

Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**  
etsii UPCT

# Diseño y control con Arduino de una plataforma para la manufactura de films nanoestructurados mediante el procedimiento de inmersión multicapa (layer by layer)

Titulación: ITI especialidad mecánica

Alumno/a: Mariano Esteban Hurtado

Director/a/s: Dr. Miguel Almonacid  
Kroeger

Álvaro García Martínez

Cartagena, 24 de Octubre de 2014



## DEDICATORIA

Este proyecto, así como el ciclo que se cierra en mi vida, se lo dedico a todas las grandes personas que he conocido en este tiempo, que aunque a muchas por circunstancias de la vida no volveré a saber de ellas, siempre estarán muy presentes.

Y a vosotros tres, pilares de mi vida, no hay palabras para expresaros mi gratitud por el apoyo, comprensión y ayuda que me habéis brindado. Os quiero con toda mi alma, allá donde estéis.

## AGRADECIMIENTOS

A los docentes merecedores de ese nombre que me han ayudado a lo largo de estos años. En especial a Patricio Franco por su entusiasmo y apoyo al proyecto que surgió de un grupo de amigos, acabando él al final siendo uno más de ese grupo de amigos. Y a Miguel Almonacid que depositó su confianza en mí sin tener ningún motivo para hacerlo, por la comprensión que ha mostrado durante este tiempo y a su ayuda sin la cual este proyecto no habría sido posible.

A las personas que me han creído en mí y me han apoyado estos años. A las que me han echado una mano desinteresadamente y se han preocupado por mi evolución.

A los compañeros por tantos grandes momentos que nos han llegado a convertir en amigos.

Y como no, a las personas que me han ayudado en este proyecto:

A David mi compañero de proyecto, al que le di la mano para esta empresa sin conocerlo de nada y me ha demostrado que mereció de largo la pena.

A Álvaro por codirigir este proyecto.

A Pedro y a Sergio por ayudarme tanto con el CAD, por haber sacrificado su tiempo de descanso para regalármelo a mí. Doy gracias por haberlos tenido ahí, y aún más por saber que están.

A Pep, por ser como es, por no mandarme a tomar viento por el follón que le he dado con la electrónica y por sacar un ratillo para mí cuando era posible.

A Chelo, por haberme animado y apoyado tanto en mis últimos exámenes, además de dejarme a Pep tantas veces. Ambos me han demostrado ser grandes amigos.

Y para finalizar agradeceré a Natalia, por apoyarme día a día, por ver en mí lo que nadie ve y por dejarme caminar a su lado.

Y a vosotros padres, por hacerme ser lo que hoy en día soy y lo que algún día seré, por apostar todo por mí. Espero poder devolvérselo todo algún día. Os quiero mucho y yo a vosotros más.

## ÍNDICE

1. OBJETO DEL PROYECTO .....	10
2. INTRODUCCIÓN .....	11
2.1. Antecedentes .....	11
2.1.1. Recubrimiento por inmersión (Dip-coating) .....	12
2.1.1.1. Técnica de Dip-Coating:.....	13
2.1.1.2. Factores que influyen en el proceso .....	13
2.1.2. Ensamblaje capa a capa (Layer by Layer assembly) .....	16
2.1.2.1. Metodología actual .....	17
2.2. Propuesta.....	18
3. ESTUDIO DE MERCADO .....	20
3.1. Dispositivos de inmersión.....	20
3.2. Otros dispositivos.....	24
3.3. Presupuesto .....	26
4. PRESENTACIÓN DE SOLUCIONES CON SUS RESPECTIVOS PRESUPUESTOS.....	27
4.1. Puesta en común. ....	29
4.1.1. Requisitos obligatorios: .....	29
4.1.2. Requisitos opcionales:.....	29
5. ELECCIÓN DE LA PLATAFORMA DE CARÁCTER ECONÓMICO AD HOC.....	30
5.1. Mecanismo de inmersión vertical con giro: .....	30
5.2. Mecanismo de inmersión vertical con movimiento axial de la plataforma: ...	30
5.3. Mecanismo de inmersión vertical y movimiento axial:.....	31
6. SELECCIÓN DEL TIPO DE PLATAFORMA A DISEÑAR.....	32
7. SELECCIÓN DE LOS POSIBLES COMPONENTES RECICLADOS .....	36
7.1. Dispositivos electrónicos .....	36
7.2. Maquinaria industrial.....	38
8. ESTUDIO DEL DISEÑO MECÁNICO .....	40
8.1. Bastidor.....	40
8.1.1. Acero mecanizado .....	40
8.1.2. Perfilera de aluminio .....	41
8.1.3. Impresión 3D .....	41
8.1.4. Chapa plegada .....	42
8.2. Movimiento vertical.....	44
8.2.1. Actuadores lineales de precisión.....	44
8.2.2. Cremallera .....	44
8.2.3. Correa .....	45
8.2.4. Husillo .....	46
8.3. Movimiento horizontal .....	47

8.4.	Sistemas lineales .....	48
8.4.1.	Guía lineal con patín .....	48
8.4.2.	Guías lineales con jaulas planas .....	49
8.4.3.	Barra lineal con base rectificada .....	49
8.4.4.	Barra templada .....	50
8.5.	Herramienta para la sujeción del film .....	51
9.	SOLUCIONES ADOPTADAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE SECADO .....	54
9.1.	Sistema de secado .....	55
9.1.1.	Estudio de las soluciones comerciales.....	55
9.1.1.1.	Secador de laboratorio.....	55
9.1.1.2.	Secador de radiografías.....	56
9.1.1.3.	Secador de películas de cine .....	56
9.1.1.4.	Luz Infraroja.....	57
9.1.1.5.	Secadores de manos por cortina de aire .....	58
9.1.2.	Solución del sistema de secado adoptada .....	58
10.	SELECCIÓN DEL CONTROLADOR.....	62
10.1.	PLC's (programmable logic controller).....	62
10.2.	Raspberry Pi.....	63
10.3.	Arduino.....	64
11.	SELECCIÓN COMPONENTES COMERCIALES PARA EL DISEÑO MECÁNICO.....	66
12.	DISEÑO CAD Y ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS .....	69
12.1.	Diseño CAD .....	69
12.1.1.	Depósitos .....	69
12.1.2.	Estructura de la plataforma.....	70
12.1.3.	Mecanismo para el movimiento vertical.....	71
12.1.4.	Mecanismo para el movimiento horizontal .....	71
12.1.5.	Estación de secado .....	73
12.1.6.	Herramienta de sujeción de films .....	74
12.2.	Análisis por elementos finitos .....	74
12.2.1.	Diseño del modelo a analizar .....	75
12.2.2.	Fuerzas aplicadas y reacciones.....	75
12.2.3.	Propiedades de los materiales .....	76
12.2.4.	Cargas y sujeciones.....	79
12.2.5.	Información de malla.....	80
12.2.6.	Resultados del estudio .....	81
12.2.7.	Conclusión del analisis.....	82
13.	SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS .....	83
13.1.	Motores.....	83
13.2.	Controlador de doble puente en H .....	83
13.3.	Finales de carrera .....	84

13.4.	Relés .....	85
13.5.	Ventiladores .....	86
14.	IMPLEMENTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO .....	87
15.	PROGRAMA DE CONTROL .....	89
16.	CONCLUSIÓN .....	103
16.1.	Posibilidades de mejora .....	103
BIBLIOGRAFÍA .....		105
ANEXOS.....		106

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Técnicas de deposición.....	12
Figura 2: Etapas del proceso Dip-Coating.....	13
Figura 3: Capa límite ( $\delta$ ) de la solución durante la extracción del sustrato a una velocidad ( $u$ ) en el proceso del Dip-Coating. $S$ representa el punto de estancamiento.....	15
Figura 4: Esquema de la tecnología de ensamblaje “capa a capa”.....	16
Figura 5: Producción de una película usando el proceso capa a capa.....	17
Figura 6: Small Single Vessel Dip Coater.....	21
Figura 7: Large Single Vessel Dip coater.....	21
Figura 8: Multivessel Dip Coater con sistema rotatorio.....	21
Figura 9: Multivessel Dip Coater con sistema axial.....	21
Figura 10: Dip Coater con ángulo de inmersión variable.....	22
Figura 11: Dip Coater single vessel.....	23
Figura 12: Dip Coater multivessel con.....	23
Figura 13: Brazo robótico de KUKA Robotics Corporation.....	24
Figura 14: Brazo robótico de robotech labs.....	24
Figura 15: Brazo robótico UR5 de Universal Robot.....	25
Figura 16: Ejemplo de diseño de Dip-coater de la Universidad Nacional de San Agustín Arequipa-Perú.....	28
Figura 17: Ejemplo de diseño de dip-coater de la Universidade Federal do Paraná.....	28
Figura 18: Diseño en CAD de la primera idea del prototipo.....	32
Figura 19: Parte fija del husillo.....	33
Figura 20: Tuerca del husillo.....	33
Figura 21: Mecanismo del husillo.....	34
Figura 22: Bastidor del dispositivo.....	34
Figura 23: Motor de CC perteneciente a un plotter.....	37
Figura 24: Plotter abierto.....	37
Figura 25: Bastidor del boceto.....	40
Figura 26: CNC con estructura en perfilera de aluminio.....	41
Figura 27: Impresora 3D con bastidor en ABS.....	42
Figura 28: Ejemplo de plegado en acero inoxidable.....	43
Figura 29: Actuadores lineales de precisión.....	44
Figura 30: Mecanismo de movimiento lineal por cremaller.....	45
Figura 31: Plotter con movimiento lineal mediante correas.....	45
Figura 32: Mecanismo de movimiento lineal por husillo.....	46
Figura 33: Guía lineal con patín.....	48
Figura 34: Guías lineales con jaulas planas.....	49
Figura 35: Barra lineal con base rectificada.....	49
Figura 36: Barra templada.....	50
Figura 37: Base para extender los films.....	51
Figura 38: Herramienta del CETEC para la sujeción de films.....	51
Figura 39: Dispositivo para acoplamiento de parches en instrumentos de percusión..	52



Figura 40: Rollo de plancha de imán adhesivo.....	53
Figura 41: Secador de laboratorio .....	55
Figura 42: Secador de radiografías .....	56
Figura 43: Dispositivo para el secado de película NDT.....	56
Figura 44: Lámparas de luz infraroja .....	57
Figura 45: Secador de manos dyson airblade.....	58
Figura 46: Compresor 25 litros caudal 165 l/min .....	59
Figura 47: Compresor de aire portátil a 12 Voltios .....	60
Figura 48: Boquilla de control de aire .....	61
Figura 49: PLC de SIEMEN.....	63
Figura 50: Raspberry Pi.....	63
Figura 51: Arduino UNO .....	65
Figura 52: Husillo trapezoidal de doble entrada .....	66
Figura 53: Tuerca cilíndrica.....	66
Figura 54: Barra templada rectificada 16mm.....	67
Figura 55: Soporte eje lineal.....	67
Figura 56: Cojinete con valona .....	68
Figura 57: Rodamiento rígido de bolas .....	68
Figura 58: Renderizado de la plataforma .....	69
Figura 59: Depósito de las disoluciones .....	69
Figura 60: Estructura de chapa de acero inoxidable plegada .....	70
Figura 61: mecanismo de husillo para el movimiento vertical .....	71
Figura 62: Vista de los elementos que componen el mecanismo de movimiento horizontal .....	72
Figura 63: Estación de secado .....	73
Figura 64: Vista explosionada de la herramienta de sujeción de films.....	74
Figura 65: Diseño a analizar.....	75
Figura 66: representación de las cargas aplicadas (morado) y reacciones (verde) .....	75
Figura 67: Referencia al husillo.....	76
Figura 68: Referencia a la estructura.....	77
Figura 69: Referencia a guía lineal.....	77
Figura 70: Referencia a los soportes del casquillo .....	78
Figura 71: Detalle de las sujeciones.....	79
Figura 72: Representación de las fueza aplicada sobre la cara.....	79
Figura 73: Mallado del Modelo .....	80
Figura 74: Esfuerzos de Von Misses .....	81
Figura 75: Deformaciones unitarias .....	82
Figura 76: Motor impresora Epson CC .....	83
Figura 77: Controlador de doble puente en H .....	84
Figura 78: Final de carrera .....	85
Figura 79: Relé 5V.....	85
Figura 80: Esquema del circuito electrónico .....	87
Figura 81: Construcción de una demo del circuito electrónico .....	88



## 1. OBJETO DEL PROYECTO

Este proyecto surge a raíz de la petición del Centro Tecnológico del Calzado y del Plástico (CETEC), interesado en controlar mecánicamente uno de sus procesos. Este centro tecnológico se puso en contacto con docentes del departamento de ingeniería de sistemas y automática buscando asesoramiento para las posibles soluciones a uno de sus procesos en el campo de la investigación.

Este proceso consistía en dar un tratamiento superficial llamado “Layer by Layer”, o como se traduciría al español “capa a capa”, a films de plástico de polietileno aplicando capas alternativas de polímeros iónicos para la obtención de films con alta capacidad barrera al oxígeno, y con adecuadas propiedades térmicas, mecánicas y ópticas para su posible aplicación en la industria alimentaria. En este tratamiento se intercalarán capas sucesivas de polímeros iónicos sobre un film. Así, se formará una nanoestructura sobre el film, que deberá provocar un camino tortuoso para la difusión de las moléculas de oxígeno.

Una vez introducida esta petición por parte del docente encargado se contactó con la responsable del proyecto del centro tecnológico para la visualización y toma de datos de cómo se desarrollaba el proceso en el laboratorio.

Una vez en el centro se ilustró cómo se realizaba, siendo este un proceso totalmente manual, en el que habían muchísimos parámetros que carecían de precisión alguna y falseaban las probetas de ensayo, tal y como mostraba la carencia de homogeneidad en los resultados de las pruebas, de ahí la necesidad de controlar el proceso y hacerlo lo más preciso y homogéneo posible.

Después de inspeccionar las instalaciones disponibles, el espacio para el emplazamiento y tomar notas sobre el proceso, bajo petición del profesor, se buscó diferentes soluciones comerciales para proponerle a la empresa, al tiempo que se investigó en el tema y se adquirían nociones sobre los rangos de precios en los que estos dispositivos se movían con el fin de ofrecerle la mejor solución.

Una vez estudiadas las diferentes soluciones posibles se expusieron al centro tecnológico y se optó por el diseño y construcción de una plataforma ad hoc con la mayor parte de piezas provenientes del reciclaje debido a la carencia de presupuesto destinado para este.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1. Antecedentes

Actualmente los films de plástico de polietileno predominan en el mercado frente a sus principales competidores (el vidrio, papel y metal) debido a que son menos costosos de fabricar y más ligeros, reduciendo costes en el transporte.

El inconveniente de los polímeros para determinadas aplicaciones en la industria (como es el caso de la industria alimentaria) es su elevada permeabilidad a sustancias de bajo peso molecular, como los gases  $O_2$ ,  $CO_2$ , vapor de agua y compuestos orgánicos volátiles. Por ello, existe un gran interés en el desarrollo de plásticos con mejores propiedades barrera, así como por conocer la influencia de la estructura del polímero sobre dichas propiedades.

Durante la última década la preparación de materiales en forma de película delgada ha sufrido un alto impulso en lo que a investigación se refiere, dado su alto interés tecnológico, existen diferentes procesos mediante los cuales se obtendrán diversas estructuras y morfologías, condicionando así las diferentes propiedades físicas que se busquen.

El proceso de ensamblaje capa a capa es relativamente nuevo, este busca la obtención de films nanoestructurados con diversas propiedades físicas y un bajo costo para su implantación en la industria. Este proceso proviene de una variación del proceso de dip-coating.

### 2.1.1. Recubrimiento por inmersión (Dip-coating)

El dip-coating o recubrimiento por inmersión es un proceso para la obtención de películas delgadas.

Las películas delgadas se pueden depositar a través de una variedad de técnicas, que pueden ser clasificadas de acuerdo con la fase del medio con el soluto.

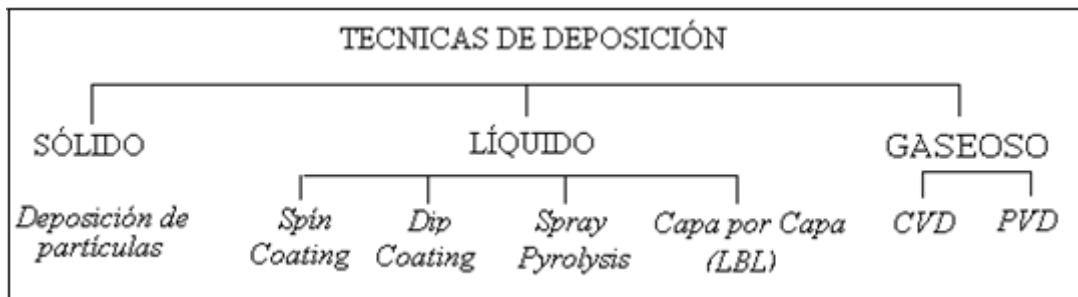


Figura 1: Técnicas de deposición

Algunos están relacionados con las técnicas de deposición de películas en forma sólida, a través de un medio líquido o gaseoso. Las técnicas de deposición en fase líquida por lo general se hacen mediante la disolución del material a depositar en un disolvente adecuado, luego la deposición en la superficie del sustrato y la evaporación controlada del solvente y / o tratamiento térmico.

La deposición líquida tiene muchas ventajas sobre otras vías de deposición como:

1. Cantidad de elementos o semiconductores disponibles
2. Las estructuras complejas (o partículas) se puede obtener en la solución y se depositan sobre el sustrato.
3. Los equipos necesarios para el depósito son más simples y más baratos que los que son similares a la deposición de gas (como en un proceso CVD, por ejemplo)

Uno de los más difundidos y utilizados para el desarrollo de películas delgadas en fase líquida es la técnica de Dip-coating.

### 2.1.1.1. Técnica de Dip-Coating:

Es un proceso con una precisión controlada de inmersión y extracción de cualquier sustrato en un depósito de líquido (solvente) con el fin de depositar una capa de material.

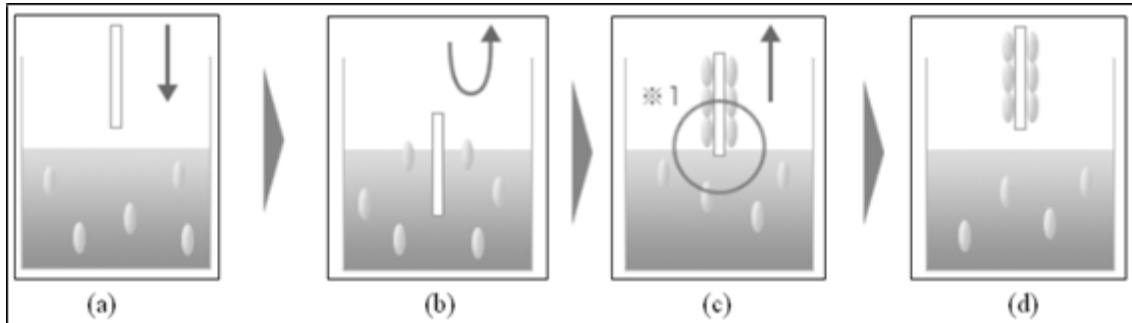


Figura 2: Etapas del proceso Dip-Coating

- a) Sumergiendo el sustrato.
- b) Colocando la muestra en posición vertical.
- c) Levantando la muestra con una velocidad opcional.
- d) Controlamos el espesor de la película por velocidad y la viscosidad

Muchos productos químicos y proyectos de investigación de los nanomateriales de ingeniería hacen uso de esta técnica.

Dip-Coating se utiliza con el método sol-gel ya que crea películas con mayor espesor, controlados con precisión, determinada principalmente por la velocidad de deposición y viscosidad de la solución

### 2.1.1.2. Factores que influyen en el proceso

Muchos factores contribuyen para determinar el estado final del baño de película delgada como:

- La superficie del sustrato inicial
- Tiempo de inmersión
- La velocidad de retiro
- El número de ciclos de inmersión

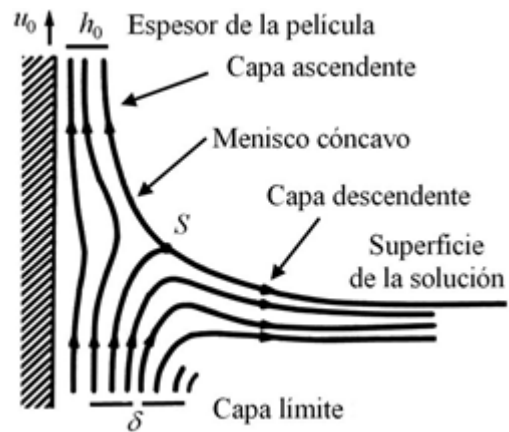
- Composición de la solución
- La concentración y la temperatura
- El número de soluciones en cada secuencia de inmersión
- La humedad ambiente

Las películas con la técnica Dip-Coating pueden ser muy uniformes, de alta calidad y formas complejas. Existe una gran variedad de equipos de Dip-Coating de acuerdo a longitudes de recorrido vertical, la inmersión, velocidades y tipos de sustrato inicial (grandes o pequeños) para ampliar la escala de producción. Si se desea más de un depósito de solución, también hay máquinas con carruseles de rotación que puede albergar a muchas soluciones.

Estos equipos deben ser controlados por un software en la velocidad de inmersión, el período de inmersión, la velocidad de la retirada, el período de secado, el número de ciclos de inmersión y de la secuencia de rotación de los depósitos con solución múltiple. El control del motor de corriente continua para el brazo de inmersión debe proporcionar un movimiento lineal liso del sustrato en varias velocidades de inmersión. La velocidad más lenta posible debería ser de 0,1 mm/min. El modelo más rápido cae a una velocidad de hasta 500 mm/min.

Modelar este proceso resulta importante porque ayuda a la comprensión de la deposición de la película, su uniformidad y finalmente el grosor de la misma. Desde el punto de vista hidrodinámico, este es un problema de una superficie libre, en el cual la evaporación juega un papel fundamental.

Una capa límite es el fluido localizado entre una superficie sólida y la solución en la cual está inmersa. Un sustrato en movimiento arrastra la capa límite; en el caso de que el sustrato ascienda emergiendo de la solución, la capa límite se divide en dos: La capa interna o ascendente que sube junto con el sustrato y la capa exterior o descendente que retorna a la solución. El espesor de la película depositada sustrato ascienda emergiendo de la solución, la capa límite se divide en dos: La capa interna o ascendente que sube junto con el sustrato y la capa exterior o descendente que retorna a la solución. El espesor de la película depositada



**Figura 3: Capa límite ( $\delta$ ) de la solución durante la extracción del sustrato a una velocidad ( $u$ ) en el proceso del Dip-Coating.  $S$  representa el punto de estancamiento**

Cuando la velocidad ( $u_0$ ) con la que se retira el sustrato y la viscosidad del líquido ( $h$ ) son suficientemente grandes como para hacer despreciables el efecto de la tensión superficial, el espesor  $h_0$  de la película, resulta del balance entre la fuerza viscosa de arrastre ( $\alpha\eta u_0/h$ ) y la fuerza de gravedad ( $\rho gh$ ). Esto puede ser expresado por la siguiente relación.

$$h_0 = c \left( \frac{\mu u_0}{\rho g} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde  $\rho$  es la densidad del líquido y la constante proporcional  $c$ , es aproximadamente de 0,8 para líquidos Newtonianos. Para sistemas en los cuales la velocidad del sustrato y la viscosidad del líquido no son suficientemente grandes como lo es en la técnica del sol-gel, es necesario considerar el efecto de la tensión superficial que adelgaza la película al incorporar la componente vertical de la tensión superficial. Es decir, el espesor de la película resulta del balance entre la fuerza viscosa de arrastre y la tensión superficial ( $\gamma_{LV}$ )

$$h_0 = 0,94(\eta u_0)^{\frac{2}{3}}/\gamma_{LV}^{\frac{1}{6}}(\rho g)^{\frac{1}{2}}$$

Aunque esta expresión ha sido construida para fluidos puros (sin fase condensada), distintos estudios han verificado la relación entre el espesor de la película y la velocidad de  $u_0^{\frac{2}{3}}\alpha h_0$ .

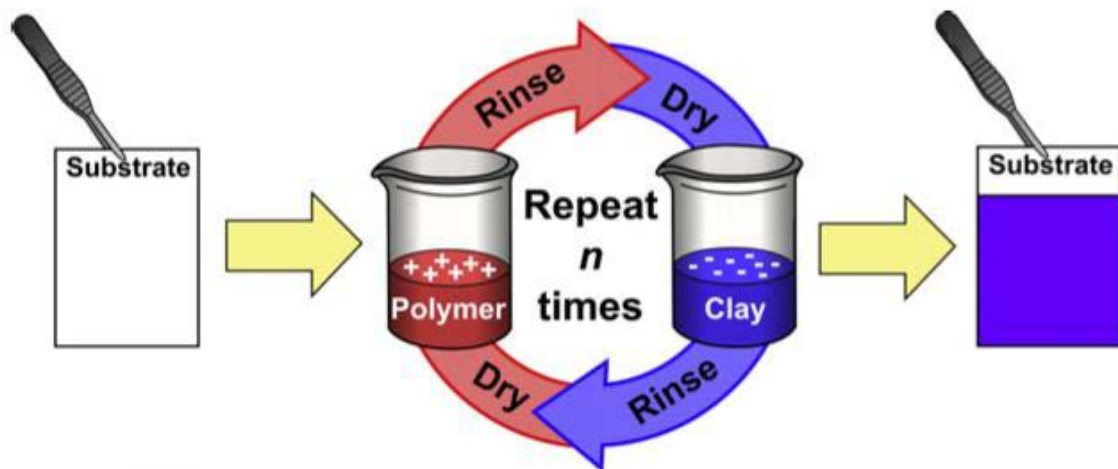


### 2.1.2. Ensamblaje capa a capa (Layer by Layer assembly)

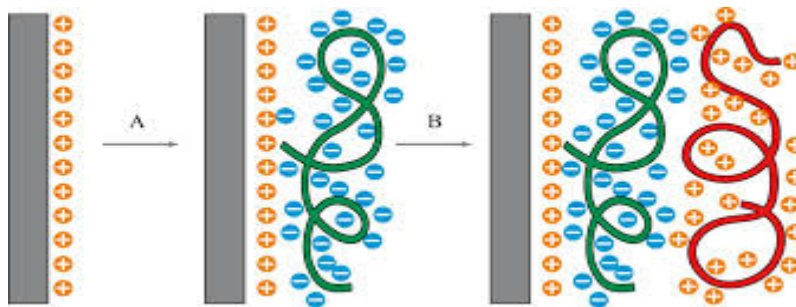
Como acabamos de ver es una técnica de fabricación de películas finas, estas se forman alternando capas de diferentes materiales con cargas opuestas, realizando enjuagues de agua entre capa y capa. La implementación de esta técnica es atribuida a R. K. Iler en 1966. Este método se recuperó más tarde después del descubrimiento de un amplio rango de polielectrolitos y en consecuencia de aplicaciones por la Universität Mainz.

Estos films multicapa se construyen de la siguiente manera:

Se sumerge el polímero substrato en una disolución acuosa de un polímero que está cargada positivamente, se enjuaga y se seca. Y después se sumerge en una disolución de nanoarcillas, que está cargada negativamente, se enjuaga y se seca. Así se forma una “bicapa polímero-nanoarcilla” unida fuertemente por las atracciones electrostáticas entre el polímero y las nanoarcillas, debida a su opuesta polaridad. Este ciclo se repite hasta alcanzar el número de bicapas deseadas



**Figura 4:** Esquema de la tecnología de ensamblaje “capa a capa” mediante disoluciones de polímeros cargados positivamente y disoluciones de nanoarcillas cargadas negativamente, formando paredes con altas propiedades barrera.



**Figura 5: Producción de una película usando el proceso capa a capa: A — deposición del polielectrolito negativo (polianión); B — deposición del polielectrolito positivo (policación).**

### 2.1.2.1. Metodología actual

La investigación trata de construir films barrera al oxígeno mediante nanoestructuras en la superficie de los mismos. Se trabaja con films de plástico de polietileno de bajo espesor (unas 45-50 micras hasta unas 100 micras como máximo) con una de las caras sometidas a tratamiento superficial denominado tratamiento corona para mejorar su humectabilidad, ya que tanto los films como los objetos de plástico poseen superficies impermeables (no porosas) y químicamente inertes cuyas tensiones son bajas, lo que las hace no receptivas para adherirse a los substratos, tintas para imprimir, adhesivos y lazas o recubrimientos.

La metodología de trabajo consiste en sumergir estos films por la cara sometida a tratamiento superficial en diferentes disoluciones iónicas para formar una nanoestructura sobre la misma.

El proceso sería el siguiente:

1. Preparar las probetas de films a las dimensiones requeridas (10 cm x 10 cm)
2. Colocar los films sujetos en un soporte plástico, de forma que queden bien estirados.
3. Sumergir los films en una disolución catiónica durante 5 minutos.
4. Enjuagar con agua durante 30 segundos.
5. Secar en estufa durante unos 5 minutos.
6. Sumergir los films en una disolución aniónica durante 5 minutos.
7. Enjuagar con agua durante 30 segundos.
8. Secar en estufa durante unos 7-10 minutos. Ya se ha formado una bicapa.

9. Repetir el proceso hasta obtener el número de bicapas deseadas, pero ahora sumergiendo los films en las disoluciones iónicas durante sólo 1 minuto.

## 2.2. Propuesta

Una vez conocido el proceso, se propuso robotizar el mismo mediante dos opciones posibles:

1. Diseñando un sistema de inmersión que integre todos los pasos descritos (inmersión, enjuague y secado), controlando los tiempos y permitiendo su variación.
2. Realizar el mismo proceso mediante rodillos de forma que el film plástico en rollos pudiera ser tratado de forma continua.

Como el proceso está todavía en fase de investigación y el tratado de forma continua sería útil para un modelo más industrial, se decidió trabajar en la primera opción, dejando la segunda propuesta para una etapa posterior en la que los resultados de los ensayos fuesen positivos.

Una vez conocida la propuesta, la primera opción fue buscar una solución comercial al problema. Esto en principio debería ser la solución más rápida y económica, pues un producto comercializado suele ser más rentable que diseñar uno desde cero.

En el caso de que esta solución fuese demasiado costosa o no se adaptara bien a nuestras necesidades, la siguiente opción sería tratar de diseñar un sistema que se ajustara por completo a lo que requiere el proceso.

Para la obtención de más información y por recomendación del docente al cargo de la dirección del proyecto así como para toma de notas, toma de muestras y apreciación de los pasos del procedimiento, se acordó una visita al centro tecnológico, en la cual los miembros encargados de la realización de este estudio mostrarían los pasos seguidos en el mismo, los materiales utilizados, las muestras obtenidas y las instalaciones de las que se servían y a su vez ofrecía el centro.

En esta toma de contacto se obtuvieron ejemplos de las probetas de ensayo, se pudo apreciar la viscosidad de los fluidos, la falta de homogeneidad del proceso al realizarlo todo de manera manual en la cual no se podían controlar los tiempos exactos ni de exposición en los fluidos ni de secado, así como tampoco la velocidad de inmersión y ascensión. Para el secado o bien lo dejaban a temperatura ambiente o utilizaban una estufa con ventilador a 80°C.

De cara a las instalaciones carecían de una instalación neumática la cual habría sido muy útil para la parte de secado, por suerte no carecían de espacio disponible para la ubicación de la plataforma.

En conocimiento de estos datos ya se tenía conciencia de las virtudes y carencias de las instalaciones, así como de los puntos a mejorar en el proceso, de manera que se procedió al estudio más a fondo del mercado.

### 3. ESTUDIO DE MERCADO

En esta fase se realizó un amplio sondeo de las posibles alternativas en el mercado, no restringiendo la búsqueda sólo a dispositivos creados para procesos de inmersión, sino buscando alternativas para su posterior reutilización en futuros proyectos de cara a que el desembolso del centro tecnológico no fuese tan dirigido a este proyecto y les resultara más atractivo el potencial de este.

El mercado de los dispositivos de inmersión va dirigido sobre todo a centros de investigación, precisando estos de una gran precisión y alto rango de variación de parámetros tales como la velocidad. Todo ello encarece mucho el precio de los dispositivos, dificultando aún más localizar una plataforma que resulte satisfactoria para el centro tecnológico.

Cabe destacar que en la búsqueda de una plataforma que manufacturara films mediante procesos capa a capa nos fue imposible hallar una solución comercial que se adaptara exactamente a nuestros requisitos, por lo que habría que acondicionar el proceso con todos los dispositivos comerciales encontrados.

Después de llevar a cabo este sondeo y como consecuencia se adquirieron numerosos conocimientos sobre los procesos de dip-coating, tanto en sistemas mecánicos como en sistemas de control y su programación. Se observaron sus puntos en común y sus diferenciaciones, focalizándose en los requisitos comunes con el centro tecnológico.

Todo esto fue imprescindible de cara al posterior diseño de la plataforma en la que se basa el proyecto, puesto que al no disponer de un presupuesto se tuvo que eliminar la mayor parte de todo lo que no era esencial.

#### 3.1. Dispositivos de inmersión

Muchos productos químicos y proyectos de investigación de los nanomateriales de ingeniería hacen uso de esta técnica.

Las películas con la técnica Dip-Coating pueden ser muy uniformes, de alta calidad y formas complejas. Existe una gran variedad de equipos de acuerdo a longitudes de recorrido vertical, la inmersión, velocidades y tamaño de sustrato para ampliar la escala de producción.

Dependiendo del número de soluciones en los que queramos sumergir las muestras existen:

- Single Vessel Dip Coater: están diseñados para un solo depósito en el que sumergir las muestras. Tienen un solo grado de libertad, el movimiento en el eje vertical.



Figura 6: Small Single Vessel Dip Coater.



Figura 7: Large Single Vessel Dip coater.

- Multivessel Dip Coater: permiten sumergir las muestras en varios depósitos con diferentes soluciones. Además del movimiento vertical, deben incluir otro grado de libertad que permita colocarse sobre los distintos depósitos. Puede ser mediante un movimiento rotatorio de la base sobre la que descansan los depósitos, o mediante un movimiento horizontal sobre un eje encima de estos.



Figura 8: Multivessel Dip Coater con sistema rotatorio

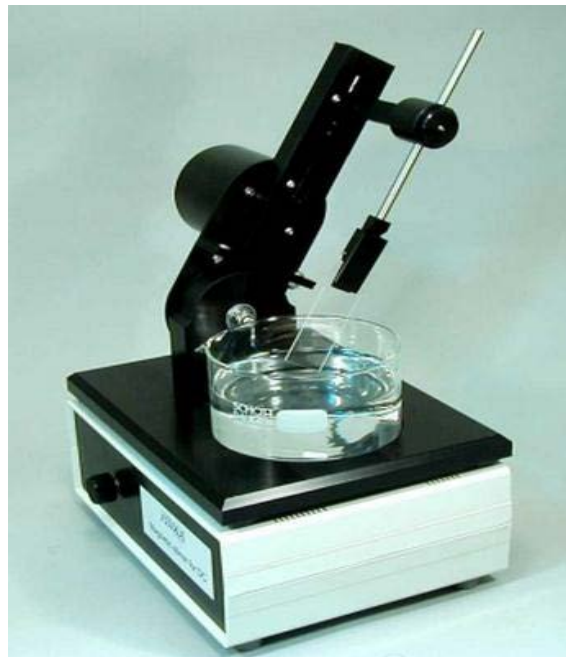


Figura 9: Multivessel Dip Coater con sistema axial

Los modelos comerciales suelen tener las siguientes características:

- Tamaño de la muestra: desde muestras de 15x5x0.15 mm en los modelos más pequeños, hasta muestras de 1 metro y 1.5 cm de grosor en los modelos más grandes.
- Peso máximo de la muestra: desde 150 gramos de peso máximo en los modelos más pequeños hasta muestras de 2,5 kg en los más grandes
- Número de muestras: algunos modelos permiten la opción de adjuntar un cargador donde poner varias muestras para que el sistema las vaya procesando. El número máximo suele ser de 10 muestras.
- Velocidad de inmersión/ascensión: dependen del modelo, los más precisos pueden llegar a tener rangos de velocidades de 0,1-100 mm/min, mientras que los de mayor tamaño se pueden mover en rangos de 1-1500 mm/min.
- Velocidad de movimiento entre depósitos: en los sistemas MultiVessel, algunos modelos permiten controlar la velocidad del desplazamiento entre inmersiones, tanto si es un movimiento rotatorio como axial, mientras que otros tienen una velocidad fija.

