetro y la entrada del martillo; según la especificación del fabricante (Anexo 1). Toda la obtención de los datos experimentales se la realiza por medio del programa ADC.m, aplicación desarrollada por la UPV en el programa MATLAB® para el análisis modal experimental. A través de esta aplicación y el ordenador, se hace la compilación de la instrumentación antes de empezar los ensayos. Se realizan los dos conjuntos de pruebas, de excitación y medición de la respuesta, se compara y se selecciona la configuración más adecuada.



Ilustración 24: Sistema de adquisición de datos National Instruments NI cDAQ-9174.

Fuente: Elaboración propia

Una vez hechas las pruebas preliminares; se selecciona un acelerómetro triaxial PCB 356B18 (Tabla 2.1) de hasta 5 g y un martillo instrumentado de 1,17 kg con punta de goma (Tabla 4.1). Las fichas técnicas del martillo y el acelerómetro seleccionado se encuentran en los Anexos 2 y 3 respectivamente. Se selecciona la punta de goma, ya que se va a excitar frecuencias menores a 200 Hz; y se observa que con una masa de 1,17 kg se imprime un impacto lo suficientemente alto para medir una respuesta adecuada. Se elige un sistema de coordenadas global del banco (Ilustración 25), para definir las direcciones de la excitación y la respuesta en cada ensayo. Una vez que todo es correcto, se selecciona en que puntos se aplica la fuerza de excitación y por orden secuencial se va midiendo la respuesta desde el punto 1 hasta el punto 36. Para todos los ensayos, se elige el número 10 para excitación lateral (Eje Y) y el número 12 para excitación vertical y axial (Eje X y Eje Z).



			
Marca	PCB	Marca	PCB
Modelo	086D20	Modelo	356B18
Masa [kg]	1,1	Tipo	triaxial
Sensibilidad [mV/N]	0,23	Sensibilidad [mV/(m/s²)] x	97
		Sensibilidad [mV/(m/s²)] y	103
		Sensibilidad [mV/(m/s²)] z	104
Rango de medida [N pk]	+/-22240	Rango de medida [m/s² pk]	+/-49

Tabla 4.1: Resumen especificaciones martillo instrumentado y acelerómetro. Fuente: Elaboración propia

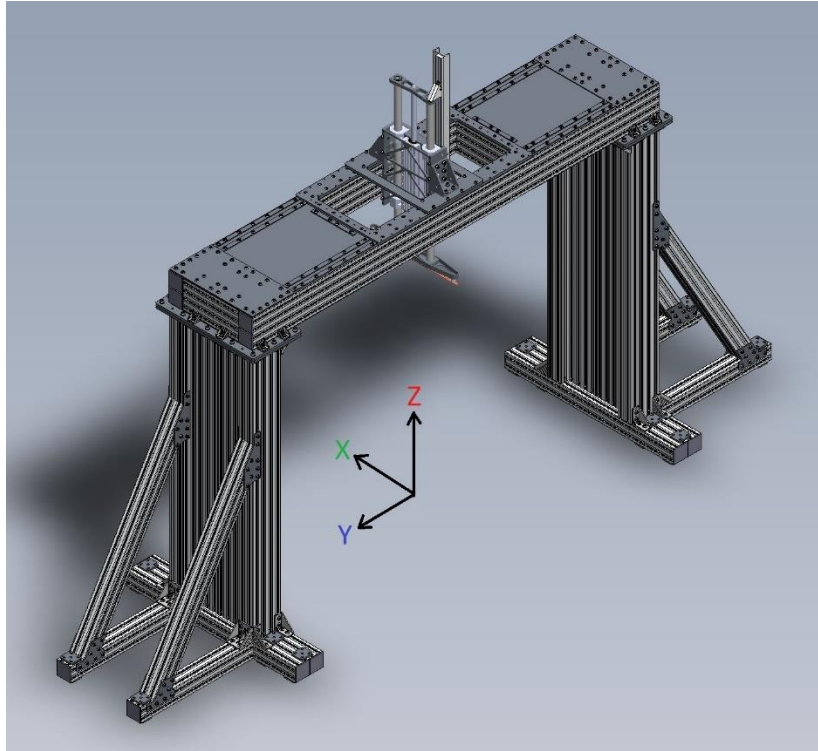


Ilustración 25: Sistema de coordenadas global del banco. Fuente: Elaboración propia

Para la configuración de los instrumentos de medición, se debe definir la frecuencia de muestreo y el número de muestras. Esto se selecciona según la frecuencia máxima de excitación a la que se quiere llegar, la resolución que se requiere y el tiempo de medida. Para el presente trabajo, es suficiente llegar hasta 130 Hz, ya que basado en la experiencia se conoce que los 4 modos principales de la estructura del banco (axial, torsión en z, lateral y vertical) se encuentran por debajo de esta frecuencia. En la siguiente tabla, se muestran estos datos.

Parámetro	Valor
Frecuencia de muestreo (f_s)	265 [Hz]
Número de muestras (N)	2048
Frecuencia máxima de análisis	128 [Hz]
Resolución en frecuencia	0.125 [Hz]
Tiempo de medida	8 [s]

Tabla 4.2: Parámetros para la ejecución de mediciones con el sistema de adquisición. Fuente: Elaboración propia

La idea principal es ubicar el acelerómetro en cada punto (Ilustración 26), excitar en las tres direcciones, y por cada dirección de excitación obtener un archivo con la FRF (Función de respuesta en Frecuencia) y la Coherencia. Esto hará que el método de obtención de los datos sea más ágil y rápido. Es decir, al final del ensayo se obtienen 3 archivos de FRF y 3 archivos de Coherencia, por cada punto de medición, es decir en total 108 archivos de FRF y 108 archivos de coherencia. La medición en cada punto se repetirá 3 veces, para eliminar errores de medición. Si los ensayos efectuados, presentan resultados incoherentes, se hará una revisión de las direcciones seleccionadas para verificar que sea correcto.



Ilustración 26: Pociónamiento del acelerómetro en los puntos de medida (punto 13). Fuente: Elaboración propia

Una vez que se obtienen las FRF y Coherencias de cada punto marcado en la estructura del banco, se procede a guardar los archivos de tal manera que se pueda identificar en qué dirección se ha realizado la excitación. Utilizando los mismos planos constructivos del banco de pruebas, se rellena el fichero ModeloGeometrico.mat con las coordenadas de los puntos de medición, las líneas que unen los puntos, y se define las coordenadas del paralelepípedo donde se moverá el banco de pruebas virtual. Utilizando el programa APM.m, otra aplicación desarrollada por la UPV en MATLAB®, se cargan los archivos de las FRF, las coherencias y el modelo geométrico por cada dirección de excitación (lateral, vertical y longitudinal). Es decir, se reconstruyen 3 modelos virtuales a partir de los datos experimentales, correspondientes a las tres direcciones de excitación. Para identificar las frecuencias naturales experimentales, se analizan las FRF de punto y se marcan las resonancias más notables. Con las frecuencias naturales identificadas, y mediante el uso del programa APM.m se determinan los modos de vibración asociados. De la misma manera que el análisis modal mediante MEF, en este caso se deben identificar el modo vertical, lateral y axial.

4.3 Resultados del análisis modal Experimental

Después de haber hecho el análisis modal experimental, se obtuvieron todas las FRF y Coherencias de cada punto analizado. De todos los archivos obtenidos, se toman 3, estas corresponden a las FRF de punto de las tres direcciones de excitación. Es decir, se toma la FRF del punto 12 con excitación en 12 en dirección axial, la FRF en el punto 12 con excitación en 12 en dirección vertical y la FRF en el punto 10 con excitación en 10 en dirección lateral. La razón por la cual se toma las FRF de punto, es porque se puede determinar claramente las resonancias. Estas resonancias, una vez que se haya compilado las FRF con el modelo geométrico mencionado en el procedimiento, nos ayudarán a determinar los modos principales experimentales.

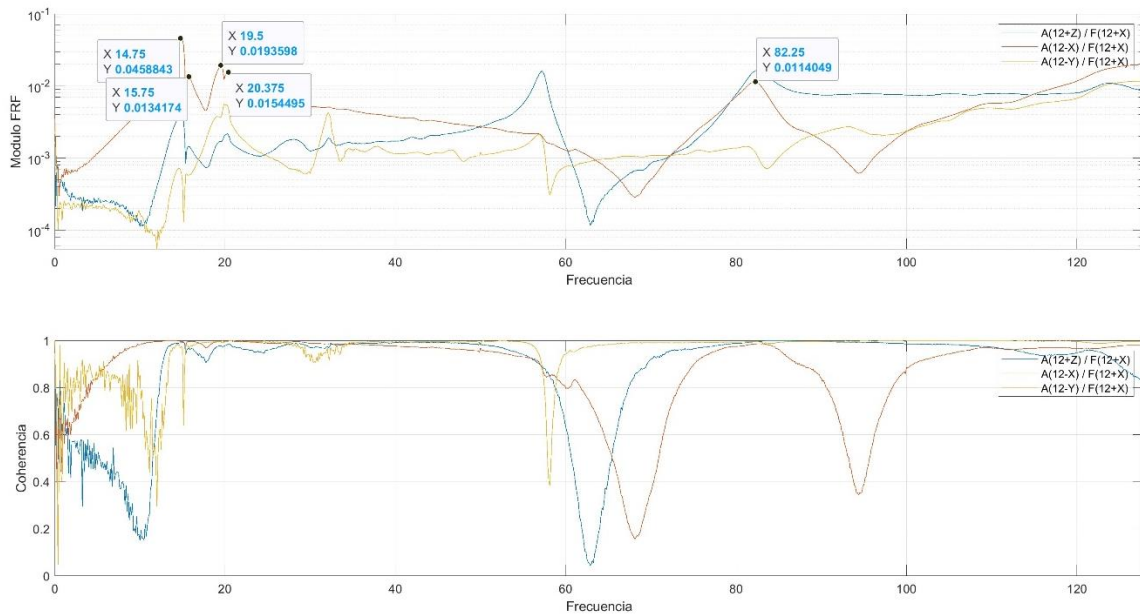


Ilustración 27: Función de respuesta en frecuencia del punto 12, con excitación en 12 axial. Fuente: Elaboración propia.

En Ilustración 27 se muestra las FRF de las tres direcciones medidas en el acelerómetro en el punto 12 cuando se excitó en la dirección axial. De la función de respuesta en frecuencia, se puede determinar ciertos datos importantes para la investigación. En primer lugar, se puede observar que la coherencia de los datos no es buena por debajo de los 12 Hz y en las antiresonancias; eso es por la naturaleza del ensayo. Se identifican 5 resonancias en la curva de la dirección X del banco (Ilustración 25), la de amplitud mas grande es la de 14,75 Hz, el resto están a 15,75 Hz, 19,5 Hz, 20,37 Hz, y 82,25 Hz. Lo mas probable es que el modo axial se encuentre entre 14,75 Hz y 15,75 Hz ya que es donde están las resonancias de mayor amplitud. Además las resonancias siguientes pueden ser las torsionales, ya que estas deben ser identificadas en esta dirección de excitación. Utilizando el programa en MATLAB®, ADM.m se podrán confirmar a que modo estan asociadas cada una de estas resonancias. La teoría de sistemas de N grados de libertad se puede confirmar que al ser una FRF de punto existen 1 anti resonancia cada 2 resonancias (Rao, 2012).

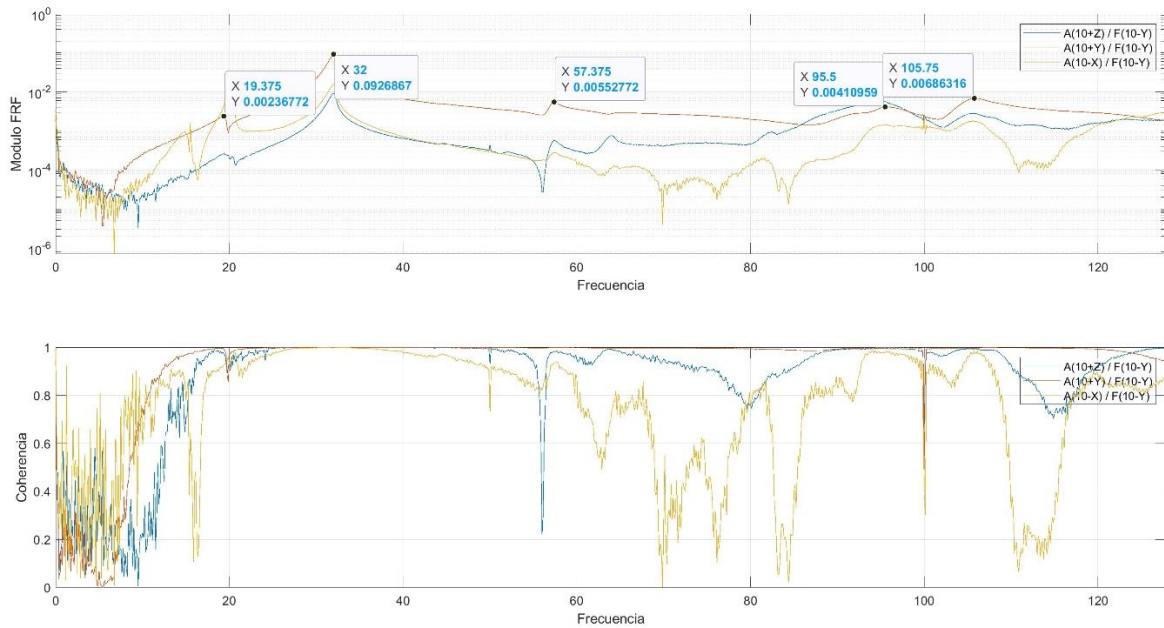


Ilustración 28: Función de respuesta en frecuencia punto 10, excitación en 10. Fuente: Elaboración propia.

En la Ilustración 28 se muestran las FRF del acelerómetro en el punto 10 en las 3 direcciones medidas, excitando en la dirección lateral. Analizando la forma y valores de la misma, se pueden determinar las resonancias más notables. Al igual que el caso anterior la coherencia es bastante baja a frecuencias menores a los 18 Hz, y en las anti resonancias debido al mismo motivo. Se identifican 5 resonancias en la curva de la dirección Y del banco (Ilustración 25), la de máxima amplitud es la 32 Hz, junto con 19,37 Hz, 57,375 Hz, 95,5 Hz y 105,75 Hz. Las resonancias coincidentes con la FRF axial anteriormente estudiada (57,375 Hz y 19,375 Hz) podrían mostrar la presencia de modos acoplados; pero esto solo se confirma con la construcción del modelo geométrico y el programa de MATLAB®. En esta FRF también se confirma la teoría del análisis modal experimental al observar la estructura de las resonancias y anti resonancias.

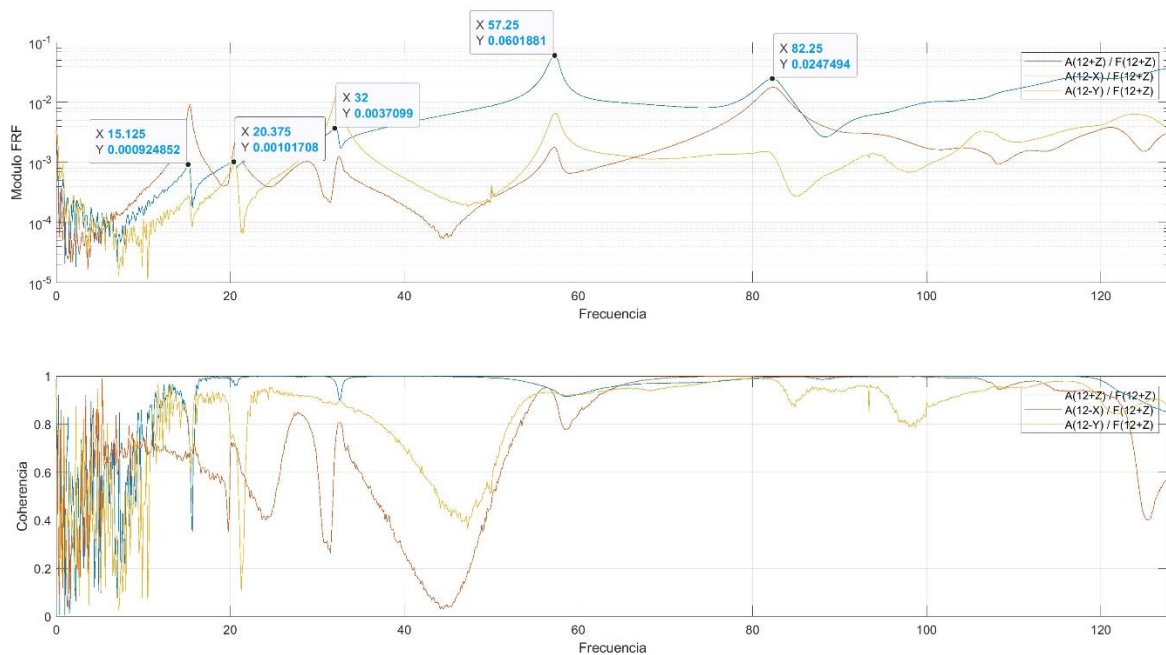


Ilustración 29: Función de respuesta en frecuencia punto 12, con excitación en 12 vertical. Fuente: Elaboración propia

Las funciones de respuesta en frecuencia presentadas (Ilustración 29), corresponden a las 3 direcciones de medida del acelerómetro, cuando se excitó la estructura en la dirección vertical. Para la obtención de las resonancias, se analiza la FRF en la dirección Z del banco (Ilustración 25) y se puede identificar 5 resonancias principales, la resonancia con la amplitud más alta es a 57,25 Hz seguida de 15,125 Hz, 20,375 Hz, 32 Hz, y 82,25 Hz. De esta información, lo más probable es que el modo vertical este asociado a la frecuencia natural de 57,25 Hz. Al igual que el caso anterior, las frecuencias coincidentes con las FRF con excitación en otras direcciones, muestra posibles acoplamientos de ciertos modos de vibración (20,37 Hz y 32 Hz).

Después de la construcción del modelo del banco utilizando las FRF obtenidas, el modelo geométrico y la identificación de las posibles frecuencias naturales; se procede a analizar las animaciones creadas con el programa APM.m para determinar los modos. En la tabla se puede apreciar un resumen de cada modo de la estructura del banco con su respectiva frecuencia natural asociada. En las ilustraciones siguientes se analiza capturas tomadas de las diferentes animaciones de cada dirección de excitación del banco.

Análisis Modal Experimental		
Modo	Frecuencia [Hz]	Dirección
1	14,75	Transversal
2	19,50	Torsional Z
3	32,00	Lateral
5	57,25	Vertical

Tabla 4.3: Modos principales experimentales. Fuente: Elaboración propia

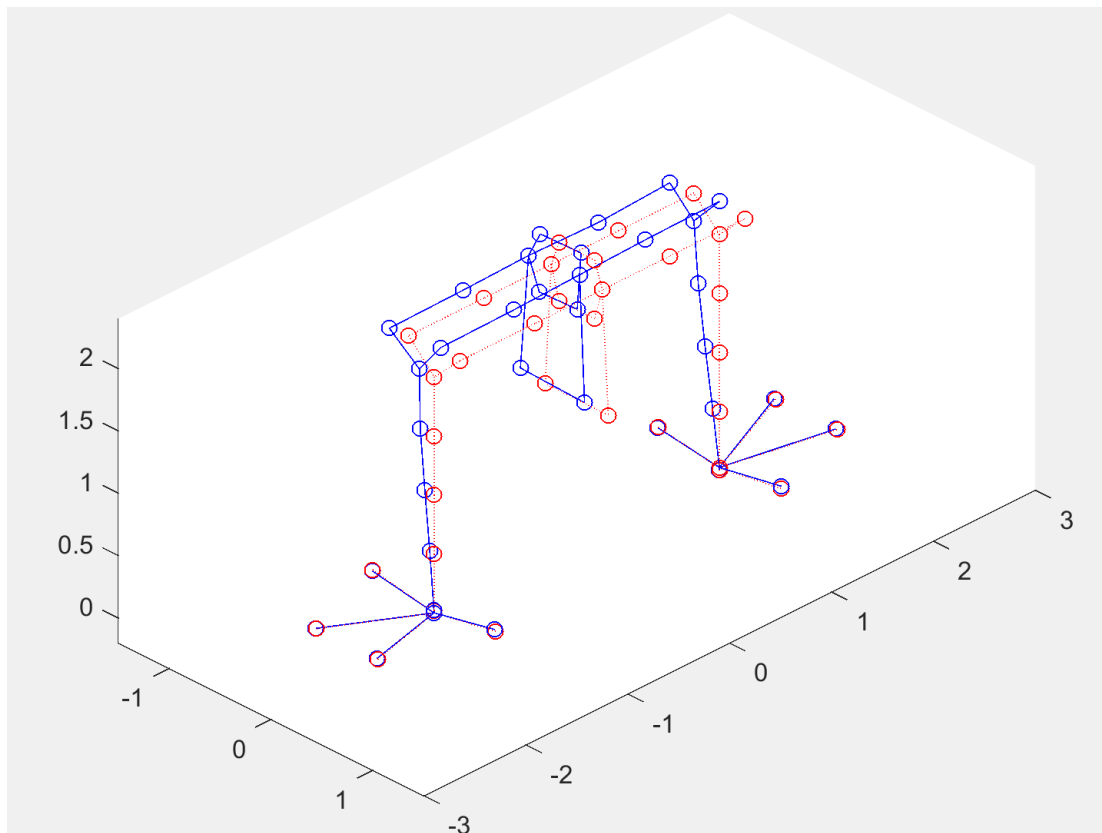


Ilustración 30: Captura animación modo experimental axial. Fuente: Elaboración propia

En esta ilustración (Ilustración 30) y las siguientes, la estructura del pórtico no desplazado será el digrama alámbrico en color rojo y la estructura desplazada será el diagrama en color azul. En

esta representación no se muestran las riostras diagonales, ya que tomar mediciones en estas no nos dará información muy relevante. Para la Ilustración 30 mostrada, es una captura de la animación de la estructura (programa APM.m) en la dirección de excitación axial a una frecuencia de 14,75 Hz. A esta frecuencia, es donde las FRF de cada uno de los puntos medidos presentan una resonancia en la dirección de excitación. Se puede observar, que el modo de la estructura es axial, todos los puntos medidos tienen un desplazamiento congruente con el tipo de excitación. Se podría determinar que el modo axial experimental corresponde a 14,75 Hz. Los puntos de medición ubicados cerca a los anclajes de la estructura, presentan desplazamiento nulo, lo cual confirma que el ensayo está bien logrado. Una particularidad del análisis de modos experimentales, es la inclusión del movimiento del cabezal excitador y el soporte. Se puede apreciar que los puntos de medición en el soporte y el cabezal excitador siguen la misma dirección de movimiento que los de la estructura del banco.

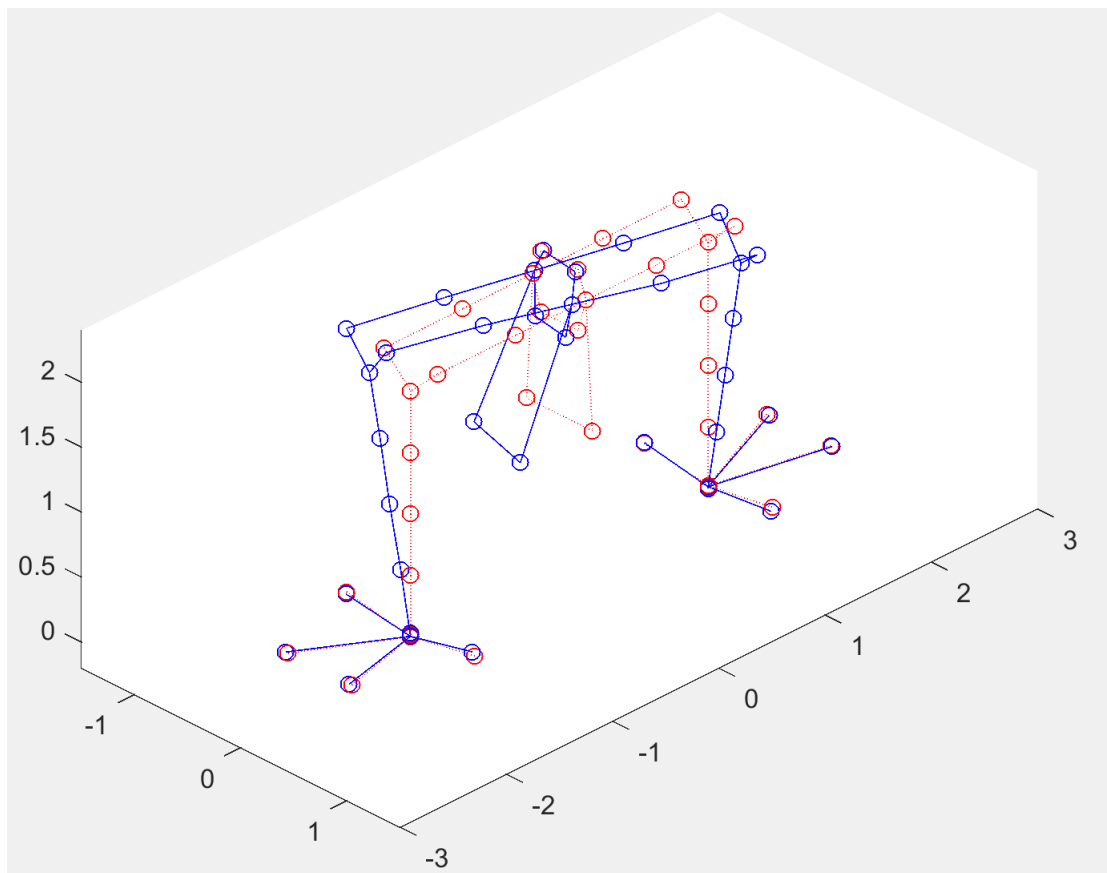


Ilustración 31: Captura animación modo experimental torsional en z. Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 31 se puede apreciar una captura de la animación de la estructura con una excitación en dirección axial a una frecuencia de 19,5 Hz. A esta frecuencia, todas las FRF de todos los puntos presentan una resonancia congruente con la dirección de excitación. Al observar la ilustración, se puede notar que el modo de la estructura es un modo torsional con eje de rotación alineado al eje z del sistema de referencia. Se determina que es torsional, ya que cada uno de los puntos opuestos (Ej 11 y 15, Ilustración 20) tienen un desplazamiento contrario en dirección (x), pero aproximadamente igual en magnitud. Todos los puntos presentan un desplazamiento congruente a un movimiento torsional, y el desplazamiento de los puntos cercanos a los anclajes es nulo. Se puede apreciar que el extremo libre del cabezal (puntos 31 y 32, Ilustración 22) presenta una deflexión respecto a su eje de simetría. Quiere decir que la inercia de la barra de contacto hace que gire deformando las guías de acero y por ende el vástago

del motor. Los puntos de sujeción del soporte (33, 34, 35 y 36, Ilustración 23) no presentan deformación considerable, en comparación a los puntos medidos en la barra de contacto.

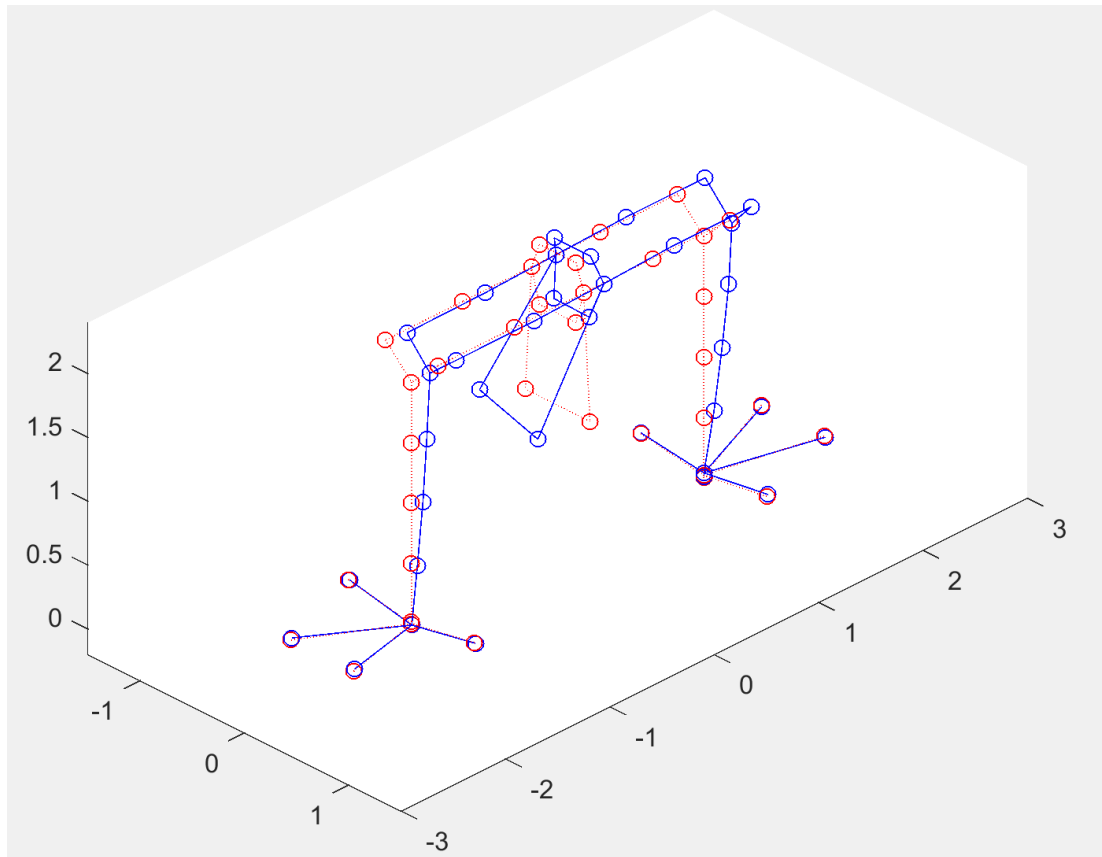


Ilustración 32: Captura animación modo experimental lateral. Fuente: Elaboración propia

La captura presentada (Ilustración 32) muestra la deformación de la estructura con una excitación en dirección lateral a una frecuencia de 32 Hz. Se puede determinar que la estructura posee su modo lateral a esta frecuencia, ya que el desplazamiento de sus puntos es congruente con la dirección de excitación. Al igual que los casos anteriores, a 32 Hz es donde las FRF de todos los puntos medidos presentan una resonancia con una amplitud considerable. En este modo es interesante que los puntos 31 y 32 (Ilustración 22), ubicados en la barra de contacto, poseen un desfase de movimiento de 180° con respecto al resto de puntos de la estructura. Esta particularidad deberá ser considerada al momento de añadir el movimiento lateral, para la simulación del descentrado del hilo de contacto. El efecto de rigidización que añaden las riostras conectadas a las patas es curioso, ya que para una estructura tipo pórtico el modo lateral suele encontrarse en frecuencias mas bajas.

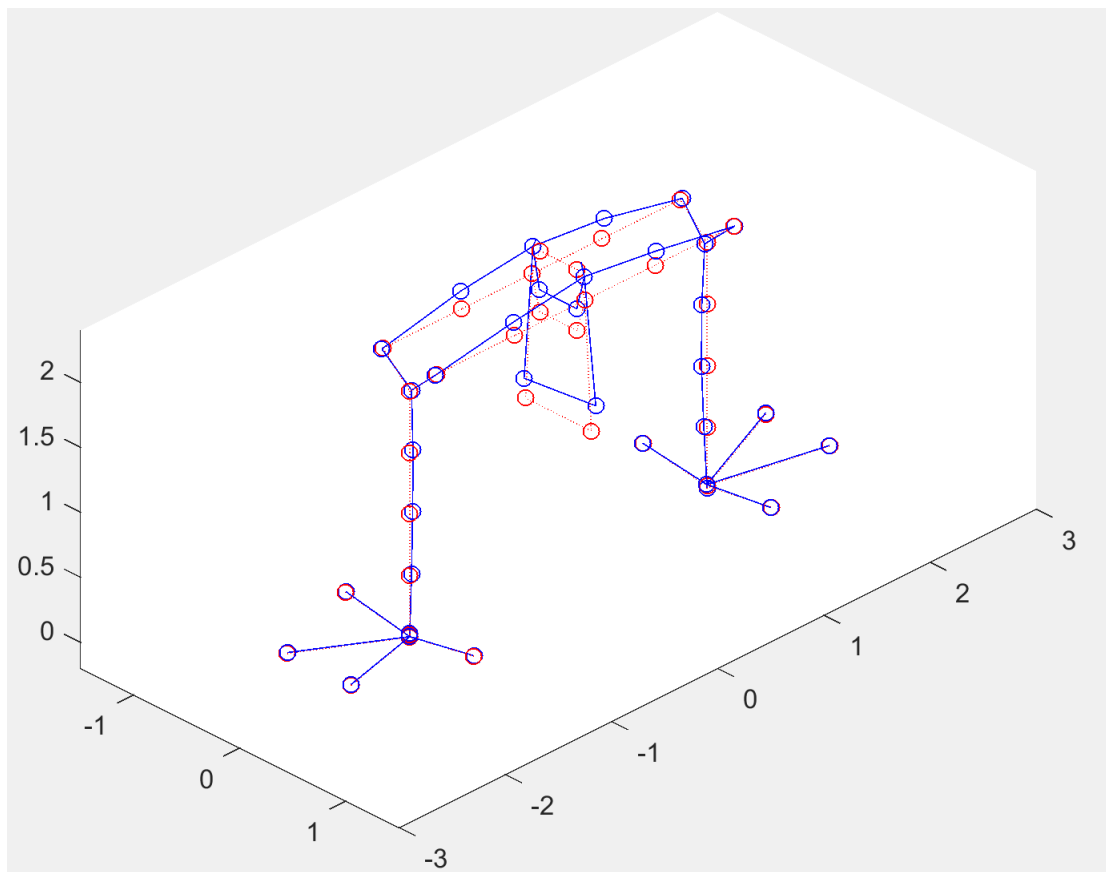


Ilustración 33: Captura animación modo experimental vertical. Fuente: Elaboración propia.

La Ilustración 33, representa el movimiento de la estructura con una excitación en la dirección vertical a una frecuencia de 57,25 Hz. Se puede apreciar que los puntos de máximo desplazamiento son el 13 y 18, los cuales se encuentran en el centro del vano de la viga principal. Además, se puede observar la clásica deformación de un pórtico cargado en el medio, en dirección vertical ascendente. Según las observaciones, se puede determinar que el modo vertical experimental de la estructura corresponde a una frecuencia de 57,25 Hz. El desplazamiento de todos los puntos es congruente, respecto a la dirección de la aplicación de la excitación. El efecto que producen las riostras conectadas a las patas se nota claramente al observar que las columnas presentan una deformación curva casi imperceptible.

5. Modelo de Elementos Finitos del Banco

5.1 Método de los Elementos Finitos

En un sinnúmero de problemas de ingeniería se conoce que la herramienta del análisis por el método de los elementos finitos es una opción viable para la resolución de los mismos. Este es el caso, cuando se necesita obtener las frecuencias naturales y modos de vibración de un sistema continuo. En sistemas de 1 grado de libertad, la solución analítica es viable y se la realiza sin ninguna complicación; pero al tratarse de sistemas de n grados, el problema analítico se vuelve casi imposible de resolver. En el trabajo de investigación propuesto, en la parte donde se debe realizar el estudio de la dinámica estructural del pórtico, nos encontramos en este caso; por lo que la utilización del MEF se hace indispensable. Al ser un método esencialmente matemático, se propone la utilización de un software especializado en el tema, donde el método ya está implementado en las aplicaciones ingenieriles más comunes. El software que se utilizará es el software ANSYS® Mechanical Product Launcher, dado que la relación entre las herramientas de

modelado y el método matemático poseen una compenetración más robusta que en otros softwares para MEF.

5.2 Método construcción modelo EF

La estructura del banco de pruebas, así como su cabezal excitador son elementos continuos y su dinámica debe ser analizada como tal. Debido a la complejidad analítica del problema, se opta por realizar un análisis a través de elementos finitos. El análisis que será ejecutado, es un análisis modal, el cual nos proporciona las frecuencias naturales y modos de vibración de la estructura y de sus diferentes elementos. Los pasos a seguir son: un modelo geométrico, ingresar las propiedades de los materiales, discretizar(mallado), ingresar las condiciones de contorno y ejecutar el análisis.

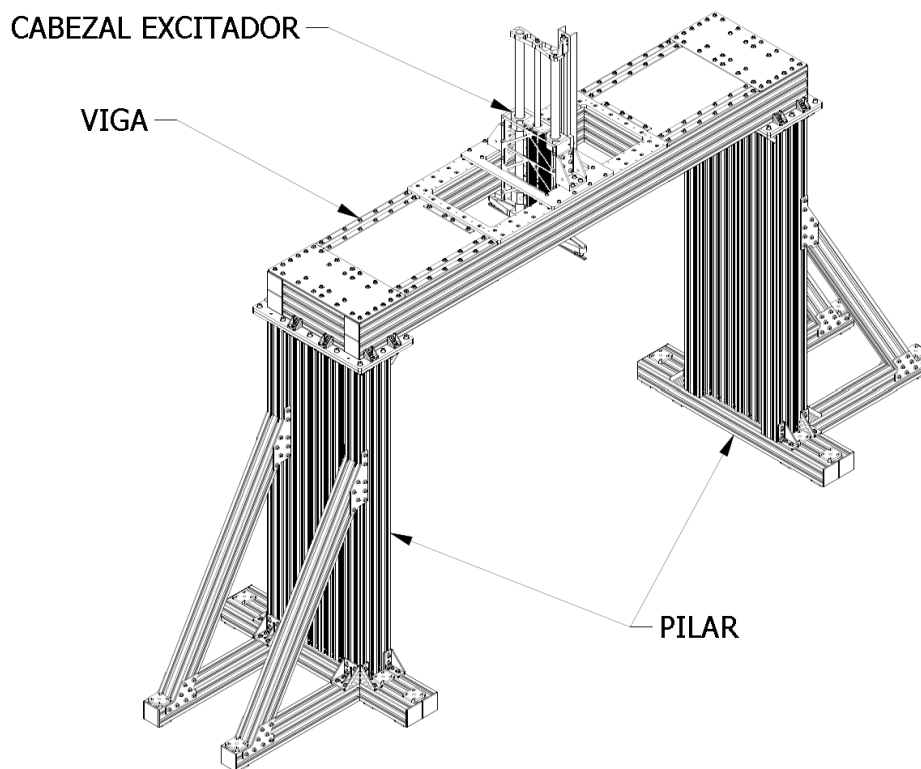


Ilustración 34: Partes principales del banco de prueba. Fuente: TFM: Diseño de un banco para ensayos dinámicos de pantógrafos. Fernando Peinado

Se determinó que las partes más importantes a simular, para la realización del modelo, es la estructura del pórtico junto con el conjunto de soporte del excitador (Ilustración 34). El modelo de la estructura se lo va a realizar en 4 etapas: etapa 1: modelo del pórtico principal, etapa 2: modelo del conjunto de soporte del excitador, etapa 3: modelo de las placas rigidizadoras, etapa 4: ensamblaje de ambos modelos. A diferencia de la estructura, el modelo del cabezal excitador, se lo hizo en una sola etapa como un solo conjunto. Todos los análisis por el método de los elementos finitos se van a realizar en el software ANSYS®.

5.2.1 Modelado del pórtico principal (Etapa 1)

Extrayendo la información de los planos constructivos del banco de pruebas (Anexo 4), se ingresan las coordenadas de los puntos (Keypoints) de inicio y fin de las líneas que representarán el pórtico. Con los puntos (Keypoints) dibujados, se procede a trazar las líneas que unen dichos puntos y representarán los elementos estructurales. Una vez obtenida la estructura de líneas,

se procede a ingresar las propiedades geométricas de las secciones de los perfiles de aluminio que componen la estructura. La geometría de las secciones se importa de los archivos IGES del fabricante, posteriormente se genera áreas utilizando las líneas de la geometría, y finalmente se ejecuta un mallado con elementos de 1.5 mm x 1.5 mm. Una vez hecho eso, utilizando el comando "Read Sect Mesh", se crean las distintas secciones para la asignación a cada elemento de la estructura. Los perfiles utilizados en la estructura, son perfiles extrudidos de aluminio 6060 estandarizados, marca Bosch Rexroth. Se utilizaron de dos tipos: 200x100L y 100x100L y sus propiedades geométricas se encuentran en la Tabla 5.2. Una vez creada cada una de las secciones, tomando en cuenta los "offset" de los centroides (Tabla 5.3), se procede a ingresar la información de los materiales (Tabla 5.1). Para este caso en particular (Análisis Modal) las propiedades básicas que fueron ingresadas son: el módulo de elasticidad, el coeficiente de Poisson y la densidad del aluminio 6060.

Propiedades Aleación de Aluminio 6060	
Propiedad	Valor
Módulo de Elasticidad	69.5 [GPa]
Coefficiente de Poisson	0.325
Densidad	2700 [kg/m ³]

Tabla 5.1: Propiedades aleación de aluminio 6060. Fuente: Elaboración propia.

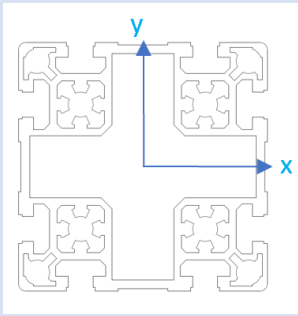
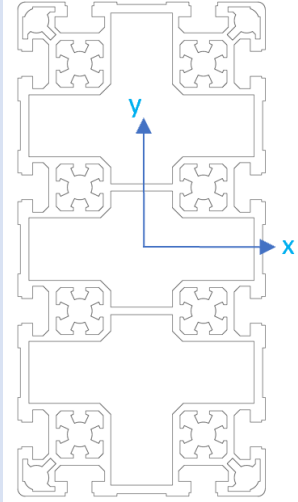
100x100L		200x100L	
			
A [cm²]	29,9	A [cm²]	54,0
I_{xx} [cm⁴]	318,3	I_{xx} [cm⁴]	2133,1
W_{xx} [cm³]	63,7	W_{xx} [cm³]	213,3
I_{yy} [cm⁴]	318,3	I_{yy} [cm⁴]	602,1
W_{yy} [cm³]	63,7	W_{yy} [cm³]	120,4
I_t [cm⁴]	153,3	I_t [cm⁴]	421,0

Tabla 5.2: Resumen de propiedades de los perfiles de aluminio 6060 Bosch Rexroth.

Fuente: Elaboración propia.

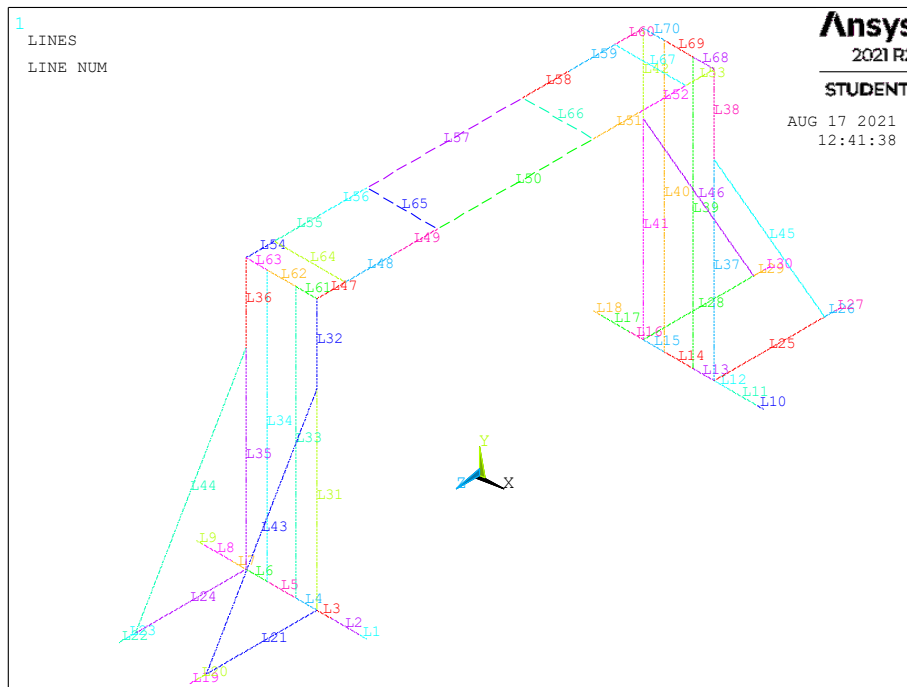


Ilustración 35: Elementos tipo barra de la estructura del banco. Fuente: Elaboración propia

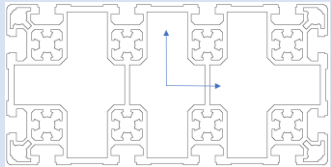
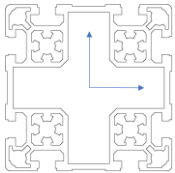
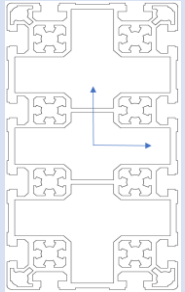
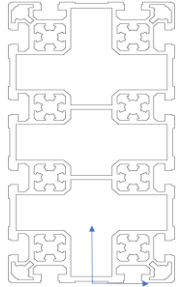
Elemento de la estructura	Orientación y offset del perfil
L1 - L18, L33, L34, L39, L40	
L19 - L30, L43 - L46	
L31, L32, L35, L36, L37, L38, L41, L42	
L47 - L70	

Tabla 5.3: Orientación y desplazamiento de los ejes centroides según la codificación de la ilustración. Fuente: Elaboración propia

Una vez que se obtiene la geometría, la información de los materiales y las secciones; se procede a la discretización. El tipo de elemento que se va a utilizar en este modelo es el LINK188, ya que las dimensiones y el tipo de análisis a ser ejecutado no requiere de la precisión de un modelo detallado. Debido a la gran rigidez que poseen la conexión viga-columna y arriostramientos-columna del pórtico; se asume que están completamente restringidas. Se asigna los atributos específicos para cada miembro estructural, se escoge como tamaño de elemento 0,01 m y se obtiene la malla en los elementos de todo el pórtico.

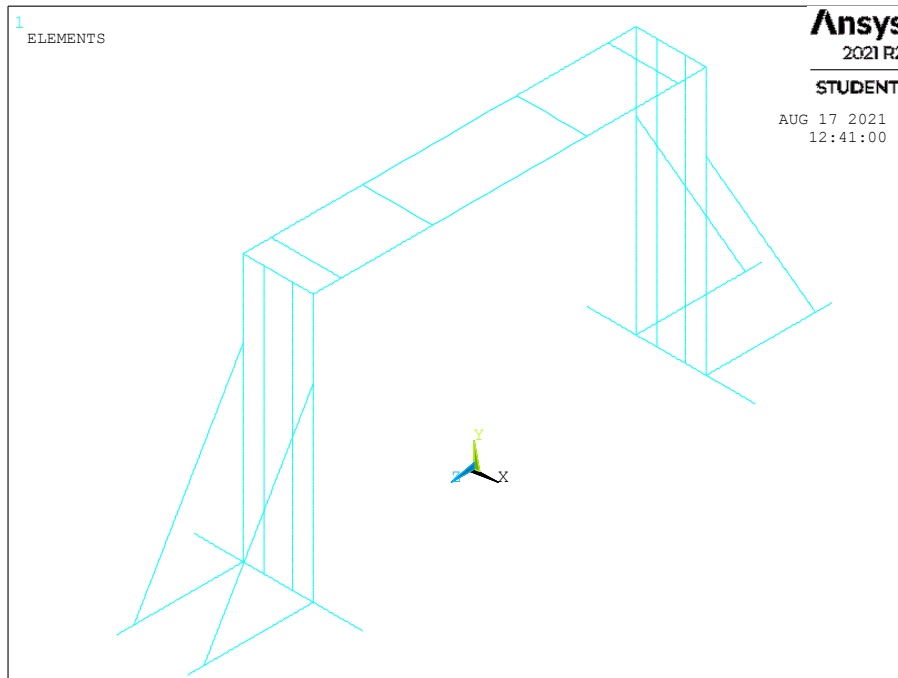


Ilustración 36: Estructura del banco discretizada. Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Modelado del soporte del excitador (Etapa 2)

El banco de pruebas posee una estructura rígida, donde se aloja el motor lineal y el excitador; y esta está acoplada al pórtico a través de dos placas de aluminio. Todo el conjunto hace que afecte a la rigidez y masa del sistema que será analizado, por esta razón se modeló y se incluyó en el análisis. La manera más sencilla y funcional de representar el conjunto anteriormente mencionado es con superficies, ya que las dimensiones globales respecto a los espesores son bastante grandes y el comportamiento lo rige la teoría de placas. De igual manera que el apartado anterior, se obtiene las dimensiones de los planos de banco de pruebas (Anexo 4) y se construye la geometría de los elementos que la componen. Se ingresan las coordenadas de los puntos (Keypoints), se grafica las líneas y finalmente se crea las áreas. El material es aluminio, por lo que se utilizan las mismas propiedades descritas en apartado anterior. Las secciones que se asignará a las superficies creadas, en este caso serán los espesores de placa. En la creación de las secciones para el modelo del soporte del excitador, a las placas que van conectadas con las vigas principales, se les dará un offset. Esto es, porque al haber creado el pórtico con elementos de línea, la placa tendrá una inercia centroidal; cuando en la realidad no lo es porque esta tiene un desplazamiento vertical que por el teorema de los ejes paralelos de Steiner le brindará más rigidez.

Marca	Espesor	Desfase (Offset)
1	5 mm	Plano medio (Mid-Plane)
2	19 mm	Plano medio (Mid-Plane)
3	16 mm	Plano medio (Mid-Plane)
4	base pórtico: 12 mm, base soporte: 10 mm, cartelas: 8 mm	Plano medio (Mid-Plane)

Tabla 5.4: Designación de espesores del soporte del excitador. Fuente: elaboración propia

Espesor	Desfase (Offset)	Espesor	Desfase (Offset)
20 mm	Localización ingresada por el usuario (User-Input-Location: 220 mm) (alto de perfil de aluminio L200 + espesor placa pórtico)	20 mm	Localización ingresada por el usuario (User-Input-Location: 200 mm) (alto del perfil de aluminio L200)

Tabla 5.5: Asignación de espesores a placa de soporte y placa. Fuente: elaboración propia

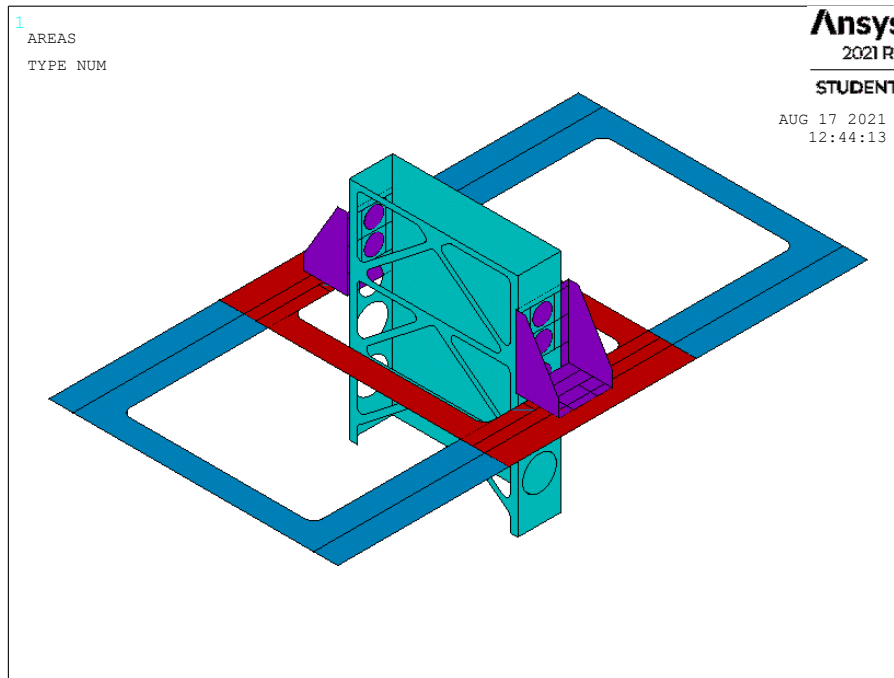


Ilustración 37: Soporte Excitador Ensamblado. Fuente: elaboración propia

Cada componente representado en la Ilustración 37 debe ser creado por separado en bases de datos distintas. Para la discretización de cada uno de ellos se utiliza el tipo de elemento SHELL281; ya que este es el indicado para el mallado de superficies, y brinda una buena precisión debido a su interpolación cuadrática. Después se asigna los atributos y se utiliza un tamaño de elemento de 0,006 m x 0.006 m para cada componente. Hecho esto, se procede a realizar el mallado en cada una de las bases de datos.

Una vez que se obtiene cada componente discretizado, se crean los “Component Assembly”. Los “Component Assembly” son grupos de nodos que representan a los pernos que sujetan un componente con otro; deben ser creados para cada pieza basándonos en los planos descriptivos del banco de pruebas. Esos grupos de nodos nos ayudarán a realizar la correcta unión entre cada parte del conjunto. Una vez creados los “Component Assembly para cada pieza, se exporta cada una de las bases de datos a un tipo de archivo cdb, que a continuación nos servirá para realizar el ensamblaje final del conjunto.

En una nueva base de datos, se importan todos los componentes y se procede a realizar la respectiva unión entre las piezas del conjunto. Esto se lo hace a través de la selección de los diferentes “Component Assembly” según corresponda, y posteriormente la unión de entidades coincidentes con “Merge Items”. Solo de esta manera, se garantiza que los componentes del conjunto están correctamente conectados. En la Ilustración 38 se observa el conjunto de elementos ensamblado, pero estos no se encuentran unidos si no hasta que se realiza el procedimiento anteriormente descrito, se los representa así por cuestiones de espacio y continuidad de esta memoria. No está en el alcance de este documento, mostrar el procedimiento detallado de cómo se realizó el ensamblaje de esos elementos, debido a que no es el objeto del mismo.

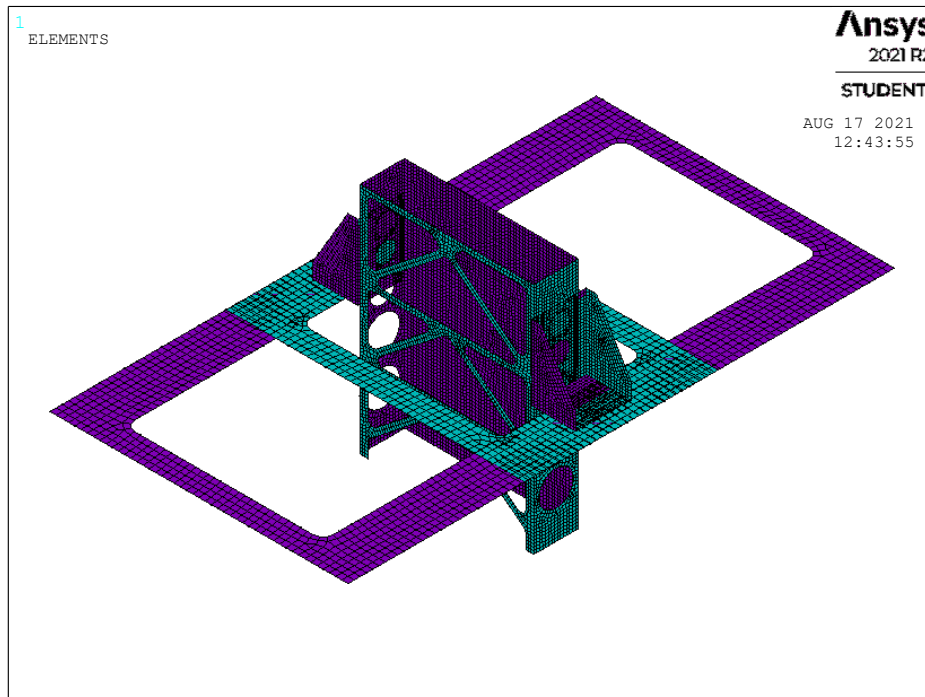


Ilustración 38: Conjunto de soporte ensamblado. Fuente: elaboración propia

5.2.3 Modelado de las placas rigidizadoras (Etapa 3)

Entre las conexiones viga-columna y el soporte del excitador, se encuentran unas placas que conectan los dos perfiles que forman la viga principal junto con los perfiles cortos perpendiculares a los mismos. Estas placas también son modeladas como áreas, considerando que su comportamiento es regido por la teoría de placas. Su dimensión es igual al cuadrado que se forma entre los perfiles de conexión y los perfiles principales de la viga del pórtico (Ilustración 39); en total son 4 placas, 2 superiores y 2 inferiores.

