

DISEÑO DE UN SISTEMA INNOVADOR DE LABORATORIO PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE CONGELACIÓN DE LA NARANJA

Grado en Ingeniería de Diseño Industrial
y Desarrollo del Producto.

AUTOR

Marta Muñoz Alberó

TUTOR

Nicolás Laguarda Miró

Valencia, Septiembre 2020

INDICE DE CONTENIDOS

OBJETIVO DEL PROYECTO	7
1. INTRODUCCIÓN	7
2. ANTECEDENTES	8
3. REFERENCIAS.....	9
4. OBJETIVOS.....	11
CAPÍTULO I: INVESTIGACIÓN	12
1. DEFINICIONES PREVIAS	12
1.1. NARANJA NAVEL-LATE.....	12
1.2. DEFINICIÓN DE HELADA	13
1.3. ESPECTROSCOPÍA DE IMPEDANCIAS.....	15
1.4. SENSOR DE DOBLE AGUJA	17
2. LABORATORIO	19
2.1. METODOLOGÍA DEL LABORATORIO	19
2.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	26
2.3. VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	27
CAPÍTULO II: REDISEÑO DEL SISTEMA	31
1. USO DEL SENSOR DE DOBLE AGUJA.....	31
2. PLANTEAMIENTO DEL REDISEÑO.....	32
2.1 ASPECTOS A MEJORAR.....	32
2.2 PRIMERAS IDEAS.....	33
2.3 ESTUDIO DE MECANISMOS	35
2.4 PROCESO DE SELECCIÓN.....	37
2.5 ESTUDIO DE LA ERGONOMÍA DEL USUARIO	39
3. PROPUESTA DE SENSOR	42
3.1 SOLUCIÓN PARA EL MECANISMO.....	42
3.2 DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL SISTEMA	43
3.3 BOCETOS INICIALES DE LA CARCASA	44
3.4 DISEÑO CAD.....	45
4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL DISEÑO	55
4.1 CONJUNTO MECANISMO	55
4.2 CONJUNTO CARCASA	61
4.3 COMPONENTES ELECTRÓNICOS INTEGRADOS	66
4.4 VISUALIZACIÓN DEL PROTOTIPO	70
5. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DEL MODELO	71

5.1	MÉTODO DE PRODUCCIÓN. IMPRESIÓN 3D.....	71
5.2	MATERIALES Y ACABADOS DE IMPRESIÓN 3D	72
5.3	MODELO. PRODUCCIÓN Y MATERIAL.	75
5.3	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PIEZAS COMPRADAS.....	81
6.	ASPECTOS LEGALES	92
7.	PRESUPUESTO	94
7.1	COSTES DE IMPRESIÓN 3D.....	94
7.2	COSTES MATERIALES COMPRADOS	99
7.3	COSTES DE MANO DE OBRA DE MONTAJE	100
7.4	RESUMEN DE COSTES	102
ANEXOS	103
	ANEXO I – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
	ANEXO II - PLANOS TÉCNICOS.....	106

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Apariencia exterior de la naranja tras congelación [11].	14
Figura 2. Apariencia interior de la naranja tras congelación [11].	15
Figura 3. Vista lateral del sensor de Doble Aguja [14].	18
Figura 4. Sensor de Doble Aguja (GED+PS) [16].	19
Figura 5. Hardware del Sistema electrónico (GED+PS) [11].	20
Figura 6. Colocación correcta del sensor para realizar las medidas [11].	22
Figura 7. Esquema de mediciones de la naranja	23
Figura 8. Gráfico de módulo del resultado de espectroscopia de impedancia electroquímica en naranja 1. Datos de naranja congelada y sin congelar.	25
Figura 9. Gráfico de fase del resultado de espectroscopia de impedancia electroquímica en naranja 1. Datos de naranja congelada y sin congelar.	25
Figura 10. PCA tres naranjas ensayo con piel. En rojo naranjas congeladas y en verde naranjas sin congelar.	27
Figura 11. PCA tres naranjas ensayo entre dos gajos. En rojo naranjas congeladas y en verde naranjas sin congelar.	28
Figura 12. PCA diez naranjas ensayo con piel y diez naranjas ensayo sin piel.	29
Figura 13. PCA diez naranjas ensayo entre dos gajos. En rojo naranjas congeladas y en verde naranjas sin congelar.	29
Figura 14. Dibujo explicativo de Palanca Articulada.	35
Figura 15. Dibujo explicativo desplazamiento giro 180°	36
Figura 16. Dibujo explicativo desplazamiento mediante superficies.	36
Figura 17. Dibujo explicativo desplazamiento con carril.	37
Figura 18. Norma DIN 33.402 segunda parte – Mano humana acotada para estudio antropométrico [19].	39
Figura 19. Norma ISO 7250 - 4.3 Medidas de segmentos específicos del cuerpo [18].	40

Figura 20. Norma DIN 33.402 segunda parte – Medidas de la palma de la mano [19].	40
Figura 21. Norma DIN 33.402 Segunda Parte - Tabla con las principales medidas de la mano [19].....	40
Figura 22. Arcos descriptivos de los movimientos de la mano según Stier y Meyer.	41
Figura 23. Esquema de funcionamiento del mecanismo.	42
Figura 24. Boceto inicial de la carcasa.....	44
Figura 25. Boceto explicativo del mecanismo en el conjunto.	44
Figura 26. Posición 1: Mecanismo sin accionar.	45
Figura 27. Posición 2: Mecanismo accionado.	45
Figura 28. Modelo CAD. Conjunto Mecanismo. CARRIL.	46
Figura 29. Modelo CAD. Conjunto Mecanismo. LLAVE.	46
Figura 30. Modelo CAD. Conjunto Mecanismo. LLAVE - Descripción de desplazamiento.....	47
Figura 31. Modelo CAD. Conjunto Mecanismo. ASA - Posiciones.	47
Figura 32. Modelo CAD. Conjunto Mecanismo. EXTENSIÓN DE ASA.	47
Figura 33. Modelo CAD. Conjunto Mecanismo. VARILLA - Disposición del sensor.	48
Figura 34. Esquema de disposición de espacios de la carcasa.	48
Figura 35. Modelo CAD. Carcasa - Trazos y superficies iniciales.	49
Figura 36. Modelo CAD. Carcasa - Planos de corte.....	49
Figura 37. Modelo CAD. Carcasa - Resultado Planos de corte.....	50
Figura 38. Modelo CAD. Carcasa - Clasificación de espacios por colores.	50
Figura 39. Modelo CAD. Carcasa - Espacio de Manipulación de la Naranja.	51
Figura 40. Modelo CAD. Carcasa - Detalle pieza de Sujeción de la Naranja.	51
Figura 41. Modelo CAD. Carcasa - Caja de Protección de Mecanismo	52
Figura 42. Modelo CAD. Carcasa - Detalle Tapa Caja de Protección.	53
Figura 43. Modelo CAD. Carcasa - Caja de Protección del Sistema electrónico.	53

Figura 44. . Modelo CAD. Carcasa - Caja de Protección del Sistema electrónico.	
Detalle Anillo.....	54
Figura 45. Modelo CAD. Carcasa - Espacio de Interacción con Software.....	54
Figura 46. Conjunto Mecanismo - Esquema disposición de componentes.....	55
Figura 47. Conjunto Mecanismo – LLAVE	56
Figura 48. Conjunto Mecanismo – EXTENSIÓN DE ASA	56
Figura 49. Conjunto Mecanismo – VARILLA.....	56
Figura 50. Conjunto Mecanismo – ASA	57
Figura 51. Conjunto Mecanismo – CARRIL	57
Figura 52. Conjunto Mecanismo – GUÍA ASA.....	57
Figura 53. Conjunto Mecanismo – SENSOR DE DOBLE AGUJA.....	58
Figura 54. Conjunto Mecanismo - Descripción de la posición de las uniones.....	59
Figura 55. Unión U1.....	60
Figura 56. Unión U3.....	60
Figura 57. Unión U4 y U2	60
Figura 58. Conjunto Carcasa con pantalla.	61
Figura 59. Conjunto Carcasa sin pantalla.	61
Figura 60. Conjunto Carcasa - ESTRUCTURA PRINCIPAL	62
Figura 61. Conjunto Carcasa - CAJA PROTECCIÓN MECANISMO	63
Figura 62. Conjunto Carcasa - TAPA CAJA PROTECCIÓN MECANISMO.....	63
Figura 63. Conjunto Carcasa - SOPORTE NARANJA	64
Figura 64. Conjunto Carcasa - ANILLO DECORATIVO	64
Figura 65. Descripción de unión Conjunto Carcasa	65
Figura 66. Placa Arduino.....	66
Figura 67. Pilas de Litio y portapilas.	67
Figura 68. Generador de señales programable.....	67
Figura 69. Comparador de señales.....	68
Figura 70. Pantalla Táctil.	68

Figura 71. Amplificador operacional.....	69
Figura 72. Resistencias.	69
Figura 73. Conjunto Carcasa y Mecanismo 1.....	70
Figura 74. Conjunto Carcasa y Mecanismo 2.....	70
Figura 75. Estructura de la Carcasa.....	75
Figura 76. Conjunto Mecanismo 1. Palanca accionada.....	78
Figura 77. Conjunto Mecanismo 2. Palanca sin accionar.....	78
Figura 78. Tornillo Alomado de cabeza cilíndrica.	81
Figura 79. Tornillo Avellanado.	82
Figura 80. Tornillo Allen ISO-7379.....	83
Figura 81. Placa de Arduino Nano	84
Figura 82. Pilas de litio LG.....	85
Figura 83. Portapilas Marca OEM.....	86
Figura 84. Vistas superior e inferior Pantalla RoXane Nextion.....	87
Figura 85. Circuito Integrado AD8302.....	88
Figura 86. Circuito Integrado AD9833.....	89
Figura 87. Protoboard para Arduino.....	90
Figura 88. Integrado OP482.....	91

OBJETIVO DEL PROYECTO

1. INTRODUCCIÓN

El punto de partida de este proyecto nace con la propuesta de desarrollo de un nuevo método que permita detectar la congelación temprana de las naranjas debido a las condiciones meteorológicas que producen la helada de los cultivos de estos cítricos.

La producción frutícola se ve considerablemente afectada cada año por las condiciones climáticas acontecidas [1]. Las temperaturas excesivamente bajas en invierno y, especialmente, en primavera tienen una gran incidencia sobre la plantación, y son determinantes de la cosecha en muchos casos. Las heladas originan en nuestro país importantes pérdidas todos los años en la producción frutal, por lo que se considera de vital importancia la búsqueda de una mejora frente a este fenómeno.

El estudio de este proyecto se basa en la manipulación de la naranja, en concreto de la variedad Navel-Late, mediante un sensor específico y la tecnología de espectroscopia de impedancia electroquímica. Tras la realización de numerosos ensayos en laboratorio, se obtuvieron una serie de muestras que fueron procesadas mediante Análisis de Componentes Principales (PCA), una técnica estadística para el tratamiento de datos.

Los resultados mostraron la efectividad de este método, ya que se detecta una diferencia clara entre las muestras de las naranjas en buen estado y las muestras de las naranjas deterioradas por congelación.

Tras demostrar la fiabilidad de los resultados nace la motivación de realizar un rediseño del sensor utilizado, con vistas a su posible comercialización. La creación de un sistema innovador y eficaz de detección temprana de congelación en las naranjas y/u otros cítricos.

Se propone adaptar el sensor hacia su mecanización y aplicar mejoras en su ergonomía y estética en busca de la optimización del método desarrollado para realizar los ensayos sobre las naranjas u otras variedades de un modo más eficiente, profesional y ante todo, mejorar la experiencia del usuario.

2. ANTECEDENTES

El propósito inicial del proyecto de investigación en que se basa este trabajo, es la búsqueda de una metodología alternativa a las utilizadas actualmente para la identificación de las naranjas deterioradas debido a heladas. Se busca generar una disminución en las pérdidas económicas que se producen debido a este fenómeno meteorológico en la producción de los cultivos de cítricos.

La existencia de técnicas capaces de detectar este deterioro de manera temprana en naranjas debido a la congelación de las mismas en campos es escasa. Sin embargo cabe destacar algunos métodos tradicionales que se emplean actualmente.

Entre ellos se pueden encontrar la separación por gravedad en un medio acuático. Esta práctica consiste en introducir las naranjas en una mezcla de aceite mineral y agua, de manera que en el líquido revele que el peso es inferior en los frutos dañados y superior en los frutos que no han sufrido alteraciones. Una vez introducidas las naranjas en el recipiente, flotan si han sufrido daños debido a las heladas o se hunden si no lo han hecho, lo que permite su diferenciación [2]. El principal inconveniente de esta técnica, es que se basa en el proceso de deshidratación de la naranja, que es lo que produce que las deterioradas floten. Por lo que este método es efectivo una vez ha transcurrido un periodo de tiempo mínimo de un mes, suficiente para que se produzca dicha deshidratación.

Dicha diferenciación también puede realizarse con métodos electrónicos, es decir, midiendo su peso y volumen para obtener la

densidad con cámaras de alta resolución o mediante el uso de rayos-X [3].

Otra técnica utilizada habitualmente es mediante la observación del fruto, analizando tanto el aspecto de la piel de los cítricos como el aspecto de los gajos y la pulpa en su interior. Este cambio de apariencia se mostrará en el apartado *2.2 Definición de helada*.

Existen técnicas más avanzadas como la detección mediante máquinas de visión y fluorescencia ultravioleta, cromatografía de gases masas, detección de etanol y resonancia magnética nuclear (NMR) [4]. Sin embargo, estas últimas técnicas suponen un coste de laboratorio muy elevado.

Como conclusión se deduce que los factores principales más desfavorecedores en todos estos métodos mencionados ya existentes, es la incapacidad de detectar la congelación de las naranjas de manera temprana y el coste que supone algunas técnicas complejas.

Esta conclusión supone una gran motivación para el desarrollo de un nuevo equipo rápido, efectivo y económico para detectar los cítricos dañados por heladas una vez se hayan producido. La posibilidad de detectar de manera temprana los frutos dañados supondría la eliminación de costes de producción innecesarios invertidos sobre los frutos ya deteriorados con los que no se podrá comercializar posteriormente.

3. REFERENCIAS

Existen algunos estudios que utilizan el método de Espectroscopia de Impedancias (EIS) para la determinación de diversos parámetros específicos o fenómenos que se producen de manera cotidiana en productos de alimentación.

Algunos ejemplos relacionados con este proyecto son un *sistema de espectroscopia de impedancia electroquímica para monitorear la sacarificación de residuos de piña* [5]. Este estudio consistió en realizar mediciones de EIS en distintos intervalos de tiempo y la

determinación de azúcar por HPAEC-PAD, donde se obtuvieron modelos predictivos para glucosa, fructosa, sacarosa y azúcares totales de la piña.

Cabe destacar el estudio de *determinación del grado de maduración del mango mediante espectroscopia de impedancias* [6], basado en la variación de la dependencia de la resistencia con la maduración de los frutos, debido a la variación del contenido líquido en las fibras frutales. En este proyecto se usó como estrategia la normalización por diámetro de los mangos.

Otra investigación interesante basada en el estudio de maduración de las frutas fue el uso de la *espectroscopia de impedancia eléctrica para evaluar el estado fisiológico de los kiwis* [7]. En ella se descubrió que a diferencia de otros estudios realizados con nectarinas, caquis y tomates, los kiwis no muestran cambios de impedancia durante su maduración. Este hecho llevó a la especulación de que la no disminución de la impedancia se debía a la inmovilización de los electrolitos dentro de la pared celular, quizás por la formación de un gel. Sin embargo se necesitan más investigaciones sobre la naturaleza de las interacciones fisicoquímicas dentro de la pared celular, que tengan en cuenta los cambios estructurales, iónicos y osmóticos, para confirmar que tal gel se desarrolla.

Por último mencionar el análisis de la pulpa de berenjena mediante espectroscopia de impedancia eléctrica y efectos de los tratamientos de secado y descongelación en sus características de impedancia. En este estudio se detectó que la impedancia de las muestras aumentó dramáticamente después de realizar el secado debido a la pérdida de humedad. Por otro lado tras el tratamiento de congelación-descongelación, se verificó que las membranas de las celdas sufrieron graves daños durante el proceso de congelación.

La existencia de estos estudios relacionados con los alimentos y la EIS, supuso una gran motivación para la utilización de este método en el proyecto ya que, las investigaciones son muy variadas y un gran número sacaron buenos resultados, o bien abrieron nuevos caminos para la investigación en este sector.

4. OBJETIVOS

El proyecto que se presenta tiene como objetivos:

1. Demostración de la efectividad del método escogido
2. Optimización de la producción de cítricos
3. Ahorro en costes innecesarios de producción
4. Crear un método más óptimo y seguro

La descripción detallada del proceso utilizado para la demostración de la efectividad del método de EIS con naranjas que han sufrido cambios en su estructura debido al fenómeno de congelación, viene descrita en el Capítulo I de este proyecto.

Una vez demostrada su efectividad, este proyecto persigue una serie de objetivos a cumplir en el diseño de un nuevo sistema innovador de uso en laboratorio.

1. Diseño de un sistema ergonómico que mejore la experiencia del usuario.
2. Mecanización del sistema de pinchado para la reducción de tiempo de los ensayos.
3. Integrar los componentes electrónicos al sistema para la optimización del espacio de trabajo de los ensayos.
4. Diseño de un sistema estético y llamativo.
5. Diseño de un producto innovador y personalizado para su uso en laboratorio.

El Capítulo II ofrece la visualización del proceso de diseño del nuevo sistema de principio a fin y la descripción detallada de cada una de las partes que lo componen.

CAPÍTULO I: INVESTIGACIÓN

1. DEFINICIONES PREVIAS

1.1. NARANJA NAVEL-LATE

Las naranjas y las mandarinas son dos variedades de cítricos cuyo origen proviene de Asia. Fueron introducidos en la península ibérica por los árabes en el siglo X, en una modalidad amarga hasta que en el siglo XV, llegaron de manos de los portugueses nuevas variedades con un sabor mucho más dulce y sabroso. [8]

Los naranjos son considerados entre los frutales más importantes del mundo. Su cultivo y consumo se realiza por igual en los cinco continentes, siendo explotados comercialmente en prácticamente todos los países donde las condiciones climáticas les permiten prosperar, aún en ciertos casos expuestos a peligros como las heladas.

Existen numerosos tipos de naranja que se caracterizan según el tamaño, el color de la pulpa, la época de maduración, la forma, etc. Para la realización de este proyecto hemos escogido la variedad "Navel-Late".

La naranja navelate pertenece al grupo de naranjas navel y su característica esencial es que conserva sus calidades intactas una vez recolectada aunque pase el tiempo y aunque su piel tenga un aspecto duro y feo [9].

Surgió de forma espontánea en Vinaroz en el 1948, por una mutación de la variedad de Washington Navel. Fue una naranja muy comercializada, con precios muy altos que distaban del resto.

Actualmente se encuentra entre las doce variedades de este fruto que más se consume en España de entre unas 300 distintas que existen en el mercado. Esta variedad madura interiormente en la primera temporada, pero alcanza la madurez externa (coloración) bastante después. por tanto se recolecta en segunda temporada, desde enero hasta marzo.

1.2. DEFINICIÓN DE HELADA

Desde un punto de vista meteorológico se dice que ha helado cuando la temperatura ambiental, medida bajo abrigo, desciende por debajo de 0°C. Pero si este descenso no es elevado puede que no se produzcan daños en la planta, aunque sí otros efectos negativos para la misma [1].

Desde un punto de vista agronómico se considera que hay helada cuando el descenso térmico es capaz de causar algún daño a los tejidos vegetales, e incluso la muerte, debido a la formación de hielo en los tejidos.

La congelación de los tejidos y la posible reversibilidad de sus efectos encuentran su explicación en el estudio del proceso de enfriamiento y congelación del agua que contienen.

En el momento en que se empieza a formar hielo en el agua que compone sus tejidos, suceden daños irreversibles en las células. Podemos así afirmar, que no son las temperaturas frías lo que realmente daña las plantas, sino la formación de hielo.

Una manera sencilla de explicar el proceso de congelación de una naranja se fundamenta en que la mayoría de los daños se producen cuando las bajas temperaturas provocan una radiación excesiva de calor desde el suelo. El fondo de la fruta se tensa para retener el calor, mientras que la parte superior irradia su calor hacia el exterior. Es este efecto el que determina el patrón básico de congelación y los síntomas de la lesión por congelación en las naranjas se deben principalmente al daño de la membrana del tejido afectado. Este fenómeno se aplica tanto a las membranas que separan los gajos como a las frágiles membranas de los sacos de jugo. Es así como las áreas congeladas dentro de la fruta inicialmente tienden a estar empapadas de agua y en cuatro o cinco semanas, dependiendo del clima y el estado de madurez de la cosecha, las partes dañadas se secan [10].

Cabe destacar que la piel de los cítricos tiene una temperatura de congelación más baja que la pulpa del interior. Por tanto, el daño producido por las heladas puede ocurrir en el interior del fruto sin

aparentar daño en el exterior si este se ha producido con poca anterioridad.

Los daños en los frutos afectan tanto a la piel como a la pulpa. A continuación se muestran imágenes que permiten observar el deterioro en ambas partes del fruto.

La deshidratación producida en el fruto provoca una disminución del tamaño que se puede observar visualmente ya que cambia de manera considerable.



Figura 1. Apariencia exterior de la naranja tras congelación [11].

La parte interna (pulpa y gajos) cambia también de aspecto por la deshidratación sufrida. En las siguientes imágenes se puede apreciar claramente. En la imagen de la izquierda se muestra una naranja 24 horas después del fenómeno de congelación y la de la derecha tras transcurrir un total de 5 semanas desde su congelación.

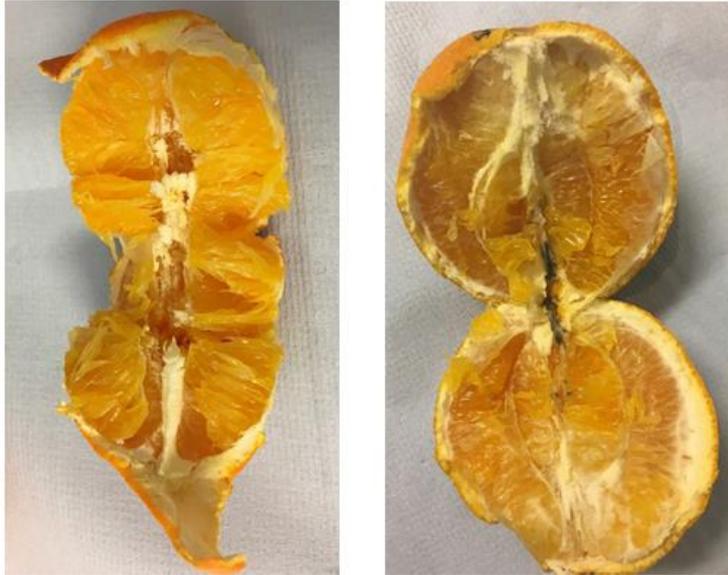


Figura 2. Apariencia interior de la naranja tras congelación [11].