Algunos además incluyen otras opciones, como poder realizar la inmersión con cierto ángulo:



**Figura 10: Dip Coater con ángulo de inmersión variable.**

Los equipos más caros incluyen sistemas de control de la temperatura y la humedad:



**Figura 11: Dip Coater single vessel control de temperatura y humedad**



**Figura 12: Dip Coater multivessel con control de temperatura y humedad**

Estos equipos necesitan un software que controle los siguientes parámetros:

- Velocidad de inmersión
- Período de inmersión
- Velocidad de la retirada
- Período de secado
- Número de ciclos de inmersión
- Secuencia de depósitos con solución múltiple.

Algunos modelos incluyen un controlador integrado, pero la mayoría de los modelos permiten utilizar nuestro propio sistema de control.

Para nuestro proceso, debido al tamaño de las muestras y de los depósitos que utilizamos, necesitaríamos un Multi Vessel Dip Coater de movimiento horizontal, ya que la mayoría de los que usan una base rotatoria solo son aptos para depósitos pequeños.



### 3.2. Otros dispositivos

No queriendo restringir solamente la posible solución a la adaptación de un sistema de inmersión se pensó en la posibilidad de utilizar un brazo robótico.

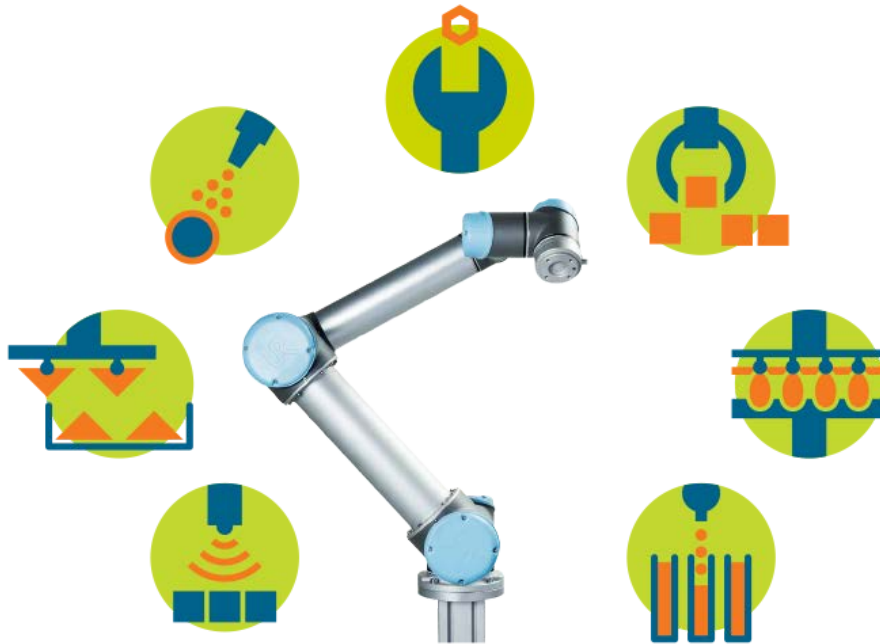
Esta opción no quedaría en un futuro restringida a un uso exclusivo para un proceso de inmersión como lo estaría un dispositivo destinado exclusivamente para ello, sino que daría multitud de oportunidades de adaptación para numerosos procesos que pudieran surgir en un futuro próximo.



Figura 13: Brazo robótico de KUKA Robotics Corporation



Figura 14: Brazo robótico de robotech labs



**Figura 15: Brazo robótico UR5 de Universal Robot**

Después de estudiar las diferentes soluciones que ofrecían la amplia variedad de productos se optó por la elección del brazo robótico de universal robots, permitiendo una amplia gama de trabajos realizables por el brazo y a su vez la posibilidad de trabajar junto a operarios sin la necesidad de un sistema de seguridad (previo estudio de riesgos).

Otro de los puntos fuertes de este brazo frente a sus competidores era la facilidad de programación que aporta su interfaz de comunicación, la cual, asegura la empresa, es muy orientativa.

A parte de todo esto, este modelo ofrece la posibilidad de trabajo colaborativo entre operarios y el robot, la cual aumenta aún más su potencial.

### 3.3. Presupuesto

Una vez seleccionadas las 2 posibles soluciones se mandaron solicitudes de presupuestos a las dos empresas que suministraban los diferentes productos.

La encargada de suministrar el dip coater multivessel con sistema axial era LASING S.A. distribuidora en España de KSVNIMA. Esta dio a conocer que no tenían herramientas de sujeción para las medidas de las probetas que se utilizaban en el proceso, pero que si se le facilitaban muestras de las mismas podían tratar de encontrar una solución.

El precio de este dip-coater era de 20000€ + IVA

Se intentó llegar a un precio más asequible pero los márgenes de negociación eran escasos.

Por otra parte con la empresa que distribuía los brazos robóticos, UNIVERSAL ROBOTS SPAIN S.L., hizo una considerable rebaja por tratarse de un uso para un centro tecnológico destinado a la investigación, teniendo este un precio de mercado superior a los 30000€ + IVA,

La empresa lo ofertó por 18500€ + IVA, lo cual representaba una importante oferta la cual hacia inclinar la balanza hacia el lado de este producto.

## 4. PRESENTACIÓN DE SOLUCIONES CON SUS RESPECTIVOS PRESUPUESTOS

Se realizó una reunión entre los miembros de la universidad destinados a la realización del proyecto y la representante del centro tecnológico del calzado y el plástico para una presentación de posibles soluciones comerciales encontradas como de la posible construcción de una plataforma ad hoc.

Ambas soluciones comerciales encontradas en el estudio de mercado expuesto en el capítulo anterior resultaron muy interesantes para la representante. Se le hizo una presentación con las posibilidades que ofrecía cada una. Cabe destacar que antes de la presentación se desconocía por parte del centro tecnológico algunos de los parámetros que podían afectar a la adherencia de la capa, como eran las velocidades de inmersión y ascenso.

Pero estas soluciones comerciales se descartaron debido a su elevado costo y a la carencia de presupuesto alguno por parte del centro tecnológico.

Esta situación representó un gran hándicap para el proyecto, ya que no se trataba del gran problema que podía representar un presupuesto reducido, sino que se trataba de la carencia total de este, lo cual nos obligó a buscar un diseño mucho más económico intentado utilizar una gran parte de componentes provenientes del reciclaje.

Después de encontrar este gran problema se ofrecieron otras soluciones que se ajustarán más a su situación de escasez presupuestaría.

Estos ejemplos presentados son dispositivos diseñados por parte de otras universidades destinados al proceso de dip-coating, que al parecer se encontraban en la misma carencia de una partida presupuestaría suficiente como para afrontar la construcción de una máquina más depurada de lo que se desearía en un principio.

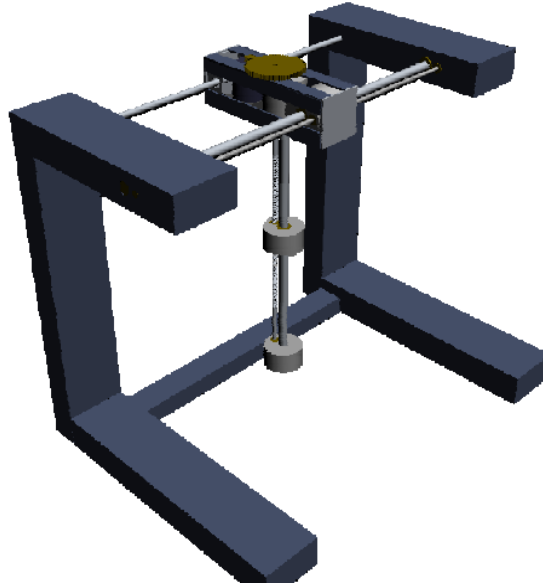


Figura 16: Ejemplo de diseño de Dip-coater de la Universidad Nacional de San Agustín Arequipa-Perú

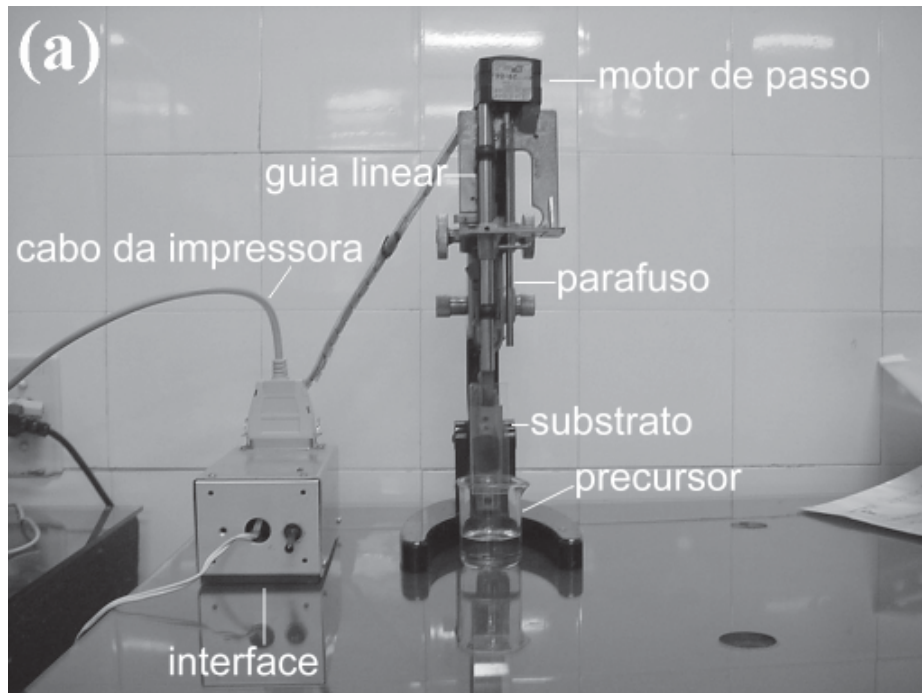


Figura 17: Ejemplo de diseño de dip-coater de la Universidade Federal do Paraná

## 4.1. Puesta en común.

Después de exponer estos diseños económicos se llegó a una serie de puntos en común, de lo que se debería modificar como mínimo cada uno de los proyectos, puesto que estos dos estaban diseñados para un proceso de dip-coating de un solo depósito, y el que se tenía intención de diseñar, aparte de necesitar un mayor número de depósitos, necesitaría también una estación de secado.

Después del intercambio de valoraciones sobre los cuales se debería de basar el diseño de nuestro proyecto se llegó a los siguientes puntos.

### 4.1.1. Requisitos obligatorios:

- Necesidad de un mecanismo con dos grados de libertad.
- Un sistema de inmersión con el tamaño suficiente para poder colocar los depósitos necesarios para nuestras muestras.
- Un controlador para poder programar los parámetros de inmersión (tiempo, velocidad, número de depósitos...).
- Un soporte para las muestras, ya que al ser films muy finos es necesario que estén extendidos y no se arruguen al entrar en contacto con el agua, pues las capas no serían uniformes.
- Sistema de secado.

### 4.1.2. Requisitos opcionales:

- Además, incluyendo la opción de que en el futuro se pase de bicapas a tricapas o tetracapas.
- Un cargador donde poder dejar varias muestras para que el sistema las vaya cogiendo y tratando.
- Como las soluciones de nanoarcillas tienen que ser homogéneas, es recomendable un agitador que mantenga la solución bien mezclada.

## 5. ELECCIÓN DE LA PLATAFORMA DE CARÁCTER ECONÓMICO ADHOC

En el brain storming que se realizó al principio del diseño de la plataforma se obtuvieron una multitud de posibles soluciones.

### 5.1. Mecanismo de inmersión vertical con giro:

Ya se habían observado en el proceso de investigación de mercado que muchos dip-coaters optaban por este diseño, ya que requería en un principio un menor espacio para un mayor número de depositos, pero dadas las dimensiones del tamaño de nuestras probetas este beneficio no sería tan apreciable como cabría esperar, además podría suponer un perjuicio en el caso de querer aumentar el número de depósitos en un futuro.

Otra de las desventajas era la necesidad de un motor con un alto par motor para producir el giro, el cual sería más difícil de obtener de la reutilización.

### 5.2. Mecanismo de inmersión vertical con movimiento axial de la plataforma:

Este consistiría el que los depósitos fueran transportados por una cinta transportadora o por el movimiento de la plataforma producido por una cremallera. Una de las ventajas sería la posibilidad de aumentar en un futuro el número de los depósitos sin tener que hacer una modificación del sistema global. En cuanto a las desventajas que se observaron cabe destacar principalmente dos, por una parte el elevado costo de implementar un sistema de movimiento mediante una cinta transportadora, y por otra en el caso de adoptar la opción de la cremallera, la gran cantidad de espacio requerida hasta la posición más alejada de todas (cuando se encontrase el depósito de cualquiera de los dos extremos en la posición de inmersión).

### 5.3. Mecanismo de inmersión vertical y movimiento axial:

Esta solución consistía en dar movimiento lineal a mecanismo encargado de la inmersión del film, bien mediante un husillo, por correa o por cremallera.

Esta fue la opción adoptada ya que no se encontraron prácticamente inconvenientes. Uno de ellos sería encontrar el par necesario para mover los husillos, ya que si estos provenían del reciclaje, no se tendría la posibilidad de disponer de una tabla de valores de la que hallar el par resistente necesario para vencer estos.

Esta alternativa era a su vez la más parecida a una de las soluciones comerciales que se había elegido, el dip-coater multivessel axial, este punto en común le añadió más peso a la elección tomada.



## 6. SELECCIÓN DEL TIPO DE PLATAFORMA A DISEÑAR

Llegados a este punto se barajaron las diferentes posibilidades que se podían llevar a cabo para el diseño de la plataforma, teniendo siempre en consideración el carácter económico que debía de tener esta, dificultando enormemente el proceso de selección de componentes y las posibles soluciones a adoptar.

El objetivo de esta fase era encontrar la solución óptima para el proyecto, intentado llegar siempre al máximo de nuestras limitaciones.

Se diseñaron varios bocetos, en los cuales se descartaban las propuestas más arriesgadas desde el punto de vista económico, dando siempre prioridad a lo simple.

Se buscaron soluciones a diferentes dispositivos que tuvieran algún parecido con la plataforma, pudiendo ser estos plotters, fresadoras CNC, impresoras 3D. De esta manera se pudo observar que había multitud de soluciones caseras y a su vez económicas.

Uno de los bocetos definitivos llevados a CAD consistía en el uso de un husillo para el movimiento vertical, y una correa para el movimiento horizontal, restringiendo los grados de libertad de este y dándole soporte un par de varillas de acero calibrado.

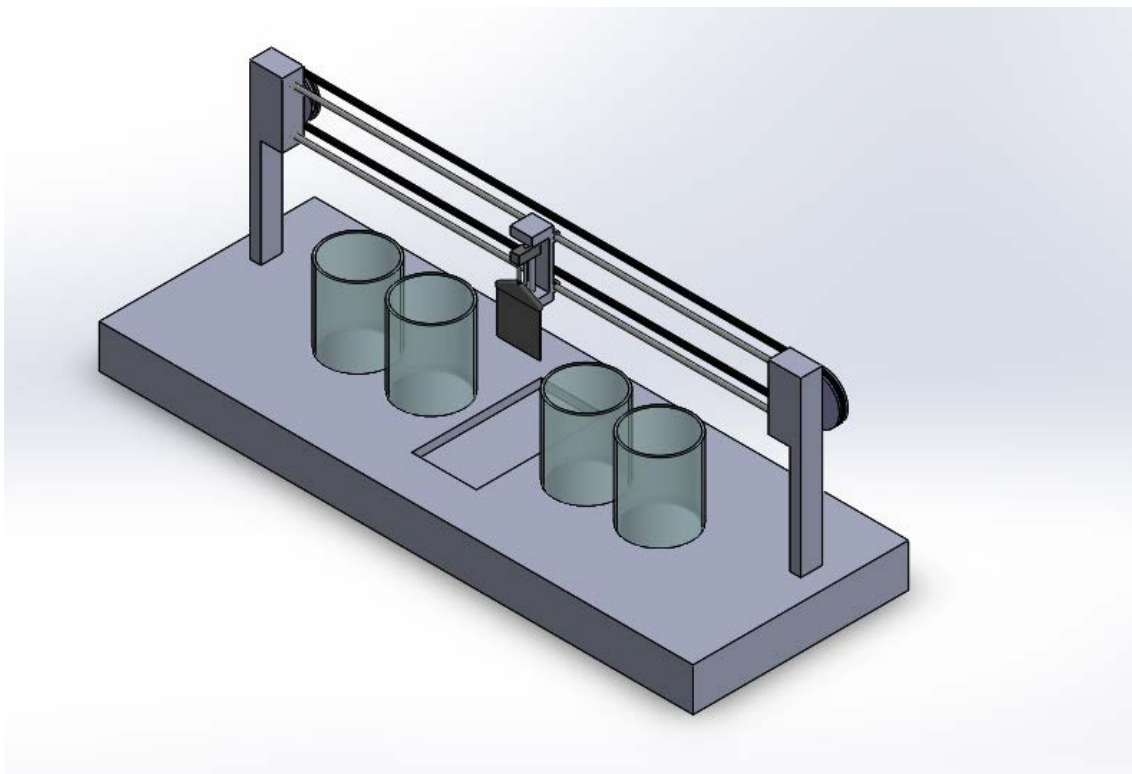
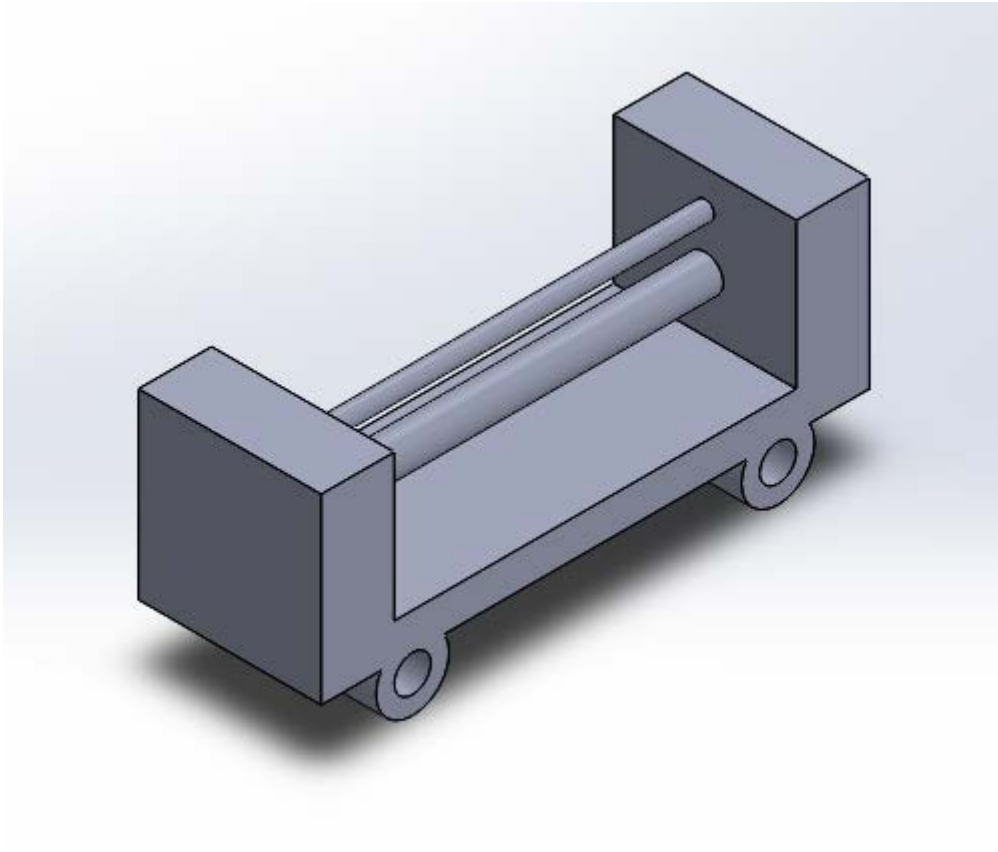
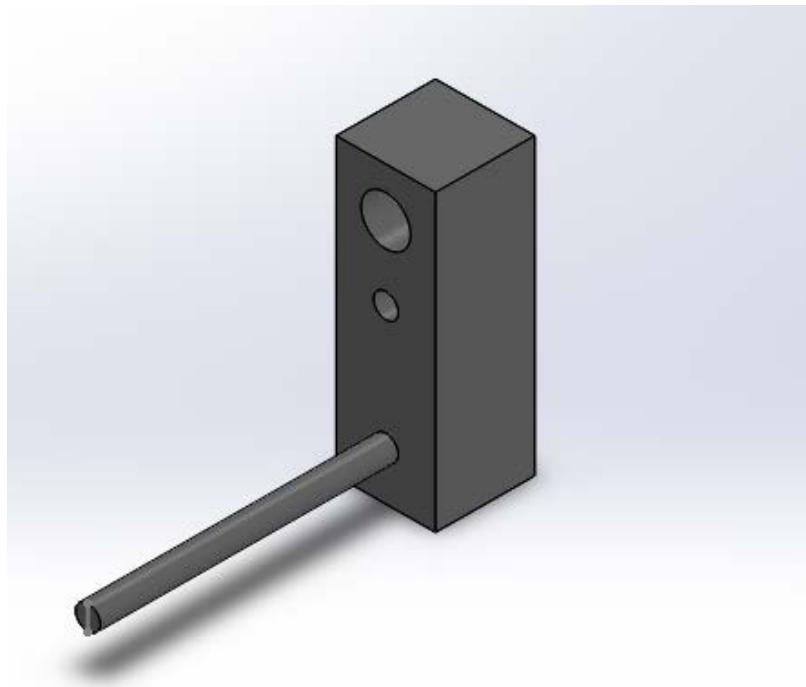


Figura 18: Diseño en CAD de la primera idea del prototipo



**Figura 19: Parte fija del husillo**



**Figura 20: Tuerca del husillo**

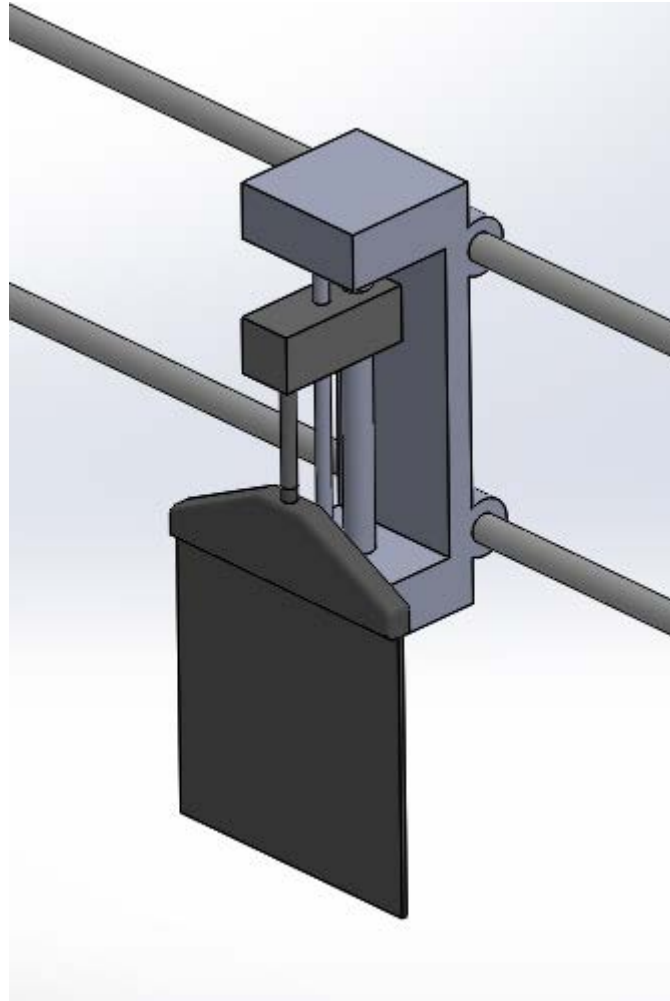


Figura 21: Mecanismo del husillo

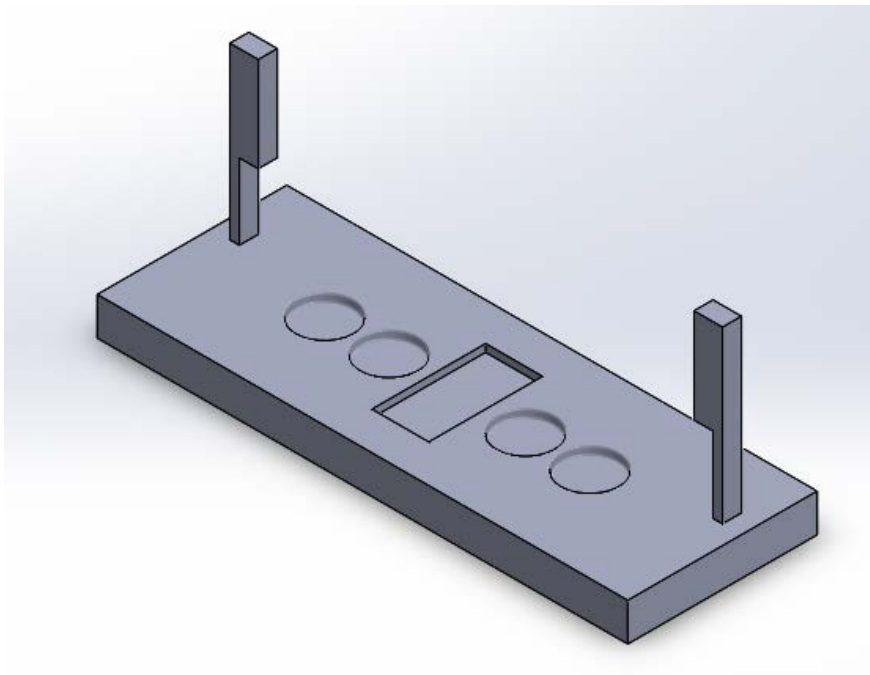


Figura 22: Bastidor del dispositivo

Este primer diseño se realizó para poder exponer al centro tecnológico la principal idea de cómo podría ser su dispositivo, de tal manera que pudieran expresar su postura desde algo sólido y dar indicaciones sobre lo potencialmente mejorable.

El hueco del cuadrado central es el destinado a la estación de secado, en esta fase no se pudo reflejar en el diseño CAD porque todavía no se había terminado de definir la idea final y habían muchos campos posibles abiertos.

Siendo conscientes de las variaciones que podría sufrir el prototipo conforme fueran apareciendo nuevos componentes provenientes del reciclado, se llevó a cabo posteriormente un posible diseño más detallado.

## 7. SELECCIÓN DE LOS POSIBLES COMPONENTES RECICLADOS

Llegados a este punto y debido a su considerable complejidad no se pudo indagar mucho sobre las amplias posibilidades que el campo del reciclado nos ofrecía, puesto que siempre se podrían encontrar componentes mejores que los hallados hasta el momento, así que se restringió esta búsqueda a los componentes más caros y más fácilmente obtenibles.

### 7.1. Dispositivos electrónicos

Dada la evolución del mercado en el sector de la electrónica así como su carácter perecedero, se centró en este campo una búsqueda de los componentes que estos aparatos nos podían ofrecer así como la reutilización e implantación de algunos de estos en nuestro próximo diseño. Una vez iniciada la búsqueda en este sector, se pensó cual eran los potenciales dispositivos de los que se podría nutrir el proyecto.

Uno de ellos eran los plotters, ya que estos podrían ofrecer los componentes para la solución del movimiento horizontal. Una de sus ventajas frente a las impresoras convencionales es la gran amplitud de su bancada, siendo esta una de las condiciones imprescindibles del diseño de la plataforma a construir, ya que según las estimaciones la bancada del prototipo oscilaría sobre el metro aproximadamente. Los componentes que nos podría ofrecer el desguace de este serían:

- Guías lineales
- Correas
- Poleas
- Reductoros
- Motores

Siendo este último uno de los componentes más importantes a la hora de reducir el presupuesto final del proyecto. En lo descubierto hasta el momento la mayoría de los plotters utilizan motores de continua pero sin tener una gran potencia, pero suponiendo suficiente el par torsor de este para el fin a utilizar.



Figura 23: Motor de CC perteneciente a un plotter



Figura 24: Plotter abierto

En el caso de este proyecto, al carecer de tiempo para buscar entre los plotters desechados por parte de la universidad, se procedió al desguace de una impresora, consiguiendo solamente aprovechar de esta dos motores de corriente continua.

Debido al tamaño reducido de la impresora, no se pudieron aprovechar ni las guías lineales ni la correa. También se descartó la opción de reutilizar las poleas por la posible complicación que podría producir esta de cara a encontrar una compatible en el mercado y ante la esperanza de poder utilizar y adaptar en un futuro los componentes de un plotter.

## **7.2. Maquinaria industrial**

A causa de la implantación de nuevas tecnologías en el ámbito del control computerizado haciendo quedar obsoletos modelos antiguos, la industria lleva años reemplazando tornos y fresadoras por modelos que aumenten su productividad.

Muchas de estas fresadoras se venden aún en el mercado de segunda mano, pero al tener muchas horas de trabajo ya realizadas, muchos de sus componentes fallan y se opta por no recuperarlas.

De estas maquinarias desfasadas aún puede aprovecharse numerosos componentes, tales como:

- Guías lineales
- Husillos
- Soportes de los anteriores
- Rodamientos
- Motores

El hándicap que aquí se plantea es el contrario al anterior, y es el requisito de que la mayoría de componentes deben de estar próximos a la longitud de un metro.

Otro de los problemas que puede presentar la reutilización de componentes de este origen es el sobredimensionamiento que se les da a estos para soportar las grandes cargas a los que son sometidos. La plataforma no soporta a penas cargas y no es necesario utilizar, por ejemplo, husillos de gran diámetro que requieren de motores con un gran par motor. De esta forma hay que realizar una gran búsqueda, de manera que se encuentren los componentes óptimos para su implantación en el proyecto.

Por la carencia de tiempo tampoco se pudo llevar a cabo una búsqueda en los talleres de la universidad ni en ningún desguace.

Debido al valor que aún poseen muchas de la maquinaria de este tipo, resulta muy complicada la búsqueda de componentes de estas.

Siendo conscientes de la dificultad que presentaba esta situación de carencia total de presupuesto y tiempo para realizar el proyecto con un carácter económico, por recomendación del director del proyecto se decidió proceder a un diseño que se nutriese de las soluciones que pudiera ofertar el mercado en lo que a componentes se refiere, intentado utilizar siempre una vía económica frente a lo que a priori sería la solución idónea que le aportase a la plataforma una mayor durabilidad, pudiendo en este caso utilizar también componentes provenientes de la impresión 3D a consecuencia del auge que ha tenido en los últimos años y su precio reducido en comparación con las piezas provenientes del mecanizado.

También se sugirió por parte del director del proyecto que se intentara utilizar una solución que pareciese adaptable a los posibles componentes derivados del reciclaje.

Considerando esta nueva premisa se procedió al estudio del mercado de componentes industriales y a su elección.



## 8. ESTUDIO DEL DISEÑO MECÁNICO

A la hora de afrontar las soluciones a adoptar para la elección de componentes se presenta un amplio abanico de posibilidades, teniendo presente la nueva premisa del proyecto, se seleccionaron los más óptimos para el fin continuar con el carácter económico del prototipo.

### 8.1. Bastidor

#### 8.1.1. Acero mecanizado

En el primer boceto se consideró un bastidor de acero, el cual aportase robustez, consistente en una plataforma con un mecanizado para darle estabilidad a los recipientes, y en dos barras verticales mecanizadas que sirvieran como apoyo para el mecanismo encargado del movimiento horizontal.

Esta idea fue desechada por carecer de utilidad frente al precio que esta suponía.

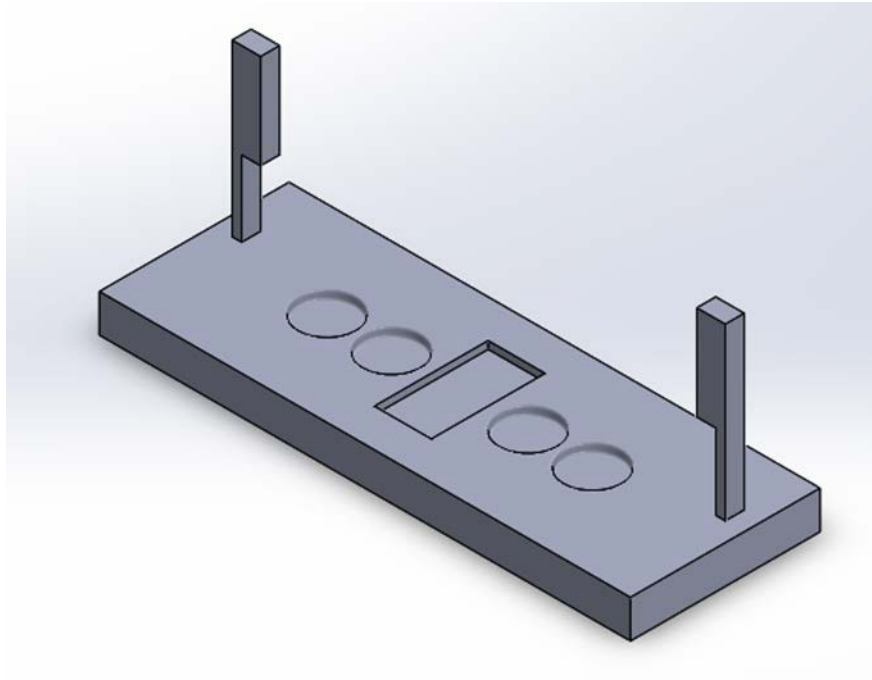


Figura 25: Bastidor del boceto

### 8.1.2. Perfilera de aluminio

La segunda idea fue utilizar perfilera de aluminio para la construcción de un bastidor que sirviera de estructura para el mismo fin que el anterior, la ventaja que ofrecía esta solución frente a otras eran las diferentes posibilidades de unión estructural.