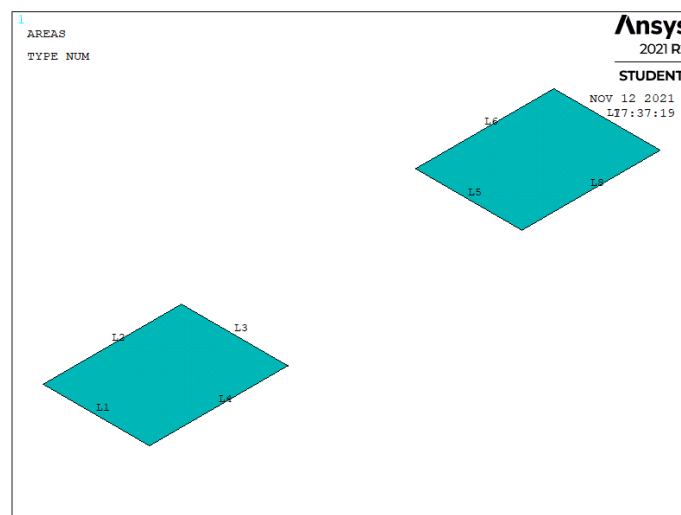


Ilustración 39: Modelo de áreas de las placas rigidizadoras. Fuente: elaboración propia

Para estos componentes se eligió el tipo de elemento SHELL181, ya que por la acción de las mismas no se requiere de tanta precisión. El tamaño de elemento que se utilizó en este caso fue de 0,05 m x 0,05 m, ya que esto crea la cantidad de nodos en los bordes necesaria para que represente que las placas rigidizadoras son unidas al pórtico con pernos cada 5 cm Ilustración

40. Cabe recalcar que para las placas superiores se utiliza una sección de 3 mm de espesor con un “offset” de 0,2 m que representa que las mismas están montadas sobre los perfiles. A diferencia de las placas inferiores que es simplemente es una sección de 3 mm de espesor sin “offset”. En el modelo de elementos finitos se observará como si las placas estuviesen en la misma posición, pero para visualizar las ubicaciones reales se deberá activar “Size & Shape”. Para la realización del posterior ensamblaje con el pórtico, se realiza el mismo procedimiento para crear los nodos que representan los pernos de sujeción con el pórtico (Component Assembly).

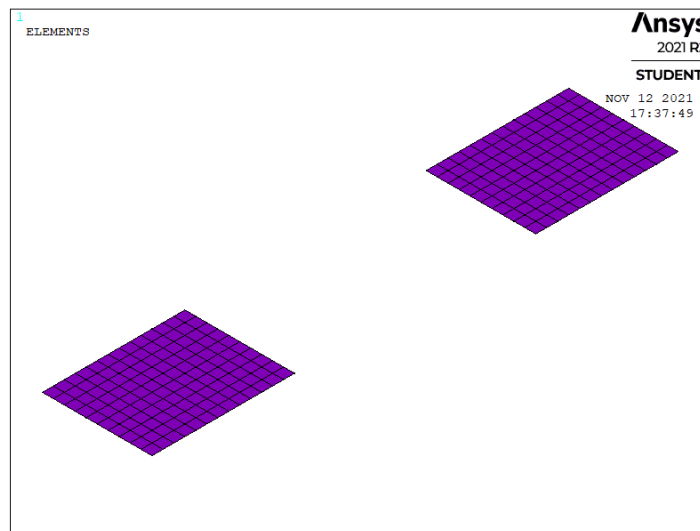


Ilustración 40: Malla de elementos finitos de las placas rigidizadoras. Fuente: elaboración propia

5.2.4 Ensamblaje del pórtico principal y soporte del excitador (Etapa 4)

De la misma manera que se ejecutó el ensamblaje de los componentes del conjunto de soporte, se realiza el ensamblaje del pórtico principal con las placas rigidizadoras y el conjunto de soporte. A pesar de que las placas de conexión y las cartelas de las uniones viga-columna de la estructura del banco, no se consideran como un aporte a la rigidez, estas si afectan a la masa del sistema. Por lo que estas serán representadas como masas concentradas ubicadas en las conexiones del pórtico; mallando los puntos de conexión (Keypoint) con el tipo de elemento MASS21 y asignando una “Real Constant” igual a la masa real de las placas. De la misma manera, debe ser incluida la masa de los componentes del motor lineal junto con el cabezal excitador. Los datos de la masa de cada componente se obtuvieron a partir de las fichas técnicas (Anexo 5) y de los planos descriptivos del banco de pruebas (Anexo 4); la información resumida se encuentra en Tabla 5.6 y Tabla 5.7. El modelo final, antes de incluir las condiciones de contorno quedaría como se muestra en la Ilustración 41.

Masas consideradas acopladas a cada Conexión viga-columna (REAL CONSTANT 1)		
Placa de conexión de la viga	12,91	kg
Placa de conexión de la columna	10,19	kg
Placa apriete pernos	2,38	kg
Cartelas conectoras	3,27	kg
TOTAL	28,75	kg

Tabla 5.6: Descripción “Real Constant 1” para masas. Fuente: elaboración propia

Masas consideradas acopladas al Soporte del excitador (REAL CONSTANT 2)		
Topes vástago cabezal excitador	0,756	kg
Motor lineal + componentes	12,31	kg
Cabezal excitador	16,79	Kg
Barra de contacto pantógrafo	2,99	Kg
TOTAL	32,84	kg

Tabla 5.7: Descripción "Real Constant 2" para masas. Fuente: Elaboración propia

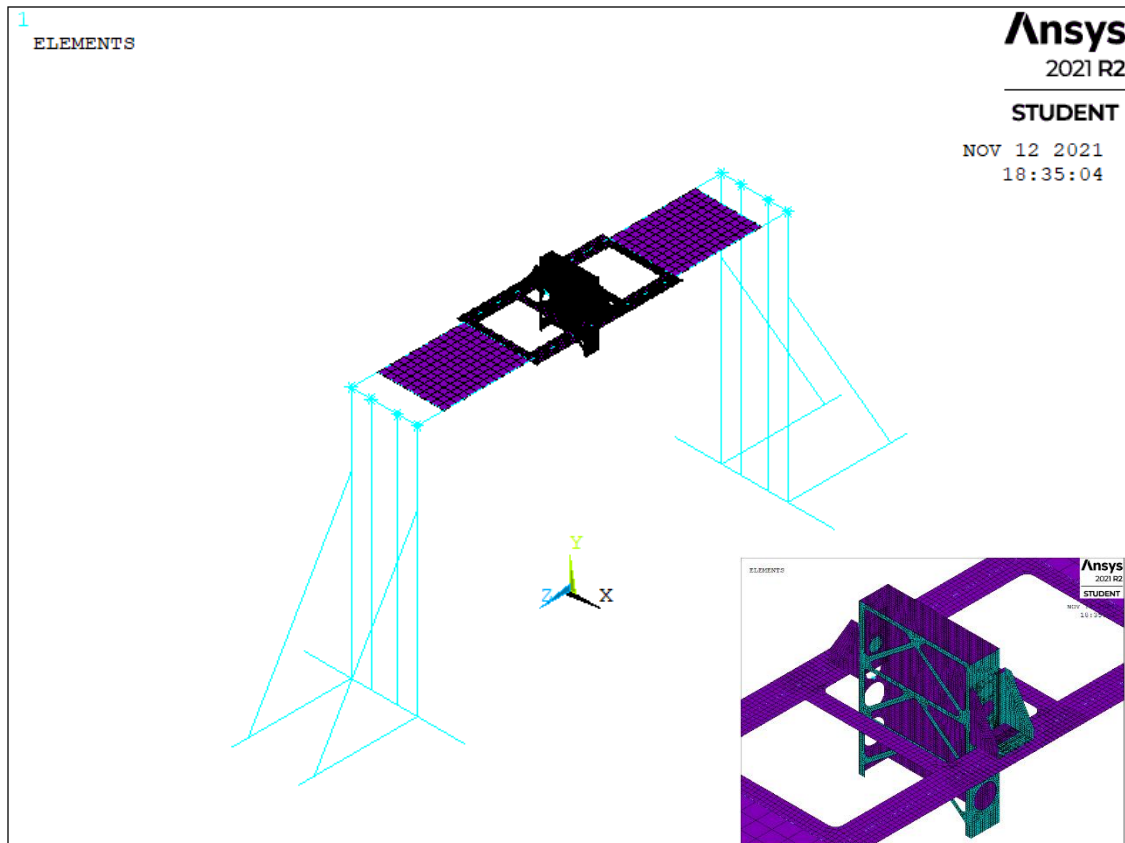


Ilustración 41: Modelo de elementos finitos de banco de pruebas sin condiciones de contorno. Fuente: elaboración propia

5.2.5 Condiciones de contorno y análisis modal

El banco de pruebas, según lo que indica el plano descriptivo (Anexo 4), lleva un total de 12 anclajes en la base de sujeción. En la realidad el banco está fijado con un total de 8 anclajes, lo que se reproducirá en el modelo para ser más precisos. Para modelar este tipo de sujeción se considerará como si el banco de pruebas está restringido en desplazamientos en esos puntos, pero no en rotaciones (Ilustración 42). Se procede a restringir los desplazamientos de estos 8 puntos, pero se dejan las rotaciones libres. La restricción de desplazamientos se la aplicó a los "Keypoints" que poseían las coordenadas de los anclajes en el modelo real.

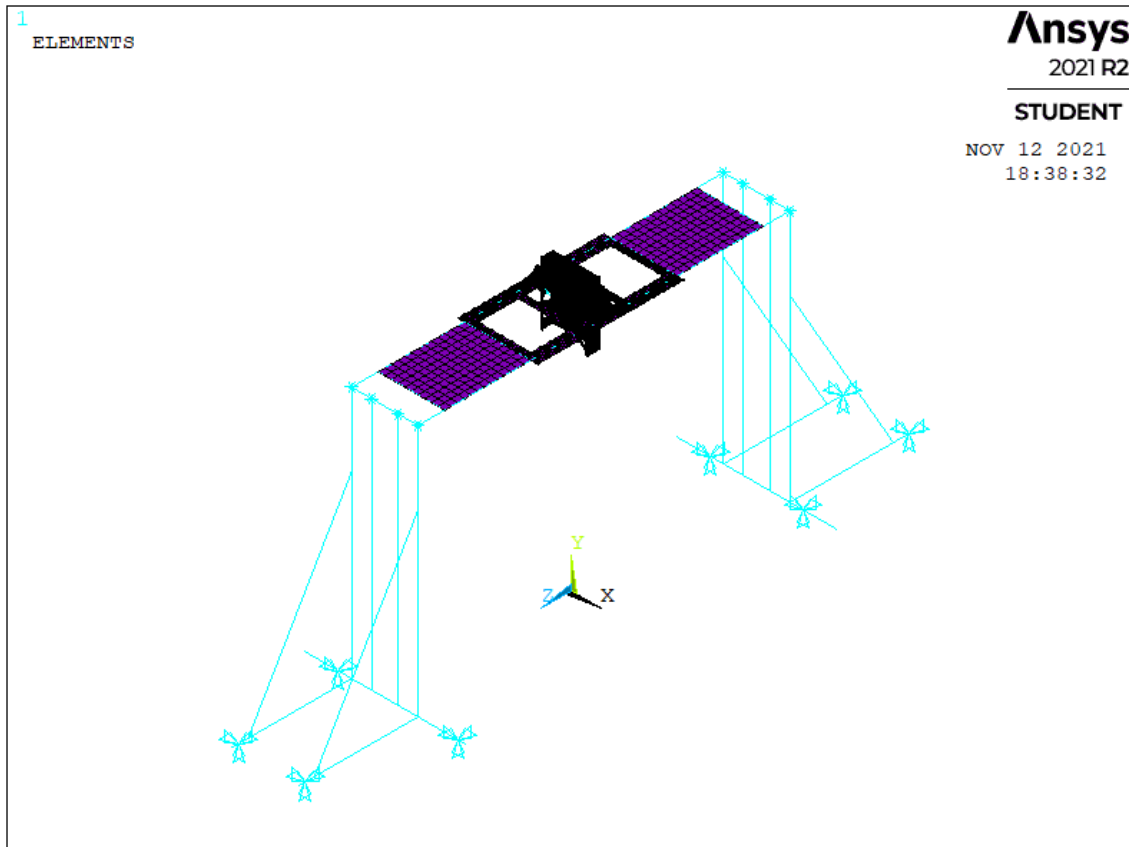


Ilustración 42: Modelo EF del banco incluidas sus condiciones de contorno. Fuente: elaboración propia.

Para agilizar el proceso, se genera una macro con los comandos para el análisis modal; que sirva para el pórtico con su soporte. Se elige extraer 30 modos, ya que deseamos cubrir un amplio espectro de frecuencias naturales y modos de vibración. Para el caso de la estructura de soporte, las más importantes que se desea obtener son: vertical (perpendicular al eje fuerte de las vigas), lateral (a lo largo de las vigas) y axial (perpendicular al eje débil de las vigas). El algoritmo de resolución seleccionado en ANSYS® es el de Lanczos, con la opción de masa agrupada (Lumped Mass).

5.3 Resultados del Análisis modal mediante MEF

Del análisis, se obtienen las diferentes frecuencias naturales para la estructura y en la Tabla 5.8 se encuentran resumidos los resultados. Se muestran las frecuencias naturales menores a 50 Hz, ya que según la norma ese es el límite superior para los ensayos de vibraciones para pantógrafos. Estas frecuencias naturales tienen su modo de vibración asociado, el cual se muestra en las ilustraciones siguientes.

Análisis Modal MEF		
Modo	Frecuencia [Hz]	Dirección
1	18,08	Axial
2	25,49	Torsional Y
3	34,79	Lateral
5	59,43	Vertical

Tabla 5.8: Modos y frecuencias naturales del banco por MEF. Fuente: elaboración propia.

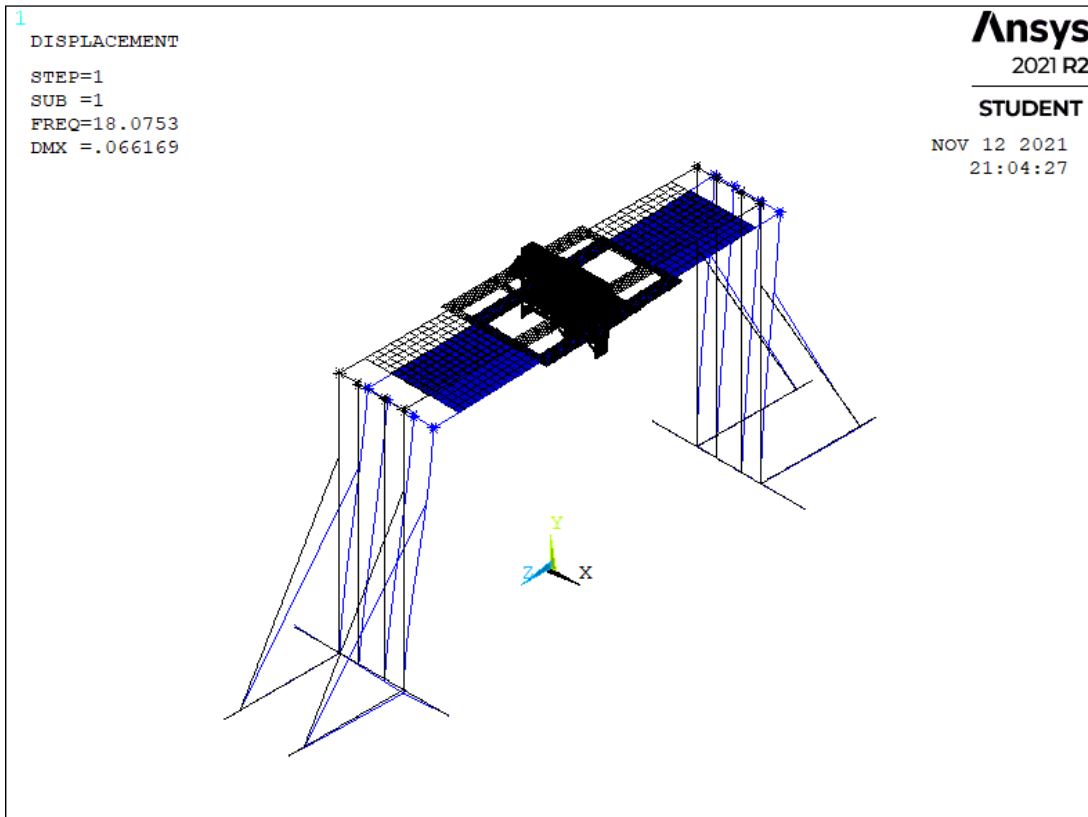


Ilustración 43: Modo axial MEF. Fuente: elaboración propia

En la figura expuesta (Ilustración 43), se logra ver la silueta negra (estructura sin deformar) y la silueta azul (estructura deformada). Al observar el modo de vibración axial (a lo largo del eje x) se puede notar que es un modo bien definido, ya que los elementos presentan movimientos coherentes en la misma dirección. La frecuencia natural asociada a este modo de vibración es de 18,07 Hz; es decir que cualquier tipo de excitación en ese sentido, hará que entre en resonancia. Se puede notar que existe un ligero aumento del desplazamiento en el lado izquierdo respecto al lado derecho de la estructura; esto es debido a que el anclaje de este lado, se encuentra más alejado de la base de la columna. Según los movimientos que quieren ser agregados al banco de prueba, este modo difícilmente será excitado, pero es importante saberlo ya que es uno de los modos principales de la estructura. El procedimiento de conexión de los elementos, para el ensamblaje de toda la estructura, se puede notar que fue exitoso ya que se puede notar que las deformaciones son coherentes con el modo analizado.

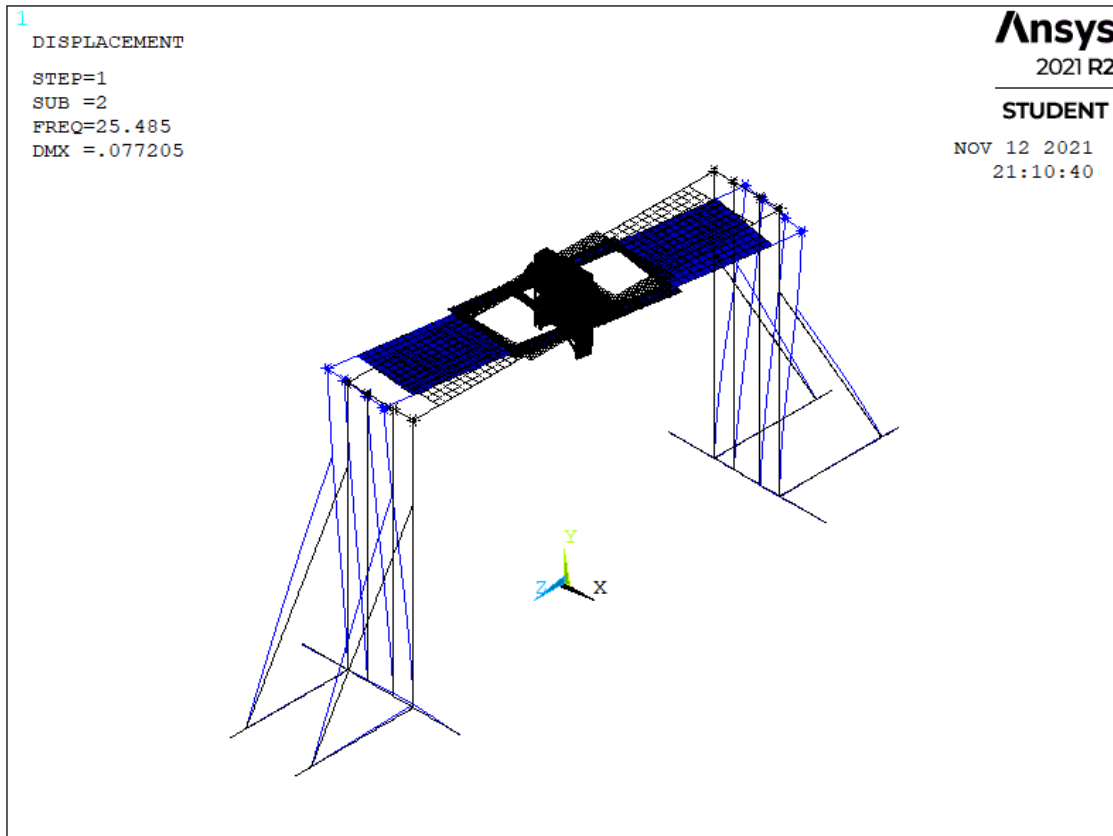


Ilustración 44: Modo torsional MEF, con rotación en el eje y. Fuente: elaboración propia

De la misma manera que el caso anterior, la silueta negra representa la estructura sin deformar, y la silueta azul, la estructura deformada (Ilustración 44). Este modo representa el modo vibratorio torsional, con un eje de rotación alineado al eje y del sistema de referencia expuesto. La frecuencia natural asociada al modo torsional es de 25,48 Hz. La mejora propuesta, añade un movimiento lateral al excitador vertical para la simulación del hilo descentrado; por lo que al desplazar dicha masa a lo largo de las vigas es posible inducir el modo expuesto. El estudio de este modo no es de principal importancia, ya que mas influencia tendrá el modo lateral para las modificaciones propuestas. Las riostras que conectan las patas con las columnas, se puede notar que mejoran el comportamiento de la estructura en el modo torsional, limitando el movimiento de los extremos superiores del pórtico. El ensamblado de los elementos de la estructura, también se confirma que esta correctamente logrado, ya que los elementos discretizados se desplazan coherentemente.

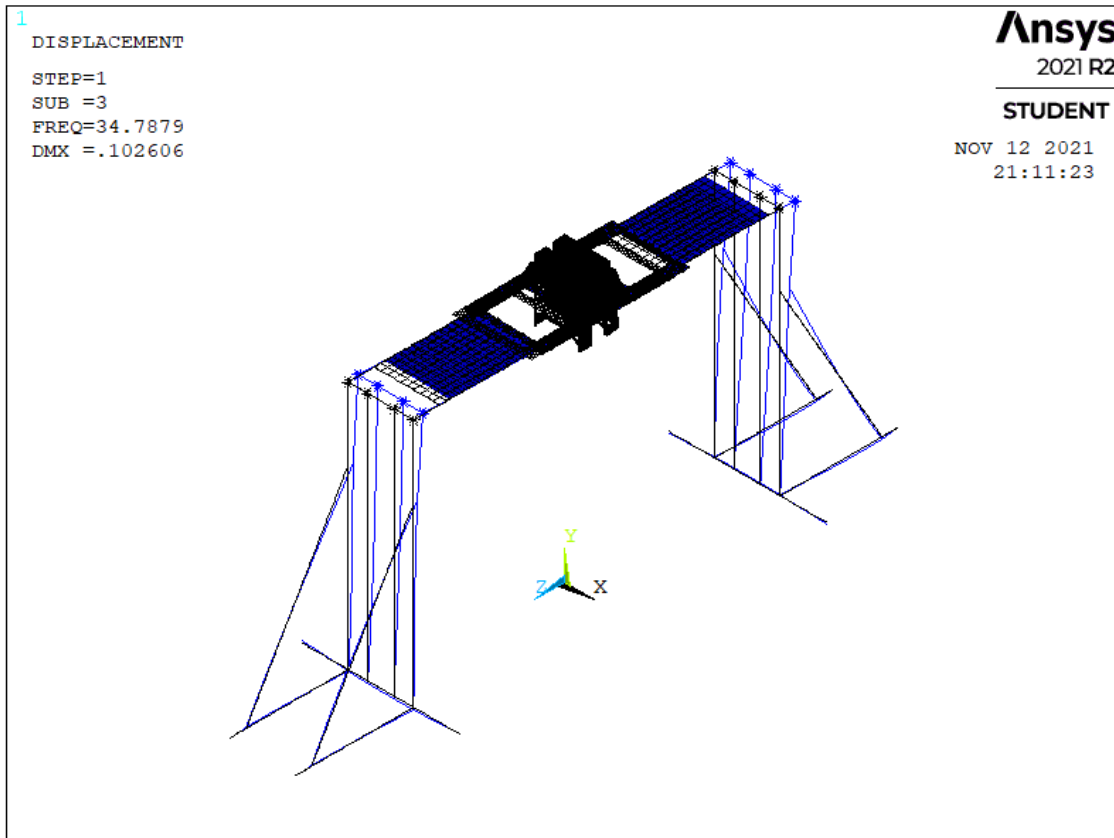


Ilustración 45: Modo Lateral MEF. Fuente: elaboración propia.

El modo lateral es de principal importancia (Ilustración 45), ya que al añadir el movimiento del decentrado del hilo; se perturbará la estructura en esta dirección. De la misma manera, la silueta negra representa la estructura sin deformar y la silueta azul la estructura deformada. Igual que los otros modos, este es bien definido, ya que los elementos tienen un movimiento coherente a lo largo del eje z del sistema de referencia presentado. La frecuencia natural asociada al modo lateral es de 34,78 Hz, es decir que tal y como está la estructura si el excitador longitudinal opera a frecuencias cercanas a este, la estructura entrará en resonancia. Dependiendo de la frecuencia a la que se requiera ensayar el pantógrafo, respecto al descentrado del hilo, se deberá mejorar o no esta frecuencia natural. En esta dirección, se puede notar que las riostras que conectan las patas con las columnas, tienen un efecto muy favorecedor ya que logran mitigar de gran manera el desplazamiento longitudinal de las vigas. En esta figura también se puede apreciar que el modo está bien definido y el ensamblado de las partes de la estructura funciona correctamente.

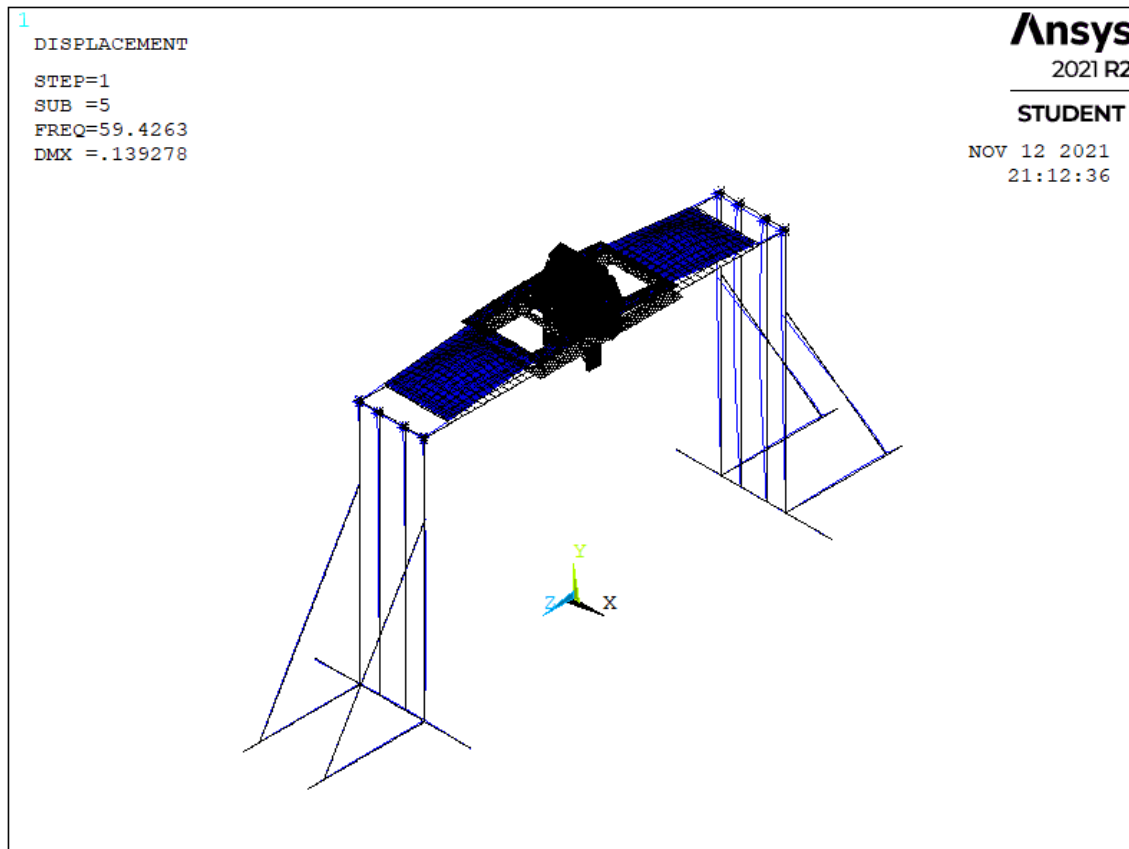


Ilustración 46: Modo vertical MEF. Fuente: elaboración propia.

El modo vertical del banco de pruebas (Ilustración 46), al igual que los anteriormente analizados, se puede notar que es un modo bien definido y que las partes ensambladas de la estructura se desplazan coherentemente. La frecuencia natural asociada al modo vertical es de 59,42 Hz, es decir que, si solo interesaría hacer ensayos en esta dirección, la mejora no debería ser tan sustancial ya que hasta 50 Hz en la dirección vertical no existiría resonancia durante los ensayos. En la deformada de la estructura se puede notar que la viga es la que sufre una deformación más grande en comparación a las columnas, debido al mismo efecto rigidizador de las riostras conectadas a las patas inferiores. Cabe mencionar que este modo es de principal importancia, ya que a pesar de que a 50 Hz no existirían problemas, al momento de inducir el descentrado del hilo se podrían obtener respuestas indeseables. También se puede apreciar que las placas rigidizadoras laterales al soporte presentan la deformación más alta cerca de su centro de gravedad. Si se quisiera ubicar cualquier equipo de medición sobre estas, no sería recomendable.

6. Comparación de los modos Experimentales y modos MEF

El alcance principal del presente documento es determinar un modelo de elementos finitos, capaz de predecir el comportamiento dinámico de la estructura del banco de pruebas real. Para esto se realizaron dos modelos: experimental y en elementos finitos. La idea de hacer ambos, permite la comparación de sus respectivos resultados y analizar qué tan alejado está el uno del otro. En las ilustraciones siguientes de la Tabla 6.1, se muestran la similitud de los modos de vibración obtenidos por ambos métodos, así como sus respectivos valores de frecuencia natural asociados a los modos de vibración.

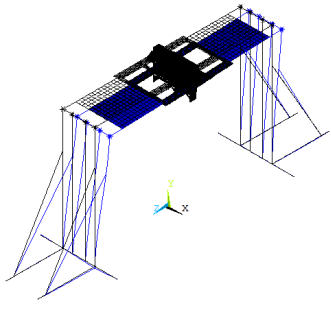
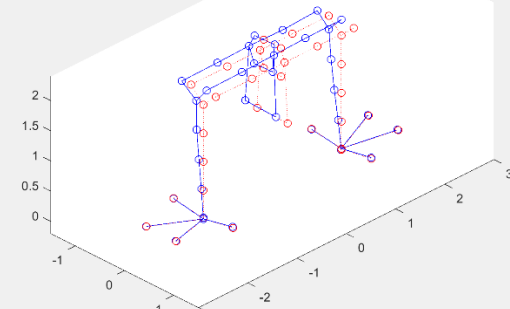
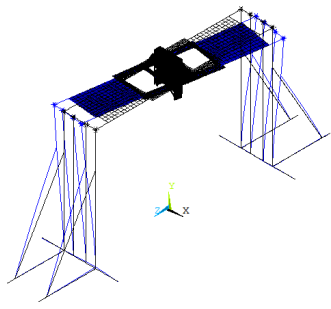
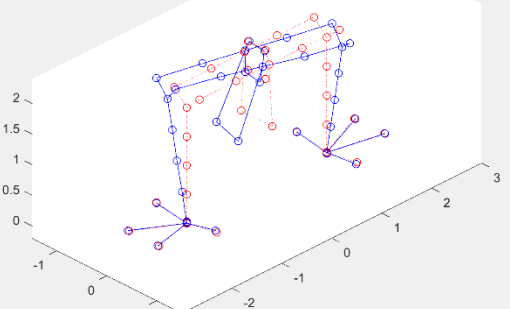
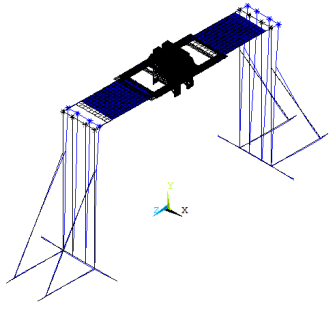
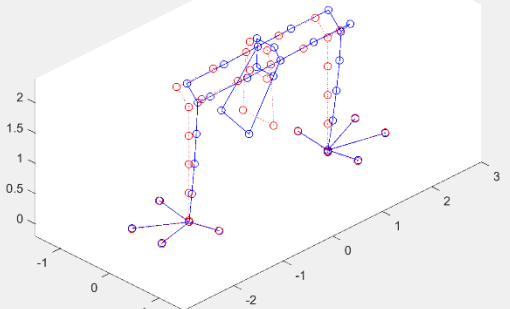
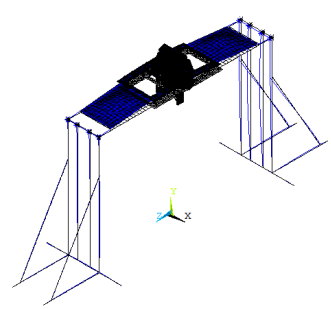
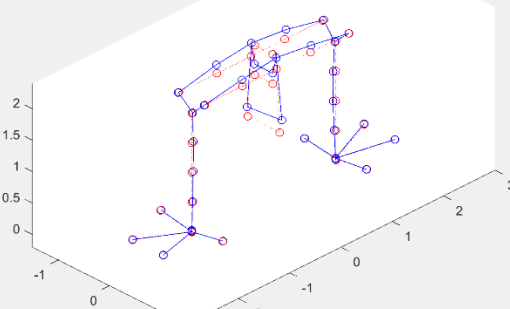
<p>DISPLACEMENT STEP=1 SUB =1 FREQ=18.0753 DMX =.066169</p>  <p style="text-align: right;">Ansys 2021 R2 STUDENT NOV 12 2021 21:04:27</p>	
<p style="text-align: center;">MODO AXIAL MEF: 18,08 Hz</p>	<p style="text-align: center;">MODO AXIAL EXPERIMENTAL: 14,75 Hz</p>
<p>DISPLACEMENT STEP=1 SUB =2 FREQ=25.485 DMX =.077205</p>  <p style="text-align: right;">Ansys 2021 R2 STUDENT NOV 12 2021 21:10:40</p>	
<p style="text-align: center;">MODO TORSIONAL MEF: 25,49 Hz</p>	<p style="text-align: center;">MODO TORSIONAL EXPERIMENTAL: 19,50 Hz</p>
<p>DISPLACEMENT STEP=1 SUB =3 FREQ=34.7879 DMX =.102606</p>  <p style="text-align: right;">Ansys 2021 R2 STUDENT NOV 12 2021 21:11:23</p>	
<p style="text-align: center;">MODO LATERAL MEF: 34,79 Hz</p>	<p style="text-align: center;">MODO LATERAL EXPERIMENTAL: 32 Hz</p>
<p>DISPLACEMENT STEP=1 SUB =5 FREQ=59.4263 DMX =.139278</p>  <p style="text-align: right;">Ansys 2021 R2 STUDENT NOV 12 2021 21:12:36</p>	
<p style="text-align: center;">MODO VERTICAL MEF: 59,43 Hz</p>	<p style="text-align: center;">MODO VERTICAL EXPERIMENTAL: 57,25 Hz</p>

Tabla 6.1: Comparativa de modos de vibración experimentales y modos de elementos finitos del banco de pruebas.
Fuente: elaboración propia

De la Tabla 6.1 se puede observar que el modelo de elementos finitos es más rígido que el modelo reconstruido a partir de los datos experimentales, ya que las frecuencias naturales obtenidas a partir de MEF, poseen valores más altos que las frecuencias naturales experimentales. Se sabe que la frecuencia natural depende de la masa y la rigidez del sistema, independientemente del tipo de modo. La rigidez más elevada del modelo MEF se puede dar por diferentes razones, pero a las que probablemente se le podría atribuir: asunciones respecto a las conexiones y la homogeneidad de los materiales. Debido a que es una estructura atornillada, las uniones dependen de la fricción entre las superficies de contacto; y este efecto no es considerado en el modelo MEF. El efecto de asumir que las uniones no dependen de la fricción, hace que la rigidez sea más elevada; incluir el efecto de la fricción haría la resolución del problema mucho más complejo. El modelo MEF, considera al material como si fuese completamente homogéneo y no contiene ningún defecto; es decir su densidad y módulo de elasticidad son constantes en cualquier punto de los elementos de la estructura. Esto en la realidad no es así, ya que ambas propiedades del material se manejan dentro de un rango establecido por el fabricante y no es un valor exacto. El otro parámetro que puede variar la frecuencia natural, como se mencionó anteriormente, es la masa del sistema. En el modelo se incluyó los valores de cada uno de los componentes “no modelados”, pero la masa de los pernos, las tuercas, el gabinete eléctrico y los cables de conexión unidos al banco no se tomó en cuenta. Después de analizar la razón de la diferencia entre los modelos, se puede determinar que, para el modo vertical y el modo lateral, el error porcentual se mantuvo por debajo del 10%; pero para los modos axial y torsional el error porcentual fue de 23% y 31% respectivamente ver Tabla 6.2.

Los modos son claramente comparables entre los modelos MEF y experimental, ya que tienen las mismas formas, con ligeras diferencias. Estas diferencias se dan gracias a que, en el modelo experimental, se tomó puntos del cabezal excitador y del soporte principal. En el modo donde se vio la diferencia más marcada es en el modo lateral, ya que los puntos 31 y 32 (cabezal excitador, ver Ilustración 23) se mueven con un desfase de 180° respecto a los puntos medidos en la estructura. Esta diferencia de movimiento, también se puede observar en el modo torsional ya que en este también influye el movimiento de los puntos 31 y 32 anteriormente mencionados.

MODOS	Elementos Finitos	Experimental	Error respecto experimental
AXIAL [Hz]	18,08	14,75	23%
TORSIONAL [Hz]	25,49	19,50	31%
LATERAL [Hz]	34,79	32,00	9%
VERTICAL [Hz]	59,43	57,25	4%

Tabla 6.2: Error porcentual en modos experimentales y MEF. Fuente: elaboración propia.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

El modelo de elementos finitos del banco de pruebas, se logró ajustar al modelo experimental de una manera aceptable. Su frecuencia natural y modo de vibración vertical se logró ajustar con un error porcentual del 4%, el cual se encuentra dentro de un rango excelente, ya que permitirá predecir el comportamiento vertical de una manera exitosa. De igual manera, el modo lateral con su frecuencia natural asociada, posee un 9% de error respecto a la realidad; por lo tanto, la capacidad de este para predecir el comportamiento lateral es excelente. Estos dos

modos son los que se encuentran por debajo del 10% de error, y eran los más importantes en relación a las modificaciones que se requieren hacer al banco para su respectiva mejora. El modo vertical, nos confirma que el banco no entrará en resonancia con ensayos que lleguen a los 50 Hz de frecuencia de prueba. Por otro lado, al añadir el movimiento lateral para la simulación del descentrado del hilo, no se tendrán problemas de resonancia con la estructura del banco a frecuencias de prueba inferiores a 30 Hz.

La predicción del comportamiento torsional del banco de pruebas, utilizando el modelo de elementos finitos, no es bueno; ya que este difiere del real con un error porcentual del 31%. Las razones fueron anteriormente comentadas en la comparación de los resultados de ambos modelos. Esta particularidad no es de importancia crucial, ya que en las direcciones en que actuarán los excitadores lineales eléctricos es poco probable que induzcan vibraciones torsionales. Sin embargo, las mejoras propuestas, deberían influir en la rigidez de este, para que se evite cualquier movimiento parásito o acoplamientos de modos de vibración.

Respecto al modo axial, el modelo MEF, obtiene un ajuste mejor al torsional, pero no al nivel del ajuste vertical y/o lateral. La frecuencia natural del modo axial, difiere en un 23% de los datos experimentales, el cual puede ser considerado como no muy bueno. Este podrá predecir el comportamiento en la dirección descrita, pero deberá ser utilizado con precaución para no introducir errores indeseables. Similar al caso del modo torsional, el modo axial difícilmente será excitado con los movimientos que son capaces de realizar los motores lineales del banco de prueba. Lo interesante de este modo, es que por la geometría de la estructura, cualquier modificación para la mejora de las frecuencias naturales torsionales dará como resultado una mejora también en los modos axiales de vibración.

El método seleccionado para el modelado por elementos finitos, se concluye que fue debidamente ejecutado. Ya que a pesar de que 2 de los 4 modos principales, no predicen con mucha exactitud las frecuencias naturales, los modos de vibración si son muy similares. Además, el proceso de ensamblaje de las diferentes partes fue exitoso, ya que al analizar los resultados se podía apreciar que los movimientos de las distintas partes eran congruentes. El algoritmo de resolución seleccionado, fue bastante eficiente para el cálculo, ya que el tiempo de cómputo fue bastante rápido. La expansión de los 30 modos de vibración, fue suficiente para cubrir el espectro de frecuencias naturales del banco de pruebas.

Lo que compete al método de obtención de datos experimentales, se puede decir que también fue ejecutado con éxito. Las FFT de los diferentes puntos, tenían estructuras similares según el tipo de excitación que recibía la estructura. Las coherencias de los distintos datos tenían una alta precisión cerca de las resonancias, aunque un comportamiento bastante deficiente a baja frecuencia. La instrumentación utilizada también fue correctamente seleccionada, ya que nos ayudó a tomar las mediciones de una manera rápida y consistente, ya que al poseer un acelerómetro triaxial solo debíamos excitar en 3 direcciones para cada punto, para obtener la información de respuesta en 3 direcciones.

7.2 Recomendaciones

Para una próxima investigación, se recomienda incluir en el modelo de elementos finitos varias consideraciones. La masa de los componentes de sujeción y la masa de los componentes eléctricos debe ser incluida. Se debe añadir cierta flexibilidad en las conexiones principales del pórtico, para reproducir el efecto de la sujeción atornillada. Hacer un modelo sólido en 3 dimensiones para determinar si se incrementa la precisión en el análisis modal. Hacer ensayos de tracción de los materiales del banco de pruebas para obtener sus propiedades mecánicas

exactas. Añadir al modelo de elementos finitos el cabezal excitador, ya que ese posee una masa distribuida a lo largo del eje vertical del pórtico y puede tener influencia en los modos de vibración.

8. Bibliografía

Fuenmayor, J. (2021). Técnicas Experimentales en Vibraciones. *Análisis Modal*, (pág. 21). España.

Kiessling, F. (2017). *Contact Lines for Electric Railways: Planning, Design, Implementation, Maintenance*. Germany: Publicis MCD Verlag.

Rao, S. S. (2012). *Vibraciones Mecánicas*. México: Pearson.

Wu, J. (2017). *Pantograph and Contact Line System*. USA: Academic Press.

9. Anexos

Anexo 1

Ficha técnica sistema de adquisición de
datos NI cDAQ-9174

SPECIFICATIONS

NI cDAQ™ -9174

NI CompactDAQ Four-Slot USB Chassis

These specifications are for the National Instruments CompactDAQ 9174 chassis only. These specifications are typical at 25 °C unless otherwise noted. For the C Series I/O module specifications, refer to the documentation for the C Series I/O module you are using.

Analog Input

Input FIFO size.....	127 samples per slot
Maximum sample rate ¹	Determined by the C Series I/O module or modules
Timing accuracy ²	50 ppm of sample rate
Timing resolution ³	12.5 ns
Number of channels supported.....	Determined by the C Series I/O module or modules

Analog Output

Number of channels supported	
Hardware-timed task	
Onboard regeneration.....	16
Non-regeneration.....	Determined by the C Series I/O module or modules

¹ Performance dependent on type of installed C Series I/O module and number of channels in the task.

² Does not include group delay. For more information, refer to the documentation for each C Series I/O module.

³ Does not include group delay. For more information, refer to the documentation for each C Series I/O module.

Non-hardware-timed task.....	Determined by the C Series I/O module or modules
Maximum update rate	
Onboard regeneration.....	1.6 MS/s (multi-channel, aggregate)
Non-regeneration.....	Determined by the C Series I/O module or modules
Timing accuracy.....	50 ppm of sample rate
Timing resolution.....	12.5 ns
Output FIFO size	
Onboard regeneration.....	8,191 samples shared among channels used
Non-regeneration.....	127 samples per slot
AO waveform modes.....	Non-periodic waveform, periodic waveform regeneration mode from onboard memory, periodic waveform regeneration from host buffer including dynamic update

Digital Waveform Characteristics

Waveform acquisition (DI) FIFO.....	127 samples per slot
Waveform generation (DO) FIFO.....	2,047 samples
Digital input sample clock frequency	
Streaming to application.....	System-dependent memory
Finite.....	0 to 10 MHz
Digital output sample clock frequency	
Streaming from application.....	System-dependent memory
Regeneration from FIFO.....	0 to 10 MHz
Finite.....	0 to 10 MHz
Timing accuracy.....	50 ppm

General-Purpose Counters/Timers

Number of counters/timers.....	4
Resolution.....	32 bits
Counter measurements.....	Edge counting, pulse, semi-period, period, two-edge separation, pulse width
Position measurements.....	X1, X2, X4 quadrature encoding with Channel Z reloading; two-pulse encoding
Output applications.....	Pulse, pulse train with dynamic updates, frequency division, equivalent time sampling
Internal base clocks.....	80 MHz, 20 MHz, 100 kHz
External base clock frequency.....	0 to 20 MHz
Base clock accuracy.....	50 ppm
Output frequency.....	0 to 20 MHz
Inputs.....	Gate, Source, HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down
Routing options for inputs.....	Any module PFI, analog trigger, many internal signals
FIFO.....	Dedicated 127-sample FIFO

Frequency Generator

Number of channels.....	1
Base clocks.....	20 MHz, 10 MHz, 100 kHz
Divisors.....	1 to 16 (integers)
Base clock accuracy.....	50 ppm
Output.....	Any module PFI terminal

Module PFI Characteristics

Functionality.....	Static digital input, static digital output, timing input, and timing output
Timing output sources ⁴	Many analog input, analog output, counter, digital input, and digital output timing signals
Timing input frequency.....	0 to 20 MHz
Timing output frequency.....	0 to 20 MHz

Digital Triggers

Source.....	Any module PFI terminal
Polarity.....	Software-selectable for most signals
Analog input function.....	Start Trigger, Reference Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Sample Clock Timebase
Analog output function.....	Start Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Sample Clock Timebase
Counter/timer function.....	Gate, Source, HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down

Module I/O States

At power-on.....	Module-dependent. Refer to the documentation for each C Series I/O module.
------------------	--



Note The chassis may revert the input/output of the modules to their power-on state when the USB cable is removed.

⁴ Actual signals available dependent on type of installed C Series I/O module.

Power Requirements



Caution You must use a National Electric Code (NEC) Class 2 power source with the NI cDAQ-9174 chassis.



Note Some C Series I/O modules have additional power requirements. For more information about C Series I/O module power requirements, refer to the documentation for each C Series I/O module.



Note Sleep mode for C Series I/O modules is not supported in the NI cDAQ-9174.

Input voltage range.....	9 to 30 V
Maximum required input power ⁵	15 W
Power input connector.....	2 positions 3.5 mm pitch pluggable screw terminal with screw locks similar to Sauro CTMH020F8-0N001
Power input mating connector.....	Sauro CTF020V8, Phoenix Contact 1714977, or equivalent
Power consumption from USB,.....	500 μ A maximum 4.10 to 5.25 V

Bus Interface

USB specification.....	USB 2.0 Hi-Speed
High-performance data streams.....	7
Data stream types available.....	Analog input, analog output, digital input, digital output, counter/timer input, counter/timer output, NI-XNET ⁶



Note If you are connecting the NI cDAQ-9174 chassis to a USB hub, the hub must be externally powered.

⁵ Includes maximum 1 W module load per slot across rated temperature and product variations.

⁶ When a session is active, CAN or LIN (NI-XNET) C Series modules use a total of two data streams regardless of the number of NI-XNET modules in the chassis.

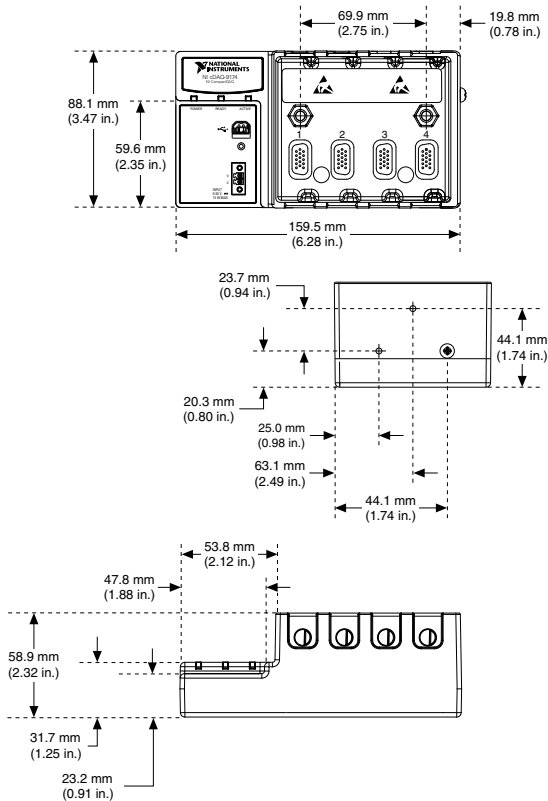
Physical Characteristics

Weight (unloaded).....Approx. 574 g (20.2 oz)

Dimensions (unloaded).....159.5 mm × 88.1 mm × 58.9 mm
(6.28 in. × 3.47 in. × 2.3 in.) Refer to the following figure.

If you need to clean the chassis, wipe it with a dry towel.

Figure 1. NI cDAQ-9174 Dimensions



Environmental

Operating temperature ⁷	-20 °C to 55 °C (IEC-60068-2-1 and IEC-60068-2-2)
Storage temperature.....	-40 °C to 85 °C (IEC-600068-2-1 and IEC-60068-2-2)
Ingress protection.....	IP 30
Operating humidity.....	10 to 90% RH, noncondensing (IEC-60068-2-56)
Storage humidity.....	5 to 95% RH, noncondensing (IEC-60068-2-56)
Pollution Degree (IEC 60664).....	2
Maximum altitude.....	5,000 m
Indoor use only.	

Shock and Vibration

To meet these specifications, you must panel mount the NI cDAQ-9174 system, use an NI locking USB cable, and affix ferrules to the ends of the terminal lines.

Operational shock.....	30 g peak, half-sine, 11 ms pulse (Tested in accordance with IEC 60068-2-27. Test profile developed in accordance with MIL-PRF-28800F.)
Random vibration	
Operating.....	5 to 500 Hz, 0.3 g _{rms}
Non-operating.....	5 to 500 Hz, 2.4 g _{rms} (Tested in accordance with IEC 60068-2-64. Non-operating test profile exceeds the requirements of MIL PRF-28800F, Class 3.)

⁷ When operating the NI cDAQ-9174 in temperatures below 0 °C, you must use the PS-15 power supply or another power supply rated for below 0 °C.

Safety

This product meets the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1



Note For UL and other safety certifications, refer to the product label or the *Online Product Certification* section.

Electromagnetic Compatibility

This product meets the requirements of the following EMC standards for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61326-1 (IEC 61326-1): Class A emissions; Basic immunity
- EN 55011 (CISPR 11): Group 1, Class A emissions
- AS/NZS CISPR 11: Group 1, Class A emissions
- FCC 47 CFR Part 15B: Class A emissions
- ICES-001: Class A emissions



Note In the United States (per FCC 47 CFR), Class A equipment is intended for use in commercial, light-industrial, and heavy-industrial locations. In Europe, Canada, Australia, and New Zealand (per CISPR 11) Class A equipment is intended for use only in heavy-industrial locations.



Note Group 1 equipment (per CISPR 11) is any industrial, scientific, or medical equipment that does not intentionally generate radio frequency energy for the treatment of material or inspection/analysis purposes.



Note For EMC declarations and certifications, refer to the *Online Product Certification* section.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives as follows:

- 2006/95/EC; Low-Voltage Directive (safety)
- 2004/108/EC; Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)

Online Product Certification

To obtain product certifications and the DoC for this product, visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Environmental Management

NI is committed to designing and manufacturing products in an environmentally responsible manner. NI recognizes that eliminating certain hazardous substances from our products is beneficial not only to the environment but also to NI customers.

For additional environmental information, refer to the *Minimize Our Environmental Impact* web page at ni.com/environment. This page contains the environmental regulations and directives with which NI complies, as well as other environmental information not included in this document.

Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)



EU Customers At the end of the product life cycle, all products must be sent to a WEEE recycling center. For more information about WEEE recycling centers, National Instruments WEEE initiatives, and compliance with WEEE Directive 2002/96/EC on Waste Electrical and Electronic Equipment, visit ni.com/environment/weee.

电子信息产品污染控制管理办法（中国 RoHS）



中国客户 National Instruments 符合中国电子信息产品中限制使用某些有害物质指令 (RoHS)。关于 National Instruments 中国 RoHS 合规性信息，请登录 ni.com/environment/rohs_china。(For information about China RoHS compliance, go to ni.com/environment/rohs_china.)

Refer to the *NI Trademarks and Logo Guidelines* at ni.com/trademarks for information on National Instruments trademarks. Other product and company names mentioned herein are trademarks or trade names of their respective companies. For patents covering National Instruments products/technology, refer to the appropriate location: **Help»Patents** in your software, the `patents.txt` file on your media, or the *National Instruments Patent Notice* at ni.com/patents. You can find information about end-user license agreements (EULAs) and third-party legal notices in the readme file for your NI product. Refer to the *Export Compliance Information* at ni.com/legal/export-compliance for the National Instruments global trade compliance policy and how to obtain relevant HTS codes, ECCNs, and other import/export data.

© 2013 National Instruments. All rights reserved.

374045A-01 May13

Anexo 2

Ficha técnica martillo instrumentado PCB
Piezotronics 086D20

Model Number 086D20	ICP® IMPACT HAMMER	Revision: H ECN #: 44362
------------------------	---------------------------	-----------------------------

	<u>ENGLISH</u>	<u>SI</u>
Performance		
Sensitivity(± 15 %)	1 mV/lbf	0.23 mV/N
Measurement Range	± 5000 lbf pk	± 22,240 N pk
Resonant Frequency	≥ 12 kHz	≥ 12 kHz
Non-Linearity	≤ 1 %	≤ 1 %
Electrical		
Excitation Voltage	20 to 30 VDC	20 to 30 VDC
Constant Current Excitation	2 to 20 mA	2 to 20 mA
Output Impedance	<100 Ohm	<100 Ohm
Output Bias Voltage	8 to 14 VDC	8 to 14 VDC
Discharge Time Constant	≥ 1400 sec	≥ 1400 sec
Physical		
Sensing Element	Quartz	Quartz
Sealing	Hermetic	Hermetic
Hammer Mass	2.4 lb	1.1 kg
Head Diameter	2.0 in	5.1 cm
Tip Diameter	2.0 in	5.1 cm
Hammer Length	14.5 in	37 cm
Electrical Connection Position	Bottom of Handle	Bottom of Handle
Electrical Connector	BNC Jack	BNC Jack

OPTIONAL VERSIONS

Optional versions have identical specifications and accessories as listed for the standard model except where noted below. More than one option may be used.