Lamentablemente este fenómeno es inevitable, pues depende de las condiciones ambientales a las que se somete el cultivo y las heladas se producen en las distintas estaciones del año, a excepción del verano.

1.3. ESPECTROSCOPIA DE IMPEDANCIAS

La Espectroscopía de Impedancia (en adelante EIS) es una técnica relativamente moderna, ya que se comenzó a aplicar en los años setenta. Se trata de una técnica no destructiva que se define como un método de caracterización de propiedades eléctricas de los materiales y de sus interfaces con los electrodos.

Su principio es la aplicación de alternancia eléctrica de señales con frecuencias diferentes y la medición de las señales de salida correspondientes. Las respuestas obtenidas en las medidas de impedancia eléctrica pueden variar en función a la naturaleza de la muestra en la que se realizan.

Estas medidas ofrecen información en el momento en que el tejido cambia su dimensión, sus propiedades eléctricas o su conductividad.

La impedancia se define como el cociente entre el potencial aplicado y la intensidad medida a la salida [12]. Es la oposición que presenta un determinado material al paso de una corriente a través de él. Hecho que se produce como consecuencia de su composición y cuya respuesta depende de sus propiedades dieléctricas (conductividad y permitividad) y de los factores geométricos y cualidades de los electrodos determinados por la constante de celada.

La expresión de la impedancia se basa en los tres factores mencionados a continuación: conductividad σ , permitividad ϵ y la geometría de los electrodos [13].

$$Z = k_{cell} \frac{1}{\sigma + j\omega\epsilon}$$

- La conductividad σ se define como la capacidad de permitir el paso de corriente eléctrica a través de un material.
- La permitividad ϵ es la que determina la tendencia del mismo a polarizarse cuando se somete a un campo eléctrico.
- K_{cell} es la constante de celda medida en m⁻¹ que se define por el cociente entre la distancia de los electrodos y la superficie de los mismos.
- Por último, j es la unidad imaginaria ($\sqrt{-1}$) y ω la frecuencia angular.

Esta técnica funciona aplicando una perturbación senoidal de tensión o corriente a un electrodo midiendo su respuesta, en corriente o tensión, a frecuencia variable. De este modo se obtiene un valor de impedancia para cada frecuencia utilizada, generando así el espectro de impedancias.

La impedancia tiene un valor complejo, por tanto está formada por una parte real, correspondiente a los componentes resistivos de las muestras y una parte imaginaria que corresponde a los

componentes reactivos. Esto se debe a las componentes capacitivas de los materiales por las que se produce un desfase entre las señales φ y haciendo que la impedancia conste de un valor de módulo y fase.

$$Z = |Z|e^{j\varphi} \quad \begin{cases} |Z| = \frac{|v(t)|}{|i(t)|} & \text{Módulo} \\ \varphi = 2\pi f\Delta t & \text{Fase} \end{cases}$$

La técnica EIS tiene infinitas aplicaciones y se ha utilizado para la realización de estudios muy variados que abarcan desde estudios de corrosión en distintas aleaciones hasta estudios de crecimiento bacteriano.

Como se ha mencionado en el apartado *3.Referencias*, se han realizado también algunos estudios con alimentos para determinar el estado fisiológico, la textura, la sacarificación y la congelación. Sin embargo no existe ningún estudio que haga uso de esta técnica para la detección temprana de helada en los cítricos, lo que supone una gran motivación para realizar este proyecto de investigación.

1.4. SENSOR DE DOBLE AGUJA

Las mediciones EIS se pueden realizar con dos, tres o cuatro electrodos en diferentes configuraciones. Para este proyecto todas las mediciones fueron realizadas con un sensor compuesto de dos electrodos.

El Group of Electronic Development and Printed Sensors (GED+PS) del Instituto Interuniversitario de Reconocimiento Molecular y Desarrollo Tectológico (IDM) de la UPV desarrolló un sensor de doble electrodo (DE), con el fin de detectar cambios en el estructura interna de las muestras.

Este sensor consta de dos agujas de acero inoxidable paralelas, un epoxi bastidor de resina como soporte, desde el que salen el cable eléctrico y el conector.

Los electrodos son de 1 mm en diámetro, 15 mm de largo y están separados a una medida de 10 mm para crear un campo eléctrico estable. Uno de ellos actúa como electrodo de trabajo y el otro como electrodo contador. La distancia de separación entre ambos electrodos y su longitud se establecen acorde a la naturaleza de las muestras con el fin de evitar los efectos de polarización.

El uso de electrodos paralelos en comparación con otros tipos de diseños (por ejemplo, electrodos coaxiales) genera una distribución homogénea del campo eléctrico [13]; facilitando la interpretación de las medidas obtenidas.

Este diseño específico asegura una distancia de separación entre electrodos para generar un campo estable y el contacto constante de la muestra con la superficie de ellos durante los ensayos.

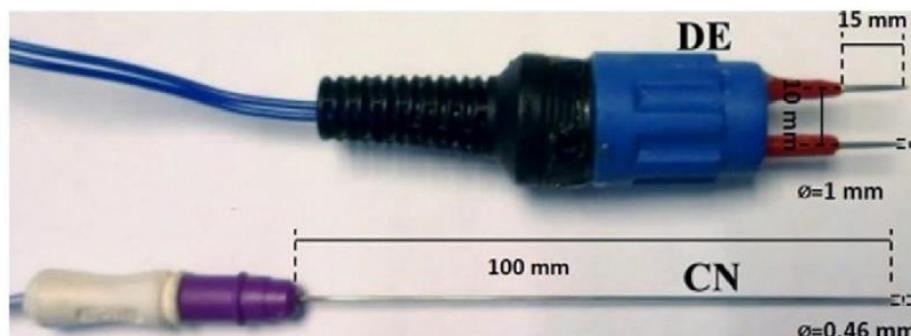


Figura 3. Vista lateral del sensor de Doble Aguja [14].

En cuanto a la selección de materiales de fabricación del sensor, se escogió el acero inoxidable debido a su resistencia a la oxidación y al fácil manejo para evitar complejos tratamientos de limpieza de los electrodos [15]. Por otra parte, el acero inoxidable fue seleccionado entre otros materiales no oxidables (por ejemplo, Pt, Au, Ir, Rh) debido a una clara motivación económica y su uso exitoso y extendido en la industria alimentaria aplicaciones.

El marco de plástico que contiene las agujas fue diseñado con una impresora 3D (EKOCYCLE™ cube, Cubify 3DSYSTEMSd') y fijado con un kit epoxi (RS 199-1468).



Figura 4. Sensor de Doble Aguja (GED+PS) [16].

2. LABORATORIO

2.1. METODOLOGÍA DEL LABORATORIO

En este apartado se describirá con detalle la organización de los ensayos que se realizaron, la metodología que se llevó a cabo en cada uno de ellos y el material necesario utilizado para la realización de esta investigación.

2.1.1 MATERIAL UTILIZADO

En primer lugar se describirá con detalle cada uno de los materiales que se utilizaron en el laboratorio para realizar los ensayos.

2.1.1.1 Sensor

Como se ha mencionado en apartados anteriores *1.4 Sensor de doble aguja*, el sensor utilizado está compuesto por dos electrodos. En la siguiente imagen se muestra el propio sensor que fue desarrollado por Group of Electronic Development and Printed Sensors (GED+PS) del Instituto Interuniversitario de Reconocimiento Molecular y Desarrollo Tectológico (IDM) de la Universidad Politécnica de Valencia. El sensor se compone de dos agujas paralelas de acero inoxidable, ambas con un diámetro de 1 mm y una longitud de 15 mm, separadas por una distancia de 10 mm. Una cumple la función de electrodo de

trabajo y la otra actúa como referencia. La estructura negra cuyo diámetro es parecido al de una moneda de un euro, es un bastidor de resina epoxi que actúa como soporte de las agujas. De él salen el cable eléctrico y el conector.

2.1.1.2 Sistema electrónico

Al igual que el sensor, el sistema electrónico de medida utilizado en los ensayos está desarrollado por el GED+PS y se compone de dos partes principales. Por un lado, el equipo electrónico que se muestra en la Figura 4, encargado de generar señales sinusoidales con una amplitud de 500 mV y de medir la respuesta en tensión y corriente en un rango de frecuencia comprendido entre 1 Hz y 1 MHz.

Por otro lado el sistema electrónico cuenta con un software que permite ajustar una serie de parámetros del equipo mediante una interfaz gráfica. De modo que le permite establecer al usuario mediante el uso de un ordenador, los parámetros de amplitud de la señal, el rango de frecuencia, etc.

Este software diseñado también permite visualizar en pantalla los valores de los espectros de impedancia calculados a partir de los los datos de amplitud y fase obtenidos mediante la Transformada de Fourier de la corriente y la Tensión.

El programa permite almacenar todos los datos en ficheros, de modo que toda esta información queda almacenada.

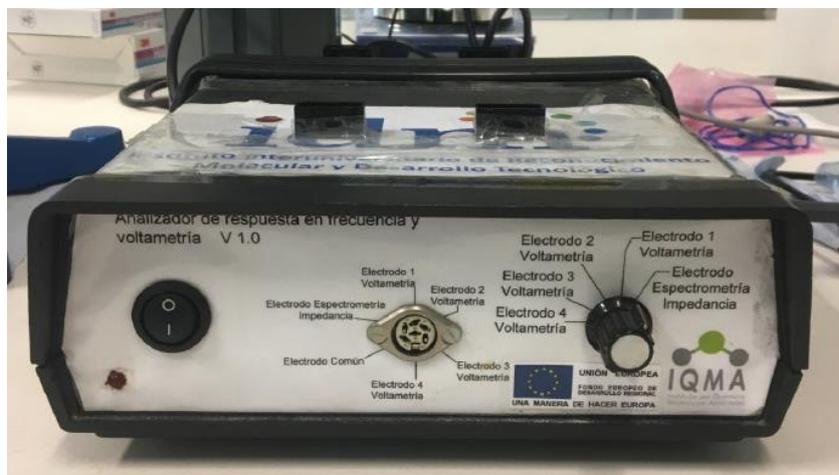


Figura 5. Hardware del Sistema electrónico (GED+PS) [11]

2.1.1.3 Material Auxiliar

Por último mencionar los materiales auxiliares utilizados para la correcta ejecución de los ensayos con limpieza y precisión.

Las muestras de cítricos sobre las que se realizarán los ensayos son naranjas de la variedad Navel-Late, a las que se les ha variado la temperatura para conseguir la simulación del fenómeno de helada en las muestras que lo requerían.

Para controlar la temperatura a la que se encontraban las naranjas se necesitaron dos multímetros digitales con termómetro.

El uso de agua destilada fue esencial para limpiar el sensor tras cada intervención de modo que las muestras de naranjas no se contaminaran y cada resultados fuera lo más exacto posible. Junto con ella se hizo uso de un vaso de precipitado y papel para secar.

2.1.2 PROCEDIMIENTO DE LOS ENSAYOS

Todos los ensayos se han llevado a cabo en el laboratorio de la manera más estricta y exacta posible para garantizar la fiabilidad de los resultados de las pruebas. Una vez preparado el material necesario mencionado en el apartado *4.2.1 Material Utilizado*, se procede en primer lugar a limpiar el sensor y las muestras a manipular con agua destilada y a secar todo con papel. Se inicia el sistema electrónico y se ajusta mediante el software los parámetros variables.

A continuación, se introduce el sensor perforando perpendicularmente la muestra de modo que quede completamente introducido en el interior de la fruta y manteniendo esa perpendicularidad de los electrodos. En la siguiente imagen se observa la metodología descrita.



Figura 6. Colocación correcta del sensor para realizar las medidas [11]

Por último se inicia el ensayo de espectroscopia de impedancias desde del ordenador y el sensor comienza a enviar señales al sistema. Este proceso requiere de un par de minutos y un vez terminado, los datos del ensayo quedan guardados en un fichero que se utilizará posteriormente en el análisis estadístico de los resultados.

Para comenzar se ha llevado a cabo un estudio preliminar con tres muestras con el propósito de comprobar que se obtienen resultados favorables de la investigación.

De cada naranja se realizaron 27 medidas, de tres modalidades distintas: medidas con piel, sin piel y entre dos gajos.

De cada modalidad se han realizado tres repeticiones con tres iteraciones cada una. Es decir, por cada repetición realizada, se ha reiniciado el sistema tres veces para obtener tres medidas por cada repetición, limpiando siempre el sensor entre cada una de las repeticiones.

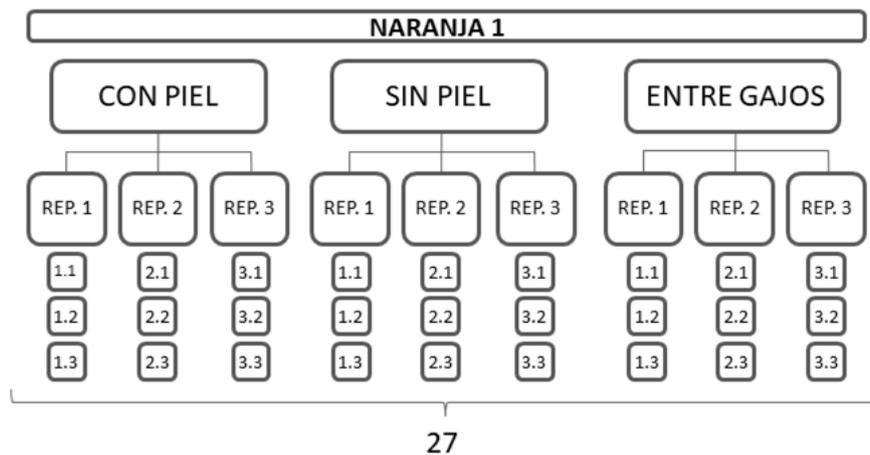


Figura 7. Esquema de mediciones de la naranja

De este primer estudio con tres naranjas se obtuvieron resultados coherentes, por lo que se procedió a realizar un estudio más exhaustivo con diez de ellas, con el fin de verificar la fiabilidad de los resultados y detectar de manera temprana si la fruta ha sufrido daños en su estructura. A continuación se explica de manera detallada cómo se planificó esta segunda fase de la investigación.

Las muestras de naranjas sometidas a un periodo de congelación se han medido tras un tiempo máximo de veinticuatro horas.

Los ensayos se realizaron en tres días. En primer lugar se numeraron las diez naranjas sobre las que se iba a trabajar a modo de identificación y se separaron en dos grupos de cinco. Ambos grupos de frutas permanecieron refrigeradas a una temperatura de 13,6°C desde el momento de su compra hasta los ensayos. Estos se han realizado siempre a temperatura ambiente, aproximadamente 25°C.

El primer día de ensayos, se trabajó con el primer grupo de cinco naranjas siguiendo el procedimiento de los ensayos explicado anteriormente, obteniendo un total de las 135 medidas.

Tras finalizar la manipulación de cada naranja, se fueron introduciendo en el congelador a una temperatura de -11°C durante 17 horas. Se extrajeron del congelador al día siguiente, cuando el

electrodoméstico marcaba -9°C y la temperatura media del interior de las naranjas oscilaba los $-6,1^{\circ}\text{C}$. Todas estas mediciones se realizaron el termómetro de un multímetro digital. Al igual que durante la realización de los ensayos, se dejaron descongelar de manera natural a una temperatura aproximada de 25°C .

Durante el proceso de descongelación de las primeras cinco naranjas se procedió a realizar los ensayos con el segundo grupo de muestras. Del mismo modo, una vez finalizadas las medidas de estas cinco muestras se fueron introduciendo en el congelador.

Se procedió a continuación, a realizar la segunda toma de 27 medidas sobre cada una de las cinco naranjas del primer grupo que ya se encontraban completamente descongeladas.

Tras permanecer 6 horas en el congelador, se realizó el mismo procedimiento con el segundo grupo de naranjas. Se realizó el proceso de descongelación de manera natural y se tomaron las medidas correspondientes de cada naranja. En el momento en el que se extrajeron del congelador la temperatura de todas ellas se encontraba en un intervalo de entre $0,4^{\circ}\text{C}$ y -1°C .

Una vez finalizados todos los ensayos, se obtuvo un total de 540 medidas correspondientes a las diez naranjas. La mitad son medidas de las muestras en estado natural y la otra mitad tras haber sufrido un periodo de congelación y una posterior descongelación.

Todos los ensayos de laboratorio se realizaron en un tiempo total de 60 horas, repartidas en tiempos de toma de medidas sin congelar, congelación y descongelación de las muestras y la segunda tanda de medidas de las muestras tras sufrir este fenómeno de descongelación.

Las gráficas que proporciona el software utilizado para realizar los ensayos, utilizan los parámetros de módulo y fase para cada una de las medidas realizadas. En las imágenes a continuación, se muestra un ejemplo de las gráficas obtenidas tras la realización de los ensayos sobre la Naranja 1.

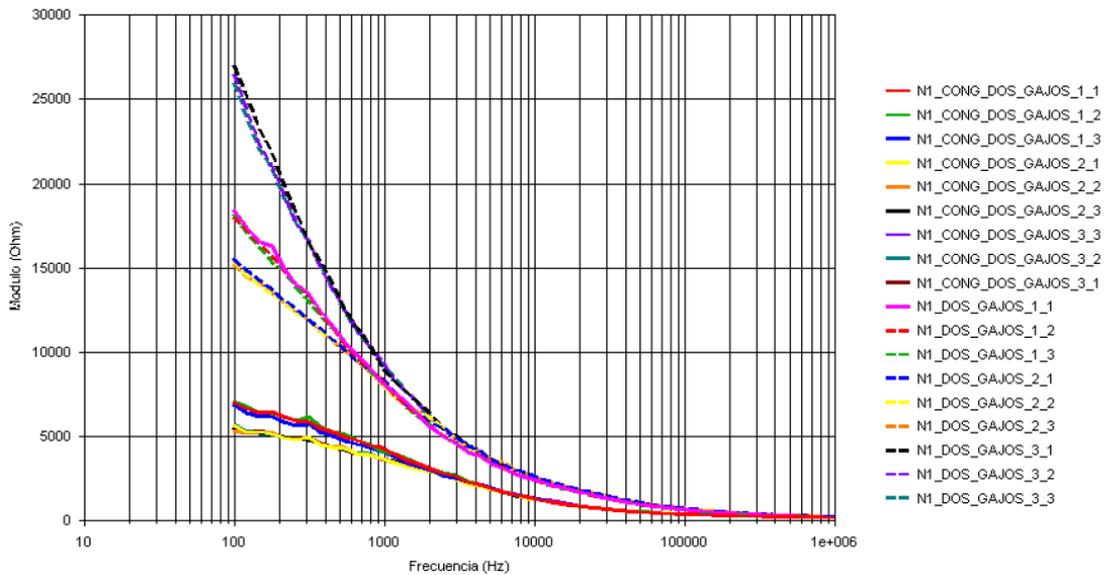


Figura 8. Gráfico de módulo del resultado de espectroscopia de impedancia electroquímica en naranja 1. Datos de naranja congelada y sin congelar.

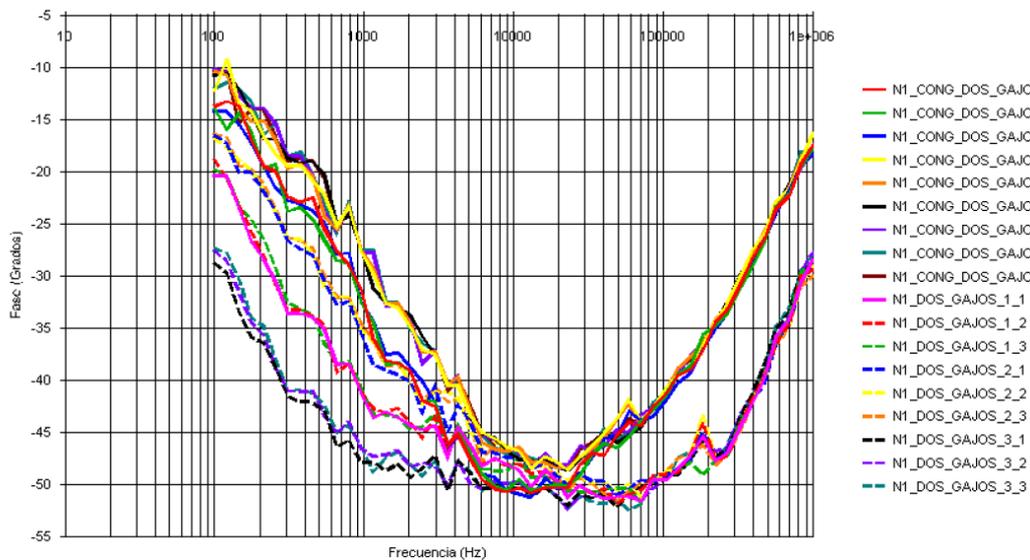


Figura 9. Gráfico de fase del resultado de espectroscopia de impedancia electroquímica en naranja 1. Datos de naranja congelada y sin congelar.

2.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

Tras la finalización de los ensayos mediante la técnica de espectroscopia de impedancia, pasamos a la tercera fase del proyecto que consistirá en analizar rigurosamente los resultados obtenidos.

El software del equipo electrónico se encarga de almacenar los datos en un fichero en formato Excel, en el que aparece un valor de impedancia por cada una de las frecuencias utilizadas durante el curso de cada repetición. De los ensayos realizados sobre las diez naranjas se cuenta con un total de 54000 valores de impedancia.

Se escogió el programa estadístico SOLO para procesar toda la información. La elección de utilizar este programa se debe a la necesidad de tratar una gran cantidad de datos que genera el software de la espectroscopia de impedancias de la manera más óptima posible.

Este programa permitió el tratamiento de la gran cantidad de información obtenida en los ensayos mediante análisis multivariante. Se trata de una serie de métodos estadísticos que tiene como fin el análisis simultáneo de conjuntos de datos multivariantes, es decir datos donde hay varias variables medidas para cada objeto estudiado [15].

El método utilizado fue la realización de análisis de componentes principales (PCA), técnica estadística para sintetizar información. Funciona de manera que, ante un conjunto de datos con muchas variables tiene como objetivo reducirlas perdiendo la menor cantidad de información posible [17]. Dicho en otras palabras, este método detecta agrupaciones de datos similares entre las medidas.