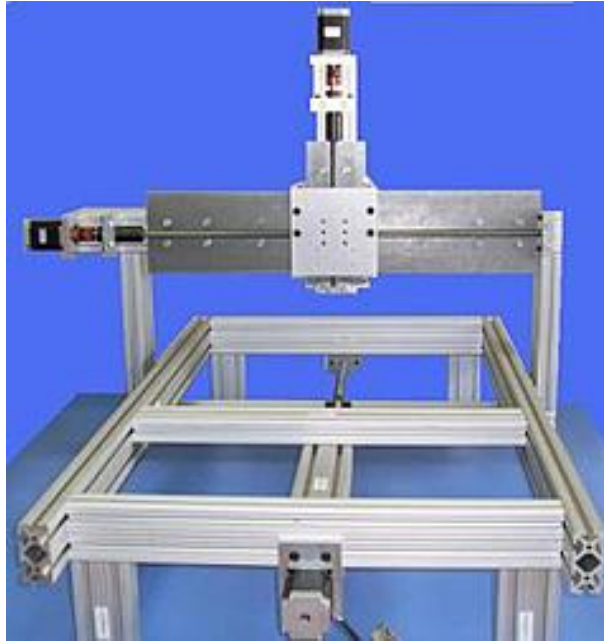


Figura 26: CNC con estructura en perfilera de aluminio

Uno de los impedimentos es el coste de la perfilera de aluminio el cual es elevado en comparación con otras opciones, y no daba a su vez solución a la base de la plataforma.

### 8.1.3. Impresión 3D

La impresión 3D es desde hace poco una opción más que viable para dar soluciones a problemas estructurales. Es conocido el mecanismo de clonación que utiliza una marca de impresoras 3D, en la cual una vez comprada la unidad se dispone de los planos para imprimir el bastidor de una nueva, teniendo que comprar únicamente los componentes electrónicos y de unión. Utilizando esta idea se pensó en la posibilidad de diseñar un bastidor.

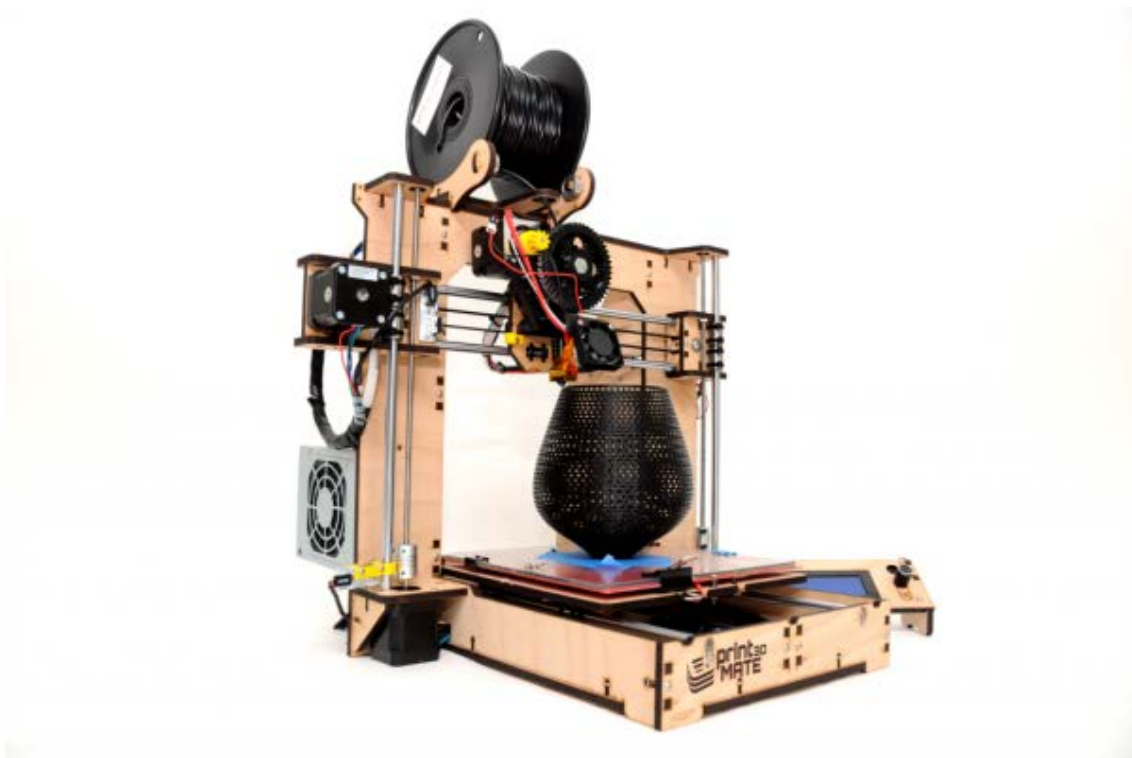


Figura 27: Impresora 3D con bastidor en ABS

Esta idea era de las más interesantes, pero el material a utilizar suponía una considerable cantidad y las propiedades mecánicas que poseen el ABS o el PLA a un espesor reducido podían no ser suficientes para dar estructura a las piezas encargadas de dar movimiento a la plataforma.

#### 8.1.4. Chapa plegada

Esta alternativa resultaba ser muy interesante, puesto que no suponía un gran desembolso monetario en comparación con las demás soluciones, nos ofrecía la posibilidad de solventar el problema de la base y la estructura para dar el apoyo de las guías lineales, sirviéndonos de estas además para dar más rigidez a la estructura global.



**Figura 28: Ejemplo de plegado en acero inoxidable**

El plegado de chapa brinda una gran gama de posibilidades, puesto que las geometrías pueden ser muy variadas y así hacer frente a los requisitos mecánicos que pueda demandarnos el objeto a construir. En la actualidad muchas empresas utilizan esta herramienta para abaratar costes y obtener una solución duradera.

Debido a sus ventajas sobre las demás soluciones consideradas se optó por el diseño de esta alternativa.

## 8.2. Movimiento vertical

### 8.2.1. Actuadores lineales de precisión



Figura 29: Actuadores lineales de precisión

En el movimiento vertical, lo ideal hubiera sido un actuador mecánico de precisión, el cual proporcionaría un rango mayor, preciso y estable de velocidades de avance, la programación de este por otra parte habría sido mucho más compleja, pero el real inconveniente de este producto era el precio, el cual hacía inviable su implantación en el proyecto.

En la solución comercial estudiada al principio de la memoria se servían de uno de estos dispositivos, pudiendo ser este uno de los principales motivos de su exorbitante precio.

### 8.2.2. Cremallera

Estudiando esta alternativa desde el punto de vista de la reutilización de materiales provenientes del reciclado parecía esperanzadora, pero la necesidad de un motor que moviera su peso y a su vez el del mecanismo encargado del movimiento lineal se tuvo que desistir de ella, ya que lo que se podría economizar la solución a su vez se encarecía al tener que aumentar el presupuesto destinado al apartado de motores.

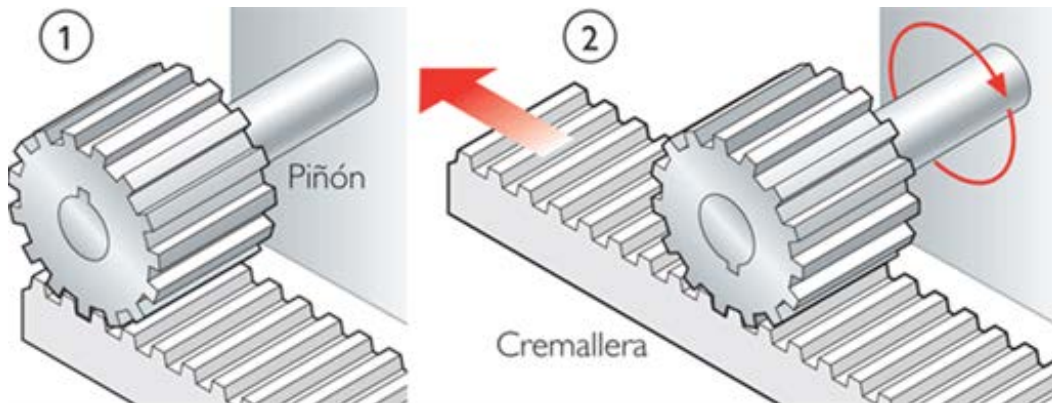


Figura 30: Mecanismo de movimiento lineal por cremallera

### 8.2.3. Correa

Siendo esta una de las soluciones más adoptadas para la fabricación de plotters, y máquinas CNC se consideró como una de las soluciones más viables y factibles para el desarrollo de un movimiento lineal. Hay multitud de ejemplos en la industria del mecanismo de transmisión por correa debido a su fiabilidad y relativo bajo costo.

Pensando en los posibles inconvenientes que nos podía generar era el control de bajos rangos de velocidad, para el cual se debería de instalar una reductora. También presenta un problema en cuanto a la optimización de espacio, debido a que el conjunto del mecanismo debería de contemplar un espacio para la ubicación de las poleas.

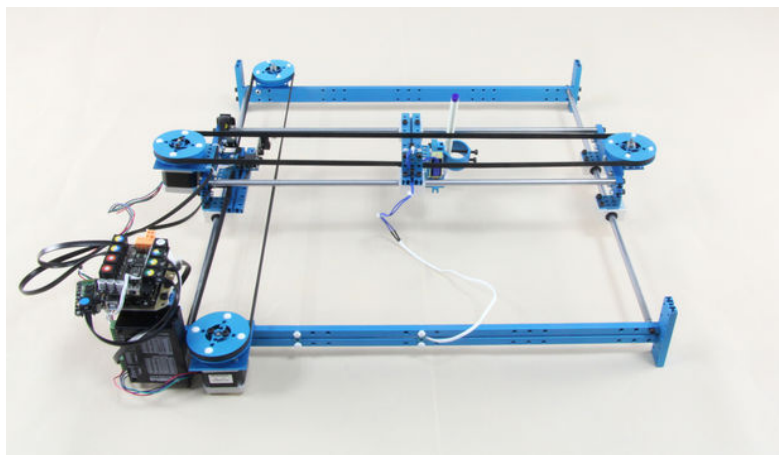
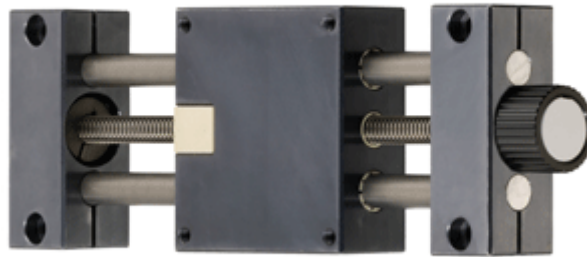


Figura 31: Plotter con movimiento lineal mediante correas



#### 8.2.4. Husillo

Al igual que el movimiento lineal a través de correa, este recurso se utiliza en la fabricación de CNC, impresoras 3D y maquinaria que necesite de precisión y a su vez potencia, ya que este mecanismo ofrece levantar grandes cargas.



**Figura 32: Mecanismo de movimiento lineal por husillo**

Este elemento al tener velocidades de avance por vuelta relativamente pequeñas da la posibilidad de trabajar en rangos de velocidades bajos y a su vez ofrece una gran precisión. Dados los requisitos de este proceso, es imprescindible poder hacer pequeñas variaciones de velocidad, por lo que esta solución a priori parece la más adecuada de utilizar para el movimiento vertical.

Cabe destacar que el cálculo necesario para el movimiento del husillo por parte del motor, es cuanto menos, complicado en piezas recicladas puesto que se carece de las fichas técnicas de las mismas. De esta manera desconocemos los torsores estáticos a vencer.

### 8.3. Movimiento horizontal

Para este caso, al tratarse también de un movimiento lineal, las soluciones que se plantean son semejantes a las anteriores, contemplando como posibles de su implantación la de movimiento mediante correa, movimiento por husillo y movimiento a través de cremallera.

A su vez este punto presenta ciertas variaciones que hay que tener en cuenta. En este caso no estamos sujetos a la necesidad de controlar velocidades, ni tampoco se requiere de una precisión exacta, pero no se debe descuidar esta, puesto que se necesita la mayor homogeneidad posible a lo largo del proceso para descartar cualquier variación posible entre capa y capa y entre probeta y probeta. De este modo, aunque a priori la precisión parece un requisito descartable, es una variable a tener en cuenta.

Centrándose en cada uno de los mecanismos destinados a aplicar un movimiento horizontal, se descartó la opción de utilizar una cremallera puesto que en el caso de utilizarla para desplazar la base con los depósitos el espacio requerido sería desproporcionado, y en el caso de utilizarlo para desplazar el mecanismo de inmersión se requeriría la colocación del motor encargado de accionar la cremallera aumentando el volumen y el peso de este, exigiendo una mayor potencia.

Barajando las diferentes posibilidades, y confrontado entre ellas sus pros y contras, se llegó a la conclusión de que era recomendable asumir un posible sobre coste y conservar la opción de la precisión, para no comprometer una posible variación de los resultados.

De este modo se eligió el uso de un mecanismo de husillo para definir el movimiento horizontal, no resultando tan costoso al no tener que sobredimensionar por no ser muy pesada la parte móvil.



## 8.4. Sistemas lineales

El mercado ofrece hoy día multitud de soluciones comerciales, resolviendo la multitud de situaciones que se puedan presentar, soportando diferentes tipos de cargas y grandes magnitudes de estas. Nuestra plataforma no requiere soportar grandes cargas, siendo esta una única sollicitación a flexión en el movimiento horizontal debido al peso del mecanismo de inmersión.

Al ser este uno de los componentes donde se puede reducir el coste final al estar menos sollicitado, se intentará encontrar la solución más económica posible.

### 8.4.1. Guía lineal con patín

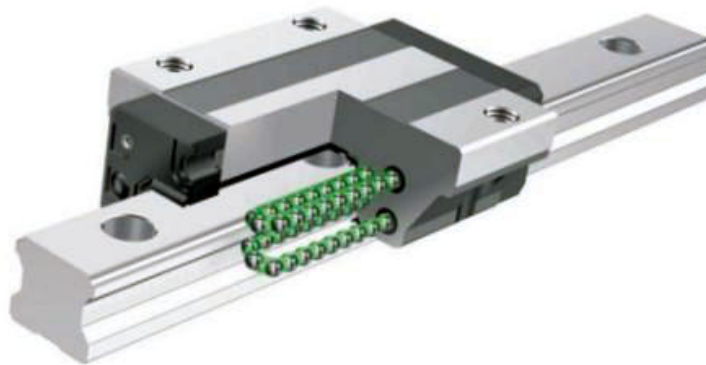


Figura 33: Guía lineal con patín

Este tipo de guía lineal está diseñada para soportar grandes cargas, es una de las soluciones más recomendables para multitud de usos, pudiendo esta soportar varios de esfuerzos. El inconveniente es su precio, por lo que en un principio queda descartada.

### 8.4.2. Guías lineales con jaulas planas

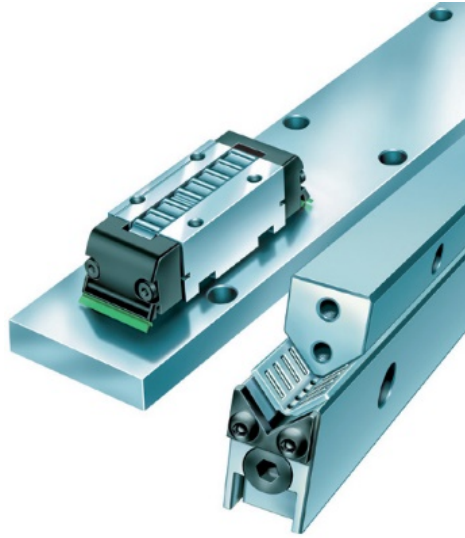


Figura 34: Guías lineales con jaulas planas

Se caracterizan por la elevada capacidad de carga, combinada con una precisión absoluta. Su capacidad de carga resulta de la elevada cantidad de elementos rodantes en la zona de carga y de la posibilidad de aumentar todavía más la cantidad de agujas mediante unas jaulas de diseño más largo. Al igual que con las guías lineales de patín, la sollicitaciones que requiere el diseño no son tan elevadas como para uso de estas y debido a su coste no son la opción más adecuada.

### 8.4.3. Barra lineal con base rectificada



Figura 35: Barra lineal con base rectificada

Este tipo de barras lineales combinadas con una base ofrecen una mayor resistencia que las barras por si solas. Siendo este de menor coste que los anteriores, sigue proporcionando una alta resistencia al que los anteriores, siendo esta excesiva para el fin a satisfacer.

#### 8.4.4. Barra templada



Figura 36: Barra templada

Conservando entre sus características una alta resistencia, esta es una de las soluciones comerciales más asequibles, muy utilizada en la construcción de CNC y maquinaria industrial en general. Al ser la solución más económica que el resto de las propuestas anteriores se contemplara como primera opción.

## 8.5. HERRAMIENTA PARA LA SUJECIÓN DEL FILM

En este punto, los responsables del centro tecnológico insistieron mucho en que los film estuvieran totalmente extendidos, puesto que era una condición indispensable a la hora de que la película formada fuera lo más uniforme posible y se presentase una homogeneidad entre ensayo y ensayo.

La herramienta improvisada de la que se servían ellos era un plástico recortado a medida que usaban de base y unas pinzas para sujetar ambos extremos. Al utilizar una base para mantener extendido el film imposibilitaba a su vez la deposición de la película en la cara de contacto con la base, por lo que las muestras no podían tratarse por ambos lados.



Figura 37: Base para extender los films

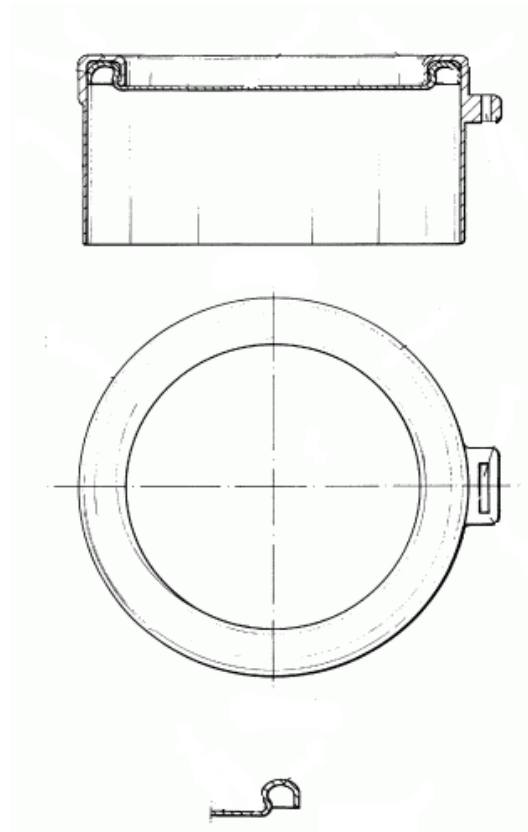


Figura 38: Herramienta del CETEC para la sujeción de films

La solución que se quería plantear era posibilitar la adherencia de las capas de nanoarcillas en ambos lados del film, manteniendo este totalmente extendido.

El inconveniente que se encontró provenía de la frágil estructura que poseen los films de plástico con los que se trabaja y su dificultad para mantenerlos tersos sin que se produjeran deformaciones plásticas.

Una de las ideas pensadas, fue utilizar el mismo sistema que se utiliza para tersar la membrana de los materiales musicales de percusión, en la que se intercala la membrana entre dos bastidores concéntricos. El problema que supone este sistema es el esfuerzo a tracción que es sometido el material, provocando deformaciones en este y produciendo en consecuencia discontinuidades en la superficie del film de plástico.



**Figura 39: Dispositivo para acoplamiento de parches en instrumentos de percusión**

En lo siguiente que se pensó era una derivación de este mismo dispositivo, en la que se formara una especie de sándwich formado por una base con una hendidura el film de plástico como capa intermedia y otra base o tapadera en la que llevara una pestaña saliente con un mínimo menor espesor que la hendidura de la base y de igual

profundidad de manera que esta pestaña encajase con la hendidura por apriete y dejara formado una pieza en sándwich, en la que el film de plástico estuviera totalmente terso.

Aunque los esfuerzos de tracción eran considerablemente menores que con el dispositivo para el acoplamiento de parches en instrumentos de percusión, estos seguían existiendo, y podrían producirse irregularidades de forma también en los extremos en esta solución por lo que se descartó.

Buscando una solución que fuera económica y a su vez que no presentase deformaciones en el film, se pensó en que la solución óptima sería un dispositivo en el que las fuerzas de unión fueran puramente a compresión entre las capas, como la fuerza que de atracción que ejercen los imanes entre ellos, pero se quería a su vez que estuvieran repartidas por igual por la superficie a sellar del film de plástico.

La medida por la que se optó fue la de formar una estructura en forma de panel sándwich, basado en una base rígida plana, del tamaño de la muestra a sumergir, cortada como un marco, esta base llevaría una plancha de imán adherido de la misma forma de esta, se colocaría el film entre medias de la estructura en sándwich y se cerraría con otra plancha de imán de las mismas dimensiones. Como elemento de unión al mecanismo de inmersión se utilizaría una simple pinza para que hiciera de sujeción.

El tipo de imán a usar es una plancha flexible con una cara adhesiva, del mismo tipo que se utilizan en las neveras de las casas.



**Figura 40: Rollo de plancha de imán adhesivo**

## 9. SOLUCIONES ADOPTADAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE SECADO

En este punto del proyecto se definen las soluciones derivadas de las anteriormente expuestas para el diseño mecánico que se iban a llevar a acabo de cara a la representación en CAD y la construcción de la plataforma.

Se decidió, basándose en el estudio de los diferentes componentes, que se elegirían los más óptimos sobredimensionando no más de lo necesario, puesto que las cargas a mover eran mínimas y por lo tanto la sollicitación estructural es mínima.

En la parte puramente estructural, se selecciona utilizar una chapa plegada ya que con esta se abordan diferentes puntos a la vez. Con el plegado de chapa se puede diseñar una base para mantener elevada la estructura y a la misma vez mediante plegado dar forma a la estructura que soporta la carga de los elementos encargados del movimiento lineal horizontal.

Tratando el diseño del mecanismo encargado del movimiento horizontal, el cual daría movimiento a sistema de inmersión, se determina utilizar un sistema de husillo basándose en la necesidad de precisión que el proceso implica. Para limitar los grados de libertad del mecanismo del husillo, y sinérgicamente dar robustez a la estructura de la plataforma se utiliza una barra templada ya que el uso de otros sistemas lineales carecía de sentido, puesto que los esfuerzos a soportar por estos eran bastante bajos como para justificar su uso.

Ya enfocando el último sistema a resolver, el del movimiento vertical encargado de la función de la inmersión, y dada la relevancia que tiene la necesidad de que este fuera un sistema preciso, se decanta también por un mecanismo de husillo, siendo este uno de los sistemas más precisos y regulables al alcance presupuestario.

Para la utilización de muchas piezas de sujeción y unión entre elementos, se creyó conveniente la utilización de prototipado rápido por impresión 3D, debido a que aunque algunos elementos necesarios que se podían conseguir a través de una solución comercial, al ser piezas mecanizadas en acero, diseñadas para soportar altos esfuerzos, el precio no argumentaba su elección frente a la opción de la impresión 3D, la cual puede en algunos casos resultar la vía más económica.



## 9.1. Sistema de secado

Este punto a resolver es quizá uno de los más complejos a la hora de decidir cual es la solución más conveniente, ya que existen multitud de formas de afrontar esta.

Entre la variedad de soluciones de secado se exponen las más interesantes para este proyecto.

### 9.1.1. Estudio de las soluciones comerciales

#### 9.1.1.1. Secador de laboratorio



Figura 41: Secador de laboratorio

En el centro tecnológico a la hora de llevar a cabo este proceso se servían de un secador de laboratorio del que disponían allí, este consta de un armario en cuyo interior depositas el producto que deseas secar y seleccionas la temperatura a la que se desea llevar a cabo el proceso. La operación que este aparato ejecuta es la de crear un flujo convectivo a la temperatura anteriormente elegida.

En el centro tecnológico llevaban a cabo esta operación a una temperatura de 80°C, por lo que se posee una idea de la temperatura máxima a la que se podría operar.



### 9.1.1.2. Secador de radiografías



Figura 42: Secador de radiografías

Este sistema de secado se basa en el mismo sistema del anterior dispositivo, la única variación es la de la implantación de una herramienta encargada de mantener extendidos las radiografías. La ventaja actual sobre este punto es que el sistema pensado para mantener extendidos los films nos ofrece una solución en este aspecto.

### 9.1.1.3. Secador de películas de cine



Figura 43: Dispositivo para el secado de película NDT

El funcionamiento de este dispositivo se basa en un primer proceso de eliminación de fluido y en un segundo de secado con aire caliente. Observando este proceso se llega a la conclusión de la importancia de la aplicación de una fase de eliminación del sobrante de fluido que pueda estar presente en la superficie del film, quitando el grueso del problema a tratar.

Este producto también contiene un depósito para el líquido sobrante, detalle a contemplar de cara al diseño de nuestro sistema de secado

#### 9.1.1.4. Luz Infrarroja



Figura 44: Lámparas de luz infrarroja

El uso de lámparas infrarrojas es muy habitual en procesos de secado industriales, debido a su fácil implantación y a sus tiempos cortos de reacción. Esta solución de secado resulta complicado de implantar en la plataforma que se desea diseñar puesto que requiere de unas distancias mínimas al film, y puesto que no soluciona por si sola el problema del agua sobrante. Por otro lado este tipo de bombillas no resultan económicas a la hora de adquirirlas, por lo que no cumple la condición de bajo coste de nuestro proyecto.

#### 9.1.1.5. Secadores de manos por cortina de aire

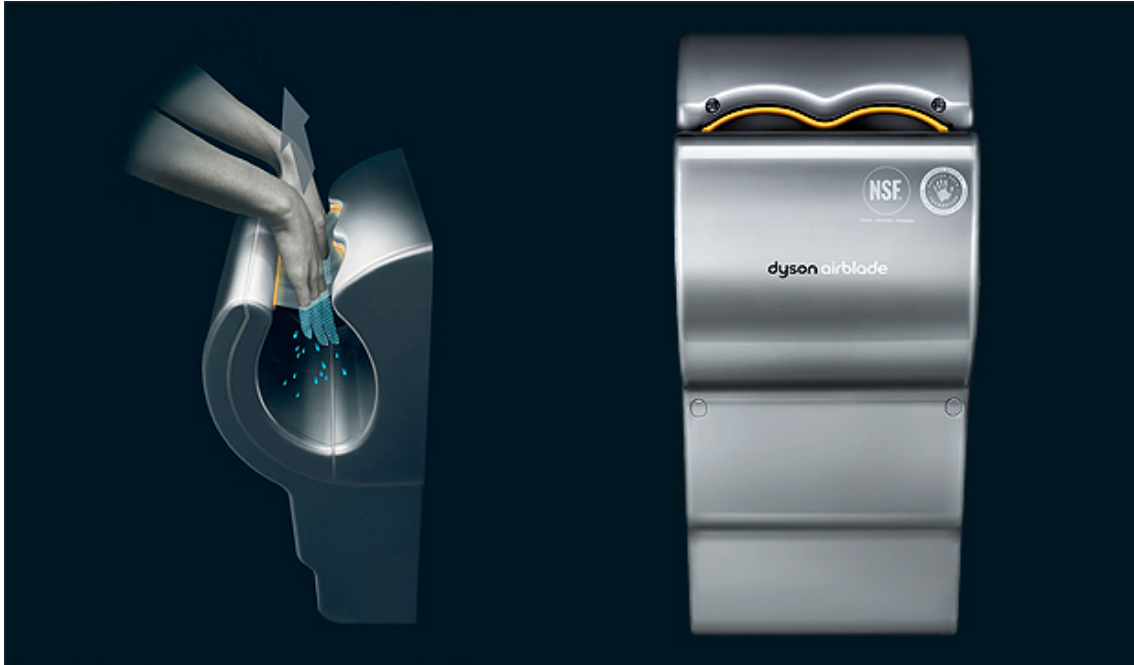


Figura 45: Secador de manos dyson airblade

Buscando una solución diferente al secado por calor se encontraron dispositivos basados en otros principios. Uno de ellos eran los secados por cortina de aire.

Este tipo de secadores dirige una cortina de aire que desplaza el líquido de una superficie hasta la parte inferior del dispositivo donde se procede a su desagüe. Si la superficie sigue mojada se repite el proceso hasta que queda totalmente seca.

Observando el potencial que tenía este sistema de secado en la plataforma se intentó implantar un sistema similar en esta.

#### 9.1.2. Solución del sistema de secado adoptada

Encarando la lista de componentes que conformarían el sistema de secado se echaba en falta una instalación neumática en el laboratorio del CETEC, la cual habría solucionado el problema que se presentaba a la hora de crear un flujo con el suficiente caudal para crear una cortina de aire capaz de desprender el fluido sobrante de la superficie del film.

Centrando la búsqueda en hallar un dispositivo capaz de ofrecer los requisitos necesarios de administración de flujo de aire se pensó en dos posibles soluciones.



Figura 46: Compresor 25 litros caudal 165 l/min

Una de las posibles soluciones era la adquisición de un compresor de aire. Este aparato cumpliría con los requisitos de caudal en mayor medida a las necesidades contempladas. Se descartó el uso de este puesto que, aparte de sobrepasar el presupuesto y tener un alto nivel de decibelios cuando está en funcionamiento, adaptar un controlador para su puesta en marcha encarecería y dificultaría demasiado su implantación.

Intentando encontrar una solución que se adaptase más a las exigencias de la creación del sistema de secado por cortina de aire, se medita en buscar un dispositivo similar al compresor de calderín pero de menores dimensiones y de especificaciones más ajustadas a los requisitos planteados.



**Figura 47: Compresor de aire portátil a 12 Voltios**

Este aparato a pesar de no ofrecer los caudales tan elevados que ofrece el anterior dispositivo, cumple las condiciones de economicidad, nivel sonoro para operar dentro de un espacio cerrado, voluminosidad y facilidad de implementación de su control.

Dado que un solo compresor de este tipo no aportar caudal suficiente como para crear dos cortinas de aire lo bastante potentes como para desprender la capa de fluido de la superficie del film se optó por la incorporación de dos compresores del mismo tipo, de manera que cada boquilla tuviera el caudal máximo ofrecido por el compresor.

La forma de crear la cortina de aire sería mediante el uso de boquillas difusoras del tamaño apropiado para cubrir todo el ancho de la herramienta diseñada para dar sujeción al film.



**Figura 48: Boquilla de control de aire**

De esta manera, con la utilización de dos compresores portátiles y con la ayuda de dos boquillas difusoras de control de aire de las medidas necesarias se solventaría el problema del secado de films.

La opción de la utilización de un caudal de aire caliente se excluyó por el momento por la dificultad tanto económica como la de optimizar un rango variable de temperaturas. Pero en el caso de que el sistema de secado adoptado no cumpliera su función sería la siguiente medida a llevar a cabo.

## 10. SELECCIÓN DEL CONTROLADOR

Las características del proyecto exigen un dispositivo que controle las diferentes operaciones que se realizan.

A continuación se enumerarán todas ellas:

- Accionar el motor que controla el movimiento horizontal
- Accionar el motor que controla el movimiento vertical
- Controlar el sentido de giro
- Controlar la velocidad de giro de los motores
- Controlar la posición mediante finales de carrera
- Accionar el encendido y apagado de los compresores mediante el control de relés
- Cambio de variables : velocidad, tiempos, número de repeticiones

A la hora de llevar el control de los procesos anteriormente descritos se pueden abordar con diferentes controladores.

### 10.1. PLC's (programmable logic controller)

Este es el dispositivo preferido a la hora de automatizar procesos diferente naturaleza industriales, como en líneas de montaje, funcionamiento de máquinas, plantas industriales...

El PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto, todas estas características le confieren una considerable robustez frente a otros dispositivos.





Figura 49: PLC de SIEMEN

Como componente para el control de este proyecto, como el de otros muchos, esta es sin lugar a dudas la primera opción a contemplar dada a la estabilidad y a la seguridad que ofrecen estos dispositivos. Pero debido al alto precio de estos no se pueden incorporar a nuestro proceso.

## 10.2. Raspberry Pi

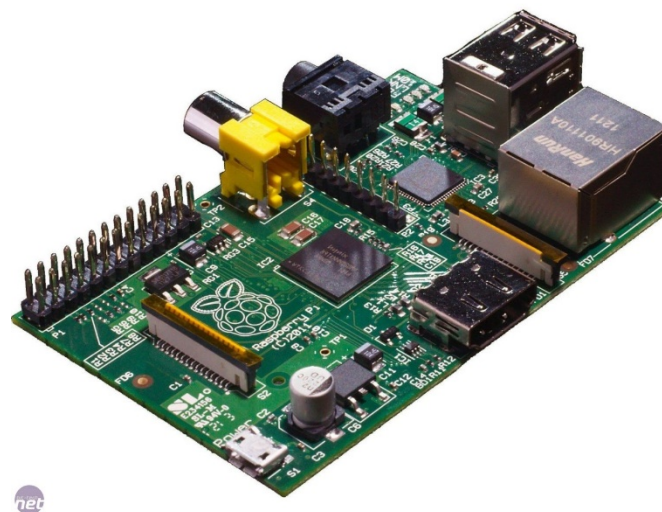


Figura 50: Raspberry Pi



La Raspberry Pi es un ordenador de placa reducida de bajo coste, con un procesador de 700 Mhz y una RAM de 512 MB, este no posee unidad de almacenamiento si no que utiliza una tarjeta de memoria SD como almacenamiento permanente. El sistema operativo es Linux, por lo que se necesita de este lenguaje para poder programar cualquier tarea. Esta placa puede ejecutar múltiples programas en segundo plano mientras está activado.

Pero al tratarse de un mini ordenador este sólo ofrece ventaja a la hora de crear aplicaciones de software, teniendo que añadir un dispositivo de hardware a la hora de hacer lecturas de entradas analógicas sometiéndolas a un posterior procesamiento de código para ejecutar la función que deseemos.

### **10.3. Arduino**

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

Arduino puede tomar información del entorno a través de sus entradas analógicas y digitales, puede controlar luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un computador.

Las ventajas que tiene Arduino frente a Raspberry pi son que Arduino tiene la capacidad analógica y en 'tiempo real' que la Pi no: Esta flexibilidad le permite trabajar con casi cualquier tipo de sensor o chip a la vez que el lenguaje de programación que se usa, Arduino IDE, es mucho más fácil de usar que Linux.

Otro de los fuertes de este microcontrolador es que hay miles de tutoriales para conectar a casi todo tipo de partes y su código es libre, por lo que es más sencillo de hallar la solución al proceso que se quiera ejecutar.

Dada a la robustez que ofrece Arduino frente a Raspberry Pi en el control de elementos que ocupa este proyecto, se decidió el uso de esta.