T - TEDS Capable of Digital Memory and Communication Compliant with IEEE P1451.4
 TLD - TEDS Capable of Digital Memory and Communication Compliant with IEEE 1451.4

Output Bias Voltage	8.5 to 15 VDC	8.5 to 15 VDC
---------------------	---------------	---------------

NOTES:
 [1]Typical.
 [2]See PCB Declaration of Conformance PS136 for details.

SUPPLIED ACCESSORIES:
 Model 084A60 Tip - super soft plastic, gray (1)
 Model 084A61 Tip - soft plastic, brown (1)
 Model 084A62 Tip - medium plastic, red (1)
 Model 084A63 Tip - hard plastic, black (1)
 Model HCS-2 Calibration of Series 086 instrumented impact hammers (1)

Entered: JM	Engineer: NJF	Sales: RWM	Approved: NJF	Spec Number:
Date: 6/29/2015	Date: 6/29/2015	Date: 6/29/2015	Date: 6/29/2015	12923



*All specifications are at room temperature unless otherwise specified.
 In the interest of constant product improvement, we reserve the right to change specifications without notice.
 ICP® is a registered trademark of PCB Group, Inc.*

3425 Walden Avenue, Depew, NY 14043

Phone: 716-684-0001
 Fax: 716-684-0987
 E-Mail: info@pcb.com

Anexo 3

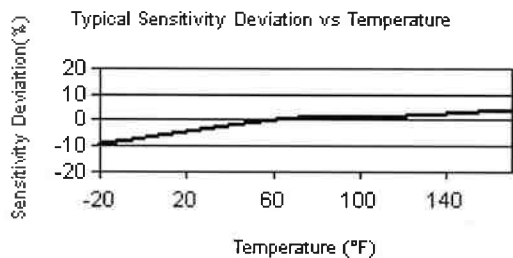
Ficha técnica acelerómetro triaxial PCB
Piezotronics 356B18

Model Number
356B18

TRIAxIAL ICP® ACCELEROMETER

Revision: G
ECN #: 26468

Performance	ENGLISH	SI	
Sensitivity(± 10 %)	1000 mV/g	102 mV/(m/s ²)	
Measurement Range	± 5 g pk	± 49 m/s ² pk	
Frequency Range(± 5 %)	0.5 to 3000 Hz	0.5 to 3000 Hz	
Frequency Range(± 10 %)	0.3 to 5000 Hz	0.3 to 5000 Hz	
Resonant Frequency	≥ 20 kHz	≥ 20 kHz	
Phase Response(± 5 °)(at 70°F [21°C])	2 to 2000 Hz	2 to 2000 Hz	[1]
Broadband Resolution(1 to 10,000 Hz)	0.00005 g rms	0.0005 m/s ² rms	[2]
Non-Linearity	≤ 1 %	≤ 1 %	
Transverse Sensitivity	≤ 5 %	≤ 5 %	
Environmental			
Overload Limit(Shock)	± 5000 g pk	± 5000 g pk	
Temperature Range(Operating)	-20 to +170 °F	-29 to +77 °C	
Temperature Response	See Graph	See Graph	
Base Strain Sensitivity	0.0007 g/µε	0.007 (m/s ²)/µε	[1]
Electrical			
Excitation Voltage	20 to 30 VDC	20 to 30 VDC	
Constant Current Excitation	2 to 20 mA	2 to 20 mA	
Output Impedance	≤ 600 ohm	≤ 600 ohm	
Output Bias Voltage	8 to 12 VDC	8 to 12 VDC	
Discharge Time Constant	0.8 to 3.0 sec	0.8 to 3.0 sec	
Settling Time(within 10% of bias)	<12 sec	<12 sec	
Spectral Noise(1 Hz)	11.4 µg/√Hz	112 (µm/s ²)/√Hz	[1]
Spectral Noise(10 Hz)	4.0 µg/√Hz	39 (µm/s ²)/√Hz	[1]
Spectral Noise(100 Hz)	1.2 µg/√Hz	12 (µm/s ²)/√Hz	[1]
Spectral Noise(1 kHz)	0.4 µg/√Hz	4.4 (µm/s ²)/√Hz	[1]
Physical			
Sensing Element	Ceramic	Ceramic	
Sensing Geometry	Shear	Shear	
Housing Material	Anodized Aluminum	Anodized Aluminum	
Sealing	Epoxy	Epoxy	
Size (Height x Length x Width)	0.80 in x 1.03 in x 0.80 in	20.3 mm x 26.1 mm x 20.3 mm	[1]
Weight	0.88 oz	25 gm	
Electrical Connector	1/4-28 4-Pin	1/4-28 4-Pin	
Electrical Connection Position	Side	Side	
Mounting Thread	10-32 Female	10-32 Female	



All specifications are at room temperature unless otherwise specified.
In the interest of constant product improvement, we reserve the right to change specifications without notice.

ICP® is a registered trademark of PCB Group, Inc.

OPTIONAL VERSIONS

Optional versions have identical specifications and accessories as listed for the standard model except where noted below. More than one option may be used.

A - Adhesive Mount

Mounting Thread: None - Adhesive Mount Only
 Supplied Accessory: Model 080A109 Petro Wax (1)
 Supplied Accessory: Model 080A90 Quick Bonding Gel (1)

J - Ground Isolated

Electrical Isolation(Base): >10⁸ ohm
 Size - Height x Length x Width: 0.85 in x 1.03 in x 0.85 in / 21.6 mm x 26.1 mm x 21.6 mm

T - TEDS Capable of Digital Memory and Communication Compliant with IEEE P1451.4

TLA - TEDS LMS International - Free Format

TLB - TEDS LMS International - Automotive Format

TLC - TEDS LMS International - Aeronautical Format

TLD - TEDS Capable of Digital Memory and Communication Compliant with IEEE 1451.4

Output Bias Voltage: 8.5 to 13 VDC

NOTES:

- [1] Typical.
- [2] Zero-based, least-squares, straight line method.
- [3] See PCB Declaration of Conformance PS023 for details.

SUPPLIED ACCESSORIES:

- Model 080A109 Petro Wax (1)
- Model 080A68 Adhesive mounting base (for Models 356B07 and 356B08) (1)
- Model 081B05 Mounting Stud (10-32 to 10-32) (1)
- Model ACS-1T NIST traceable triaxial amplitude response, 10 Hz to upper 5% frequency. (1)
- Model M081B05 Mounting Stud 10-32 to M6 X 0.75 (1)

Entered: <i>BIS</i>	Engineer: <i>JS</i>	Sales: <i>ROZ</i>	Approved: <i>[Signature]</i>	Spec Number:
Date: <i>5-16-07</i>	Date: <i>5/16/07</i>	Date: <i>5/16/07</i>	Date: <i>5/16/07</i>	11615

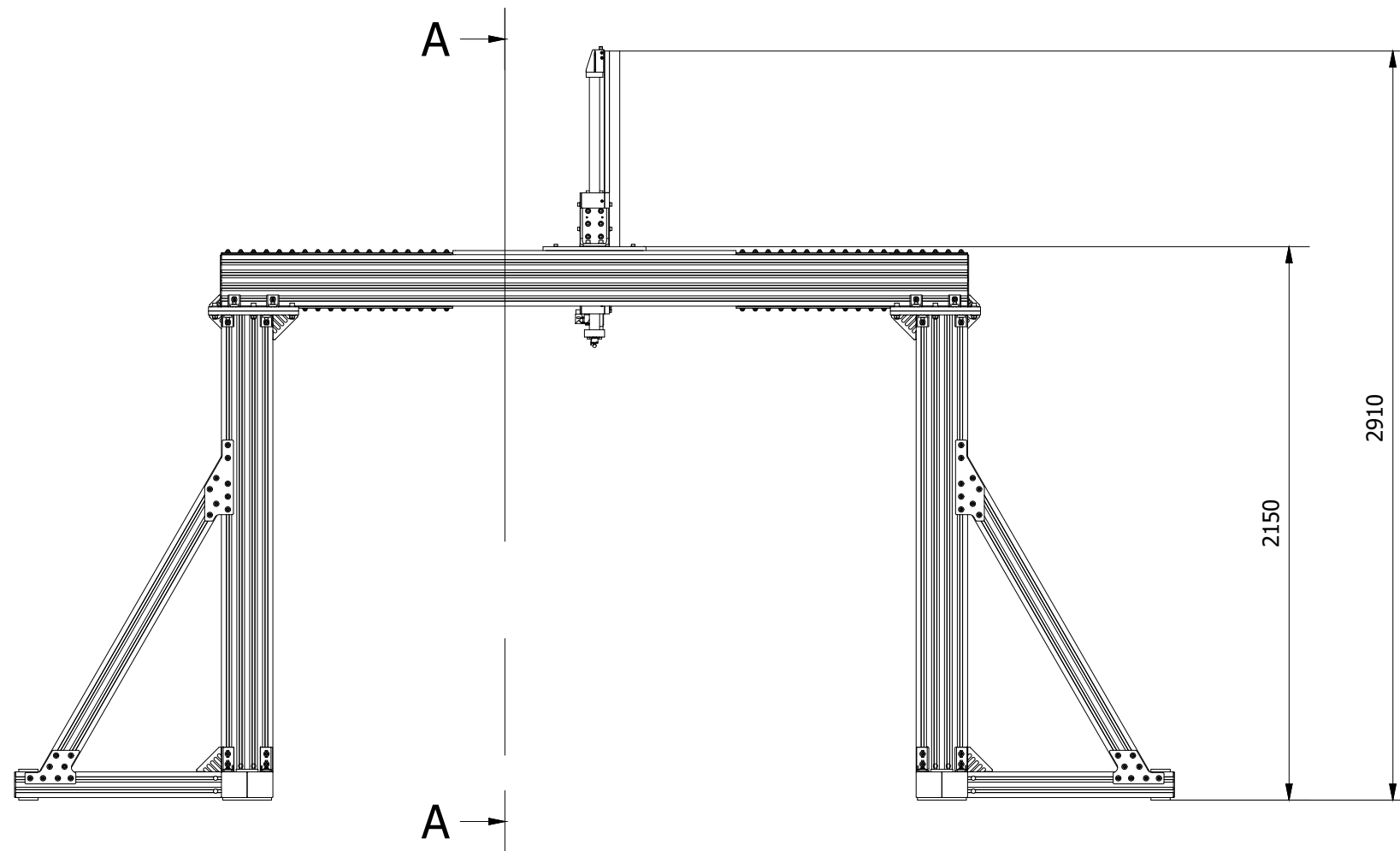
PCB PIEZOTRONICS™
VIBRATION DIVISION

3425 Walden Avenue, Depew, NY 14043

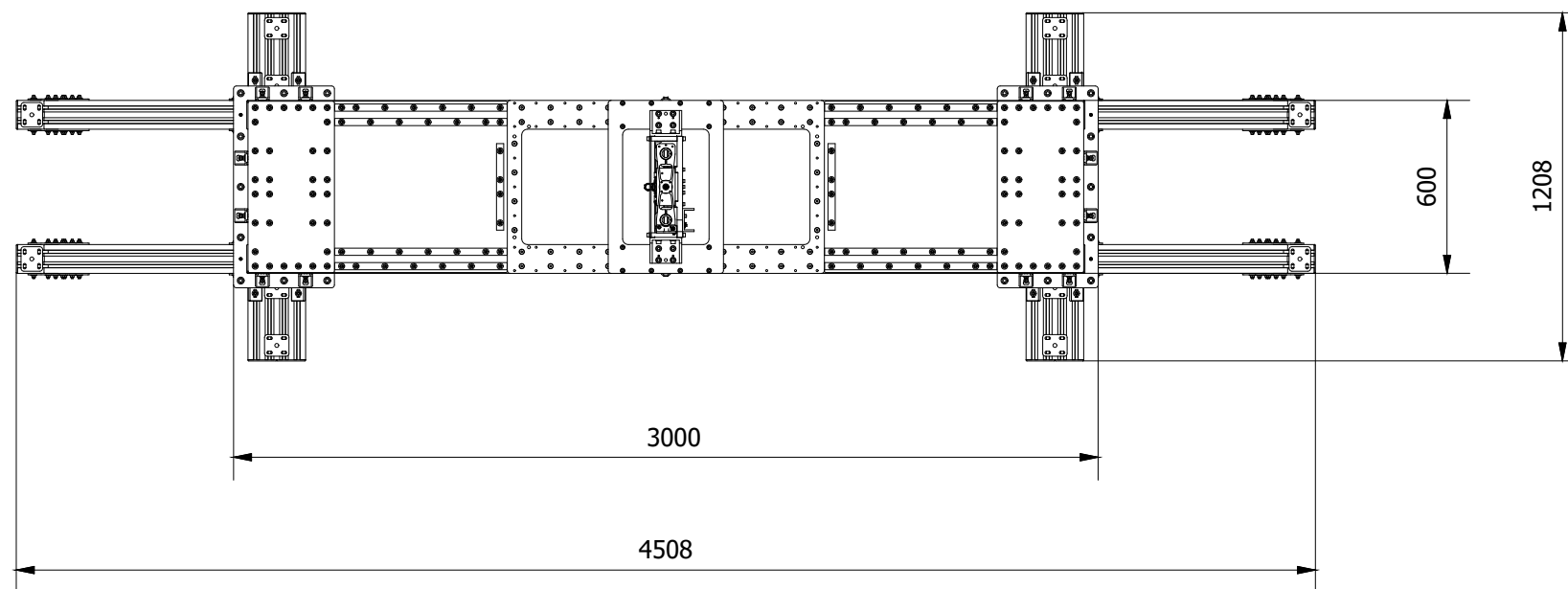
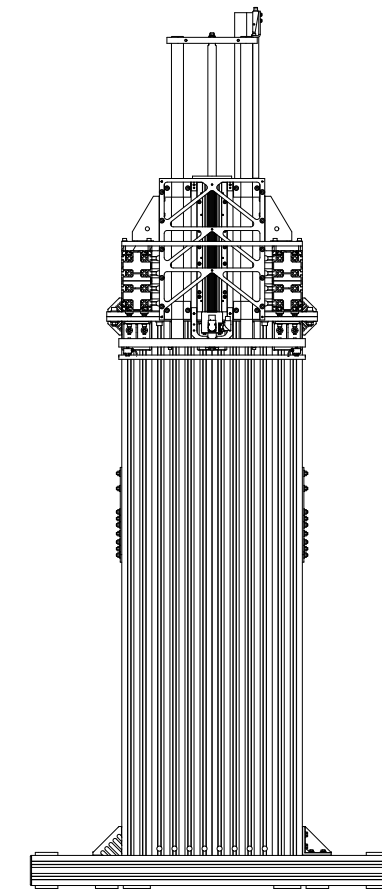
Phone: 716-684-0001
 Fax: 716-685-3886
 E-Mail: vibration@pcb.com

Anexo 4

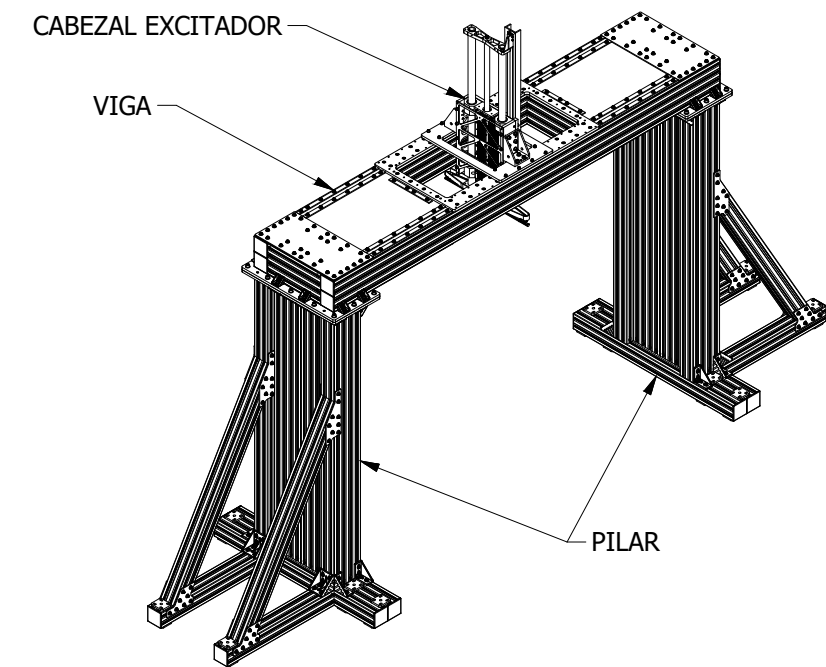
Planos constructivos Banco de Pruebas HIL

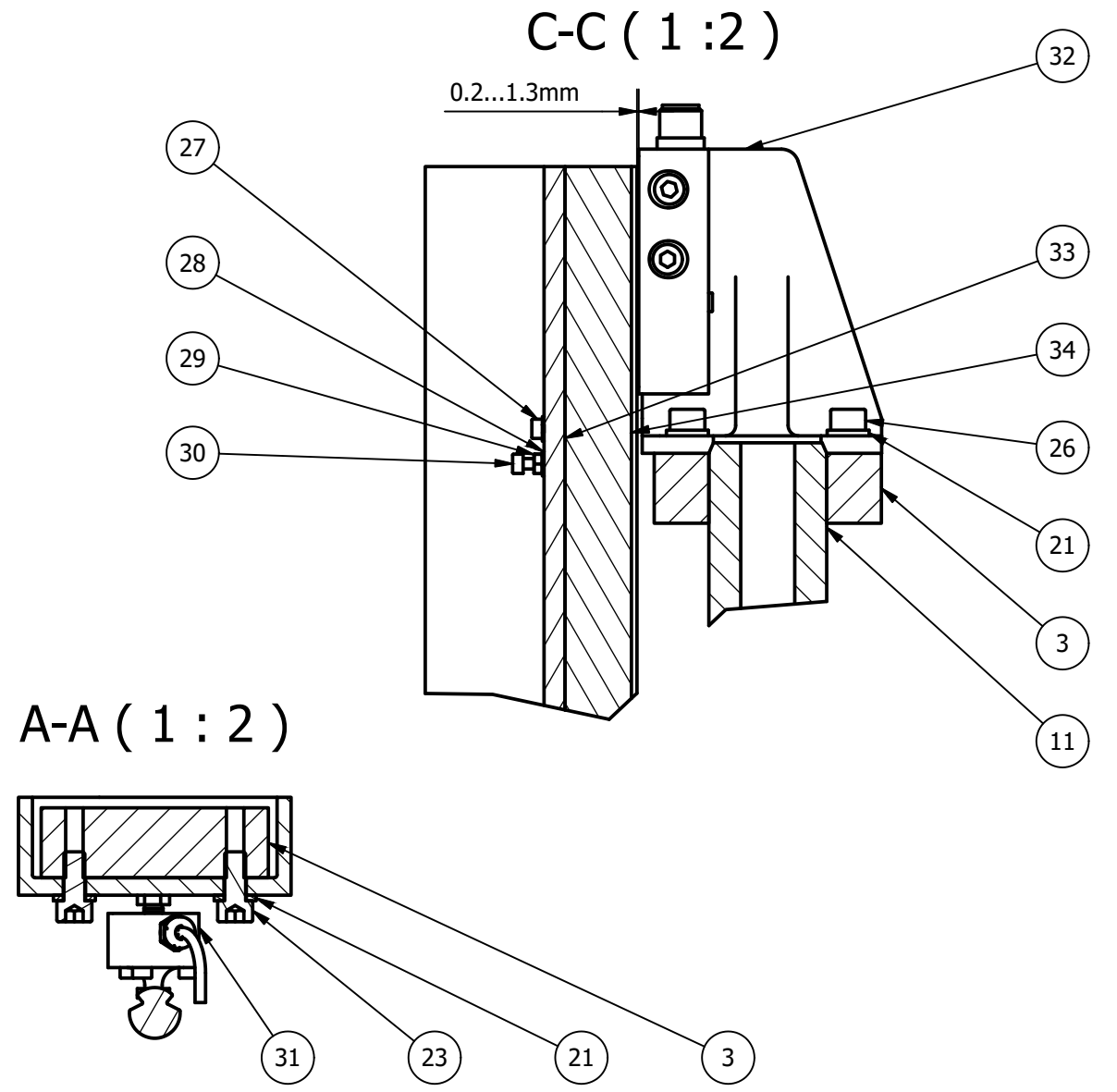
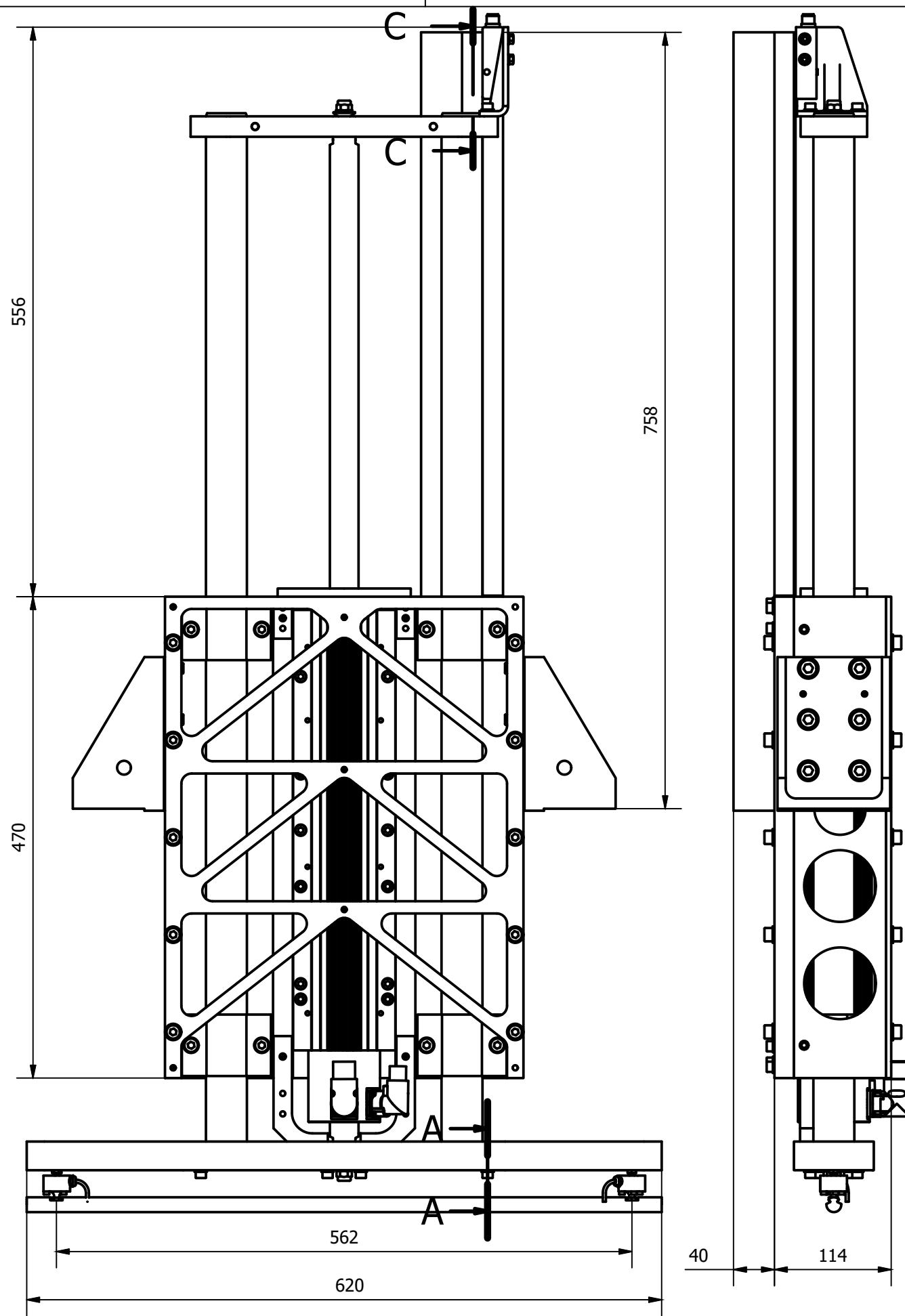


A-A (1 : 25)



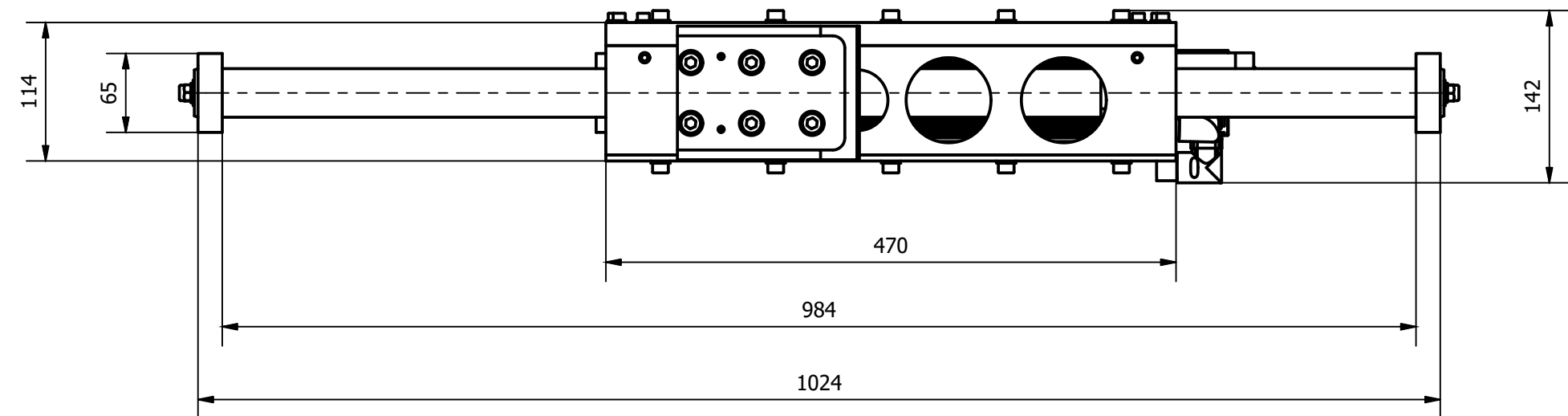
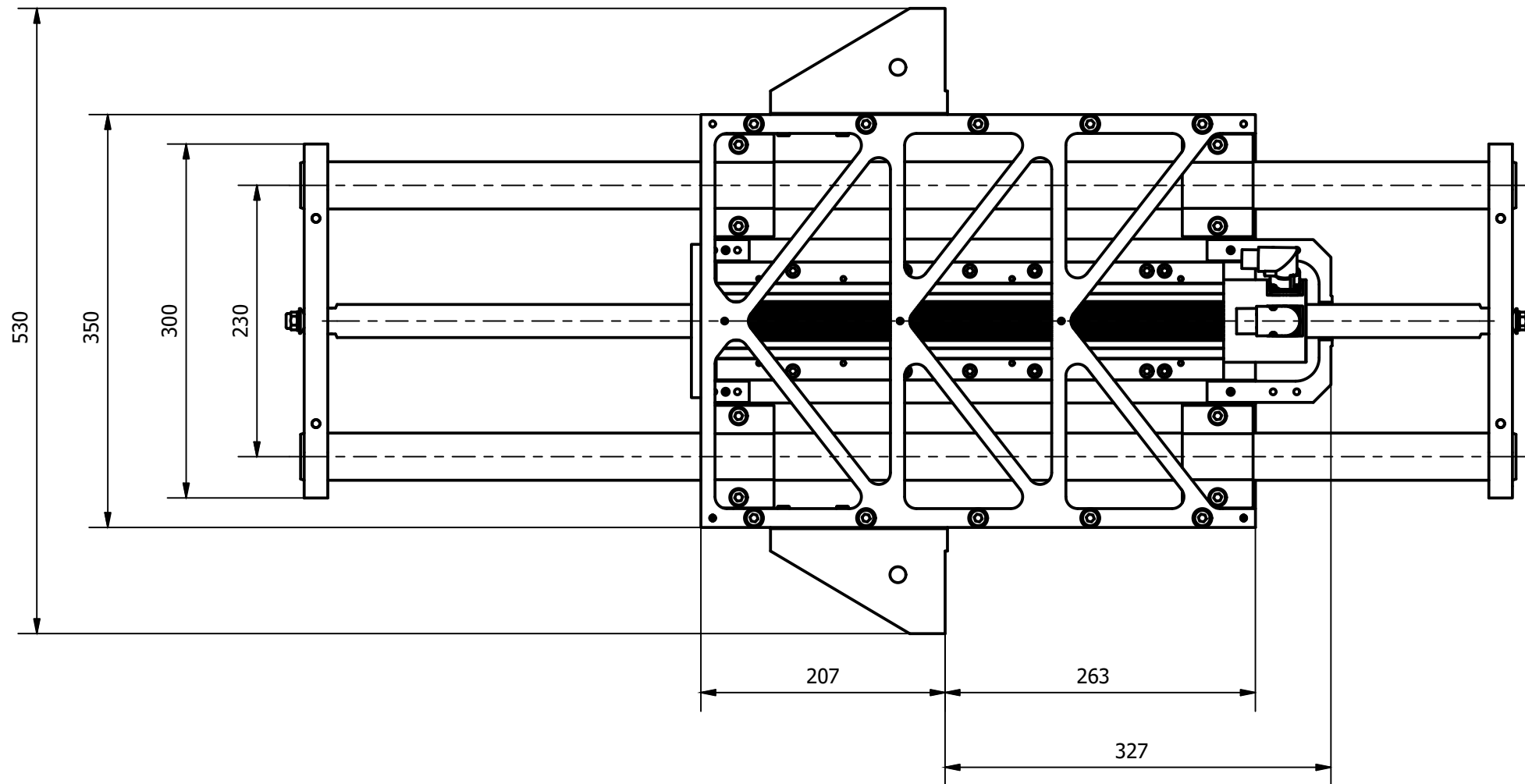
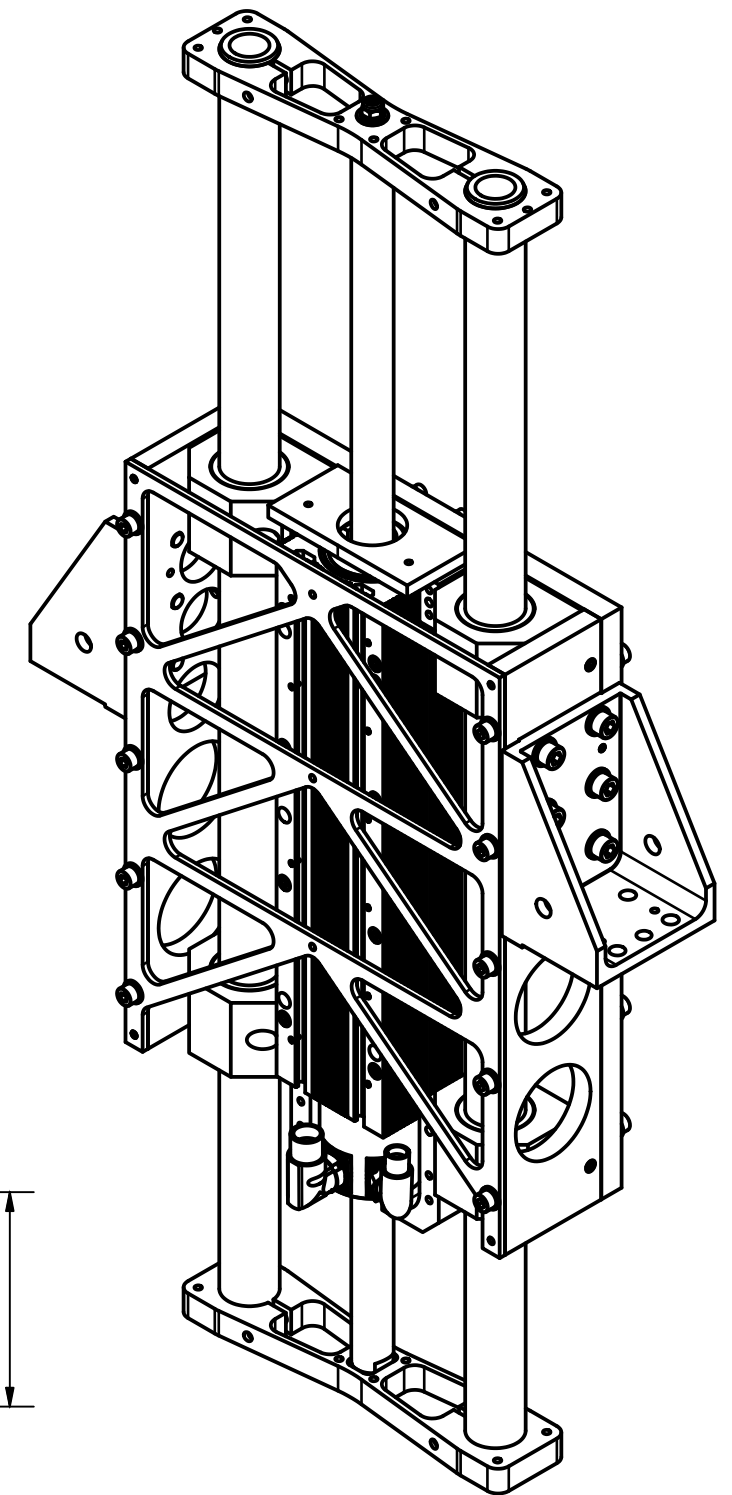
VISTA ISOMÉTRICA (1 : 40)

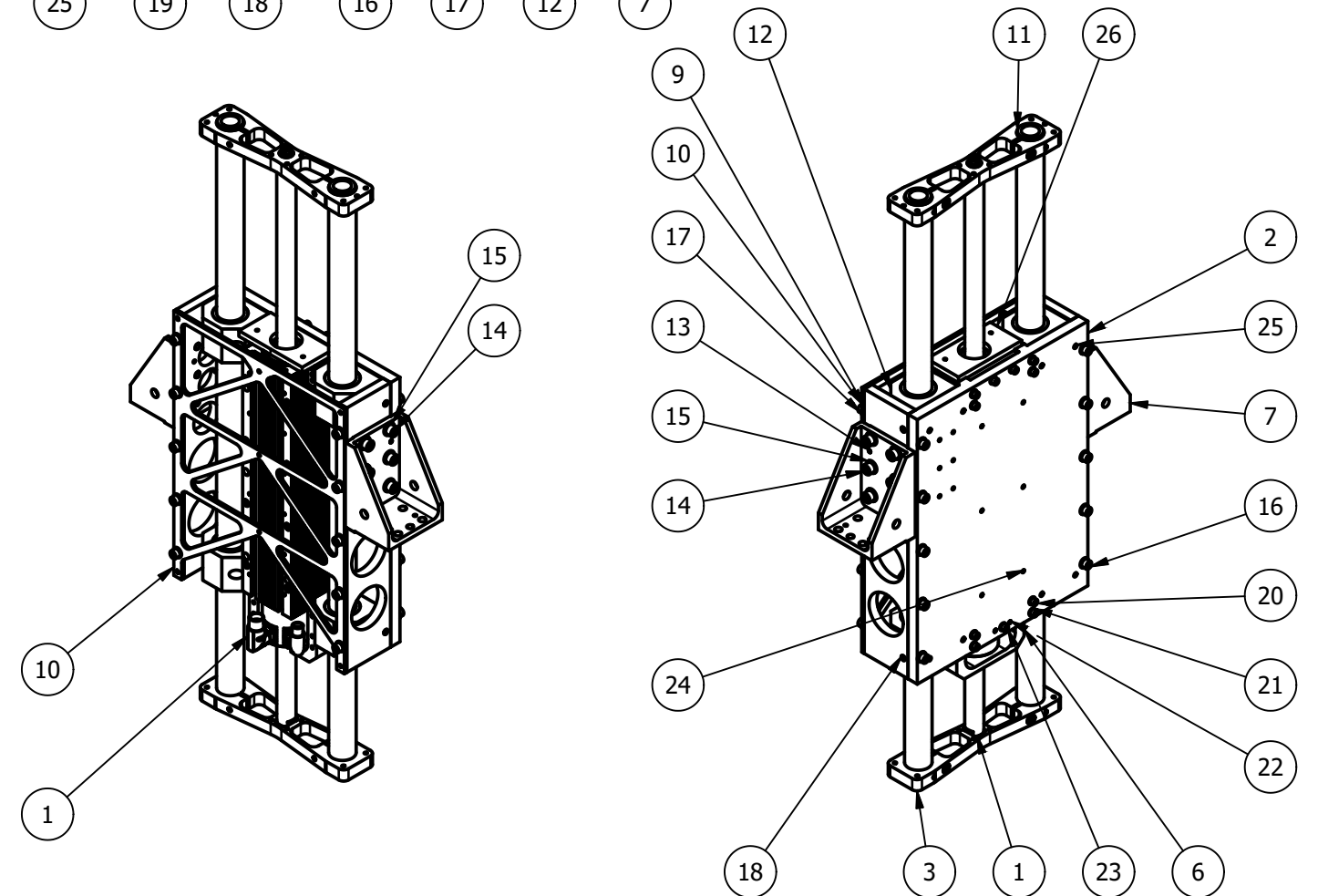
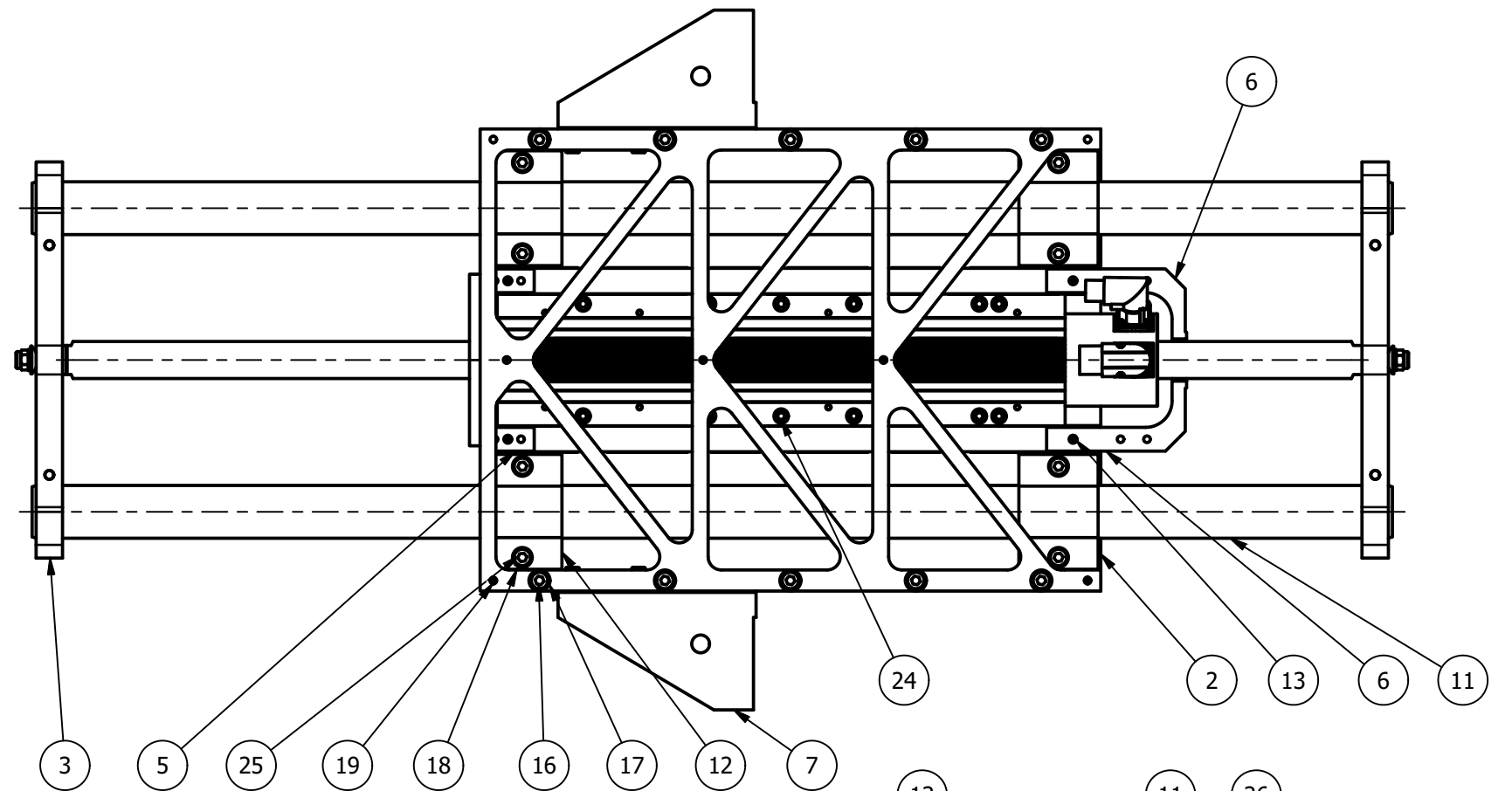




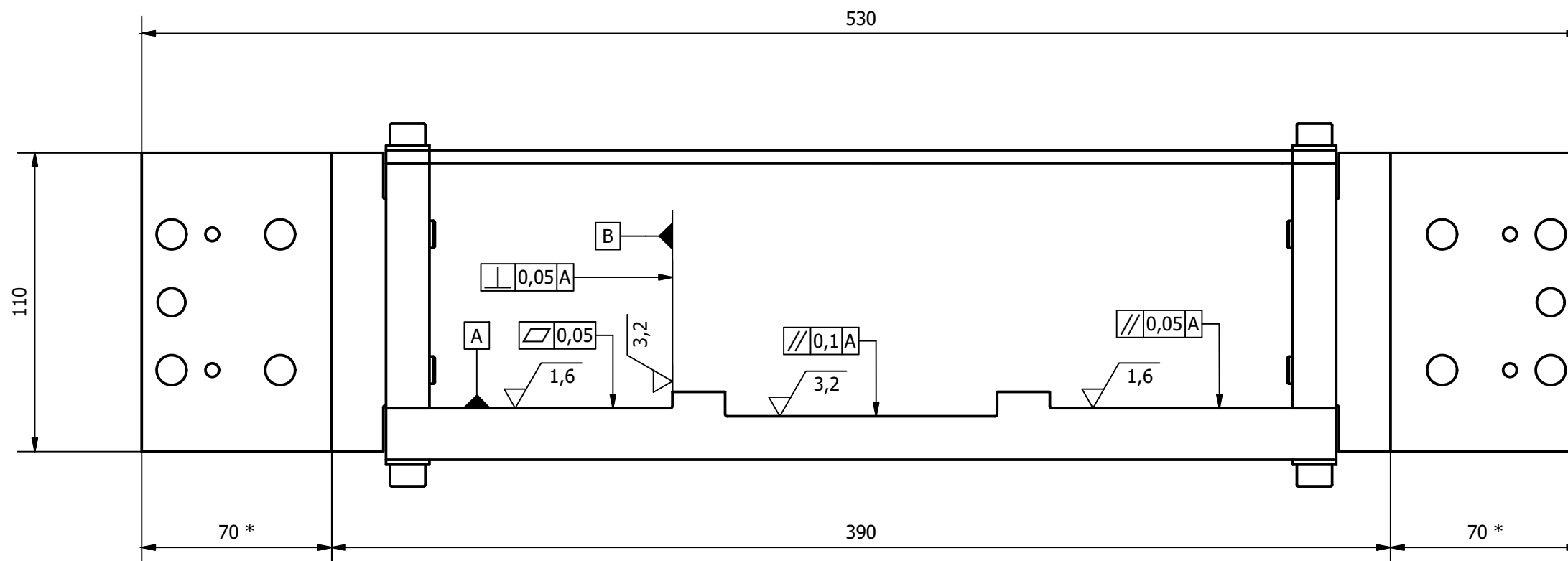
LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
3	2	01.02 Unión vástago-guías
11	2	Eje hueco Ø40-26.5
21	27	Arandela DIN 125 M6 C8
23	9	din_912-m6x1-14-8_8
26	8	din_912-m6x1-25-8_8
27	6	din_912-m3x0_5-20-8_8
28	9	Arandela DIN 125 M3 C8
29	3	tuerca_din934_m3-8
30	3	din_912-m3x0_5-12-8_8
31	1	01.09 Sensor-aplicador de fuerza
32	1	01.10 Sensor posición externo
33	1	01.12 Refuerzo trasero
34	1	01.13 Soporte banda

VISTA ISOMÉTRICA

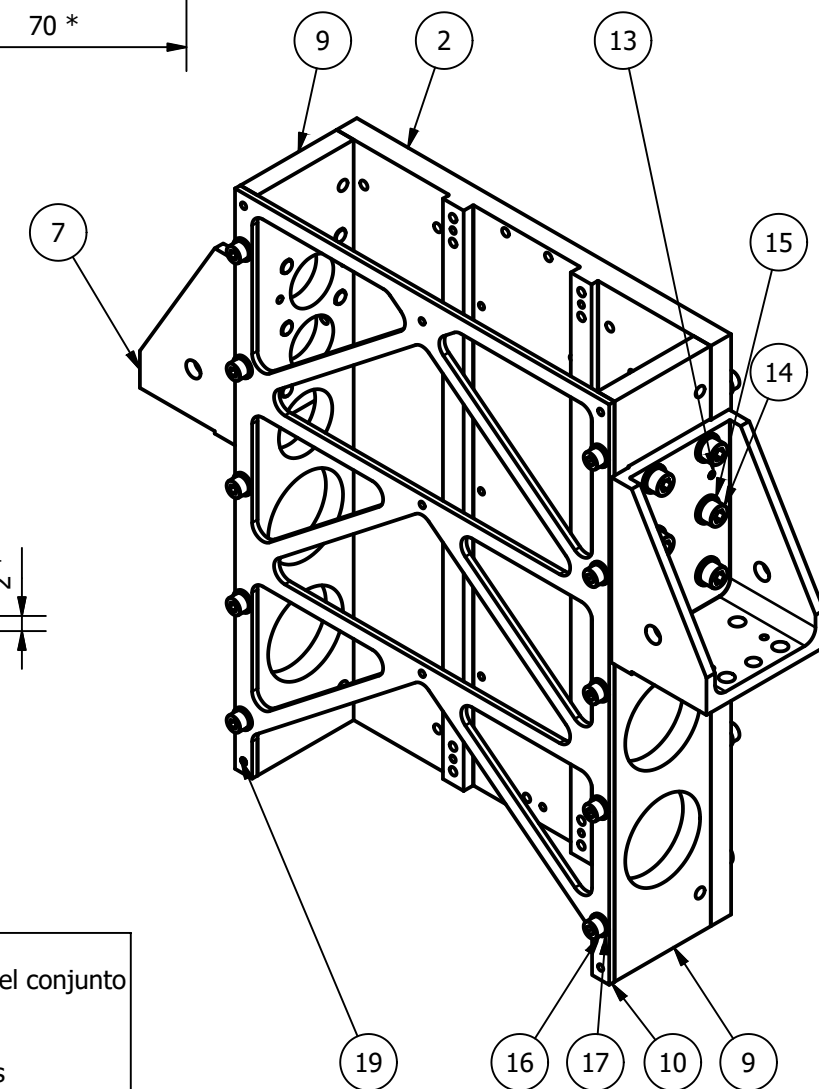
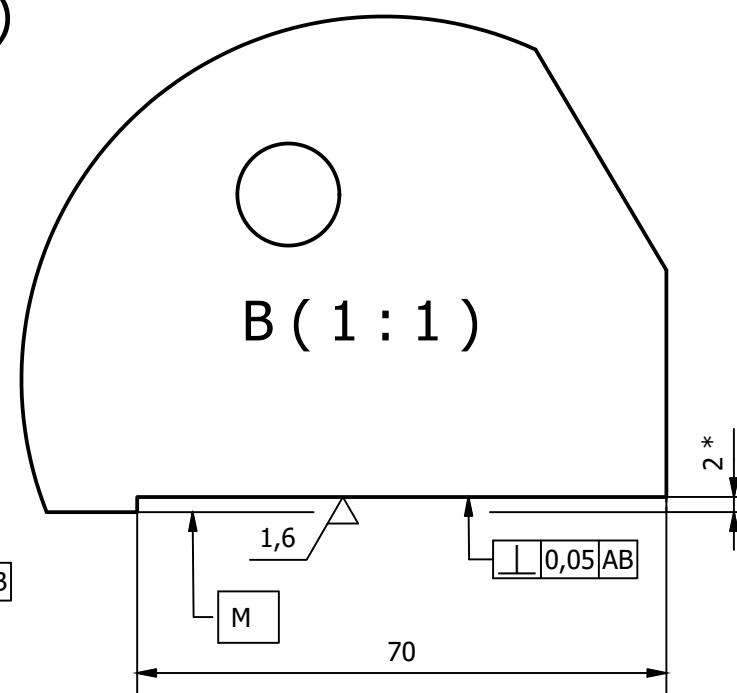
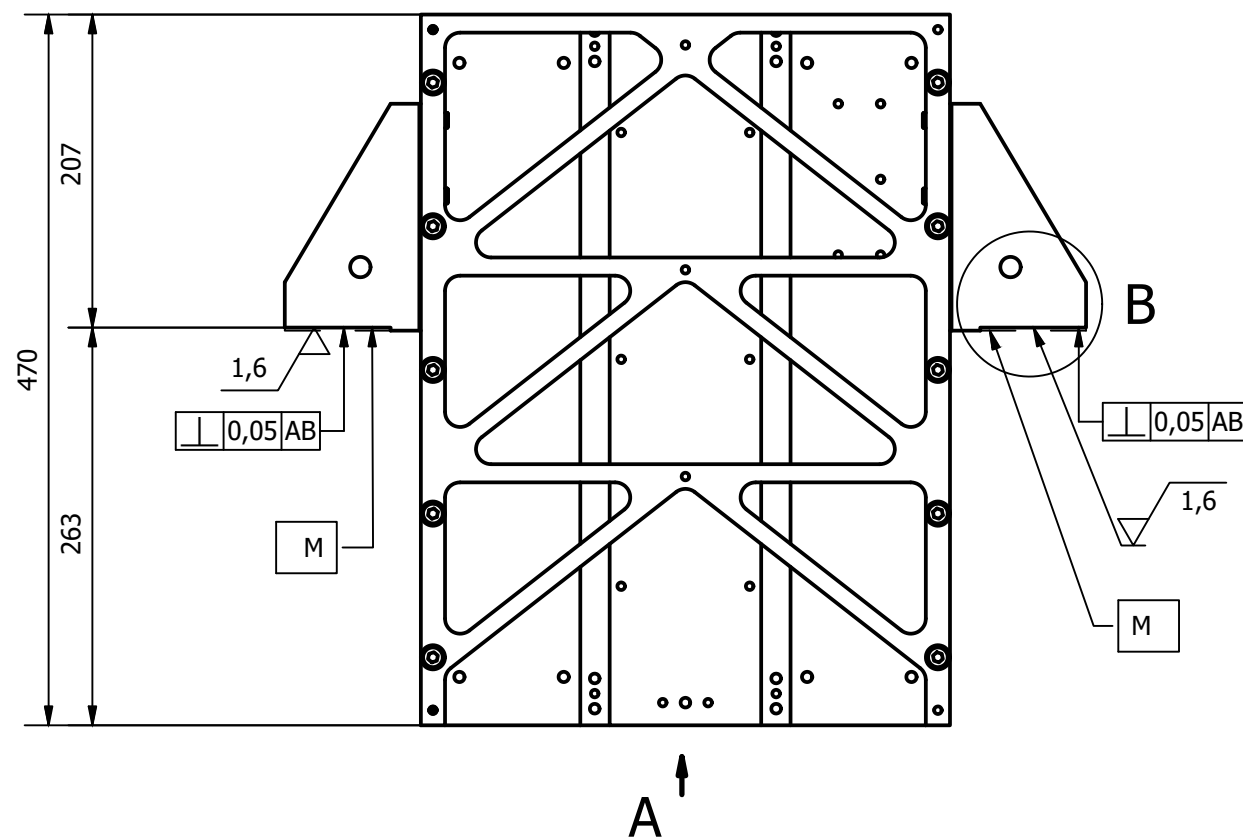




LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Motor lineal - v2
2	1	01.01 Soporte motor lineal
3	2	01.02 Unión vástago-guías
4	1	01.03 Tope posicionamiento motor lineal
5	1	01.04 Tope trasero vástago motor lineal
6	1	01.05 Tope delantero vástago motor lineal
7	2	01.06 Soporte cabezal
9	2	01.07 Rigidizador lateral soporte
10	1	01.08 Rigidizador frontal soporte
11	2	Eje hueco Ø40-26.5
12	4	Set lineal Ø40
13	12	din_7979_5_x_20
14	12	din_912-m10x1-30-8_8
15	12	Arandela DIN 125 M10 C8
16	20	din_912-m8x1_25-30-8_8
17	20	Arandela DIN 125 M8 C8
18	4	DIN 913 M10 45H
19	4	din_7979_5_x_14
20	10	din_912-m6x1-35-8_8
21	11	Arandela DIN 125 M6 C8
22	2	din_7979_5_x_12
23	1	din_912-m6x1-14-8_8
24	6	din_912-m6x1-50-a2-70
25	8	din_912-m8x1_25-55-8_8
26	1	01.11 Tope de caucho

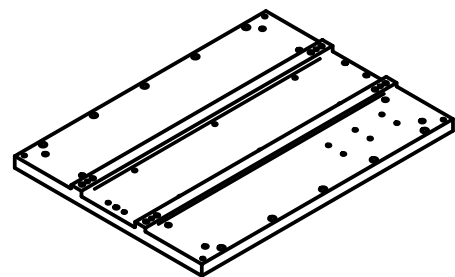
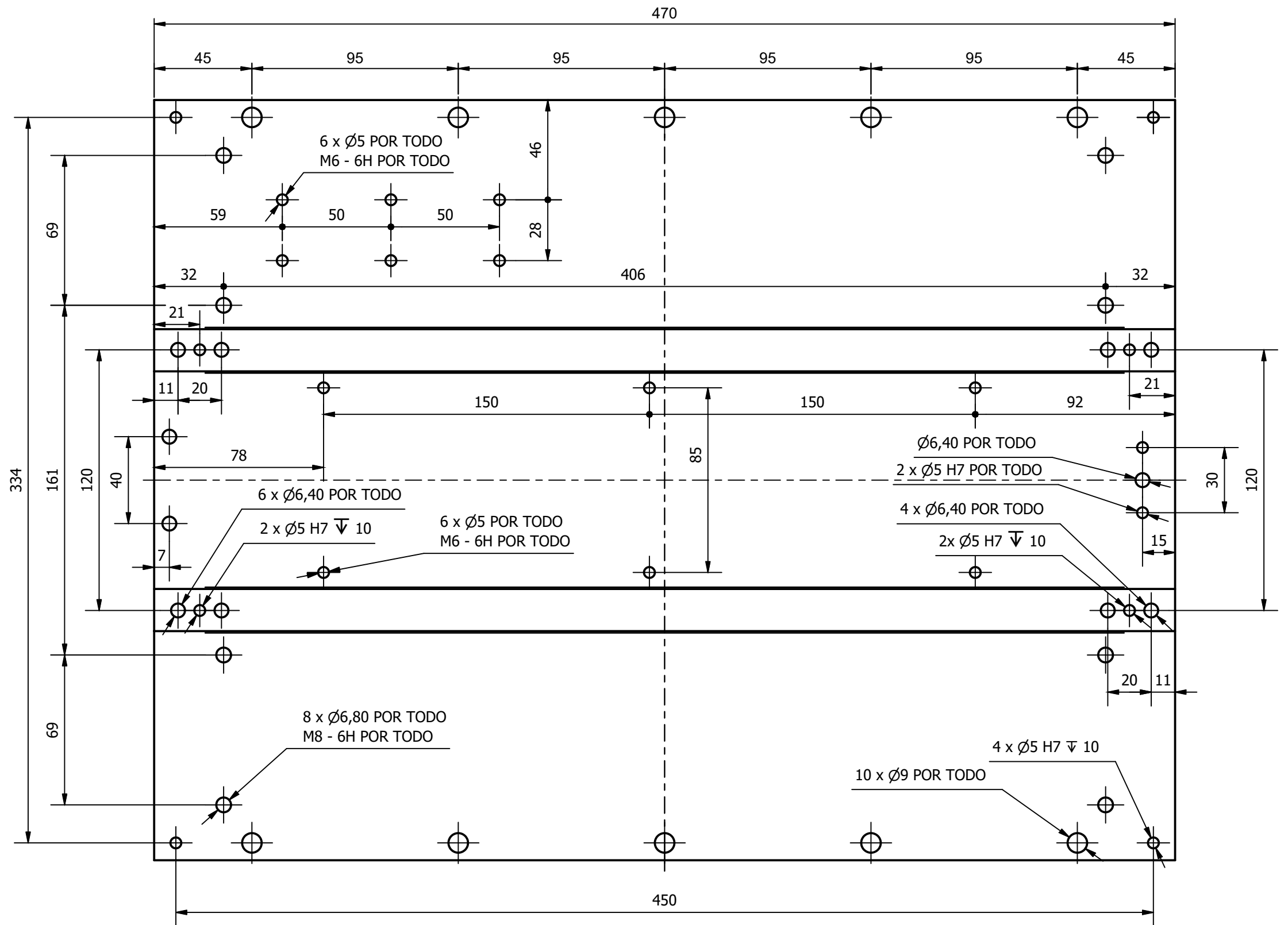
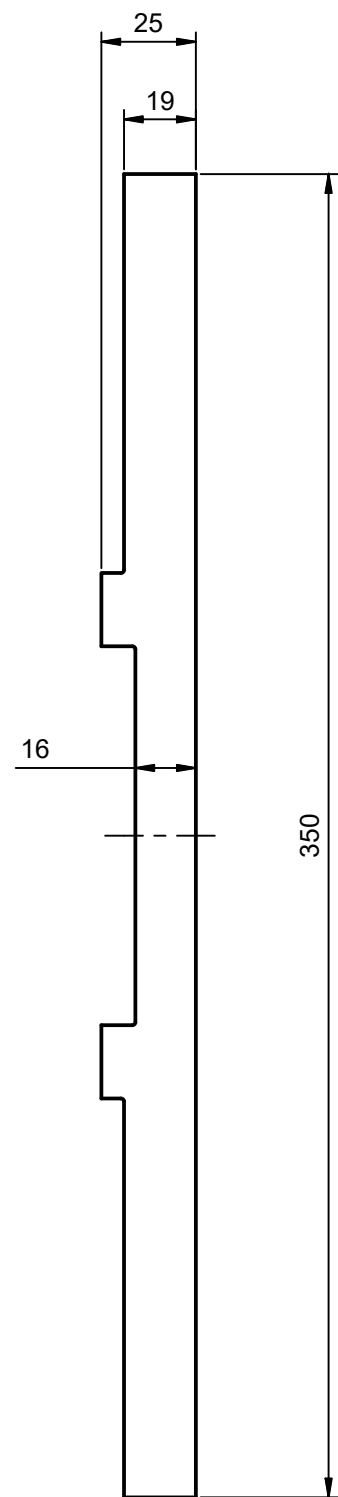


A (1 : 2)

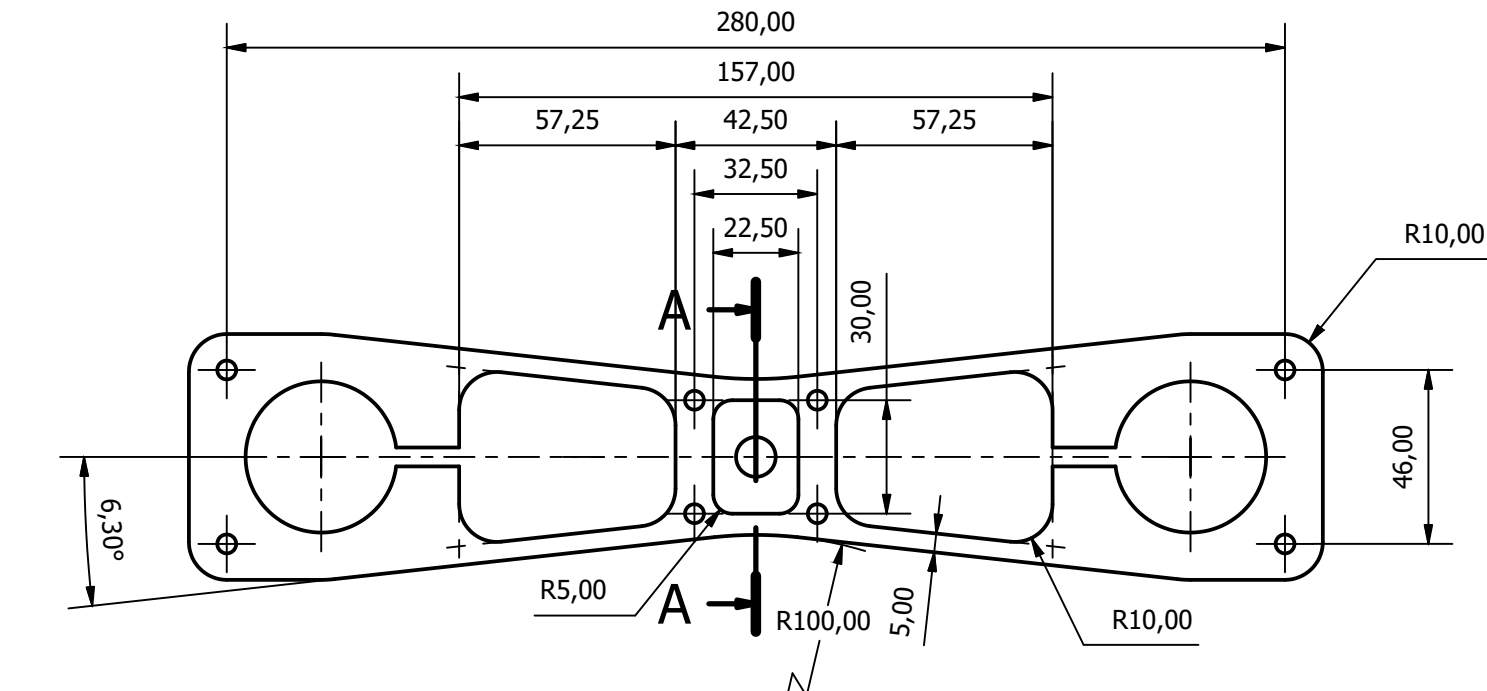


* Mecanizado de las superficies de asiento.
Eliminación de materiales mediante mecanizado sobre el conjunto completamente ensamblado, tras montaje de piezas.