Lo datos obtenidos en los ensayos se han analizado agrupados según el tipo de medición realizada: ensayos con piel, sin piel y entre dos gajos

En la siguiente imagen aparece un ejemplo de gráfica con los datos analizados por el programa. En ella se muestra cómo se distribuyen los resultados de las muestras de naranjas no alteradas (verde) y los resultados de las muestras de naranjas que han sufrido un fenómeno de congelación (rojo).

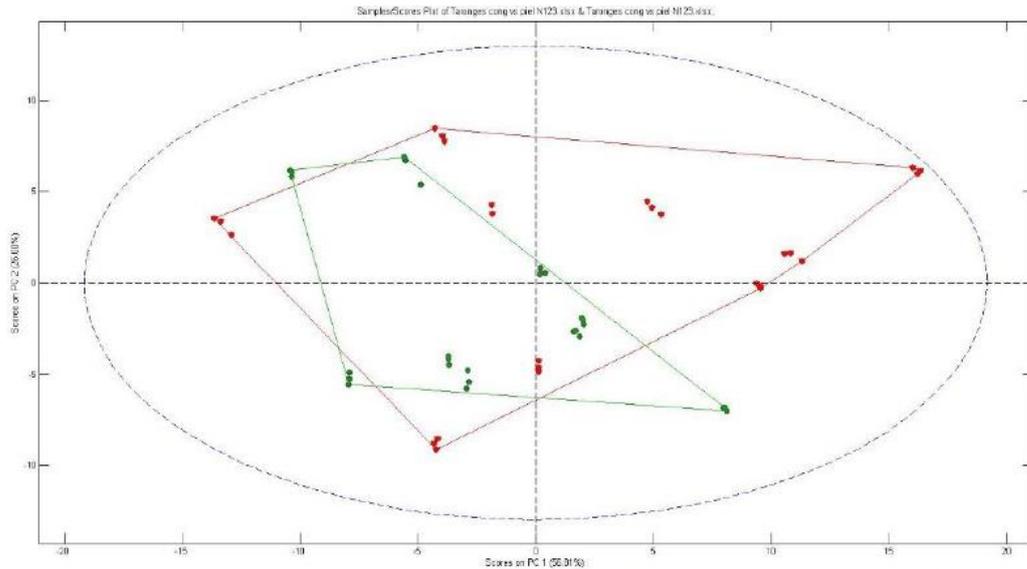


Figura 10. PCA tres naranjas ensayo con piel. En rojo naranjas congeladas y en verde naranjas sin congelar.

2.3. VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS

En primer lugar se analizaron los datos de las tres primeras naranjas del estudio preliminar, diferenciando entre los ensayos con piel, sin piel y entre gajos.

En las gráficas de ensayos con piel y sin piel, no se mostraba de manera resaltante una diferencia entre la posición de los datos de las naranjas congeladas y las naranjas sin congelar.

Sin embargo, destacan los resultados de los ensayos realizados con el sensor entre dos gajos distintos de la naranja, en los que observa de manera clara la diferencia entre los dos grupos de muestras, las naranjas que no han sufrido congelación y las naranjas que se han sometido a congelación y se han dejado descongelar a temperatura ambiente.

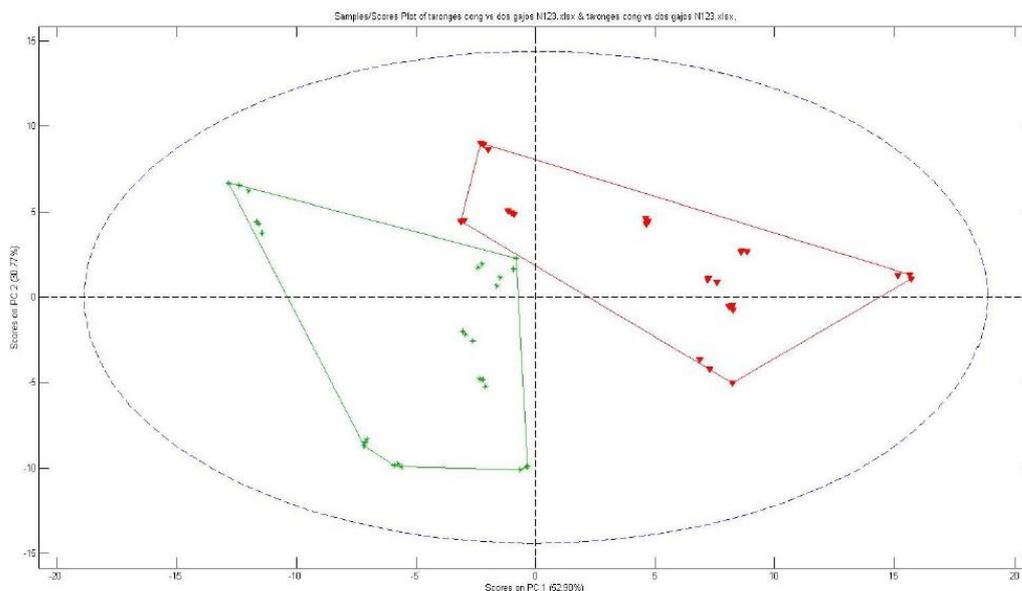


Figura 11. PCA tres naranjas ensayo entre dos gajos. En rojo naranjas congeladas y en verde naranjas sin congelar.

Los resultados de los ensayos ente gajos, aseguran con una variabilidad aproximada del 85% de fiabilidad de este método para la determinación temprana de posibles alteraciones en la respuesta electroquímica de las naranjas tras producirse un periodo de congelación y descongelación.

Esta coherencia de datos fue lo que motivó a continuar con la siguiente fase de ensayos realizada sobre las diez naranjas.

Siguiendo el mismo método, se analizaron las gráficas correspondientes a este segundo grupo de muestras para comprobar la distribución de datos de las naranjas que no fueron congeladas y las que fueron sometidas a un periodo de congelación y posteriormente se dejaron descongelar de manera natural a temperatura ambiente.

De nuevo los ensayos realizados sobre las muestras con piel y sin piel, no proporcionaron unos resultados tan significativos como para permitir apreciar una diferencia entre la estructura interna de las muestras. Incluso se detecta la presencia de una medida errónea en el conjunto de naranjas sin piel que se han medido sin congelar.

Como se muestra en las siguientes imágenes, estos datos no son congruentes para la determinación de congelación temprana en las naranjas.

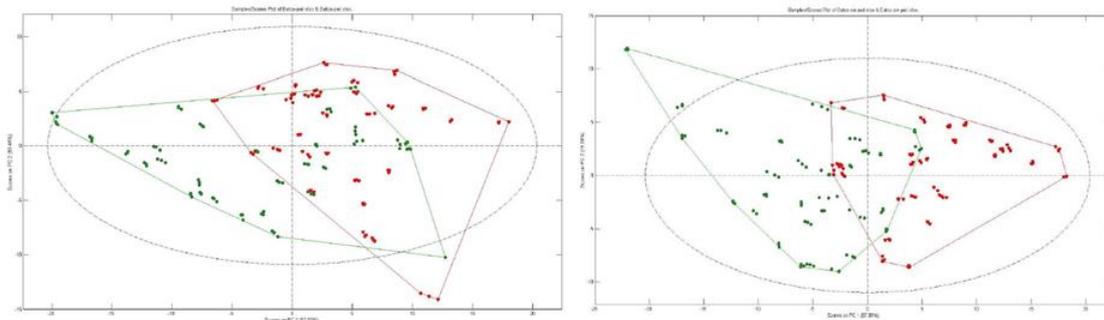


Figura 12. PCA diez naranjas ensayo con piel y diez naranjas ensayo sin piel.

Por último se analizaron los resultados de los ensayos realizados entre gajos. Del mismo modo que en los ensayos preliminares realizados con tres naranjas, los resultados más óptimos obtenidos fueron los correspondientes a este tipo de técnica, ya que en sus gráficas aparecen dos regiones claramente marcadas con una mínima coincidencia de datos entre ambas.

La variabilidad que presentan estos resultados es aproximadamente del 88%, por lo que se considera más que favorable debido a la dificultad que presenta conseguir un rango tan elevado en una muestra de origen natural.

Por tanto, la técnica de analizar las muestras entre gajos, se considera la más apropiada para conseguir los objetivos deseados.

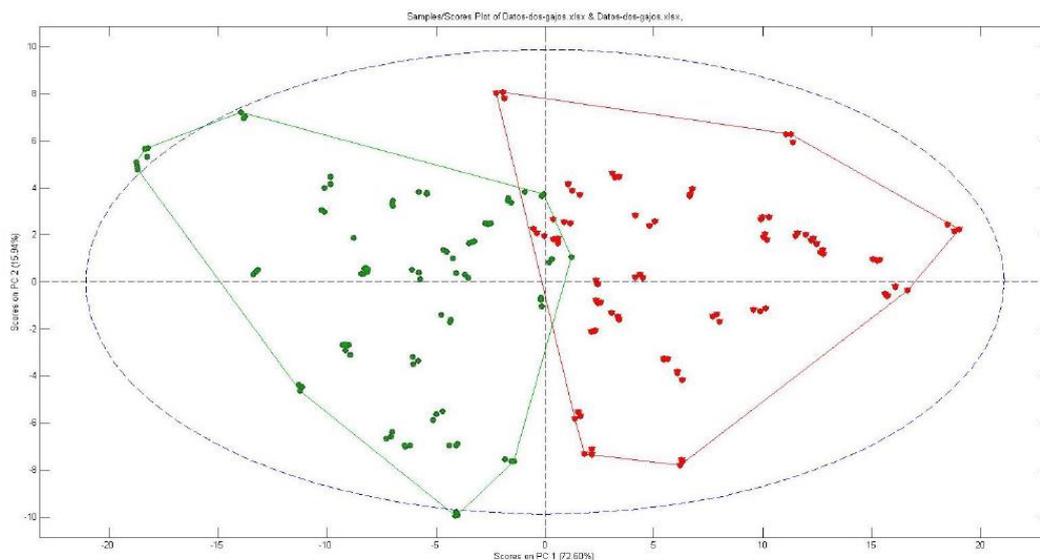


Figura 13. PCA diez naranjas ensayo entre dos gajos. En rojo naranjas congeladas y en verde naranjas sin congelar.

Esta demostración de la efectividad, tanto del método de espectroscopia de impedancias como del equipo utilizado, para la detección temprana de congelación en las naranjas, abre nuevas líneas de investigación en el sector alimentario, comenzando por distintas variedades de cítricos que podrían ofrecer respuestas similares.

A su vez motiva la búsqueda de mejoras de los medios técnicos empleados en el laboratorio. De modo que impulsa una nueva introducción de conceptos innovadores que faciliten tanto la manipulación de las muestras en los ensayos como la interpretación de datos obtenidos.

CAPÍTULO II: REDISEÑO DEL SISTEMA

1. USO DEL SENSOR DE DOBLE AGUJA

Como se ha explicado detalladamente en el *Capítulo I*, existen diversas formas de realizar un análisis de espectroscopia de impedancias. Puede crearse un campo eléctrico de dos, tres o cuatro electrodos. Estos se pueden disponer de formas distintas creando múltiples configuraciones, como puede ser disposición coaxial o paralela.

Para las mediciones de esta investigación se utilizó un sensor compuesto de dos electrodos paralelos para conseguir una distribución homogénea del campo eléctrico.

La longitud de las agujas y la distancia de separación entre los electrodos no están escogidas al azar. Estas medidas fueron diseñadas de acuerdo a la naturaleza de las muestras, con la finalidad de evitar la saturación de respuestas y para la obtención de un campo eléctrico estable [13].

Como se demuestra en el apartado 2.3 *Valoración de los resultados del Capítulo I*, los resultados obtenidos en la investigación son fiables, por lo que un amplio camino queda abierto hacia investigar la posible aplicación de este método en otras frutas.

Sin embargo, a pesar de ser efectivo y de proporcionar resultados válidos, si analizamos la ergonomía, la estética, la funcionalidad u otros aspectos referentes al diseño del sensor y el sistema electrónico, comprobamos que no va mucho más allá de la simple utilidad.

En este capítulo se realizará un estudio intensivo en búsqueda de la opción más óptima para modernizar estos medios técnicos de laboratorio, así como la descripción detallada de la solución propuesta.

En primer lugar, se hace una breve búsqueda sobre la implementación de sensores en la industria agroalimentaria actual. Esta aplicación de todo tipo de sensores dota a las empresas de una mayor sostenibilidad, eficiencia y eficacia en su producción y supone un gran avance para garantizar la calidad de los alimentos.

Estas son algunas ventajas que proporcionan los sensores en la industria de los alimentos:

- Posibilidad de adaptarse con facilidad a una línea de proceso.
- Resultados de parámetros de calidad objetivos.
- Monitorización del 100% de la producción.
- Eliminación de la necesidad de manipulaciones de los productos y mejora de la higiene del proceso.
- Medidas y resultado en tiempo real, por lo que permite tomar decisiones rápidas sobre la gestión y manipulación del producto medido durante el proceso.
- Aumento de la productividad.
- Incremento de la eficiencia del proceso por posibilitar la prevención o reducción del costoso retrabajo o la eliminación de productos fuera de especificaciones.

La inversión en tecnología inteligente y tecnología de la información es la clave del desarrollo y la competitividad del sector alimentario del futuro, basado en la aplicación de sensores para su desarrollo.

2. PLANTEAMIENTO DEL REDISEÑO

2.1 ASPECTOS A MEJORAR

Tras analizar detenidamente el sistema completo (sensor y sistema electrónico), se dispone a determinar todas las posibles mejoras que pueden aplicarse con vistas a encontrar nuevas propuestas de rediseño del sistema en sí. A continuación se nombra un listado de todos los posibles aspectos sobre los que se puede actuar:

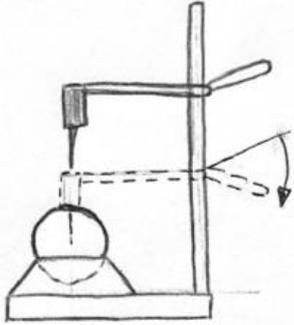
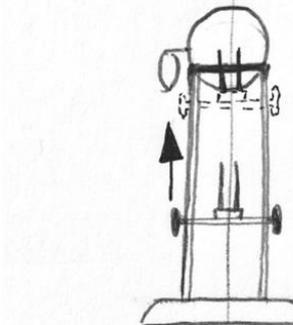
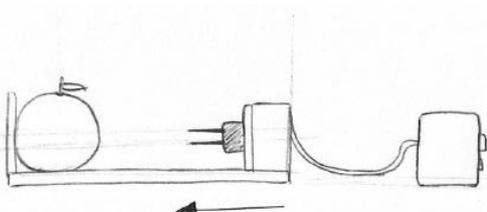
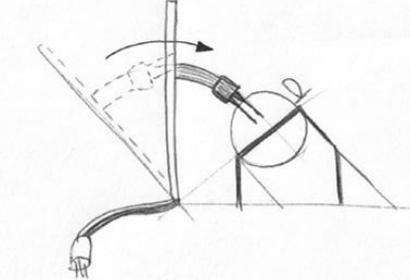
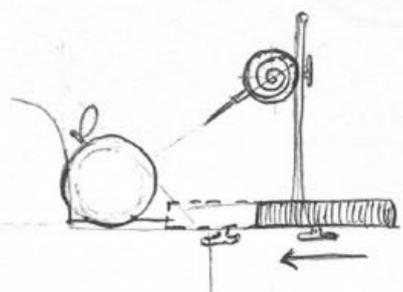
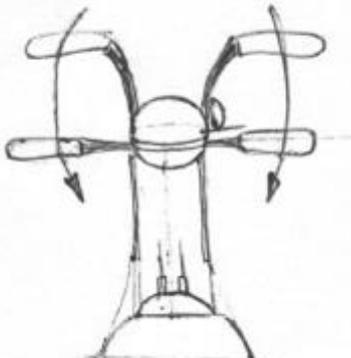
- Aplicar cambios en aspectos ergonómicos del sistema para mejorar las condiciones de trabajo del laboratorio.

- Optimizar el espacio. Reducir el tamaño de los elementos del sistema y/o unificarlos acorde con sus necesidades y al espacio de trabajo.
- Estudio de nuevos mecanismos para facilitar la ejecución de los ensayos. El sensor utilizado se sujeta mediante un soporte que permite nivelar la altura a la que se encontraba dicho sensor. Sin embargo este sistema utilizado no es dinámico y entorpece los ensayos.
- Reducir el tiempo de los ensayos. Mediante la aplicación de mejoras mecánicas, se prevé una disminución del tiempo en el que se ejecuta cada repetición aportando agilidad a las prácticas del laboratorio.
- Aplicar mejoras estéticas. A pesar de tratarse de material de laboratorio, se busca mejorar en este aspecto. Un diseño sencillo, limpio y minimalista, conforme con las necesidades del sistema.
- Proteger elementos que no se encuentran aislados. Los cables que salen del sensor se encuentran completamente desprotegidos y se debe de corregir, no solo por motivos estéticos, también por cuestiones de seguridad del usuario y del sistema.

2.2 PRIMERAS IDEAS

En primer lugar se presentan seis conceptos de sensor para realizar un estudio de las posibles soluciones que se pueden aplicar para la obtención del modelo óptimo.

En ellas se propone distintas posibilidades de desplazamiento de este, lineal del sensor a lo largo del eje Y (vertical) y del eje X (horizontal) en función de la posición en la que se encuentra la naranja y una propuesta con desplazamiento circular.

A) DESPLAZAMIENTO EN EL EJE Y	
<p data-bbox="427 338 635 367" style="text-align: center;">- HACIA ABAJO -</p> 	<p data-bbox="1011 338 1219 367" style="text-align: center;">- HACIA ARRIBA -</p> 
B) DESPLAZAMIENTO EN EL EJE X	C) DESPLAZAMIENTO CIRCULAR
	
D) TRANSVERSAL. DOBLE DESPLAZAMIENTO	E) SENSOR FIJO
	

2.3 ESTUDIO DE MECANISMOS

La mejora más importante es la mecanización del sensor, de modo que facilite la manipulación de las muestras permitiendo trabajar de manera fluida y cómoda.

La realización de un estudio de los posibles mecanismos aplicables al nuevo modelo de sensor existentes en el mercado es de gran importancia para generar un sistema dinámico para esta aplicación concreta.

Es necesario utilizar un mecanismo que permita un desplazamiento del sensor para introducirse de forma perpendicular a la fruta, atravesando correctamente el cítrico. Las agujas deben permanecer en contacto fijo con el fruto durante todo el proceso de medición para garantizar la efectividad.

Tras una búsqueda exhaustiva de las distintas soluciones mecánicas posibles, se plantean las siguientes:

Desplazamiento mediante Palanca Articulada

Este mecanismo se basa en un sistema mecánico de biela-manivela. Básicamente, consiste en conectar la cabeza de una biela con el mango de una manivela y el pie de biela con un émbolo. El giro de la manivela provoca el movimiento de la biela y, consecuentemente, el desplazamiento lineal alternativo del émbolo.

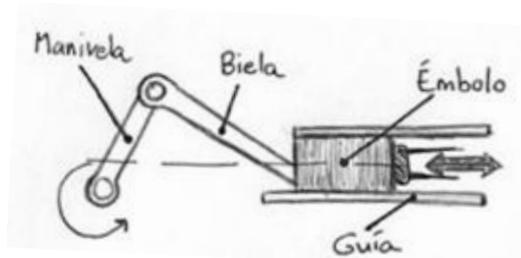


Figura 14. Dibujo explicativo de Palanca Articulada

Este sistema se puede aplicar integrando la cabeza del sensor en el émbolo, de forma que al producirse la carrera (desplazamiento lineal del émbolo), el sensor quede insertado en la fruta.

Desplazamiento mediante giro de 180°

Esta solución consiste básicamente en una pequeña barra, que actúa como eje, dotada de una pieza que le permita generar manualmente un giro de 180°. Integrando este mecanismo al sensor, este se desplazaría hasta atravesar la fruta al producirse este movimiento de rotación

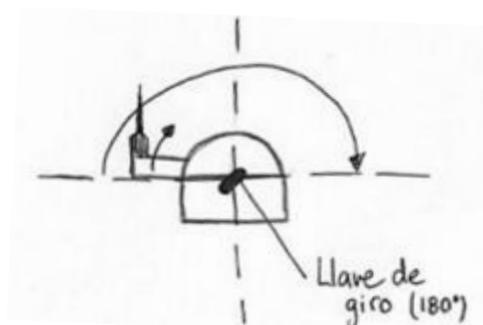


Figura 15. Dibujo explicativo desplazamiento giro 180°

Desplazamiento mediante superficies

Este mecanismo se inspira en la solución adaptada para ajustar los sillines de las bicicletas de spinning. Consta de dos piezas cuyos perfiles encajan entre sí. La pieza inferior actúa como eje de guía y permanece inmóvil y la pieza superior se desliza a lo largo de este eje permitiendo variar de posición. En esta última se coloca el sensor para desplazarse hasta introducirse en la fruta.

Este mecanismo cuenta a su vez con una pieza que actúa como llave permitiendo bloquear o permitir el movimiento en el momento preciso.

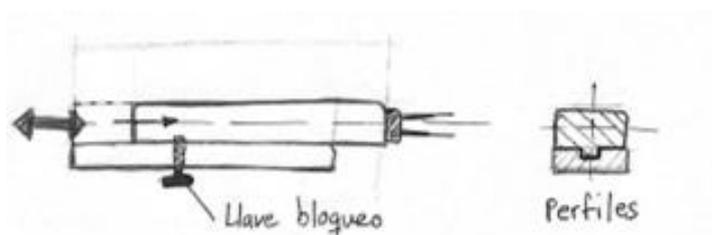


Figura 16. Dibujo explicativo desplazamiento mediante superficies.

Desplazamiento mediante carriles

La última propuesta de mecanismo es similar a la utilizada en las puertas correderas. Consistiría en la instalación de un carril que marca el eje de movimiento del sensor y de una rueda en la parte que se va a desplazar, es decir, la que contiene el sensor. Esta última solución necesita de unos topes para delimitar el desplazamiento lineal.

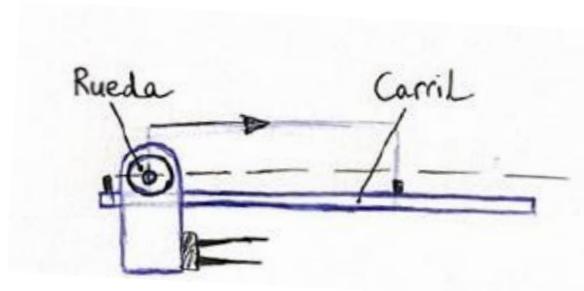


Figura 17. Dibujo explicativo desplazamiento con carril

2.4 PROCESO DE SELECCIÓN

En primer lugar se escoge el tipo de mecanismo que se adapte más a las necesidades del ensayo para después seleccionar con cuál de las opciones de desplazamiento combina mejor en nuestro prototipo.