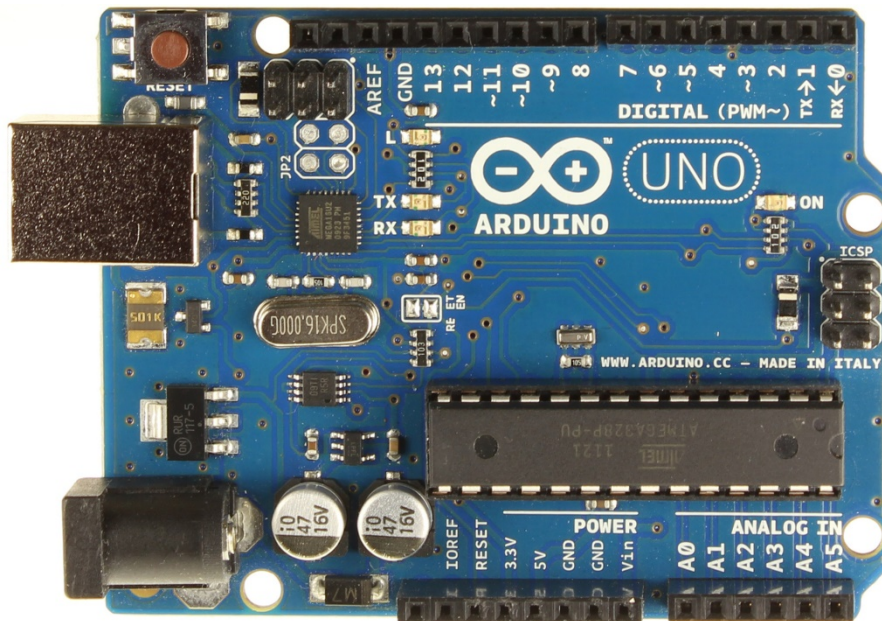


Figura 51: Arduino UNO

El modelo de Arduino que se decidió utilizar fue el UNO ya que este poseía todas las conexiones necesarias para los inputs y outputs que el control de los elementos de la plataforma necesitaba.

Otra de las ventajas que nos ofrecía este dispositivo de control era la posibilidad de dejarlo funcionando independientemente sin necesidad de conexión al PC siempre y cuando se le hubiera introducido el valor de las variables con las que este necesite operar, lo cual le confiere de una gran robustez frente a la Raspberry Pi, la cual puede sufrir una gran desconfiguración en el caso de que se desconecte de manera no adecuada, lo que daría lugar a una funcionalidad errónea.

## 11. SELECCIÓN COMPONENTES COMERCIALES PARA EL DISEÑO MECÁNICO

A continuación se seleccionarán diferentes elementos que compondrán el diseño mecánico de la plataforma

Husillo Trapezoidal 2 Entradas M12x3 - Paso 6



**Figura 52: Husillo trapezoidal de doble entrada**

Husillos trapezoidales fabricados por deformación en frío según ISO 2901/2903 & DIN 103, con tolerancia 7e en material C35E

Tuerca Cilíndrica 2 Entradas M12x3 - Paso 6



**Figura 53: Tuerca cilíndrica**

Barra templada 16mm



**Figura 54: Barra templada rectificada 16mm**

Soporte de eje lineal de rail 16mm



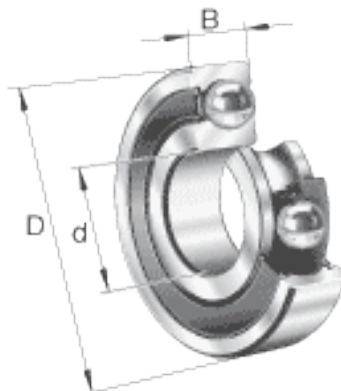
**Figura 55: Soporte eje lineal**

Cojinete con Valona 16 mm



**Figura 56: Cojinete con valona**

Rodamiento rígido a bolas 6001-2RSR



**Figura 57: Rodamiento rígido de bolas**

## 12. DISEÑO CAD Y ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS

### 12.1. Diseño CAD

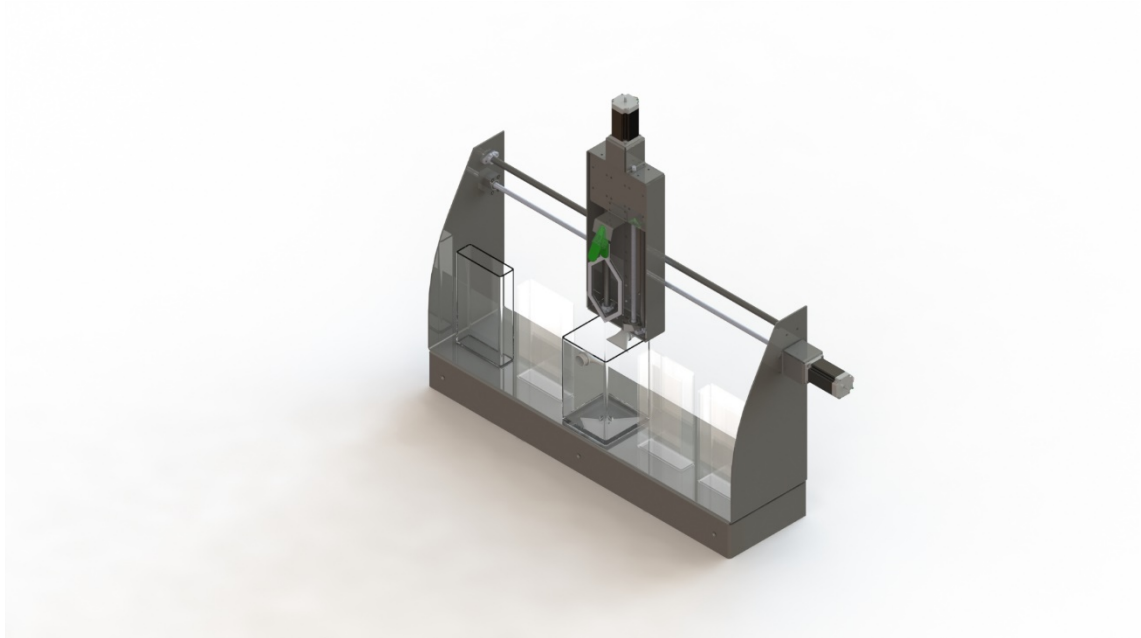


Figura 58: Renderizado de la plataforma

#### 12.1.1. Depósitos

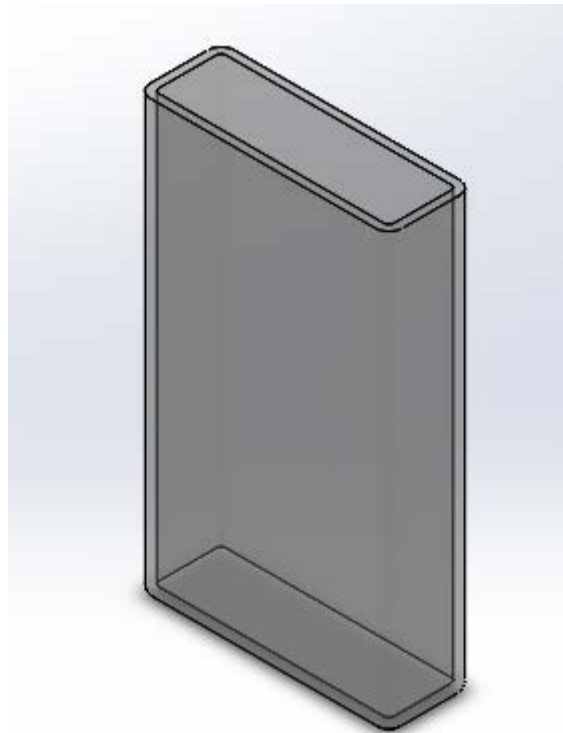


Figura 59: Depósito de las disoluciones

Siguiendo con las recomendaciones del centro tecnológico respecto a la disminución del volumen de las disoluciones en cada capa se aproximó el volumen de los depósitos que contienen las disoluciones para un número de 10 bicapas, ya que también era el número recomendado de enjuagues máximos que se podían hacer sin cambiar el agua de los depósitos de enjuague.

### 12.1.2. Estructura de la plataforma

Teniendo conocimiento del número de depósitos necesarios y su cubicaje, se dimensionó aproximadamente el tamaño que debía de tener la base y por lo tanto la estructura de la misma al haber seleccionado la fabricación de todo en una sola pieza de chapa plegada de acero inoxidable.

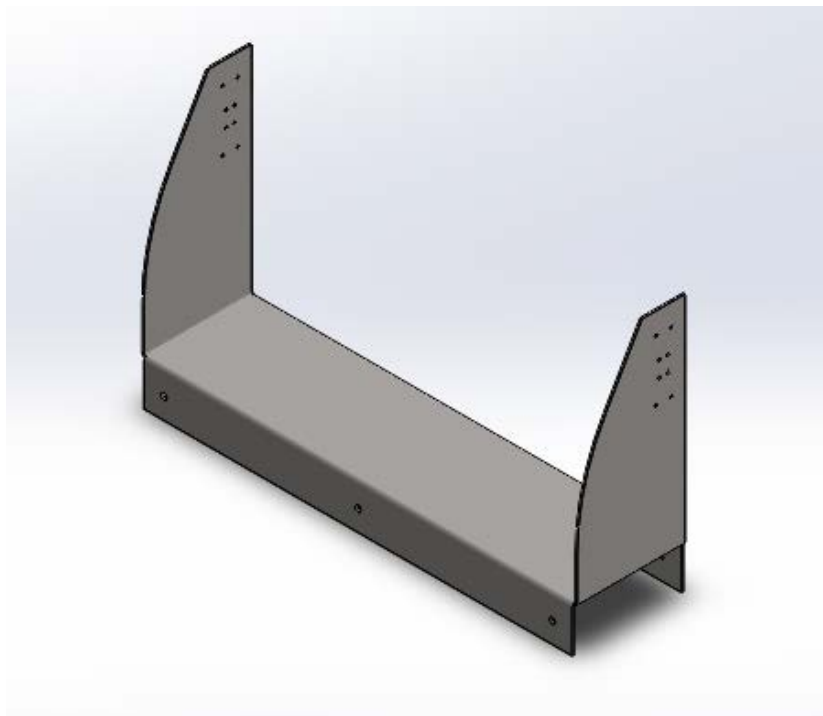
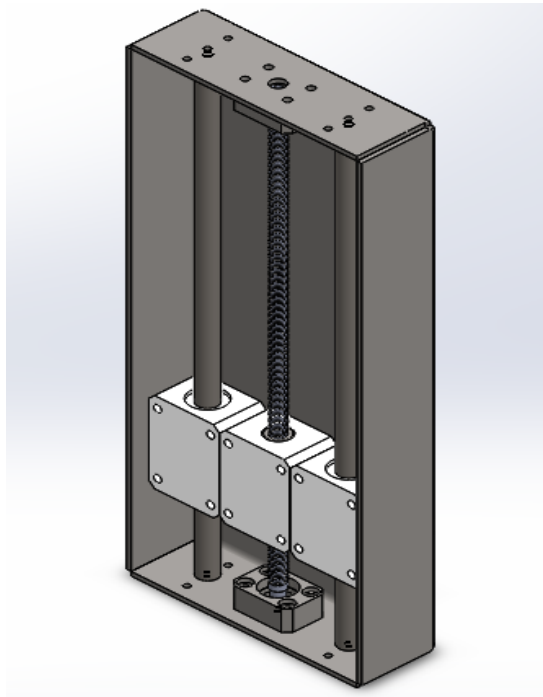


Figura 60: Estructura de chapa de acero inoxidable plegada

Para dar estabilidad estructural a la misma se taladraron agujeros para disponer unas varillas atornilladas de un lado a otro de los plegados de la base. Para solucionar el problema que la estabilidad de los plegados superiores no fue necesario la introducción de varillas puesto que con la disposición en la que se encontraba el husillo y la guía lineal era suficiente para dar rigidez a la estructura.

### 12.1.3. Mecanismo para el movimiento vertical

Como se ha comentado en diferentes apartados de la memoria la decisión que se tomaría sería la del uso de un mecanismo de husillo, por la precisión que requería esta parte del proceso. Para la construcción del mismo y al no requerir altas resistencias mecánicas debido a las bajas sollicitaciones de que se disponían y observando el alto coste de piezas mecanizadas, se decidió recurrir al uso de la impresión 3D para la fabricación de estas.



**Figura 61: mecanismo de husillo para el movimiento vertical**

Para la solución estructural de esta, se utilizó el mismo tipo de chapa plegada que en el caso anterior, para cerrar esta se utilizaría un cordón de soldadura.

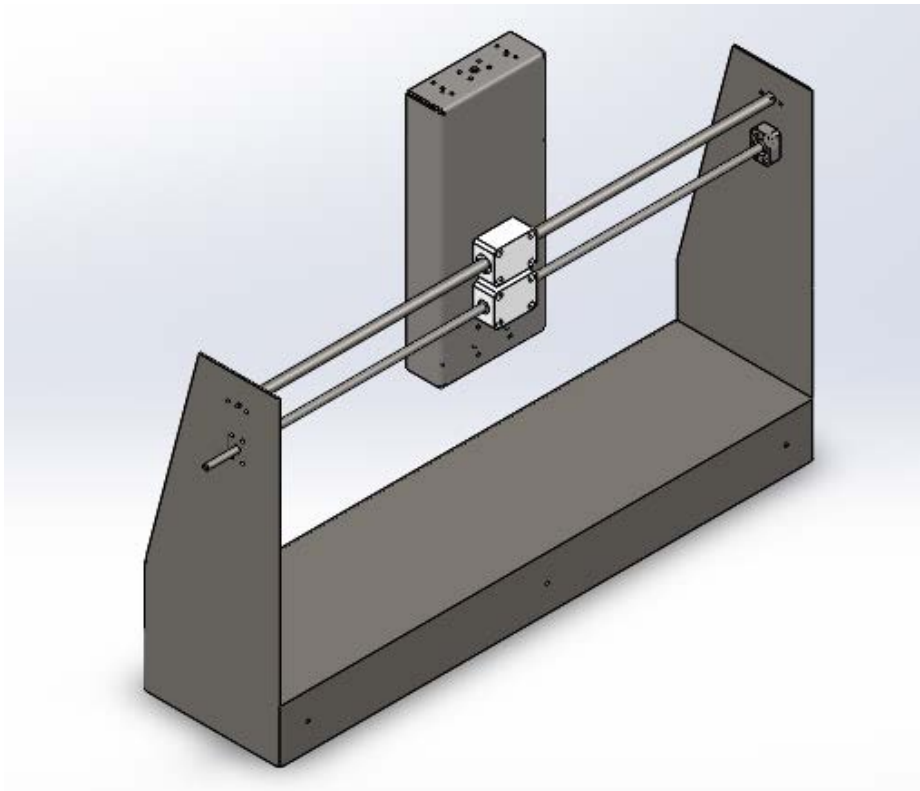
### 12.1.4. Mecanismo para el movimiento horizontal

Para la implantación de este movimiento, se decidió en apartados anteriores, utilizar también un mecanismo de husillo, ya que no se podía sacrificar la posible economicidad de otro por una menor precisión, al intentar en todo momento que el proceso completo fuera lo más homogéneamente posible.



Con el fin de reducir costes y ante la posibilidad que se tenía de simplificar un poco el mecanismo, se decidió prescindir de una de las barras templadas que se tenía pensado implantar usando el mismo diseño que en el mecanismo de husillo para el movimiento vertical.

Para asegurar que no se producirían grandes deformaciones que comprometieran la estructura global, se realizaría posteriormente un estudio estático.

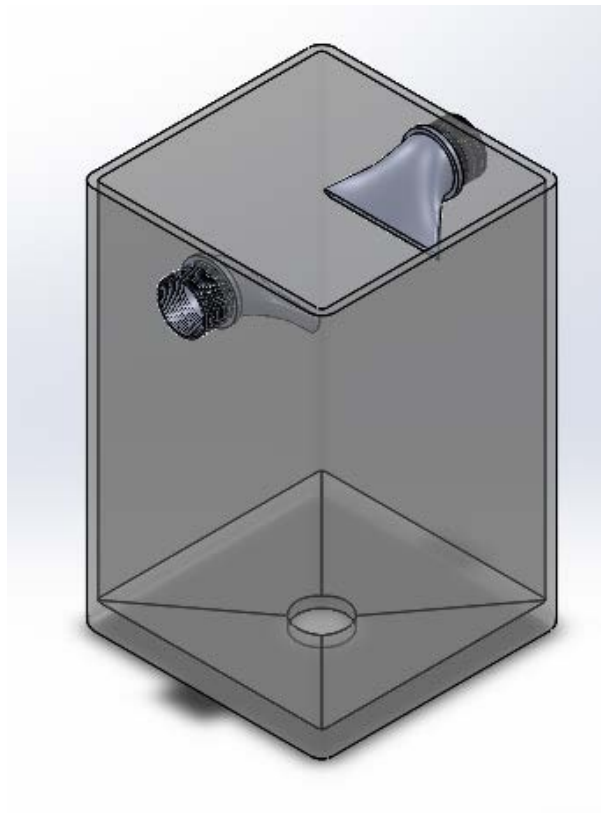


**Figura 62: Vista de los elementos que componen el mecanismo de movimiento horizontal**

Aquí se pueden observar en blanco dos de las piezas diseñadas para su impresión 3D

### 12.1.5. Estación de secado

Se implementó la idea obtenida del estudio de mercado de las diferentes soluciones de secado que se observaron. Se diseñó un recipiente con una pendiente en su base para la evacuación del fluido sobrante y dos orificios para el ajuste de los difusores encargados de crear la cortina de aire, así como el diseño de las boquillas destinadas al control del caudal de aire.



**Figura 63: Estación de secado**

Se diseñó en las boquillas un roscado para la facilitación del ajuste y colocación de las tuberías provenientes de los compresores.

Se intentó hacer un estudio fluidomecánico del flujo saliente de las boquillas pero se carecía del caudal suministrado por los compresores así como el tiempo necesario para el aprendizaje del programa informático.

### 12.1.6. Herramienta de sujeción de films

Después de la elección del diseño en el cual se utilizaría una plancha de imán flexible para mantener extendido el film, se procedió a su modelado en CAD. Se utilizaría un marco rígido para mantener la superficie del film en contacto con las disoluciones de nanoarcillas y posibilitar su adherencia en el mismo.

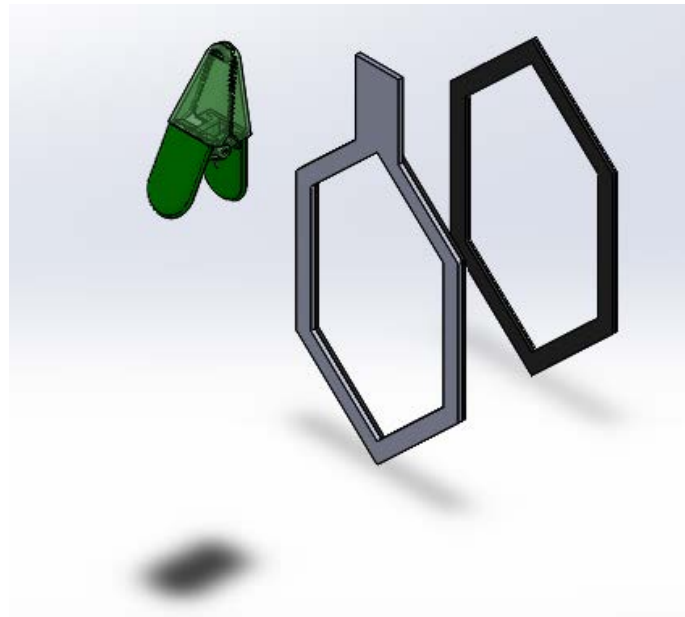


Figura 64: Vista explosionada de la herramienta de sujeción de films

Para la unión con el mecanismo de husillo encargado del movimiento vertical se utilizará una simple pinza adherida al marco rígido.

## 12.2. Análisis por elementos finitos

Tras la realización del diseño CAD a través de programa Solid Works, se ha procedido al análisis de alguno de los elementos en los que podía estar comprometido el diseño a nivel estructural mediante, la herramienta que nos proporciona este software para el análisis de elementos finitos, Simulation.

### 12.2.1. Diseño del modelo a analizar

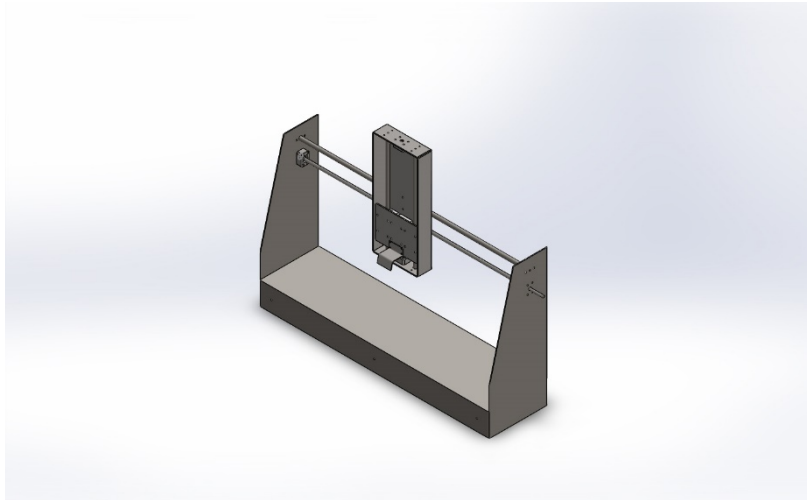


Figura 65: Diseño a analizar

Este modelo simplificado es sobre el cual se va a realizar el análisis de elementos finitos, no es el modelo completo con todos los elementos puesto que al realizar el mallado, debido a la complejidad de los cálculos resulta imposible realizar un análisis.

### 12.2.2. Fuerzas aplicadas y reacciones

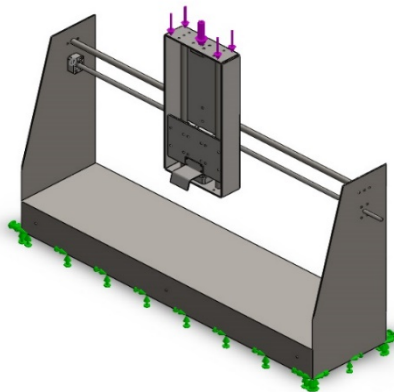


Figura 66: representación de las cargas aplicadas (morado) y reacciones (verde)

Para facilitar el mallado de este modelo y su cálculo, se han sustituidos componentes, como los motores y el útil de sujeción de films por una fuerza de un valor de unos 500 gramos. Esta fuerza está representada en la imagen en color morado y las reacciones a esta y al peso de la plataforma en verde.

### 12.2.3. Propiedades de los materiales

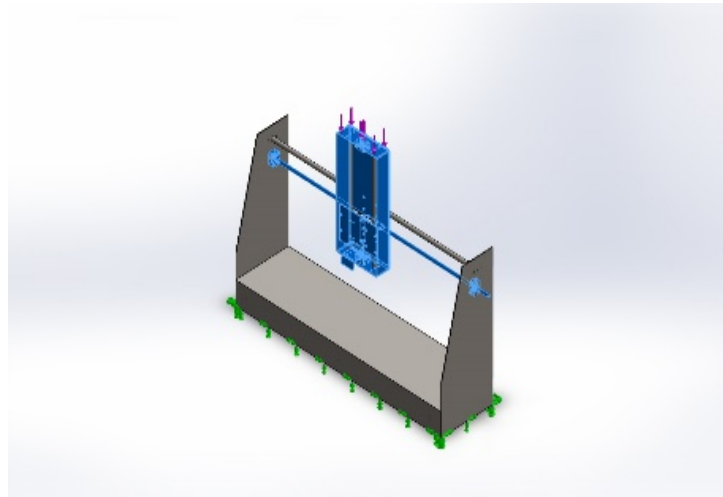


Figura 67: Referencia al husillo

Nombre: AISI 304

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal

Criterio de error predeterminado: Desconocido

Límite elástico:  $2.06807e+008$  N/m<sup>2</sup>

Límite de tracción:  $5.17017e+008$  N/m<sup>2</sup>

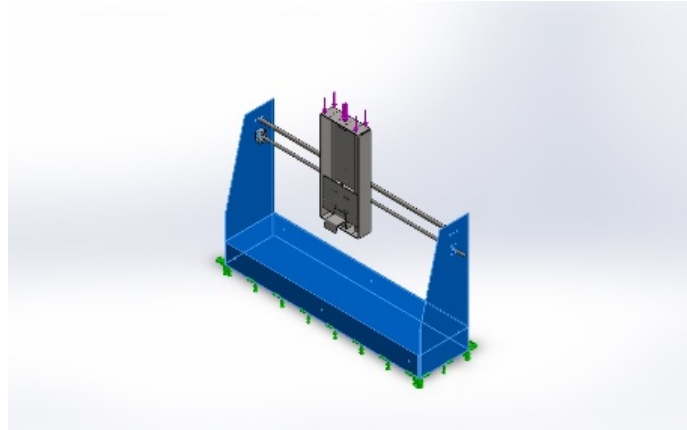
Módulo elástico:  $1.9e+011$  N/m<sup>2</sup>

Coefficiente de Poisson: 0.29

Densidad:  $8000$  kg/m<sup>3</sup>

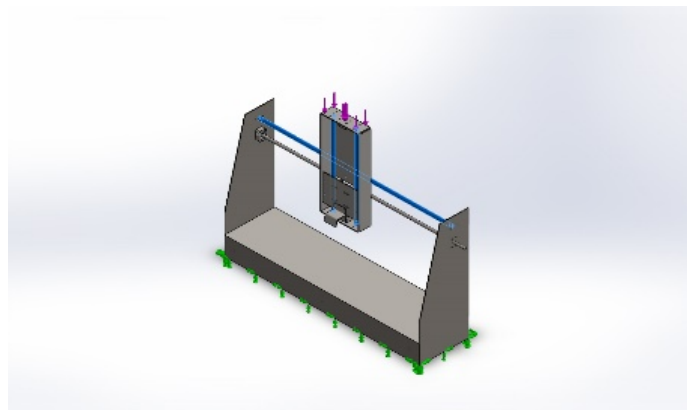
Módulo cortante:  $7.5e+010$  N/m<sup>2</sup>

Coefficiente de dilatación térmica:  $1.8e-005$  /Kelvin



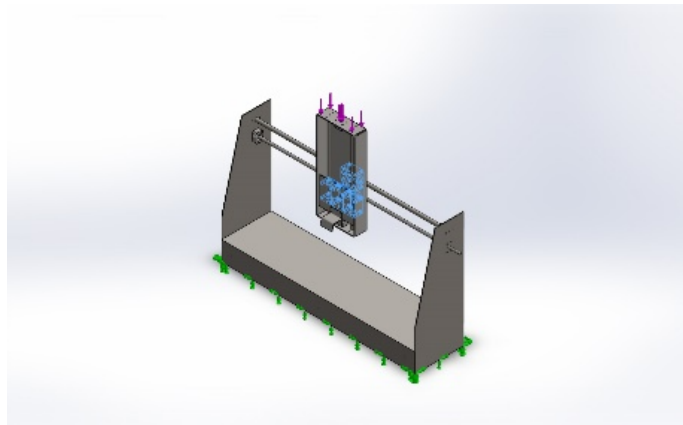
**Figura 68: Referencia a la estructura**

Nombre: ASTM A36 Acero  
Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal  
Criterio de error predeterminado: Desconocido  
Límite elástico:  $2.5e+008 \text{ N/m}^2$   
Límite de tracción:  $4e+008 \text{ N/m}^2$   
Módulo elástico:  $2e+011 \text{ N/m}^2$   
Coeficiente de Poisson: 0.26  
Densidad:  $7850 \text{ kg/m}^3$   
Módulo cortante:  $7.93e+010 \text{ N/m}^2$



**Figura 69: Referencia a guía lineal**

Nombre: AISI 4340 Acero normalizado  
Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal  
Criterio de error predeterminado: Desconocido  
Límite elástico:  $7.1e+008 \text{ N/m}^2$   
Límite de tracción:  $1.11e+009 \text{ N/m}^2$   
Módulo elástico:  $2.05e+011 \text{ N/m}^2$   
Coeficiente de Poisson: 0.32  
Densidad:  $7850 \text{ kg/m}^3$   
Módulo cortante:  $8e+010 \text{ N/m}^2$   
Coeficiente de dilatación térmica:  $1.2e-005 / \text{Kelvin}$



**Figura 70: Referencia a los soportes del casquillo**

Nombre: ABS  
Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal  
Criterio de error predeterminado: Desconocido  
Límite de tracción:  $3e+007 \text{ N/m}^2$   
Módulo elástico:  $2e+009 \text{ N/m}^2$   
Coeficiente de Poisson: 0.394  
Densidad:  $1020 \text{ kg/m}^3$   
Módulo cortante:  $3.189e+008 \text{ N/m}^2$

#### 12.2.4. Cargas y sujeciones

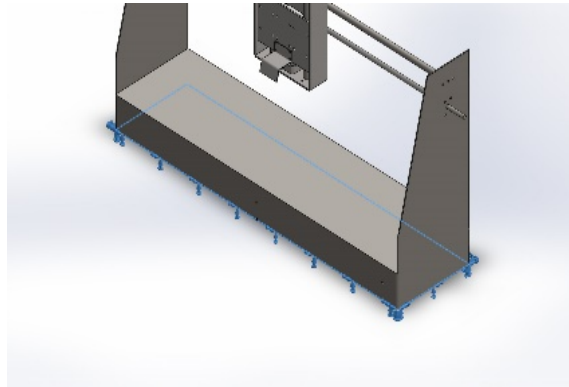


Figura 71: Detalle de las sujeciones

Entidades: 1 cara(s)

Tipo: Geometría fija

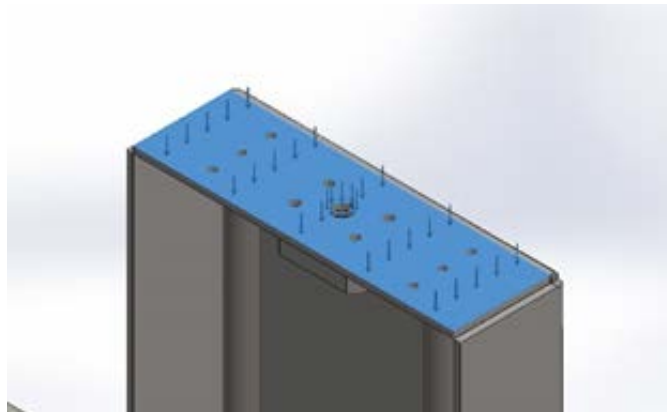


Figura 72: Representación de las fuerza aplicada sobre la cara

Entidades: 1 cara(s)

Tipo: Aplicar fuerza normal

Valor: 5 N



### 12.2.5. Información de malla

Tipo de malla Malla sólida

Mallador utilizado: Malla basada en curvatura

Puntos jacobianos 4 Puntos

Tamaño máximo de elemento 20 mm

Tamaño mínimo del elemento 4 mm

Calidad de malla Elementos cuadráticos de alto orden

Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible Desactivar

Número total de nodos 200417

Número total de elementos 111978

Cociente máximo de aspecto 842.74

% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3 74.5

% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10 0.721

Nombre de modelo: MAQ  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de malla: Malla de sólida

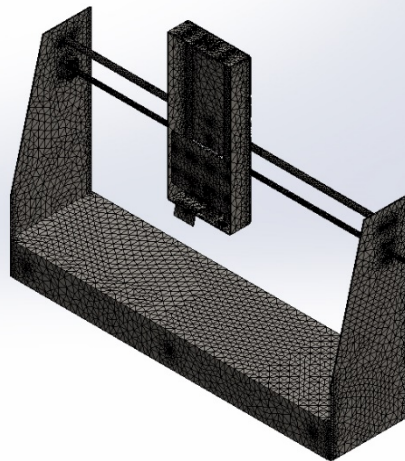


Figura 73: Mallado del Modelo

### 12.2.6. Resultados del estudio

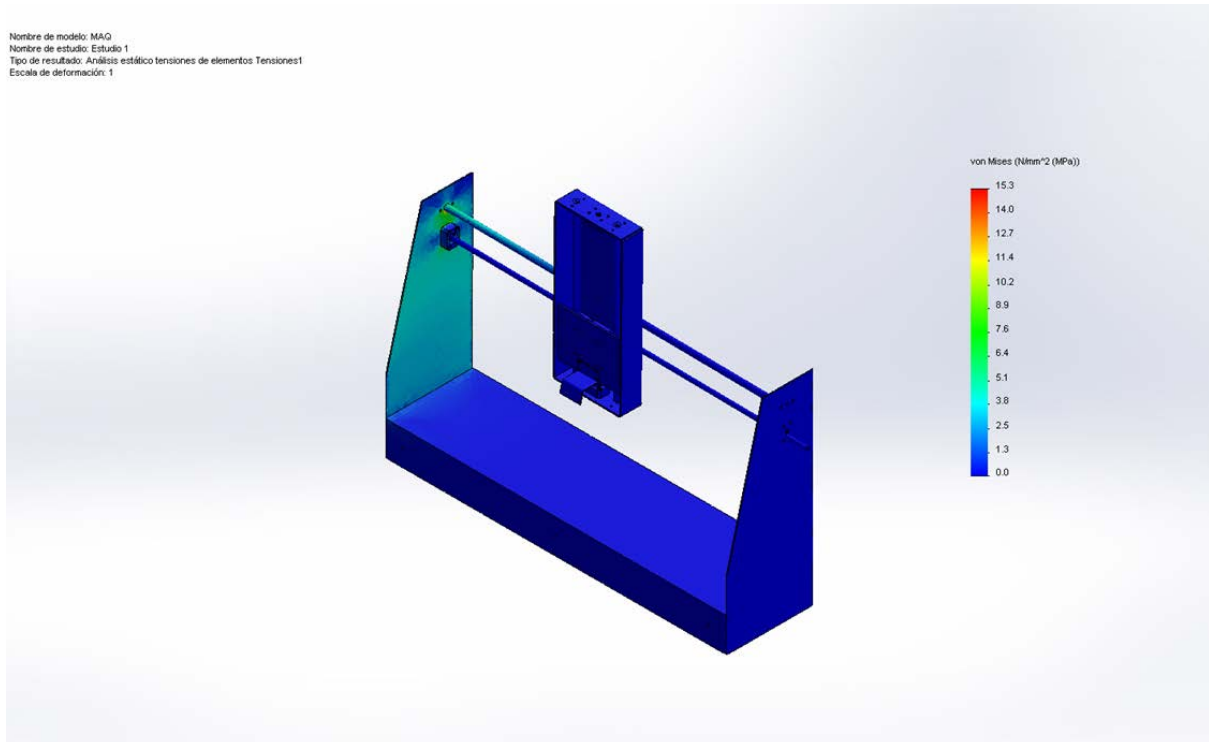


Figura 74: Esfuerzos de Von Mises

Nombre	Tensiones1
Tipo	VON: Tensión de von Mises
Mín.	0 N/mm <sup>2</sup> (MPa)
Máx.	15.2534 N/mm <sup>2</sup> (MPa)

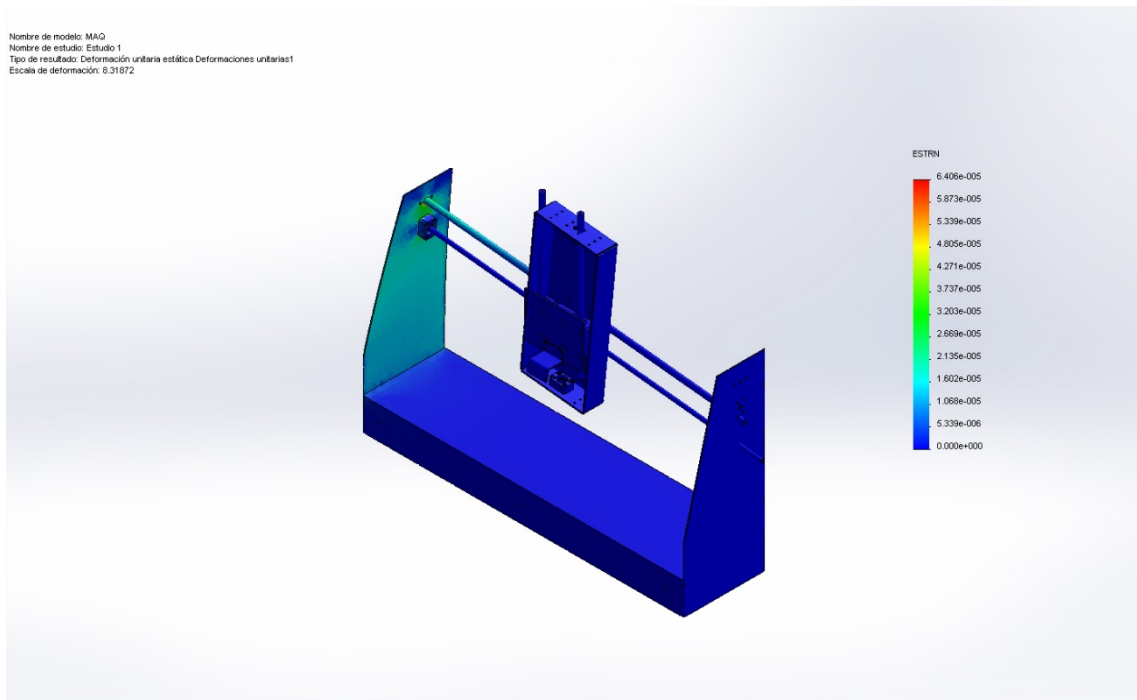


Figura 75: Deformaciones unitarias

Nombre Deformaciones unitarias1  
Tipo ESTRN: Deformación unitaria equivalente  
Mín. 0  
Máx. 6.40643e-005

### 12.2.7. Conclusión del análisis

Como se observa en los análisis obtenidos con la herramienta Simulation de Solid Works la respuesta del diseño realizado y los componentes seleccionados es satisfactorio, por lo que no es necesario aplicar ninguna modificación de este.