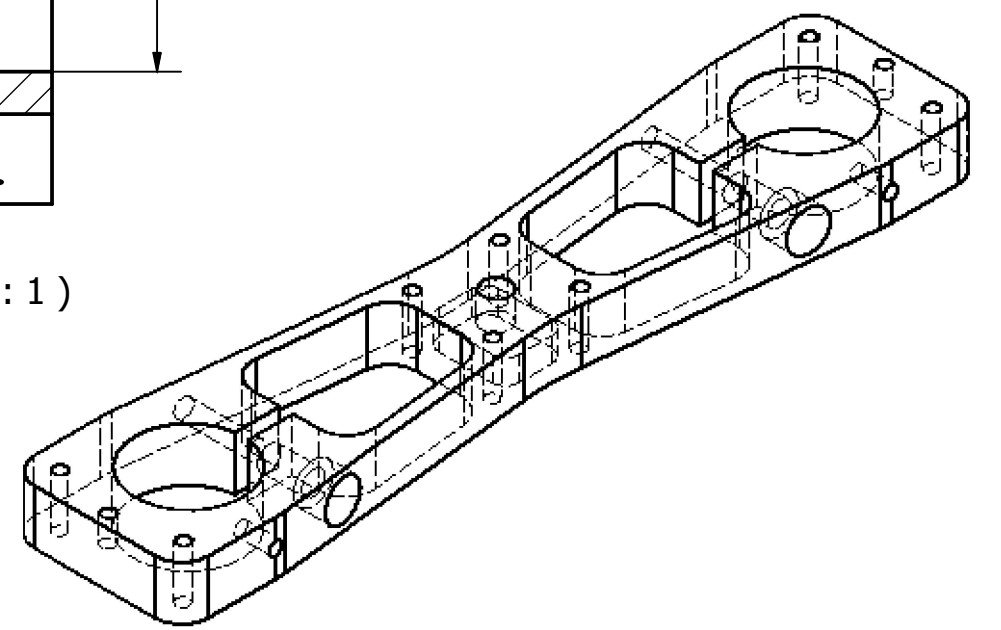
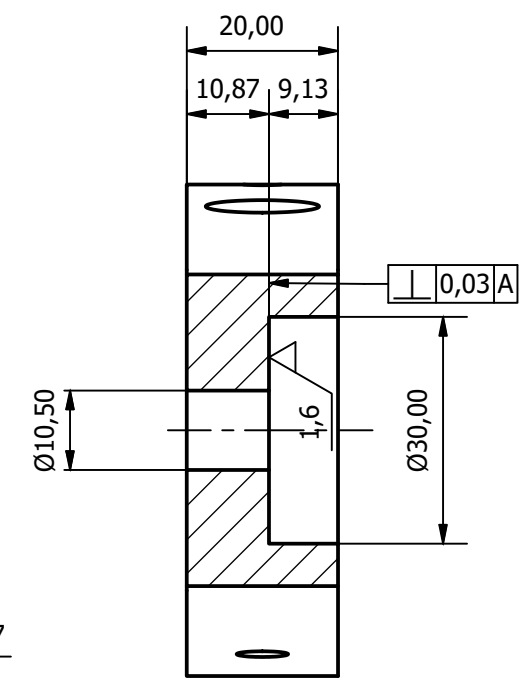
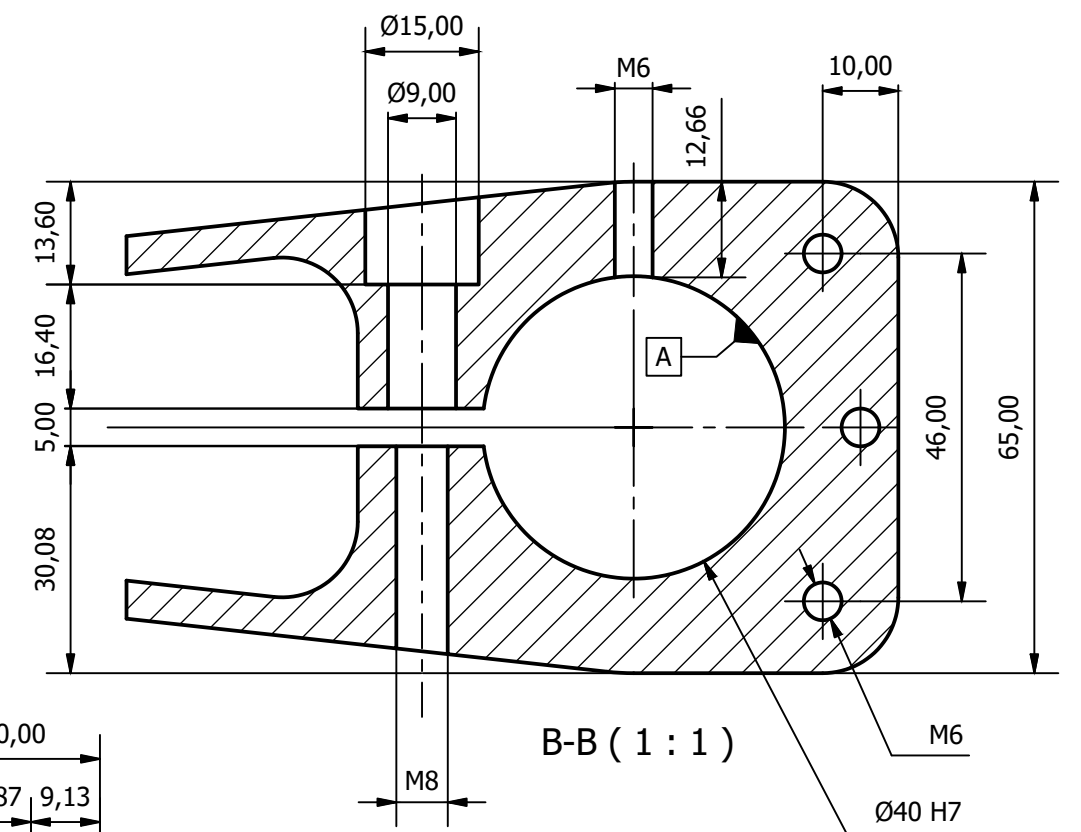
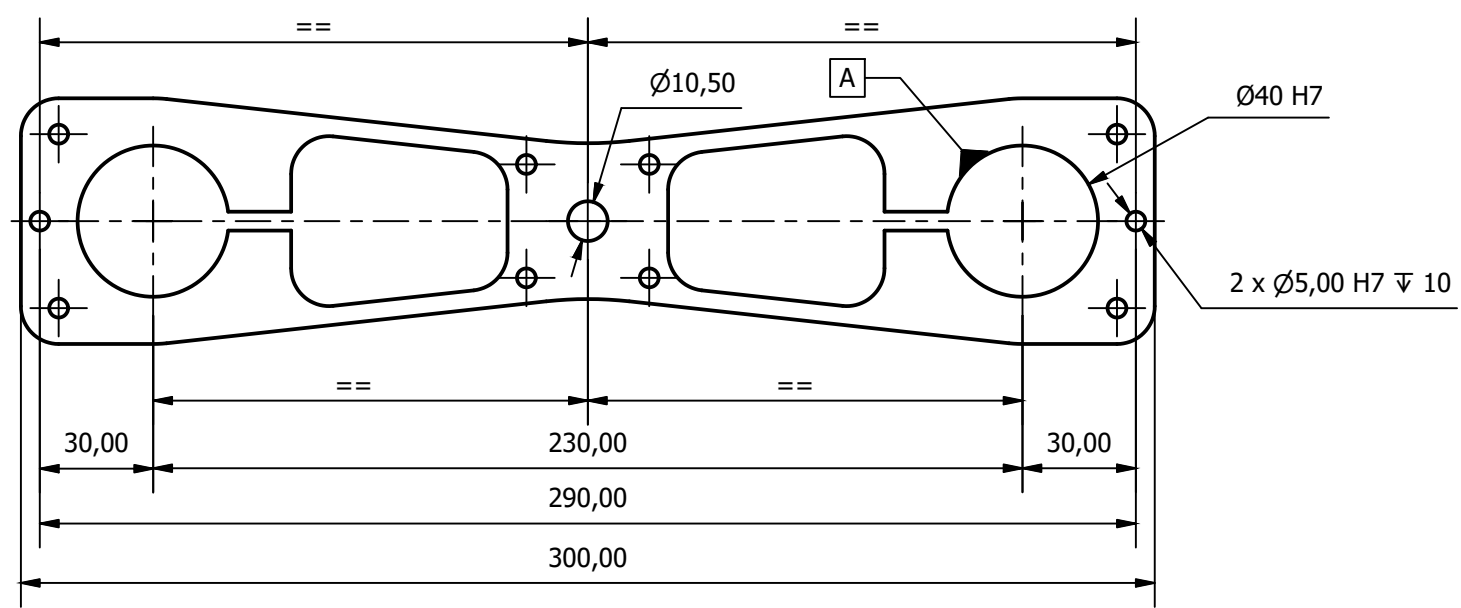
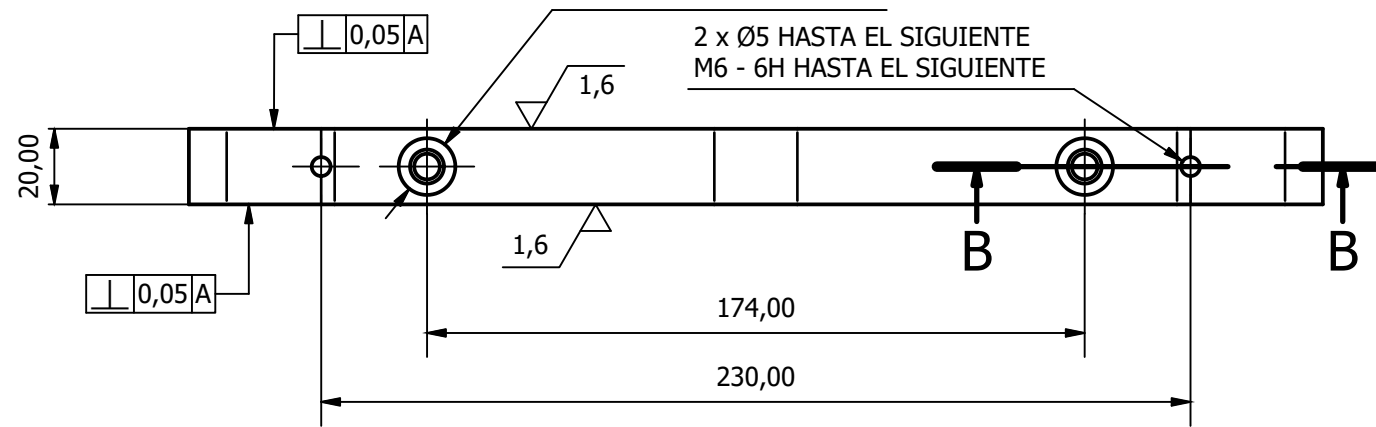
M Línea de material en bruto previo al mecanizado de las superficies de asiento sobre el conjunto ensamblado.



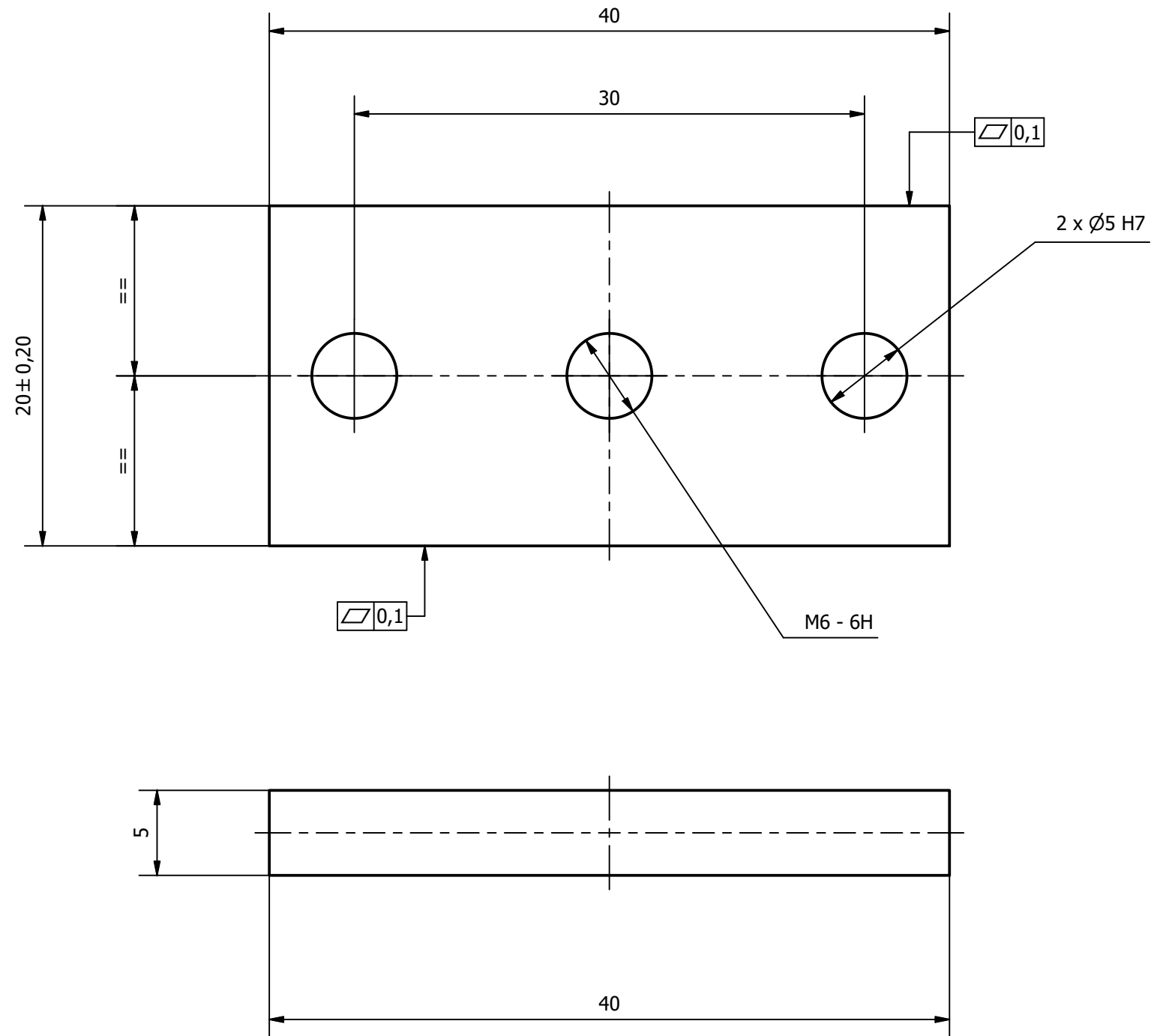
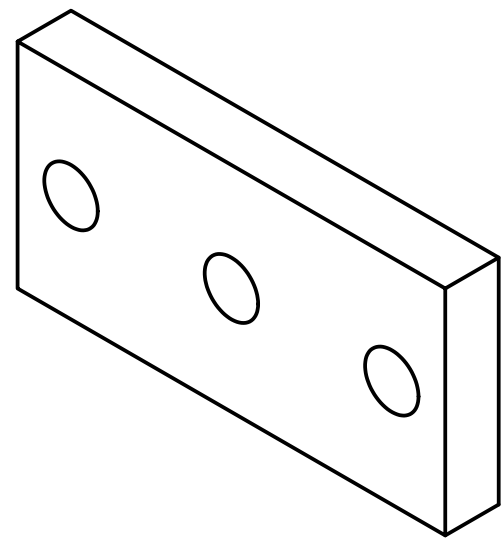
- Obtención de la pieza a partir de placa de 25 mm de espesor.
- Material Aluminio ENAW-5083-O/H-111.
- Anodizado mínimo 10 µm.



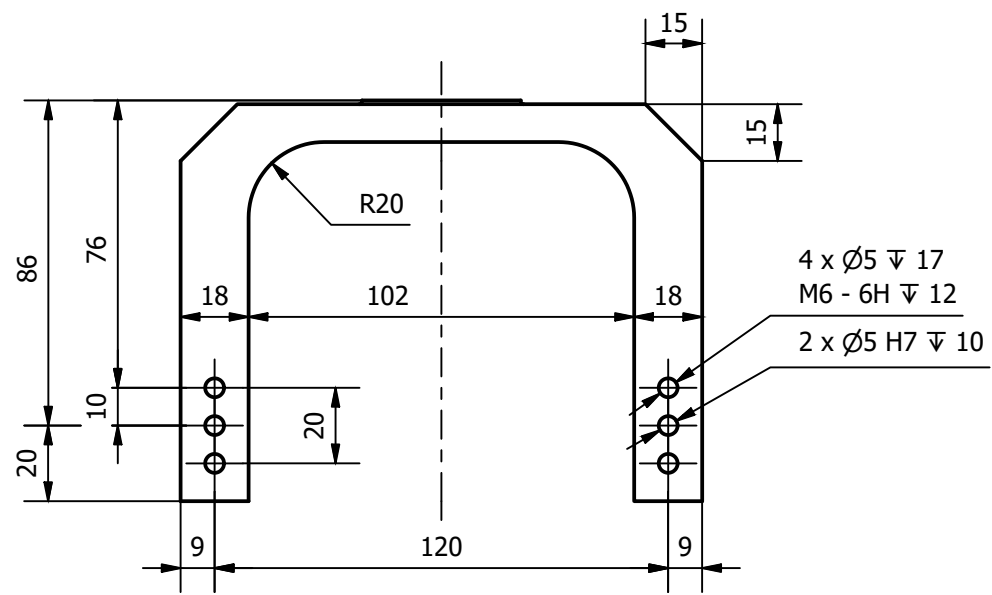
2 x Ø9 HASTA SIGUIENTE
 └─┬─┘ Ø15 ∇ 13,60
 2 x Ø5 HASTA EL SIGUIENTE
 M6 - 6H HASTA EL SIGUIENTE



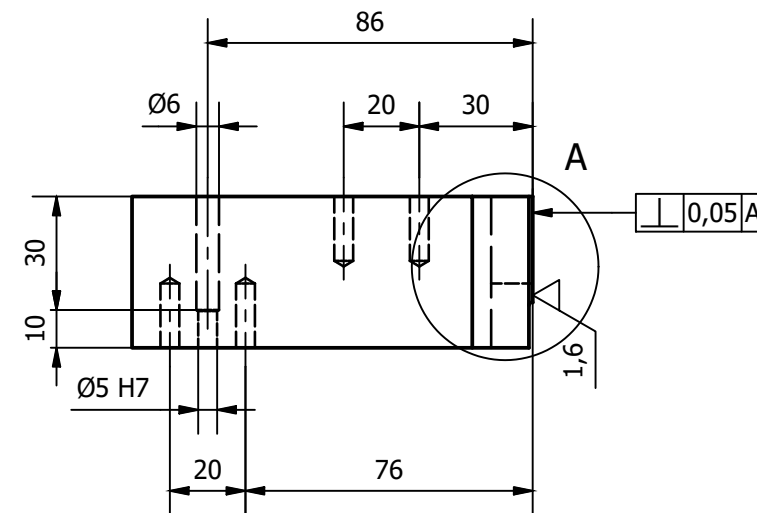
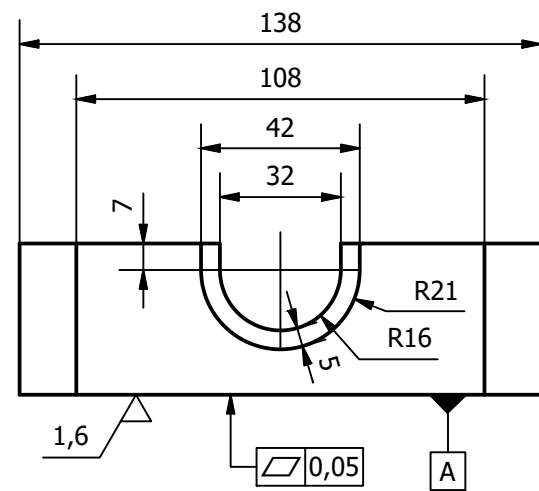
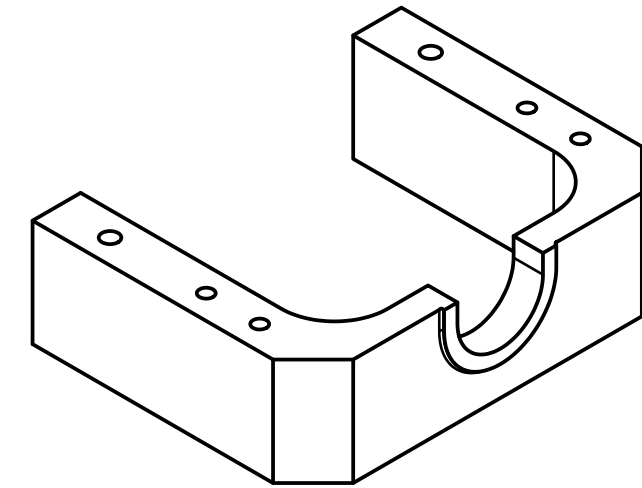
- Material Aluminio EN AW-5083-O/H-111.
 - Anodizado mínimo 10 µm.



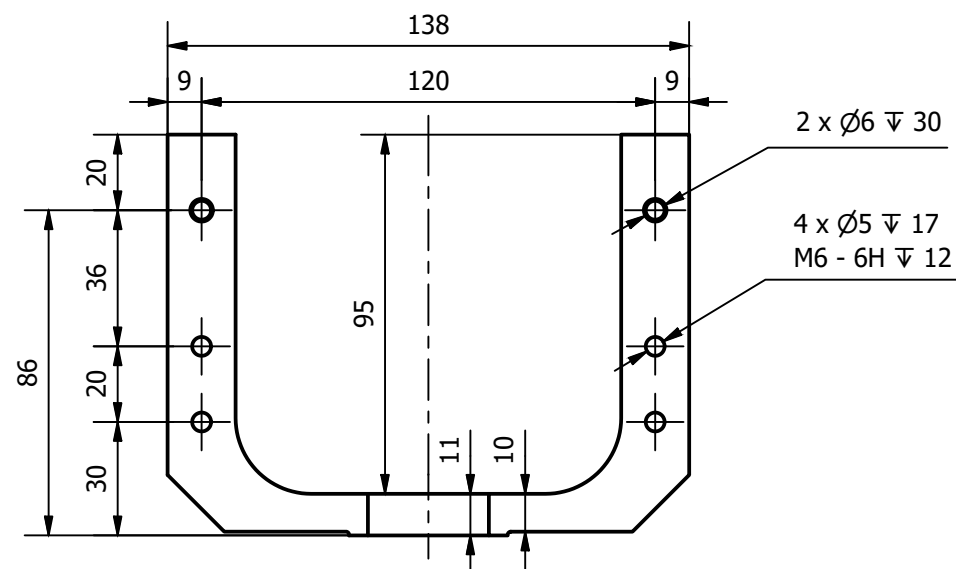
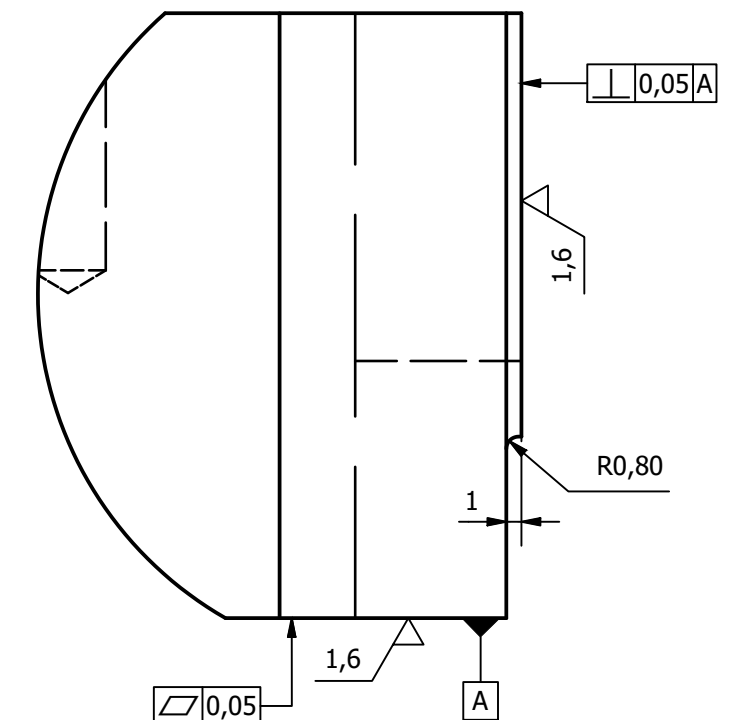
- Material Aluminio EN AW-5083-O/H-111.
 - Anodizado mínimo 10 μm .



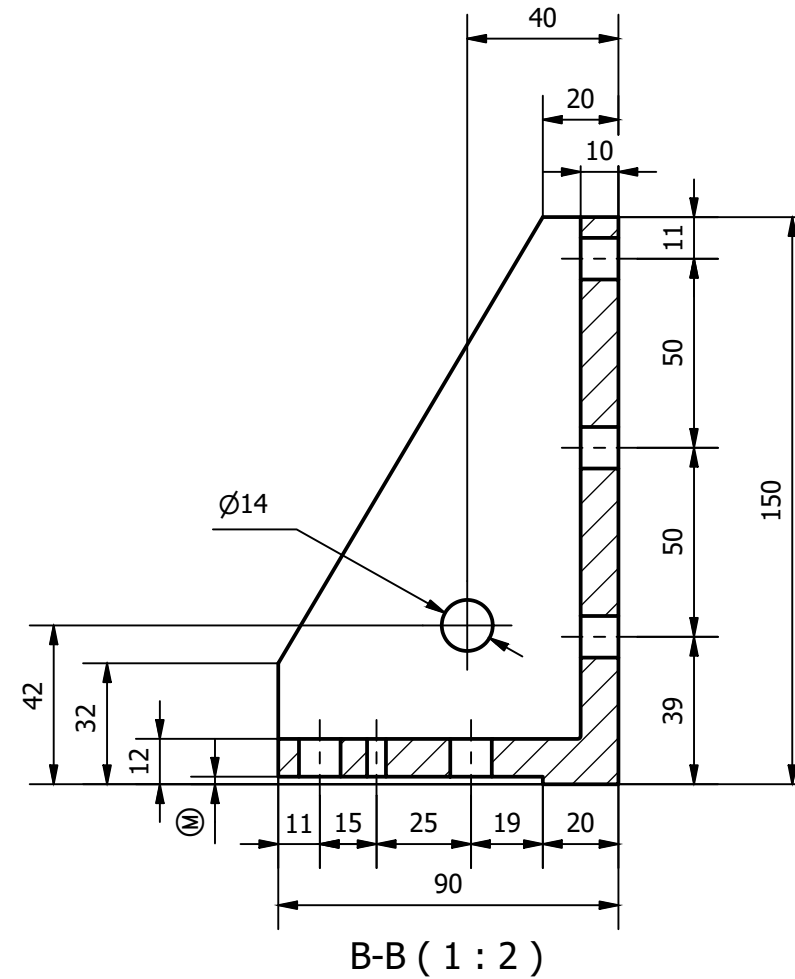
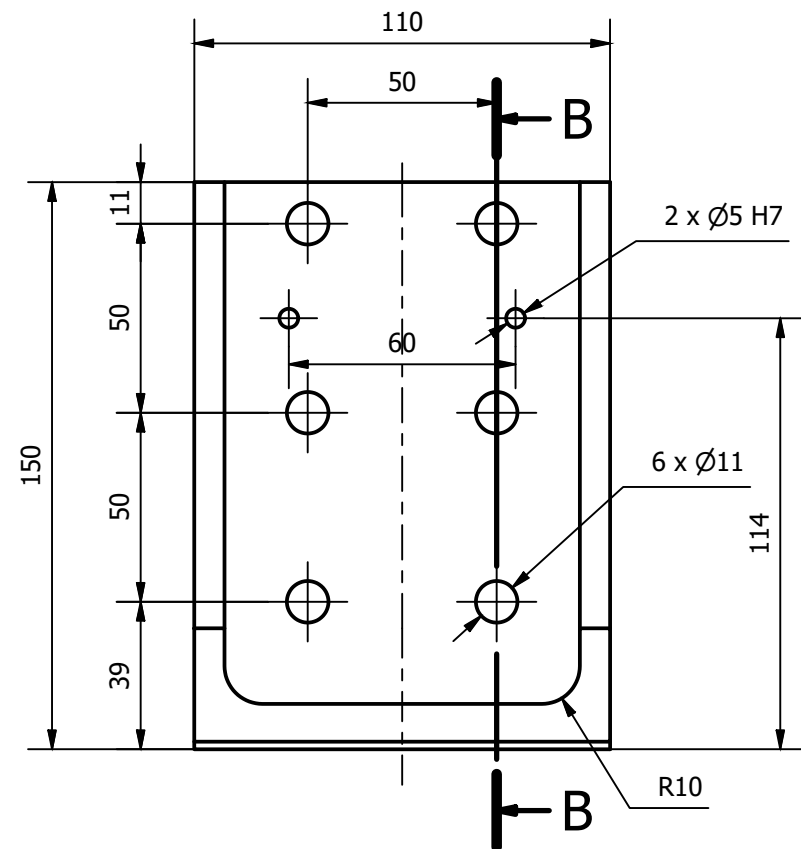
VISTA ISOMÉTRICA (1 : 2)



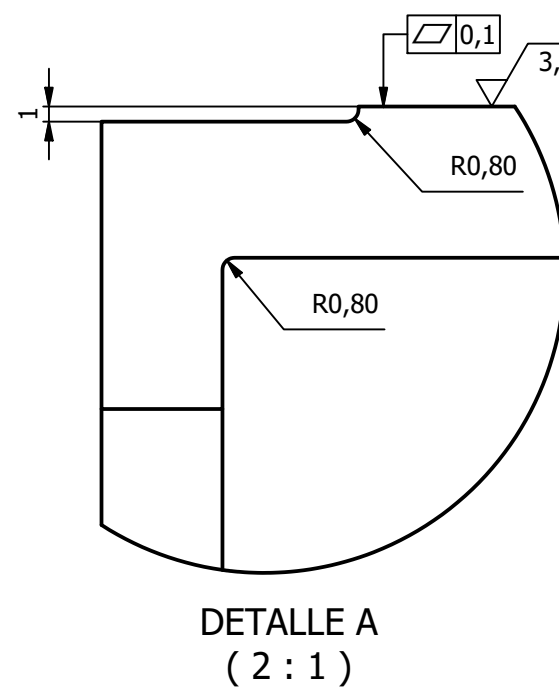
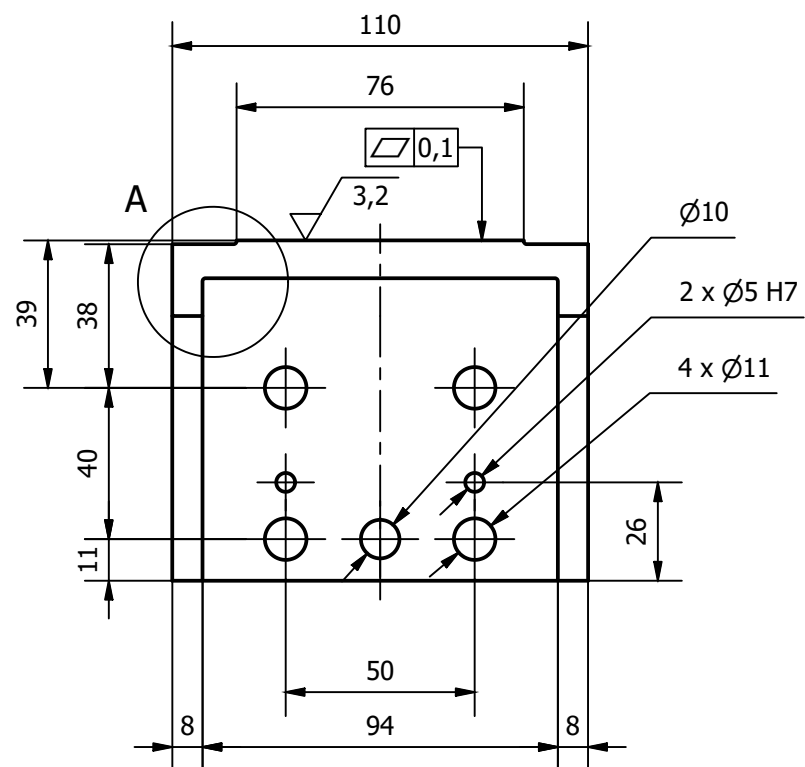
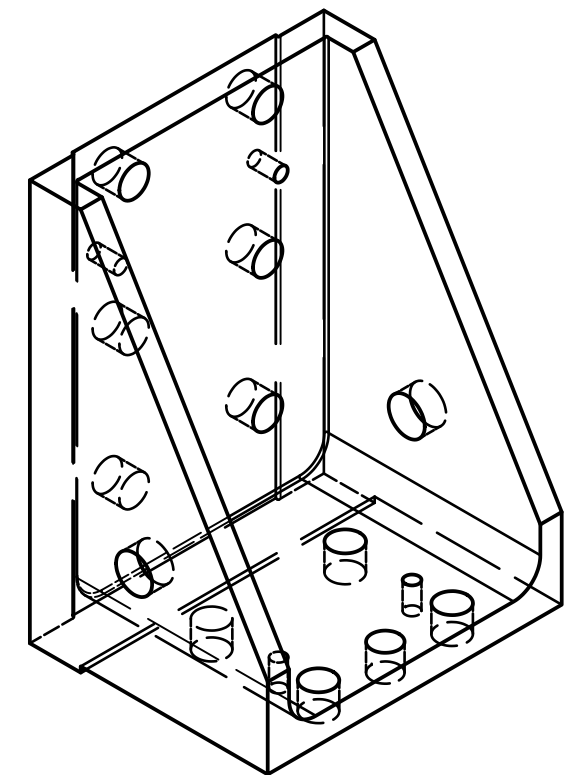
DETALLE A
(2 : 1)



- Material Aluminio EN AW-5083-O/H-111.
 - Anodizado mínimo 10 μm .

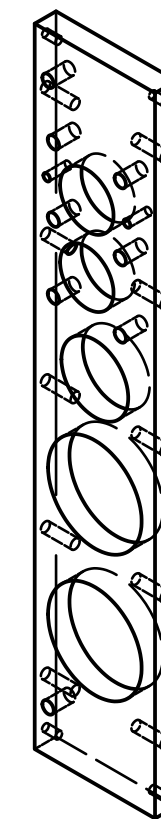
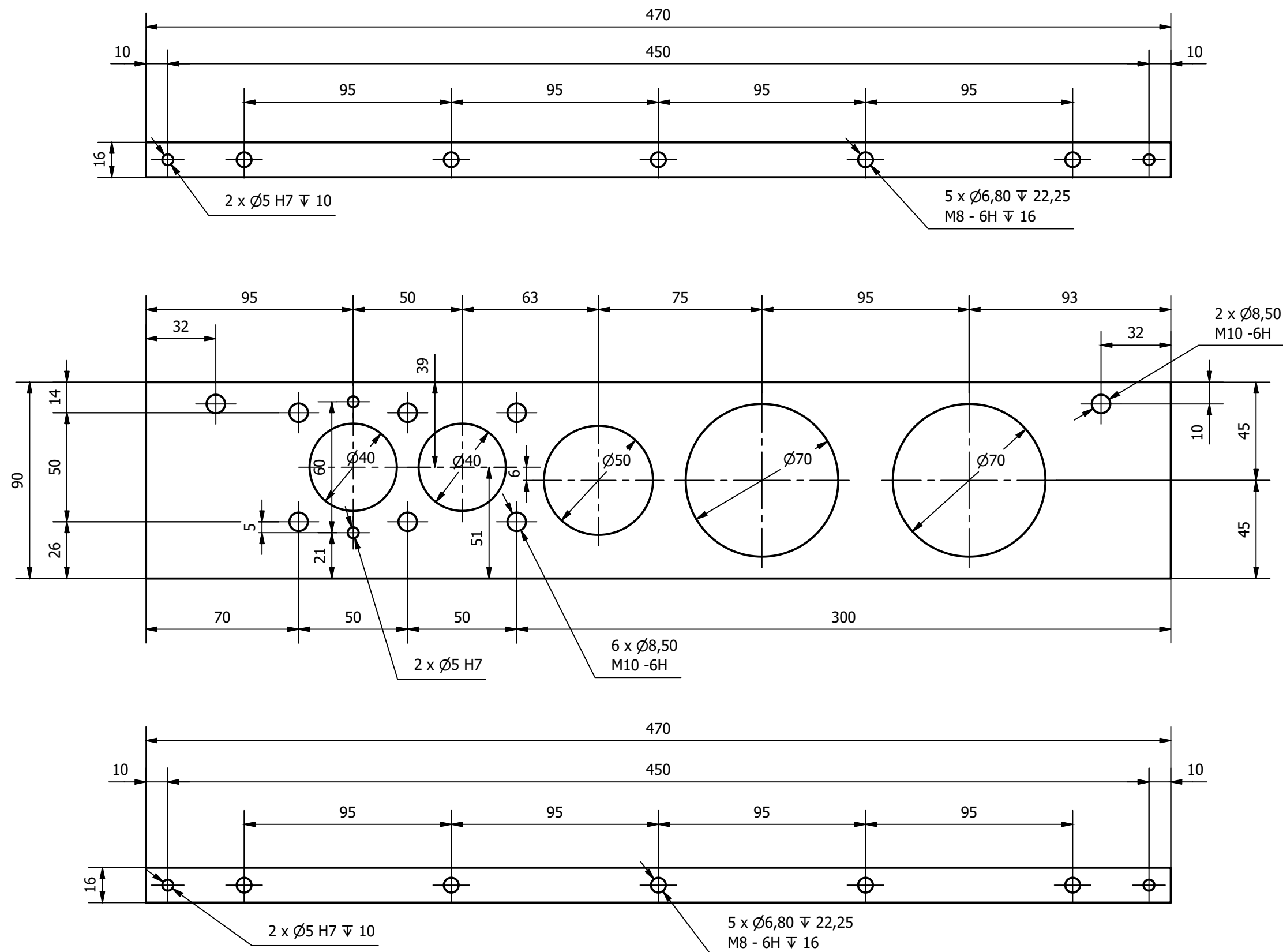


VISTA ISOMÉTRICA (1 : 2)



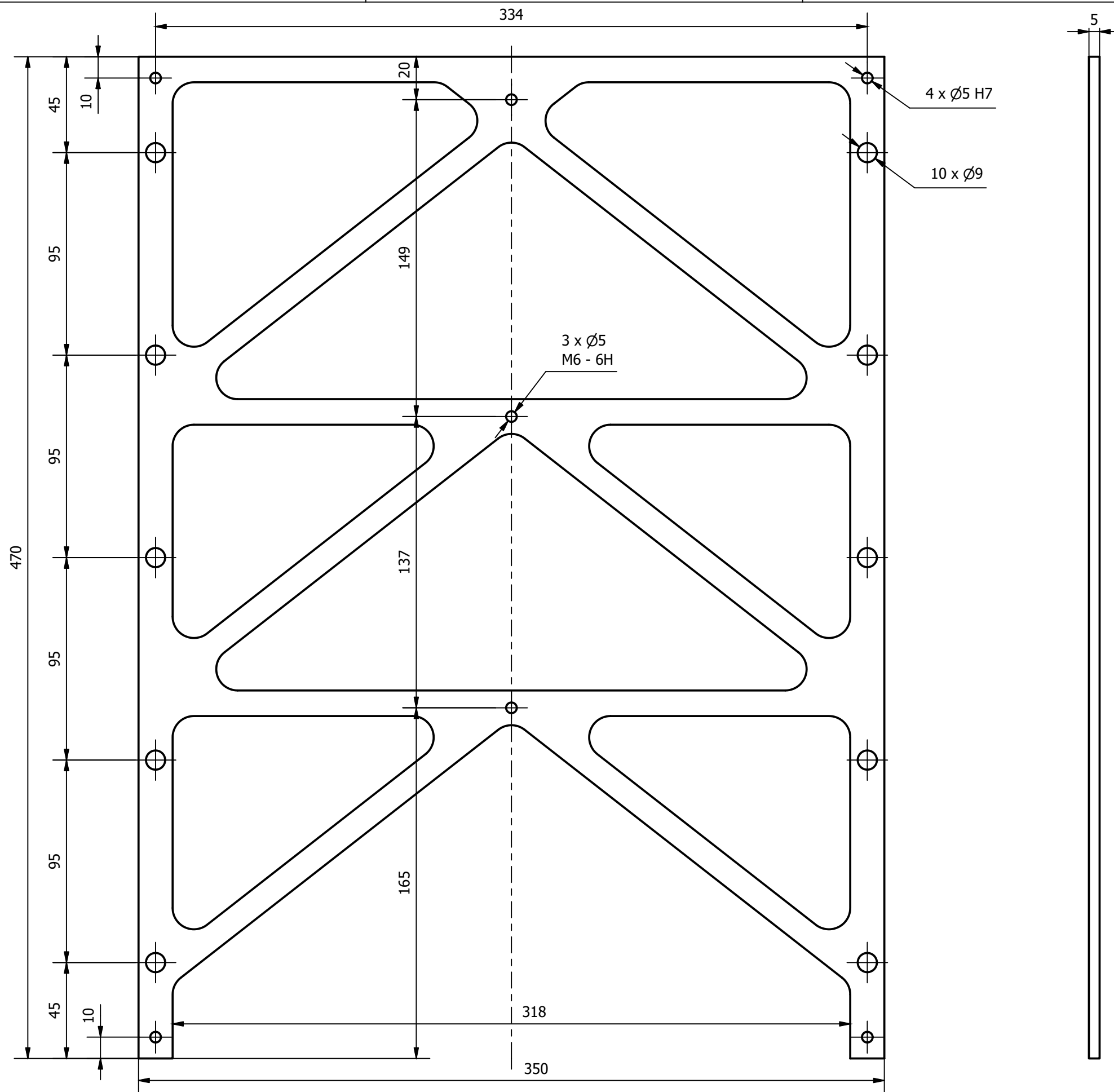
M Mecanizado final de la pieza en montaje superior

- Material Aluminio EN AW-5083-O/H-111.
- Anodizado mínimo 10 µm.

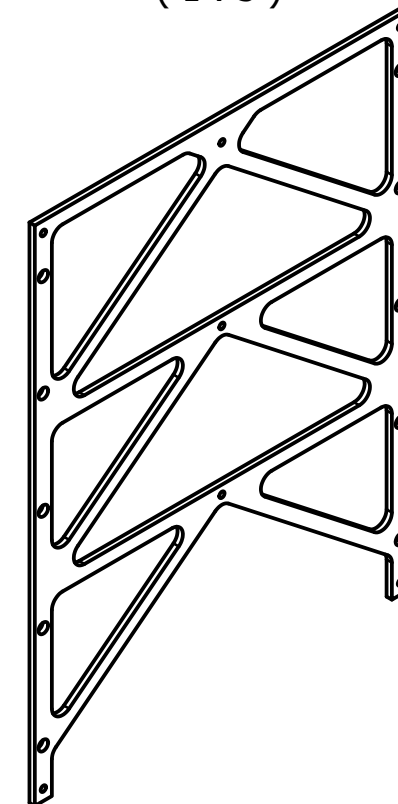


VISTA ISOMÉTRICA
(1 : 4)

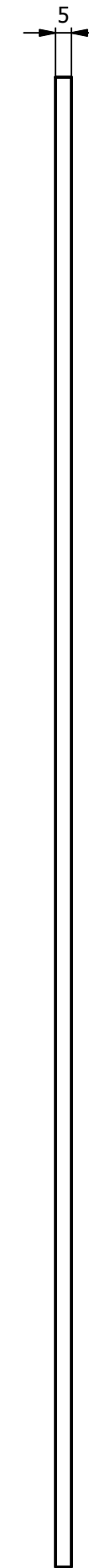
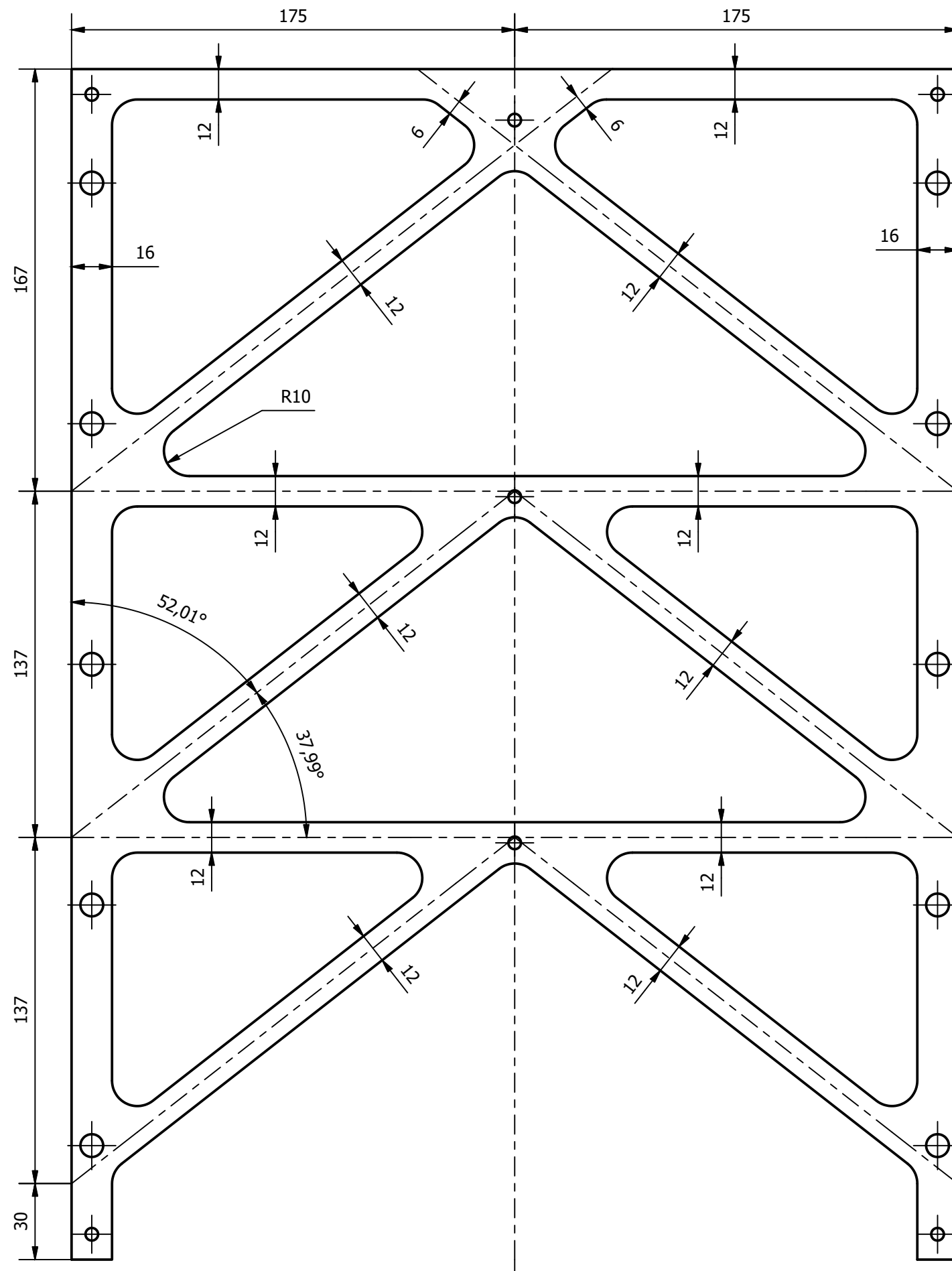
- Material Aluminio EN AW-5083-O/H-111.
- Anodizado mínimo 10 μ m.