Tras barajar las propuestas posibles de mecanismo que permita la introducción del sensor de doble aguja en el fruto, la opción escogida es la primera, mecanismo de Palanca Articulada.

Para facilitar el proceso de selección se escogió una serie de características a las que se les ha asignado un peso. En la siguiente tabla se muestran la ponderación asignada a cada una de ellas:

Cómodo	Rápido	Preciso	Fuerza aplicada	Desgaste	Suma Total
0.20	0.15	0.20	0.30	0.20	1

En la tabla a continuación se puntúa del 0 al 10 a cada mecanismo en cada una de las características establecidas como parámetros de selección. Los criterios de puntuación son de carácter subjetivo y se basan en las necesidades propias de los ensayos. Aplicando las ponderaciones correspondientes obtenemos los siguientes resultados:

MECANISMO	Cómodo	Rápido	Preciso	Fuerza aplicada	Desgaste	Suma Total
	0.25	0.15	0.2	0.25	0.15	1
Palanca Articulada	10	9	8	8	7	8.5
Giro 180°	7	6	4	4	7	5.5
Desplazamiento de superficies	7	7	6	7	4	6.35
Desplazamiento por carril	8	8	6	7	5	6.9

El mejor valorado en función de las necesidades del sistema, fue el de Palanca Articulada siguiendo los criterios de valoración establecidos.

En conclusión, la elección se debe a que permite realizar el pinchazo con mayor exactitud, el accionamiento de palanca no requiere aplicar elevada fuerza ya que el mismo mecanismo es el que se encarga de transportar la fuerza suficiente para introducir las agujas del sensor, perforando la piel de la naranja sin dificultad. Además esta opción es la más cómoda y dinámica ya que carece de llaves y de piezas complejas de accionamiento. Se basta de una simple palanca que cambia su posición en 90° y articula al resto de las piezas del mecanismo en cadena generando un ligero desplazamiento del sensor.

Una explicación más detallada de las piezas que componen el mecanismo de Palanca Articulada, viene dada a continuación en el apartado *3.2.1 Diseño CAD del Mecanismo*.

Este sistema mecánico combinado con la opción B, desplazamiento en el eje x (ver apartado *2.2 Primeras ideas*) darán forma a la propuesta final de sistema con sensor integrado.

2.5 ESTUDIO DE LA ERGONOMÍA DEL USUARIO

Todo diseño ha de ser ergonómico. La forma del producto debe cumplir con una serie de requisitos antropométricos para adaptarse a todo tipo de usuarios. Para ello se ha consultado la norma *UNE-EN ISO 7250: Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico* y la norma *DIN 33.402 segunda parte* en busca de recopilar las medidas de la mano necesarias para determinar las dimensiones del sensor.

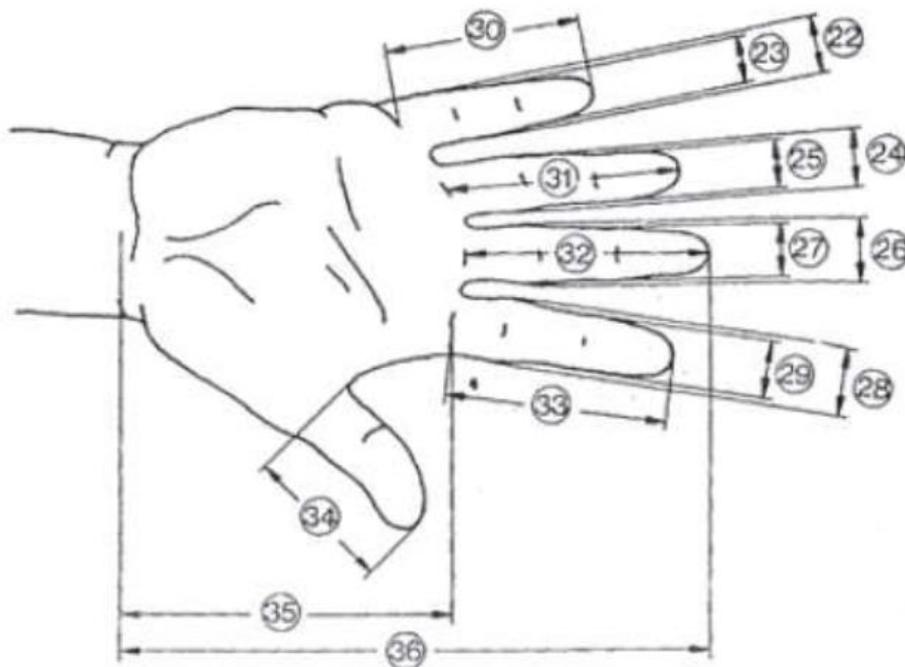


Figura 18. Norma DIN 33.402 segunda parte – Mano humana acotada para estudio antropométrico [19].

Para el dimensionado inicial del sensor, se han tenido en cuenta las siguientes medidas antropométricas:

- Anchura de la mano en los metacarpianos (Fig. 31)
- Longitud de la mano (Fig. 29)
- Longitud perpendicular de la palma de la mano (Fig. 30)
- Grosor de la mano
- Perímetro de agarre de la mano

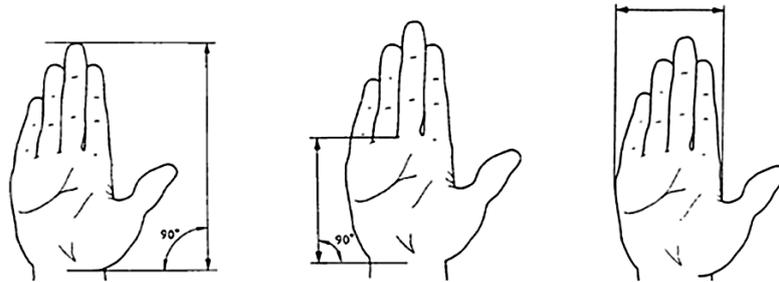


Figura 19. Norma ISO 7250 - 4.3 Medidas de segmentos específicos del cuerpo [18].

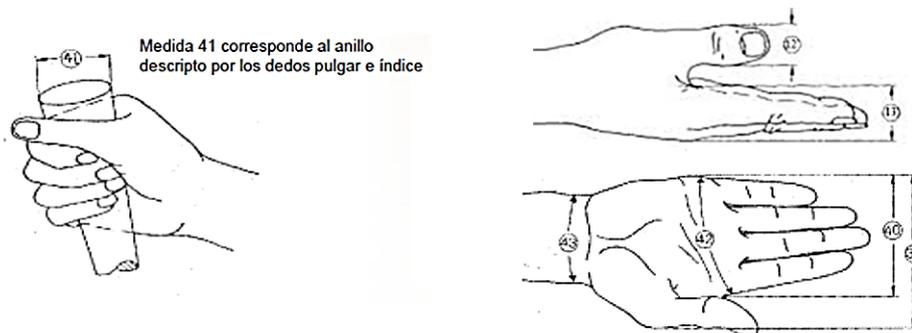


Figura 20. Norma DIN 33.402 segunda parte – Medidas de la palma de la mano [19].

Dimensiones En cm.		PERCENTIL						
		Hombres				Mujeres		
		5 %	50 %	95 %		5 %	50 %	95 %
39	Ancho de la mano incluyendo dedo pulgar	9,8	10,7	11,6		8,2	9,2	10,1
40	Ancho de la mano excluyendo el dedo pulgar	7,8	8,5	9,3		7,2	8,0	8,5
41	Perímetro de agarre de la mano (anillo descrito por los dedos pulgar e índice)	11,9	13,8	15,4		10,8	13,0	15,7
42	Perímetro de la mano	19,5	21,0	22,9		17,6	19,2	20,7
43	Perímetro de la articulación de la muñeca	16,1	17,6	18,9		14,6	16,0	17,7

Figura 21. Norma DIN 33.402 Segunda Parte - Tabla con las principales medidas de la mano [19].

Las medidas a tener en cuenta serán el percentil 95 de los hombres para limitar las dimensiones mínimas del producto y percentil 5 de las mujeres para limitar las dimensiones máximas.

Otro aspecto antropométrico que se ha considerado son los movimientos de la mano, especialmente los movimientos de extensión y flexión, abducción, prehensión, así como sus ángulos de movimiento.

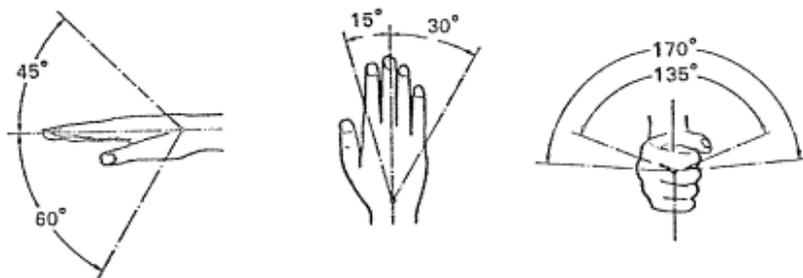


Figura 22. Arcos descriptivos de los movimientos de la mano según Stier y Meyer.

El nuevo sensor cumplirá con las medidas mínimas exigidas para asegurar que es apto para todo tipo de usuarios, ya sean hombres o mujeres, de modo que cualquier persona pueda hacer uso de él en el laboratorio, de la misma forma y sin encontrar ningún tipo de dificultad.

3. PROPUESTA DE SENSOR

3.1 SOLUCIÓN PARA EL MECANISMO

Una vez determinado qué tipo de mecanismo se va a utilizar para modificar la posición del sensor, se procede a darle forma al mismo.

La solución planteada se basa en una cadena de piezas unidas entre sí mediante superficies tangentes que permiten el movimiento o, por lo contrario, tornillos fijos de unión entre piezas. Mediante el uso de un carril, las piezas se cambian de disposición formando dos figuras distintas de modo que varían la longitud total del conjunto. Este sistema consigue que el sensor de doble aguja pase de su posición inicial a la posición de “pinchado” de las muestras al accionarse la palanca.

En la siguiente imagen se muestra un boceto explicativo de la morfología y el funcionamiento de este sistema mecánico que será descrito más detalladamente en apartados siguientes.

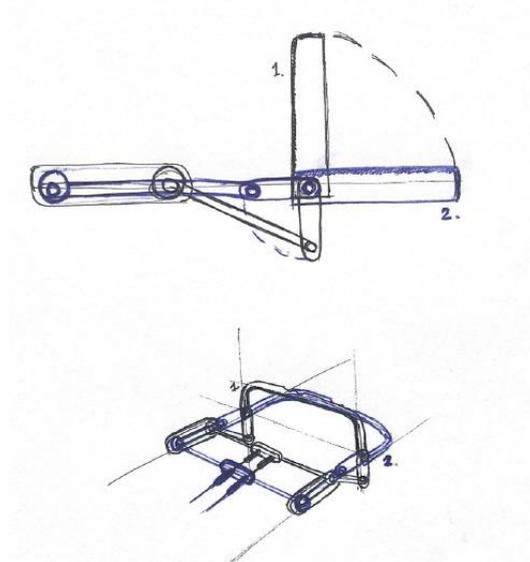


Figura 23. Esquema de funcionamiento del mecanismo.

3.2 DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL SISTEMA

Tras haber definido la forma propia del mecanismo que accionará el pinchado del sensor, se debe elegir la disposición y la dirección que seguirá el sensor para introducirse mecánicamente en las muestras. Las propuestas se presentan en el apartado 2.2 *Primeras ideas*.

Puesto que la Palanca Articulada describe un movimiento lineal de dos posiciones, las opciones entre las que escoger son el desplazamiento lineal en el eje vertical (Y) (desplazamiento del sensor hacia arriba o hacia abajo) y desplazamiento lineal en el eje horizontal (X).

La primera de las opciones a descartar es la del desplazamiento hacia arriba del sensor, puesto que implicaría un riesgo innecesario al posicionar las agujas hacia arriba de manera perpendicular a la superficie de trabajo. Podría producirse algún accidente durante los ensayos en el que el usuario resultase herido, por ello esta opción de disposición queda descartada.

De entre las dos posibilidades restantes se escoge el desplazamiento a lo largo del eje horizontal por razones de estética. Esta disposición resulta más sencilla de mimetizar con el espacio de trabajo y es más discreta. Además esta disposición transmite más serenidad frente a la disposición perpendicular a la superficie que resulta más agresiva e incluso deja al sensor desprotegido.

Por otra parte, entre las mejoras planteadas en el apartado 2.1 *Aspectos a mejorar*, se encuentra la propuesta de unificar en una misma pieza el sistema electrónico y el sensor con su respectivo cableado.

Por tanto contamos con distintos elementos que se deben organizar. Además de generar un área de trabajo donde manipular la naranja, debe de existir un espacio para el mecanismo y otro para las piezas que conforman el sistema electrónico, de modo que quede todo correctamente protegido.

Dicho esto, se detecta la necesidad de diseñar una carcasa que conforme y unifique todos los elementos en una única pieza, generando así un sistema de innovación para laboratorio.

3.3 BOCETOS INICIALES DE LA CARCASA

Una vez planteados los espacios necesarios de la carcasa que dará forma al sistema se pasa a darle la forma adecuada. Se realizan una serie de esquemas visuales que darán forma a la propuesta final. A continuación se muestran los bocetos previos que sirvieron de ayuda con el posterior diseño asistido por ordenador.

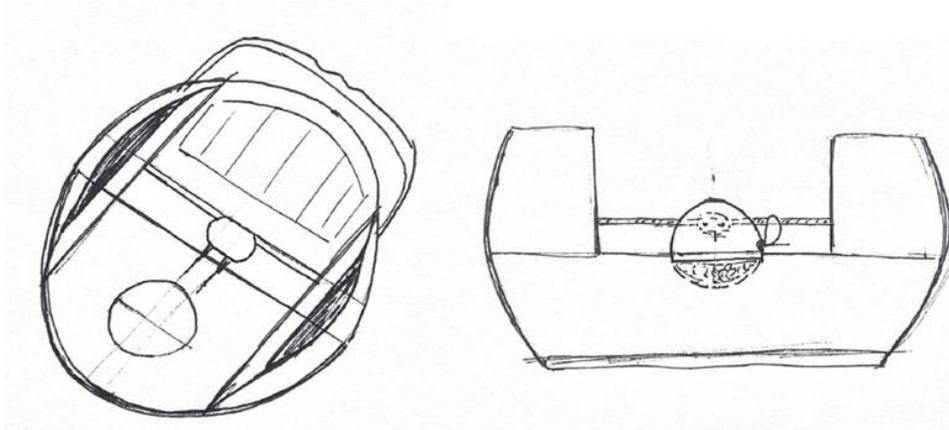


Figura 24. Boceto inicial de la carcasa.

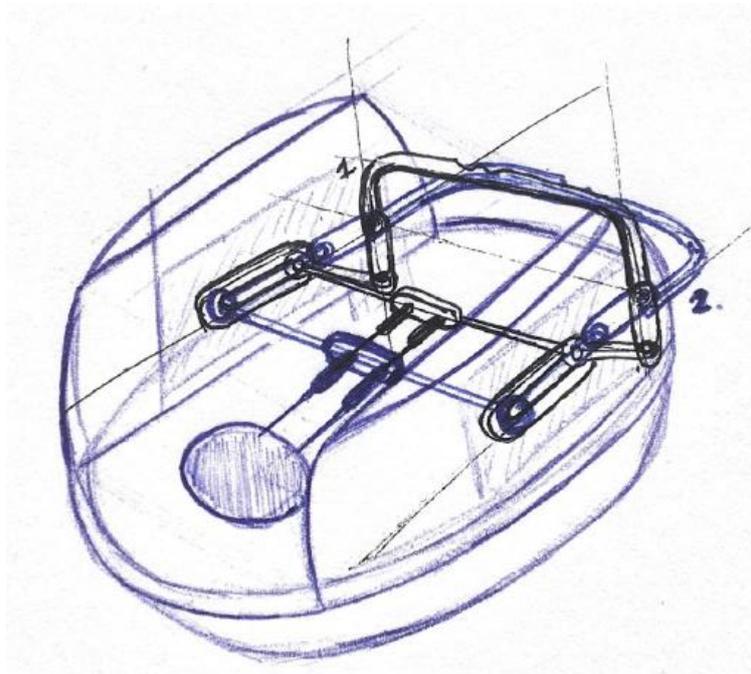


Figura 25. Boceto explicativo del mecanismo en el conjunto.

3.4 DISEÑO CAD

3.4.1 DISEÑO CAD DEL MECANISMO

En este apartado se describen de manera profundizada todas las piezas que componen el mecanismo de palanca articulada que se escogió para el sistema.

La siguiente imagen muestra el modelo CAD del mecanismo en sus dos posiciones, la primera con la palanca sin accionar y la segunda con la palanca accionada en la posición de ensayo, lo que produciría el pinchazo mecánico de la naranja.

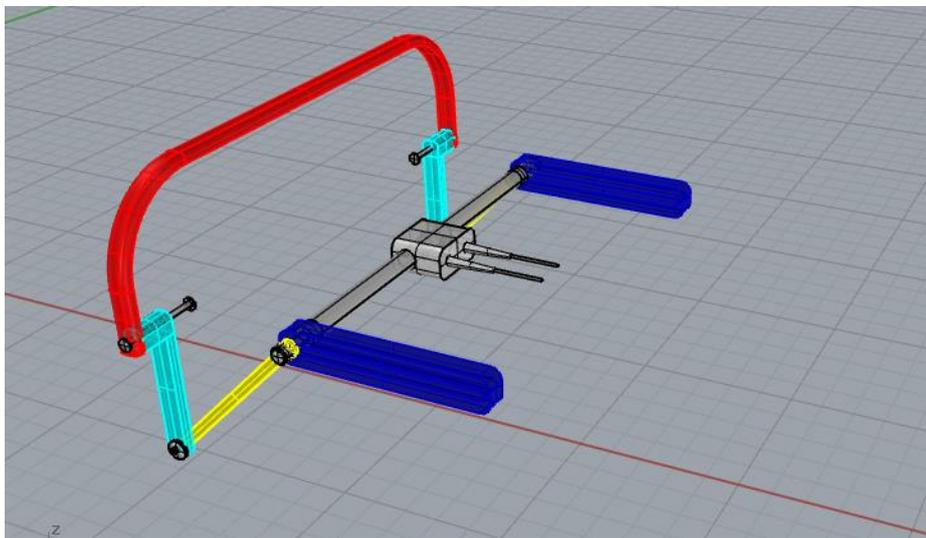


Figura 26. Posición 1: Mecanismo sin accionar.

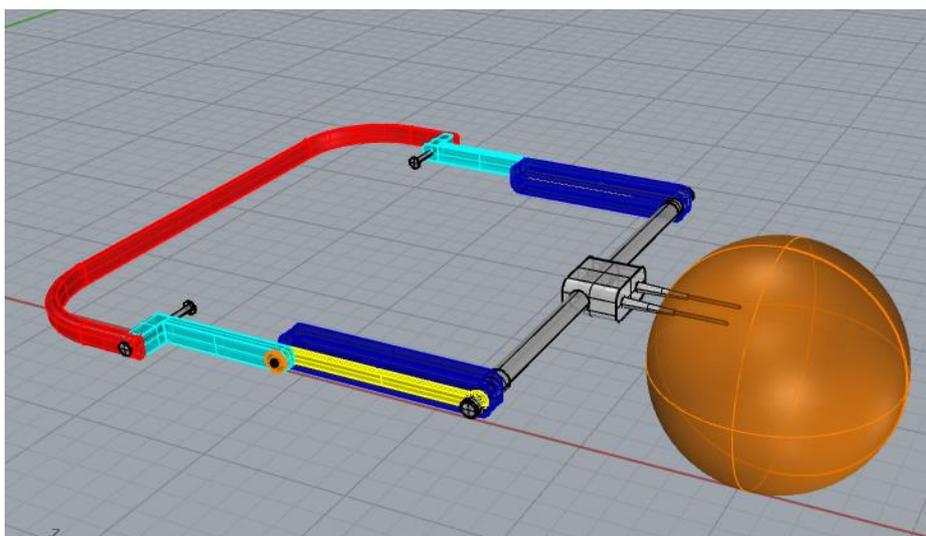


Figura 27. Posición 2: Mecanismo accionado.

CARRIL

El carril es una pieza realmente importante ya que sirve de guía para el cambio de posición de las piezas, concretamente de la pieza x.x llave. Existen dos unidades, una a cada lado del sensor, que determinan los ejes de desplazamiento del mecanismo.

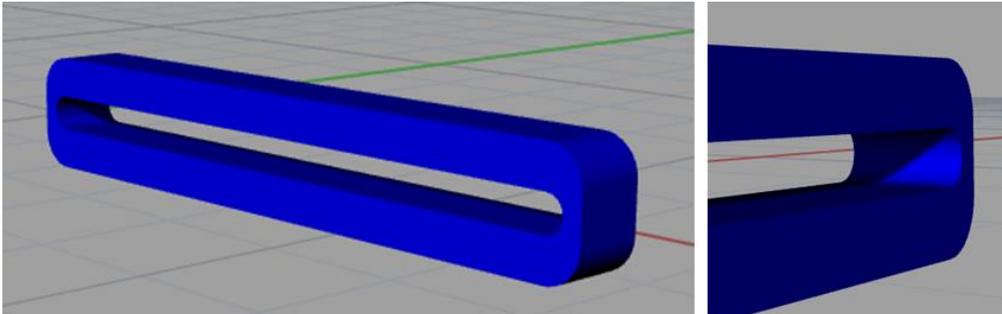


Figura 28. Modelo CAD. Conjunto Mecanismo. CARRIL.

LLAVE

La llave es la pieza que genera la disminución de la longitud total del mecanismo. Su extremo se encuentra unido a una pieza cilíndrica que se desliza a lo largo del eje del carril por lo que se mantiene a la misma altura y solo se desliza a lo largo del eje x. En la posición inicial, su cuerpo alargado forma un ángulo de 45 grados con respecto al eje del carril. En la posición final se encuentra completamente paralelo al eje del carril.