## 13. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

Una vez conocidos los requisitos de los movimientos y pasos que debe realizar la plataforma en el proceso que concierne al proyecto, se procedió a la elección de los componentes electrónicos con los que se comunicará y accionará el controlador Arduino.

### 13.1. Motores

Hasta el momento no se pudo recuperar del reciclaje más de dos motores de 42V de corriente continua provenientes de una impresora Epson y la fuente de alimentación de estos.

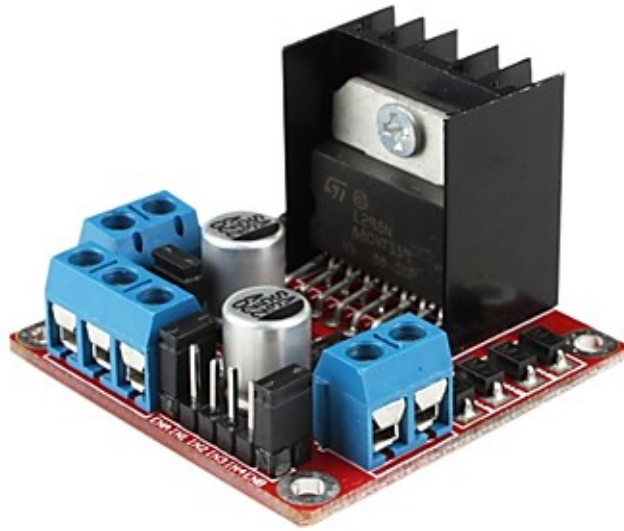


Figura 76: Motor impresora Epson CC

Después de encontrar el datasheet del motor y verificar que el par motor de este no era suficiente como para vencer el par estático se decidió continuar con su uso para la creación de una demo con la que demostrar el funcionamiento del programa de control.

Los motores son de la marca Mabuchi Motor y el modelo es RS-445PA

### 13.2. Controlador de doble puente en H



**Figura 77: Controlador de doble puente en H**

Una vez conocidos los motores a usar se procedió a una búsqueda de un driver para el control de estos. Con la elección de este tipo se podía regular, mediante software, el régimen de giro de este y conservar a su vez un mayor voltaje de lo que se conseguiría a igual régimen de giro con un potenciómetro, y por lo tanto con una mayor potencia a la que se conseguiría con este último.

Este controlador modelo L298N puede controlar un motor paso a paso o dos motores de continua, por lo que era suficiente uno solo de estos. Admite voltajes en un rango de 5 a 46 Voltios.

### **13.3. Finales de carrera**

Para el posicionamiento del mecanismo de inmersión, al carecer de motores paso a paso con los cuales poder contar los pasos y de esta manera calcular las distancias recorridas, se utilizaron finales de carrera.



**Figura 78: Final de carrera**

Se utilizaron 7 finales de carrera, dos para posicionar el punto superior e inferior del movimiento vertical y 5 para las diferentes estaciones en el movimiento horizontal.

#### **13.4. Relés**



**Figura 79: Relé 5V**

Para la activación de los compresores destinados al aporte del flujo de aire para la estación de secado se utilizaron dos relés. Considerando que se podría realizar la activación de los compresores con un solo relé se decidió el uso de dos puesto que es la forma de proceder en el ámbito industrial.

### **13.5. Ventiladores**

Para la demo del software y la representación de los compresores en el circuito se reemplazaron estos por dos ventilados con el fin de simular el funcionamiento de estos.

## 14. IMPLEMENTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO

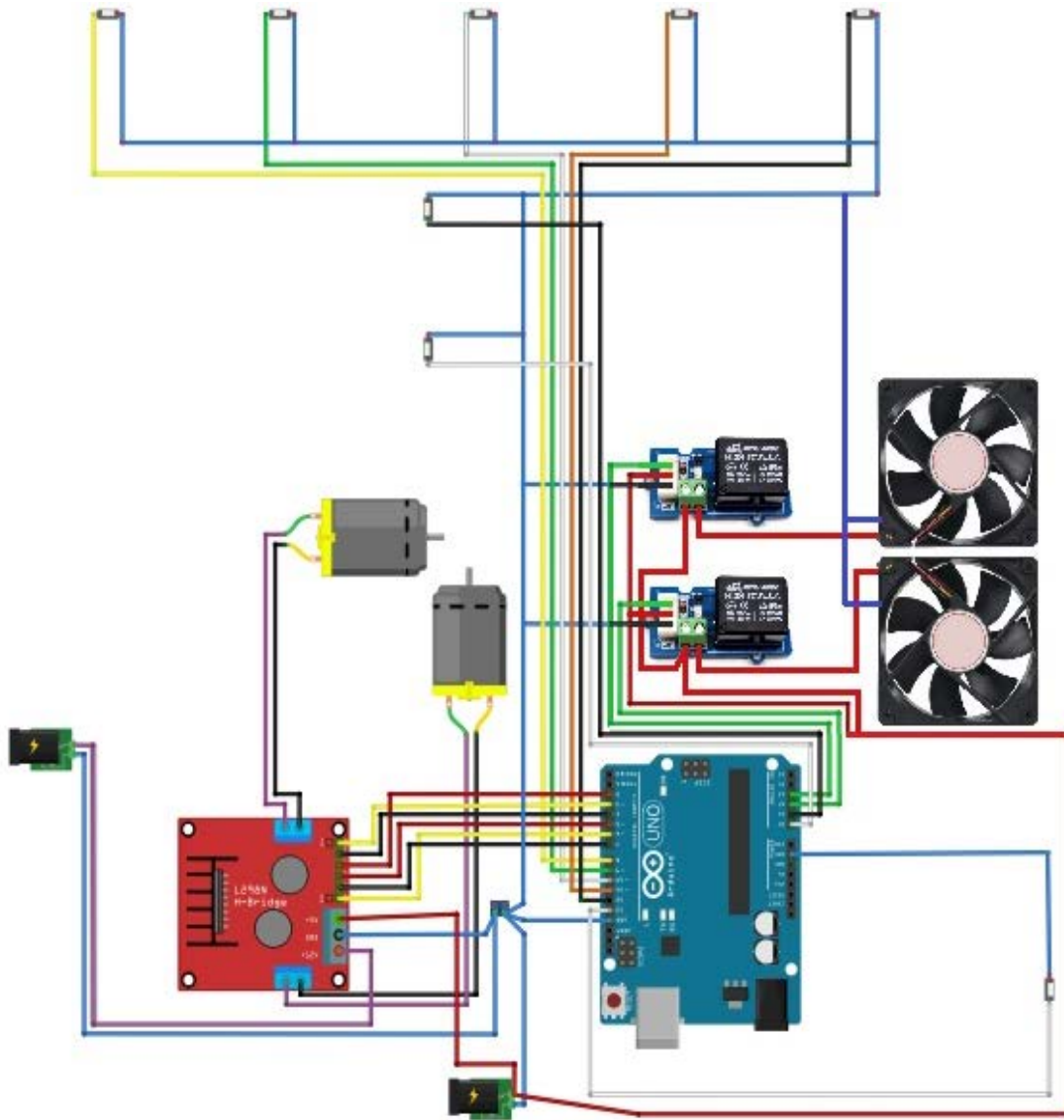
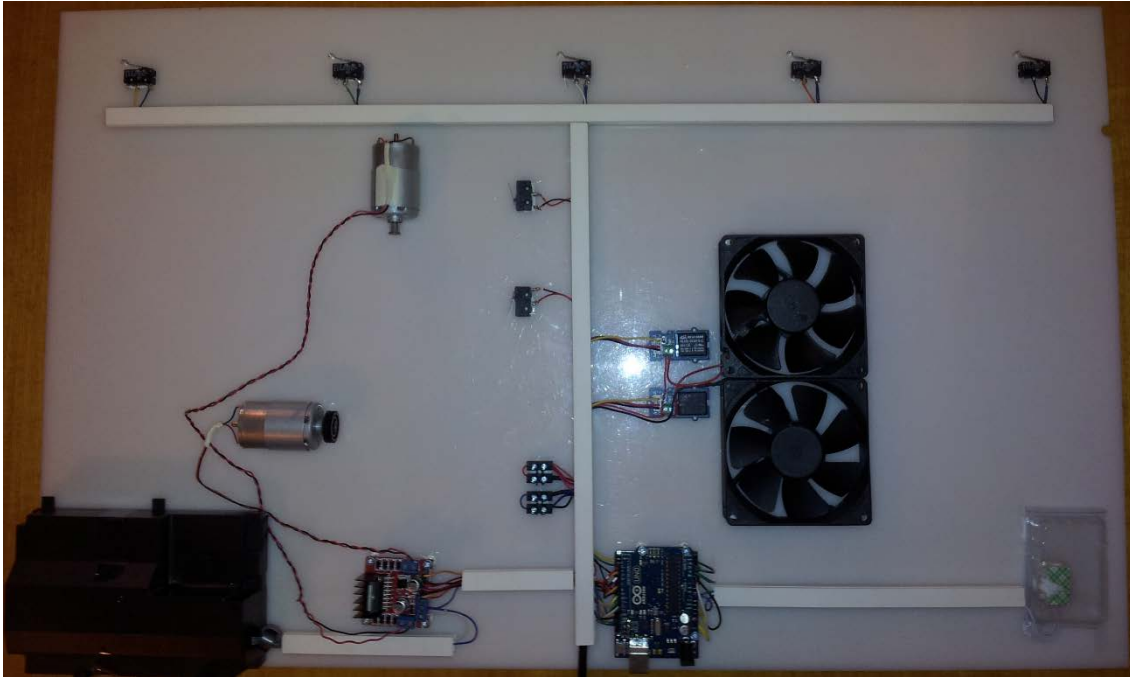


Figura 80: Esquema del circuito electrónico

Para facilitar la comprensión y la implementación del circuito electrónico se modeló un circuito con el software frizing en el cual se representaron los elementos a utilizar así como el cableado de este.





**Figura 81: Construcción de una demo del circuito electrónico**

Para la prueba del funcionamiento del software de control se ha construido una demo del circuito electrónico. En el lugar de los compresores se ha utilizado dos ventiladores de ordenador para simular su efecto.

## 15. PROGRAMA DE CONTROL

El presente desarrollo software está implementado sobre dos plataformas hardware distintas: un microcontrolador tipo ATmega328 basado en Arduino y un ordenador con sistema operativo Windows. La primera de ellas es la encargada de llevar a cabo las tareas de control deterministas como activaciones de motores y actuadores, lectura de sensores y gestión de tiempos (de proceso, enjuague y secado). La segunda tiene la función de transferir los parámetros de proceso (velocidad, repeticiones y tiempo) al microcontrolador mediante una interfaz gráfica a través del puerto serie.

El software de control de la plataforma tipo ATmega328 está desarrollado en lenguaje de programación C y entorno de desarrollo Arduino 1.0.5-r2, usando funciones y librerías propias de Arduino. Las funciones más habituales usadas en el mismo son las siguientes:

`digitalRead(entrada)`: lee el estado de una entrada digital como un final de carrera o un sensor de apertura de puerta.

`digitalWrite(entrada, estado)`: escribe un estado en una salida digital para controlar la actuación de un motor o un ventilador. Estado puede ser LOW o HIGH.

`analogWrite(valor)`: escribe una señal PWM en una salida digital para controlar la velocidad de un motor. Valor puede oscilar entre 0 y 255.

`pinMode(pin, tipo)`: configura los pines digitales del microcontrolador como entradas o salidas. Tipo puede ser OUTPUT o INPUT\_PULLUP.

`delay(valor)`: el programa espera una cantidad de milisegundos igual a valor. Se utiliza para controlar los tiempos de proceso, enjuague y secado.

`serialEvent()`: función que se ejecuta cada vez que el microcontrolador recibe un byte por el puerto serie. Se utiliza para recoger la información de proceso proveniente del ordenador de control.

`Serial.begin(baudrate)`: inicializa la interfaz serie para comunicación con el ordenador de control a una velocidad igual a baudrate (por defecto, 9600).

`Serial.read()`: lee el byte recibido por el puerto serie dentro de la función `serialEvent()`.

A continuación se presenta el código fuente del software de control de la plataforma tipo ATmega328 con sus respectivos comentarios. En primer lugar, se configuran los tiempos fijos, es decir, no configurables desde el ordenador de control:

```
// CONFIGURACIÓN DE TIEMPOS
int tiempo_enjuague = 1000; // TIEMPO DE ENJUAGUE
int tiempo_secado = 2000; // TIEMPO DE SECADO
int tiempo_capas = 1000; // TIEMPO PARA CAPAS A PARTIR DE LA PRIMERA
```

A continuación se inicializan las variables que se usarán para gestionar el flujo de información desde el puerto serie. La variable `inputString` almacenará los bytes recibidos en forma de cadena de caracteres y la variable `stringComplete` se pondrá a `true` cuando se reciba el carácter de fin de trama “s”, indicando que se ha recibido toda la información y puede arrancar el proceso.

```
String inputString = "";           // STRING DE PUERTO SERIE
boolean stringComplete = false;    // MARCADOR DE PUERTO SERIE
```

La función `setup()` se ejecuta una sola vez en todo el proceso y se encarga de configurar el tipo de entradas / salidas digitales así como la velocidad del puerto serie.

```
void setup() {
  // initialize serial:
  Serial.begin(9600);
  // reserve 200 bytes for the inputString:
  inputString.reserve(200);
  pinMode(8, INPUT_PULLUP); // HORIZONTAL ESTACIÓN 5
  pinMode(9, INPUT_PULLUP); // HORIZONTAL ESTACIÓN 4
  pinMode(10, INPUT_PULLUP); // HORIZONTAL ESTACIÓN 3
  pinMode(11, INPUT_PULLUP); // HORIZONTAL ESTACIÓN 2
  pinMode(12, INPUT_PULLUP); // HORIZONTAL ESTACIÓN 1
  pinMode(13, INPUT_PULLUP); // PUERTA
  pinMode(A0, INPUT_PULLUP); // VERTICAL INFERIOR
  pinMode(A1, INPUT_PULLUP); // VERTICAL SUPERIOR

  pinMode(A2, OUTPUT); // SALIDA VENTILADOR
  pinMode(A3, OUTPUT); // SALIDA VENTILADOR
  pinMode(A4, INPUT_PULLUP);
  pinMode(A5, INPUT_PULLUP);

  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);
}
```

Esta función también se encarga de llevar los motores horizontal y vertical a posición de inicio o home.

```
// Posición de inicio motor vertical
digitalWrite (5, LOW);
digitalWrite (7, HIGH); // Sentido hacia arriba
analogWrite(6, 100); // Movemos motor vertical
while (digitalRead(A1) == HIGH) {
  delay(100);
} // Comprobamos final de carrera vertical superior estación
analogWrite(6, 0); // Paramos motor vertical
```

```

digitalWrite (5, HIGH);
digitalWrite (7, LOW); // Sentido hacia abajo

// Posición de inicio motor horizontal
digitalWrite (2, LOW);
digitalWrite (4, HIGH); // Sentido hacia izquierda
analogWrite(3, 100); // Movemos motor horizontal
while (digitalRead(10) == HIGH && digitalRead(8) == HIGH) {
    delay(100);
}
analogWrite(3, 0); // Paramos motor horizontal

if (digitalRead(10) == HIGH) {
    digitalWrite (2, HIGH);
    digitalWrite (4, LOW); // Sentido hacia izquierda
    analogWrite(3, 100); // Movemos motor horizontal
    while (digitalRead(10) == HIGH) {
        delay(100);
    }
    analogWrite(3, 0); // Paramos motor horizontal
}

digitalWrite (2, HIGH);
digitalWrite (4, LOW); // Sentido hacia derecha
}

```

La función serialEvent(), como se ha comentado anteriormente, se ejecuta cada vez que se recibe un byte por el puerto serie. Una vez leído, lo almacena en la cadena inputString. Cuando el byte recibido es el carácter fin de trama “s”, pone a true la variable stringComplete lo cual provocará que se lance la ejecución del proceso,

```

void serialEvent() {
    while (Serial.available()) {
        // get the new byte:
        char inChar = (char)Serial.read();
        // add it to the inputString:
        inputString += inChar;
        // if the incoming character is a newline, set a flag
        // so the main loop can do something about it:
        if (inChar == 's') {
            stringComplete = true;
        }
    }
}
}

```

La función loop() se ejecuta en forma de bucle a lo largo del proceso y se encarga de llevar a cabo el proceso productivo. En primer lugar, comprueba si la variable stringComplete vale true. En caso afirmativo, interpreta la trama recibida para extraer la información enviada por el ordenador de control repitiendo el formato siguiente:

VVVVRRRRTTTTs: VVVV velocidad, RRRR repeticiones, TTTT tiempo

También envía de vuelta por el puerto serie hacia el ordenador la trama recibida a modo de comprobación y depuración.

```
void loop() {  
  // print the string when a newline arrives:  
  if (stringComplete) {  
    Serial.println(inputString);  
  
    long velocidad = inputString.substring(0,4).toInt();  
    int repeticiones = inputString.substring(4,8).toInt();  
    unsigned long tiempo = inputString.substring(8,12).toInt();  
  
    // clear the string:  
    inputString = "";  
    stringComplete = false;  
  }  
}
```

A continuación, comprueba que la puerta esté cerrada y realiza tantas interacciones del proceso como repeticiones se hayan enviado desde el ordenador de control. El proceso llevado a cabo en cada iteración queda definido en detalle en los comentarios explicativos del código fuente.

```
  // Comprobamos que la puerta está cerrada  
  while (digitalRead(13) == HIGH) {  
    delay(100);  
  }  
  
  for (int i = 0; i < repeticiones; i++) {  
  
    // ESTACIÓN 1  
  
    // Movemos motor horizontal  
    analogWrite(3, 150); //150: velocidad motor vertical entre 0 y 255  
  
    // Comprobamos final de carrera horizontal estación 1  
    while (digitalRead(8) == HIGH) {  
      delay(100);  
    }  
  
    // Paramos motor horizontal  
    analogWrite(3, 0);  
    delay(500);  
  
    // Movemos motor vertical  
    analogWrite(6, velocidad*60*4*255/7600); //4: relacion engranajes  
    a 1mm/rev  
  
    // Comprobamos final de carrera vertical inferior estación  
    while (digitalRead(A0) == HIGH) {  
      delay(100);  
    }  
  
    // Paramos motor vertical  
    analogWrite(6, 0);  
  
    // Esperamos  
    if (i==0)  
      delay(1000*tiempo);  
    else  
      delay(tiempo_capas);  
  }  
}
```

```
// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 100);

// Comprobamos final de carrera vertical superior estación
while (digitalRead(A1) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Cambiamos sentido motor horizontal
digitalWrite (2, LOW);  digitalWrite (4, HIGH);

// ESTACIÓN 2

// Movemos motor horizontal
analogWrite(3, 150); //150: velocidad motor vertical entre 0 y 255

// Comprobamos final de carrera horizontal estación 2
while (digitalRead(9) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor horizontal
analogWrite(3, 0);
delay(500);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, HIGH);  digitalWrite (7, LOW);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 200); //4: relacion engranajes a lmm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical inferior estación
while (digitalRead(A0) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Esperamos
delay(tiempo_enjuague);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, LOW);  digitalWrite (7, HIGH);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 200); //4: relacion engranajes a lmm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical superior estación
while (digitalRead(A1) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Cambiamos sentido motor vertical
```

```
digitalWrite (5, HIGH);    digitalWrite (7, LOW);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 200); //200: relacion engranajes a lmm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical inferior estación
while (digitalRead(A0) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Esperamos
delay(tiempo_enjuague);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, LOW);    digitalWrite (7, HIGH);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 200); //4: relacion engranajes a lmm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical superior estación
while (digitalRead(A1) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// ESTACIÓN 3

// Movemos motor horizontal
analogWrite(3, 150); //150: velocidad motor vertical entre 0 y 255

// Comprobamos final de carrera horizontal estación 3
while (digitalRead(10) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor horizontal
analogWrite(3, 0);
delay(500);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, HIGH);    digitalWrite (7, LOW);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 150); //4: relacion engranajes a lmm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical inferior estación
while (digitalRead(A0) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Arrancamos ventilador
digitalWrite(A2,HIGH);
digitalWrite(A3,HIGH);
```

```
// Esperamos
delay(tiempo_secado);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, LOW);   digitalWrite (7, HIGH);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 150); //4: relacion engranajes a lmm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical superior estación
while (digitalRead(A1) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, HIGH);   digitalWrite (7, LOW);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 150); //200: relacion engranajes a lmm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical inferior estación
while (digitalRead(A0) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Esperamos
delay(tiempo_secado);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, LOW);   digitalWrite (7, HIGH);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 150); //4: relacion engranajes a lmm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical superior estación
while (digitalRead(A1) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Paramos ventilador
digitalWrite(A2,LOW);
digitalWrite(A3,LOW);

// ESTACIÓN 5

// Movemos motor horizontal
analogWrite(3, 150); //150: velocidad motor vertical entre 0 y 255

// Comprobamos final de carrera horizontal estación 5
while (digitalRead(12) == HIGH) {
  delay(100);
}
```



```
}

// Paramos motor horizontal
analogWrite(3, 0);
delay(500);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, HIGH);    digitalWrite (7, LOW);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, velocidad*60*4*255/7600); //4: relacion engranajes
a 1mm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical inferior estación
while (digitalRead(A0) == HIGH) {
    delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Esperamos
if (i==0)
    delay(1000*tiempo);
else
    delay(tiempo_capas);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, LOW);    digitalWrite (7, HIGH);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, velocidad*60*4*255/7600); //4: relacion engranajes
a 1mm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical superior estación
while (digitalRead(A1) == HIGH) {
    delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Cambiamos sentido motor horizontal
digitalWrite (2, LOW);    digitalWrite (4, HIGH);

// ESTACIÓN 4

// Movemos motor horizontal
analogWrite(3, 150); //150: velocidad motor vertical entre 0 y 255

// Comprobamos final de carrera horizontal estación 4
while (digitalRead(11) == HIGH) {
    delay(100);
}

// Paramos motor horizontal
analogWrite(3, 0);
delay(500);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, HIGH);    digitalWrite (7, LOW);
```

```
// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 200); //4: relacion engranajes a 1mm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical inferior estación
while (digitalRead(A0) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Esperamos
delay(tiempo_enjuague);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, LOW);  digitalWrite (7, HIGH);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 200); //4: relacion engranajes a 1mm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical superior estación
while (digitalRead(A1) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, HIGH);  digitalWrite (7, LOW);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 200); //200: relacion engranajes a 1mm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical inferior estación
while (digitalRead(A0) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Esperamos
delay(tiempo_enjuague);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, LOW);  digitalWrite (7, HIGH);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 200); //4: relacion engranajes a 1mm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical superior estación
while (digitalRead(A1) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// ESTACIÓN 3
```

```
// Movemos motor horizontal
analogWrite(3, 150); //150: velocidad motor vertical entre 0 y 255

// Comprobamos final de carrera horizontal estación 3
while (digitalRead(10) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor horizontal
analogWrite(3, 0);
delay(500);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, HIGH);  digitalWrite (7, LOW);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 150); //4: relacion engranajes a lmm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical inferior estación
while (digitalRead(A0) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Arrancamos ventilador
digitalWrite(A2,HIGH);
digitalWrite(A3,HIGH);

// Esperamos
delay(tiempo_secado);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, LOW);  digitalWrite (7, HIGH);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 150); //4: relacion engranajes a lmm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical superior estación
while (digitalRead(A1) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, HIGH);  digitalWrite (7, LOW);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 150); //200: relacion engranajes a lmm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical inferior estación
while (digitalRead(A0) == HIGH) {
  delay(100);
}

// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);
```

```
// Esperamos
delay(tiempo_secado);

// Cambiamos sentido motor vertical
digitalWrite (5, LOW);   digitalWrite (7, HIGH);

// Movemos motor vertical
analogWrite(6, 150); //4: relacion engranajes a lmm/rev

// Comprobamos final de carrera vertical superior estación
while (digitalRead(A1) == HIGH) {
  delay(100);
}

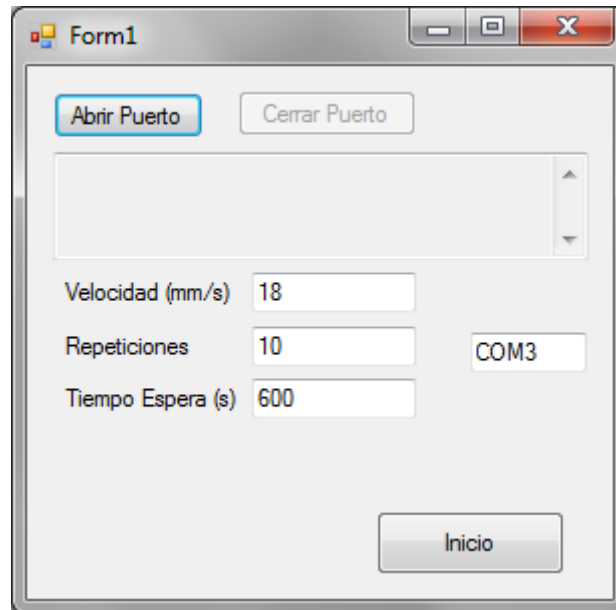
// Paramos motor vertical
analogWrite(6, 0);

// Paramos ventilador
digitalWrite(A2,LOW);
digitalWrite(A3,LOW);

}
}
```

En cuanto al software de control de la plataforma basada en ordenador con sistema operativo Windows, está desarrollado en lenguaje de programación C# y entorno de desarrollo Microsoft Visual C# Express 2010.

A continuación, se muestra el formulario creado para llevar a cabo las tareas de envío de la información de proceso por el puerto serie. En primer lugar, unos botones para abrir y cerrar el puerto serie correspondiente que se fija en un cuadro de texto adjunto. A continuación, un cuadro de texto para mostrar la información de depuración recibida por parte del programa de Arduino y los cuadros de texto donde se introducen las variables a controlar (velocidad, repeticiones y tiempo). Finalmente, un botón para enviar la información al sistema Arduino y arrancar el proceso.



En cuanto al código, en primer lugar se encuentran las instrucciones using de referencia a los objetos usados más adelante.

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

namespace SimpleSerial
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        string RxString;

        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }
    }
}

```

La función de manejo del evento pulsación del botón “Abrir Puerto” abre el puerto serie definido en el cuadro de texto correspondiente con velocidad 9600.

```

private void buttonStart_Click(object sender, EventArgs e)
{
    serialPort1.PortName = textBox5.Text;
    serialPort1.BaudRate = 9600;
}

```

```
serialPort1.Open();  
if (serialPort1.IsOpen)  
{  
    buttonStart.Enabled = false;  
    buttonStop.Enabled = true;  
    textBox1.ReadOnly = false;  
}  
}
```

La función de manejo del evento pulsación del botón “Cerrar Puerto” cierra el puerto serie abierto anteriormente sólo en caso de que esté abierto.

```
private void buttonStop_Click(object sender, EventArgs e)  
{  
    if (serialPort1.IsOpen)  
    {  
        serialPort1.Close();  
        buttonStart.Enabled = true;  
        buttonStop.Enabled = false;  
        textBox1.ReadOnly = true;  
    }  
}
```

La función de manejo del cierre del programa, cierra el puerto serie abierto anteriormente sólo en caso de que esté abierto.

```
private void Form1_FormClosing(object sender,  
FormClosingEventArgs e)  
{  
    if (serialPort1.IsOpen) serialPort1.Close();  
}
```

La función de manejo del evento recepción de información por el puerto serie muestra ésta en el cuadro de texto correspondiente apoyada en la función DisplayText.

```
private void DisplayText(object sender, EventArgs e)  
{  
    textBox1.AppendText(RxString);  
}  
  
private void serialPort1_DataReceived(object sender,  
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs e)  
{  
    RxString = serialPort1.ReadExisting();  
    this.Invoke(new EventHandler(DisplayText));  
}
```

La función de manejo del evento pulsación del botón “Inicio” en primer lugar comprueba si el puerto está abierto. En caso afirmativo, crea la trama rellenando con ceros y concatenando el contenido de los cuadros de texto correspondientes. Por último, añade el carácter fin de trama “s” y realiza el envío de la misma por puerto serie.

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (!serialPort1.IsOpen) return;

    String velocidad = textBox2.Text.PadLeft(4, '0');
    String repeticiones = textBox3.Text.PadLeft(4, '0');
    String tiempo = textBox4.Text.PadLeft(4, '0');

    String cadena = velocidad + repeticiones + tiempo + "s";
    // Load element 0 with the key character.
    //buff = + textBox3.Text + textBox4.text;

    // Send the one character buffer.
    serialPort1.Write(cadena.ToCharArray(0,13), 0, 13);
}
}
```

## 16. CONCLUSIÓN

Recogiendo una vista global de todo el proyecto, se concluye que se han cumplido todos los objetivos de este, diseñando una plataforma capaz de llevar a cabo satisfactoriamente los pasos de un proceso de inmersión para la creación de films nanoestructurados mediante el uso de la técnica layer by layer.

Uno de los principales objetivos de este proyecto era darle un carácter económico al mismo, seleccionando los componentes imprescindibles para su construcción y el correcto funcionamiento de este.

La plataforma es mejorable pero bajo la condición de una mayor inversión en esta.

### 16.1. Posibilidades de mejora

En el supuesto de que el presupuesto disponible aumente, existe una variedad de posibles mejoras:

- **Uso de motores paso a paso:** estos motores aportarán una mayor precisión y mejor control de la velocidad de giro y por lo tanto de avance en los husillos. A su vez se podrían hacer variaciones de velocidad de aproximación a las estaciones.
- **Sistema de aclarado:** se podría usar un sistema de aclarado en la misma estación de secado, usando un chorro de agua que limpie la superficie y la aclare, siendo esta siempre agua limpia.
- **Sistema de secado:** Para este proceso se podría utilizar un caudal de aire caliente regulable en vez de uno a temperatura ambiente.
- **Cabina aislante:** La plataforma podría estar contenida en una cabina aislante dentro de la cual se podrían crear condiciones de temperatura y humedad controladas, las cuales podrían influir en el proceso de creación de films.
- **Cargador de muestras:** Esta sería una solución muy apropiada para poder disponer varias muestras y dejarlas preparadas para que la máquina fuera cargándolas por si sola y dándole un tratamiento individualizado a cada una.
- **Agitadores magnéticos:** El uso de estos evitaría que la disolución de nanoarcillas decantase en el fondo del depósito y esta se conservase las propiedades a lo largo del tiempo.



- **Display y botonera:** para el control y modificación de los parámetro con los que se trabaja, se podría crear un sistema de comunicación con el software a través de una botonera para la introducción de parámetros, los cuales quedarían reflejados en el display, el cual podría usarse también para el control del estado del proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bernard J. Hamrock, Bo O. Jacobson, Steven R. Schmid, “Elementos de Máquinas”, Mc Graw Hill, 2000
- Richard Budynas, “Diseño en ingeniería Mecánica de Shigley”, Mc Graw Hill, 2012
- S. Kalpakjian, S.R. Schmid, “Manufactura, Ingeniería y Tecnología”, Pearson Education, México, 2002
- R.C. Creese, “Introduction to Manufacturing Processes and Materials”, Marcel-Dekker, New York, 1999
- Jose Rafael Lajara Vizcaino, “Sistemas Integrados con Arduino”, S.A. Marcombo, 2013
- Zaitsev Dmitry D. Golosova A. Thin polymer films based on multilayer assemblies (in Russian) // Nanoindustrija. 2007. №4.
- Woo-Sik Jang, Ian Rawson, Jaime C. Grunlan “Layer-by-layer assembly of thin film oxygen barrier” Original Research Article Thin Solid Films, Volume 516, Issue 15, 2 June 2008.
- F. Carosio, G. Laufer, J. Alongi, G. Camino, J. C. Grunlan, “Layer-by-layer assembly of silica-based flame retardant thin film on PET fabric”, Polymer Degradation and Stability 2011, 96,745.
- Y. H. Yang, M. Haile, Y. T. Park, F. Malek, J. C. Grunlan, “Super oxygen barrier of all-polymer multilayer thin films”, Macromolecules 2011, 44, 1450.
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Layer\\_by\\_layer](http://en.wikipedia.org/wiki/Layer_by_layer)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Dip-coating>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador\\_l%C3%B3gico\\_programable](http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](http://es.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- <http://arduino.cc/>
- <http://fritzing.org/home/>

## **ANEXOS**

- 1. Ficha técnica comercial dip coaters**
- 2. Ficha técnica brazo robótico**
- 3. Datasheet Motor continua**
- 4. Planos de fabricación**



KSV NIMA

# KSV NIMA Dip Coaters

SINGLE VESSEL

SMALL



Single Vessel Small

MULTI VESSEL



Multi Vessel Small

LARGE



Single Vessel Medium/Large



Single Vessel Extra large



Multi Vessel Medium/Large

## KSV NIMA Dip Coaters

KSV NIMA Dip Coaters are robust computer controlled instruments for precise thin film deposition. We provide solutions for the dip coating of small to large samples in either single or multiple vessels which is suitable for both simple and complex vessel sequencing.

### Applications

KSV NIMA Dip Coaters are ideal instruments for a number of applications ranging from the development of functional coatings to the study of smart surfaces. Dip coating is used in a number of industries and fields of research including electronics, paints and biomaterials. KSV NIMA Dip Coaters are designed to deposit layers of materials in a controlled and repeatable way. It is possible to deposit films of various thicknesses, from monolayers to multilayered structures. The following surface coatings can, for example, be created:

- Sol-gel coatings
- Layer-by-layer assemblies
- Self-assembled monolayers


### Product range

KSV NIMA Dip Coaters range from compact instruments for coating small samples in a single vessel to more complex systems enabling horizontal and vertical movement for multi-vessel operations and coating of large samples.