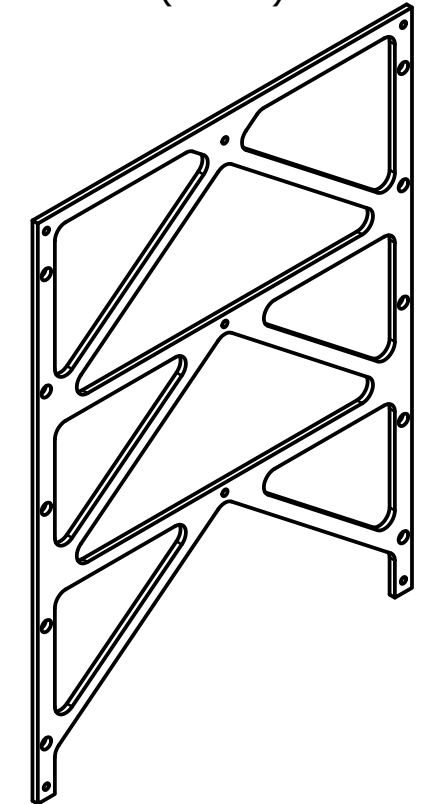
VISTA ISOMÉTRICA
(1 : 5)



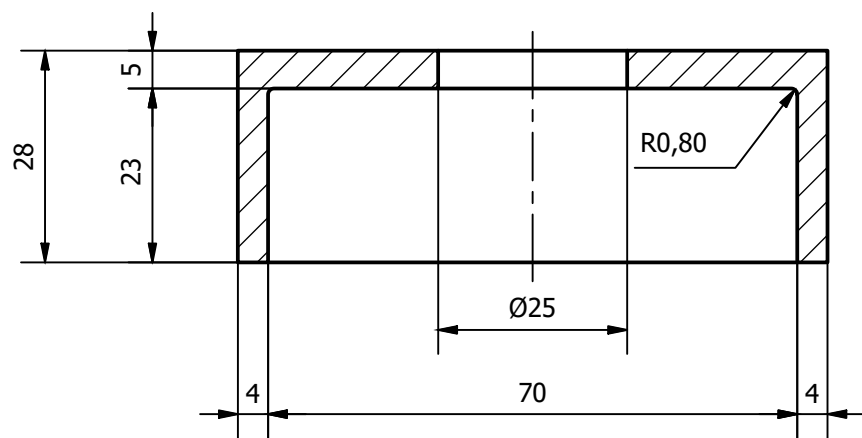
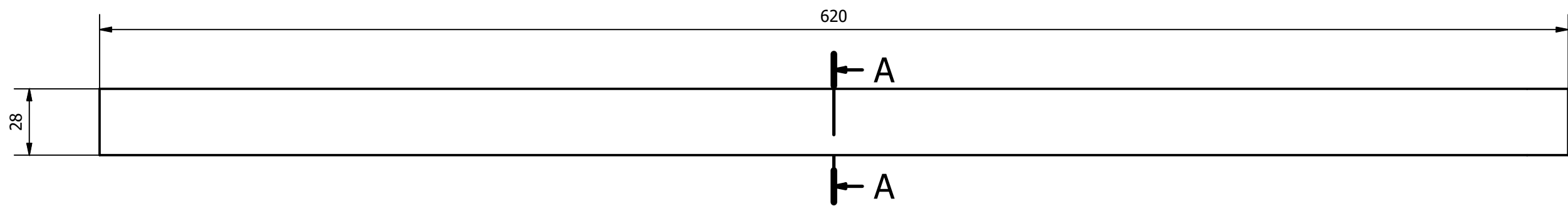
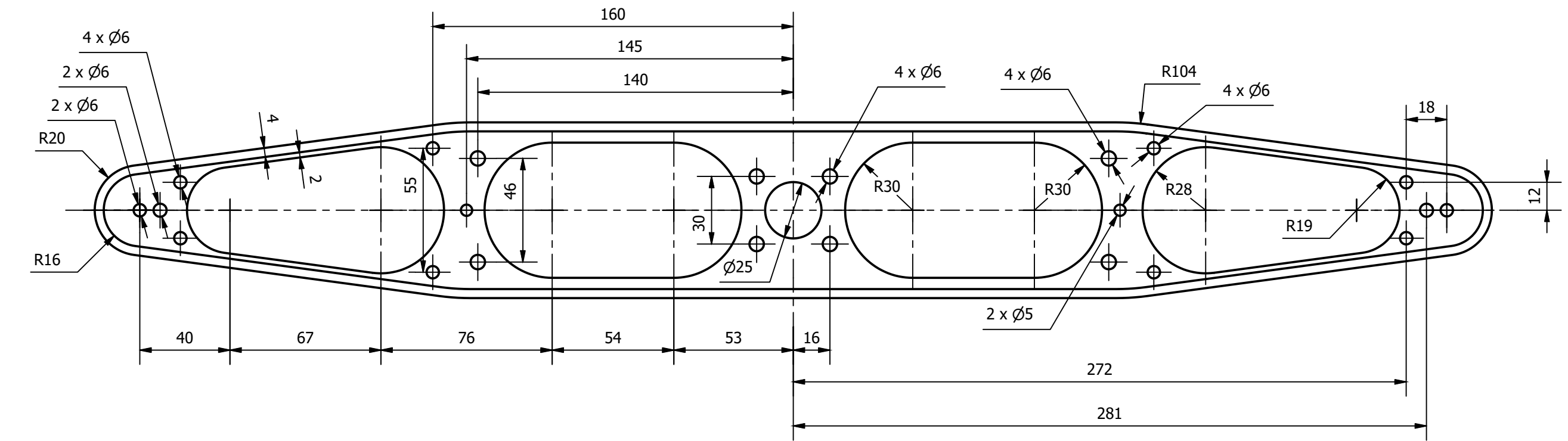
- Material Aluminio EN AW-5083-O/H-111.
- Anodizado mínimo 10 µm.
- Obtención de las preforma de la pieza a partir de placa de 5 mm de espesor, cortada por agua o laser.
- Todos los orificios pasantes.



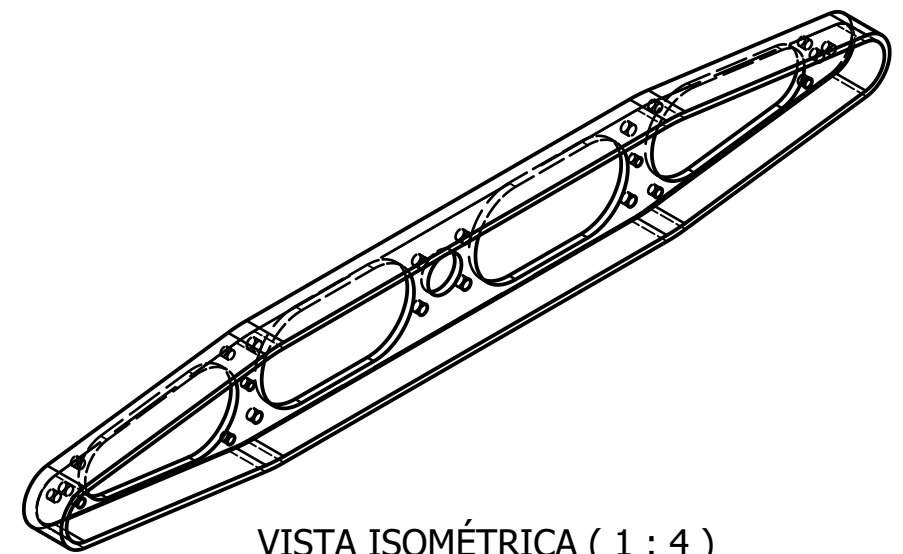
VISTA ISOMÉTRICA
(1 : 5)



- Obtención de las preforma de la pieza a partir de placa de 5 mm de espesor, cortada por agua o laser.
- Todos los orificios pasantes.

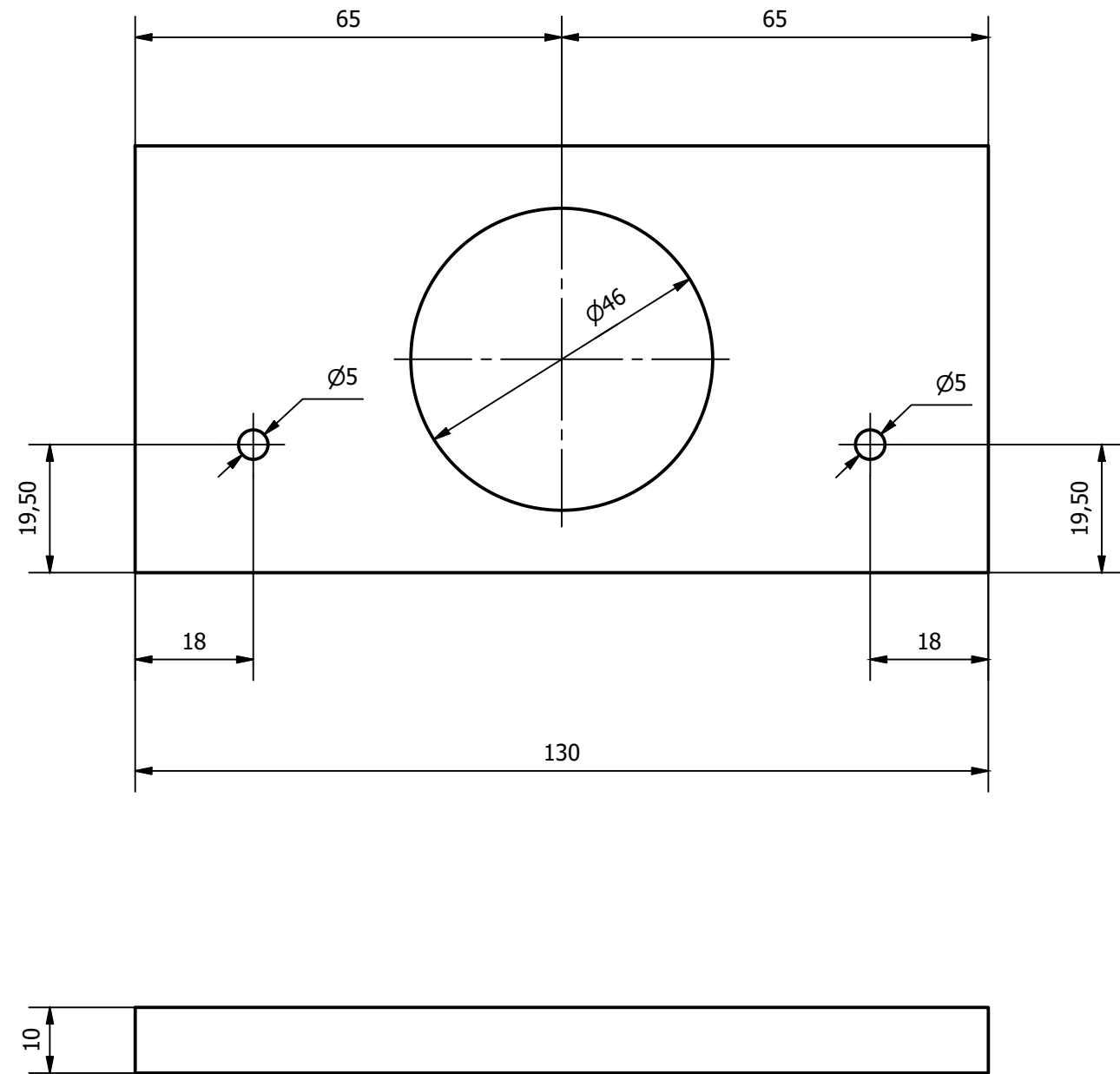
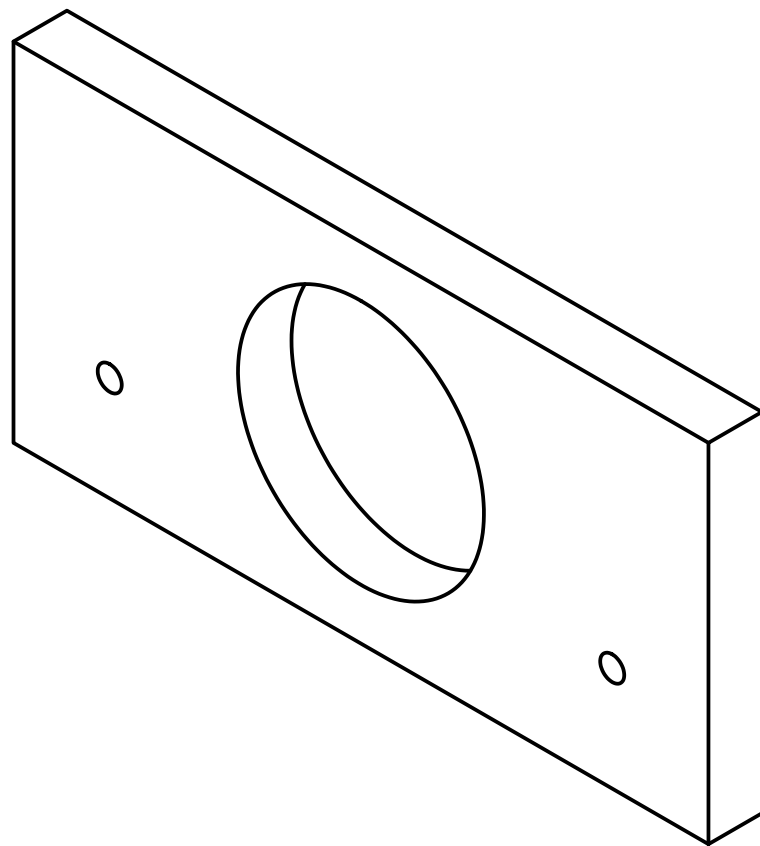


A-A (1 : 1)

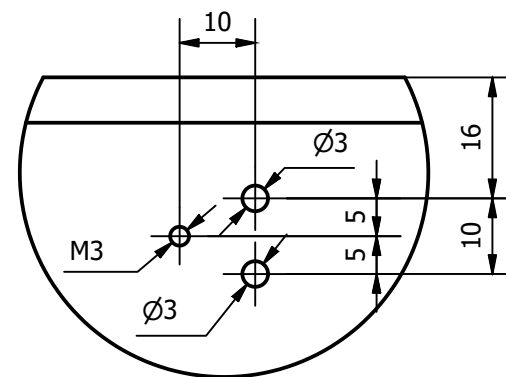
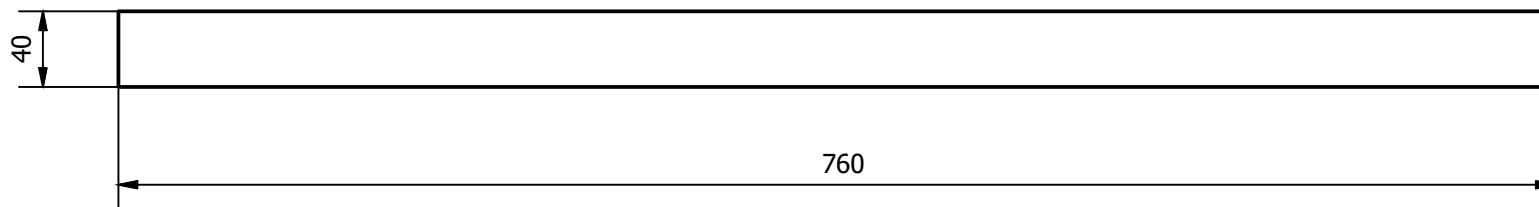
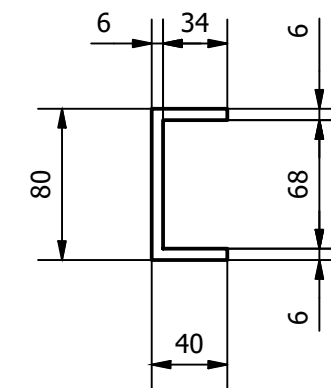
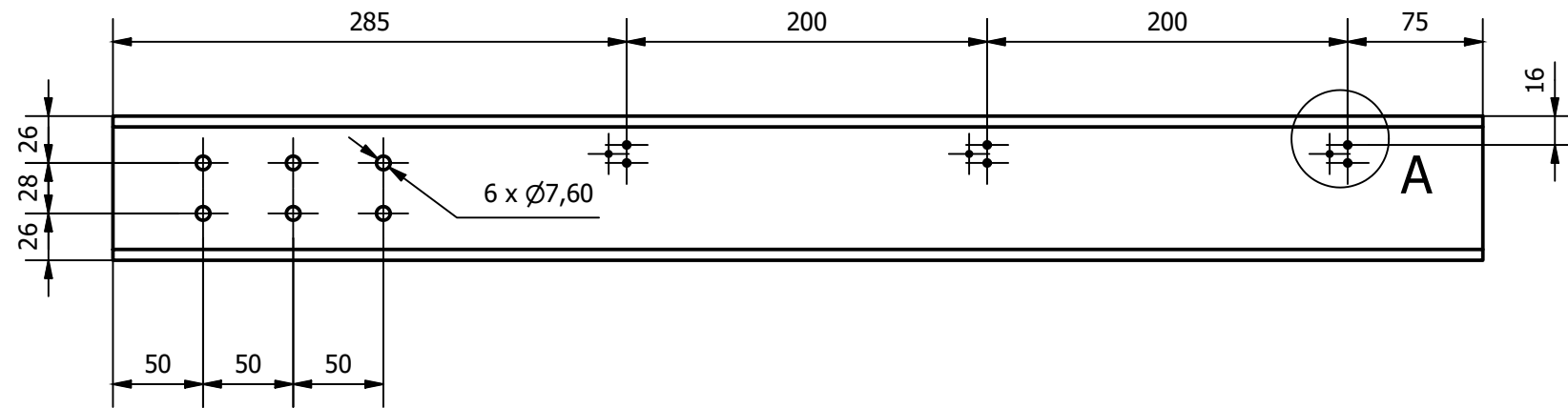


- Material Aluminio EN AW-5083-O/H-111.
 - Anodizado mínimo 10 µm.

VISTA ISOMÉTRICA
(1:1)



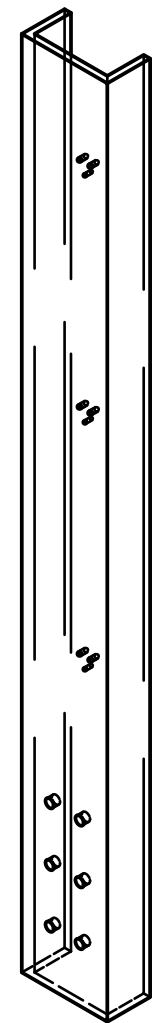
- Material: Espuma elastomérica a base de caucho sintético.
- Autoadhesivo a una cara.

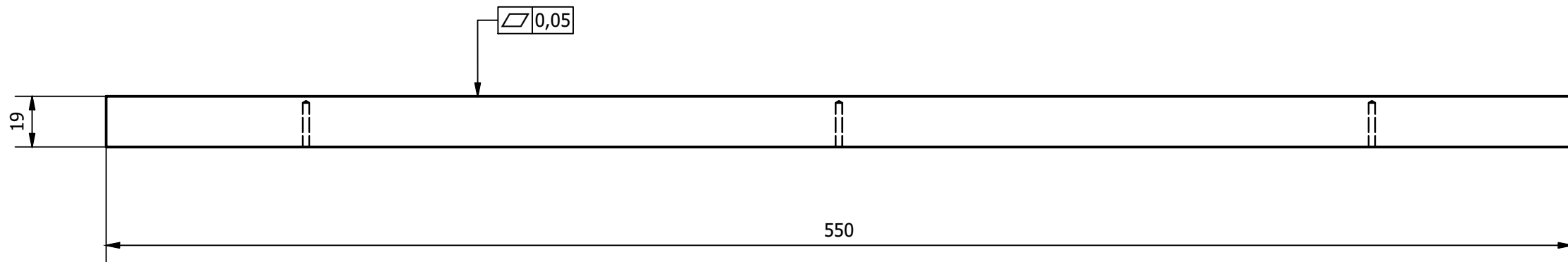
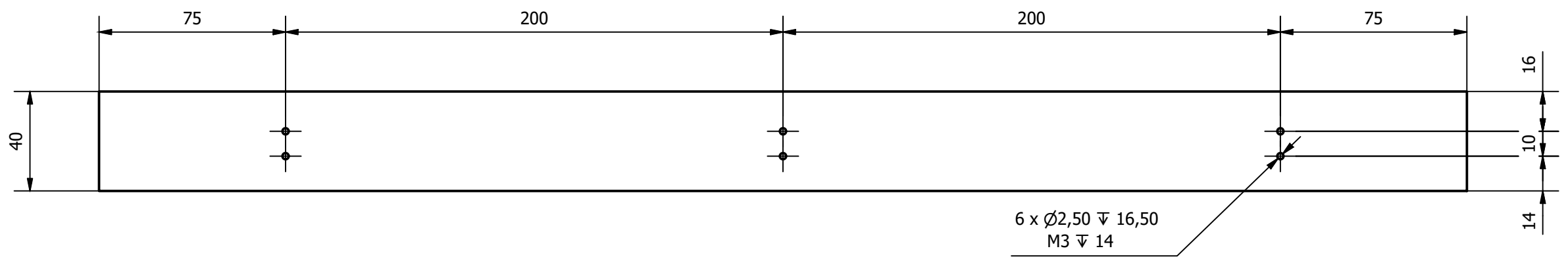


DETALLE A
(1 : 1)

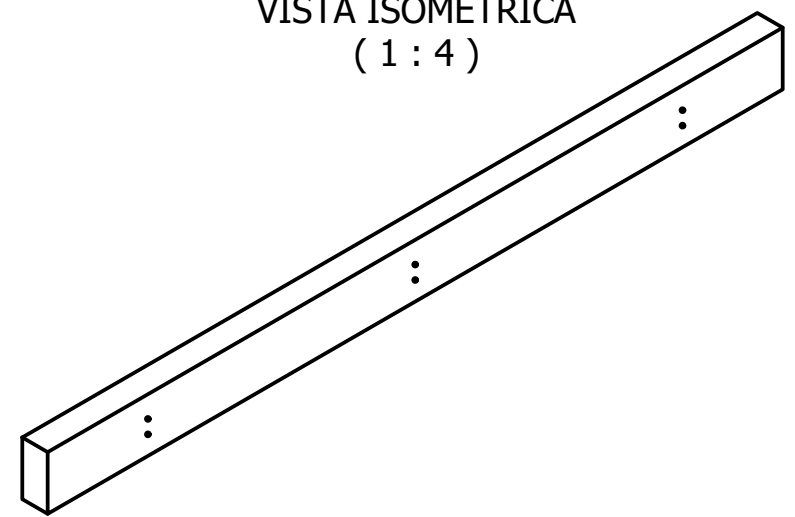
- Material Aluminio EN AW-6063.
- Anodizado mínimo 10 μm .
- Perfil de aluminio en U 80x40x6
- Todos los orificios pasantes

VISTA ISOMÉTRICA (1:5)

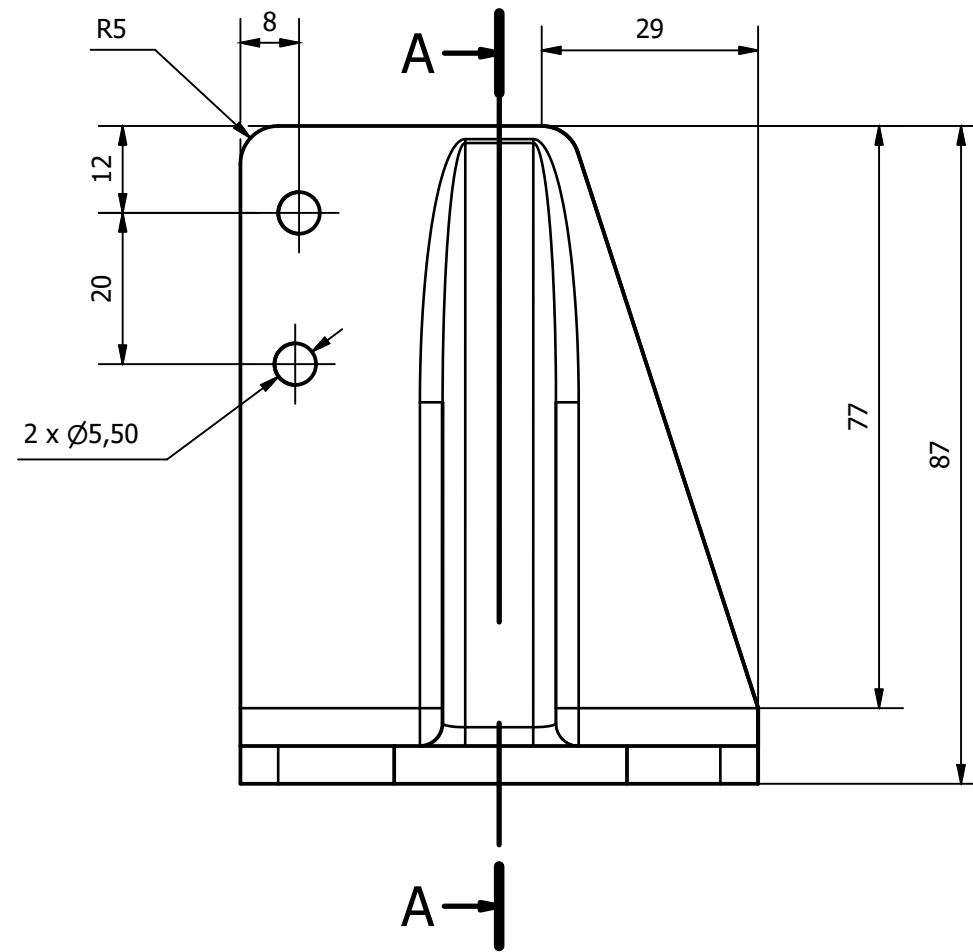
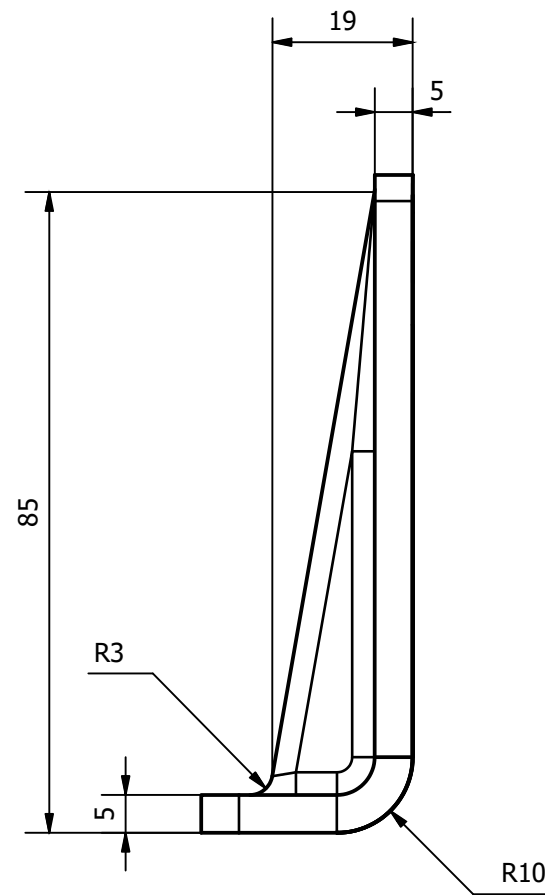




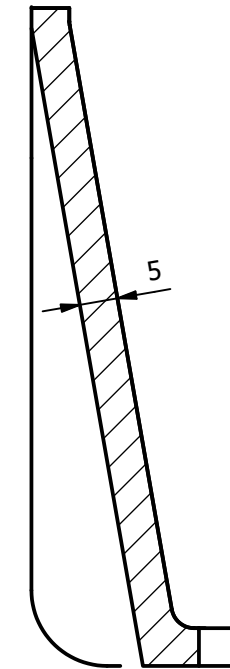
VISTA ISOMÉTRICA
(1 : 4)



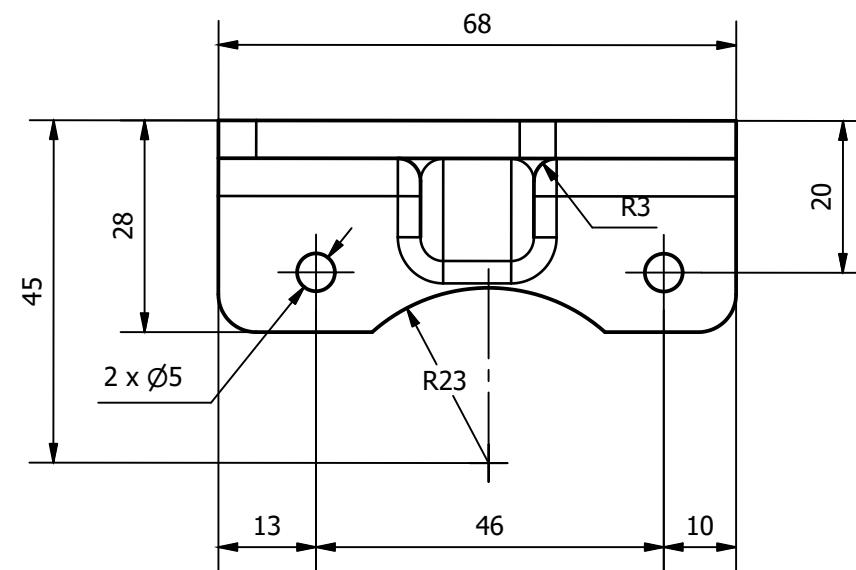
- Material Aluminio EN AW-5083-O/H-111.
- Anodizado mínimo 10 μ m.



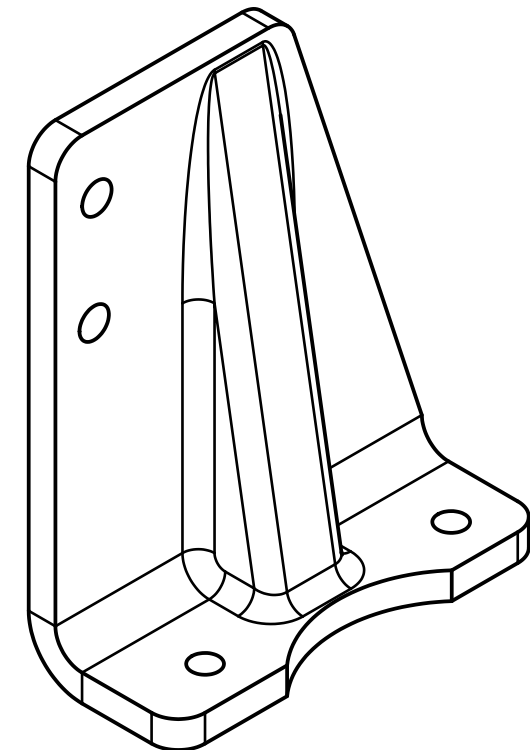
A-A (1 : 1)

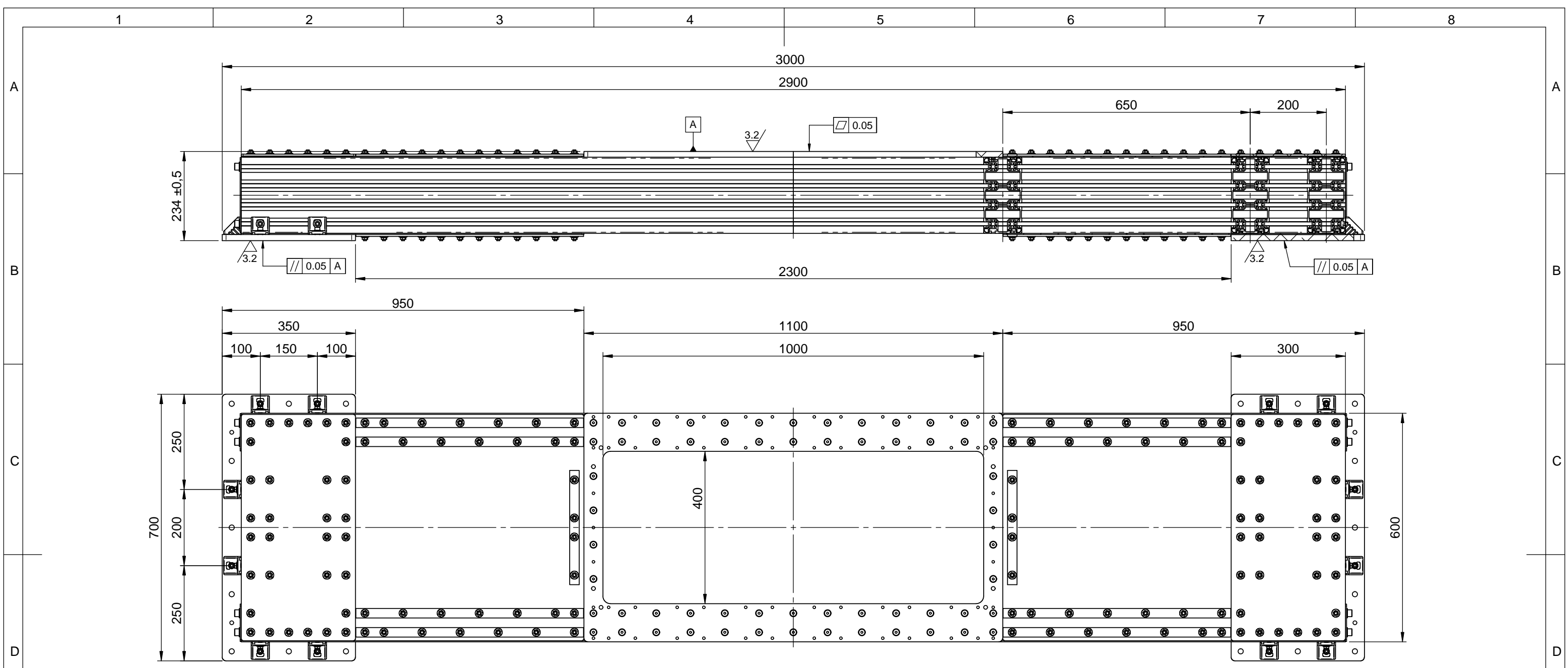


VISTA ISOMÉTRICA (1 : 1)

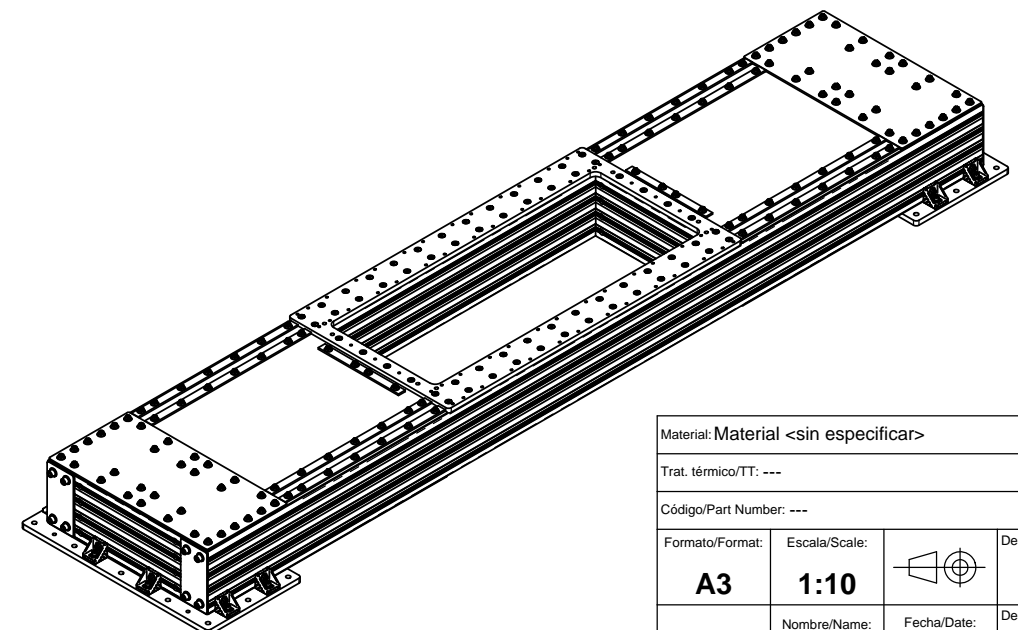


- Chapa doblada de 5 mm de espesor
- Material Aluminio EN AW-6060.

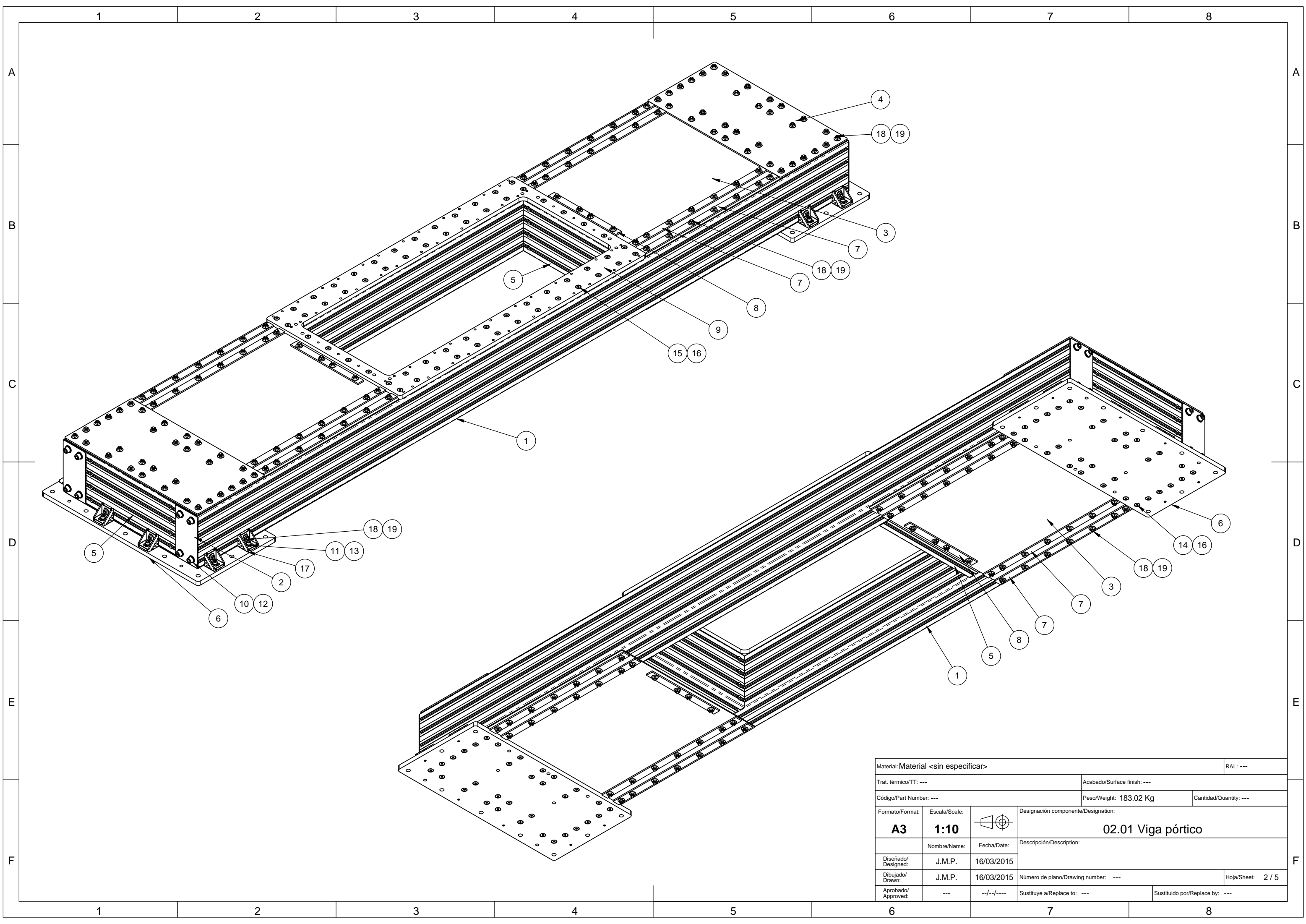





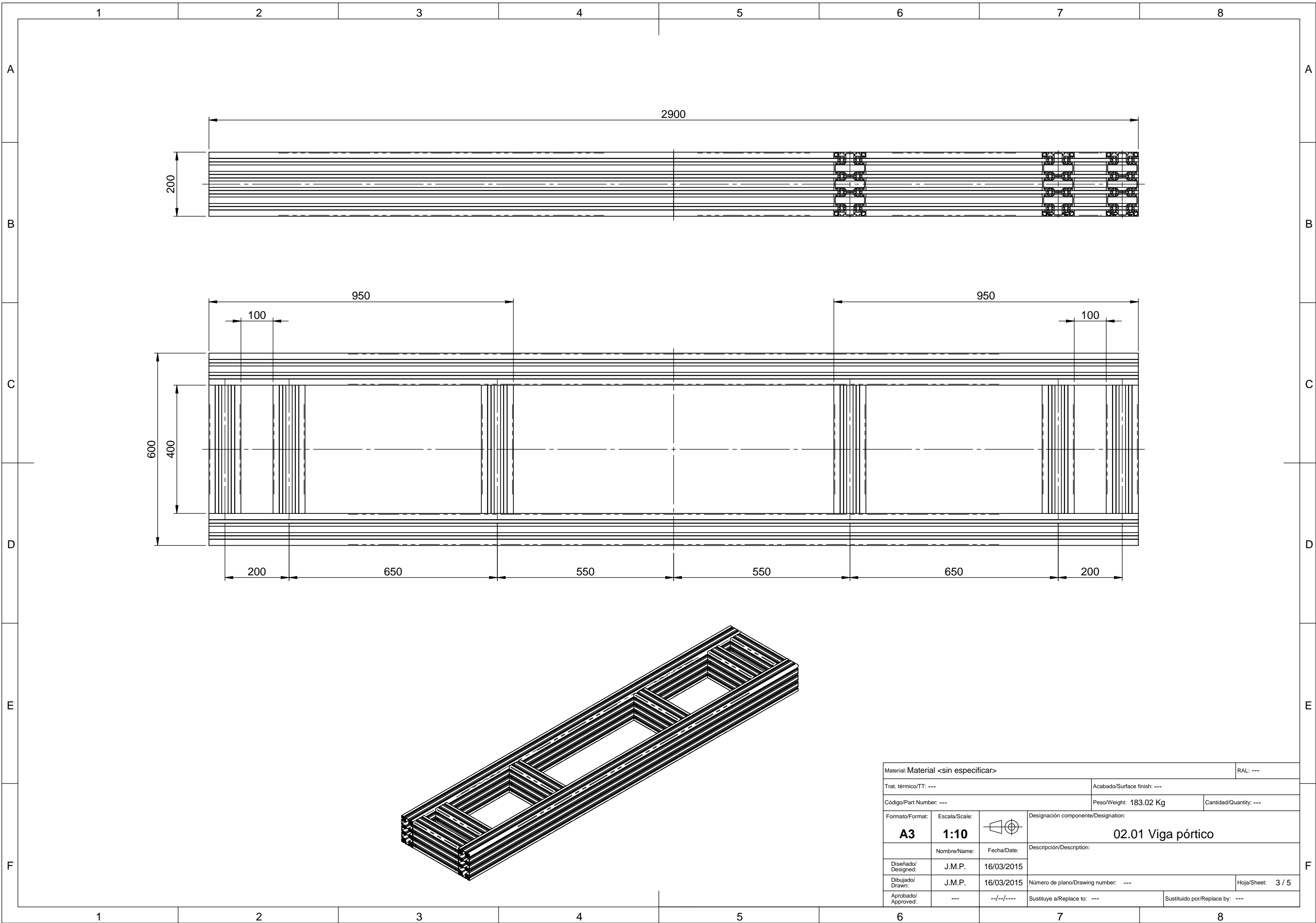
	DESCRIPCIÓN		CANTIDAD
1	02.01.01 Perfil principal	100x200L - 3 842 993 178 / 2900	2
2	02.01.02 Tapa lateral perfil		4
3	02.01.03 Placa rigidizadora		4
4	02.01.04 Placa apriete tornillos		2
5	02.01.05 Perfil rigidizador viga	100x200L - 3 842 993 183 / 400	6
6	02.01.06 Placa de anclaje		2
7	02.01.07 Perfil apriete tornillos		16
8	02.01.08 Perfil apriete tornillos		4
9	02.01.09 Placa soporte SPL		1
10	DIN 125 C8	M12	16
11	DIN 125 C8	M8	12
12	DIN 912 8.8	M12 x 020	16
13	DIN 912 8.8	M08 x 025	12
14	DIN 7991	M8 x 30	64
15	DIN 7991	M8 x 25	60
16	Tuerca martillo 10 M8 - 3 842 530 287	3 842 530 287	124
17	Escuadra 50x50 - 3 842 530 381	3 842 530 381	12
18	Tornillo cabeza martillo - M8 - 3 842 528 7xx	M8x25 - 3 842 528 718	204
19	Tuerca collar - M8-SW13 - 3 842 345 081	M8-SW13 - 3 842 345 081	204




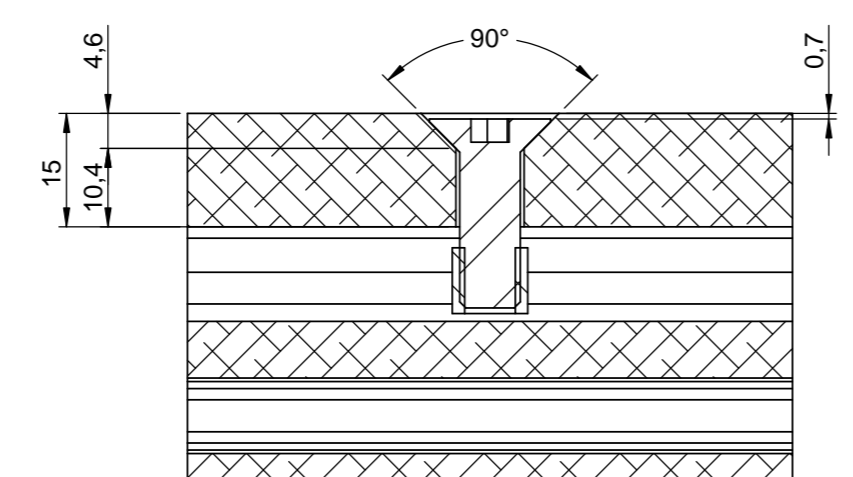
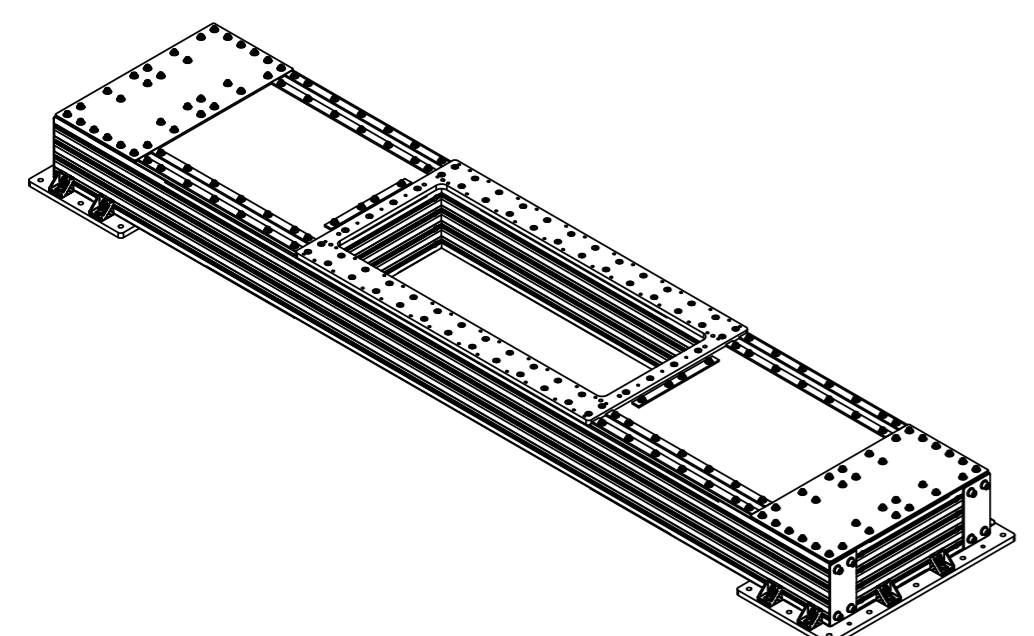
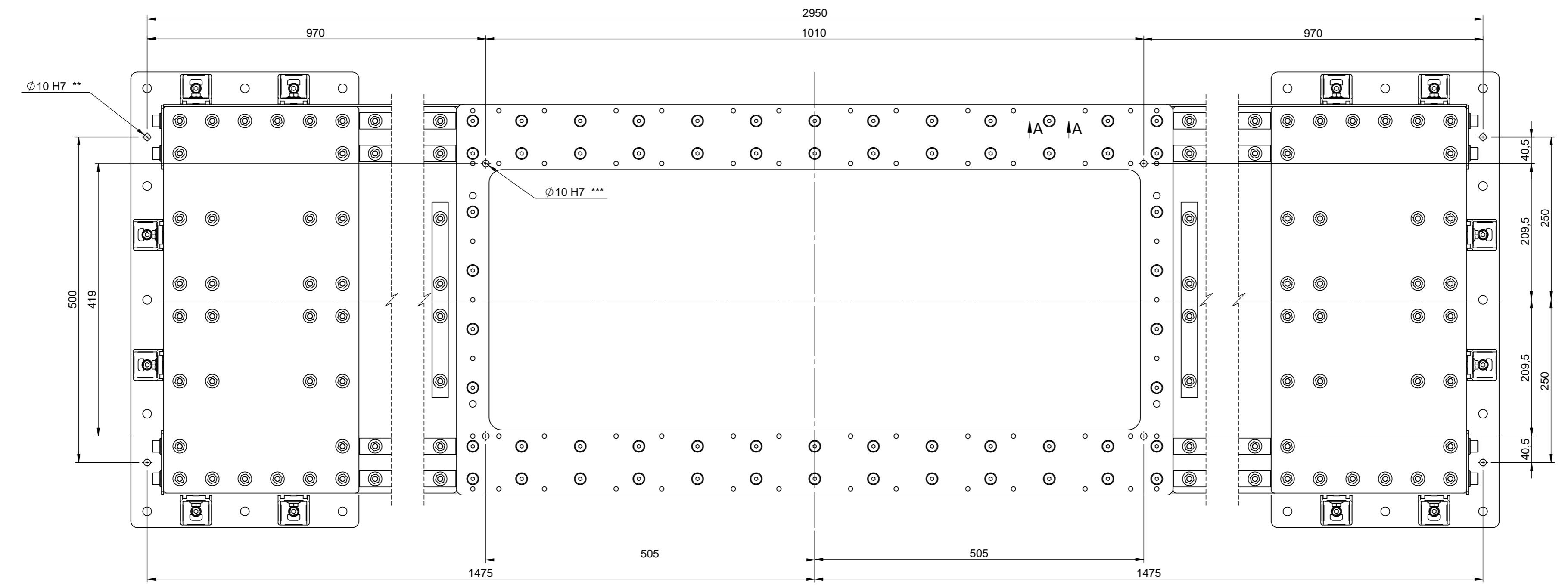
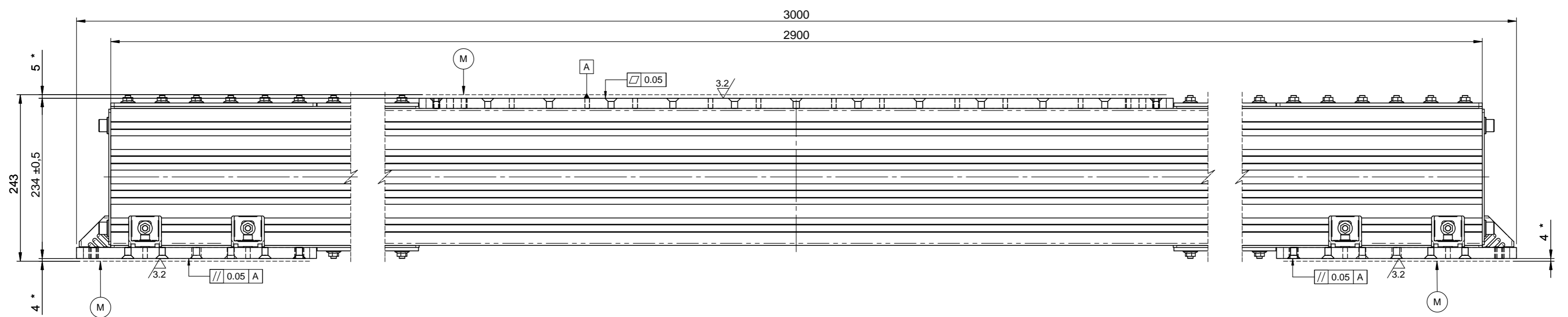
Material: Material <sin especificar>		RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: ---	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 183.02 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A3	Escala/Scale: 1:10	Designación componente/Designation: 02.01 Viga pórtico	
Nombre/Name: J.M.P.	Fecha/Date: 16/03/2015	Descripción/Description:	
Diseñado/Designed: J.M.P.	16/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 1 / 5
Aprobado/Approved: ---	---/--/----	Sustituye a/Replace to: ---	Sustituido por/Replace by: ---



Material: Material <sin especificar>		RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: ---	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 183.02 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A3	Escala/Scale: 1:10		Designación componente/Designation: 02.01 Viga pórtico
Diseñado/Designed: J.M.P.	Fecha/Date: 16/03/2015		Descripción/Description:
Dibujado/Drawn: J.M.P.	Fecha/Date: 16/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 2 / 5
Aprobado/Approved: ---	Fecha/Date: --/--/----	Sustituye a/Replace to: ---	Sustituido por/Replace by: ---



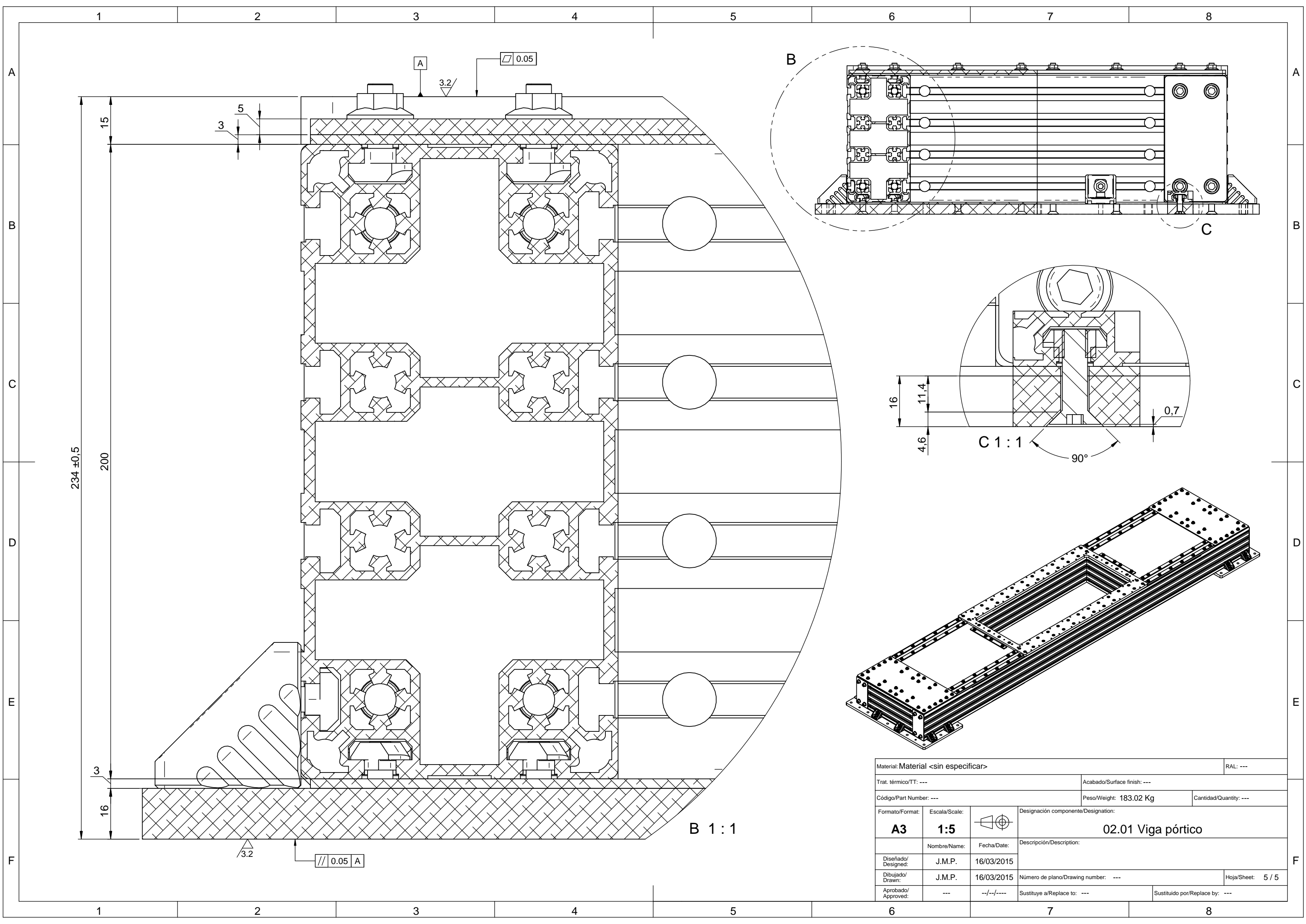
Material: Material <sin especificar>			RAL: ---
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: ---	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 183.02 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A3	Escala/Scale: 1:10		Designación componente/Designation: 02.01 Viga pórtico
Diseñado/Designed: J.M.P.	Fecha/Date: 16/03/2015		Descripción/Description:
Dibujado/Drawn: J.M.P.	Fecha/Date: 16/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 3 / 5
Aprobado/Approved: ---	Fecha/Date: --/--/----	Sustituye a/Replace to: ---	Sustituido por/Replace by: ---




A-A 1 : 1

- * Mecanizado de las superficies de asiento. Eliminación de material mediante mecanizado sobre el conjunto completamente ensamblado, tras montaje de piezas.
- ** Mecanizado de orificios pasantes Ø10 H7 para centradores de montaje (DIN7979 Ø10 m6 F-155). Eliminación de material mediante mecanizado sobre el conjunto completamente ensamblado, tras montaje de piezas.
- *** Mecanizado de orificios Ø10 H7 ∇16 para centradores de montaje (DIN7979 Ø10 m6 F-155). Eliminación de material mediante mecanizado sobre el conjunto completamente ensamblado, tras montaje de piezas.
- (M) Línea de material en bruto previo al mecanizado de las superficies de asiento sobre el conjunto ensamblado.