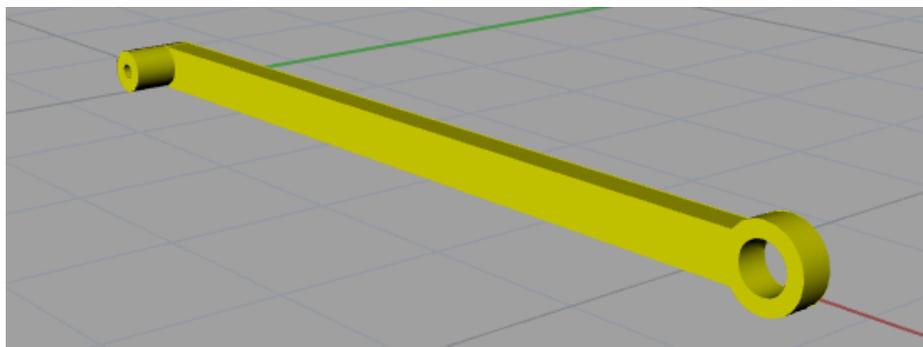


Figura 29. Modelo CAD. Conjunto Mecanismo. LLAVE.

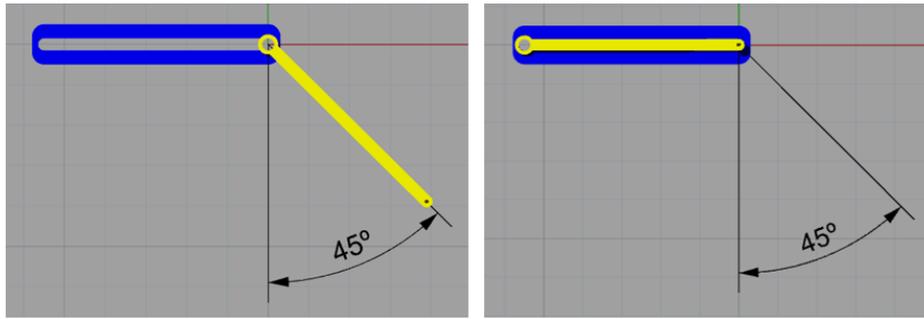


Figura 30. Modelo CAD. Conjunto Mecanismo. LLAVE - Descripción de desplazamiento.

ASA

Es la pieza accionada por el usuario que desencadena los cambios de posición del resto de las piezas. El mecanismo permite una rotación del asa de 90 grados, colocándose de manera perpendicular a su posición inicial.

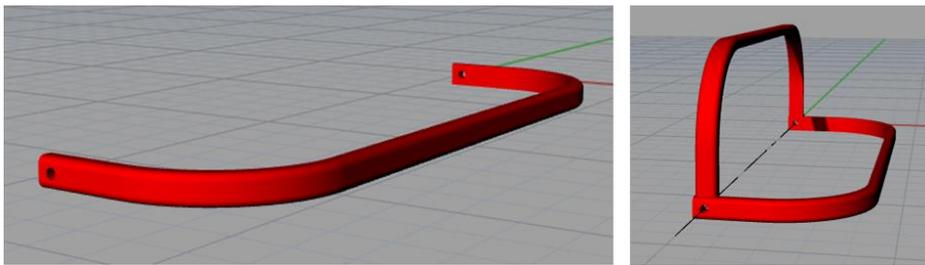


Figura 31. Modelo CAD. Conjunto Mecanismo. ASA - Posiciones.

EXTENSIÓN DE ASA

El asa y la llave están unidas por esta pieza que realiza el mismo cambio de posición de 90 grados que el asa, ya que se trata de su prolongación.

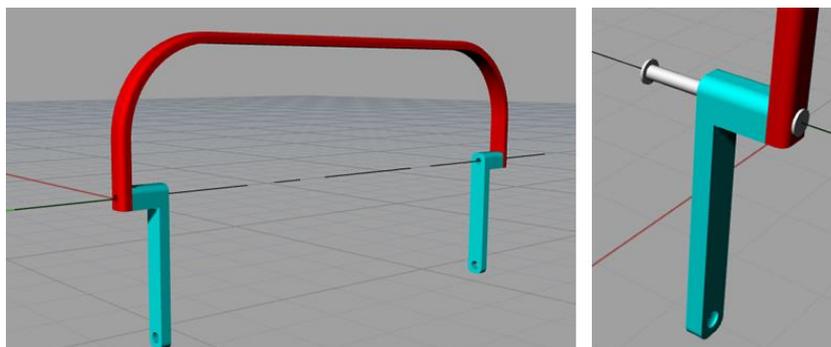


Figura 32. Modelo CAD. Conjunto Mecanismo. EXTENSIÓN DE ASA.

VARILLA

Es un tubo metálico al que se le ensambla el sensor de manera perpendicular en el centro. Está hueco por dentro para permitir el paso del cableado del sensor. Se une por los dos extremos a la pieza que se desplaza a lo largo del eje del carril.

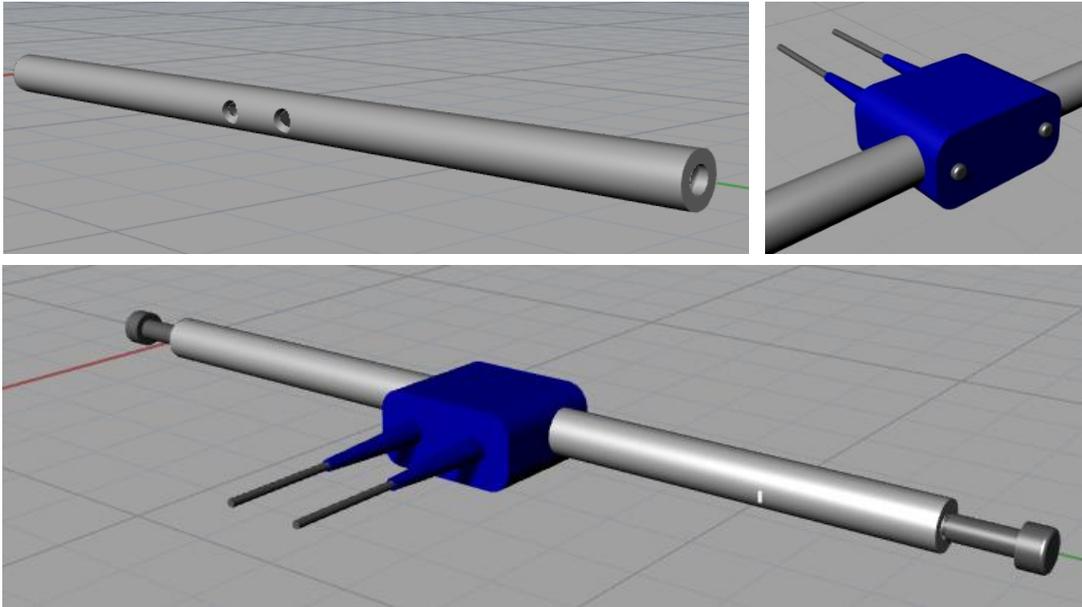


Figura 33. Modelo CAD. Conjunto Mecanismo. VARILLA - Disposición del sensor.

El sistema mecánico cuenta con dos trenes de piezas simétricos unidos por el asa que los acciona y por la varilla que sujeta el sensor. El siguiente esquema representa el área de la planta de la carcasa seccionada por dos líneas amarillas. Los espacios generados a ambos lados corresponden al espacio que ocuparan las cadenas de piezas.

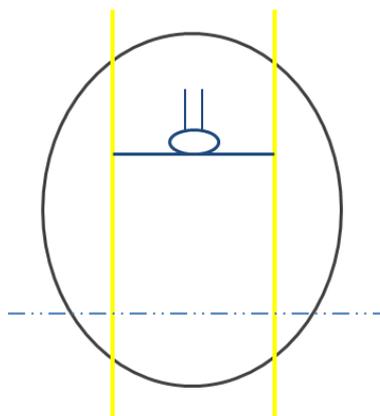


Figura 34. Esquema de disposición de espacios de la carcasa.

3.4.2 DISEÑO DE LA CARCASA

La forma de la carcasa se ha diseñado acorde con el mecanismo, de modo que permita integrar las piezas que componen la palanca articulada dejando espacio útil para cumplir con su función principal: la manipulación del fruto con el sensor de doble aguja.

El modelo se comenzó generando una esfera inicial que se moldeó hasta conseguir una forma achatada. La dimensión inicial se determinó basándose en el volumen promedio de una naranja, unos 6mm, A continuación se cortó mediante un plano para generar la base de la estructura.

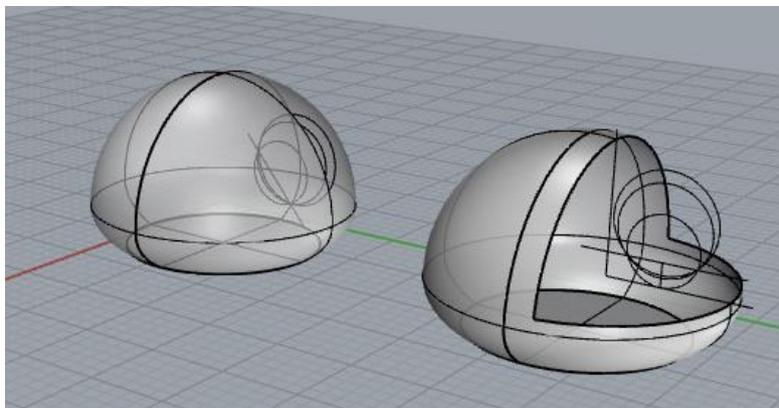


Figura 35. Modelo CAD. Carcasa - Trazos y superficies iniciales.

La forma generada se seccionó mediante planos de corte. El plano rojo para eliminar altura innecesaria de la carcasa, el plano azul para generar la superficie de trabajo y los planos paralelos amarillos para delimitar el espacio necesario ocupado por el mecanismo.

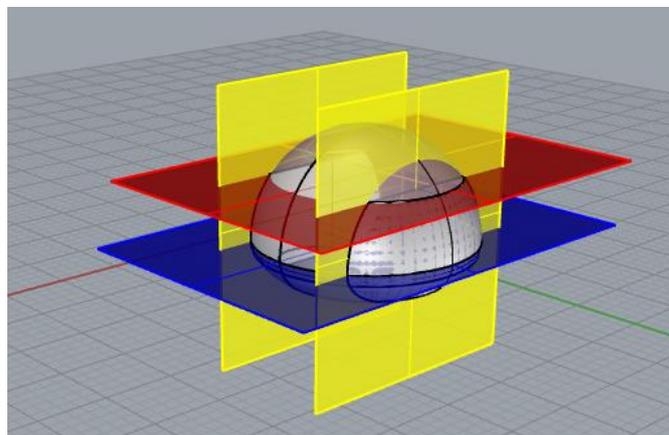


Figura 36. Modelo CAD. Carcasa - Planos de corte.

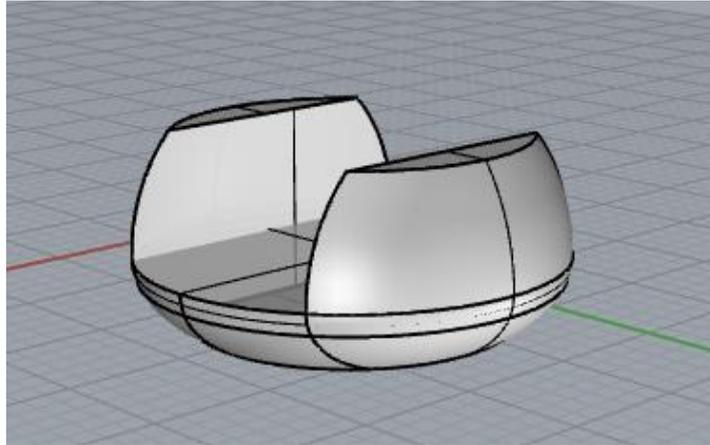


Figura 37. Modelo CAD. Carcasa - Resultado Planos de corte.

El espacio resultante que conforma la estructura de la carcasa se divide en cuatro áreas distintas, cada una destinada a una función concreta: espacio de manipulación de la naranja (azul), espacio de interacción con el software del sistema (gris), caja de protección del mecanismo de palanca articulada (amarillo) y caja de protección de sistema electrónico (rojo).

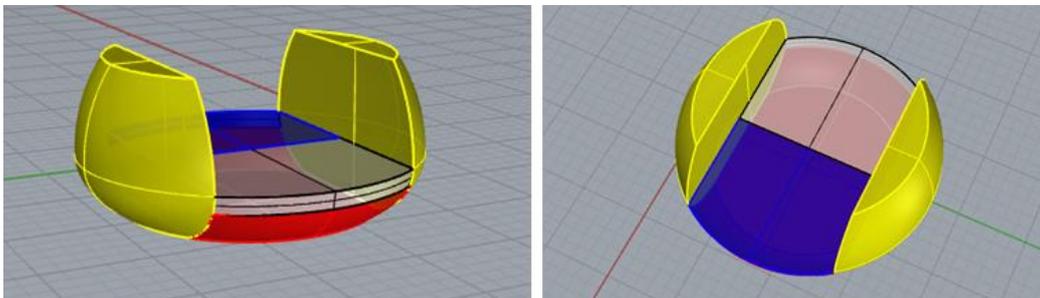


Figura 38. Modelo CAD. Carcasa - Clasificación de espacios por colores.

A continuación se describirán de manera concreta las cuatro partes diferenciadas por colores en la última imagen.

ESPACIO DE MANIPULACIÓN DE LA NARANJA

Área destinada a la realización de los ensayos. Cuenta con un orificio en el que se permite la colocación fija de la naranja a modo sujeción. El diámetro del orificio ha sido escogido teniendo en cuenta las dimensiones estándar de la naranja, en concreto la navel-late.

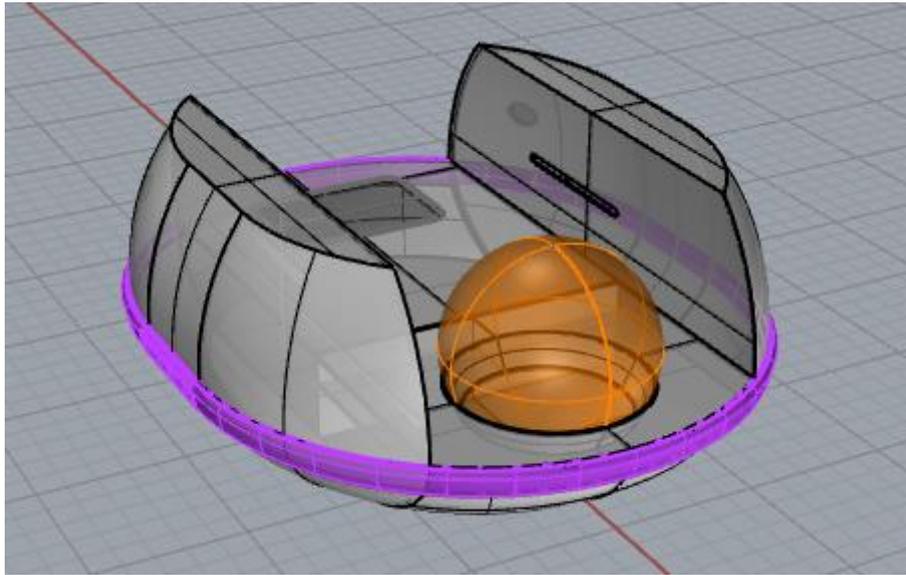


Figura 39. Modelo CAD. Carcasa - Espacio de Manipulación de la Naranja.

Para no cerrar el rango de aplicación de este modelo innovador en otros frutos, se ha diseñado una pieza intercambiable con diferentes diámetros y formas del orificio, permitiendo así la experimentación con otras variedades en el laboratorio.

En la imagen se muestran los pequeños salientes que permiten montar y desmontar esta parte de la carcasa de manera dinámica y facilitan así la limpieza de su interior, ya que durante los ensayos puede ser salpicada con jugo de la propia fruta al ser perforada.

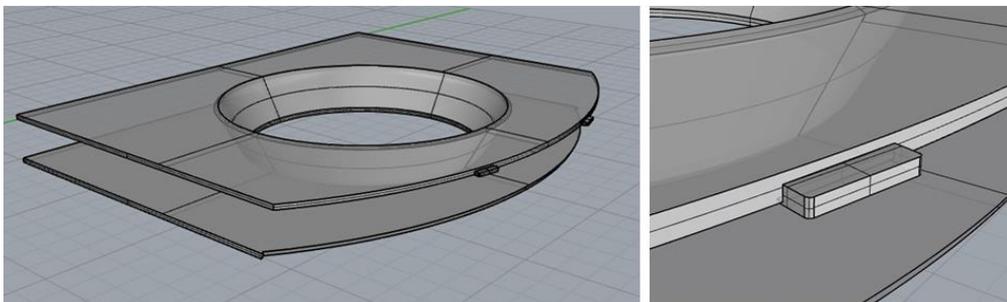


Figura 40. Modelo CAD. Carcasa - Detalle pieza de Sujeción de la Naranja.

CAJA DE PROTECCIÓN DEL MECANISMO

Las dos estructuras simétricas que componen la parte lateral de la carcasa almacenan en su interior el mecanismo. De este modo se permite el movimiento de las piezas mecánicas que articulan el sensor de manera segura impidiendo que sea dañado por cualquier objeto, cable o sustancia que se pueda interponer durante el cambio de posición de las piezas.

Además el mecanismo queda completamente integrado dentro de la carcasa lo que no solo favorece a la seguridad del producto y del usuario, sino que también mejora su apariencia y estética.

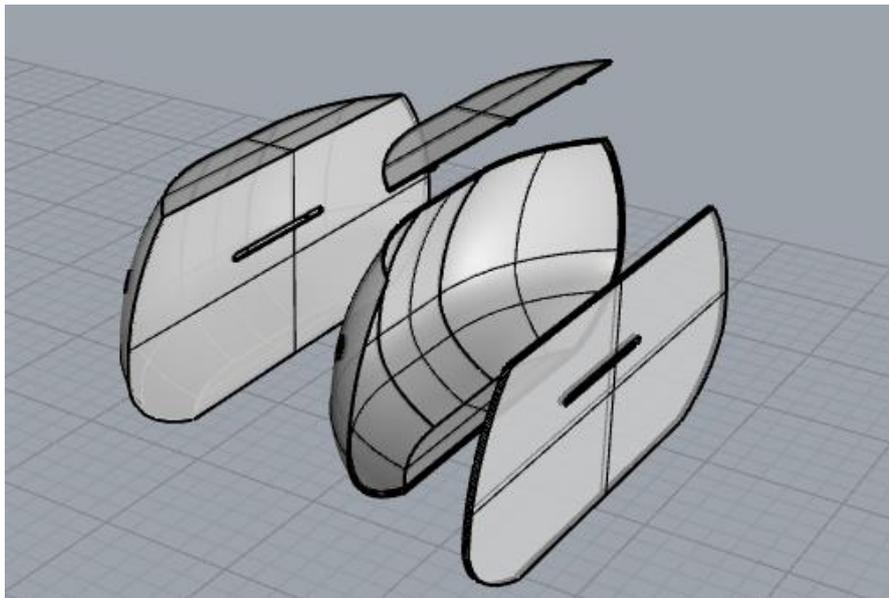


Figura 41. Modelo CAD. Carcasa - Caja de Protección de Mecanismo

Se ha diseñado con una tapa que permite la limpieza en profundidad del interior de la caja de protección, evitando así la presencia de suciedad entre las piezas del mecanismo. Se muestra en las imágenes el detalle de los pequeños salientes que permiten la retirada de la parte superior.

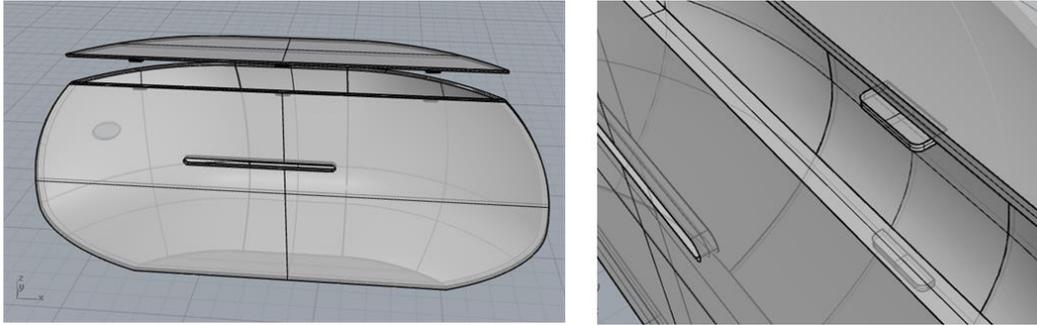


Figura 42. Modelo CAD. Carcasa - Detalle Tapa Caja de Protección.

CAJA DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Esta propuesta innovadora propone la integración del sistema electrónico que conecta con el sensor dentro de la misma carcasa formando una pieza única sencilla para los ensayos.

Existe un espacio hueco en la base diseñado para integrar en él los componentes electrónicos. Este espacio queda completamente sellado una vez se instale el sistema en su interior para asegurar su correcto funcionamiento.

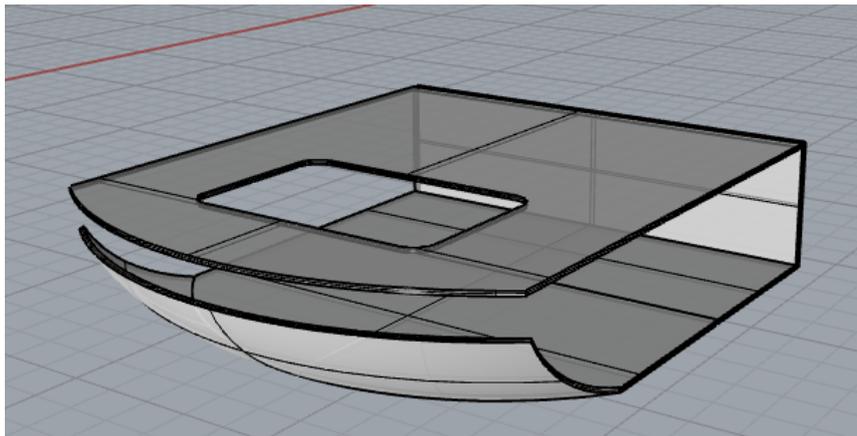


Figura 43. Modelo CAD. Carcasa - Caja de Protección del Sistema electrónico.