Our Dip Coater range is divided into two types, either single or multiple vessel systems. Single Vessel Dip Coaters are used to deposit from one solution while the Multiple Vessel Dip Coaters allow using many solutions which can include cleaning or rinsing. The “single vessel” and “multi-vessel” categories offer Small, Medium and Large systems to cater for a large range of sample sizes. A Single Vessel Dip Coater is also available for Extra Large samples. You can choose from the Dip Coater systems for your required sample weight, sample size, number of samples, dipper movements and number of vessels required (please see tables for exact specifications).

All KSV NIMA Dip Coaters come complete with software, computer interface with USB connection, instruction manual and solution vessels.

SINGLE VESSEL SYSTEMS SPECIFICATIONS				
	Small	Medium	Large	Extra Large
<b>SAMPLE SPECIFICATIONS</b>				
Weight (g)	0...150	0...500	0...500	0...2500
Height (mm)	15...140	25...300	25...500	25...1000
Width (mm)	5...150	5...400	5...400	5...600
Thickness (mm)	0.15...3	0.15...15	0.15...15	0.15...15
Number of samples	1, 2*, 3* (*as an option)	1, 6*, 10* (*as an option)	1, 6*, 10* (*as an option)	1, 6*, 10* (*as an option)
<b>OTHER INSTRUMENT SPECIFICATIONS</b>				
Dipping speed (mm/min)	0.1...100 (0.2...200 as an option)	1...1000	1...1000	1...1500
Dimensions (L x W x H mm)	275 x 154 x 420	490 x 410 x 1200	490 x 410 x 1800	690 x 606 x 2650



\*3 sample holders as an option

### KSV NIMA Interface Unit

The KSV NIMA Interface Unit connects the computer with KSV NIMA Dip Coaters with the exception of the KSV NIMA Dip Coater Single Vessel Small. It displays real time dipper position and speed and has a spill-proof membrane keyboard. It allows convenient control right next to the instrument. The system includes a temperature probe for liquid temperature measurement. The software and Interface Unit have built in capabilities for a pH probe and magnetic stirrer.



### Dip Coaters for single vessel sequencing

#### KSV NIMA Dip Coater Single Vessel Small

KSV NIMA Dip Coater Single Vessel Small is a compact Dip Coater enabling precise coatings of small samples (max. H140 x W150 x T3, 150g). The computer controlled dipping mechanism can be equipped with 1 to 3 sample holders for simultaneous dipping of several samples. The adjustable dipping speed (0.1 to 100 mm/min) can be doubled as an option to reach up to 200 mm/min. This Dip Coater comes with one sample holder (two additional sample holders can be added as an option) and a 70 mm diameter glass vessel.

#### KSV NIMA Dip Coater Single Vessel Medium / Large

KSV NIMA Dip Coater Single Vessel Medium and KSV NIMA Dip Coater Single Vessel Large are intended for coating large samples in one vessel. The only difference between the two systems is their height enabling coating of a 300 mm high sample with the Medium version (max. H300 x W400 x T15, 500g) and up to 500 mm high with the Large version (max. H500 x W400 x T15, 500g). A single sample clip is provided with the instrument. A multisample clip is available as an accessory to enable simultaneous coating of 6 or 10 samples. The space available between the 2 legs of the Dip Coater stand is 400 mm. The Dip Coater comes with the KSV NIMA Interface Unit.

#### KSV NIMA Dip Coater Single Vessel Extra Large

The KSV NIMA Dip Coater Single Vessel Extra Large (XL) is built for precise coating of very large and/or heavy samples (max. H1000 x W400 x T15 mm, 2.5 kg). A single sample clip is provided with the instrument. A multisample clip is available as an accessory to enable simultaneous coating of 6 or 10 samples. The space available between the 2 legs of the Dip Coater stand is 600 mm. The Dip Coater comes with the KSV NIMA Interface Unit.

### Dip Coaters for multiple vessel sequencing

#### KSV NIMA Dip Coater Multi Vessel Small

KSV NIMA Dip Coater Multi Vessel Small is a unique instrument for coating small samples (max. H70 x W45 x T3, 150g) when multi-vessel sequencing is required. The unique design has a central mounted dipping mechanism that rotates around eight stationary vessels (diameter 48mm, height 80mm, contain up to 100 ml) for multi programmable deposition/rinse cycles. Due to the unique design we are able to offer, as an option, temperature control on the vessels. A sample holder is attached to the dipping arm with a locking screw for easy substrate clamping and removal. It has an adjustable starting height to maximize the available submersion depth. The software enables control of the upper and lower resting positions and resting periods, up and down stroke speeds, number of dips and dipping positions. The KSV NIMA Interface Unit and a magnetic stirrer that rotates with the dipping mechanism are included.

#### KSV NIMA Dip Coater Multi Vessel Medium / Large

KSV NIMA Dip Coater Multi Vessel Medium is designed for coating medium to large samples (max. H300 x W950 x T15, 500g) using multi-vessel sequencing. KSV NIMA Dip Coater Multi Vessel Large enables even larger sample coating (max. H500 x W950 x T15, 500g) with the maximum sample height increased from 300 mm to 500 mm. Both systems offer programmable dipping speed and horizontal motion for precise and versatile sequencing. A single sample clip is provided with the instrument. A multisample clip is available as an accessory to enable simultaneous coating of 6 or 10 samples. The space available between the 2 legs of the Dip Coater stand is 950 mm. The Dip Coater comes with the KSV NIMA Interface Unit.

### MULTI VESSEL SYSTEMS SPECIFICATIONS



#### SAMPLE SPECIFICATIONS

	Small	Medium	Large
Weight (g)	0...150	0...500	0...500
Height (mm)	10...70	25...300	25...500
Width (mm)	5...45	5...950	5...950
Thickness (mm)	0.15...3	0.15...15	0.15...15
Number of samples	1	1, 6*, 10* (*as an option)	1, 6*, 10* (*as an option)

#### OTHER INSTRUMENT SPECIFICATIONS

Dipping speed (mm/min)	0.1...108	1...1000	1...1000
Horizontal motion type	rotating dipper (max. 8 vessels)	linear (0...800 mm)	linear (0...800 mm)
Horizontal speed (mm/min)	fixed rotational speed	1...1500	1...1500
Dimensions (L x W x H mm)	330 x 330 x 341	1210 x 510 x 1200	1210 x 510 x 1800

## Accessories

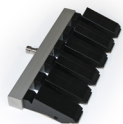
Accessories are available to add further capabilities to your KSV NIMA Dip Coaters: vessels, thermostated vessels, vacuum pump based horizontal dipping clamp for horizontal deposition on light samples, active vibration isolation system to eliminate disturbing vibrations caused by other instruments, traffic or air conditioning system.

Depending on your system, you can also choose from a range of single and multiple sample clips, temperature probe, pH probe, magnetic stirrer and cabinets.

For complete accessory descriptions, please visit the KSV NIMA Dip Coater product page at [www.ksvnima.com](http://www.ksvnima.com).



*Standard single sample clip provided with all the KSV NIMA Dip Coaters (except the Single Vessel Small and the Multi Vessel Small).*



*Example of multiple sample clip available as an accessory for all Dip Coaters except the Multi Vessel Small. The multiple sample clip comes with 6 (picture) or 10 clips. Each clip can hold up to 150g.*

## Product benefits

All KSV NIMA Dip Coaters are programmable computer controlled instruments built for homogeneous deposition and repeatable operations. Their main advantages are:

- **Flexible programming of dipping sequences**

The Windows-based Dip Coating software enables easy programming of a dipping sequence into either single or multiple vessels. The dipping sequences can be stored in the PC for further utilisation. Software-controlled deposition features include setting the substrate resting positions, immersion speed, submersion period, withdrawal speed, drying period and number of dip cycles, to name a few.

- **Vibration free immersion and withdrawal**

The dipping mechanism enables vibration free immersion and withdrawal of samples into the liquid vessels for precise and uniform coatings.

- **Versatile and robust instrument**

The range of sample holders and accessories enable various configurations fitting a wide range of experimental requirements. Durable materials were chosen to make our Dip Coaters a safe long-term investment.

*Specifications and appearance are subject to change without prior notice. Biolin Scientific shall not be liable for any errors in this document.*



***KSV NIMA – at the creative interface of people and technology***

We create value for our customers by providing advanced, innovative instruments for thin film fabrication and characterisation, by constantly exchanging knowledge with our customers and through building open, trusting relationships with customers and partners.

## Availability

KSV NIMA products and services are provided to customers all over the world through Biolin Scientific in co-operation with a highly competent network of Distribution Partners. For a list of relevant contact details, visit [www.ksvnima.com](http://www.ksvnima.com)

## Contact information

KSV NIMA  
Biolin Scientific  
Tietäjantie 2  
FIN-02130 Espoo, Finland

Tel +358 9 5497 3300  
Fax +358 9 5497 3333

[info@ksvnima.com](mailto:info@ksvnima.com)  
[www.ksvnima.com](http://www.ksvnima.com)

---

Para:	Sr. Mariano Esteban Hurtado	De:	Víctor Pavón
Empresa:	Universidad Politécnica de Cartagena	Ref. N°:	OF2014077
Teléfono:	+34 650101462	Fecha:	30/04/2014
E-mail:	mariano86_marry@hotmail.com	Nº Pág.:	5
Asunto:	Oferta de robot UR5 para proyecto de investigación.		

---

Estimado Sr. Esteban;

Acorde a la conversación mantenida recientemente, le adjuntamos a continuación la oferta de nuestro robot UR5 para su proyecto de formación e investigación.

Este robot está certificado ISO para trabajar en entornos colaborativos sin barreras de protección.

**Robot incluido en la oferta:            UR5**





## Especificaciones técnicas

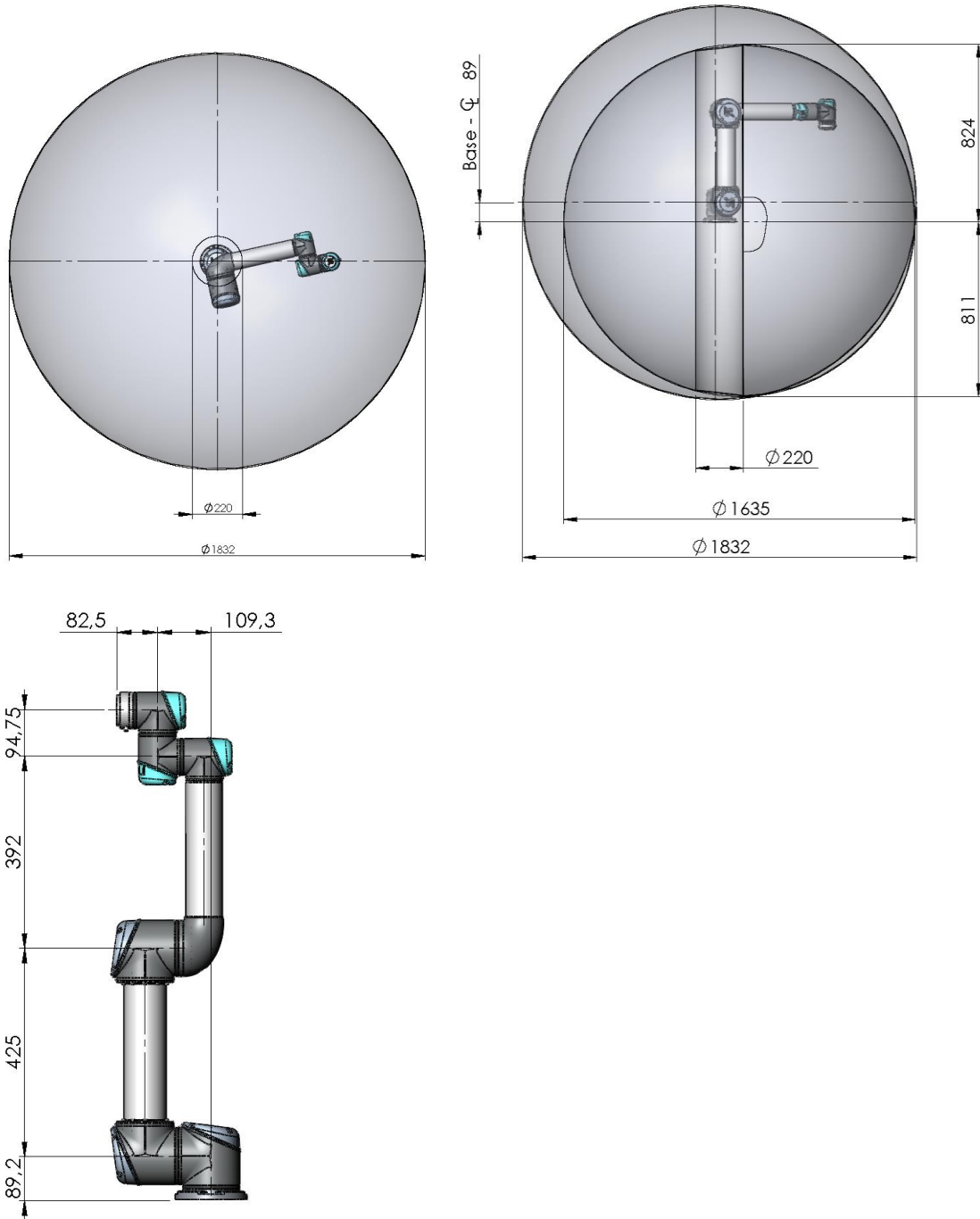
UR5

No nos responsabilizamos de los posibles errores de impresión o modificaciones técnicas.

Brazo robótico de 6 ejes con un radio de funcionamiento de 850 mm

Peso:	18,4 kg
Carga útil:	5 kg
Alcance:	850 mm
Movilidad de las articulaciones:	+/- 360° en todas las articulaciones
Velocidad:	Articulación: Máx. 180°/seg. Herramienta: Aprox. 1 m/seg.
Repetibilidad:	+/- 0,1 mm
Base:	Ø149 mm
Grado de libertad:	6 articulaciones giratorias
Dimensiones de la caja de control (ancho x alto x fondo):	475 mm x 423 mm x 268 mm
Puertos de entrada/salida:	10 entradas digitales, 10 salidas digitales, 4 entradas analógicas, 2 salidas analógicas
Alimentación de entradas y salidas:	24 V 1200 mA en la caja de control y 12 V/24 V 600 mA en la herramienta
Comunicación:	Tomas Ethernet TCP/IP Modbus TCP
Programación:	Interfaz gráfica de usuario Polyscope en pantalla táctil de 12 pulgadas con soporte
Ruido:	Comparativamente silencioso
Clasificación IP:	IP54
Consumo energético:	Aprox. 200 vatios utilizando un programa típico
Funcionamiento en colaboración:	Comprobado según las secciones 5.10.1 y 5.10.5 de la norma EN ISO 10218-1:2006
Materiales:	Aluminio, acero inoxidable, plástico ABS
Temperatura:	El robot puede trabajar en un intervalo de temperaturas de 0-50°C
Alimentación:	200-240 V CA, 50-60 Hz
Cable de 6 metros entre el robot y la caja de control	
Cable de 6 metros entre la pantalla táctil y la caja de control	

**Dimensiones y alcance UR5:**



**Documentación:**

Junto con los equipos se suministra una documentación completa en castellano que incluye los manuales de instalación, uso y programación.

**Precios:**

1 robot UR5 según descripción técnica precedente  
1 Porte por DHL desde Dinamarca  
1 Embalaje

Total del pedido:..... **18.500 €**

**Este precio no incluye:**

IVA, de acuerdo con el tipo vigente en el momento de la facturación, siendo hoy del 21 %.  
Integración del robot, conexión con otros dispositivos, evaluación de riesgos, certificación CE, formación y montaje en sus instalaciones.

**Validez de la oferta:** Un mes.

**Plazo de entrega:** A confirmar en el momento del pedido, actualmente sería aproximadamente de 15 días a contar desde la recepción por escrito del pedido y el pago del porcentaje acordado.

**Forma de pago:** 50% al pedido  
50% a 30 días de la entrega.

**Garantía:**

Nuestros suministros disponen de una garantía de 12 meses a contar desde la entrega, y cubre defectos de calidad de los componentes, en ningún caso roturas o desgastes originados por un mal montaje o uso de los mismos.

La garantía está asegurada por R+ únicamente dentro del territorio nacional.

Esperando haber interpretado correctamente sus deseos, quedamos a su disposición para cuantas aclaraciones y consultas tengan a bien formularnos y aprovechamos la ocasión para saludarle muy atentamente,

Víctor PAVÓN  
Director Gerente  
**Robotplus, S.L.**

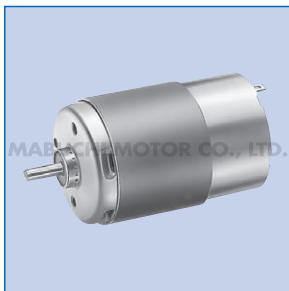
## Condiciones generales de venta de R+:

- 1. Generales.** Todos los pedidos y entregas estarán sujetos a los términos y condiciones que a continuación se indican. Cualquier condición estipulada por el Cliente que contradiga de algún modo nuestras condiciones normales de suministro, serán válidas solamente si son reconocidas por nosotros por escrito. Cualquier condicionante o términos locales, así como cualquier condición especial de venta debe tener carácter preferencial; estos términos y condiciones tal como se especifican aquí serán aplicables en el caso de surgir algún desacuerdo, contradicción o posible indefinición.
- 2. Ofertas.** Nuestras ofertas son válidas por 30 días y deben ser tratadas confidencialmente. En el caso de que el cliente no envíe el pedido en firme en consonancia con nuestra oferta, éste devolverá o destruirá toda la documentación que anteriormente se le hubiera entregado.
- 3. Precio.** Los precios son en la moneda indicada en la oferta. La entrega es como se indica en el punto " precio" – se excluye embalaje salvo que se indique lo contrario, IVA o cualquier otra tasa o impuesto. La mercancía no será asegurada. Nos reservamos el derecho a modificar el precio de la mercancía no entregada si las circunstancias lo exigieran así como a notificarlo al Cliente lo más pronto posible a menos que se hubiera especificado de otra forma en la documentación del pedido. Los empaquetados especiales o envíos marítimos conllevarán un extra-coste.
- 4. Forma de Pago.** Excepción hecha de que se especifiquen otras condiciones, la forma de pago será "60 días fecha factura". El pago por cheque o transferencia bancaria solo será efectivo tras su acreditación en cuenta.
- 5. Pagos con demora.** En el caso de retraso en los pagos, el Cliente será responsable y aceptará sin ningún otro aviso en este sentido, de un interés extra por retraso, del 3% sobre el precio final a contar desde el trigésimo día de la fecha en que el pago estuviera estipulado.
- 6. Plazos de Entrega.** El Distribuidor pondrá sus mejores esfuerzos para cumplimentar los plazos de entrega especificados. El plazo de entrega no será considerado el espíritu principal del Contrato ni su incumplimiento será razón suficiente para la reclamación por daños o perjuicios ni motivo para la cancelación del pedido. Se aceptarán envíos parciales.
- 7. Cancelación de Pedidos.** La cancelación de un pedido estará subordinada a la obligación del Cliente de aceptar la entrega total del material de su pedido durante el periodo de 3 meses a contar desde la fecha de nuestra aceptación de su pedido. Los costes particulares relacionados con el mantenimiento en almacén del material deberán ser soportados por el Cliente.
- 8. Entregas Parciales.** Se facturarán las Entregas Parciales conforme se vayan cumplimentando según los precios estipulados en la Confirmación del Pedido.
- 9. Devolución de Material.** Solo se autoriza la devolución del material que este cubierto por una "Autorización de Devolución de Material" emitida por nosotros. No se aceptará la devolución de aquel material que haya sido fabricado para cumplimentar especificaciones concretas o específicas del Cliente. Cualquier material recibido sin la mencionada "Autorización de Devolución de Material" será devuelto con cargo al Cliente. Así mismo se cargarán los costes de Administración e Inspección del Producto involucrados en la Devolución.
- 10. Responsabilidades y Garantías.** Cualquier otra reclamación no incluida en la presente "Condiciones de Venta" demandada por escrito por el Cliente (dentro de los 12 meses de garantía del material), serán aceptadas a nuestra exclusiva discreción. En el caso de su aceptación, el Suministrador se reserva el derecho de reparar o sustituir tan rápido como sea posible, quedando las partes reemplazadas a disposición del Suministrador. El Cliente se responsabilizará de los costes involucrados en la corrección del problema (tales como retirada, transporte y reinstalación) de las partes defectuosas. Está excluida de nuestra garantía o responsabilidad cualquier deficiencia en nuestra mercancía que no sea exclusivamente achacable a su fabricación. De la misma forma queda excluida cualquier responsabilidad debido a un desgaste normal del producto o situaciones análogas (consumo de potencia, recuperación de componentes, condiciones atmosféricas, polución del aire, mantenimiento inadecuado, incumplimiento de las instrucciones de funcionamiento, cargas excesivas, experimentaciones del material no autorizadas, empleo de materiales no autorizados, daños causados por elementos químicos o electrolíticos o resultantes de cualquier otra acción más allá del control del Suministrador. Cualquier demanda del Cliente, independientemente de su origen que no sean contempladas en estas Condiciones Generales, en particular cualquier demanda tales como daños, reducción de precios o retracción del Contrato, están excluidas. En ninguna circunstancia, cualquiera que esta sea, podrá el Cliente reclamar daños por situaciones tales como: pérdida de producción, pérdida de pedidos, pérdidas económicas así como cualquier daño directo o indirecto. Esta exención de responsabilidad, sin embargo, no será aplicable a acciones ilegales u obvia negligencia por nuestra parte, aunque sí serán responsables aquellas personas designadas por nosotros para cumplimentar cualquiera de estas obligaciones. El cliente se responsabilizará de la documentación necesaria así como del coste necesario para la devolución a nosotros o a nuestro Representante legal del equipo devuelto.
- 11. Reclamaciones.** Los Clientes deben presentar sus reclamaciones por escrito inmediatamente después de recibir la mercancía o tan pronto como hayan detectado algún fallo oculto.
- 12. Propiedad de la Mercancía.** La titularidad de la propiedad de la mercancía vendida pertenecerá al vendedor, independiente de cualquier otra circunstancia, en tanto éste (Vendedor) no haya recibido el pago completo de ésta.
- 13. Avaluos o Embargos.** En ninguna circunstancia el Cliente podrá disponer de aval o derecho de embargo sobre la propiedad del Fabricante.
- 14. Temas Legales.** Cualquier desacuerdo en la interpretación del contrato entre las partes será resuelto de acuerdo a las Leyes Españolas. Los tribunales competentes que resolverán sobre el asunto en litigio serán los de Alcalá de Henares (España).
- 15. Especificaciones Técnicas.** A menos que se haya acordado algo diferente, los catálogos e información técnica existente no serán vinculantes. La información suministrada con el material solamente será vinculante, en el caso de que así haya sido especificado como tal. El fabricante se reserva todos los derechos para modificar cualquier especificación sin previo aviso.
- 16. Mantenimiento instalaciones.** Una vez entregada la instalación (si fuera el caso) será responsabilidad del cliente mantener dicha instalación a nivel mecánico, eléctrico y neumático siguiendo las especificaciones de R+ si las hubiera.
- 17. Finalización puesta en marcha.** La puesta en marcha (si la hubiere) se considera finalizada, una vez la instalación haya realizado 100 ciclos ininterrumpidamente. Los retrasos en la puesta en marcha ajenos a R+ serán facturados según nuestras tarifas de intervención técnica en vigor.
- 18. Derechos de Propiedad.** Toda la información así como los dibujos y esquemas que se suministren como información adicional a la Documentación de Venta, no podrá ser en ningún caso transmitida a una tercera parte. El Cliente no podrá transmitir o utilizar cualquier Información relacionada con el diseño o funcionalidad en ninguna circunstancia. En caso de incumplimiento de la presente cláusula nos Reservamos el derecho a reclamar daños.

# RS-445PA/PD

OUTPUT : 3.0W ~ 55W (APPROX)

カーボンブラシ | Carbon-brush motors | 碳精电刷



代表的用途 精密・事務機器：インクジェットプリンター

Typical Applications Precision and Office Equipment : Inkjet Printer

主要用途 精密、办公设备：喷墨打印机

WEIGHT : 127g (APPROX)

MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		AT MAXIMUM EFFICIENCY				STALL			
	OPERATING RANGE	NOMINAL	SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE	OUTPUT	TORQUE	CURRENT		
			r/min	A	r/min	A	mN-m	g-cm	W	mN-m	g-cm	A
RS-445PA-14233	12~42	(!) 42V CONSTANT	6500	0.060	5410	0.30	13.7	140	7.78	81.8	834	1.47
RS-445PA-15200	12~42	(!) 42V CONSTANT	7600	0.067	6420	0.36	14.6	148	9.77	93.7	955	1.98
RS-445PD-18140	12~42	(!) 42V CONSTANT	9300	0.070	8130	0.48	16.9	173	14.4	134	1366	3.35

(!) この表示使用電圧は、PWM制御時のピーク電圧となります。また、耐電圧1800V 1secの保証はできませんので予めご了承ください。

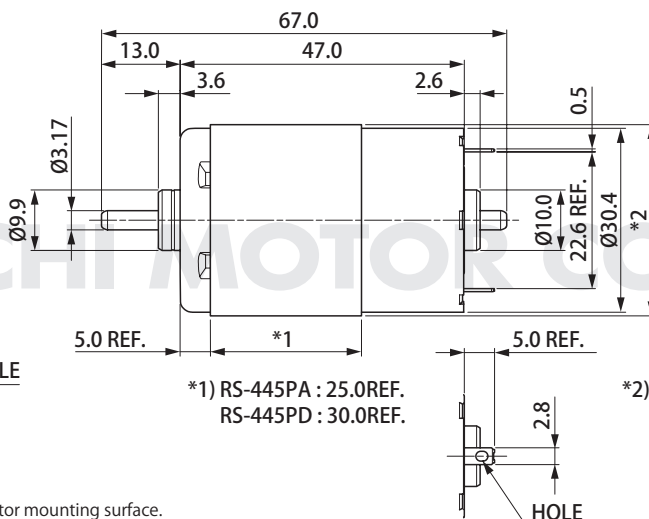
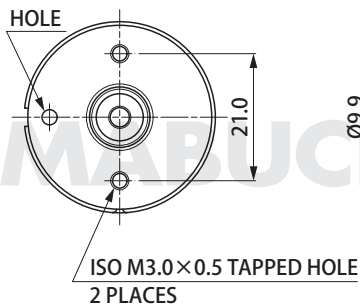
(!) This operating voltage indicates the peak value in case of pulse-width modulation (PWM) power supply.

Besides, as withstand voltage, 1800V for one second can not be guaranteed.

(!) 这个标示使用电压是PWM执行控制时的峰值电压。另外，我们无法提供耐电压1800V 1sec的保证，敬请见谅。

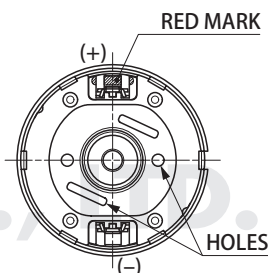
RS-445PA：エンコーダ搭載仕様もあります。 | Motor with an encoder is also available. | 还有配备编码器的马达。

### DIRECTION OF ROTATION



\*1) RS-445PA : 25.0REF.  
RS-445PD : 30.0REF.

\*2) RS-445PA : Ø32.1MAX.  
RS-445PD : Ø33.5MAX.

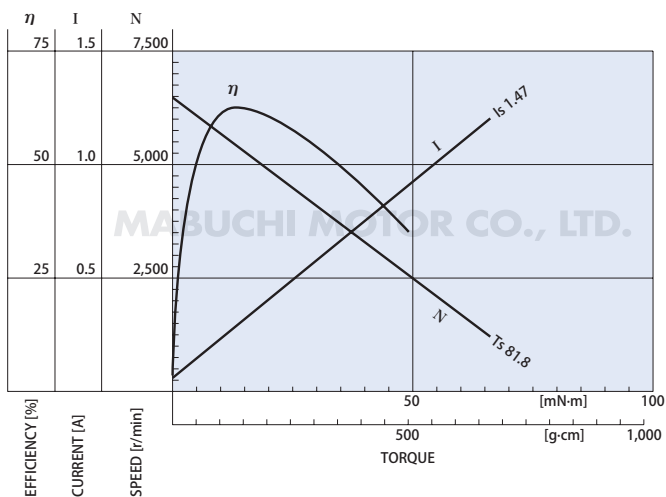


取付けネジの長さはモータケース面より5.0以下  
Usable machine screw length 5.0 max. from motor mounting surface.  
安装螺丝的长度须从马达壳面算起5.0以内

UNIT : MILLIMETERS

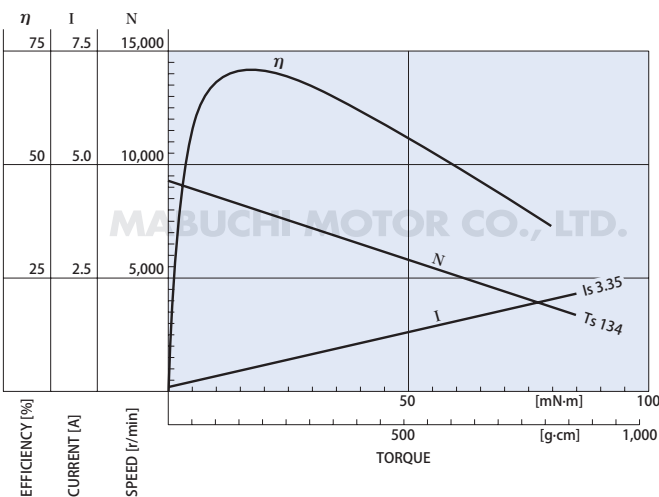
### RS-445PA-14233

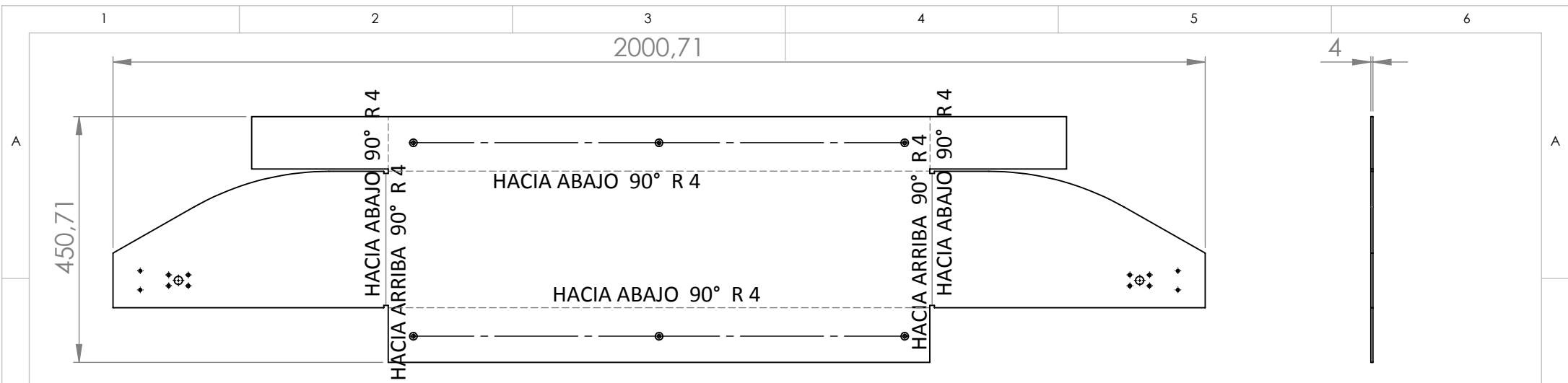
42.0V



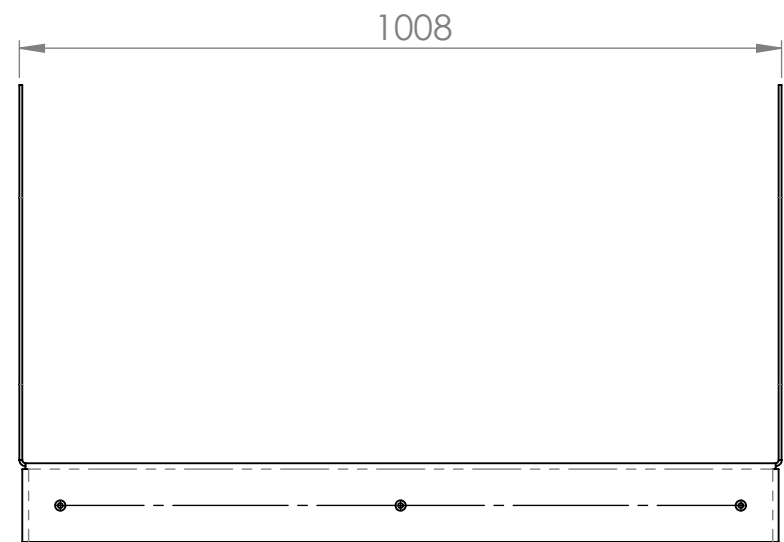
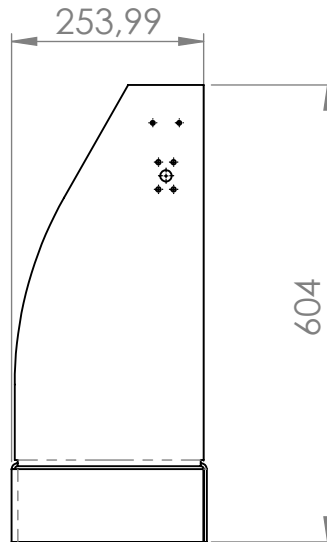
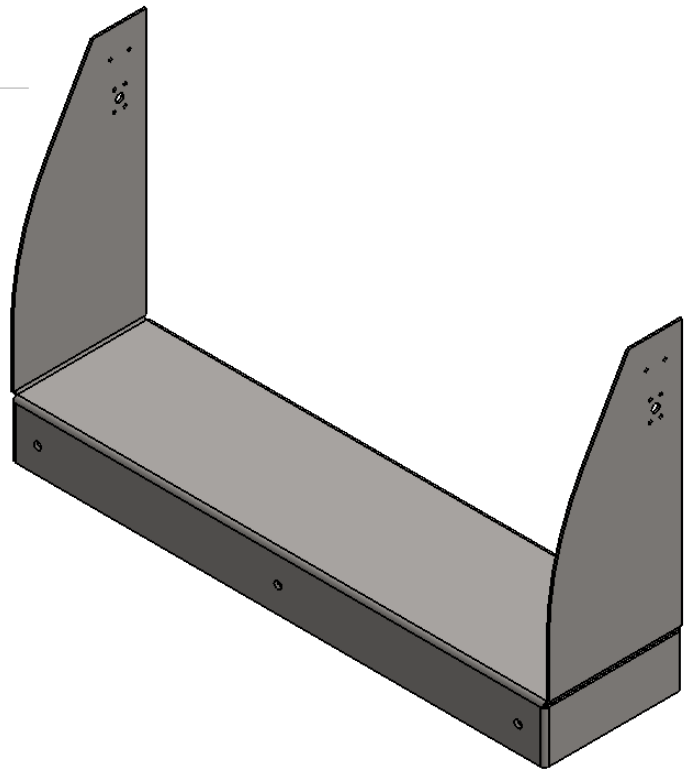
### RS-445PD-18140