Material: Material <sin especificar>		RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: ---	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 183.02 Kg	
Cantidad/Quantity: ---			
Formato/Format: A2	Escala/Scale: 1:5	Designación componente/Designation: 02.01 Viga pórtico	
Nombre/Name: ---	Fecha/Date: ---	Descripción/Description: ---	
Diseñado/Designed: J.M.P.	16/03/2015		
Dibujado/Drawn: J.M.P.	16/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 4 / 5
Aprobado/Approved: ---	---/---/---	Sustituye a/Replaces to: ---	Sustituido por/Replaces by: ---



Material: Material <sin especificar>		RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: ---	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 183.02 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A3	Escala/Scale: 1:5		Designación componente/Designation: 02.01 Viga pórtico
Diseñado/Designed: J.M.P.	Fecha/Date: 16/03/2015		Descripción/Description:
Dibujado/Drawn: J.M.P.	Fecha/Date: 16/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	
Aprobado/Approved: ---	Fecha/Date: --/--/----	Sustituye a/Replace to: ---	
		Sustituido por/Replace by: ---	
		Hoja/Sheet: 5 / 5	

1

2

3

4

A

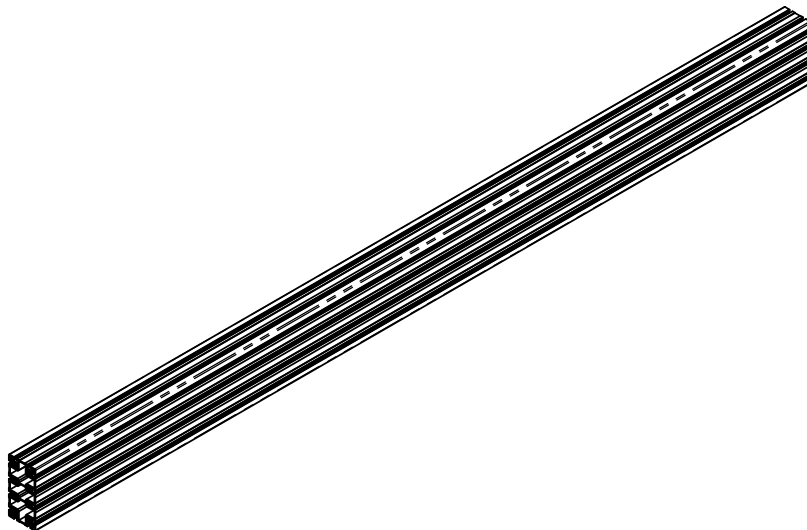
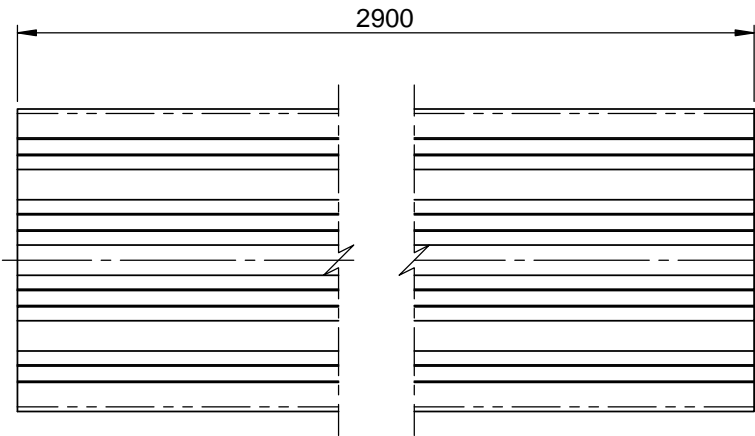
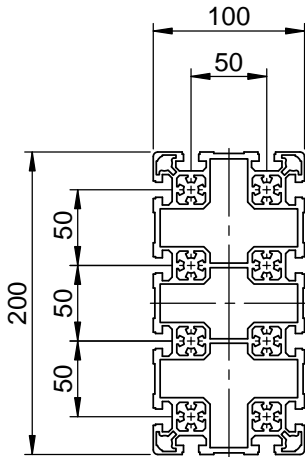
B


C

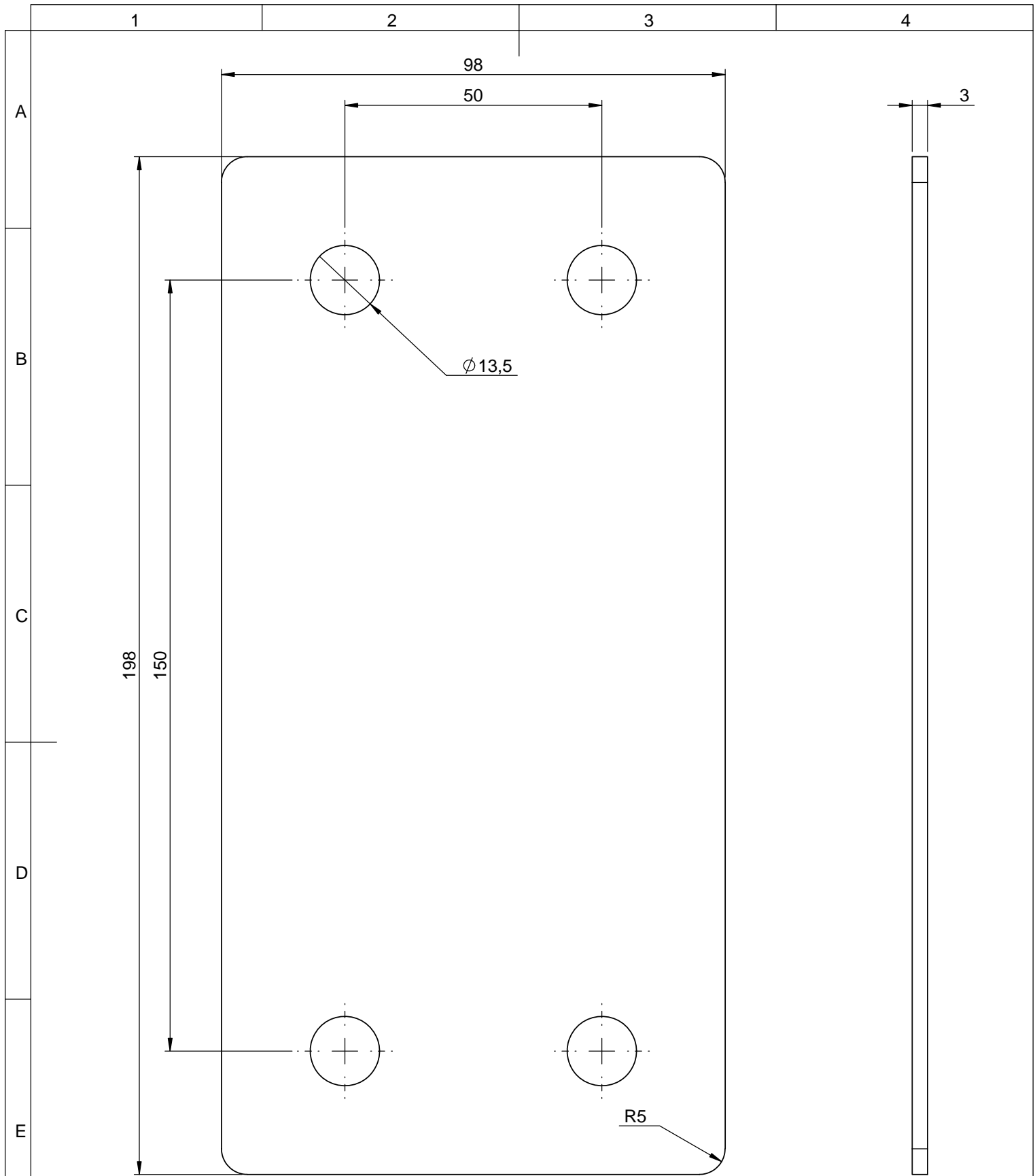
D

E

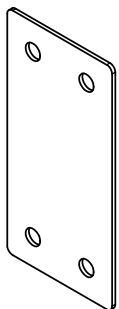
F



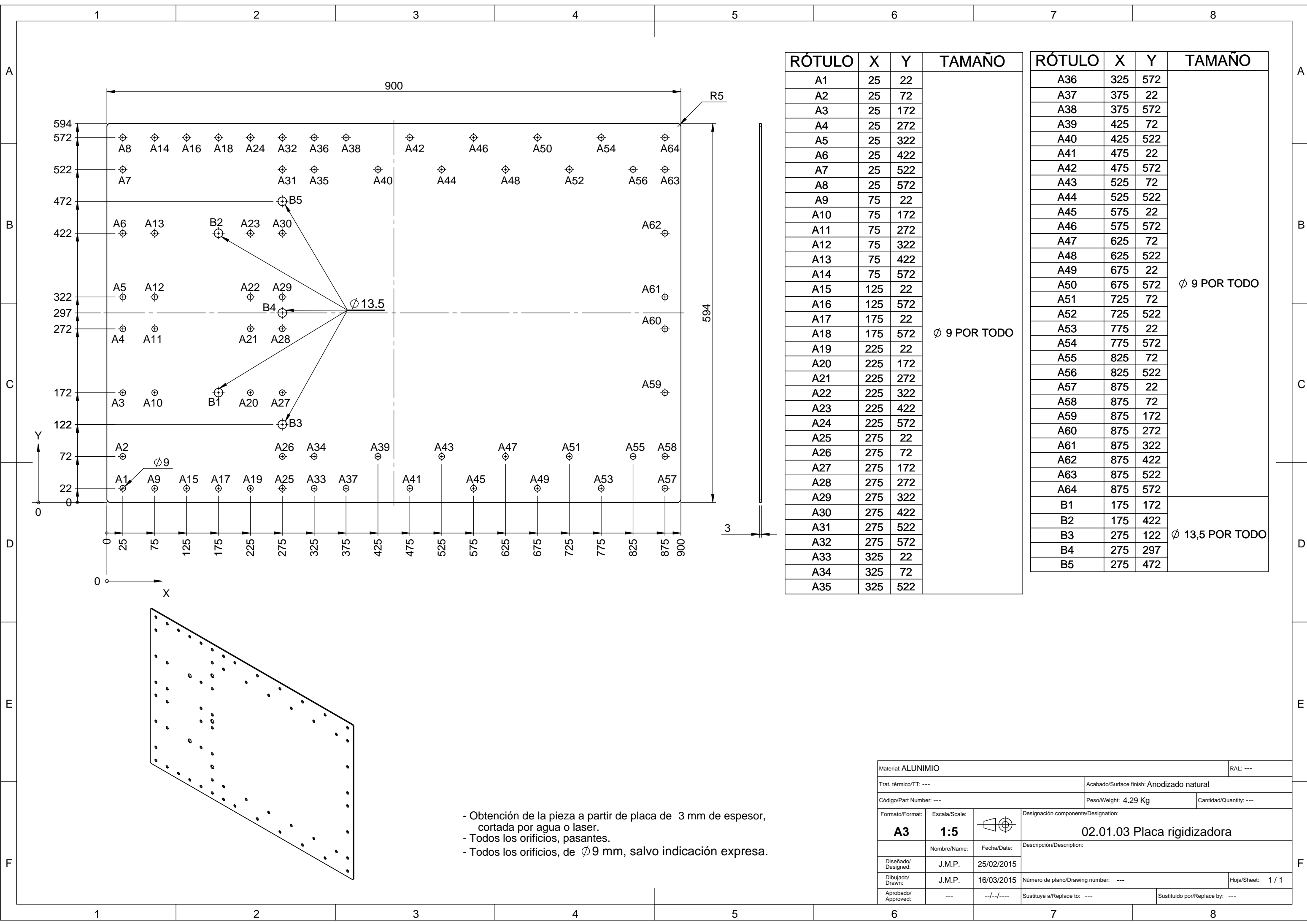
Material: EN AW - AL 6060			RAL: ---
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado E6/EV1 - 12µm - 300HV	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 41.78 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A4	Escala/Scale: 1:5	 Designación componente/Designation: 02.01.01 Perfil principal	
	Nombre/Name:	Fecha/Date:	Descripción/Description:
Diseñado/Designed:	J.M.P.	06/02/2015	
Dibujado/Drawn:	J.M.P.	19/01/2015	Número de plano/Drawing number: ---
Aprobado/Approved:		--/--/----	Hoja/Sheet: 1 / 1
		Sustituye a/Replace to: ---	Sustituido por/Replace by: ---



- Obtención de la pieza a partir de placa 3 mm de espesor, cortada por agua o laser.
- Todos los orificios pasantes.

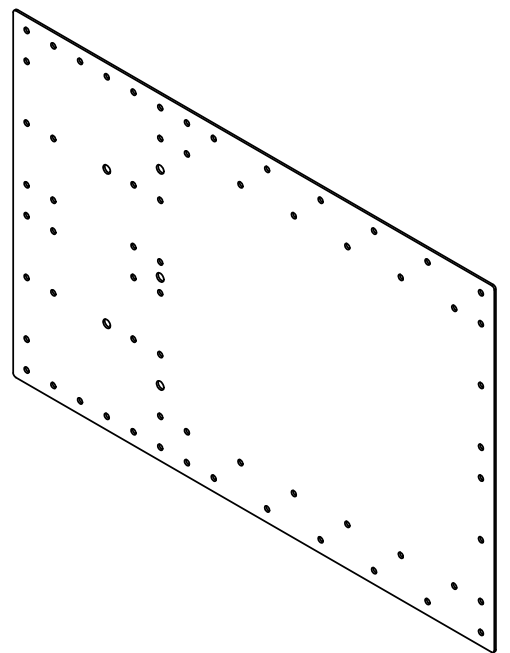


Material: ALUNIMIO			RAL: ---
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado natural	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 0.15 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A4	Escala/Scale: 1:1	Designación componente/Designation: 02.01.02 Tapa lateral perfil	
Nombre/Name:		Fecha/Date:	
Diseñado/Designed: J.M.P.	J.M.P.	06/02/2015	
Dibujado/Drawn: J.M.P.	J.M.P.	13/02/2015	
Número de plano/Drawing number: ---			Hoja/Sheet: 1 / 1
Aprobado/Approved: ---	Sustituye a/Replace to: ---		Sustituido por/Replace by: ---



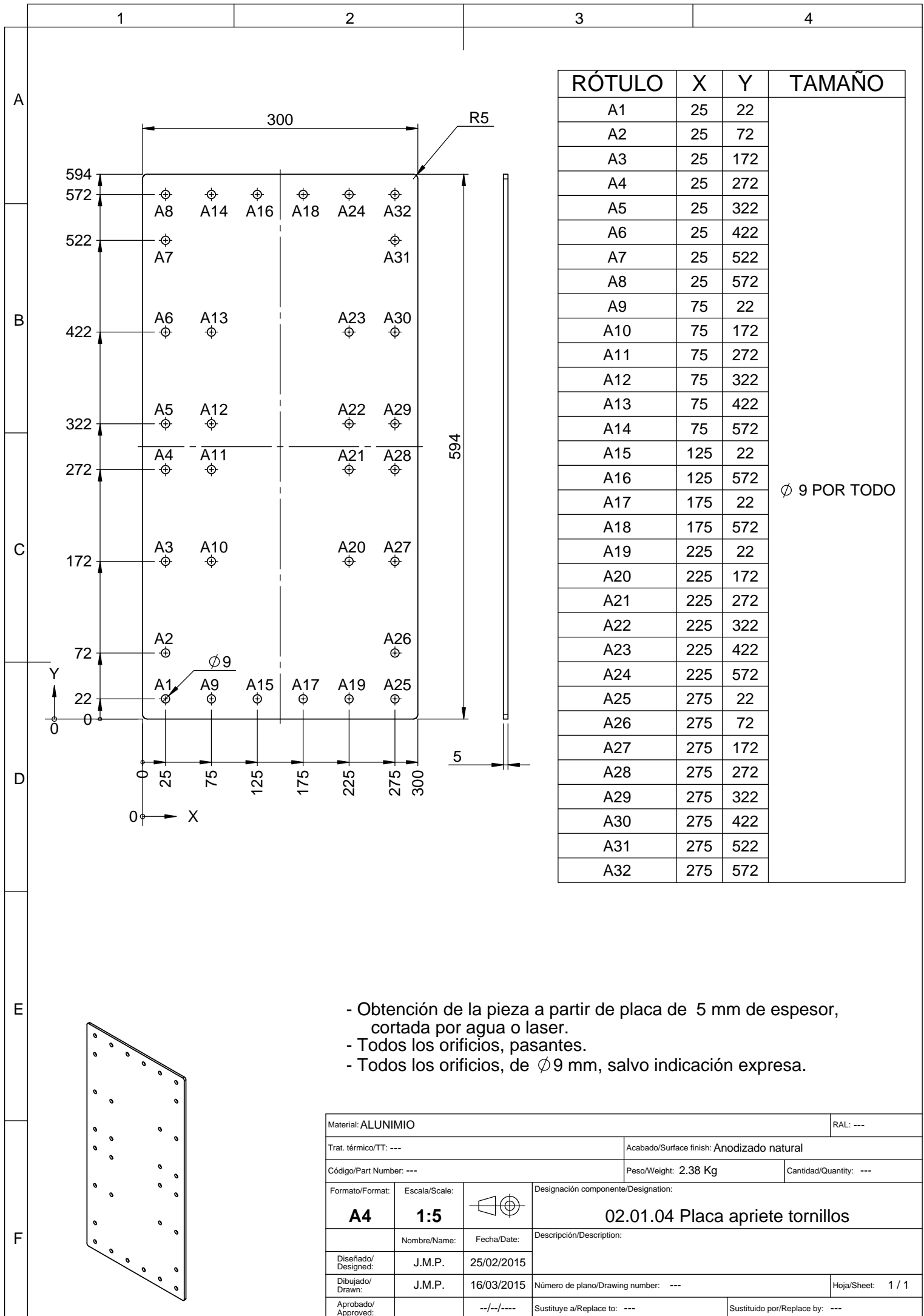
RÓTULO	X	Y	TAMAÑO
A1	25	22	Ø 9 POR TODO
A2	25	72	
A3	25	172	
A4	25	272	
A5	25	322	
A6	25	422	
A7	25	522	
A8	25	572	
A9	75	22	
A10	75	172	
A11	75	272	
A12	75	322	
A13	75	422	
A14	75	572	
A15	125	22	
A16	125	572	
A17	175	22	
A18	175	572	
A19	225	22	
A20	225	172	
A21	225	272	
A22	225	322	
A23	225	422	
A24	225	572	
A25	275	22	
A26	275	72	
A27	275	172	
A28	275	272	
A29	275	322	
A30	275	422	
A31	275	522	
A32	275	572	
A33	325	22	
A34	325	72	
A35	325	522	
A36	375	22	
A37	375	72	
A38	375	172	
A39	425	22	
A40	425	522	
A41	475	22	
A42	475	572	
A43	525	22	
A44	525	522	
A45	575	22	
A46	575	572	
A47	625	22	
A48	625	522	
A49	675	22	
A50	675	572	
A51	725	22	
A52	725	522	
A53	775	22	
A54	775	572	
A55	825	22	
A56	825	522	
A57	875	22	
A58	875	72	
A59	875	172	
A60	875	272	
A61	875	322	
A62	875	422	
A63	875	522	
A64	875	572	

RÓTULO	X	Y	TAMAÑO
A36	325	572	Ø 9 POR TODO
A37	375	22	
A38	375	572	
A39	425	72	
A40	425	522	
A41	475	22	
A42	475	572	
A43	525	72	
A44	525	522	
A45	575	22	
A46	575	572	
A47	625	72	
A48	625	522	
A49	675	22	
A50	675	572	
A51	725	72	
A52	725	522	
A53	775	22	
A54	775	572	
A55	825	72	
A56	825	522	
A57	875	22	
A58	875	72	
A59	875	172	
A60	875	272	
A61	875	322	
A62	875	422	
A63	875	522	
A64	875	572	
B1	175	172	Ø 13,5 POR TODO
B2	175	422	
B3	275	122	
B4	275	297	
B5	275	472	



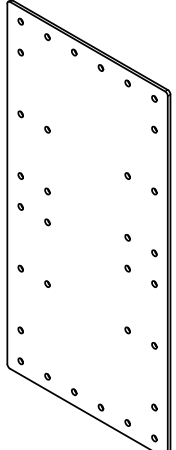
- Obtención de la pieza a partir de placa de 3 mm de espesor, cortada por agua o laser.
- Todos los orificios, pasantes.
- Todos los orificios, de Ø9 mm, salvo indicación expresa.

Material: ALUNIMIO		RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado natural	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 4.29 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A3	Escala/Scale: 1:5		Designación componente/Designation: 02.01.03 Placa rigidizadora
Diseñado/Designed: J.M.P.	Fecha/Date: 25/02/2015		Descripción/Description:
Dibujado/Drawn: J.M.P.	16/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	
Aprobado/Approved: ---	---/--/----	Sustituye a/Replace to: ---	
		Sustituido por/Replace by: ---	
		Hoja/Sheet: 1 / 1	

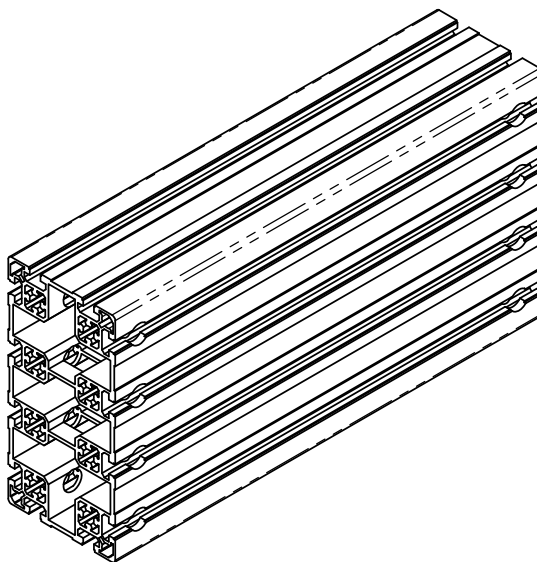
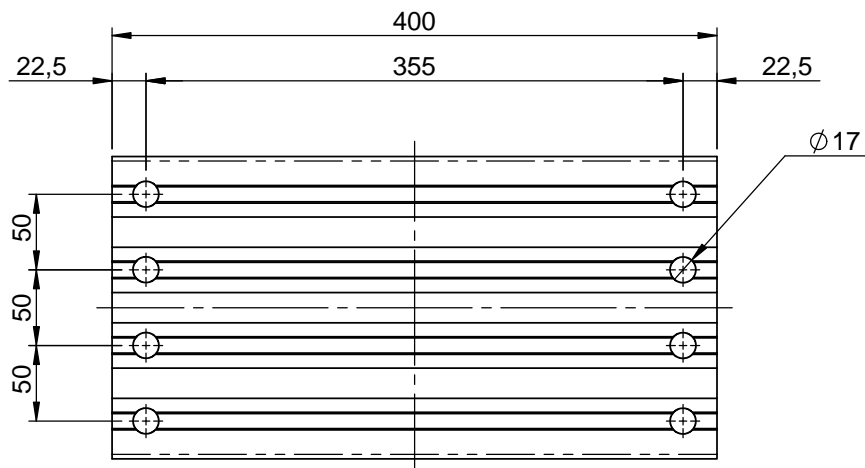
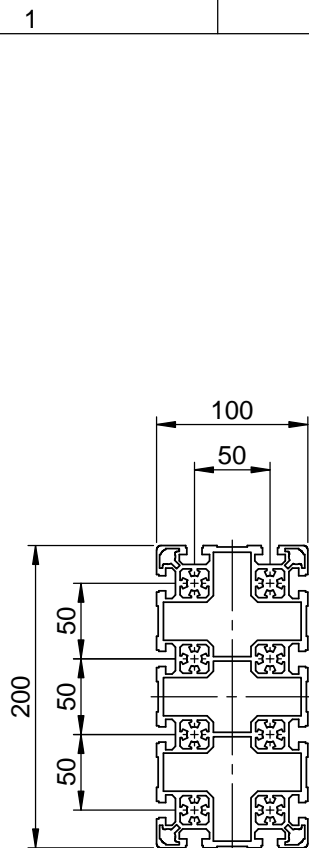


RÓTULO	X	Y	TAMAÑO
A1	25	22	Ø 9 POR TODO
A2	25	72	
A3	25	172	
A4	25	272	
A5	25	322	
A6	25	422	
A7	25	522	
A8	25	572	
A9	75	22	
A10	75	172	
A11	75	272	
A12	75	322	
A13	75	422	
A14	75	572	
A15	125	22	
A16	125	572	
A17	175	22	
A18	175	572	
A19	225	22	
A20	225	172	
A21	225	272	
A22	225	322	
A23	225	422	
A24	225	572	
A25	275	22	
A26	275	72	
A27	275	172	
A28	275	272	
A29	275	322	
A30	275	422	
A31	275	522	
A32	275	572	

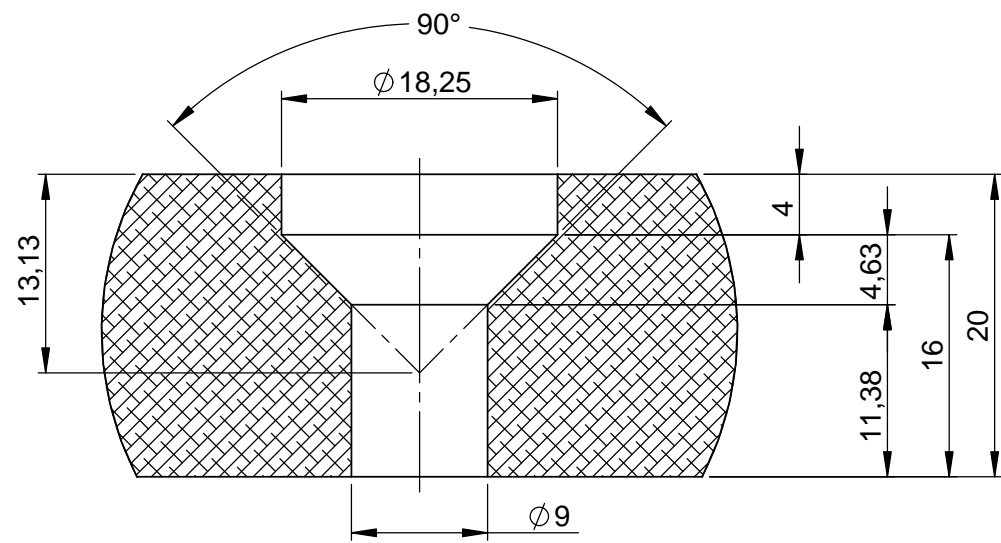
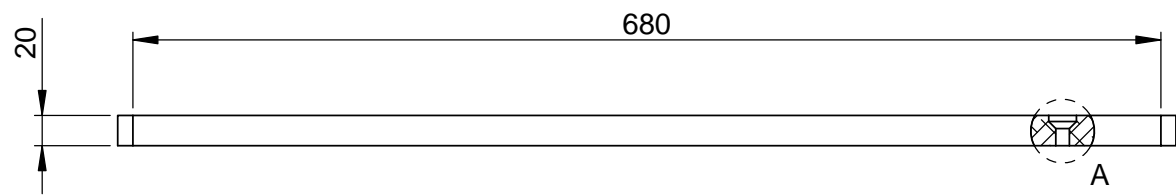
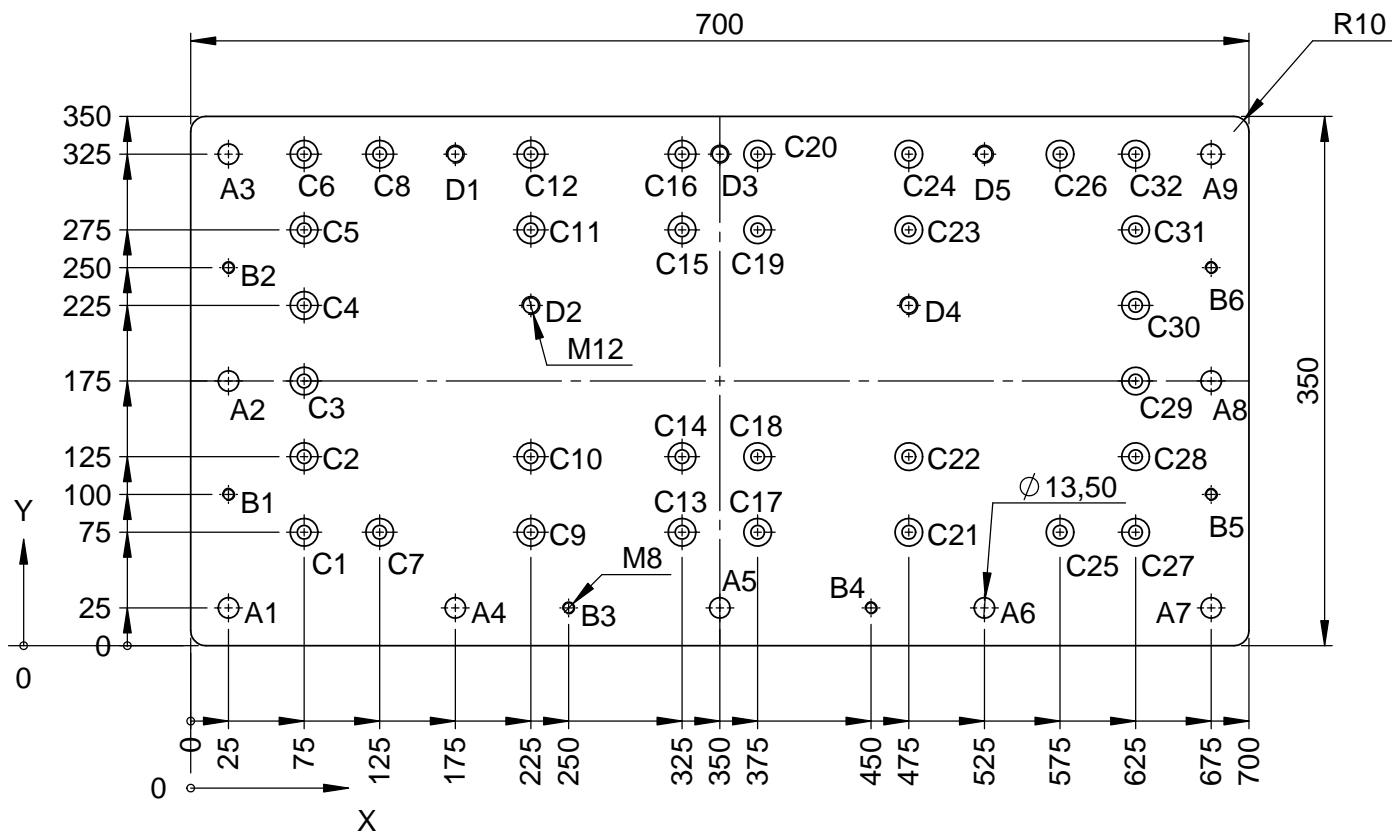
- Obtención de la pieza a partir de placa de 5 mm de espesor, cortada por agua o laser.
- Todos los orificios, pasantes.
- Todos los orificios, de Ø 9 mm, salvo indicación expresa.



Material: ALUNIMIO		RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado natural	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 2.38 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A4	Escala/Scale: 1:5	Designación componente/Designation: 02.01.04 Placa apriete tornillos	
Nombre/Name:		Fecha/Date:	
Diseñado/Designed: J.M.P.	25/02/2015	Descripción/Description:	
Dibujado/Drawn: J.M.P.	16/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 1 / 1
Aprobado/Approved:	---/---/----	Sustituye a/Replace to: ---	Sustituido por/Replace by: ---



Material: EN AW - AL 6060			RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado E6/EV1 - 12µm - 300HV		
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 5.62 Kg	Cantidad/Quantity: ---	
Formato/Format:	Escala/Scale:		Designación componente/Designation:	
A4	1:5		02.01.05 Perfil rigidizador viga	
	Nombre/Name:	Fecha/Date:	Descripción/Description:	
Diseñado/Designed:	J.M.P.	06/02/2015		
Dibujado/Drawn:	J.M.P.	19/01/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 1 / 1
Aprobado/Approved:		--/--/----	Sustituye a/Replace to: ---	Sustituido por/Replace by: ---

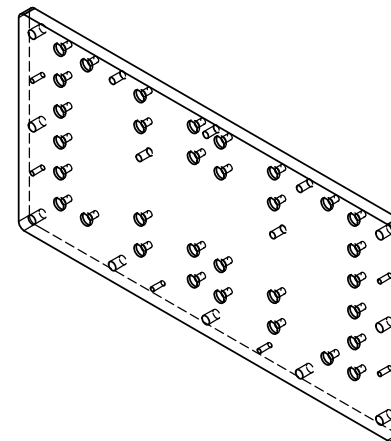


A 2 : 1
Detalle de los orificios Cxx

- Obtención de la pieza a partir de placa de 20 mm de espesor.
- Corte de contornos por agua o laser.
- Todos los orificios, pasantes.
- Mecanizado final de la pieza, en montaje superior.

RÓTULO	X	Y	TAMAÑO
A1	25	25	Ø 13,50 POR TODO
A2	25	175	
A3	25	325	
A4	175	25	
A5	350	25	
A6	525	25	
A7	675	25	
A8	675	175	
A9	675	325	
B1	25	100	Ø 6,80 POR TODO M8 - 6H POR TODO
B2	25	250	
B3	250	25	
B4	450	25	
B5	675	100	
B6	675	250	

RÓTULO	X	Y	TAMAÑO
C1	75	75	Mecanizado para DIN 7991 M8 con distancia de cabezal refrentada de 4mm.
C2	75	125	
C3	75	175	
C4	75	225	
C5	75	275	
C6	75	325	
C7	125	75	
C8	125	325	
C9	225	75	
C10	225	125	
C11	225	275	
C12	225	325	
C13	325	75	
C14	325	125	
C15	325	275	
C16	325	325	
C17	375	75	
C18	375	125	
C19	375	275	
C20	375	325	
C21	475	75	
C22	475	125	
C23	475	275	
C24	475	325	
C25	575	75	
C26	575	325	
C27	625	75	
C28	625	125	
C29	625	175	
C30	625	225	
C31	625	275	
C32	625	325	
D1	175	325	Ø 10,20 POR TODO M12 - 6H POR TODO
D2	225	225	
D3	350	325	
D4	475	225	
D5	525	325	



Material: ALUNIMIO		RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado natural - 10µm	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 12.91 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A3	Escala/Scale: 1:5	Designación componente/Designation: 02.01.06 Placa de anclaje	
Diseñado/Designed: J.M.P.	Fecha/Date: 17/03/2015	Descripción/Description:	
Dibujado/Drawn: J.M.P.	17/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 1 / 1
Aprobado/Approved: ---	---/---/---	Sustituye a/Replace to: ---	Sustituido por/Replace by: ---

1

2

3

4

A

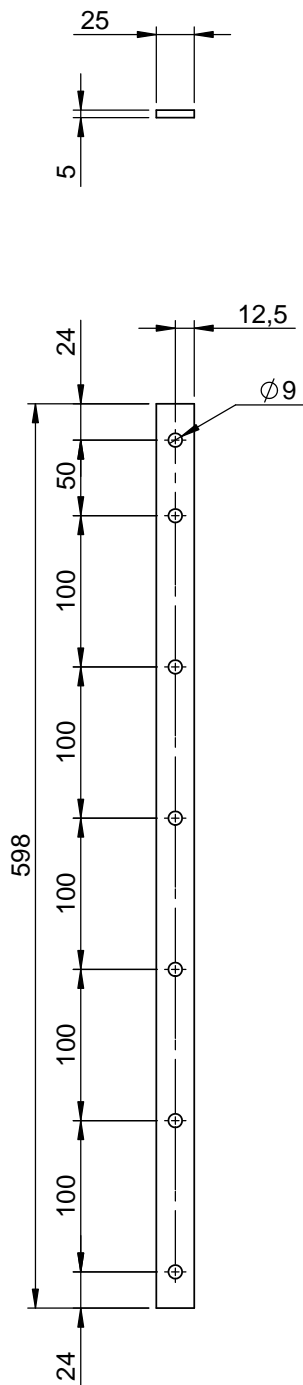
B

C

D

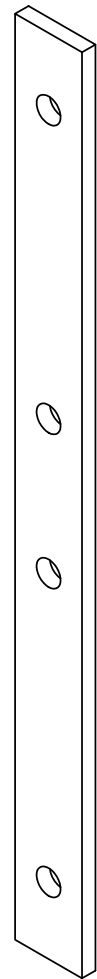
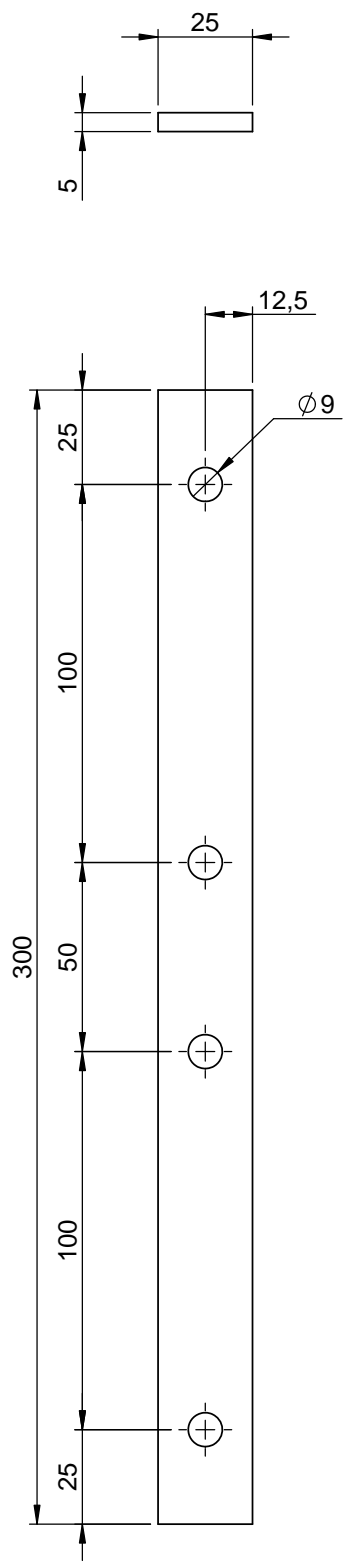
E

F




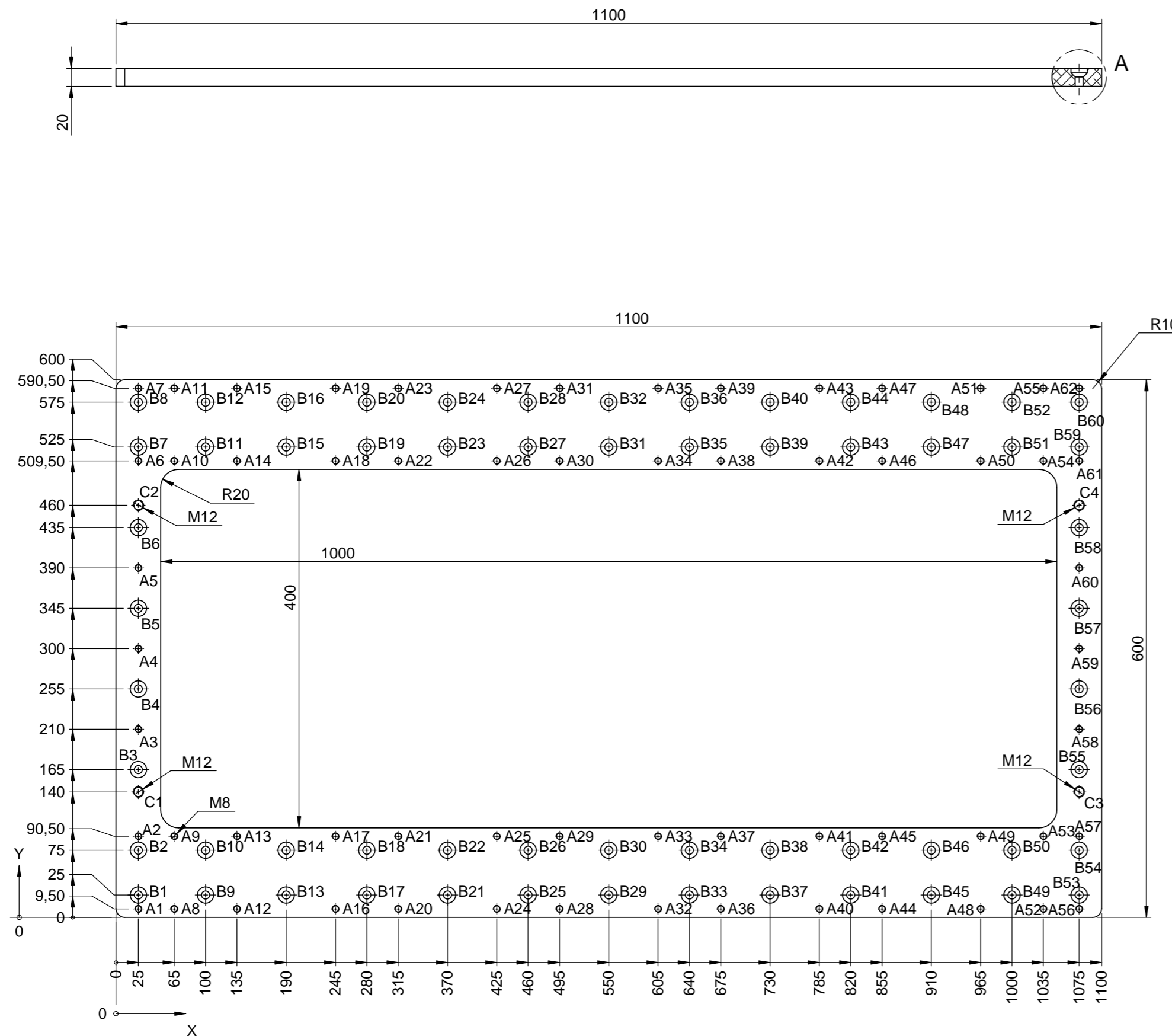
- Obtención de la pieza a partir de perfil de 25 x 5 mm.
- Todos los orificios pasantes.
- Todos los orificios de $\varnothing 9$ mm, salvo indicación expresa.

Material: ALUNIMIO		RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado natural	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 0.20 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A4	Escala/Scale: 1:5	Designación componente/Designation: 02.01.07 Perfil apriete tornillos	
Nombre/Name:		Fecha/Date:	
Diseñado/Designed: J.M.P.	06/02/2015	Descripción/Description:	
Dibujado/Drawn: J.M.P.	13/02/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 1 / 1
Aprobado/Approved: ---	---/---/----	Sustituye a/Replace to: ---	Sustituido por/Replace by: ---



- Obtención de la pieza a partir de perfil de 25 x 5 mm.
- Todos los orificios pasantes.
- Todos los orificios de $\phi 9$ mm, salvo indicación expresa.

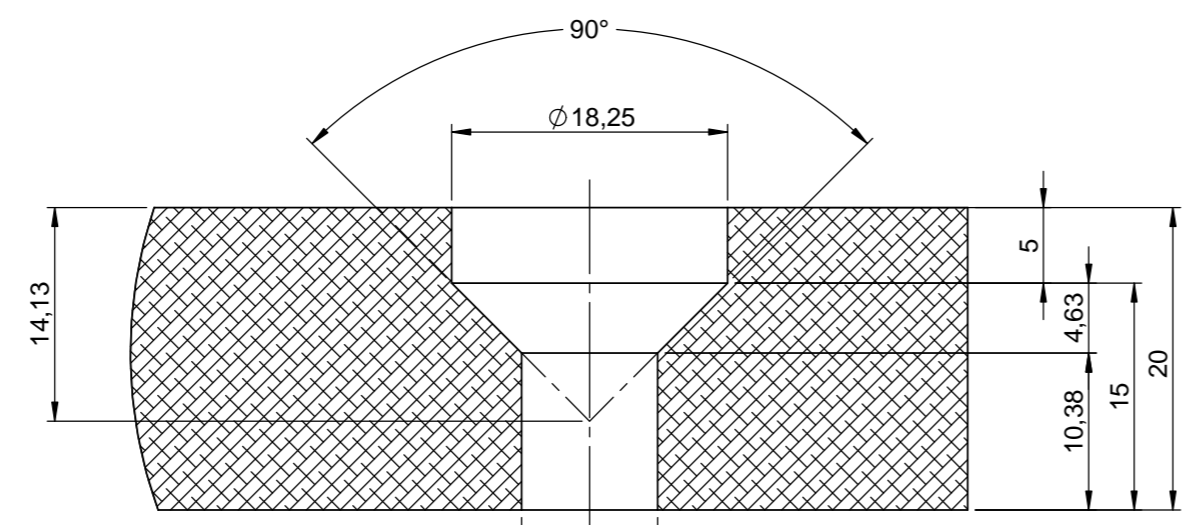
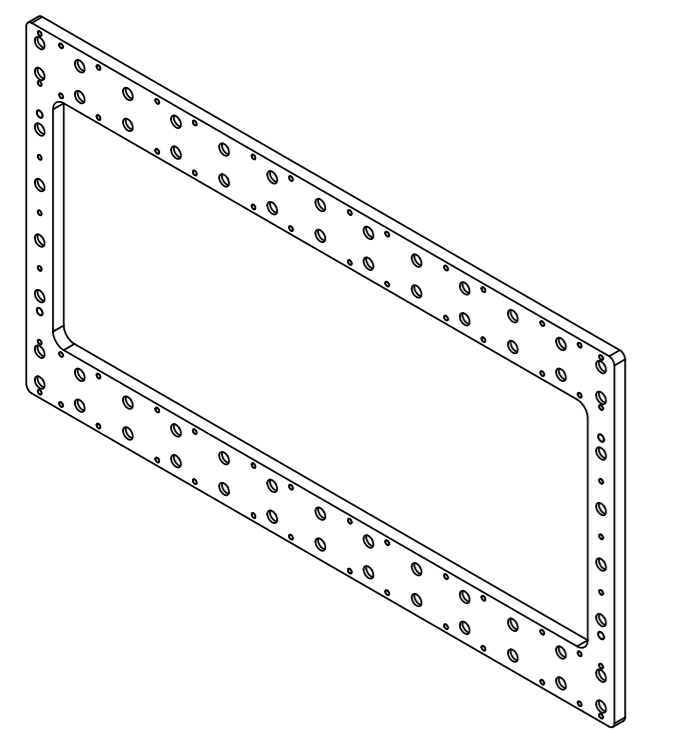
Material: ALUNIMIO			RAL: ---
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado natural	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 0.10 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A4	Escala/Scale: 1:2	 Designación componente/Designation: 02.01.08 Perfil apriete tornillos	
Nombre/Name:		Descripción/Description:	
Fecha/Date:		Número de plano/Drawing number: ---	
Diseñado/Designed: J.M.P.	25/02/2015	Hoja/Sheet: 1 / 1	
Dibujado/Drawn: J.M.P.	16/03/2015	Sustituye a/Replace to: ---	
Aprobado/Approved: ---	---/---/----	Sustituido por/Replace by: ---	



RÓTULO	X	Y	Tamaño
A1	25	9,50	Ø 6,80 POR TODO M8 - 6H POR TODO
A2	25	90,50	
A3	25	210	
A4	25	300	
A5	25	390	
A6	25	509,50	
A7	25	590,50	
A8	65	9,50	
A9	65	90,50	
A10	65	509,50	
A11	65	590,50	
A12	135	9,50	
A13	135	90,50	
A14	135	509,50	
A15	135	590,50	
A16	245	9,50	
A17	245	90,50	
A18	245	509,50	
A19	245	590,50	
A20	315	9,50	
A21	315	90,50	
A22	315	509,50	
A23	315	590,50	
A24	425	9,50	
A25	425	90,50	
A26	425	509,50	
A27	425	590,50	
A28	495	9,50	
A29	495	90,50	
A30	495	509,50	
A31	495	590,50	
A32	605	9,50	
A33	605	90,50	
A34	605	509,50	
A35	605	590,50	
A36	675	9,50	
A37	675	90,50	
A38	675	509,50	
A39	675	590,50	
A40	785	9,50	
A41	785	90,50	
A42	785	509,50	
A43	785	590,50	
A44	855	9,50	
A45	855	90,50	
A46	855	509,50	
A47	855	590,50	
A48	965	9,50	
A49	965	90,50	
A50	965	509,50	
A51	965	590,50	
A52	1035	9,50	
A53	1035	90,50	
A54	1035	509,50	
A55	1035	590,50	
A56	1075	9,50	
A57	1075	90,50	
A58	1075	210	
A59	1075	300	
A60	1075	390	
A61	1075	509,50	
A62	1075	590,50	
B1	25	25	Ø 9 POR TODO Ø 18,25 X 90° Ø 18,25 ∇ 5
B2	25	75	
B3	25	165	
B4	25	255	
B5	25	345	
B6	25	435	
B7	25	525	
B8	25	575	
B9	100	25	
B10	100	75	
B11	100	525	
B12	100	575	
B13	190	25	
B14	190	75	
B15	190	525	
B16	190	575	
B17	280	25	
B18	280	75	
B19	280	525	
B20	280	575	
B21	370	25	
B22	370	75	
B23	370	525	
B24	370	575	
B25	460	25	
B26	460	75	
B27	460	525	
B28	460	575	
B29	550	25	
B30	550	75	
B31	550	525	
B32	550	575	
B33	640	25	
B34	640	75	
B35	640	525	
B36	640	575	
B37	730	25	
B38	730	75	
B39	730	525	
B40	730	575	
B41	820	25	
B42	820	75	
B43	820	525	
B44	820	575	
B45	910	25	
B46	910	75	
B47	910	525	
B48	910	575	
B49	1000	25	
B50	1000	75	
B51	1000	525	
B52	1000	575	
B53	1075	25	
B54	1075	75	
B55	1075	165	
B56	1075	255	
B57	1075	345	
B58	1075	435	
B59	1075	525	
B60	1075	575	
C1	25	140	Ø 10,20 POR TODO M12 - 6H POR TODO
C2	25	460	
C3	1075	140	
C4	1075	460	

Mecanizado para DIN 7991 M8 con distancia de cabezal refrentada de 5mm.

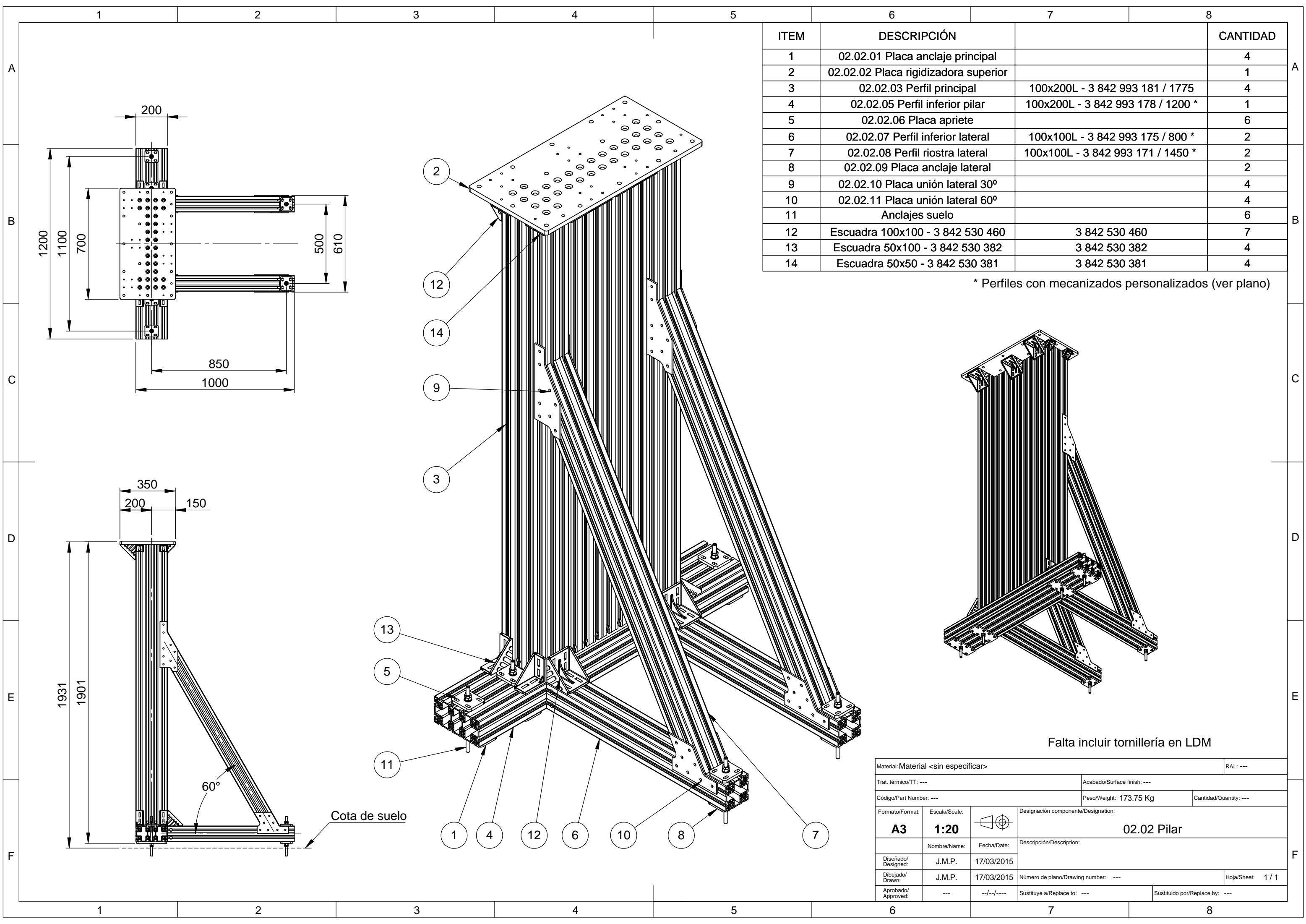
Ø 9 POR TODO
Ø 18,25 X 90°
Ø 18,25 ∇ 5



A 2 : 1
Detalle de los orificios Bxx

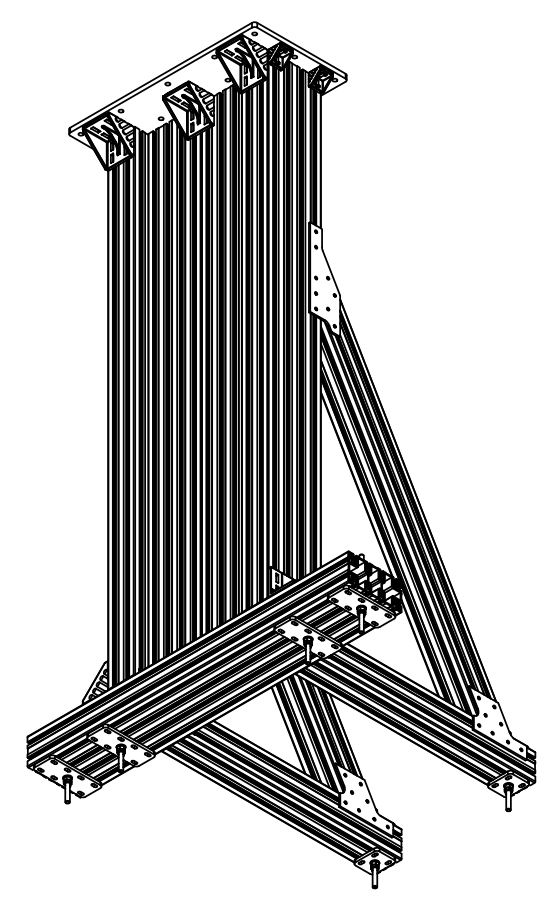
- Obtención de la pieza a partir de placa de 20 mm de espesor.
- Corte de contornos por agua o laser.
- Todos los orificios, pasantes.
- Todos los taladros roscados, a M8 , salvo indicación expresa.
- Mecanizado final de la pieza, en montaje superior.