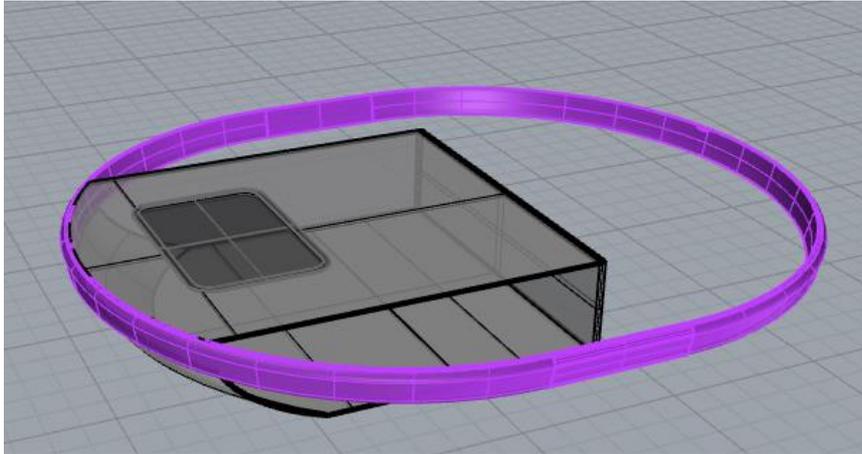


Figura 44. . Modelo CAD. Carcasa - Caja de Protección del Sistema electrónico. Detalle Anillo.

ESPACIO DE INTERACCIÓN CON EL SOFTWARE

Completando con la descripción de la caja de protección de los dispositivos electrónicos, justo encima de este espacio se encuentra el área de interacción con el software del sistema.

La superficie de la carcasa cuenta con un hueco en el que se propone como mejora para la experiencia del usuario, la instalación de una pantalla táctil que permita determinar los parámetros de manera intuitiva y sencilla.

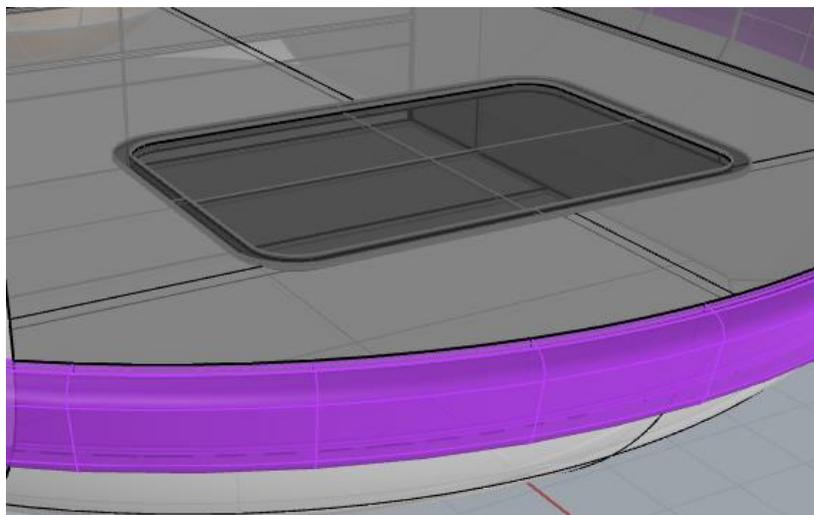


Figura 45. Modelo CAD. Carcasa - Espacio de Interacción con Software.

4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL DISEÑO

4.1 CONJUNTO MECANISMO

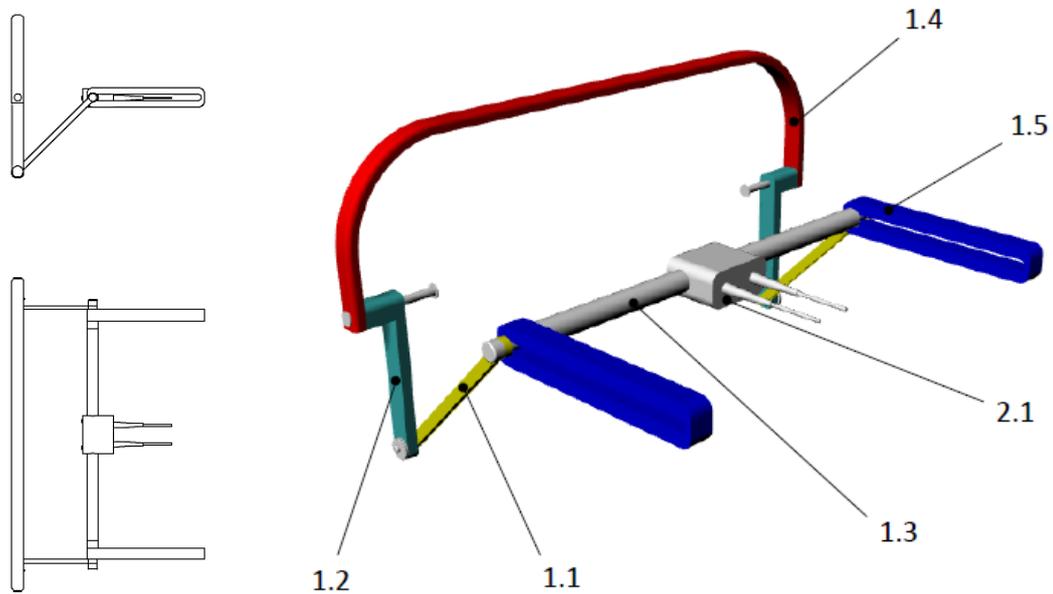


Figura 46. Conjunto Mecanismo - Esquema disposición de componentes.

LISTADO DE PIEZAS MECANISMO	
CÓDIGO	NOMBRE PIEZA
1.1	Llave
1.2	Extensión Asa
1.3	Varilla
1.4	Asa
1.5	Carril
1.6	Guía Asa

1.1 LLAVE

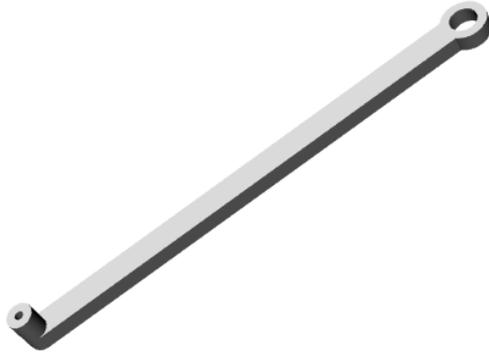


Figura 47. Conjunto Mecanismo – LLAVE

1.2 EXTENSIÓN ASA

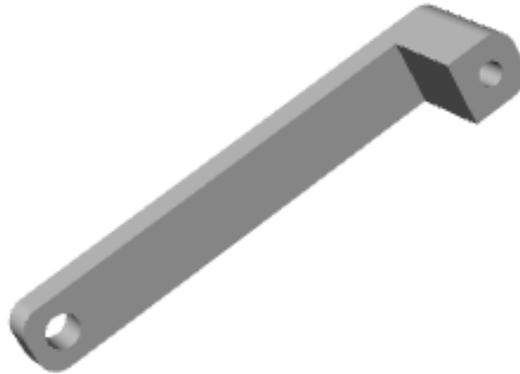


Figura 48. Conjunto Mecanismo – EXTENSIÓN DE ASA

1.3 VARILLA

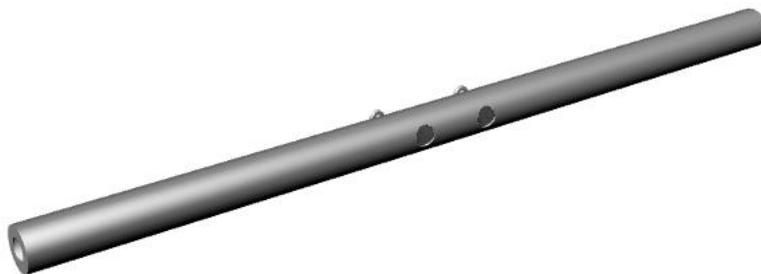


Figura 49. Conjunto Mecanismo – VARILLA

1.4 ASA



Figura 50. Conjunto Mecanismo – ASA

1.5 CARRIL

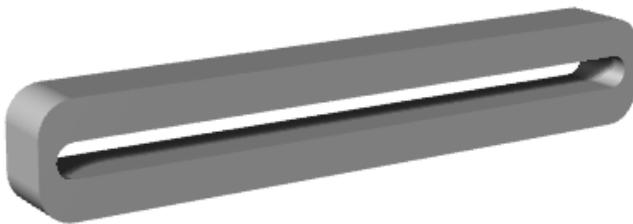


Figura 51. Conjunto Mecanismo – CARRIL

1.6 GUÍA ASA

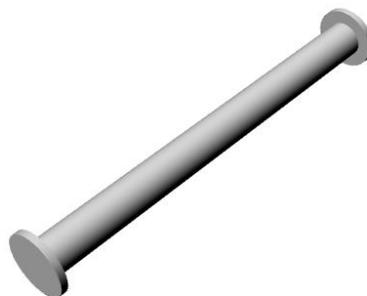


Figura 52. Conjunto Mecanismo – GUÍA ASA

1.7 SENSOR DE DOBLE AGUJA



Figura 53. Conjunto Mecanismo – SENSOR DE DOBLE AGUJA

4.1.1 DETALLES DE UNIÓN DEL MECANISMO

Las uniones de las piezas del mecanismo se realizan mediante el uso de distintos tornillos seleccionados expresamente para cada tipo de unión a realizar y la morfología y dimensión de las piezas a ensamblar. En las siguiente tablas se muestra la correspondencia de unión con los figuras incluidas a continuación, así como el tipo de tornillo seleccionado en cada caso.

LISTADO DE UNIONES MECANISMO		
CÓDIGO	PIEZAS UNIDAS	DESCRIPCIÓN
U 1	Sensor - Varilla	Figura 55
U 2	Llave - Varilla	Figura 57
U 3	Extensión Asa - Llave	Figura 56
U 4	Extensión Asa - Asa	Figura 57

		
U 1	U 2	U 3 / U 4

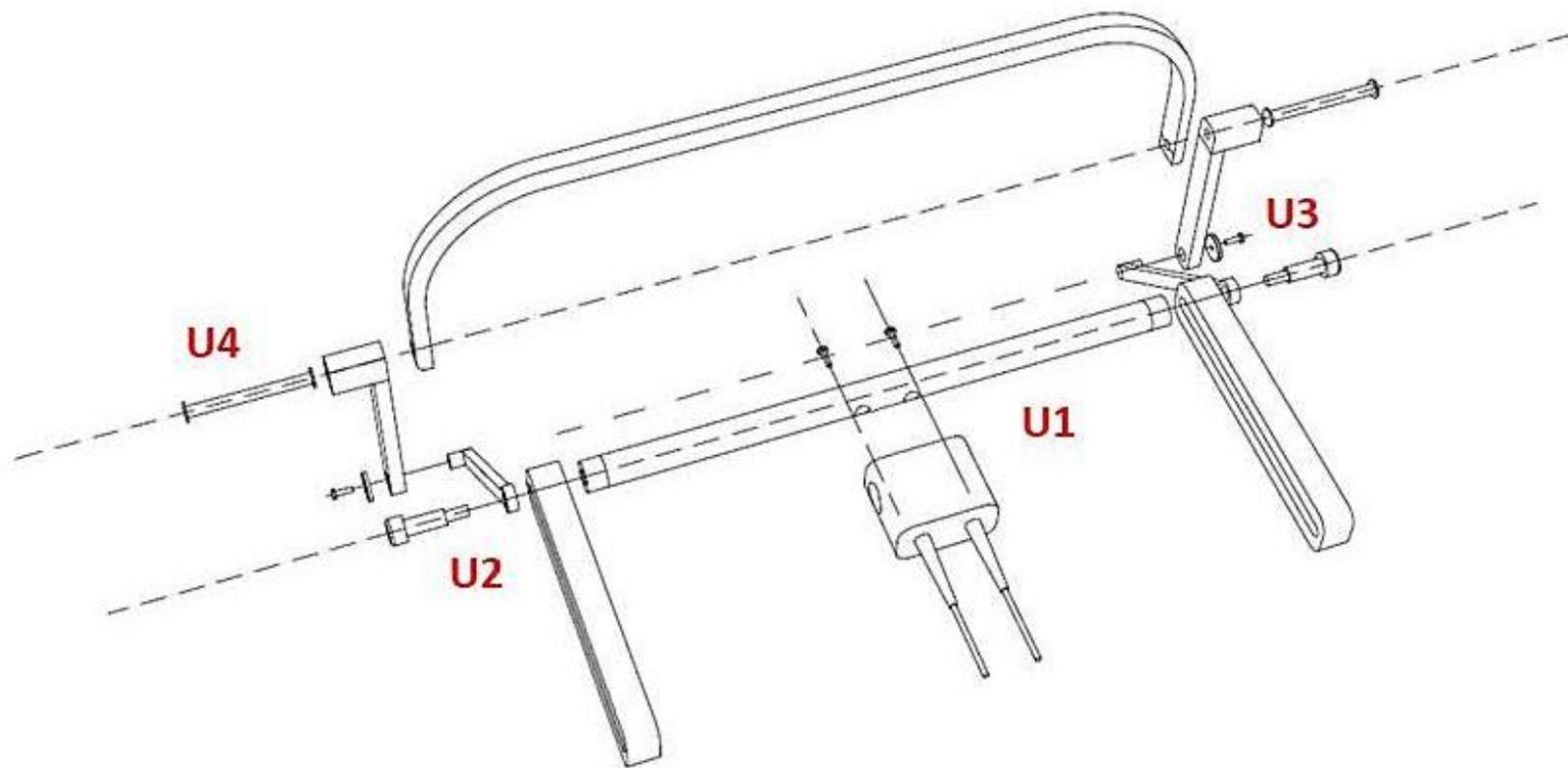


Figura 54. Conjunto Mecanismo - Descripción de la posición de las uniones.

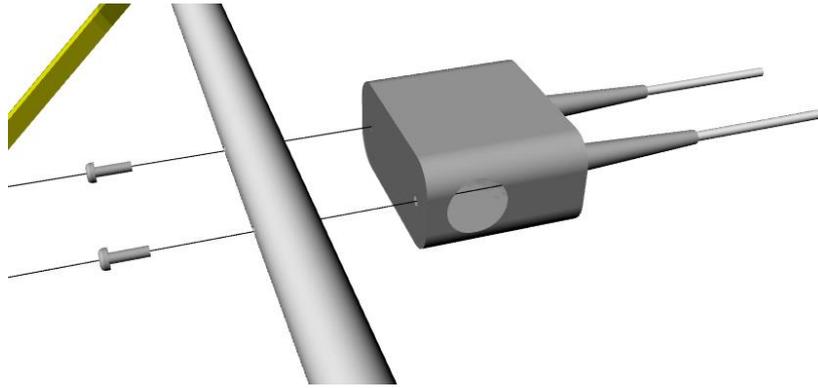


Figura 55. Unión U1

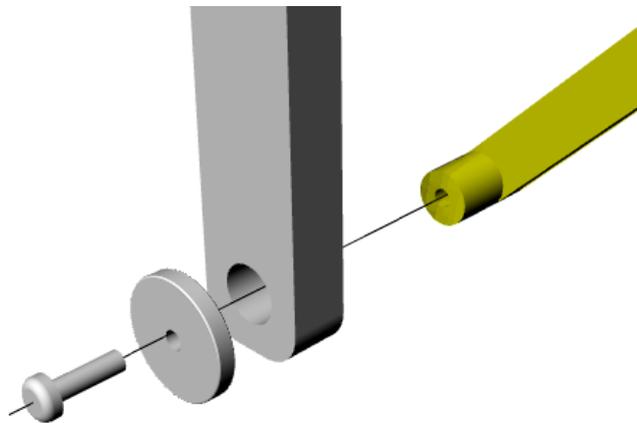


Figura 56. Unión U3

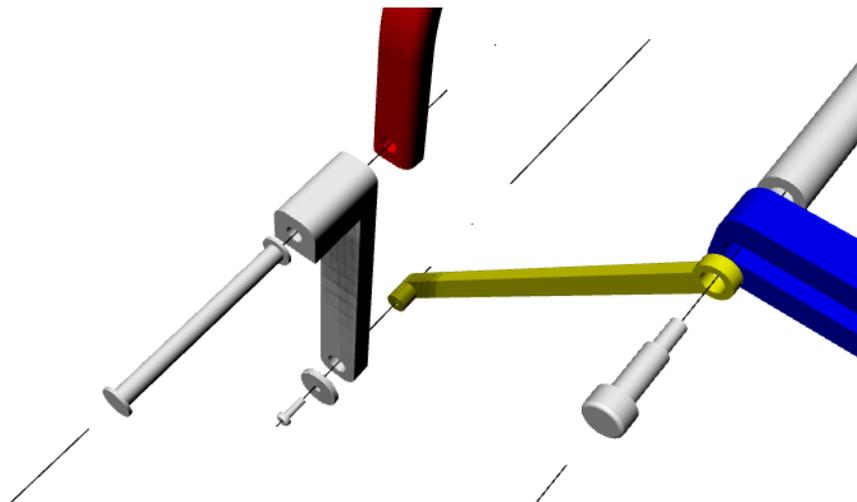


Figura 57. Unión U4 y U2

4.2 CONJUNTO CARCASA



Figura 58. Conjunto Carcasa con pantalla.

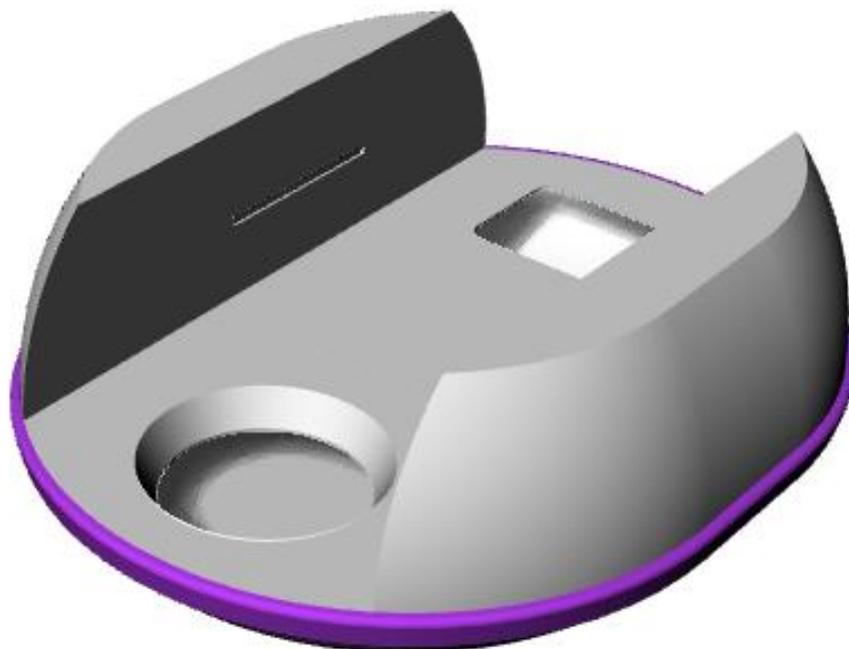


Figura 59. Conjunto Carcasa sin pantalla.

LISTADO DE PIEZAS CARCASA	
CÓDIGO	NOMBRE DE LA PIEZA
2.1	Estructura Principal
2.2	Caja Protección Mecanismo
2.3	Tapa Caja Prot. Mecanismo
2.4	Soporte Naranja
2.5	Anillo Decorativo

ESTRUCTURA PRINCIPAL

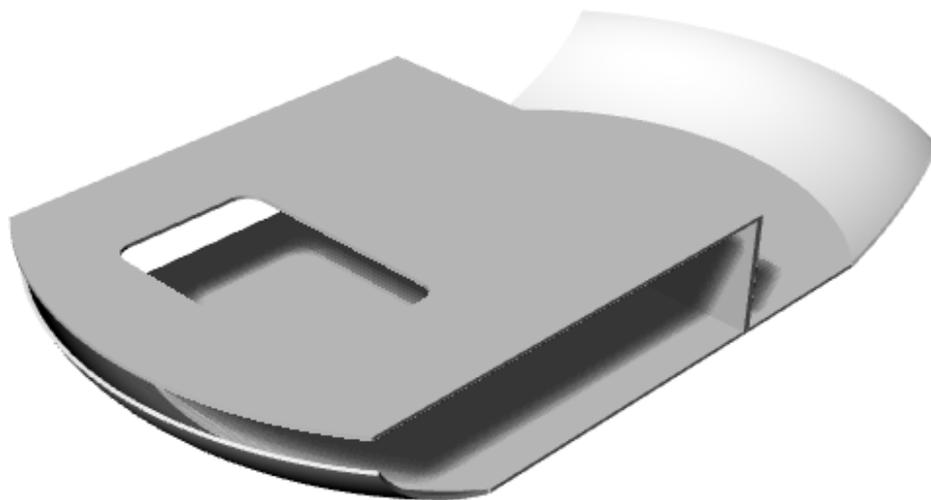


Figura 60. Conjunto Carcasa - ESTRUCTURA PRINCIPAL

CAJA DE PROTECCIÓN MECANISMO



Figura 61. Conjunto Carcasa - CAJA PROTECCIÓN MECANISMO

TAPA CAJA DE PROTECCIÓN MECANISMO

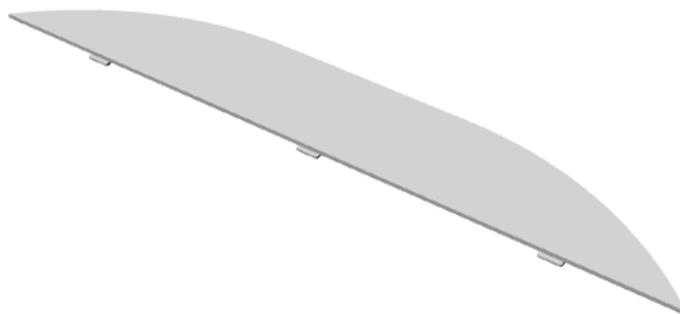


Figura 62. Conjunto Carcasa - TAPA CAJA PROTECCIÓN MECANISMO

SOPORTE NARANJA

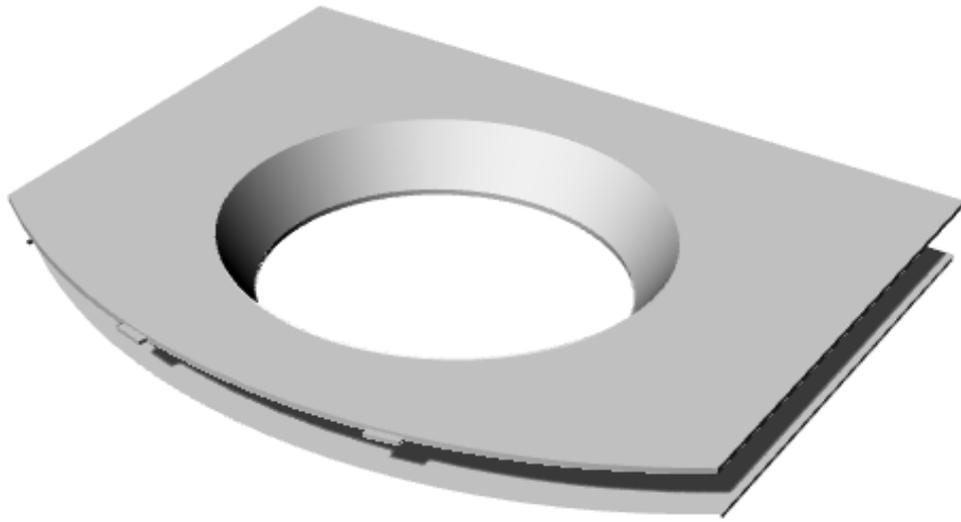


Figura 63. Conjunto Carcasa - SOPORTE NARANJA

ANILLO DECORATIVO

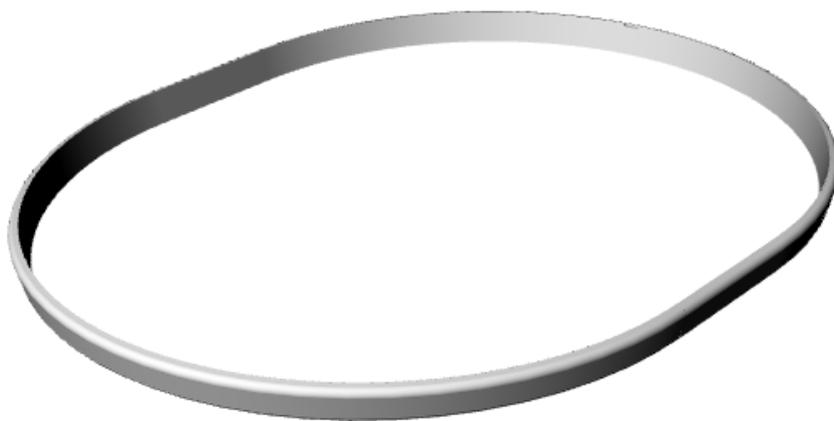


Figura 64. Conjunto Carcasa - ANILLO DECORATIVO

4.2.1 DETALLES DE UNIÓN CARCASA

Las partes de la carcasa se han diseñado por separado para facilitar el montaje de los componentes en su interior.