42.0V

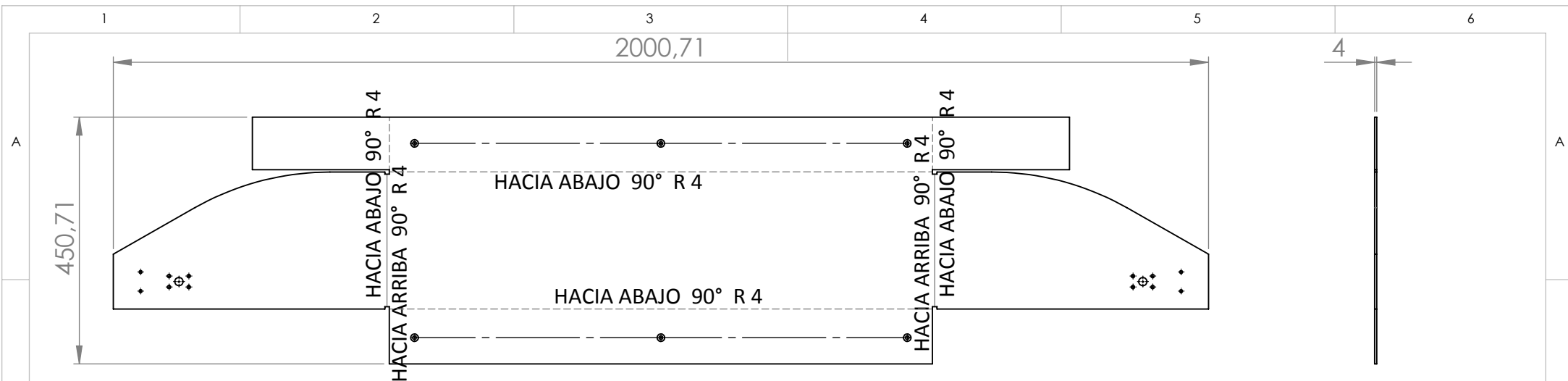




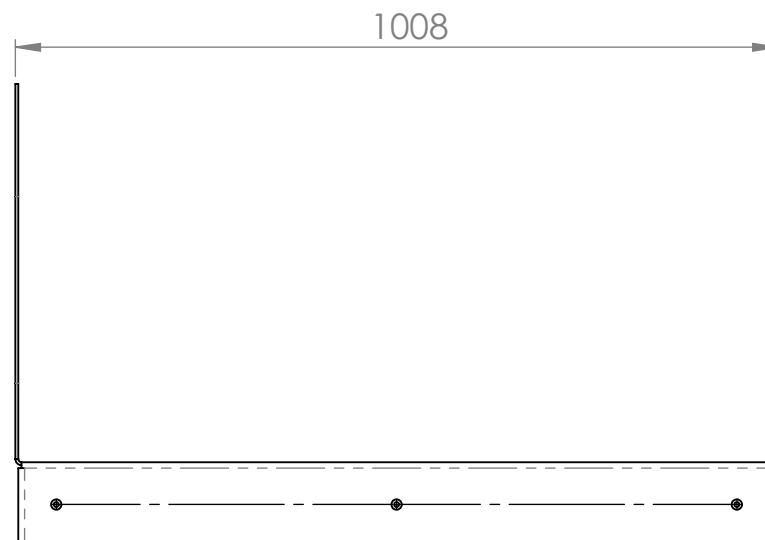
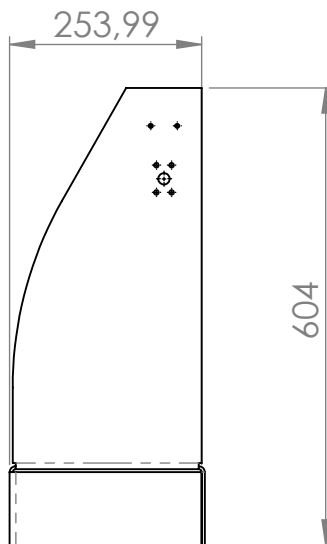
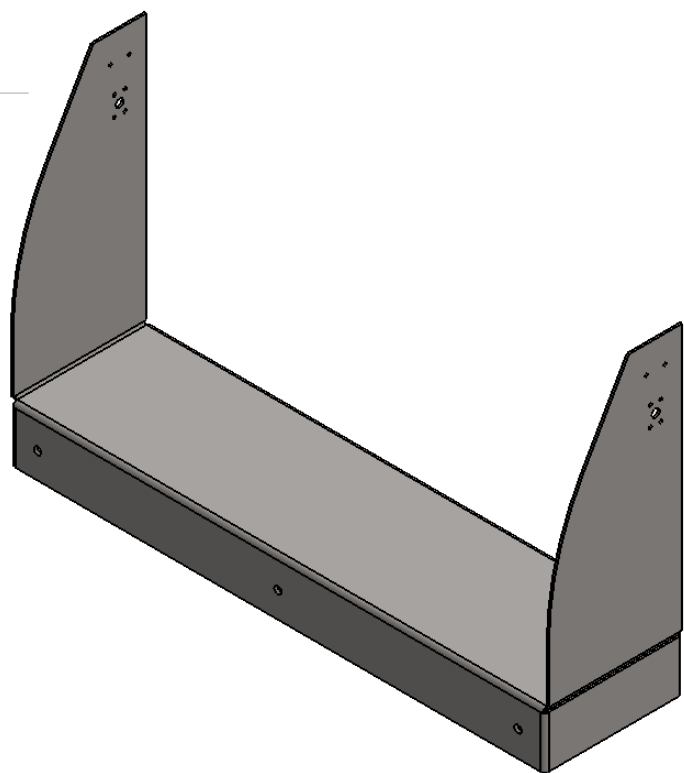
**DESARROLLO DE CHAPA**



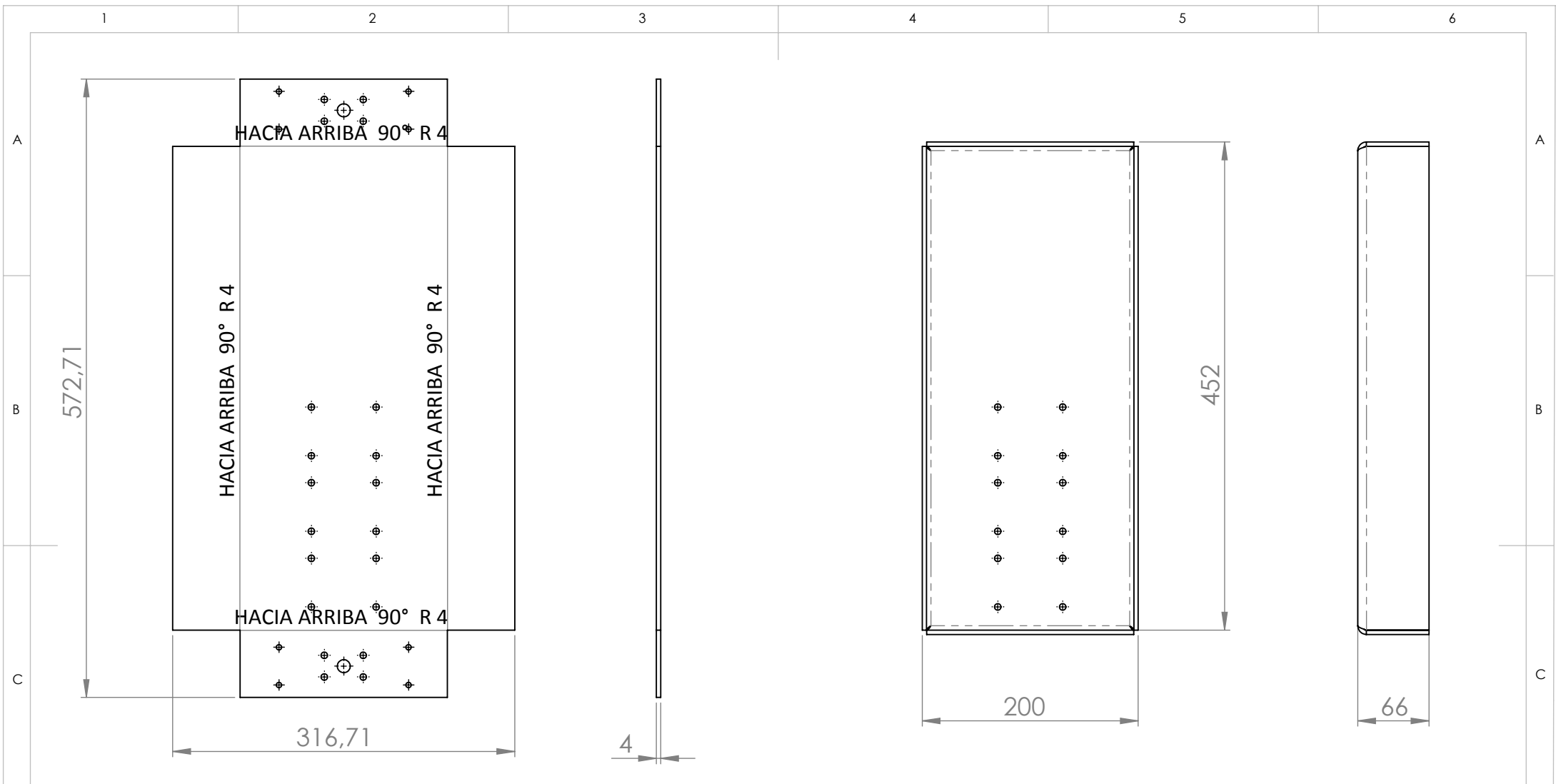
 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>	 PESO (Kg) 22.60 <b>A4</b>	ESCALA <b>1:10</b>	REFERENCIA PLANO	MATERIAL:
			MAQ-001.0	AISI 304
			DESIGNACIÓN PLANO	ACABADO:
			CHAPA BASE	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS
	FECHA	NOMBRE	PROYECTO	UNIDADES:
DIBUJADO	22/03/2015	MARIANO E.H.	PLATAFORMA DE INMERSIÓN	<b>1</b>
COMPROBADO	22/03/2015	MARIANO E.H.		REVISIÓN:
				<b>0</b>



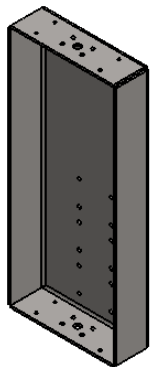
**DESARROLLO DE CHAPA**





 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>	 PESO (Kg) 22.60 <b>A4</b>	ESCALA <b>1:10</b>	REFERENCIA PLANO MAQ-001.0	MATERIAL: AISI 304
			DESIGNACIÓN PLANO CHAPA BASE	ACABADO: REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS
DIBUJADO	FECHA 22/03/2015	NOMBRE MARIANO E.H.	PROYECTO PLATAFORMA DE INMERSIÓN	UNIDADES: <b>1</b>
COMPROBADO	22/03/2015	MARIANO E.H.		REVISIÓN: <b>0</b>

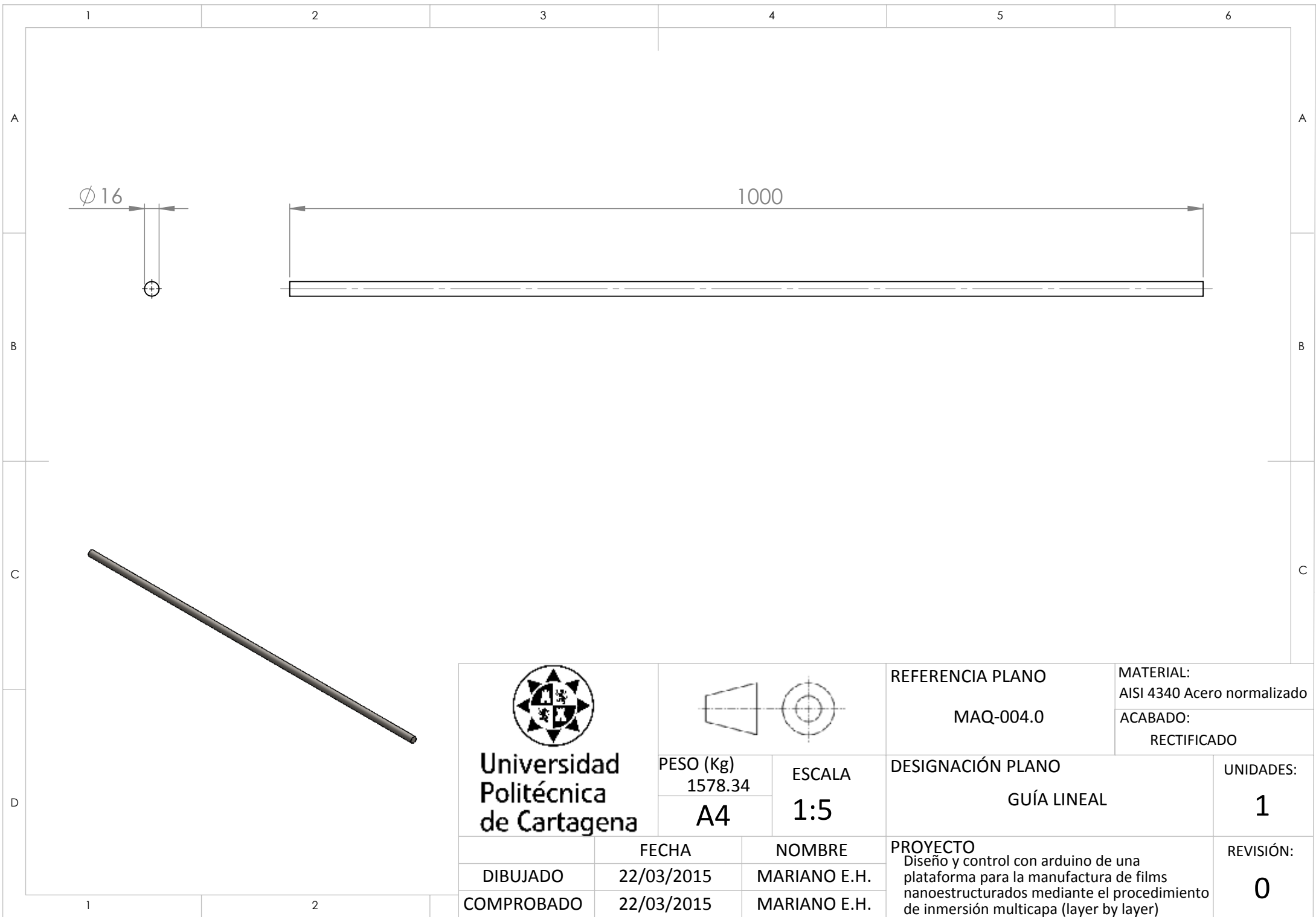




**DESARROLLO DE CHAPA**

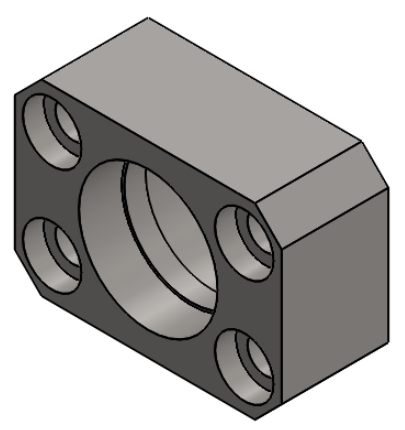
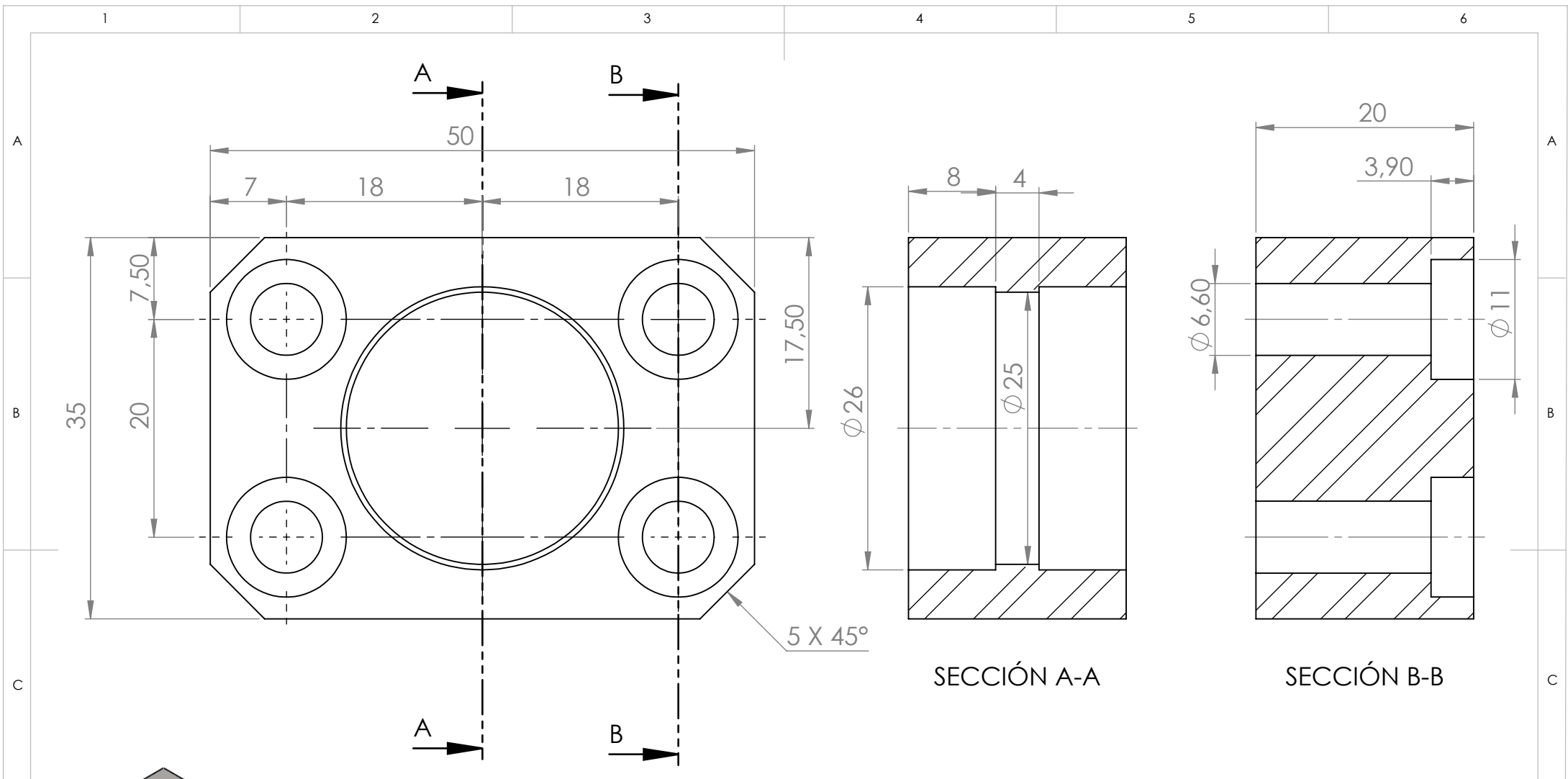


 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>			<b>REFERENCIA PLANO</b> MAQ-003.0	<b>MATERIAL:</b> AISI 304
	<b>PESO (Kg)</b> 5315.96 <b>A4</b>	<b>ESCALA</b> <b>1:5</b>	<b>DESIGNACIÓN PLANO</b> ESTRUCTURA HUSILLO VERTICAL	<b>ACABADO:</b>
<b>FECHA</b> 22/03/2015	<b>NOMBRE</b> MARIANO E.H.	<b>PROYECTO</b> Diseño y control con arduino de una plataforma para la manufactura de films nanoestructurados mediante el procedimiento de inmersión multicapa (layer by layer)		<b>UNIDADES:</b> <b>1</b>
<b>DIBUJADO</b> 22/03/2015	<b>COMPROBADO</b> 22/03/2015	<b>MARIANO E.H.</b>	<b>MARIANO E.H.</b>	<b>REVISIÓN:</b> <b>0</b>

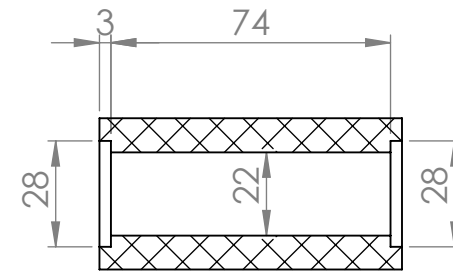
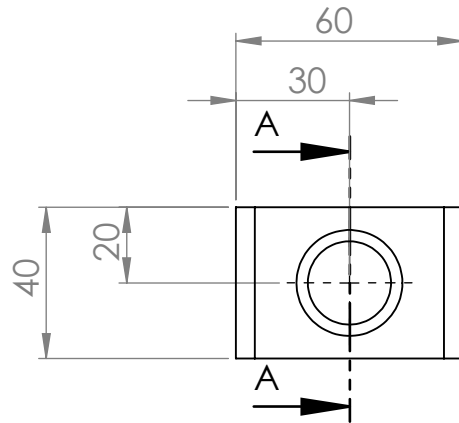




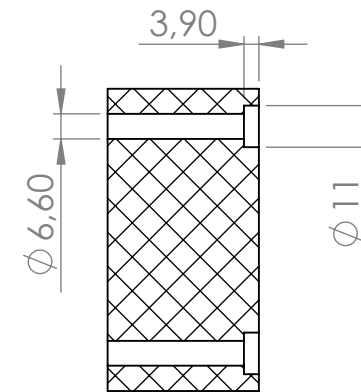
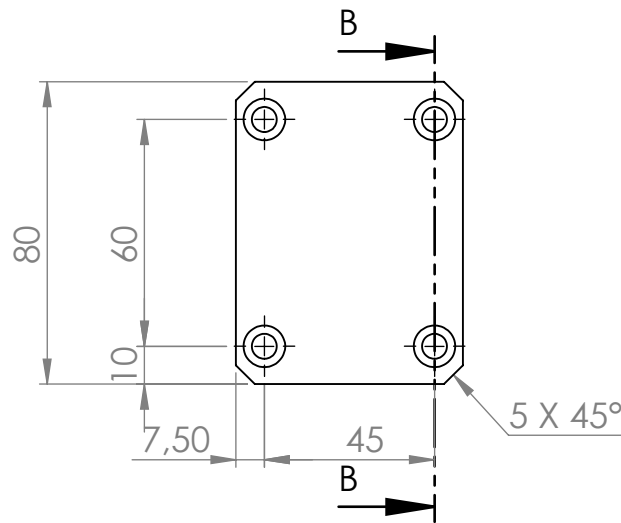
 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>			<b>REFERENCIA PLANO</b>  MAQ-004.0	<b>MATERIAL:</b> AISI 4340 Acero normalizado  <b>ACABADO:</b> RECTIFICADO
	<b>PESO (Kg)</b> 1578.34  <b>A4</b>	<b>ESCALA</b>  <b>1:5</b>	<b>DESIGNACIÓN PLANO</b>  GUÍA LINEAL	<b>UNIDADES:</b>  <b>1</b>
<b>DIBUJADO</b> COMPROBADO	<b>FECHA</b> 22/03/2015 22/03/2015	<b>NOMBRE</b> MARIANO E.H. MARIANO E.H.	<b>PROYECTO</b> Diseño y control con arduino de una plataforma para la manufactura de films nanoestructurados mediante el procedimiento de inmersión multicapa (layer by layer)	<b>REVISIÓN:</b>  <b>0</b>



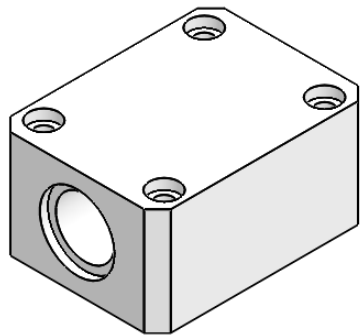
 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>	 PESO (Kg) 158.85 <b>A4</b>	ESCALA <b>2:1</b>	REFERENCIA PLANO MAQ-005.0	MATERIAL: AISI 304 ACABADO:
			DESIGNACIÓN PLANO SUJECIÓN HUSILLO	UNIDADES: <b>4</b>
DIBUJADO COMPROBADO	FECHA 22/03/2015 22/03/2015	NOMBRE MARIANO E.H. MARIANO E.H.	PROYECTO Diseño y control con arduino de una plataforma para la manufactura de films nanoestructurados mediante el procedimiento de inmersión multicapa (layer by layer)	
				REVISIÓN: <b>0</b>




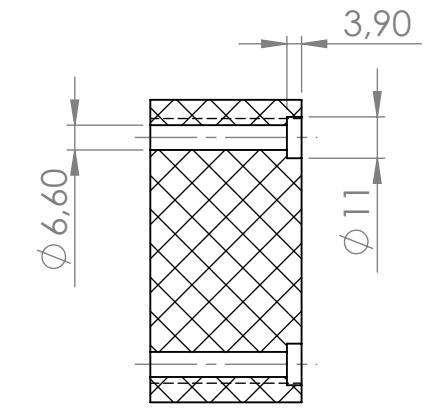
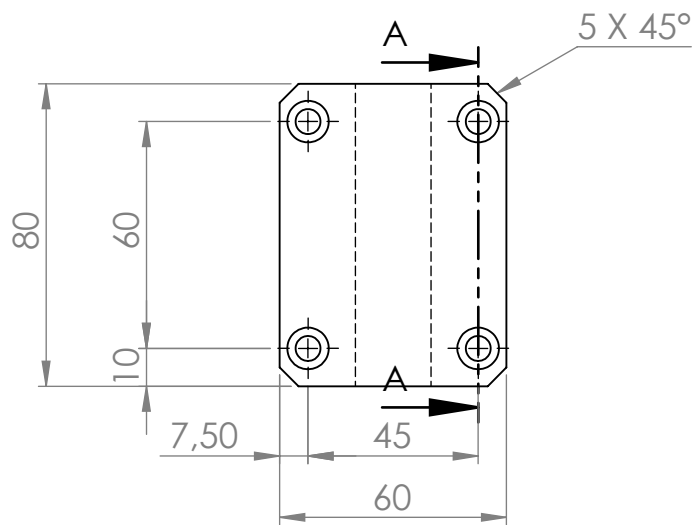
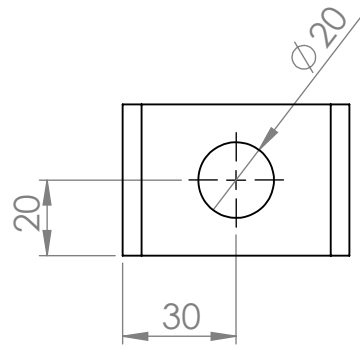
SECCIÓN A-A



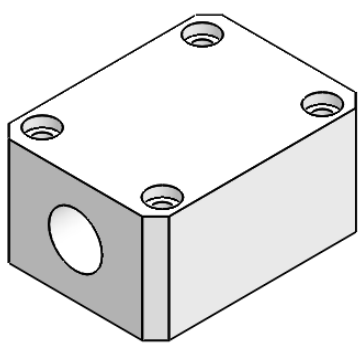
SECCIÓN B-B

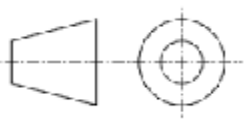


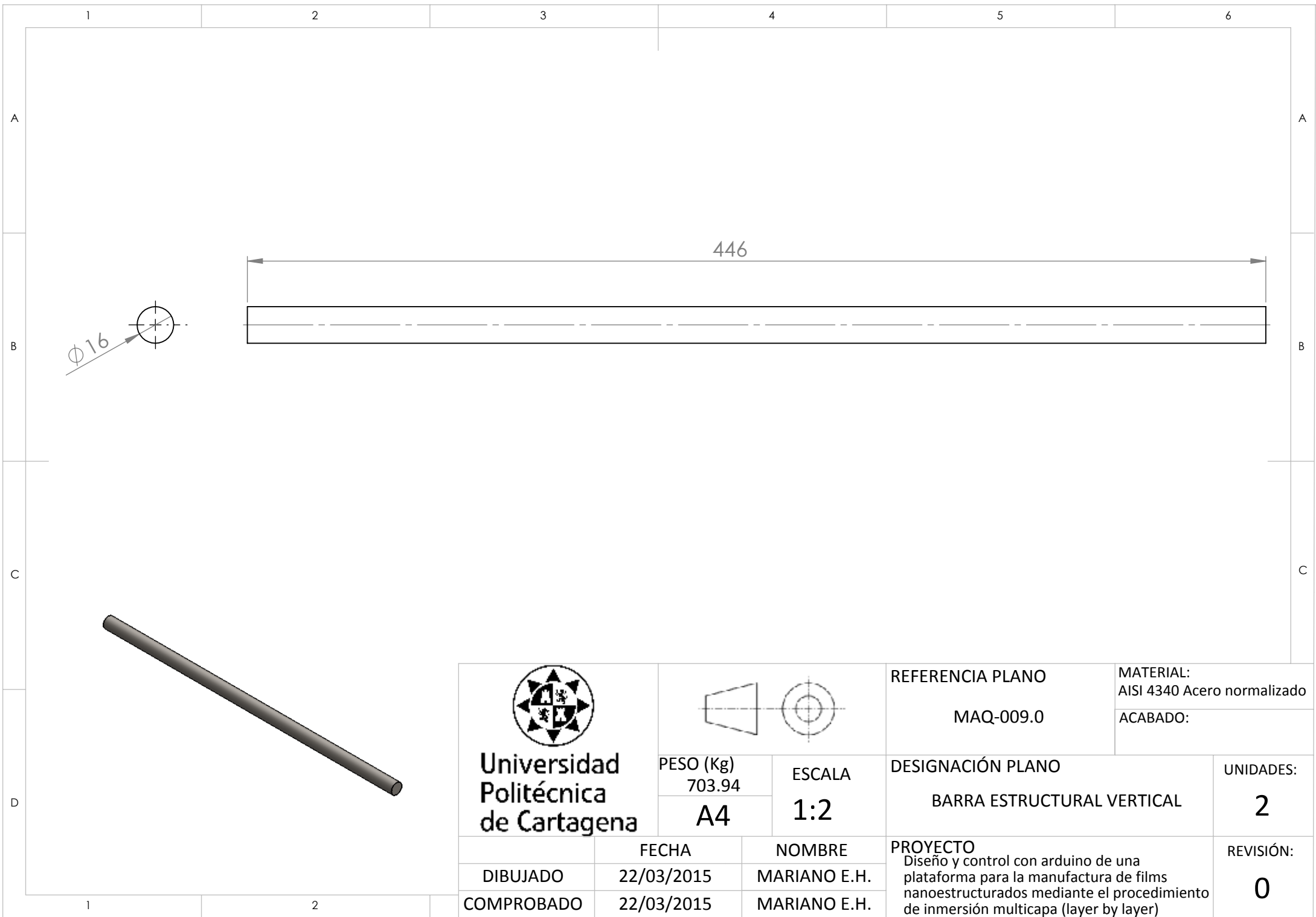
 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>	 PESO (Kg) 154.79 <b>A4</b>		ESCALA <b>1:2</b>	REFERENCIA PLANO MAQ-006.0	MATERIAL: ABS ACABADO:
	DIBUJADO 22/03/2015	FECHA 22/03/2015	NOMBRE MARIANO E.H.	DESIGNACIÓN PLANO SOPORTE DE CASQUILLO	UNIDADES: <b>3</b>
COMPROBADO 22/03/2015		NOMBRE MARIANO E.H.	PROYECTO Diseño y control con arduino de una plataforma para la manufactura de films nanoestructurados mediante el procedimiento de inmersión multicapa (layer by layer)		REVISIÓN: <b>0</b>