Material: ALUMINIO		RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado natural	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 13.48 Kg	
Cantidad/Quantity: ---		Designación componente/Designation: 02.01.09 Placa soporte SPL	
Formato/Format: A2	Escala/Scale: 1:5	Descripción/Description: ---	
Nombre/Name: ---	Fecha/Date: 16/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	
Diseñado/Designed: J.M.P.	16/03/2015	Hoja/Sheet: 1 / 1	
Dibujado/Drawn: J.M.P.	17/03/2015	Sustituido por/Replace to: ---	
Aprobado/Approved: ---	---/---/---	Sustituido por/Replace by: ---	



ITEM	DESCRIPCIÓN		CANTIDAD
1	02.02.01 Placa anclaje principal		4
2	02.02.02 Placa rigidizadora superior		1
3	02.02.03 Perfil principal	100x200L - 3 842 993 181 / 1775	4
4	02.02.05 Perfil inferior pilar	100x200L - 3 842 993 178 / 1200 *	1
5	02.02.06 Placa apriete		6
6	02.02.07 Perfil inferior lateral	100x100L - 3 842 993 175 / 800 *	2
7	02.02.08 Perfil riostra lateral	100x100L - 3 842 993 171 / 1450 *	2
8	02.02.09 Placa anclaje lateral		2
9	02.02.10 Placa unión lateral 30°		4
10	02.02.11 Placa unión lateral 60°		4
11	Anclajes suelo		6
12	Escuadra 100x100 - 3 842 530 460	3 842 530 460	7
13	Escuadra 50x100 - 3 842 530 382	3 842 530 382	4
14	Escuadra 50x50 - 3 842 530 381	3 842 530 381	4

* Perfiles con mecanizados personalizados (ver plano)



Falta incluir tornillería en LDM

Material: Material <sin especificar>		RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: ---	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 173.75 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A3	Escala/Scale: 1:20	Designación componente/Designation: 02.02 Pilar	
Diseñado/Designed: J.M.P.	Fecha/Date: 17/03/2015	Descripción/Description:	
Dibujado/Drawn: J.M.P.	Fecha/Date: 17/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 1 / 1
Aprobado/Approved: ---	Fecha/Date: --/--/----	Sustituye a/Replace to: ---	Sustituido por/Replace by: ---

1

2

3

4

A

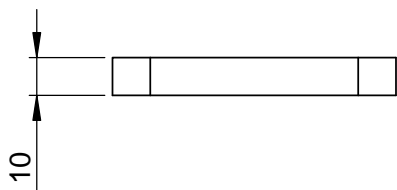
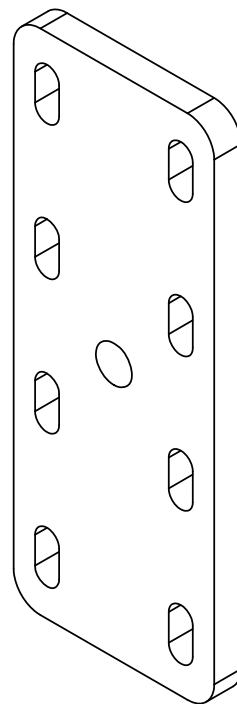
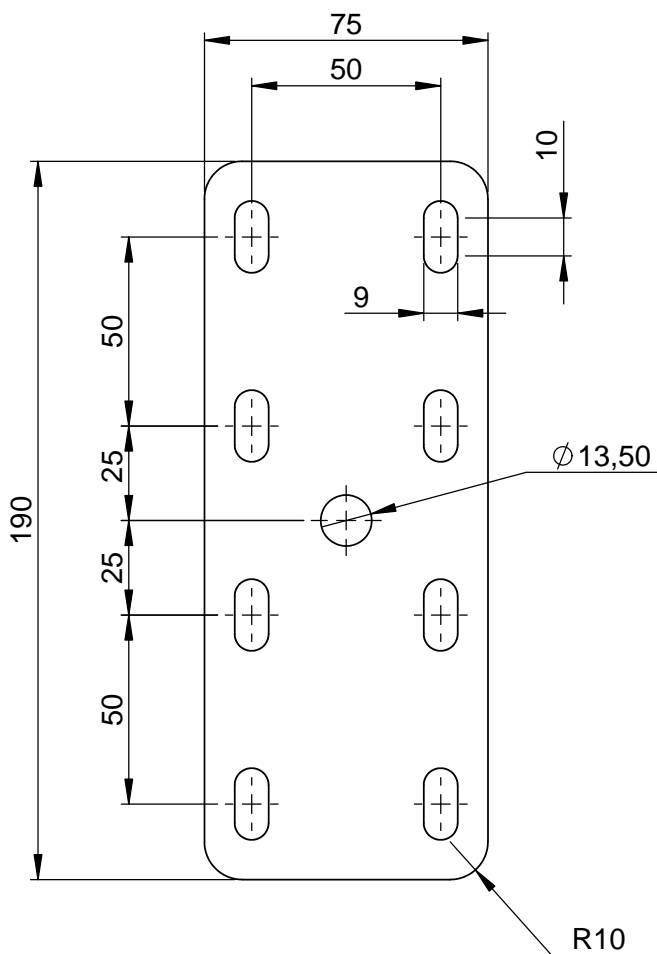
B

C

D

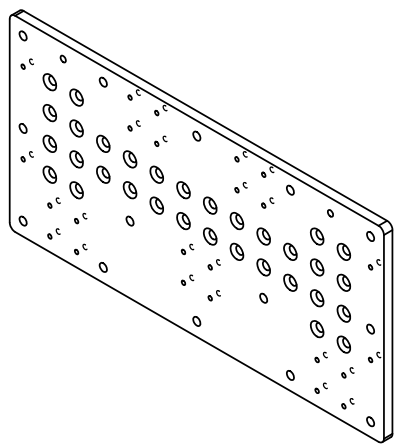
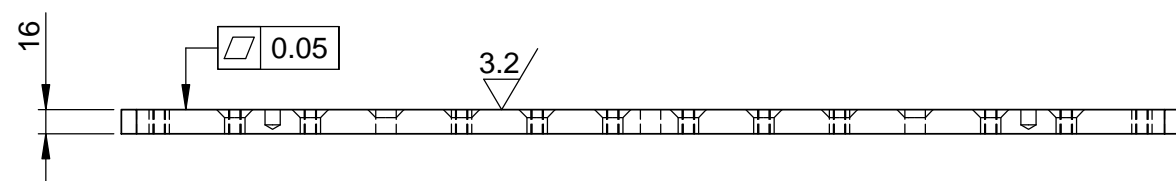
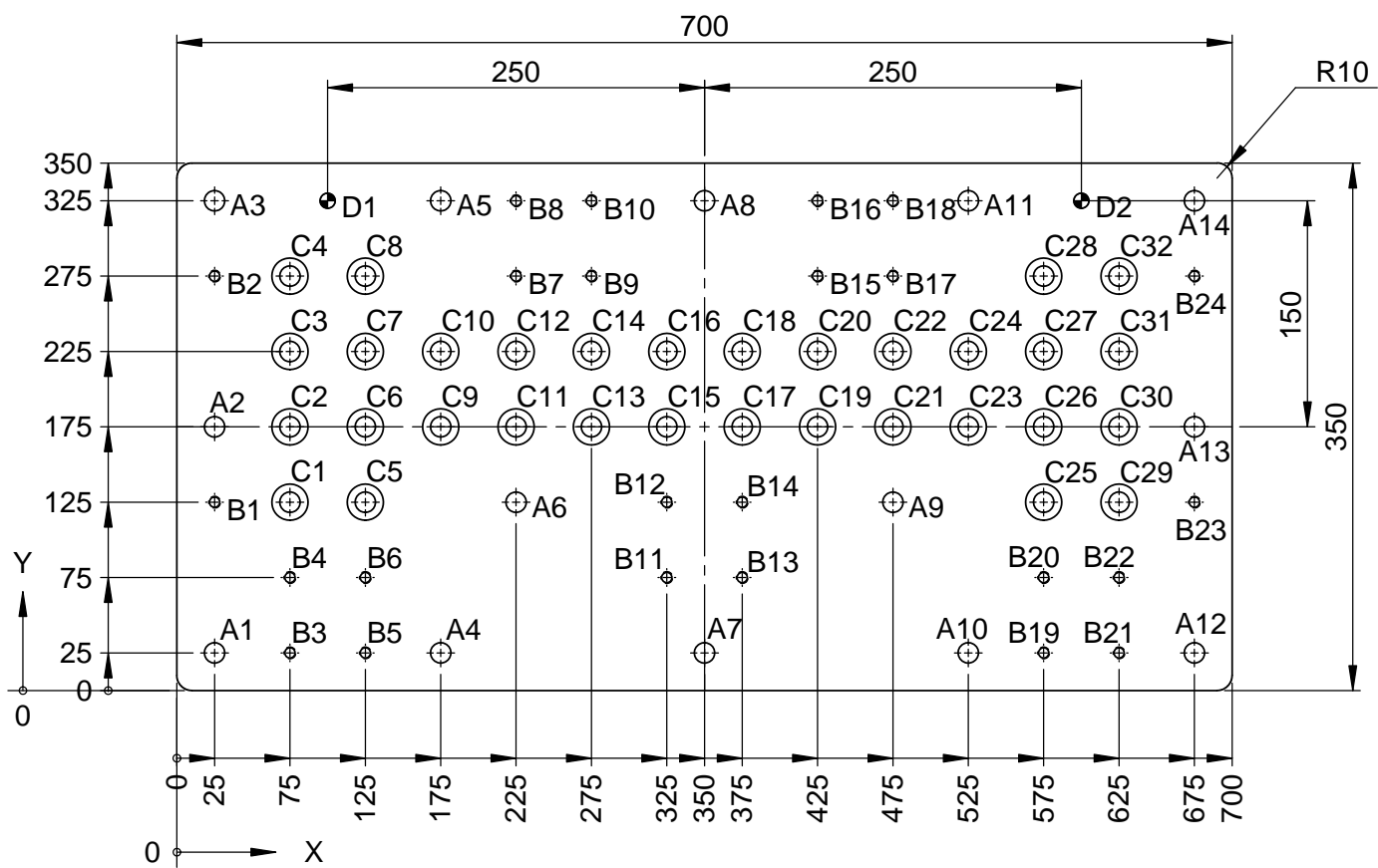
E

F



- Obtención de la pieza a partir de placa de 10 mm de espesor.
- Corte de contornos por agua o laser.
- Todos los orificios, pasantes.

Material: ALUNIMIO			RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado natural - 10 μ m		
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 0.35 Kg	Cantidad/Quantity: ---	
Formato/Format: A4	Escala/Scale: 1:2	Designación componente/Designation: 02.02.01 Placa anclaje principal		
Nombre/Name:		Fecha/Date:	Descripción/Description:	
Diseñado/Designed: J.M.P.	17/03/2015			
Dibujado/Drawn: J.M.P.	17/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---		Hoja/Sheet: 1 / 1
Aprobado/Approved: ---	---	Sustituye a/Replace to: ---		Sustituido por/Replace by: ---



- Obtención de la pieza a partir de placa de 20mm de espesor.
- Corte de contornos por agua o laser.
- Todos los orificios, pasantes excepto para pasadores (D1 y D2).

RÓTULO	X	Y	TAMAÑO
A1	25	25	Ø 13,50 POR TODO
A2	25	175	
A3	25	325	
A4	175	25	
A5	175	325	
A6	225	125	
A7	350	25	
A8	350	325	
A9	475	125	
A10	525	25	
A11	525	325	
A12	675	25	
A13	675	175	
A14	675	325	
B1	25	125	Ø 6,80 POR TODO M8 - 6H POR TODO
B2	25	275	
B3	75	25	
B4	75	75	
B5	125	25	
B6	125	75	
B7	225	275	
B8	225	325	
B9	275	275	
B10	275	325	
B11	325	75	
B12	325	125	
B13	375	75	
B14	375	125	
B15	425	275	
B16	425	325	
B17	475	275	
B18	475	325	
B19	575	25	
B20	575	75	
B21	625	25	
B22	625	75	
B23	675	125	
B24	675	275	

RÓTULO	X	Y	TAMAÑO
C1	75	125	Mecanizado para DIN 7991 M12 Ø 13,50 POR TODO ∇ Ø 24 X 90°
C2	75	175	
C3	75	225	
C4	75	275	
C5	125	125	
C6	125	175	
C7	125	225	
C8	125	275	
C9	175	175	
C10	175	225	
C11	225	175	
C12	225	225	
C13	275	175	
C14	275	225	
C15	325	175	
C16	325	225	
C17	375	175	
C18	375	225	
C19	425	175	
C20	425	225	
C21	475	175	
C22	475	225	
C23	525	175	
C24	525	225	
C25	575	125	
C26	575	175	
C27	575	225	
C28	575	275	
C29	625	125	
C30	625	175	
C31	625	225	
C32	625	275	
D1	100	325	Ø 10 H7 ∇ 10
D2	600	325	

Material: ALUNIMIO		RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado natural - 10µm	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 10.19 Kg	
Cantidad/Quantity: ---			
Formato/Format: A3	Escala/Scale: 1:5	Designación componente/Designation: 02.02.02 Placa rigidizadora superior	
Diseñado/Designed: J.M.P.	Fecha/Date: 17/03/2015	Descripción/Description:	
Dibujado/Drawn: J.M.P.	Fecha/Date: 17/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	
Aprobado/Approved: ---	Fecha/Date: ---/---/---	Hoja/Sheet: 1 / 1	
Sustituye a/Replace to: ---		Sustituido por/Replace by: ---	

1

2

3

4

A

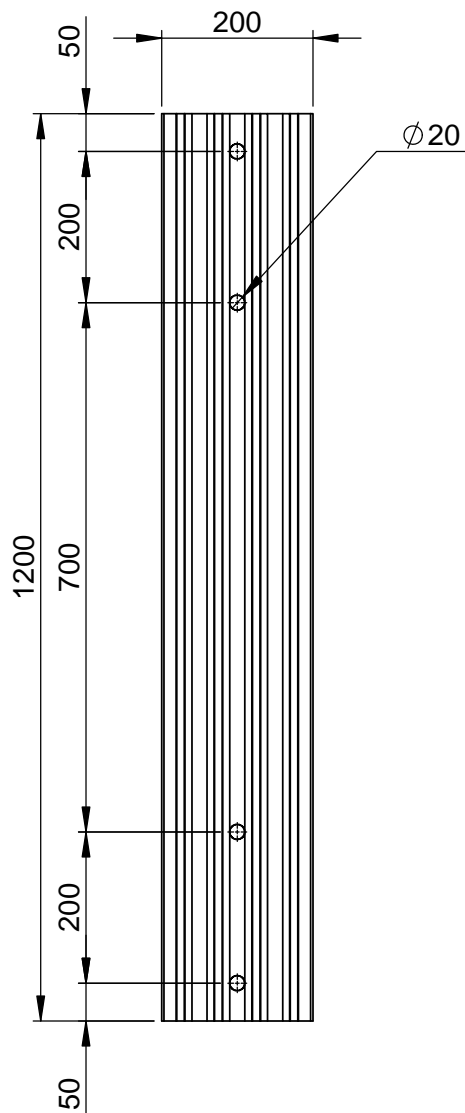
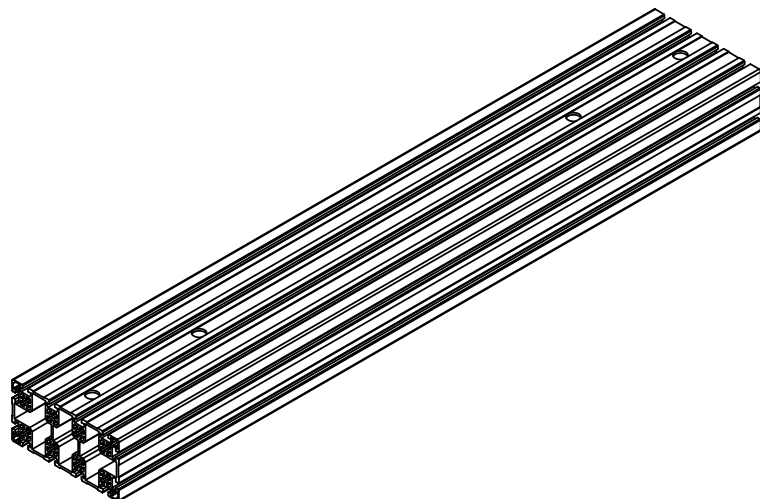
B

C

D

E

F



- Obtención de la pieza a partir de perfil 100x200L - 3 842 993 178 / 1200
- Taladros pasantes

Material: EN AW - AL 6060			RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: ---		
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 17.26 Kg	Cantidad/Quantity: ---	
Formato/Format:	Escala/Scale:		Designación componente/Designation:	
A4	1:10		02.02.05 Perfil inferior pilar	
	Nombre/Name:	Fecha/Date:	Descripción/Description:	
Diseñado/Designed:	J.M.P.	17/03/2015		
Dibujado/Drawn:	J.M.P.	17/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 1 / 1
Aprobado/Approved:	---		Sustituye a/Replace to: ---	Sustituido por/Replace by: ---

1 2 3 4

A

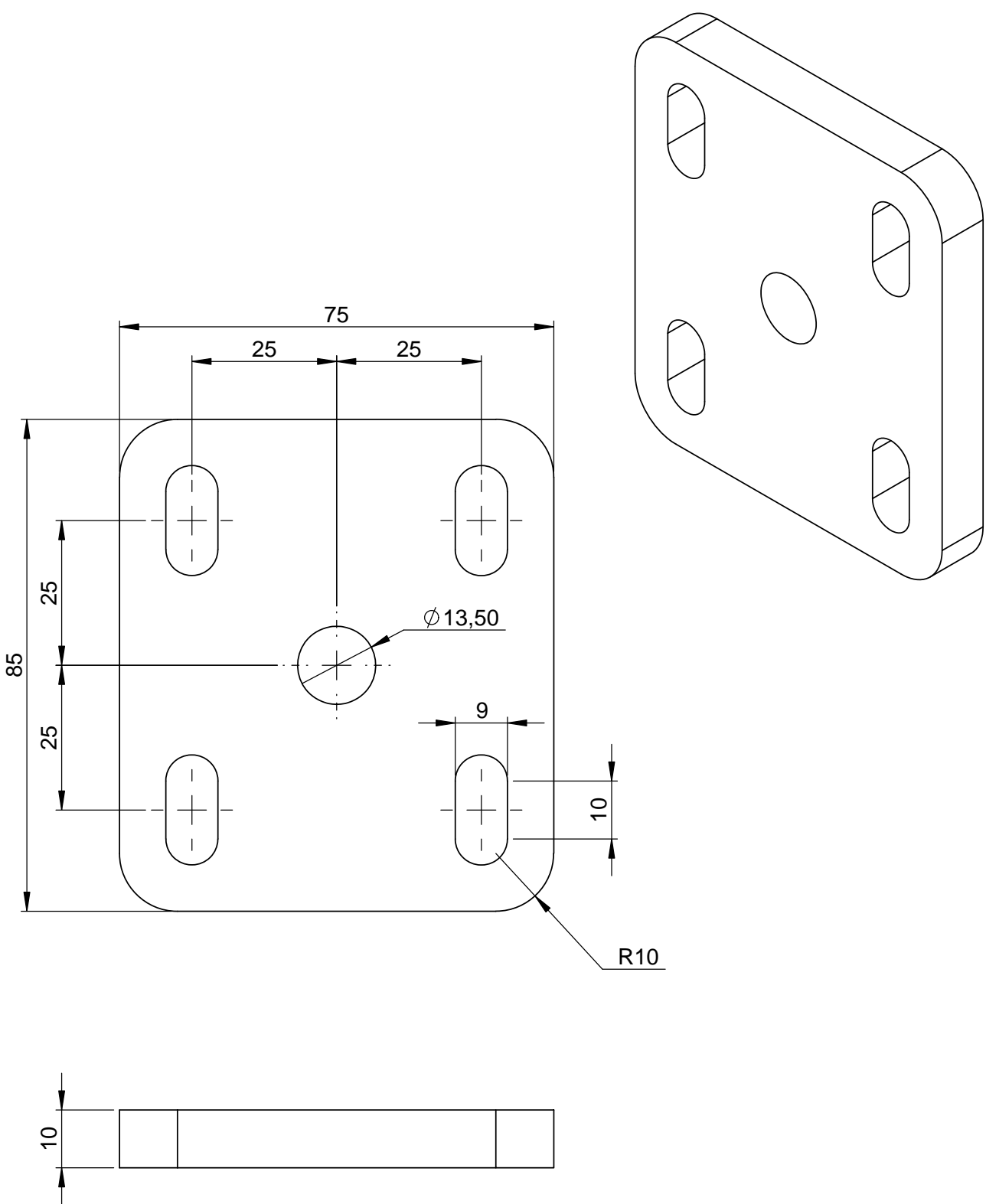
B

C

D

E

F



- Obtención de la pieza a partir de placa de 10 mm de espesor.
- Corte de contornos por agua o laser.
- Todos los orificios, pasantes.

Material: ALUNIMIO			RAL: ---
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado natural - 10µm	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 0.15 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A4	Escala/Scale: 1:1	Designación componente/Designation: 02.02.06 Placa apriete	
Nombre/Name:		Fecha/Date:	Descripción/Description:
Diseñado/Designed: J.M.P.		17/03/2015	
Dibujado/Drawn: J.M.P.		17/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---
Aprobado/Approved: ---		Sustituye a/Replace to: ---	
		Sustituido por/Replace by: ---	
			Hoja/Sheet: 1 / 1

1

2

3

4

A

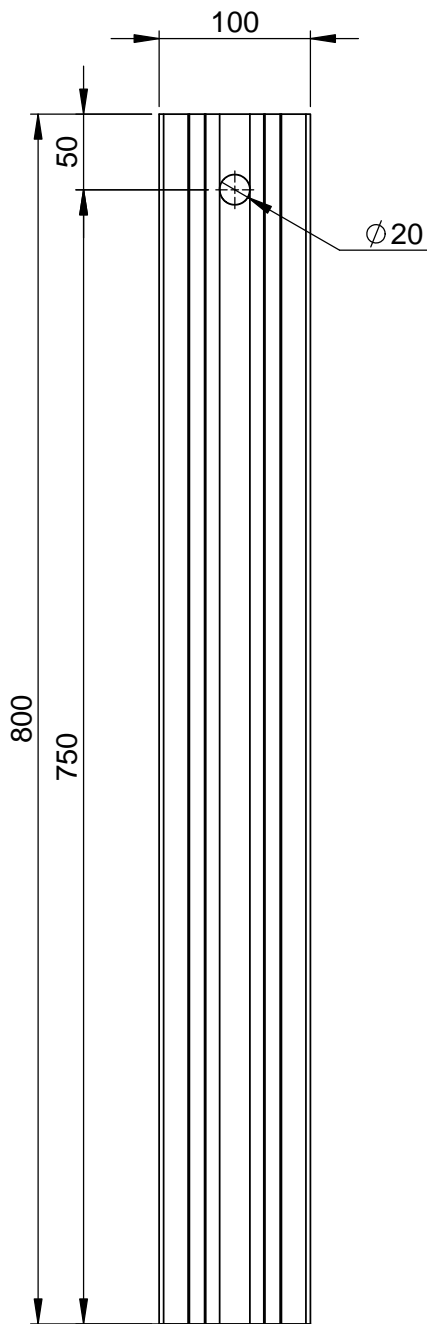
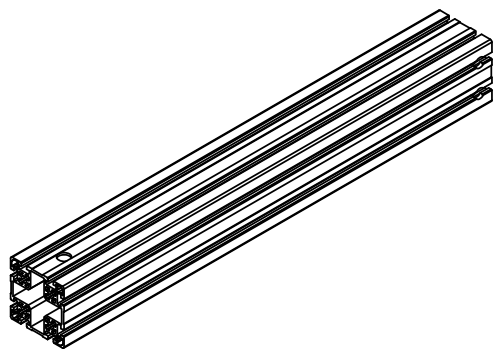
B

C

D

E

F



- Obtención de la pieza a partir de perfil 100x100L - 3 842 993 175 / 800
- Taladros pasantes

Material: EN AW - AL 6060			RAL: ---	
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado E6/EV1 - 12µm - 300HV		
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 6.40 Kg	Cantidad/Quantity: ---	
Formato/Format:	Escala/Scale:		Designación componente/Designation:	
A4	1:5		02.02.07 Perfil inferior lateral	
	Nombre/Name:	Fecha/Date:	Descripción/Description:	
Diseñado/Designed:	J.M.P.	17/03/2015		
Dibujado/Drawn:	J.M.P.	17/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 1 / 1
Aprobado/Approved:	---		Sustituye a/Replace to: ---	Sustituido por/Replace by: ---

1

2

3

4

A

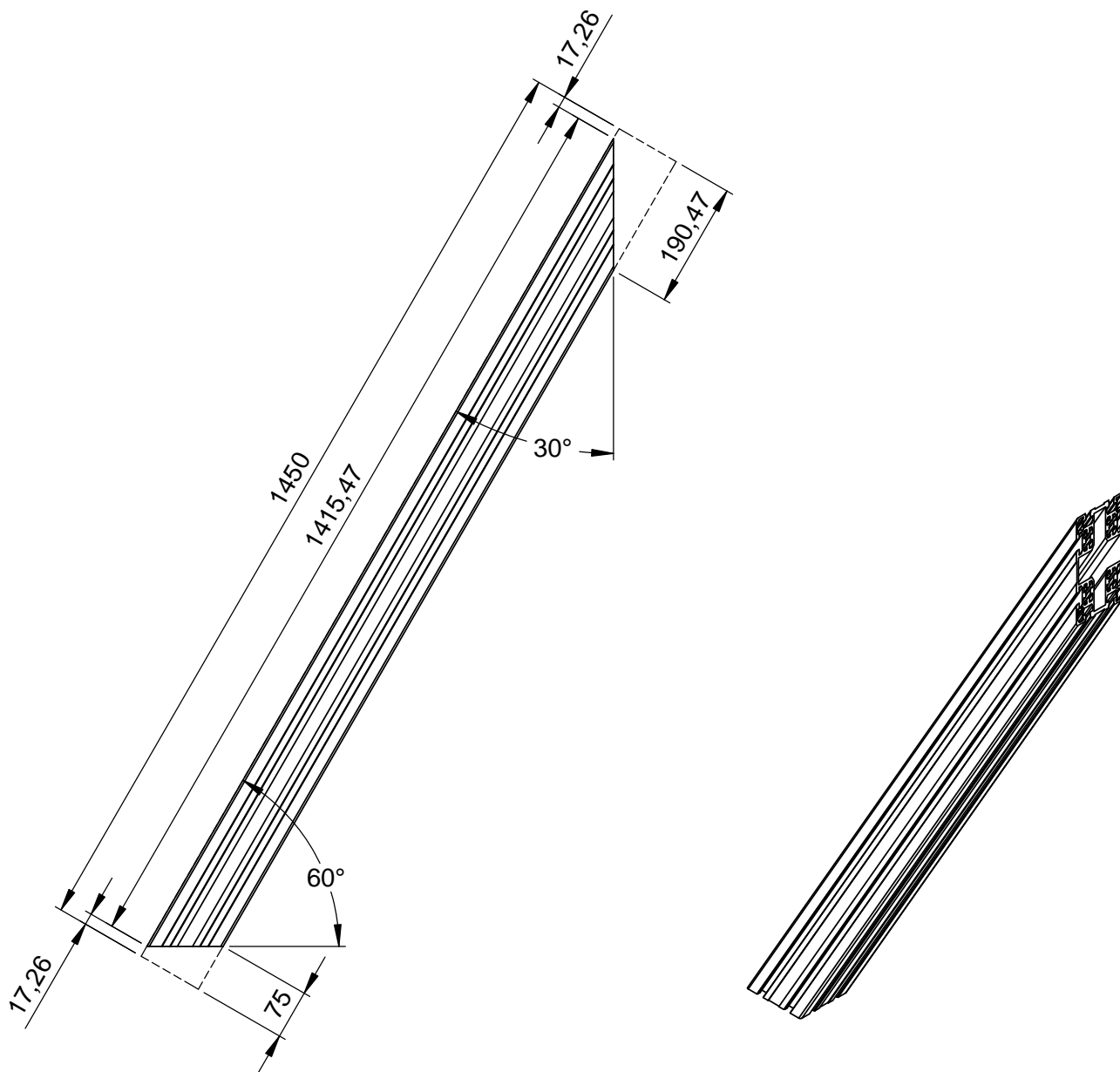
B

C


D

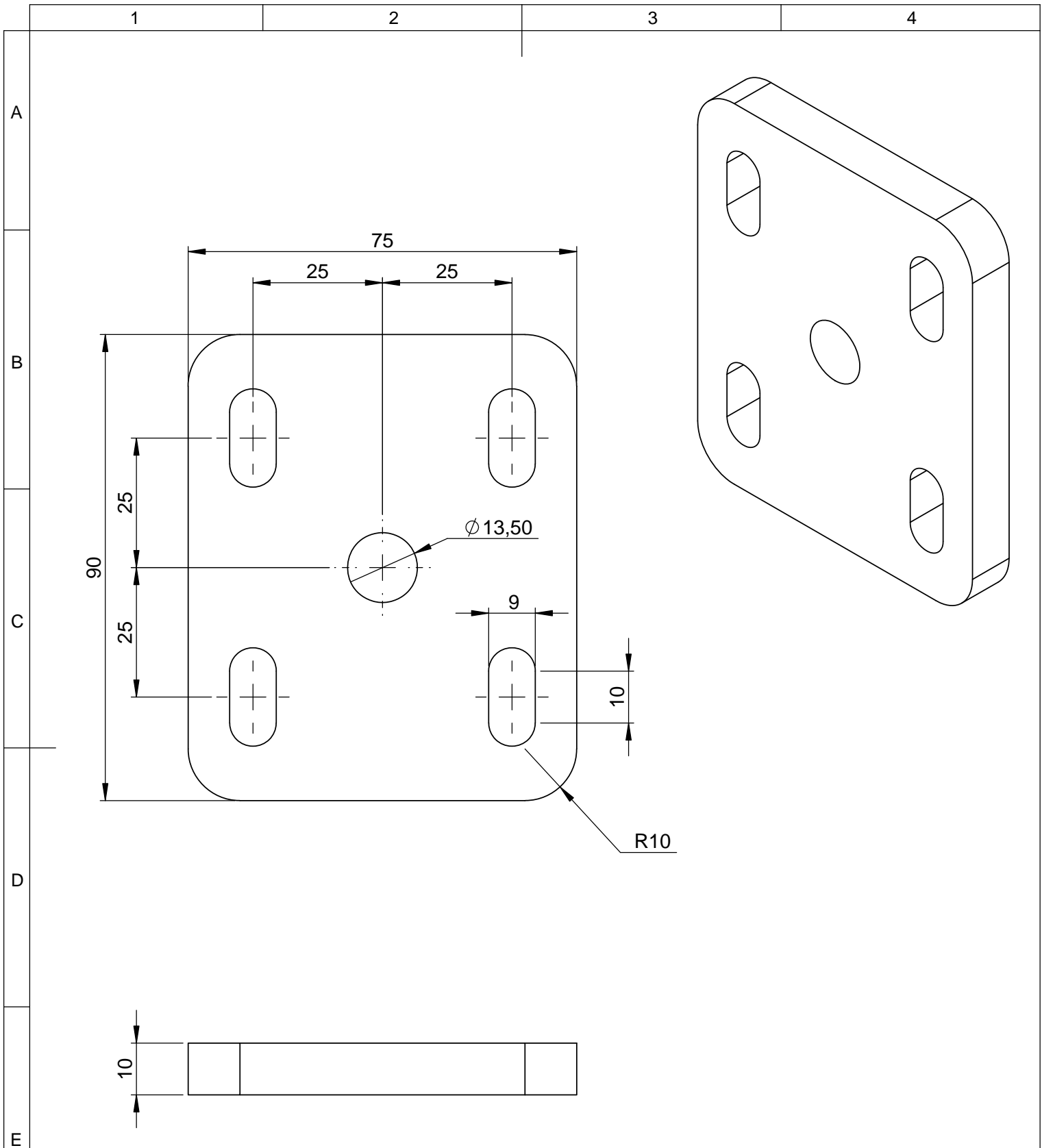
E

F




- Obtención de la pieza a partir de perfil 100x100L - 3 842 993 171 / 1450

Material: EN AW - AL 6060			RAL: ---
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado E6/EV1 - 12µm - 300HV	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 10.46 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A4	Escala/Scale: 1:10		Designación componente/Designation: 02.02.08 Perfil riostra lateral
	Nombre/Name:	Fecha/Date:	Descripción/Description:
Diseñado/Designed: J.M.P.	J.M.P.	17/03/2015	
Dibujado/Drawn: J.M.P.	J.M.P.	17/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---
Aprobado/Approved: ---	---	---	Hoja/Sheet: 1 / 1
Sustituye a/Replace to: ---		Sustituido por/Replace by: ---	



- Obtención de la pieza a partir de placa de 10 mm de espesor.
- Corte de contornos por agua o laser.
- Todos los orificios, pasantes.

Material: ALUMINIO			RAL: ---
Trat. térmico/TT: ---		Acabado/Surface finish: Anodizado natural - 10µm	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 0.16 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A4	Escala/Scale: 1:1		Designación componente/Designation: 02.02.09 Placa anclaje lateral
Diseñado/Designed: J.M.P.	Fecha/Date: 17/03/2015		Descripción/Description:
Dibujado/Drawn: J.M.P.	17/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 1 / 1
Aprobado/Approved: ---	---	Sustituye a/Replace to: ---	Sustituido por/Replace by: ---

1

2

3

4

A

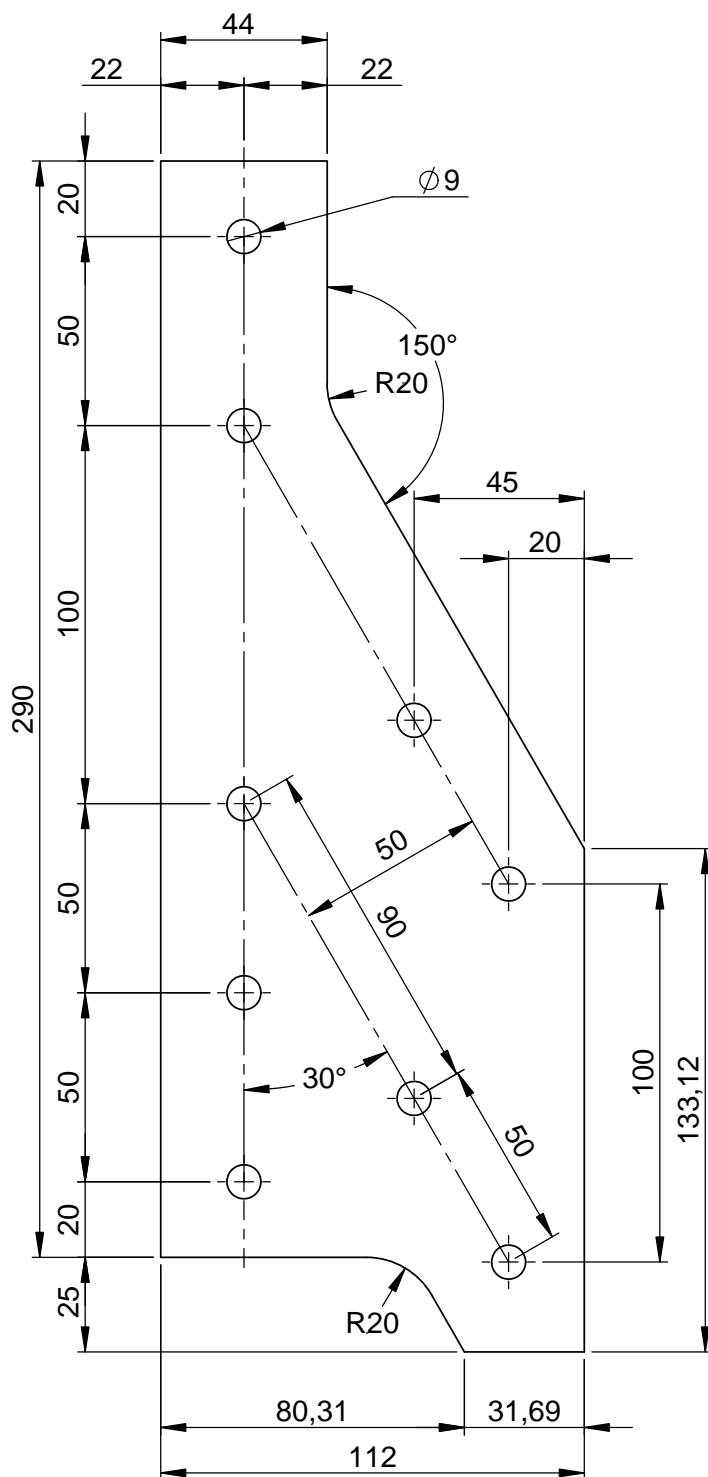
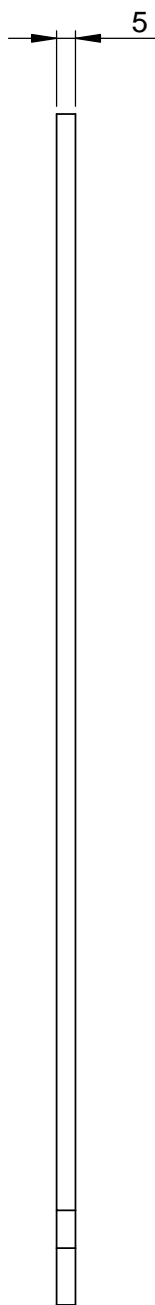
B

C

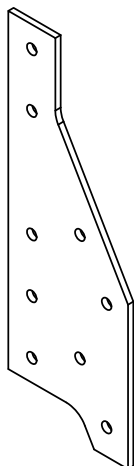
D

E

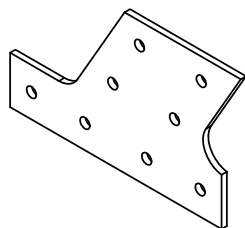
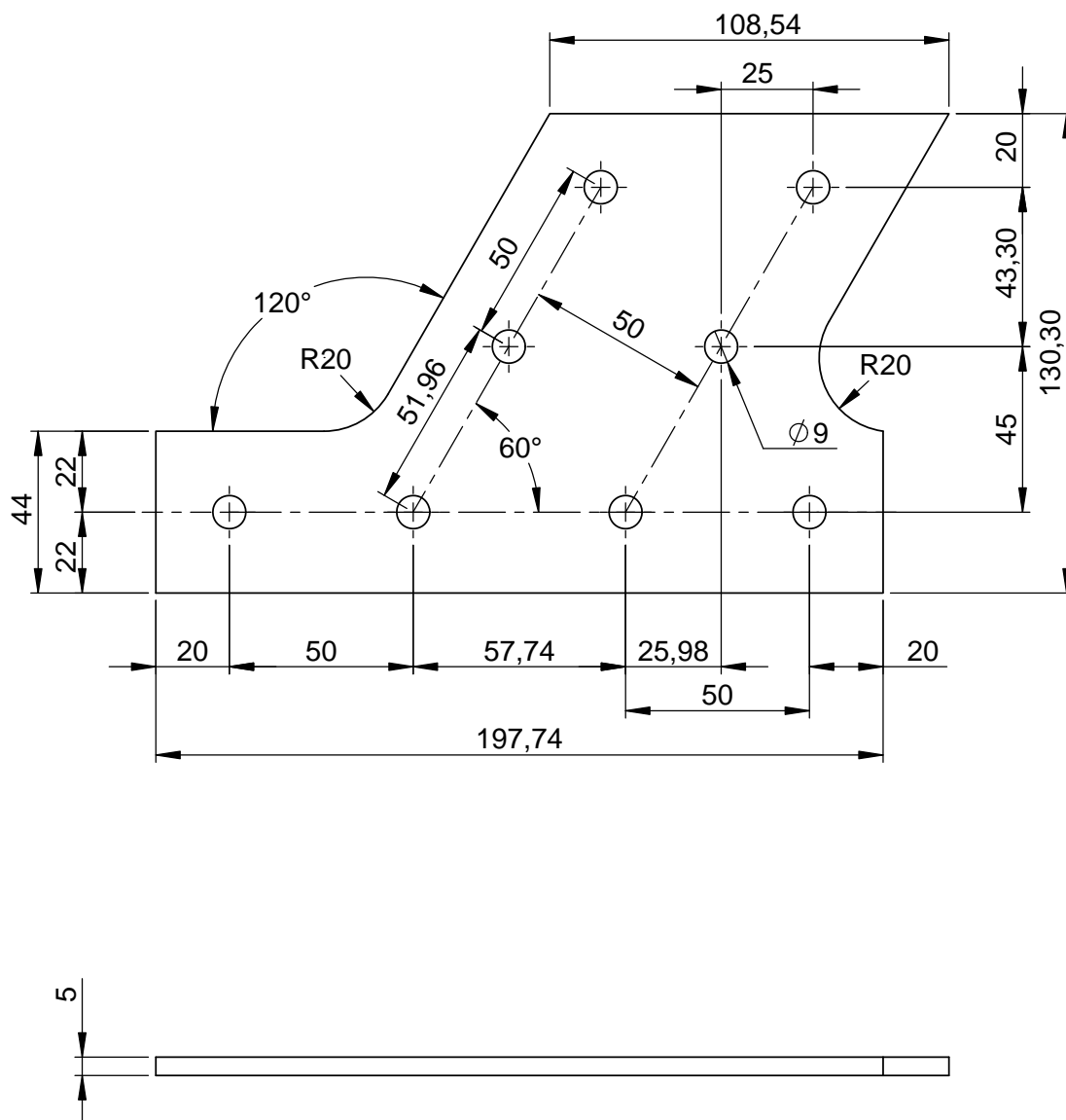
F



- Obtención de la pieza a partir de placa de 5 mm de espesor.
- Corte de contornos por agua o laser.
- Todos los taladros, pasantes.



Material: ALUMINIO			RAL: ---
Trat. térmico/TT: Anodizado natural - 10 μ m		Acabado/Surface finish: ---	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 0.33 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A4	Escala/Scale: 1:2	Designación componente/Designation: 02.02.10 Placa unión lateral 30°	
Nombre/Name:		Descripción/Description:	
Fecha/Date:			
Diseñado/Designed: J.M.P.	25/02/2015		
Dibujado/Drawn: J.M.P.	17/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 1 / 1
Aprobado/Approved: ---		Sustituye a/Replace to: ---	Sustituido por/Replace by: ---



- Obtención de la pieza a partir de placa de 5 mm de espesor.
- Corte de contornos por agua o laser.
- Todos los taladros, pasantes.

Material: ALUNIMIO			RAL: ---
Trat. térmico/TT: Anodizado natural - 10µm		Acabado/Surface finish: ---	
Código/Part Number: ---		Peso/Weight: 0.24 Kg	Cantidad/Quantity: ---
Formato/Format: A4	Escala/Scale: 1:2	Designación componente/Designation: 02.02.11 Placa unión lateral 60°	
Nombre/Name:		Fecha/Date:	
Diseñado/Designed: J.M.P.	25/02/2015	Descripción/Description:	
Dibujado/Drawn: J.M.P.	17/03/2015	Número de plano/Drawing number: ---	Hoja/Sheet: 1 / 1
Aprobado/Approved: ---	Sustituye a/Replace to: ---		Sustituido por/Replace by: ---

Anexo 5

Ficha técnica del excitador eléctrico vertical
LinMot P10-70x400U/450-BL-QJ

LINEAR MOTORS P10-70x400U



- ✓ 3 x 400VAC Technology
- ✓ Peak forces up to 2720 N
- ✓ Extremely high dynamic
- ✓ Separate connector for sensor and power cable
- ✓ Can also be controlled by standard third-party servo drives

LINEAR MOTORS P10-70x400U

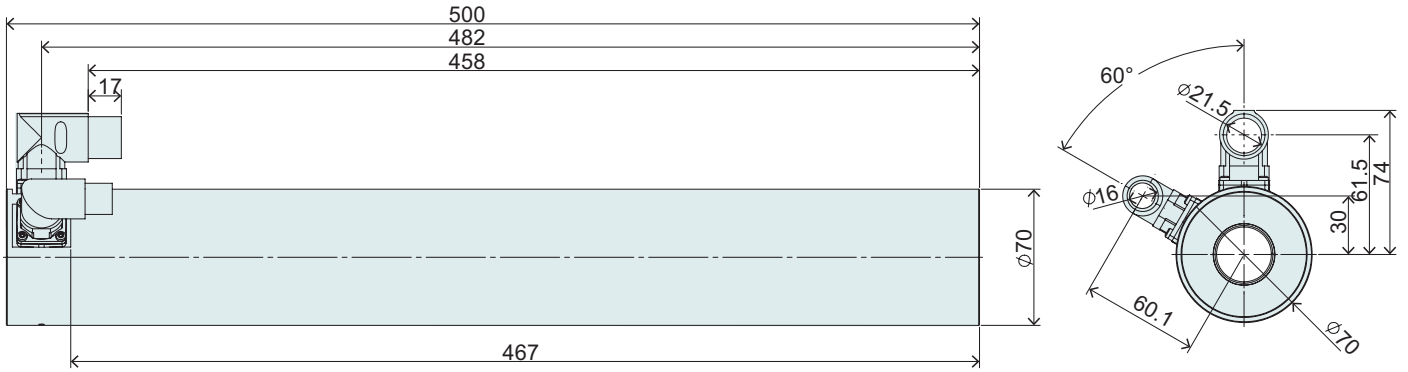
Technical Data	597
Motor Specifications	
P10-70x400U/50	602
P10-70x400U/150	603
P10-70x400U/250	604
P10-70x400U/350	605
P10-70x400U/450	606
P10-70x400U/650	607
P10-70x400U/850	608
P10-70x400U/1050	609
P10-70x400U/1250	610
P10-70x400U/1450	611
Linear Guides	612
Accessories	614



MOTOR FAMILY P10-70x400U

Technical Data			
Stroke			
Max. Stroke (ES)	mm (in)		1450 (57.1)
Force			
Max. Force @ 1x230VAC	N (lbf)		2150 (483)
Max. Force @ 3x400VAC	N (lbf)		2720 (611)
Max. Cont. Force [Passive cooling / Fan / Fluid]	N (lbf)		320 / 500 / 890 (73 / 110 / 200)
Max. Border Force relative	%		100
Force Constant 1	N/A _{pk} (lbf/A _{pk})		80 (18)
Force Constant 2	N/A _{rms} (lbf/A _{rms})		113 (25.4)
Velocity			
Max. Velocity @ 1x230VAC	m/s (in/s)		2.2 (89.9)
Max. Velocity @ 3x400VAC	m/s (in/s)		3.9 (159.9)
Position Detection			
Position Resolution	mm (in)		0.005 (0.0002)
Repeatability	mm (in)		±0.05 (±0.002)
Position Resolution with ES	mm (in)		0.001 (0.00004)
Repeatability with ES	mm (in)		±0.01 (±0.0004)
Linearity with ES	mm (in)		±0.01 (±0.0004)
Electrical Data			
Max. Current @ 1x230VAC	A _{pk} / A _{rms}		26.8 / 18.9
Max. Current @ 3x400VAC	A _{pk} / A _{rms}		33.9 / 23.9
Max. Cont. Current 1 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{pk}		4 / 6.2 / 11
Max. Cont. Current 2 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{rms}		2.9 / 4.4 / 7.9
Back EMF Constant	V _{pk} / (m/s) (V _{pk} / (in/s))		92.4 (2.35)
Terminal Resistance 25 °C / 120 °C	Ohm		6.9 / 9.5
Terminal Inductivity	mH		13
Magnetic Period	mm (in)		40 (1.57)
Thermal Data			
Max. Winding Temperature (Sensor)	°C		90
Thermal Resistance [Passive cooling / Fan / Fluid]	°K/W		0.52 / 0.22 / 0.068
Thermal Time Constant [Passive cooling / Fan / Fluid]	s		2100 / 500 / 100
Mechanical Data			
Stator Diameter	mm (in)		70 (2.8)
Stator Length	mm (in)		500 (20)
Stator Mass	g (lb)		8250 (18.15)
Slider Diameter	mm (in)		28 (1.1)
Slider Length	mm (in)		590 - 1990 (23 - 78)
Slider Mass	g (lb)		2770 - 9350 (6.09 - 20.57)
IP Code			IP 65
Certification			
UL	File-No.		E354430

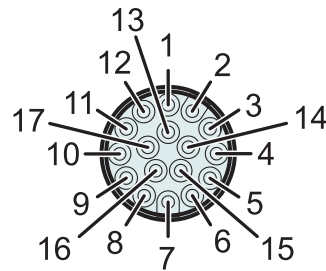
STATOR



Item	Description	Item-No.
PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712

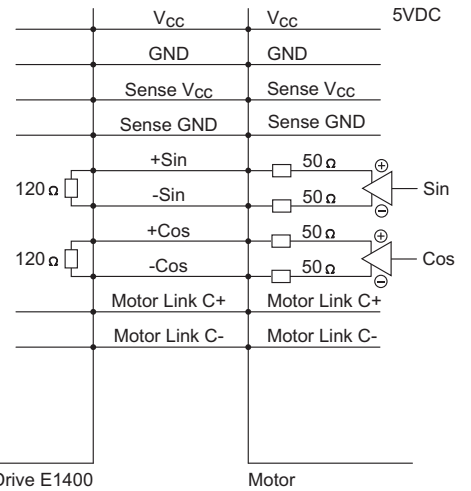
CONNECTOR PS10-70x400U-BL-QJ

Motor Connector Wiring		Connector Encoder J	Wire Color Motor Cable
+5 VDC	Supply	1	red
GND	Supply	2	black
Sense +5V	Supply Sense	3	white
Sense GND	Supply Sense	4	brown
Mot. Link C+	Communication	5	pink
Mot. Link C-	Communication	6	grey
Sin+	Encoder	7	yellow
Sin-	Encoder	8	orange
Cos+	Encoder	9	green
Cos-	Encoder	10	blue
n. c.	n. c.	11	n. c.
n. c.	n. c.	12	n. c.
n. c.	n. c.	13	n. c.
n. c.	n. c.	14	n. c.
n. c.	n. c.	15	n. c.
n. c.	n. c.	16	n. c.
n. c.	n. c.	17	n. c.



Connector Encoder J

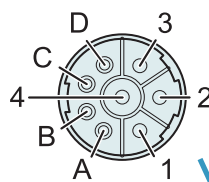
View: Motor connector, plug side



LinMot Drive E1400

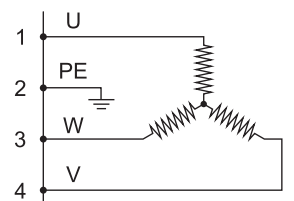
Motor

Motor Connector Wiring	Connector Power Q	Wire Color Motor Cable
Phase U	1	red
PE	2	yellow-green
Phase W	3	green
Phase V	4	blue
n. c.	A	n. c.
n. c.	B	n. c.
n. c.	C	n. c.
n. c.	D	n. c.

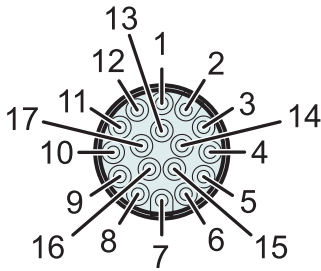


Connector Power Q

View: Motor connector, plug side



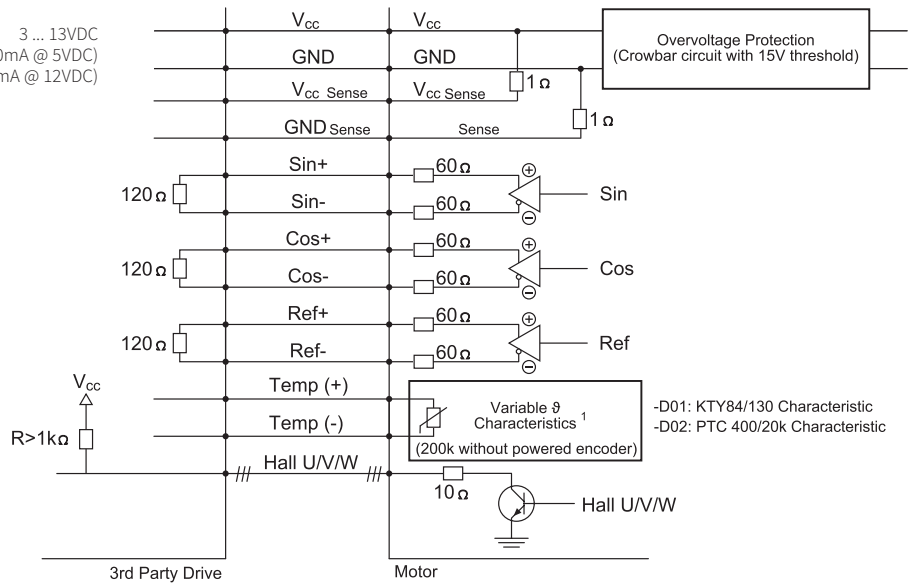
CONNECTOR PS10-70x400U-BL-QJ-D01/02



Connector Encoder J

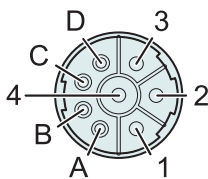
View: Motor connector, plug side

3 ... 13VDC
(I_{max} < 150mA @ 5VDC)
(I_{max} < 80mA @ 12VDC)



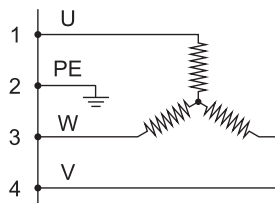
Motor Connector Wiring				
PS10-70x400U-BL-QJ-D01	PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Function	Connector Encoder J	Wire Color Motor Cable
3 ... 13 VDC	3 ... 13 VDC	Supply	1	white
GND	GND	Supply	2	brown
Vcc Sense (optional)	Vcc Sense (optional)	Supply Sense	3	green
GND Sense (optional)	GND Sense (optional)	Supply Sense	4	yellow
Do not connect	Do not connect	-	5	-
Do not connect	Do not connect	-	6	-
Sin+	Sin+	Encoder 1 Vpp	7	grey
Sin-	Sin-	Encoder 1 Vpp	8	pink
Cos+	Cos+	Encoder 1 Vpp	9	blue
Cos-	Cos-	Encoder 1 Vpp	10	red
Ref+	Ref+	Encoder 1 Vpp	11	black
Ref-	Ref-	Encoder 1 Vpp	12	violett
Hall U	Hall U	Encoder (open collector)	13	grey-red
Hall V	Hall V	Encoder (open collector)	14	red-blue
Hall W	Hall W	Encoder (open collector)	15	white-green
Temp+ (KTY84/130 Char.)	Temp+ (PTC 400/20k Char.)	Temperature ¹	16	yellow-brown
Temp- (KTY84/130 Char.)	Temp- (PTC 400/20k Char.)	Temperature ¹	17	white-yellow

1) The temperature evaluation circuit must be powered from the encoder supply and must be at the same potential. The grounds of the temperature evaluation circuit and the encoder have to be connected. The encoder must have been powered on for at least 50 ms, before valid temperatures can be measured. If the encoder is powered off, 200k Ohms are measured between Pins 16 and 17. The maximum voltage between Pin 16 and 17 must not exceed 16 VDC. The maximum current must not exceed 15 mA.