La caja de protección que almacena el mecanismo cuenta con una tapa desmontable que permite montar y limpiar las piezas con facilidad.

Por otro lado también se ha mencionado que la pieza de sujeción de la naranja es desmontable, lo que permite limpiarla tras la finalización de cada ensayo.

Para la unificar los componentes de la carcasa es necesaria la realización de dos ensamblajes. En primer lugar, una vez instalado el sistema electrónico en el interior de la estructura principal, se le ensamblarán las dos cajas de protección del mecanismo a ambos lados y a continuación se reforzará la estructura unida colocando el anillo decorativo a su alrededor.

Estas uniones se realizarán mediante el uso de un adhesivo epoxi para la unión de superficies.

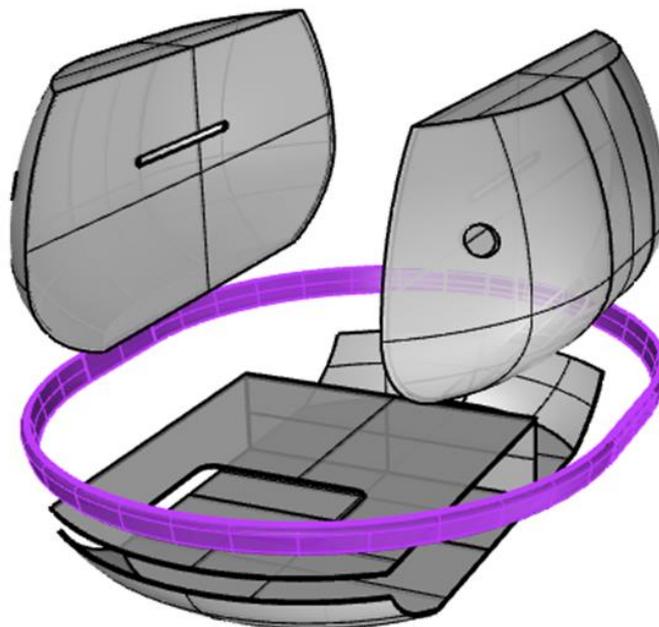


Figura 65. Descripción de unión Conjunto Carcasa

4.3 COMPONENTES ELECTRÓNICOS INTEGRADOS

Como se ha explicado con anterioridad, uno de las principales ventajas que ofrece este diseño es la posibilidad de integrar en un único conjunto tanto el sensor como el sistema electrónico utilizados para los ensayos.

En el apartado 2.2.1.2 *Sistema Electrónico del Capítulo I. INVESTIGACIÓN*, se describe el sistema que fue utilizado para la realización del Proyecto de Investigación. Sin embargo, si observamos la *Figura 5*, podemos comprobar que las dimensiones que este abarca son algo desproporcionadas, ya que con el avance de las tecnologías nos permiten generar un sistema que cumpla la misma función haciendo uso de componentes de pequeña dimensión.

En este apartado se describirá brevemente qué componentes del sistema electrónico se encuentran integrados en el espacio designado [20].

PLACA DE ARDUINO NANO

Se utilizará una placa de microcontrolador Nano de Arduino como soporte para el software, ya que este componente proporciona un número suficiente de pines de entrada/salida para realizar todas las conexiones necesarias. Además se trata de una pieza de pequeñas dimensiones con un precio muy asequible.

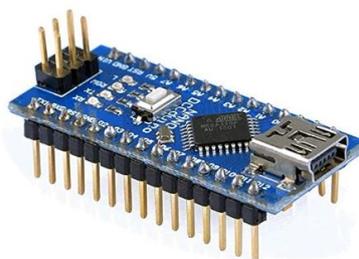


Figura 66. Placa Arduino.

PILAS DE LITIO

La alimentación del dispositivo se genera mediante la conexión de 2 baterías de litio 18650 de 3,7V, que puestas en serie proporcionan 7.4-8.2V, un voltaje perfecto para alimentar Arduino. A continuación la placa se encarga de alimentar al resto de los componentes. Se tratan de unas pilas recargables que aportan una solución de alimentación más sostenible.



Figura 67. Pilas de Litio y portapilas.

GENERADOR DE SEÑALES PROGRAMABLE

Se empleará para generar las señales necesarias para el análisis de los cítricos un circuito integrado AD9833, que consiste en un generador de señales programable fabricado por AnalogDevices.

Este circuito integrado consta de 7 pines que corresponden a la alimentación (VCC), masa (DGND y AGND), reloj (SCLK), frecuencia de la señal a generar (FSYNC), entrada de datos en serie (SDATA) y la salida de la señal generada (OUT).



Figura 68. Generador de señales programable.

COMPARADOR DE SEÑALES

Para comparar la señal generada con la señal en el cítrico, se empleará un circuito integrado AD8302. Se trata de un comparador de amplitud y fase del mismo fabricante que el generador de señales, AnalogDevices. Mediante el uso de este circuito integrado se obtendrá la información de la impedancia y la fase del cítrico.



Figura 69. Comparador de señales.

PANTALLA TÁCTIL

Como interfaz del usuario se propone el uso de una pantalla táctil RoXane Nextion Nx4827T043 desde la que se permita interactuar con el sistema para iniciar las mediciones, mostrar los resultados almacenados y obtener de una manera visual la información sobre el estado de la naranja.



Figura 70. Pantalla Táctil.

PLACA PCB

Para el conexionado de todos los componentes electrónicos es necesario el uso de un circuito impreso. Se encarga de conectar eléctricamente a través de las pistas conductoras y de sostener los elementos del circuito montado.

OTROS MATERIALES

Además de los materiales principales mencionados es necesario una serie de componentes de bajo coste que permitan montar el circuito como resistencias, pequeño cableado y un amplificación operacional de alta velocidad.



Figura 71. Amplificador operacional.

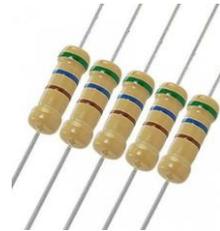


Figura 72. Resistencias.

4.4 VISUALIZACIÓN DEL PROTOTIPO

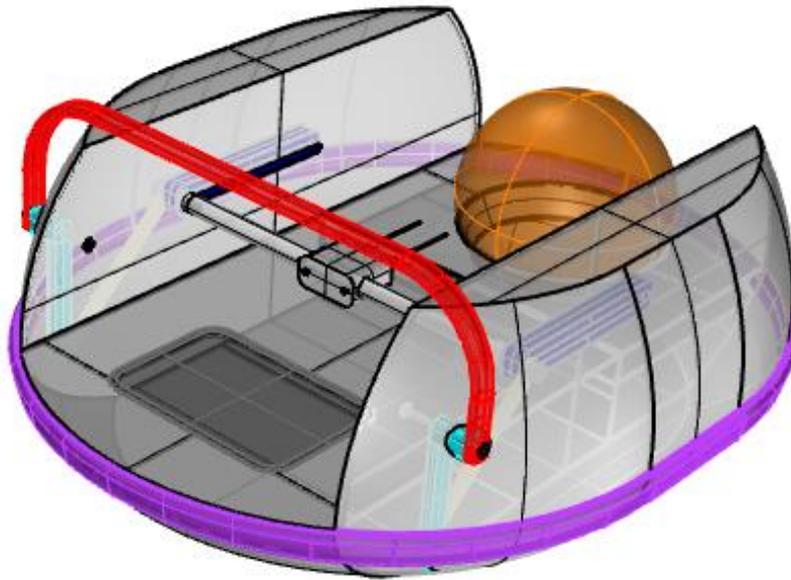


Figura 73. Conjunto Carcasa y Mecanismo 1.

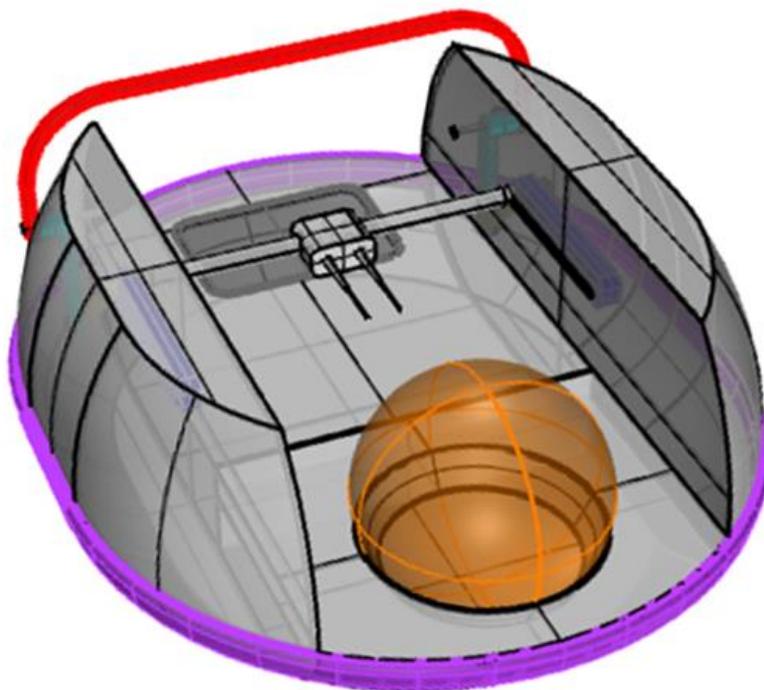


Figura 74. Conjunto Carcasa y Mecanismo 2.

5. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DEL MODELO

5.1 MÉTODO DE PRODUCCIÓN. IMPRESIÓN 3D.

El método de producción escogido para la construcción del modelo y de todas las piezas que lo conforman es la impresión 3D. Son numerosos los motivos que hacen de este método el ideal para la ejecución de este proyecto en concreto.

El mayor beneficio que la impresión 3D ofrece es que permite producir geometrías complejas o partes interconectadas sin requerir de ensamblado. También es posible imprimir objetos individuales en pequeñas cantidades, de manera rápida y a bajo coste.

El objetivo inicial de este proyecto es generar un único modelo para su uso en los laboratorios de investigación de la Universidad Politécnica de Valencia. Sin embargo, en el caso de querer producirlo a gran escala para su utilización en más centros de investigación, la tecnología de impresión 3D ofrece beneficios de producción que superan a otros métodos convencionales, como el moldeo por inyección de plástico, mecanizado por control numérico (CNC) u otros métodos de conformado y unión de plásticos.

La explicación es que esta tecnología ayuda a reducir la pérdida de material de producción y además puede producir diferentes objetos sin la necesidad de usar múltiples herramientas específicas.

Así es como la impresión 3D aumenta la flexibilidad en el flujo de producción reduciendo los gastos industriales. Tampoco existe la necesidad de montar una línea de producción, lo que favorece a la reducción de tiempos de manera significativa, permitiéndole innovar y fabricar más rápido.

Mientras que los métodos tradicionales de fabricación están orientados a la producción de miles o millones de unidades, la impresión 3D es el método más idóneo para objetos personalizados.

Otro punto a favor es el abanico de posibilidades que nos ofrece en cuanto a materiales y acabados. No todas las piezas del modelo se pueden realizar con materiales plásticos, especialmente las piezas del mecanismo, que necesitan estar fabricadas de un material que ofrezca excelentes propiedades mecánicas.

Normalmente, la impresión en 3D está considerada una gran tecnología para objetos listos para su uso, pero en ocasiones se necesita un tratamiento adicional de la superficie de la pieza para conseguir la representación deseada o bien para mejorar sus propiedades.

El precio de este método de producción se basa en una serie de factores, entre los que se incluyen: el volumen del objeto, la cantidad de material utilizado, el tiempo de uso de las máquinas, la mano de obra adicional (principalmente para los acabados) entre muchos otros factores a considerar.

5.2 MATERIALES Y ACABADOS DE IMPRESIÓN 3D

En este apartado se expone una breve descripción sobre los materiales y acabos escogidos para la fabricación de las piezas mediante impresión 3D.

Tras consultar en distintas fuentes y barajar diversas opciones, se decidió utilizar un material plástico para las partes que componen la carcasa debido a su resistencia, impermeabilidad y ligereza. Otros factores decisivos fueron la estética, ya que permite generar diversas variaciones tanto en el color como en el acabado, y por otro lado el precio, pues tratan de piezas de mayor dimensión y este material ofrece la opción más económica.

Nylon PA12

Los objetos impresos en Nylon PA12 (Plástico) están fabricados con polvo de poliamida fina, más conocido como nylon. A diferencia de otros, este material es sólido y flexible, proporcionando una alta precisión y cabe resaltar su bajo coste.

Sin pulir, el material es blanco, granular y un poco poroso, aunque existe la opción de refinar el acabado mediante técnicas como pulido o tintado.

La poliamida ofrece una gran flexibilidad durante la impresión 3D, especialmente en modelos complejos, además es flexible, duradero e inocuo para los alimentos [21].

Para la fabricación de los componentes del mecanismo se escogió un material que ofreciera una mayor resistencia tanto mecánica como a la corrosión, ya que se verán sometidos a distintos esfuerzos. Al tratarse de piezas de pequeña dimensión no supone un exceso en el coste final del producto.

Acero Inoxidable

La inyección aglutinante de acero inoxidable de grado 316 es un excelente metal para la impresión en 3D de sus piezas de tamaño pequeño. Este material cuenta con propiedades mecánicas relativamente buenas.

El acero inoxidable de grado 316 presenta una fuerte resistencia contra la corrosión y frente a las temperaturas altas. Sin pulir, tiene un color plateado y una superficie granulada. Si se procede a su acabado, se puede obtener una superficie lisa y brillante. Se puede pintar, soldar, recubrir con polvo, taladrar, perforar y mecanizar.

Existen varias opciones de acabado entre las que destacan, en primer lugar, C rudo. La superficie queda algo áspera, lo que lo hace más económico. Por otro lado también se aplica un pulido mecánico, quedando más suave al tacto aunque las capas pueden resultar algo visibles en los objetos redondeados y resulta más costoso [21].

Acabado Pulido

El pulido es un proceso que hace que los objetos sean más suaves al tacto, con capas que aún son algo visibles en los objetos redondeados.

Existen dos formas de pulir un objeto, dependiendo de su material y diseño. La técnica utilizada para perfeccionar las piezas que componen el modelo, consiste en el uso de piedras pequeñas en un caldero giratorio/vibratorio. A medida que las piedras rozan contra el objeto, se alisan las pequeñas imperfecciones de la superficie. La complejidad de aplicación de esta técnica viene marcada por la forma de la pieza, sin embargo, incluso algunas formas sencillas pueden ser complicadas de pulir. El motivo es que se deben de proteger las esquinas y los bordes del objeto a la vez que se pulen las superficies planas.

Debido a la complejidad de esta técnica y a todas las particularidades que implica, la aplicación de este acabado se basará en el criterio del equipo especializado en fabricación por impresión 3D, quienes determinan la abrasividad y la tecnología apropiadas para pulir el objeto a la perfección [22].

5.3 MODELO. PRODUCCIÓN Y MATERIAL.

A continuación se incluye una tabla de todos los componentes del sistema con sus respectivos materiales de fabricación, proceso, acabado, y color final de la pieza.

5.3.1 ESTRUCTURA DE LA CARCASA



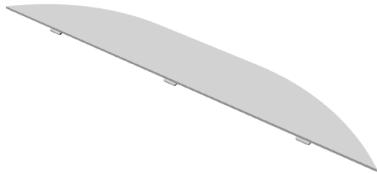
Figura 75. Estructura de la Carcasa.

CAJA DE PROTECCIÓN DEL MECANISMO



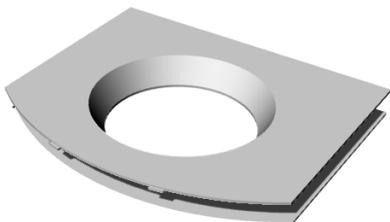
CANTIDAD	2
DIMENSIONES	42 x 201 x 87
PROCESO	SLS PLÁSTICO
MATERIAL	NYLON PA12
ACABADO	PULIDO
COLOR	BLANCO

TAPA CAJA DE PROTECCIÓN DEL MECANISMO



CANTIDAD	2
DIMENSIONES	23 x 156 x 3
PROCESO	SLS PLÁSTICO
MATERIAL	NYLON PA12
ACABADO	PULIDO
COLOR	BLANCO

SUJECIÓN NARANJA



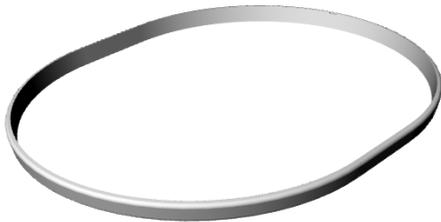
CANTIDAD	1
DIMENSIONES	90 x 115 x 11
PROCESO	SLS PLÁSTICO
MATERIAL	NYLON PA12
ACABADO	PULIDO
COLOR	BLANCO

ESTRUCTURA PRINCIPAL



CANTIDAD	1
DIMENSIONES	115 x 236 x 32
PROCESO	SLS PLÁSTICO
MATERIAL	NYLON PA12
ACABADO	PULIDO
COLOR	BLANCO

ANILLO DECORATIVO CARCASA



CANTIDAD	1
DIMENSIONES	201 x 240 x 10
PROCESO	SLS PLÁSTICO
MATERIAL	NYLON PA12
ACABADO	PULIDO
COLOR	BLANCO

5.3.2 CONJUNTO MECANISMO

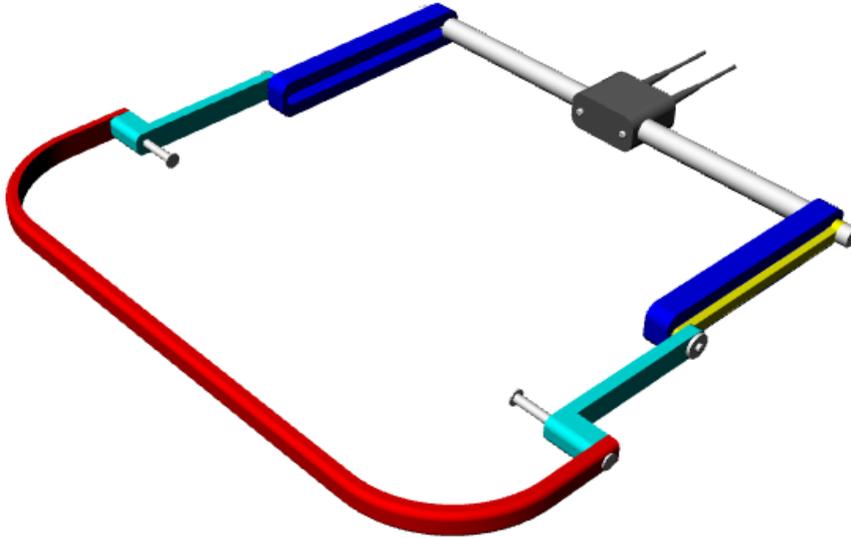


Figura 76. Conjunto Mecanismo 1. Palanca accionada.

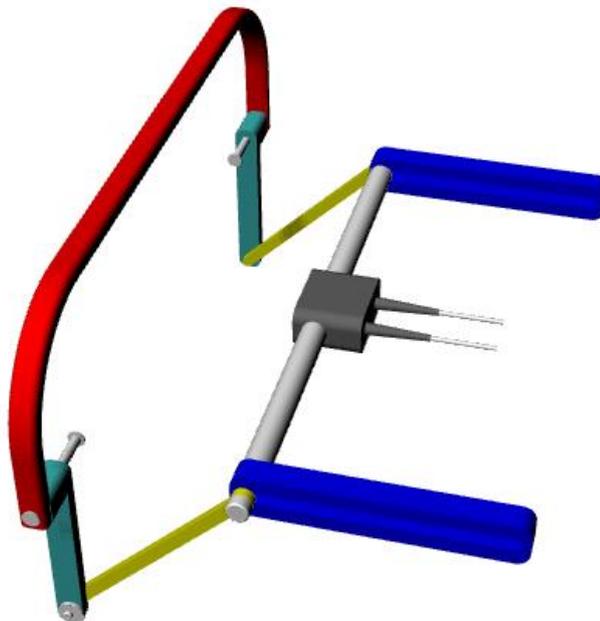
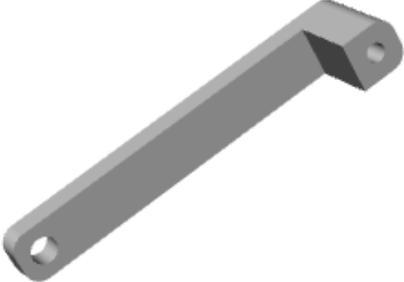


Figura 77. Conjunto Mecanismo 2. Palanca sin accionar.