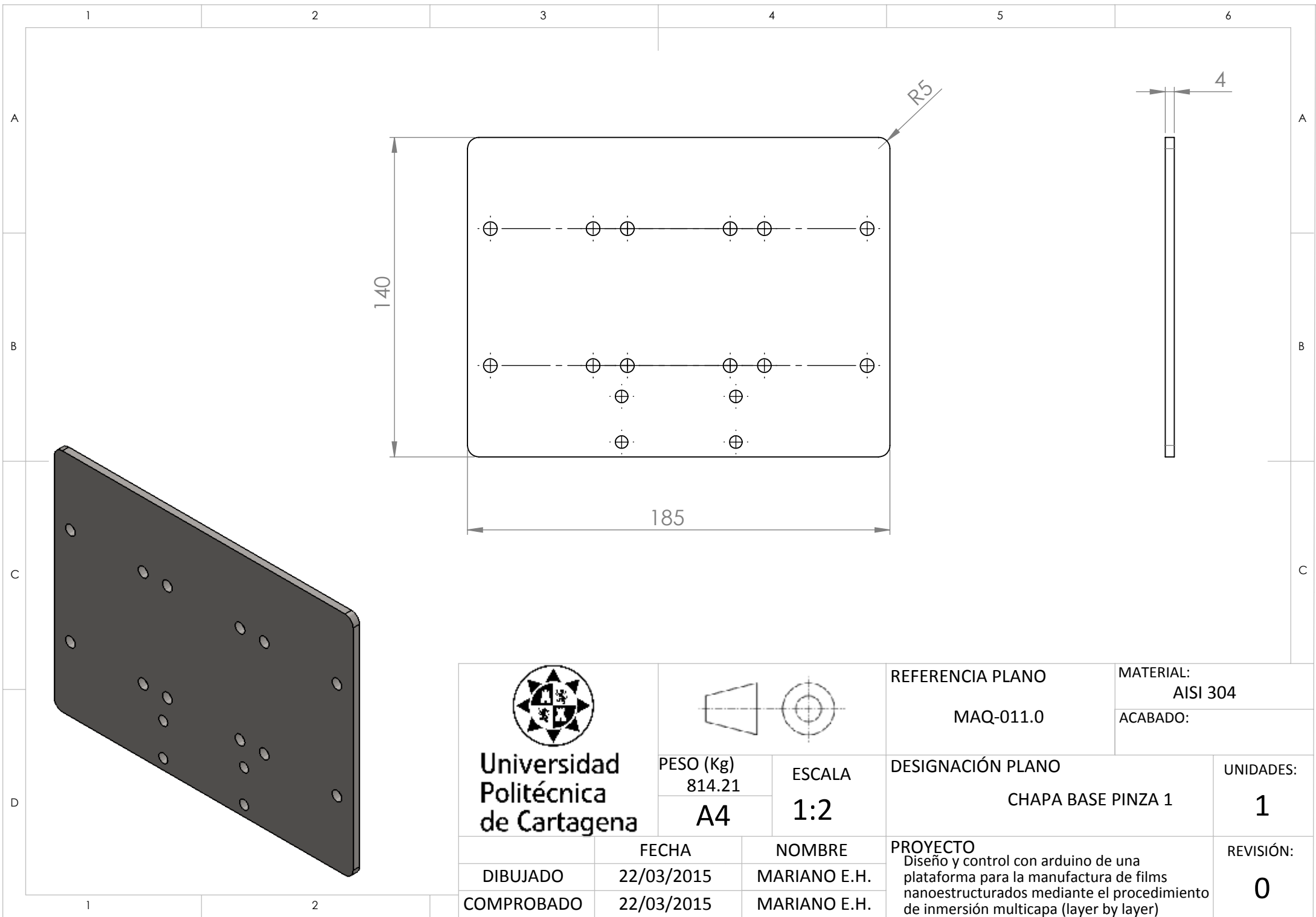
SECCIÓN A-A





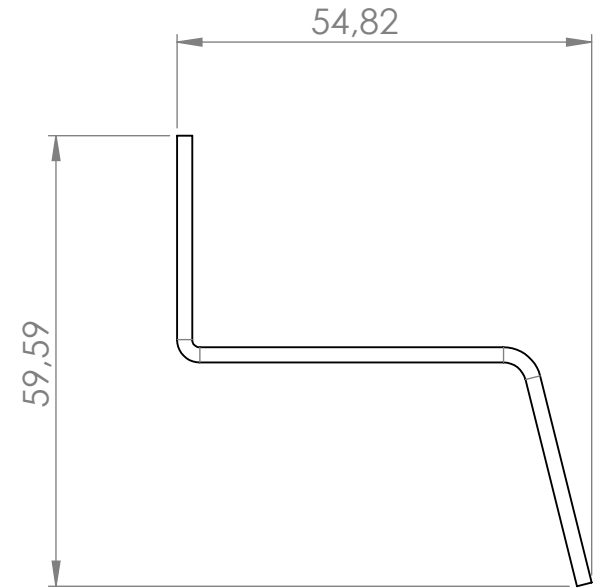
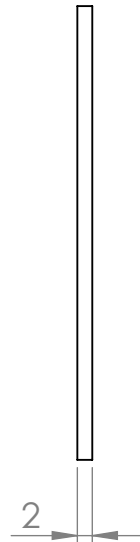
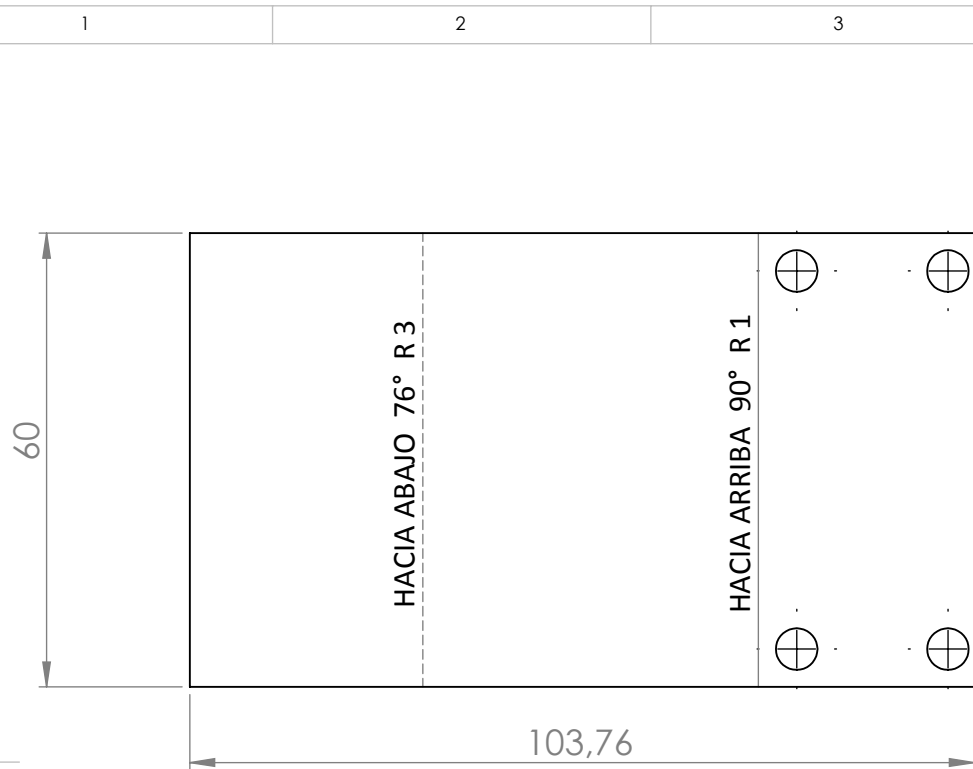
 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>			<b>REFERENCIA PLANO</b> MAQ-007.0	<b>MATERIAL:</b> ABS
	<b>PESO (Kg)</b> 161.61 <b>A4</b>	<b>ESCALA</b> <b>1:2</b>	<b>DESIGNACIÓN PLANO</b> SOPORTE TUERCA HUSILLO	<b>ACABADO:</b>
<b>FECHA</b> 22/03/2015	<b>NOMBRE</b> MARIANO E.H.	<b>PROYECTO</b> Diseño y control con arduino de una plataforma para la manufactura de films nanoestructurados mediante el procedimiento de inmersión multicapa (layer by layer)		<b>UNIDADES:</b> <b>2</b>
<b>DIBUJADO</b> 22/03/2015	<b>COMPROBADO</b> 22/03/2015	<b>MARIANO E.H.</b>	<b>MARIANO E.H.</b>	<b>REVISIÓN:</b> <b>0</b>



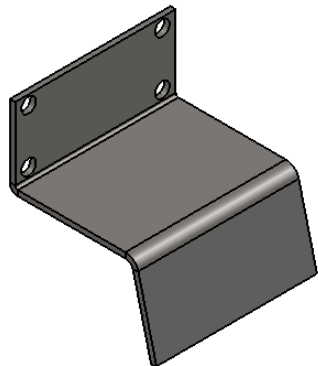
 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>			<b>REFERENCIA PLANO</b>  MAQ-009.0	<b>MATERIAL:</b> AISI 4340 Acero normalizado  <b>ACABADO:</b>
	<b>PESO (Kg)</b> 703.94  <b>A4</b>	<b>ESCALA</b>  <b>1:2</b>	<b>DESIGNACIÓN PLANO</b>  BARRA ESTRUCTURAL VERTICAL	<b>UNIDADES:</b>  <b>2</b>
<b>DIBUJADO</b> COMPROBADO	<b>FECHA</b> 22/03/2015 22/03/2015	<b>NOMBRE</b> MARIANO E.H. MARIANO E.H.	<b>PROYECTO</b> Diseño y control con arduino de una plataforma para la manufactura de films nanoestructurados mediante el procedimiento de inmersión multicapa (layer by layer)	<b>REVISIÓN:</b>  <b>0</b>





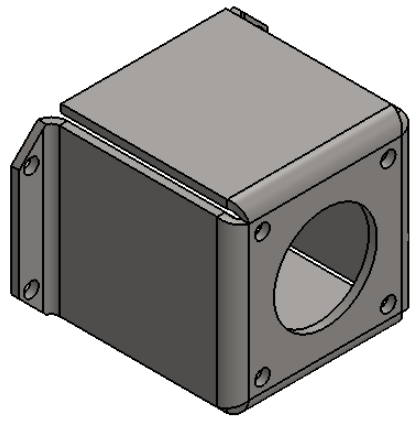
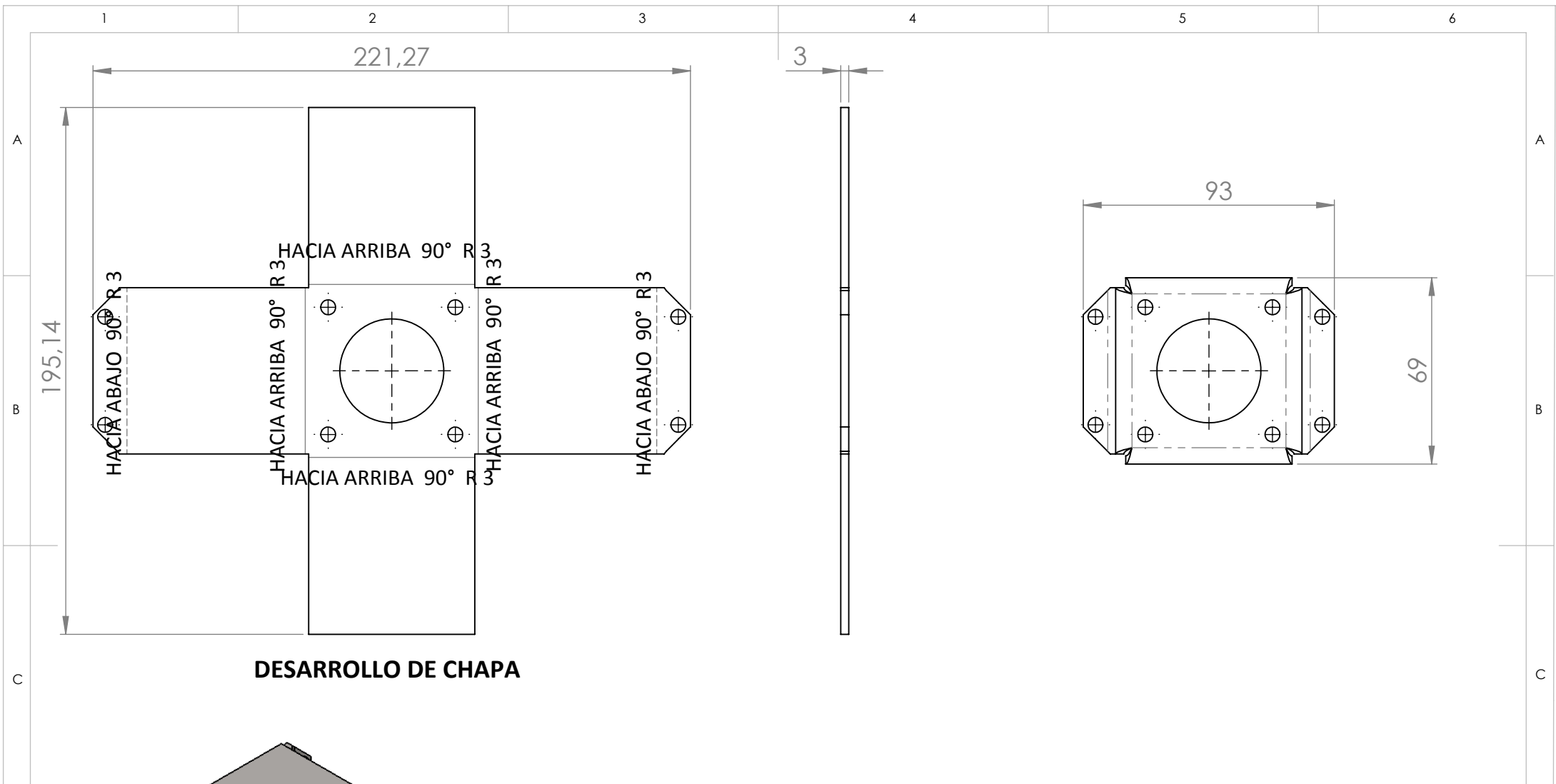
 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>		REFERENCIA PLANO	MATERIAL:
		MAQ-011.0	AISI 304
	PESO (Kg) 814.21	ESCALA	ACABADO:
	<b>A4</b>	<b>1:2</b>	
	FECHA	NOMBRE	DESIGNACIÓN PLANO
DIBUJADO	22/03/2015	MARIANO E.H.	CHAPA BASE PINZA 1
COMPROBADO	22/03/2015	MARIANO E.H.	UNIDADES: <b>1</b>
		PROYECTO	REVISIÓN:
		Diseño y control con arduino de una plataforma para la manufactura de films nanoestructurados mediante el procedimiento de inmersión multicapa (layer by layer)	<b>0</b>




**DESARROLLO DE CHAPA**

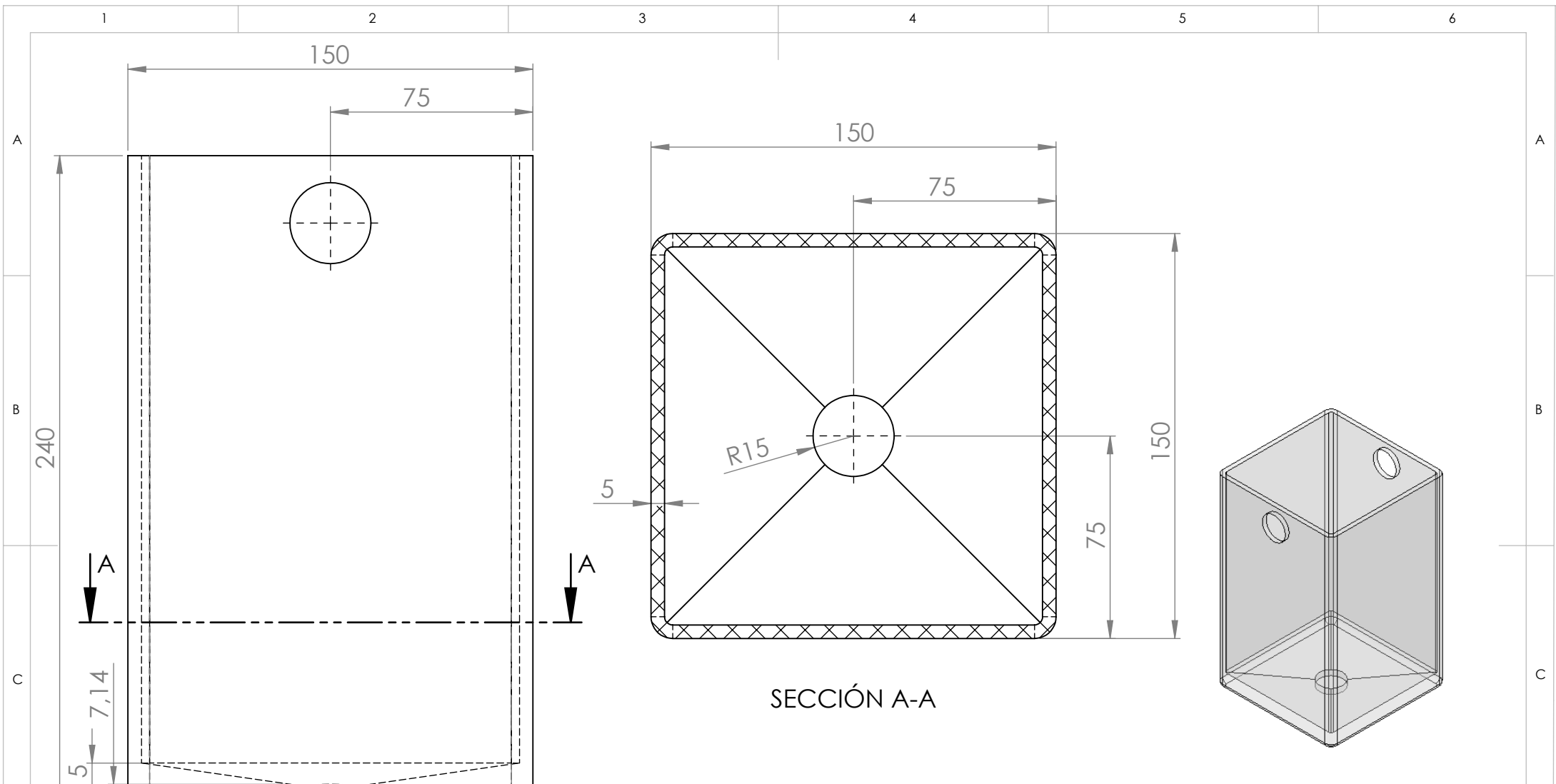


 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>		REFERENCIA PLANO	MATERIAL:
		MAQ-012.0	AISI 304
	PESO (Kg) 98.09	ESCALA	ACABADO:
	<b>A4</b>	<b>1:1</b>	
	FECHA	NOMBRE	DESIGNACIÓN PLANO
DIBUJADO	22/03/2015	MARIANO E.H.	CHAPA BASE PINZA 2
COMPROBADO	22/03/2015	MARIANO E.H.	UNIDADES:
			<b>1</b>
			PROYECTO
			Diseño y control con arduino de una plataforma para la manufactura de films nanoestructurados mediante el procedimiento de inmersión multicapa (layer by layer)
			REVISIÓN:
			<b>0</b>





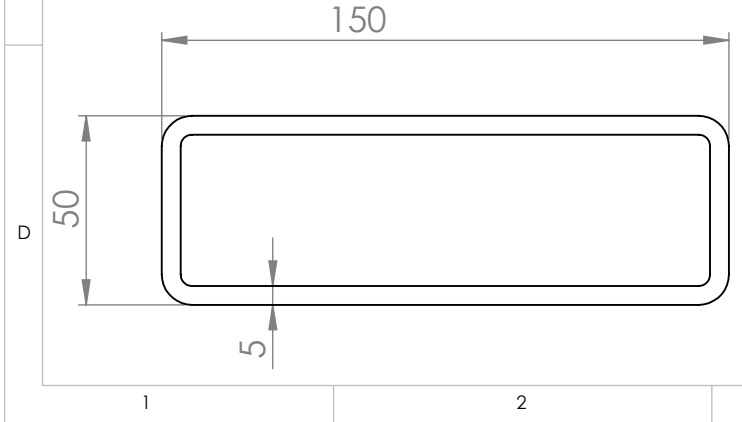
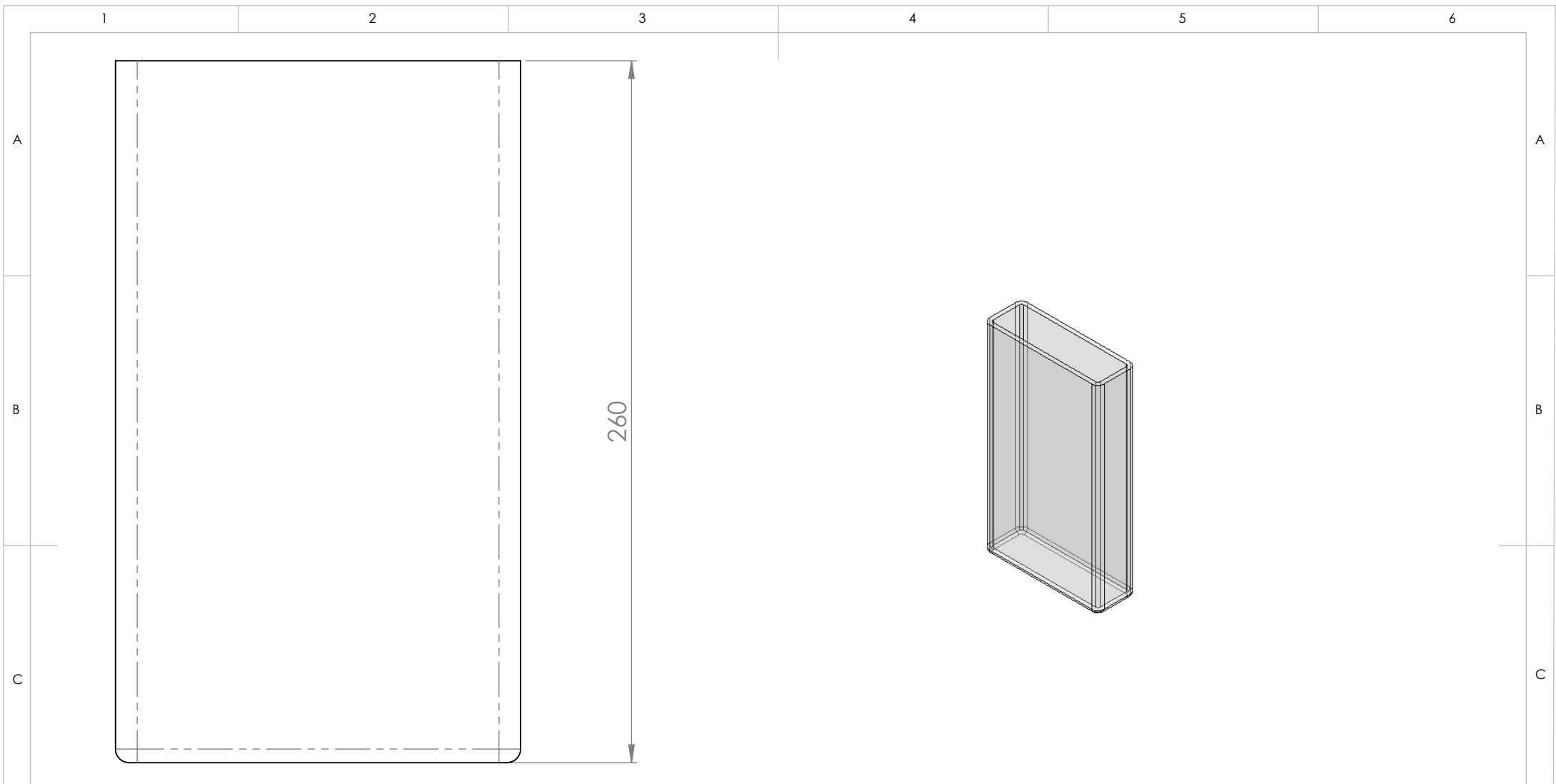
 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>		REFERENCIA PLANO	MATERIAL:
		MAQ-013.0	AISI 304
	PESO (Kg) 486.09	ESCALA	ACABADO:
	<b>A4</b>	<b>1:2</b>	
	FECHA	NOMBRE	DESIGNACIÓN PLANO
DIBUJADO	22/03/2015	MARIANO E.H.	SOPORTE MOTOR
COMPROBADO	22/03/2015	MARIANO E.H.	UNIDADES:
			<b>2</b>
			PROYECTO
			Diseño y control con arduino de una plataforma para la manufactura de films nanoestructurados mediante el procedimiento de inmersión multicapa (layer by layer)
			REVISIÓN:
			<b>0</b>





SECCIÓN A-A

 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>			<b>REFERENCIA PLANO</b> MAQ-015.0	<b>MATERIAL:</b> PLA
	<b>PESO (Kg)</b> A4	<b>ESCALA</b> 1:2	<b>DESIGNACIÓN PLANO</b> ESTACIÓN DE SECADO	<b>ACABADO:</b>
<b>FECHA</b> DIBUJADO 22/03/2015 COMPROBADO 22/03/2015	<b>NOMBRE</b> MARIANO E.H. MARIANO E.H.	<b>PROYECTO</b> Diseño y control con arduino de una plataforma para la manufactura de films nanoestructurados mediante el procedimiento de inmersión multicapa (layer by layer)	<b>UNIDADES:</b> 1	<b>REVISIÓN:</b> 0

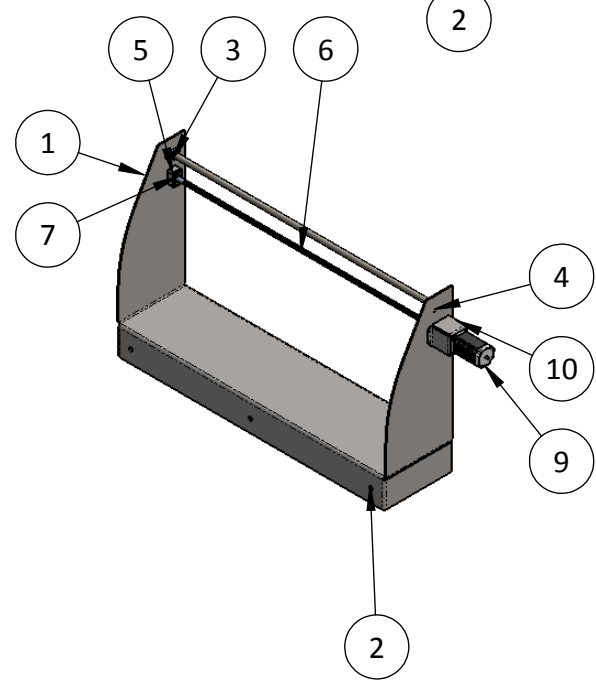
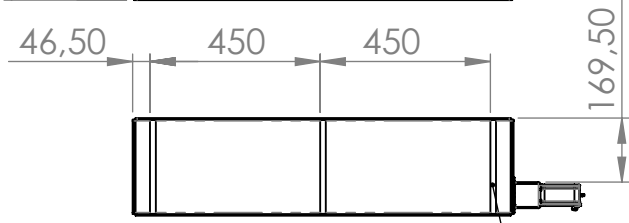
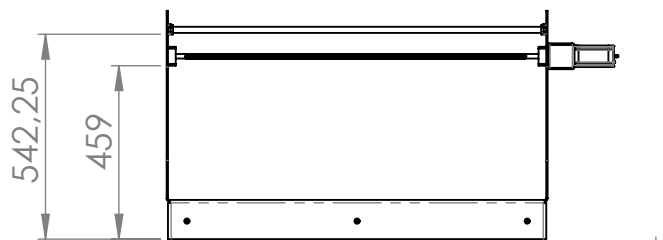



**Universidad  
Politécnica  
de Cartagena**



		PESO (Kg)	ESCALA
		<b>A4</b>	<b>1:2</b>
DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	
COMPROBADO	22/03/2015	MARIANO E.H.	

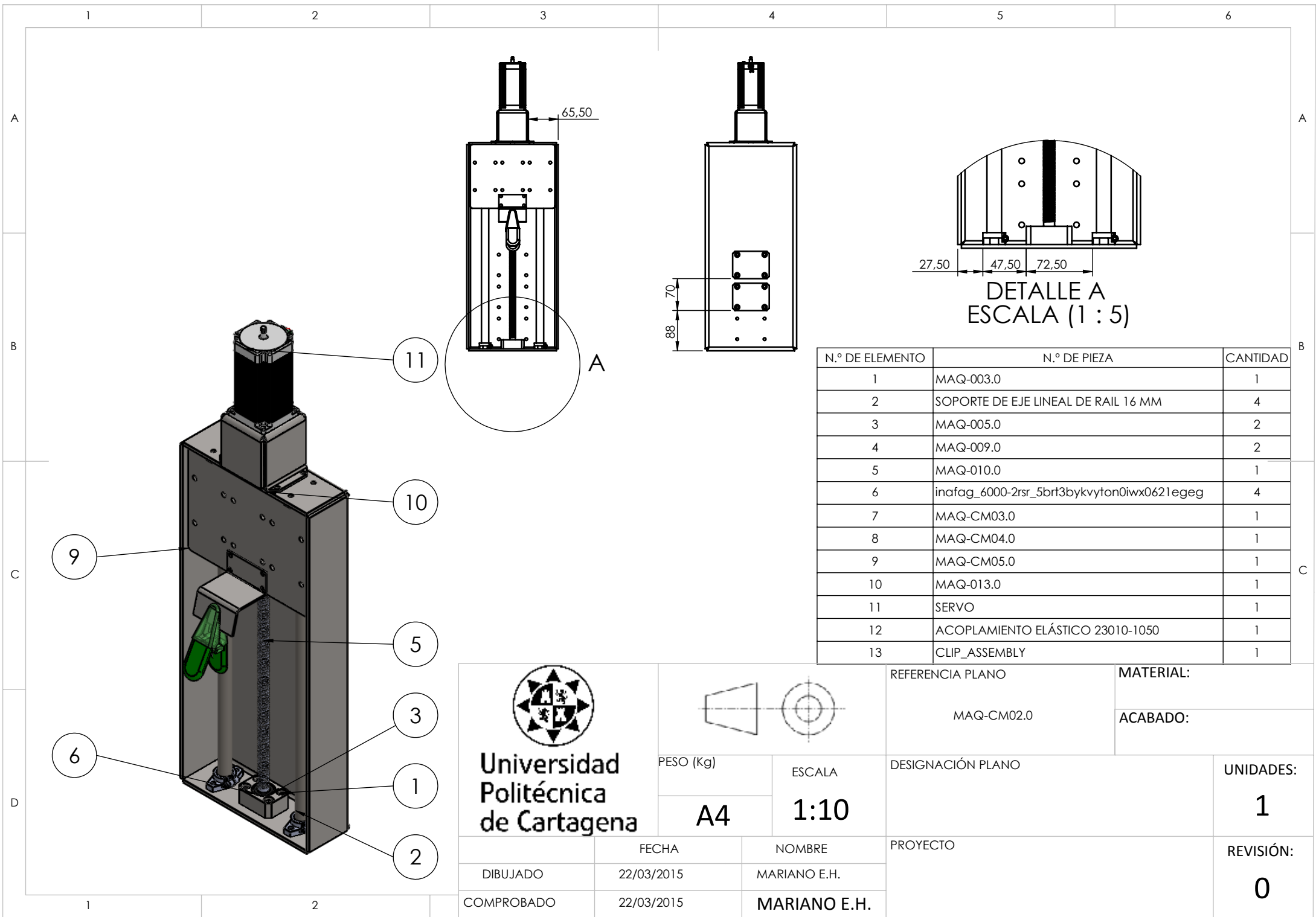
REFERENCIA PLANO	MATERIAL:
MAQ-016.0	PLA
DESIGNACIÓN PLANO	ACABADO:
DISOLUCIONES	
PROYECTO	UNIDADES:
Diseño y control con arduino de una plataforma para la manufactura de films nanoestructurados mediante el procedimiento de inmersión multicapa (layer by layer)	<b>4</b>
	REVISIÓN:
	<b>0</b>

UNIDADES:	<b>4</b>
REVISIÓN:	<b>0</b>



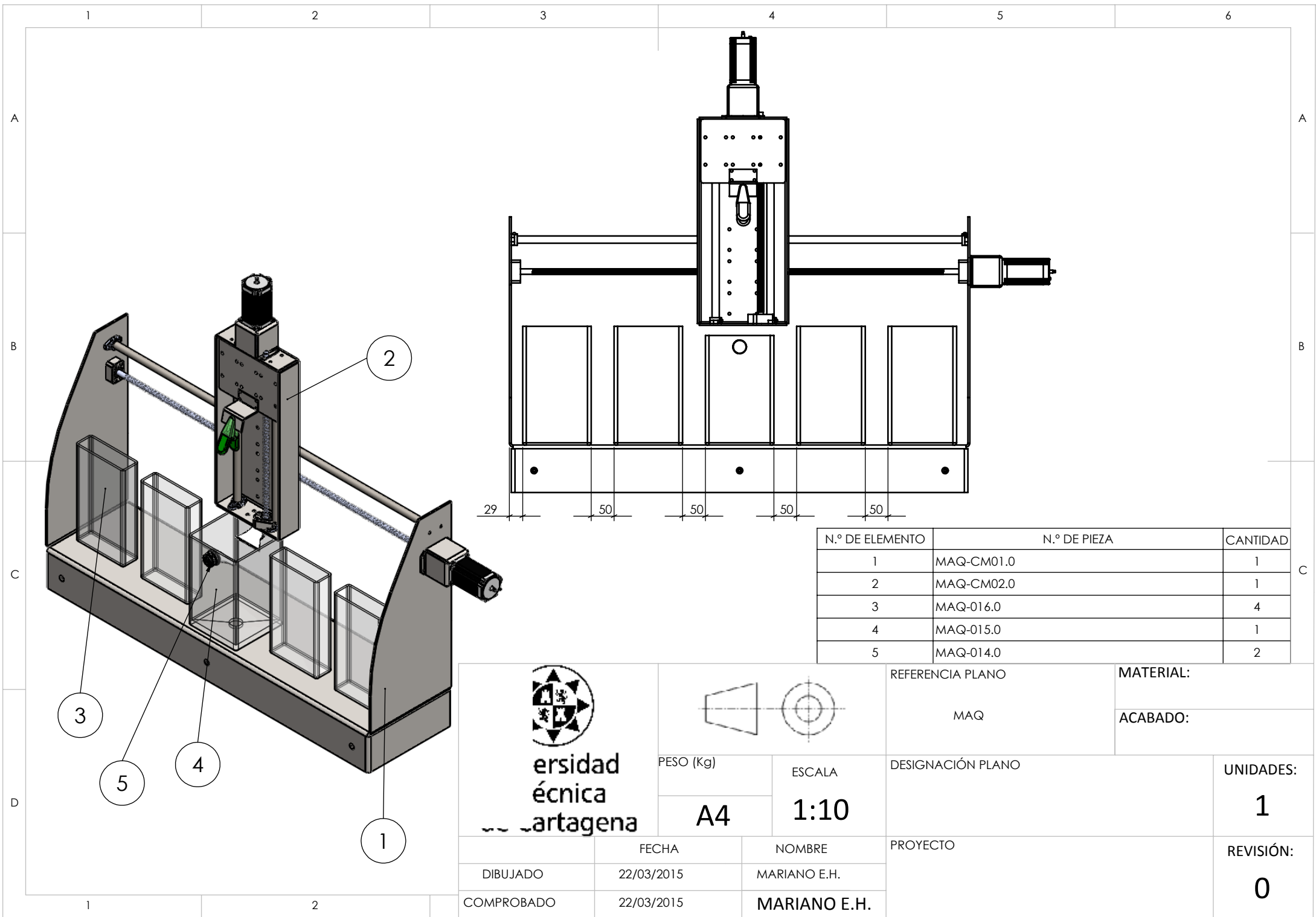
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	MAQ-001.0	CHAPA BASE	1
2	MAQ-002.0	BARRA ESTRUCTURAL	3
3	SOPORTE DE EJE LINEAL DE RAIL 16 MM		2
4	MAQ-004.0	GUÍA LINEAL	1
5	MAQ-005.0	SUJECIÓN HUSILLO	2
6	MAQ-008.0		1
7	inafag_6000-2rsr_5brt3bykvyton0iw x0621egeg		4
8	ACOPLAMIENTO ELÁSTICO 23010-1050		1
9	SERVO		1
10	MAQ-013.0	SOPORTE MOTOR	1

 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>			<b>REFERENCIA PLANO</b> MAQ-CM01.0	<b>MATERIAL:</b> ACABADO:
	<b>PESO (Kg)</b> A4	<b>ESCALA</b> 1:20	<b>DESIGNACIÓN PLANO</b>	<b>UNIDADES:</b> .
<b>DIBUJADO</b> COMPROBADO	<b>FECHA</b> 22/03/2015 22/03/2015	<b>NOMBRE</b> MARIANO E.H. MARIANO E.H.	<b>PROYECTO</b> Diseño y control con arduino de una plataforma para la manufactura de films nanoestructurados mediante el procedimiento de inmersión multicapa (layer by layer)	<b>REVISIÓN:</b> 0



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	MAQ-003.0	1
2	SOPORTE DE EJE LINEAL DE RAIL 16 MM	4
3	MAQ-005.0	2
4	MAQ-009.0	2
5	MAQ-010.0	1
6	inafag_6000-2rsr_5brt3bykvyton0iwx0621egeg	4
7	MAQ-CM03.0	1
8	MAQ-CM04.0	1
9	MAQ-CM05.0	1
10	MAQ-013.0	1
11	SERVO	1
12	ACOPAMIENTO ELÁSTICO 23010-1050	1
13	CLIP_ASSEMBLY	1

 <b>Universidad Politécnica de Cartagena</b>		REFERENCIA PLANO	MATERIAL:
		MAQ-CM02.0	ACABADO:
PESO (Kg)	ESCALA	DESIGNACIÓN PLANO	UNIDADES:
<b>A4</b>	<b>1:10</b>		<b>1</b>
FECHA	NOMBRE	PROYECTO	REVISIÓN:
DIBUJADO 22/03/2015	MARIANO E.H.		<b>0</b>
COMPROBADO 22/03/2015	<b>MARIANO E.H.</b>		



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	MAQ-CM01.0	1
2	MAQ-CM02.0	1
3	MAQ-016.0	4
4	MAQ-015.0	1
5	MAQ-014.0	2

 <b>Universidad Técnica de Cartagena</b>	 PESO (Kg) <b>A4</b>	ESCALA <b>1:10</b>	REFERENCIA PLANO	MATERIAL:
			MAQ	ACABADO:
			DESIGNACIÓN PLANO	UNIDADES:
				<b>1</b>
			PROYECTO	REVISIÓN:
				<b>0</b>
	FECHA	NOMBRE		
DIBUJADO	22/03/2015	MARIANO E.H.		
COMPROBADO	22/03/2015	MARIANO E.H.		