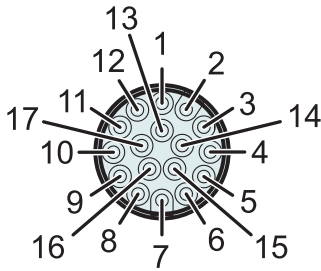
Connector Power Q

View: Motor connector, plug side



Mmotor Steckerbelegung			
PS10-70x400U-BL-QJ-D01	PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Wire Color Motor Cable	Connector Power Q
Phase U	Phase U	red	1
PE	PE	yellow-green	2
Phase W	Phase W	green	3
Phase V	Phase V	blue	4
n. c.	n. c.	n. c.	A
n. c.	n. c.	n. c.	B
n. c.	n. c.	n. c.	C
n. c.	n. c.	n. c.	D

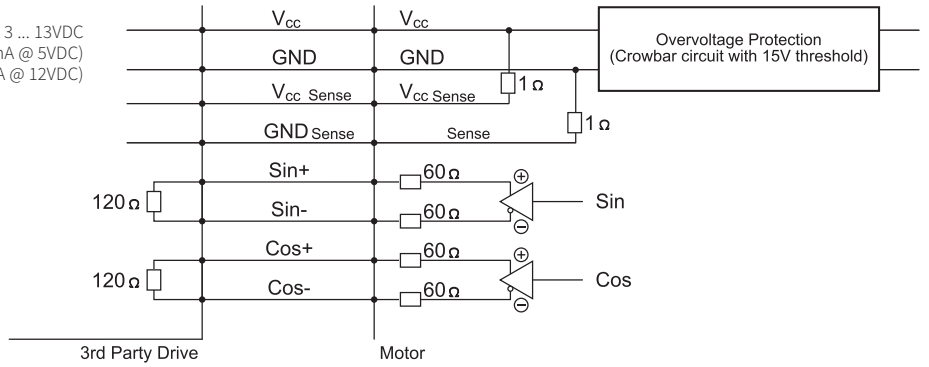
CONNECTOR PS10-70x400U-BL-QJ-D03



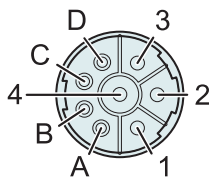
Connector Encoder J

View: Motor connector, plug side

3 ... 13VDC
($I_{max} < 150\text{mA}$ @ 5VDC)
($I_{max} < 80\text{mA}$ @ 12VDC)

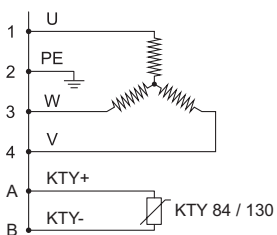


Motor Connector Wiring		Wire Color Motor Cable	Connector Encoder J
3 ... 13VDC	Supply	red	1
GND	Supply	black	2
Vcc Sense (optional)	Supply Sense	white	3
GND Sense (optional)	Supply Sense	brown	4
Do not connect	-	-	5
Do not connect	-	-	6
Sin+	Encoder 1 Vpp	yellow	7
Sin-	Encoder 1 Vpp	orange	8
Cos+	Encoder 1 Vpp	green	9
Cos-	Encoder 1 Vpp	blue	10
n. c.	-	n. c.	11
n. c.	-	n. c.	12
n. c.	-	n. c.	13
Do not connect	-	n. c.	14
n. c.	-	n. c.	15
n. c.	-	n. c.	16
n. c.	-	n. c.	17



Connector Power Q

View: Motor connector, plug side

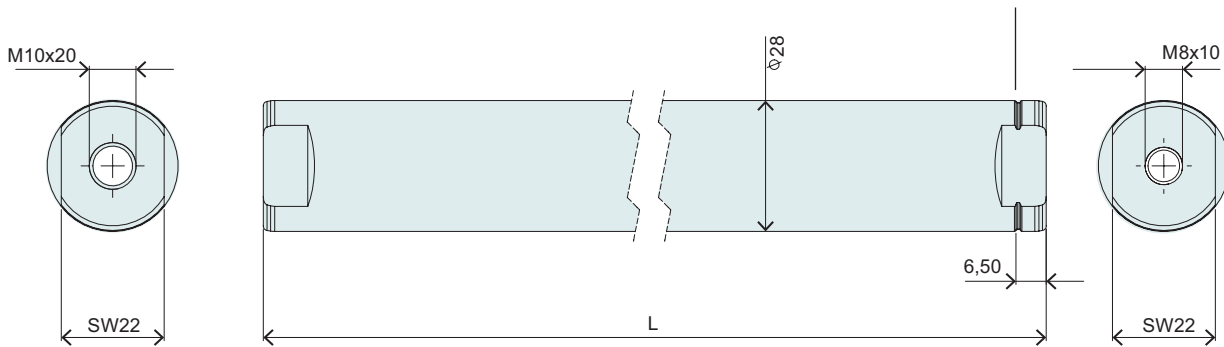


Motor Connector Wiring	Connector Power Q	Wire Color Motor Cable
Phase U	1	red (previously: black 1)
PE	2	yellow-green
Phase W	3	green (previously: black 3)
Phase V	4	blue (previously: black 2)
KTY +	A	purple (previously: black 5)
KTY -	B	grey (previously: black 6)
n. c.	C	yellow (previously: black 7)
n. c.	D	brown (previously: black 8)

SLIDER

Slider Standard

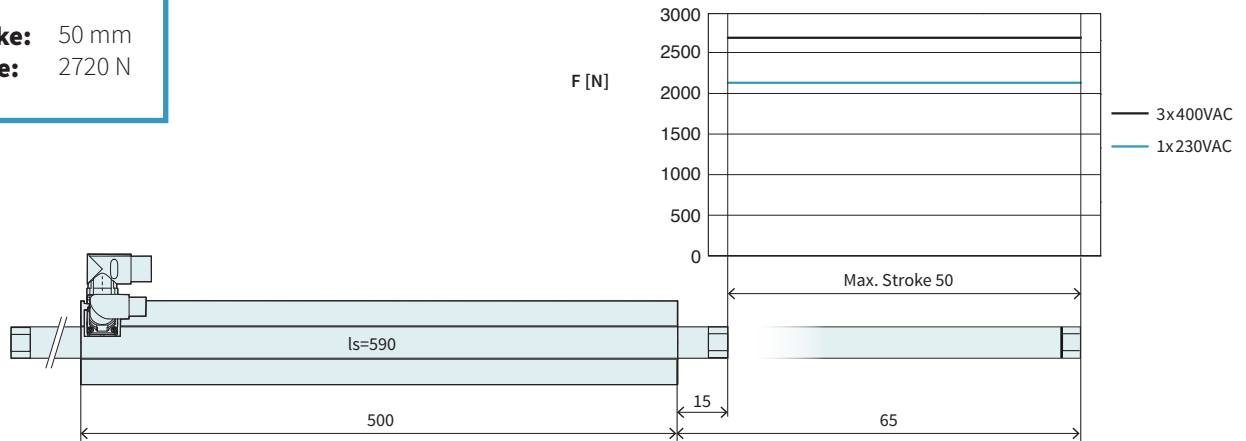
Number of grooves determines the slider type (see chapter 2 / slider) and marks the front end.



Slider Standard			
Item	Description	Max. Stroke [mm]	Item-No.
PL10-28x590/540	Slider for P10-70 'standard'	50	0150-2196
PL10-28x690/640	Slider for P10-70 'standard'	150	0150-2197
PL10-28x790/740	Slider for P10-70 'standard'	250	0150-2198
PL10-28x890/840	Slider for P10-70 'standard'	350	0150-2199
PL10-28x990/940	Slider for P10-70 'standard'	450	0150-2203
PL10-28x1190/1140	Slider for P10-70 'standard'	650	0150-2204
PL10-28x1390/1340	Slider for P10-70 'standard'	850	0150-2205
PL10-28x1590/1540	Slider for P10-70 'standard'	1050	0150-2206
PL10-28x1790/1740	Slider for P10-70 'standard'	1250	0150-2207
PL10-28x1990/1940	Slider for P10-70 'standard'	1450	0150-2208

P10-70x400U/50-BL-QJ

Max. Stroke: 50 mm
Peak Force: 2720 N



Dimensions in mm

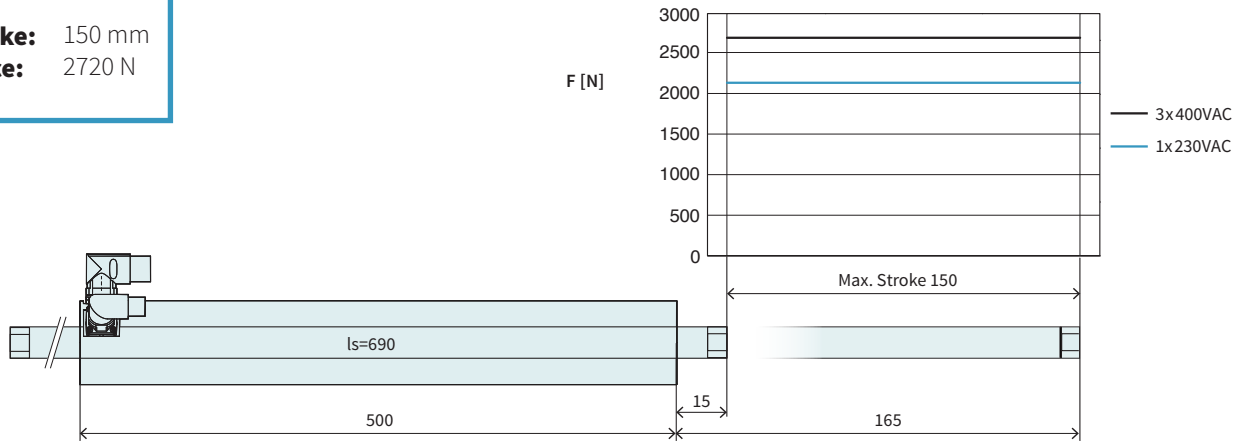
Technical Data P10-70x400U/50			
Stroke			
Max. Stroke	mm (in)	50 (1.96)	
Force			
Max. Force @ 1x230VAC	N (lbf)	2150 (483)	
Max. Force @ 3x400VAC	N (lbf)	2720 (611)	
Max. Cont. Force [Passive cooling / Fan / Fluid]	N (lbf)	320 / 500 / 890 (73 / 110 / 200)	
Max. Border Force relative	%	100	
Force Constant 1	N/A _{pk} (lbf/A _{pk})	80 (18)	
Force Constant 2	N/A _{rms} (lbf/A _{rms})	113 (25.4)	
Velocity			
Max. Velocity @ 1x230VAC	m/s (in/s)	2.2 (89.9)	
Max. Velocity @ 3x400VAC	m/s (in/s)	3.9 (3.9)	
Position Detection			
Repeatability	mm (in)	±0.05 (±0.002)	
Linearity	%	± 1.1	
Electrical Data			
Max. Current @ 1x230VAC	A _{pk} / A _{rms}	26.8 / 18.9	
Max. Current @ 3x400VAC	A _{pk} / A _{rms}	33.9 / 23.9	
Max. Cont. Current 1 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{pk}	4 / 6.2 / 11	
Max. Cont. Current 2 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{rms}	2.9 / 4.4 / 7.9	
Thermal Data			
Max. Winding Temperature (Sensor)	°C	90	
Thermal Resistance [Passive cooling / Fan / Fluid]	°K/W	0.52 / 0.22 / 0.068	
Thermal Time Constant [Passive cooling / Fan / Fluid]	s	2100 / 500 / 100	
Mechanical Data			
Slider Length	mm (in)	590 (23)	
Slider Mass	g (lb)	2770 (6.09)	



Item	Description	Item-No.
PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
PL10-28x590/540	Slider for P10-70 'standard'	0150-2196

P10-70x400U/150-BL-QJ

Max. Stroke: 150 mm
Peak Force: 2720 N



Dimensions in mm

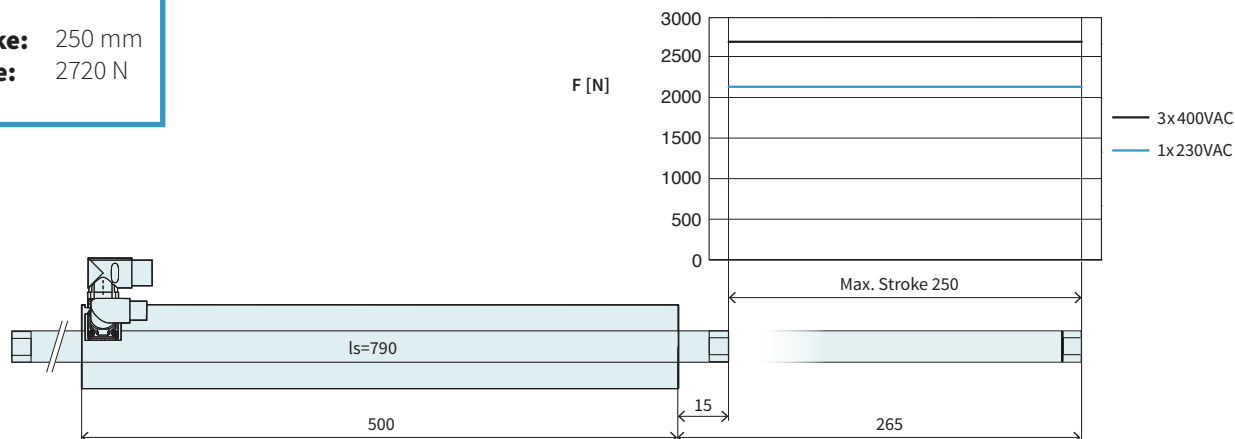
Technical Data P10-70x400U/150				
Stroke				
Max. Stroke	mm	(in)	150	(5.91)
Force				
Max. Force @ 1x230VAC	N	(lbf)	2150	(483)
Max. Force @ 3x400VAC	N	(lbf)	2720	(611)
Max. Cont. Force [Passive cooling / Fan / Fluid]	N	(lbf)	320 / 500 / 890	(73 / 110 / 200)
Max. Border Force relative	%		100	
Force Constant 1	N/A _{pk}	(lbf/A _{pk})	80	(18)
Force Constant 2	N/A _{rms}	(lbf/A _{rms})	113	(25.4)
Velocity				
Max. Velocity @ 1x230VAC	m/s	(in/s)	2.2	(89.9)
Max. Velocity @ 3x400VAC	m/s	(in/s)	3.9	(3.9)
Position Detection				
Repeatability	mm	(in)	±0.05	(±0.002)
Linearity	%		±0.45	
Electrical Data				
Max. Current @ 1x230VAC	A _{pk} / A _{rms}		26.8 / 18.9	
Max. Current @ 3x400VAC	A _{pk} / A _{rms}		33.9 / 23.9	
Max. Cont. Current 1 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{pk}		4 / 6.2 / 11	
Max. Cont. Current 2 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{rms}		2.9 / 4.4 / 7.9	
Thermal Data				
Max. Winding Temperature (Sensor)	°C		90	
Thermal Resistance [Passive cooling / Fan / Fluid]	°K/W		0.52 / 0.22 / 0.068	
Thermal Time Constant [Passive cooling / Fan / Fluid]	s		2100 / 500 / 100	
Mechanical Data				
Slider Length	mm	(in)	690	(27)
Slider Mass	g	(lb)	3240	(7.13)



Item	Description	Item-No.
PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
PL10-28x690/640	Slider for P10-70 'standard'	0150-2197

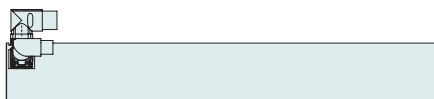
P10-70x400U/250-BL-QJ

Max. Stroke: 250 mm
Peak Force: 2720 N



Dimensions in mm

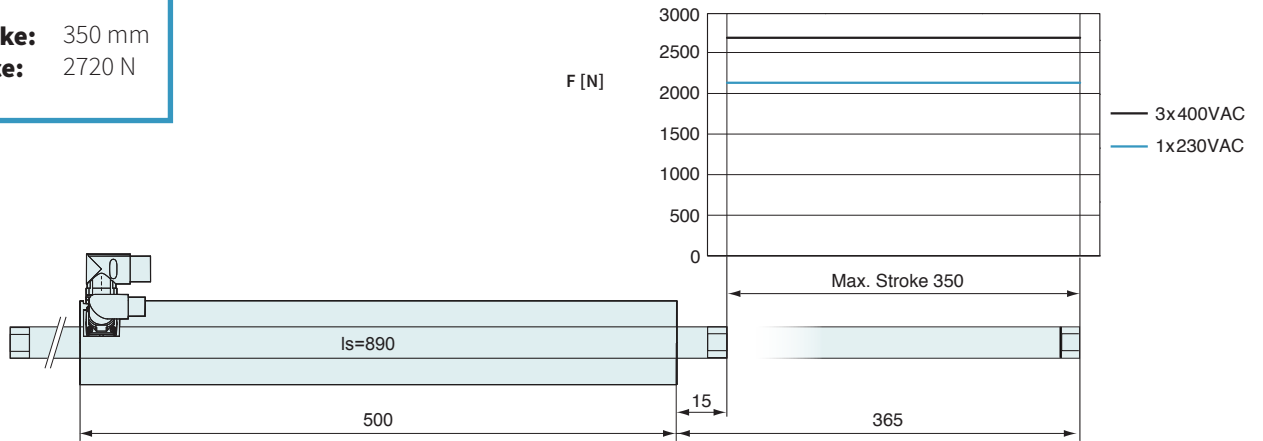
Technical Data P10-70x400U/250				
Stroke				
Max. Stroke	mm	(in)	250	(9.83)
Force				
Max. Force @ 1x230VAC	N	(lbf)	2150	(483)
Max. Force @ 3x400VAC	N	(lbf)	2720	(611)
Max. Cont. Force [Passive cooling / Fan / Fluid]	N	(lbf)	320 / 500 / 890	(73 / 110 / 200)
Max. Border Force relative	%		100	
Force Constant 1	N/A _{pk}	(lbf/A _{pk})	80	(18)
Force Constant 2	N/A _{rms}	(lbf/A _{rms})	113	(25.4)
Velocity				
Max. Velocity @ 1x230VAC	m/s	(in/s)	2.2	(89.9)
Max. Velocity @ 3x400VAC	m/s	(in/s)	3.9	(3.9)
Position Detection				
Repeatability	mm	(in)	±0.05	(±0.002)
Linearity	%		± 0.3	
Electrical Data				
Max. Current @ 1x230VAC	A _{pk} / A _{rms}		26.8 / 18.9	
Max. Current @ 3x400VAC	A _{pk} / A _{rms}		33.9 / 23.9	
Max. Cont. Current 1 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{pk}		4 / 6.2 / 11	
Max. Cont. Current 2 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{rms}		2.9 / 4.4 / 7.9	
Thermal Data				
Max. Winding Temperature (Sensor)	°C		90	
Thermal Resistance [Passive cooling / Fan / Fluid]	°K/W		0.52 / 0.22 / 0.068	
Thermal Time Constant [Passive cooling / Fan / Fluid]	s		2100 / 500 / 100	
Mechanical Data				
Slider Length	mm	(in)	790	(31)
Slider Mass	g	(lb)	3710	(8.16)



Item	Description	Item-No.
PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
PL10-28x790/740	Slider for P10-70 'standard'	0150-2198

P10-70x400U/350-BL-QJ

Max. Stroke: 350 mm
Peak Force: 2720 N



Dimensions in mm

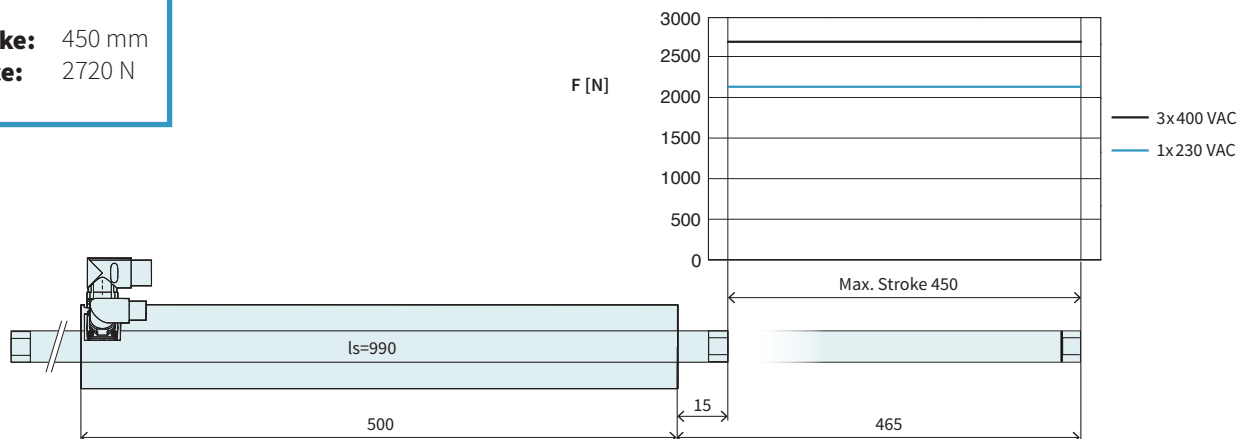
Technical Data P10-70x400U/350			
Stroke			
Max. Stroke	mm (in)		350 (13.8)
Force			
Max. Force @ 1x230VAC	N (lbf)		2150 (483)
Max. Force @ 3x400VAC	N (lbf)		2720 (611)
Max. Cont. Force [Passive cooling / Fan / Fluid]	N (lbf)		320 / 500 / 890 (73 / 110 / 200)
Max. Border Force relative	%		100
Force Constant 1	N/A _{pk} (lbf/A _{pk})		80 (18)
Force Constant 2	N/A _{rms} (lbf/A _{rms})		113 (25.4)
Velocity			
Max. Velocity @ 1x230VAC	m/s (in/s)		2.2 (89.9)
Max. Velocity @ 3x400VAC	m/s (in/s)		3.9 (3.9)
Position Detection			
Repeatability	mm (in)		±0.05 (±0.002)
Linearity	%		± 0.25
Electrical Data			
Max. Current @ 1x230VAC	A _{pk} / A _{rms}		26.8 / 18.9
Max. Current @ 3x400VAC	A _{pk} / A _{rms}		33.9 / 23.9
Max. Cont. Current 1 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{pk}		4 / 6.2 / 11
Max. Cont. Current 2 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{rms}		2.9 / 4.4 / 7.9
Thermal Data			
Max. Winding Temperature (Sensor)	°C		90
Thermal Resistance [Passive cooling / Fan / Fluid]	°K/W		0.52 / 0.22 / 0.068
Thermal Time Constant [Passive cooling / Fan / Fluid]	s		2100 / 500 / 100
Mechanical Data			
Slider Length	mm (in)		890 (35)
Slider Mass	g (lb)		4180 (9.2)



Item	Description	Item-No.
PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
PL10-28x890/840	Slider for P10-70 'standard'	0150-2199

P10-70x400U/450-BL-QJ

Max. Stroke: 450 mm
Peak Force: 2720 N



Dimensions in mm

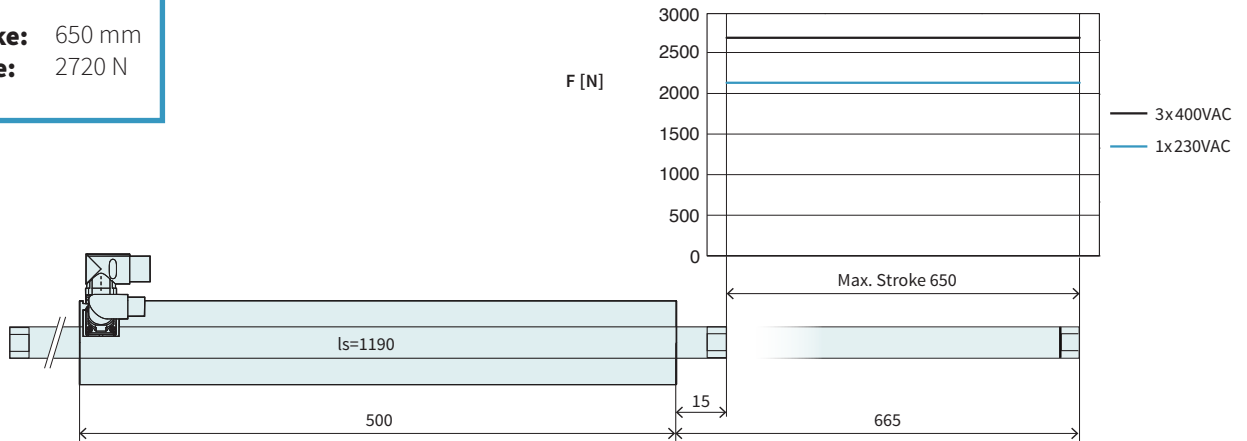
Technical Data P10-70x400U/450				
Stroke				
Max. Stroke	mm	(in)	450	(17.69)
Force				
Max. Force @ 1x230VAC	N	(lbf)	2150	(483)
Max. Force @ 3x400VAC	N	(lbf)	2720	(611)
Max. Cont. Force [Passive cooling / Fan / Fluid]	N	(lbf)	320 / 500 / 890	(73 / 110 / 200)
Max. Border Force relative	%		100	
Force Constant 1	N/A _{pk}	(lbf/A _{pk})	80	(18)
Force Constant 2	N/A _{rms}	(lbf/A _{rms})	113	(25.4)
Velocity				
Max. Velocity @ 1x230VAC	m/s	(in/s)	2.2	(89.9)
Max. Velocity @ 3x400VAC	m/s	(in/s)	3.9	(3.9)
Position Detection				
Repeatability	mm	(in)	±0.05	(±0.002)
Linearity	%		± 0.2	
Electrical Data				
Max. Current @ 1x230VAC	A _{pk} / A _{rms}		26.8 / 18.9	
Max. Current @ 3x400VAC	A _{pk} / A _{rms}		33.9 / 23.9	
Max. Cont. Current 1 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{pk}		4 / 6.2 / 11	
Max. Cont. Current 2 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{rms}		2.9 / 4.4 / 7.9	
Thermal Data				
Max. Winding Temperature (Sensor)	°C		90	
Thermal Resistance [Passive cooling / Fan / Fluid]	°K/W		0.52 / 0.22 / 0.068	
Thermal Time Constant [Passive cooling / Fan / Fluid]	s		2100 / 500 / 100	
Mechanical Data				
Slider Length	mm	(in)	990	(39)
Slider Mass	g	(lb)	4650	(10.23)



Item	Description	Item-No.
PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
PL10-28x990/940	Slider for P10-70 'standard'	0150-2203

P10-70x400U/650-BL-QJ

Max. Stroke: 650 mm
Peak Force: 2720 N



Dimensions in mm

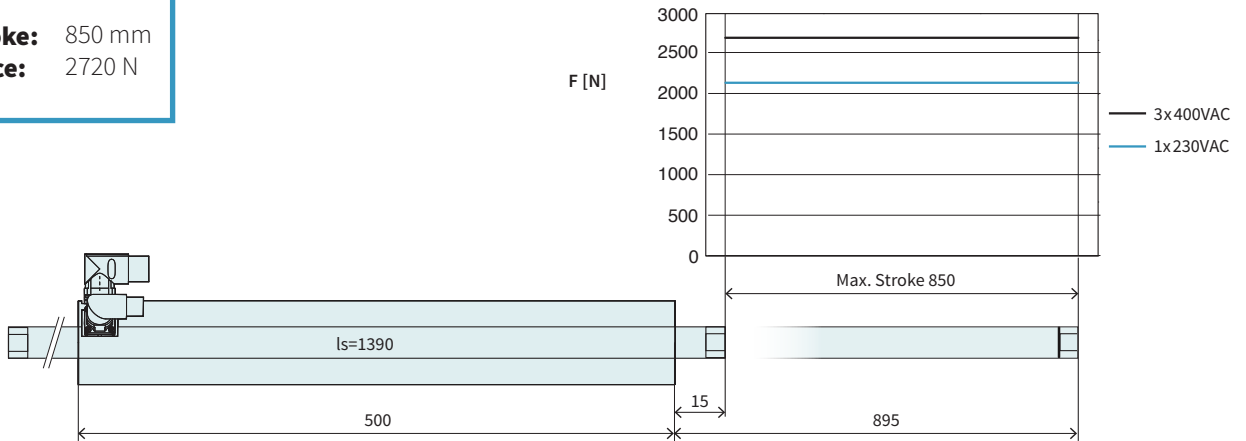
Technical Data P10-70x400U/650				
Stroke				
Max. Stroke	mm	(in)	650	(25.6)
Force				
Max. Force @ 1x230VAC	N	(lbf)	2150	(483)
Max. Force @ 3x400VAC	N	(lbf)	2720	(611)
Max. Cont. Force [Passive cooling / Fan / Fluid]	N	(lbf)	320 / 500 / 890	(73 / 110 / 200)
Max. Border Force relative	%		100	
Force Constant 1	N/A _{pk}	(lbf/A _{pk})	80	(18)
Force Constant 2	N/A _{rms}	(lbf/A _{rms})	113	(25.4)
Velocity				
Max. Velocity @ 1x230VAC	m/s	(in/s)	2.2	(89.9)
Max. Velocity @ 3x400VAC	m/s	(in/s)	3.9	(3.9)
Position Detection				
Repeatability	mm	(in)	±0.05	(±0.002)
Linearity	%		± 0.2	
Electrical Data				
Max. Current @ 1x230VAC	A _{pk} / A _{rms}		26.8 / 18.9	
Max. Current @ 3x400VAC	A _{pk} / A _{rms}		33.9 / 23.9	
Max. Cont. Current 1 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{pk}		4 / 6.2 / 11	
Max. Cont. Current 2 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{rms}		2.9 / 4.4 / 7.9	
Thermal Data				
Max. Winding Temperature (Sensor)	°C		90	
Thermal Resistance [Passive cooling / Fan / Fluid]	°K/W		0.52 / 0.22 / 0.068	
Thermal Time Constant [Passive cooling / Fan / Fluid]	s		2100 / 500 / 100	
Mechanical Data				
Slider Length	mm	(in)	1190	(47)
Slider Mass	g	(lb)	5590	(12.3)



Item	Description	Item-No.
PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
PL10-28x1190/1140	Slider for P10-70 'standard'	0150-2204

P10-70x400U/850-BL-QJ

Max. Stroke: 850 mm
Peak Force: 2720 N



Dimensions in mm

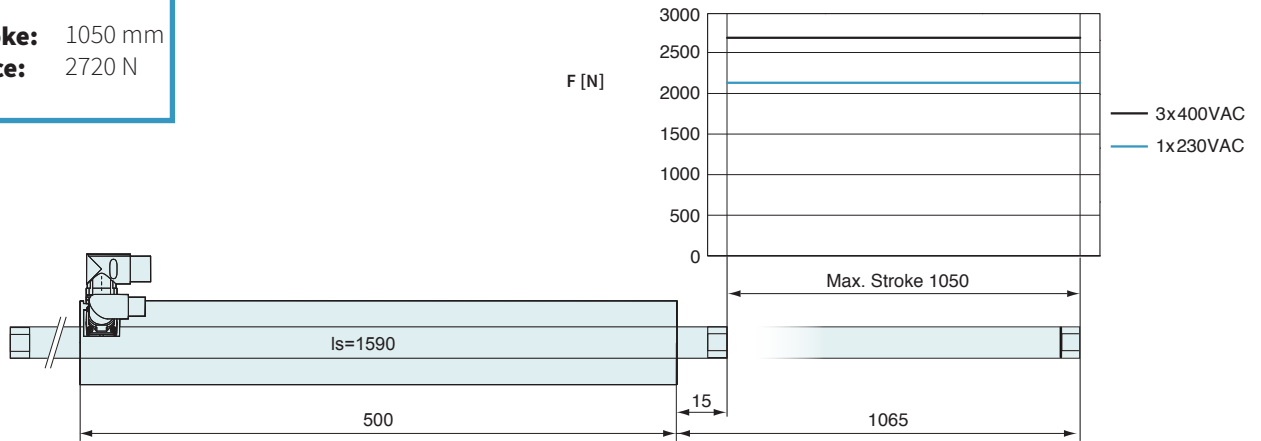
Technical Data P10-70x400U/850			
Stroke			
Max. Stroke	mm (in)		850 (33.49)
Force			
Max. Force @ 1x230VAC	N (lbf)		2150 (483)
Max. Force @ 3x400VAC	N (lbf)		2720 (611)
Max. Cont. Force [Passive cooling / Fan / Fluid]	N (lbf)		320 / 500 / 890 (73 / 110 / 200)
Max. Border Force relative	%		100
Force Constant 1	N/A_{pk} (lbf/ A_{pk})		80 (18)
Force Constant 2	N/A_{rms} (lbf/ A_{rms})		113 (25.4)
Velocity			
Max. Velocity @ 1x230VAC	m/s (in/s)		2.2 (89.9)
Max. Velocity @ 3x400VAC	m/s (in/s)		3.9 (3.9)
Position Detection			
Repeatability	mm (in)		±0.05 (±0.002)
Linearity	%		± 0.15
Electrical Data			
Max. Current @ 1x230VAC	A_{pk} / A_{rms}		26.8 / 18.9
Max. Current @ 3x400VAC	A_{pk} / A_{rms}		33.9 / 23.9
Max. Cont. Current 1 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A_{pk}		4 / 6.2 / 11
Max. Cont. Current 2 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A_{rms}		2.9 / 4.4 / 7.9
Thermal Data			
Max. Winding Temperature (Sensor)	°C		90
Thermal Resistance [Passive cooling / Fan / Fluid]	°K/W		0.52 / 0.22 / 0.068
Thermal Time Constant [Passive cooling / Fan / Fluid]	s		2100 / 500 / 100
Mechanical Data			
Slider Length	mm (in)		1390 (55)
Slider Mass	g (lb)		6530 (14.37)



Item	Description	Item-No.
PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
PL10-28x1390/1340	Slider for P10-70 'standard'	0150-2205

P10-70x400U/1050-BL-QJ

Max. Stroke: 1050 mm
Peak Force: 2720 N



Dimensions in mm

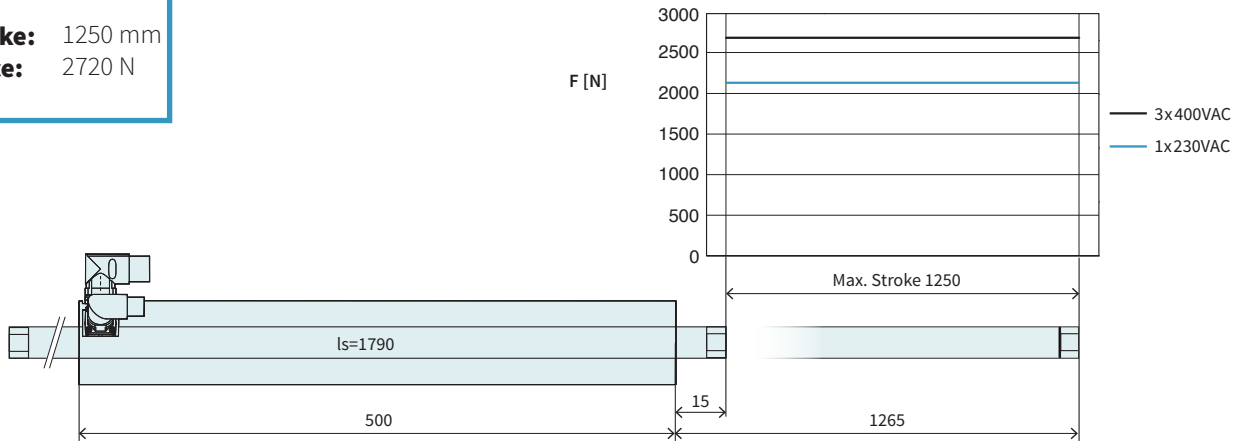
Technical Data P10-70x400U/1050			
Stroke			
Max. Stroke	mm (in)	1050	(41.29)
Force			
Max. Force @ 1x230VAC	N (lbf)	2150	(483)
Max. Force @ 3x400VAC	N (lbf)	2720	(611)
Max. Cont. Force [Passive cooling / Fan / Fluid]	N (lbf)	320 / 500 / 890	(73 / 110 / 200)
Max. Border Force relative	%	100	
Force Constant 1	N/A _{pk} (lbf/A _{pk})	80	(18)
Force Constant 2	N/A _{rms} (lbf/A _{rms})	113	(25.4)
Velocity			
Max. Velocity @ 1x230VAC	m/s (in/s)	2.2	(89.9)
Max. Velocity @ 3x400VAC	m/s (in/s)	3.9	(3.9)
Position Detection			
Repeatability	mm (in)	±0.05	(±0.002)
Linearity	%	±0.15	
Electrical Data			
Max. Current @ 1x230VAC	A _{pk} / A _{rms}	26.8 / 18.9	
Max. Current @ 3x400VAC	A _{pk} / A _{rms}	33.9 / 23.9	
Max. Cont. Current 1 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{pk}	4 / 6.2 / 11	
Max. Cont. Current 2 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{rms}	2.9 / 4.4 / 7.9	
Thermal Data			
Max. Winding Temperature (Sensor)	°C	90	
Thermal Resistance [Passive cooling / Fan / Fluid]	°K/W	0.52 / 0.22 / 0.068	
Thermal Time Constant [Passive cooling / Fan / Fluid]	s	2100 / 500 / 100	
Mechanical Data			
Slider Length	mm (in)	1590	(63)
Slider Mass	g (lb)	7470	(16.43)



Item	Description	Item-No.
PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
PL10-28x1590/1540	Slider for P10-70 'standard'	0150-2206

P10-70x400U/1250-BL-QJ

Max. Stroke: 1250 mm
Peak Force: 2720 N



Dimensions in mm

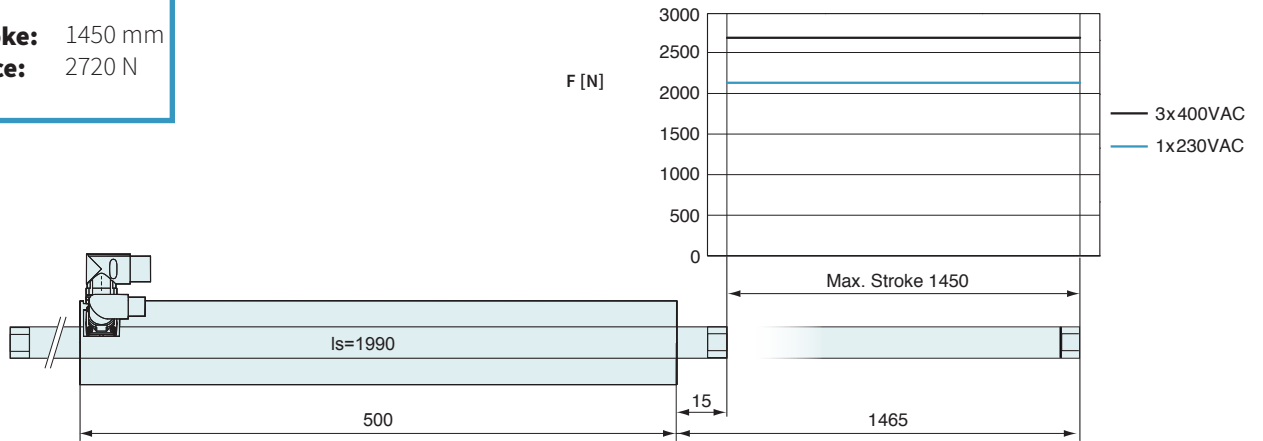
Technical Data P10-70x400U/1250			
Stroke			
Max. Stroke	mm (in)		1250 (49.2)
Force			
Max. Force @ 1x230VAC	N (lbf)		2150 (483)
Max. Force @ 3x400VAC	N (lbf)		2720 (611)
Max. Cont. Force [Passive cooling / Fan / Fluid]	N (lbf)		320 / 500 / 890 (73 / 110 / 200)
Max. Border Force relative	%		100
Force Constant 1	N/A _{pk} (lbf/A _{pk})		80 (18)
Force Constant 2	N/A _{rms} (lbf/A _{rms})		113 (25.4)
Velocity			
Max. Velocity @ 1x230VAC	m/s (in/s)		2.2 (89.9)
Max. Velocity @ 3x400VAC	m/s (in/s)		3.9 (3.9)
Position Detection			
Repeatability	mm (in)		±0.05 (±0.002)
Linearity	%		± 0.15
Electrical Data			
Max. Current @ 1x230VAC	A _{pk} / A _{rms}		26.8 / 18.9
Max. Current @ 3x400VAC	A _{pk} / A _{rms}		33.9 / 23.9
Max. Cont. Current 1 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{pk}		4 / 6.2 / 11
Max. Cont. Current 2 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{rms}		2.9 / 4.4 / 7.9
Thermal Data			
Max. Winding Temperature (Sensor)	°C		90
Thermal Resistance [Passive cooling / Fan / Fluid]	°K/W		0.52 / 0.22 / 0.068
Thermal Time Constant [Passive cooling / Fan / Fluid]	s		2100 / 500 / 100
Mechanical Data			
Slider Length	mm (in)		1790 (70)
Slider Mass	g (lb)		8413 (18.51)



Item	Description	Item-No.
PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
PL10-28x1790/1740	Slider for P10-70 'standard'	0150-2207

P10-70x400U/1450-BL-QJ

Max. Stroke: 1450 mm
Peak Force: 2720 N



Dimensions in mm

Technical Data P10-70x400U/1450			
Stroke			
Max. Stroke	mm (in)	1450	(57.1)
Force			
Max. Force @ 1x230VAC	N (lbf)	2150	(483)
Max. Force @ 3x400VAC	N (lbf)	2720	(611)
Max. Cont. Force [Passive cooling / Fan / Fluid]	N (lbf)	320 / 500 / 890	(73 / 110 / 200)
Max. Border Force relative	%	100	
Force Constant 1	N/A _{pk} (lbf/A _{pk})	80	(18)
Force Constant 2	N/A _{rms} (lbf/A _{rms})	113	(25.4)
Velocity			
Max. Velocity @ 1x230VAC	m/s (in/s)	2.2	(89.9)
Max. Velocity @ 3x400VAC	m/s (in/s)	3.9	(3.9)
Position Detection			
Repeatability	mm (in)	±0.05	(±0.002)
Linearity	%	± 0.15	
Electrical Data			
Max. Current @ 1x230VAC	A _{pk} / A _{rms}	26.8 / 18.9	
Max. Current @ 3x400VAC	A _{pk} / A _{rms}	33.9 / 23.9	
Max. Cont. Current 1 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{pk}	4 / 6.2 / 11	
Max. Cont. Current 2 [Passive cooling / Fan / Fluid]	A _{rms}	2.9 / 4.4 / 7.9	
Thermal Data			
Max. Winding Temperature (Sensor)	°C	90	
Thermal Resistance [Passive cooling / Fan / Fluid]	°K/W	0.52 / 0.22 / 0.068	
Thermal Time Constant [Passive cooling / Fan / Fluid]	s	2100 / 500 / 100	
Mechanical Data			
Slider Length	mm (in)	1990	(78)
Slider Mass	g (lb)	9350	(20.57)



Item	Description	Item-No.
PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
PL10-28x1990/1940	Slider for P10-70 'standard'	0150-2208

Linear Guides H10



HM10-70x400/50 | Linear Module 70x400 with 50 mm Stroke

→	H-Guide	H10-70x400/50	H-Guide for P10-70x400, Stroke max. 50 mm	0150-5419	
	→	Stator	PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
			PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
			PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
			PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
→	Slider	PL10-28x590/540	Slider for P10-70 'standard'	0150-2196	

HM10-70x400/150 | Linear Module 70x400 with 150 mm Stroke

→	H-Guide	H10-70x400/150	H-Guide for P10-70x400, Stroke max. 150 mm	0150-5420	
	→	Stator	PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
			PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
			PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
			PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
→	Slider	PL10-28x690/640	Slider for P10-70 'standard'	0150-2197	

HM10-70x400/250 | Linear Module 70x400 with 250 mm Stroke

→	H-Guide	H10-70x400/250	H-Guide for P10-70x400, Stroke max. 250 mm	0150-5421	
	→	Stator	PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
			PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
			PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
			PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
→	Slider	PL10-28x790/740	Slider for P10-70 'standard'	0150-2198	

FIND MORE PRODUCT DETAILS IN THE CHAPTER "LINEAR GUIDES".

HM10-70x400/350		Linear Module 70x400 with 350 mm Stroke		
→	H-Guide	H10-70x400/350	H-Guide for P10-70x400, Stroke max. 350 mm	0150-5422
	Stator	PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
		PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
		PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
		PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
Slider	PL10-28x890/840	Slider for P10-70 'standard'	0150-2199	

HM10-70x400/450		Linear Module 70x400 with 450 mm Stroke		
→	H-Guide	H10-70x400/450	H-Guide for P10-70x400, Stroke max. 450 mm	0150-5423
	Stator	PS10-70x400U-BL-QJ	Stator 3x400VAC, LinMot Encoder	0150-1294
		PS10-70x400U-BL-QJ-D01	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, KTY	0150-2286
		PS10-70x400U-BL-QJ-D02	Stator 3x400VAC, Sin/Cos Encoder 1Vpp, PTC	0150-2363
		PS10-70x400U-BL-QJ-D03	Stator 3x400VAC, Sin/Cos 1Vpp, KTY on power connector	0150-2712
Slider	PL10-28x990/940	Slider for P10-70 'standard'	0150-2203	

Accessories				
→	Fan	HV01-37/48	Fan cooling for H01-37/48 & PF02-37/48	0150-5051

Motor Cable

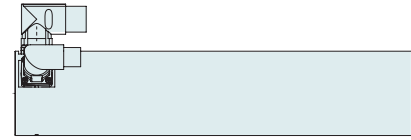
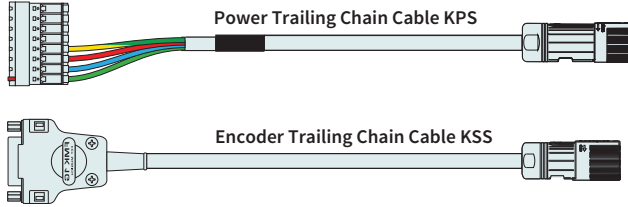
4



C1400

B Connector MC10-B/m

Q Connector MC10-Q/f



P10-70x400U

D15 Connector MC01-D15/f

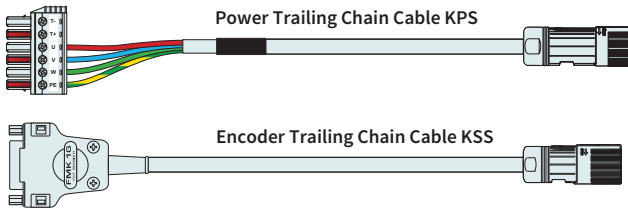
J Connector MC10-J/f



E1400

L Connector MC10-L/m

Q Connector MC10-Q/f



P10-70x400U

D15 Connector MC01-D15/f

J Connector MC10-J/f

ORDERING INFORMATION

TRAILING CHAIN CABLE FOR LINMOT DRIVES

Item	Description	Item-No.
KPS15-04-L/Q-3	Power Trailing Chain Cable E1400/P10-70, 3 m	0150-2266
KPS15-04-L/Q-5	Power Trailing Chain Cable E1400/P10-70, 5 m	0150-2261
KPS15-04-L/Q-8	Power Trailing Chain Cable E1400/P10-70, 8 m	0150-2267
KPS15-04-L/Q-12	Power Trailing Chain Cable E1400/P10-70, 12 m	0150-2268
KPS15-04-L/Q-	Power Trailing Chain Cable L/Q-, Custom length	0150-3388
KPS15-04-B/Q-3	Power Trailing Chain Cable C1400/P10-70, 3 m	0150-3660
KPS15-04-B/Q-5	Power Trailing Chain Cable C1400/P10-70, 5 m	0150-3661
KPS15-04-B/Q-8	Power Trailing Chain Cable C1400/P10-70, 8 m	0150-3662
KPS15-04-B/Q-12	Power Trailing Chain Cable C1400/P10-70, 12 m	0150-3663
KPS15-04-B/Q-	Power Trailing Chain Cable B/Q-, Custom length	0150-3608

TRAILING CHAIN CABLE FOR LINMOT DRIVES

Item	Description	Item-No.
KSS 05-02/08-D15/J-3	Encoder Trailing Chain Cable D15/J, 3 m	0150-2263
KSS 05-02/08-D15/J-5	Encoder Trailing Chain Cable D15/J, 5 m	0150-2262
KSS 05-02/08-D15/J-8	Encoder Trailing Chain Cable D15/J, 8 m	0150-2264
KSS 05-02/08-D15/J-12	Encoder Trailing Chain Cable D15/J, 12 m	0150-2265
KSS 05-02/08-D15(f)-45°/J-	Encoder Trailing Chain Cable D15/J-, Custom length	0150-3389

TRAILING CHAIN CABLE FOR STATOR SERIES D01 / D02

Item	Description	Item-No.
KPS15-04-.../Q-10	Power Trailing Chain Cable .../Q, 10 m for D0x	0150-2376
KPS15-04-./Q-	Power Trailing Chain Cable .../Q, for D0x, Custom length	0150-3491
KSS05-02/13-./J-10	Encoder Trailing Chain Cable ./J, 10 m for D0x	0150-2377
KSS05-02/13-./J-	Encoder Trailing Chain Cable ./J, for D0x, Custom length	0150-3492
KPS15-04	Power Trailing Chain Cable P10-70 (per m)	0150-2257
KSS05-02/13	Trailing Chain Cable Encoder P10-...-Dxx (per m)	0150-2259

TRAILING CHAIN CABLE FOR STATOR SERIES D03

Item	Description	Item-No.
KPS15-04/04.../Q-10	Power Trailing Chain Cable .../Q, 10 m for D03	0150-3654
KPS15-04/04-./Q-	Power Trailing Chain Cable .../Q, for D03, Custom length	0150-3579
KSS05-02/06-./J-10	Encoder Trailing Chain Cable ./J, 10 m for D03	0150-3655
KSS05-02/06-./J-	Encoder Trailing Chain Cable ./J, for D03, Custom length	0150-3611
KPS15-04/04	Power Trailing Chain Cable P10-...-Dx3 (per m)	0150-2269
KSS05-02/06	Trailing Chain Cable Encoder P10-...-Dx3 (per m)	0150-2490

CONNECTOR

Item	Description	Item-No.
MC10-L/m	Connector Power E1400/X2	0150-3382
MC01-D15/f	Motor Connector D15 (f)	0150-3136
MC10-Q/f	Connector Power PS10-70	0150-2268
MC10-J/f	Connector Encoder PS10-70	0150-2269

MOTOR FLANGES

4



Item	Description	Item-No.
PF10-70x430	Flange for PS10-70x400	0150-2276



Item	Description	Item-No.
PF10-70x430-FC	Flange for PS10-70x400 fluid cooling	0150-2295

FIND MORE PRODUCT DETAILS IN THE CHAPTER "ACCESSORIES".

FANS



Item	Description	Item-No.
HV01-37/48	Fan cooling for H01-37/48 & PF02-37/48	0150-5051

FIND MORE PRODUCT DETAILS IN THE CHAPTER "ACCESSORIES".

SLIDER MOUNTING



Item	Description	Item-No.
PLF01-28	Fixed Bearing Set for 27/28 mm sliders	0150-3087
PLF01-28-SS	Fixed Bearing Set for 27/28 mm sliders, stainless steel	0150-3297
PLL01-28	Floating Bearing for 28 mm sliders	0150-3094
PLM01-28-MK	Mounting Kit for 28 mm sliders	0150-3095

FIND MORE PRODUCT DETAILS IN THE CHAPTER "ACCESSORIES".

BEARING KIT



Item	Description	Item-No.
PB10-70x400-L	Bearing Kit for PS10-70x400	0150-3435

FIND MORE PRODUCT DETAILS IN THE CHAPTER "ACCESSORIES".

LUBRICANT RESERVOIR

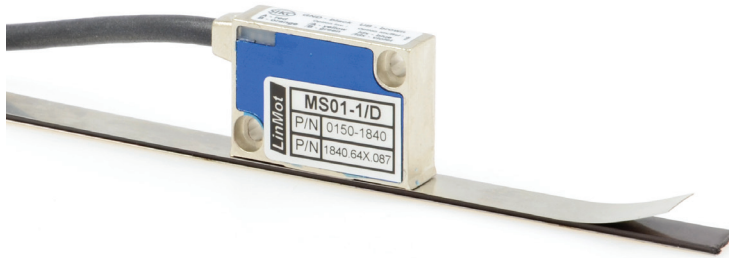


Item	Description	Item-No.
PA10-70/28	Lubricant reservoir for PS10-70 with lubricating nipple	0150-3543

FIND MORE PRODUCT DETAILS IN THE CHAPTER "ACCESSORIES".

EXTERNAL POSITION SENSORS

4



Item	Description	Item-No.
MS01-1/D	Linear Encoder 1µm, A/B (for incremental strip)	0150-1840
MB01-1000	Magnetic incremental strip for MS01-1/D, per cm	0150-1963
KS025-D15/D-Encoder	Encoder Cable (Length in m)	0150-3168

FIND MORE PRODUCT DETAILS IN THE CHAPTER "ACCESSORIES".



Item	Description	Item-No.
MS01-1/D-SSI	Linear Encoder 1µm, A/B (for absolute strip)	0150-2095
MB01-1000-ABS	Magnetic absolute strip for MS01-1/D-SSI (per cm)	0150-2096
EC01-ABS/ENC-12-S	MS01-1/D-SSI Encoder connector straight	0150-3616
KSS01-12-D15/ABS-ENC	Special cable for MS01-1/D-SSI on C1100/C1200/C1400/E1200/E1400 Drives	0150-3652

FIND MORE PRODUCT DETAILS IN THE CHAPTER "ACCESSORIES".



SERVICIO TÉCNICO, CONSULTORÍA, TRAINING Y CANAL DE VENTA OFICIAL

Instalaciones centrales

Francisco Aristeguieta Centro Tecnológico (F.A.C.T.)
GI-3162 (Zarautz – Urdaneta) km 2,2
E-20809 AIA (Gipuzkoa), Spain

www.larraioz.com

Tel. (+34) 943 140 139
Fax. (+34) 943 140 327
E-mail. info@larraioz.com



Instalaciones en Getaria

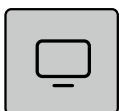
Larraioz Etxea, Eizaga Auzoa,
Garate Mendi E-20808
GETARIA (Gipuzkoa), Spain

Instalaciones América Latina

Carlos Calvo 2480, B8000XAV
Buenos Aires (Buenos Aires),
Argentina

Dirección postal

Larraioz Electrónica Industrial,
S.L. Apartado de Correos
193 E-20800 ZARAUTZ
(Gipuzkoa), Spain



Mechatronics & Robotics



Industrial Automation



Industry 4.0



Vision