LLAVE

	CANTIDAD	1
	DIMENSIONES	5 x 60 x 5
	PROCESO	Binder Jetting (Metal)
	MATERIAL	Acero Inox. 316
	ACABADO	C RUDO
	COLOR	BRUTO

EXTENSIÓN ASA

	CANTIDAD	1
	DIMENSIONES	6 x 45 x 11
	PROCESO	Binder Jetting (Metal)
	MATERIAL	Acero Inox. 316
	ACABADO	PULIDO
	COLOR	BRUTO

VARILLA

	CANTIDAD	1
	DIMENSIONES	6x 12 x 6
	PROCESO	Binder Jetting (Metal)
	MATERIAL	Acero Inox. 316
	ACABADO	PULIDO
	COLOR	BRUTO

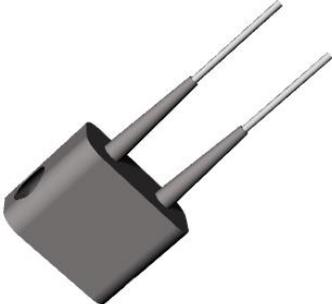
ASA

	CANTIDAD	1
	DIMENSIONES	6 x 163,6 x 46
	PROCESO	Binder Jetting (Metal)
	MATERIAL	Acero Inox. 316
	ACABADO	PULIDO
	COLOR	BRUTO

CARRIL

	CANTIDAD	1
	DIMENSIONES	6 x 61 x 10
	PROCESO	Binder Jetting (Metal)
	MATERIAL	Acero Inox. 316
	ACABADO	ÁSPERO
	COLOR	BRUTO

CARCASA SENSOR

	CANTIDAD	1
	DIMENSIONES	16 x 20 x 10
	PROCESO	Binder Jetting (Metal)
	MATERIAL	Acero Inox. 316
	ACABADO	ÁSPERO
	COLOR	BRUTO

5.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PIEZAS COMPRADAS

5.3.1 PEQUEÑO MATERIAL DE UNIÓN

Tornillo Alomado de cabeza cilíndrica

Especificaciones del artículo

- Nombre de la marca: Screwerk
- Artículo: Tornillo STS-plus KN6039 1x3.5 - T3
- Modelo: STP390100035E

Detalles del producto

- Cabeza: KN6039 (cilíndrica)
- Material: acero inoxidable, A2 - 1.4567
- Superficie: Laminado brillante-barnizado y pasivado
- Rosca exterior: 1,00 (+0,08) mm
- Rosca interior: 0,64 mm
- Paso de rosca: 0,44 mm
- Largo del tornillo: 3,5 mm
- Diámetro de la cabeza del tornillo: 2,0 (.0,25) mm
- Altura de la cabeza: 0,8 ($\pm 0,125$) mm
- Salida de Rosca: 0,50 mm
- Radio: 0,20 mm
- Clase de rosca: STS-plus
- Peso: 0,029 E-4 kg pieza

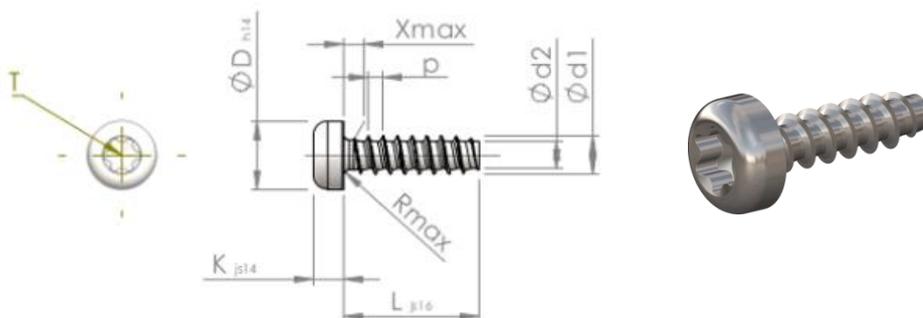


Figura 78. Tornillo Alomado de cabeza cilíndrica.

Tornillo avellanado

Especificaciones del artículo

- Nombre de la marca: Screwerk
- Tipo de artículo: Tornillo STM33 2.5x6 - H1, acero 8.8, DIN965.
- Número de modelo: STM330250060S.

Detalles del producto

- Cabeza: DIN 965 (avellanada).
- Material: acero 8.8.
- Superficie: galvanizado-zinc.
- Rosca exterior: 2,5 mm.
- Paso de rosca: 0,45 mm.
- Largo del tornillo: 6 mm.
- Diámetro de la cabeza del tornillo: 4,7 (-0.3) mm.
- Altura de la cabeza: 1,5 (-0.12) mm.
- Ranura: estrella H1.
- Profundidad de penetración mínima: 1,25 mm.
- Profundidad de penetración máxima: 1,55 mm.
- Peso: 2,41E-4 kg pieza

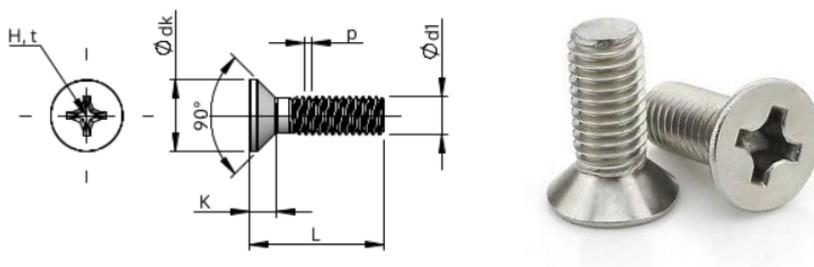


Figura 79. Tornillo Avellanado.

Tornillo Allen ISO-7379

Especificaciones del artículo

- Nombre de la marca: ESTEBAN
- Tipo de artículo: Tornillo ISO-7379 (métrico)
- Número de referencia: 7379 6-5 10

Detalles del producto

- Acabado cabeza y rosca: pavonado, negro.
- Acabado parte central: cincada rectificada.
- Calidad: 12.9 con rosca métrica.
- Tolerancia: en eje central para ajuste en h8/f9
- Normativa de fabricación: DIN-9841
- D: Diámetro eje (rectificado h8 f9)
- d1: Métrica tornillo
- d2: Diámetro cabeza
- l1: Altura de la cabeza
- k: Profundidad de boca
- t: Distancia entre caras (llave)
- s: Longitud eje (sin cabeza ni rosca)
- l: Longitud roscado

d1	d	d2	k	s	t	l1	paso
M5	6	10	4	3	2.5	9.5	0.8

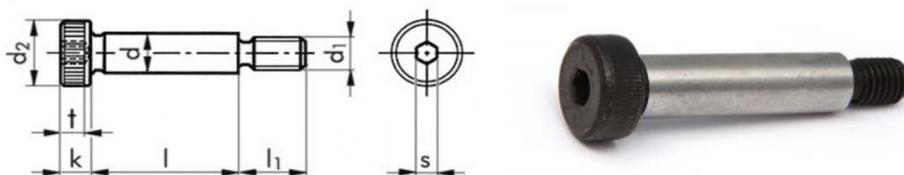


Figura 80. Tornillo Allen ISO-7379.

5.3.2 MATERIAL ELECTRÓNICO

Placa Arduino Nano

Descripción del artículo

Arduino Nano es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328 (Arduino Nano 3.0) que se usa conectándola a una Protoboard. Tiene funcionalidad similar al Arduino UNO, pero con una presentación diferente. No posee conector para alimentación externa, y funciona con un cable USB Mini-B en vez del cable estándar. Especificaciones

Especificaciones del artículo

- Nombre del artículo: Arduino Nano 3.0
- Microcontrolador: ATmega328
- Tensión de Operación (nivel lógico): 5 V
- Tensión de Entrada (recomendado): 7-12 V
- Tensión de Entrada (límites): 6-20 V
- Pines E/S Digitales: 14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM)
- Entradas Analógicas: 8
- Corriente máx por cada PIN de E/S: 40 mA
- Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los que 2KB usados por bootloader
- SRAM: 2 KB (ATmega328).
- EEPROM: 1 KB (ATmega328). Frecuencia de reloj: 16 MHz.
- Dimensiones: 18.5mm x 43.2mm

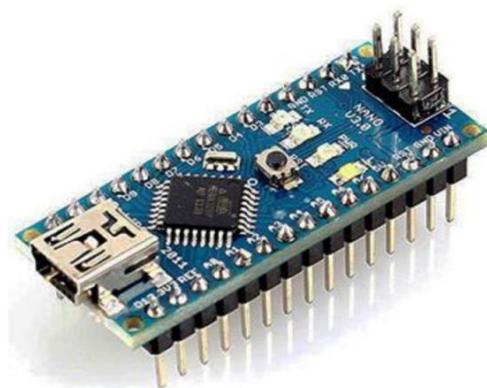


Figura 81. Placa de Arduino Nano

Pilas LG 18650HG2 (3.0Ah)

Descripción del artículo

- Nombre de la marca: LG
- Tipo de artículo: Pilas de litio
- Número de modelo: 18650HG2
- Aplicaciones: Instrumentos de medición, sistema de localización, vaporizadores, alarmas y equipos de seguridad.

Especificaciones del artículo

- Alto: 55,2mm
- Peso: 48,1 g
- Modelo de Conector: FT
- Diámetro: 18,36mm
- Voltaje Nominal: 3,7 V
- Amperaje: 3,0 Ah
- Descarga Máxima Continua: 20 Ah
- Tipo de batería: Recargable
- Tiempo de carga estándar: 70-180min
- Temperatura de operación: -60 °C / + 85 °C
- Temperatura de almacenamiento: -30 °C



Figura 82. Pilas de litio LG.

Portapilas 18650

Descripción del artículo

- Nombre de la marca: OEM
- Tipo de artículo: Soporte de batería pequeño para dos baterías de litio 18650 3.7V.
- Número de referencia: PP016

Especificaciones del artículo

- Material: Plástico ABS
- Color: ABS
- Longitud 15cm para cada cable
- Voltaje: 7,4V
- Compatibilidad: 2x18650 batería
- Medidas 74 x 42 x 20 mm
- Peso: 10 gr.(aprox.)

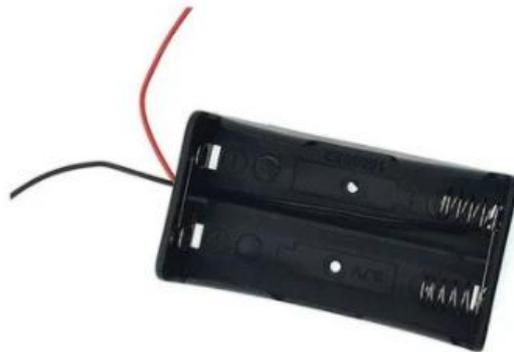


Figura 83. Portapilas Marca OEM.

Pantalla RoXane Nextion

Descripción del artículo

- Nombre de la marca: RoXane
- Tipo de pantalla: Pantalla táctil
- Número de modelo: Nx4827T043
- Referencia Fabricante: 302647

Especificaciones del artículo

- Resolución de la exhibición: 480 x 272
- Tamaño de la pantalla: 4.3 "
- Tamaño del tablero: 120mm * 74mm
- RGB 65K fiel a los colores de la vida
- Pantalla TFT con panel de tacto resistivo integrado de 4 hilos
- Fácil interfaz de 4 pines a cualquier host serie TTL
- Memoria flash del 16m para el código y los datos del uso del usuario
- Tarjeta micro-SD a bordo para actualización de firmware
- Área visual: 95.04 mm (L) x 53.86 mm (W)
- Brillo ajustable: 0 ~ 230 NIT, el intervalo del ajuste es el 1%
- Consumo de energía: 5V250mA
- Interfaz de la exhibición: Serial
- Peso: 141g

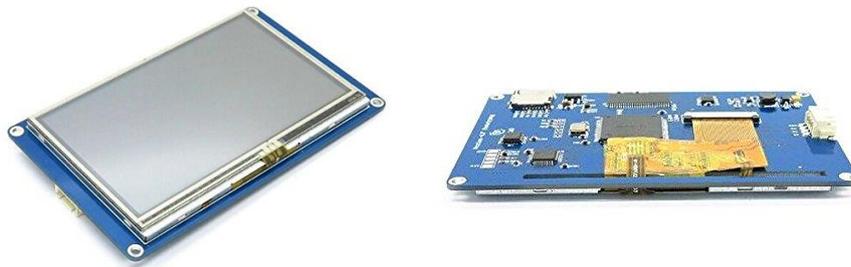


Figura 84. Vistas superior e inferior Pantalla RoXane Nextion.

Circuito Integrado AD8302

Descripción del artículo

- Nombre de la marca: Analog Devices
- Tipo de artículo: Detector de RF
- Número de modelo: AD8302

El detector tiene dos amplificadores logarítmico combinados de banda ancha (amperios), un detector de fase, referencia de voltaje de precisión 1.8, multiplicador lineal de banda ancha y salida analógica de circuitos de escalamiento. Los dispositivos han sido probados para bandas celulares de 900 MHz, 1.8 GHz, 2.2 GHz y 2.7 GHz. El detector se aloja en un pequeño paquete TSSOP de 14 conductores que tiene un rango de temperatura de -40° C a +85° C.

Especificaciones del artículo

- Bandas celulares: 900 MHz, 1.8 GHz, 2.2 GHz
- Frecuencia: 2.7 GHz
- Rango de medición de fase de 0 a 180°
- Exactitud: ± 60 dBm a 0 dBm
- Suministro de voltaje: 2.7 V a 5.5 V
- Suministro de corriente: 23 mA
- Rango de temperatura: -40°C a +85°C
- Paquete/estuche: 14-TSSOP

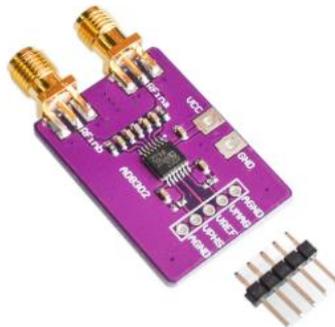


Figura 85. Circuito Integrado AD8302.

Circuito Integrado AD9833

Descripción del artículo

- Nombre de la marca: Analog Devices
- Tipo de artículo: Generador programable de forma de onda
- Número de modelo: AD9833

Generador de forma de onda con frecuencia y fase programables. No requiere componentes externos para funcionar lo cual reduce el espacio en placa y el costo. El AD9833 viene en un paquete MSOP-10 y tiene varias opciones de gamas de temperaturas disponibles, hasta -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$

Especificaciones del artículo

- Fase y frecuencia digital programable
- No requiere componentes externos.
- Interfaz SPI
- Resolución de opción de apagado (bits): 10 b
- Master fclk: 25 MHz
- Ancho de palabra de ajuste (bits): 28 días
- Suministro de voltaje: 2.3 V a 5.5 V
- Rango de temperatura operativa: -40°C a $+105^{\circ}\text{C}$, -40°C a $+125^{\circ}\text{C}$, -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$
- Paquete/estuche: 10-MSOP

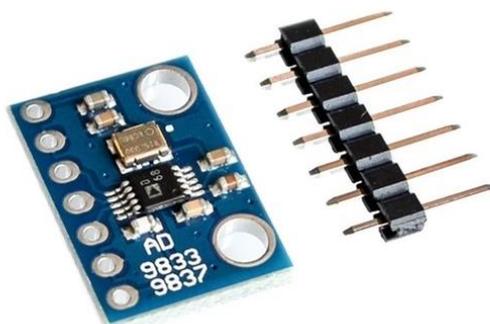


Figura 86. Circuito Integrado AD9833.

Placa PCB

Descripción del artículo

- Nombre del fabricante: Sunhayato
- Nombre del proveedor: RS
- Tipo de artículo: Placa PCB
- Número de referencia: SAD-101

Una pequeña placa conveniente para el montaje y almacenamiento de pequeños circuitos. La línea de alimentación roja separada ya está conectada con un cable de salto (se puede dividir).

Especificaciones del artículo

- Tipo: Placa de pruebas sin soldaduras
- Longitud: 83mm
- Profundidad: 52mm
- Altura: 9mm
- Diámetro del alambre utilizable: (0.3φ to 0.8φ)
- Resistencia de aislamiento: 1,000MΩ o más
- Capacitancia: 15PF o menos (1MHz)
- Valor de Resistencia: 10mΩ
- Capacidad: MAX3A
- Material Terminal: Aleación de níquel de plata

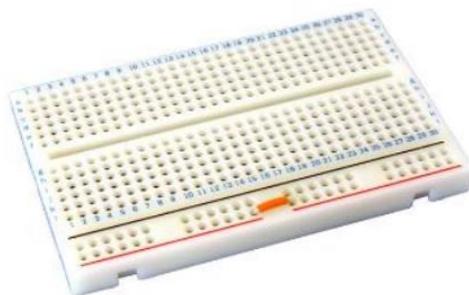


Figura 87. Protoboard para Arduino.

Integrado OP482

Descripción del artículo

- Nombre de la marca: Analog Devices
- Tipo de artículo: Amplificador Operacional
- Número de referencia: OP482GPZ

Los amplificadores operacionales de entrada JFET de Analog Devices proporcionan una alta impedancia de entrada y corrientes de polarización de entrada ultrabajas. Muchos de estos amplificadores operacionales JFET son adecuados en usos de bajo nivel de ruido y alta velocidad.

Especificaciones del artículo

- Alta velocidad de rotación: 9 V/ μ s
- Corriente de alimentación baja: máximo 250 μ A/amplificador
- Tipo de Amplificador: JFET
- Tipo de Montaje: Montaje en orificio pasante
- Número de Canales por Chip: 4
- Conteo de Pines: 14
- Ancho de banda: 4 MHz
- Tensión de Alimentación Dual Típica: ± 12 V, ± 15 V, ± 5 V, ± 9 V
- Temperatura Máxima de Funcionamiento: + 85°
- Dimensiones: 19.05 x 6.35 x 3.3mm

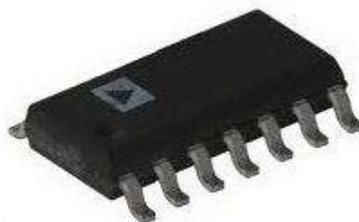


Figura 88. Integrado OP482.

6. ASPECTOS LEGALES

Puesto que el proyecto está basado en el diseño de un nuevo sistema de uso en los laboratorios de la Universidad Politécnica de Valencia, cabe destacar la gran importancia de cumplir con una serie de normativas para la correcta ejecución de operaciones en actividades electrónicas.

Se han tenido en cuenta todas las siguientes normas para el diseño del producto con la finalidad de asegurar la prevención de riesgos laborales en el laboratorio.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre declaración de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- Real Decreto 99/2003, de 24 de enero, por el que se modifica el anterior.
- Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Por otra parte es necesario mencionar algunas normas de carácter general sobre las propiedades de plástico, ya que es el material utilizado en la totalidad de las piezas que conforman la carcasa y las piezas del mecanismo.

- Reglamento (CE) n° 282/2008 de la Comisión, de 27 de marzo de 2008 , sobre los materiales y objetos de plástico reciclado destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se modifica el Reglamento (CE) n° 2023/2006 (Texto pertinente a efectos del EEE)
- UNE- EN 15343:2008 Plásticos. Plásticos reciclados. Trazabilidad y evaluación de conformidad del reciclado de plásticos y contenido de reciclado.
- ISO 17422:2018 Plastics - Environmental aspects- General guidelines for their inclusion in standards. (Inclusión de normas para minimizar cualquier impacto ambiental, garantizando el uso adecuado del material)
- ISO 15270:2008 Plastics - Guidelines for the recovery and recycling of plastics waste. (Ayuda a seleccionar la metodología y procesos para la gestión de los plásticos, y establece requisitos de calidad que se deben considerar en el proceso de recuperación)

Por último y no menos importante, se hace mención del **Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero**, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y los requisitos para el reciclaje de los mismos. Es importante garantizar el correcto reciclaje de este tipo de material para que consideramos nuestro diseño como sostenible.

Esta norma actualizada, establece las pautas frente a la necesidad de diseñar aparatos más eficientes y menos contaminantes, que sean más fáciles de tratar cuando se convirtieran en residuos de manera eficaz y eficiente.

7. PRESUPUESTO

7.1 COSTES DE IMPRESIÓN 3D

En primer lugar se expone una pequeña reflexión sobre los componentes que contribuyen al coste de la impresión en 3D [23].

Costes de preparación de la impresión

El paso previo a comenzar a imprimir, es el laminado de la pieza. La persona encargada de la máquina debe de elegir el laminado correcto, que se realiza con un software de slicing para garantizar el mejor acabado posible.

A continuación se cambia el filamento, se añade una capa de producto fijador y se comienza la impresión vigilando el inicio.

Todos estos pasos previos consumen tiempo del operador de la máquina y se deben tener en cuenta para totalizar las horas de mano de obra.

Costes de postprocesado de la pieza

Una vez finalizada la impresión, se deja enfriar la pieza y se despega de la superficie de impresión. Posteriormente se repasa la pieza con una lima, cuchilla o desbarbador para eliminar imperfecciones y obtener el mejor acabado posible.

También es posible procesar la pieza con técnicas de acabado más avanzadas mencionadas anteriormente, lo que supone un aumento del coste final de la pieza.

Costes por hora de impresión

Los costes por hora de impresión englobamos todos los costes que son proporcionales a las horas que esté puesta la máquina imprimiendo la pieza. Incluye el coste de **amortización de la máquina**. La manera de calcular la amortización es dividir el precio de la impresora entre la cantidad de horas que se emplea hasta darla por amortizada.

Otro coste incluido es el **coste de la electricidad**, que es prácticamente despreciable. Se estima basándose en el kWh a 0.15€ y una impresora que consuma 500W, de modo que el precio es de tan sólo 8 céntimos de euro por hora.

Por último el **coste de la mano de obra** del operario que vigila la impresión.

Costes de material de impresión

Este coste va marcado según el material escogido para la impresión. Dependiendo de sus propiedades mecánicas, químicas o estéticas, el precio del material será más o menos elevado.

Como conclusión, sacamos que son muchos los factores que influyen en el coste final de impresión de una pieza.

A la hora de elaborar el presupuesto final de impresión del conjunto, se contactó con un proveedor líder en el sector de la impresión 3D en numerosos países. Todos los precios desglosados que se incluyen en el siguiente presupuesto fueron proporcionados por este contacto, lo que nos garantiza que sea realista y fiable.

El coste total de cada pieza se desglosa en coste del material, coste de acabados avanzados, coste de la mano de obra, costes adicionales de impresión por pieza.

1. CONJUNTO MECANISMO

NOMBRE PIEZA	CÓDIGO	UDS	€/UD	€ TOTAL
1.1 LLAVE	M 1.1	2	18,15€	36,30€
Costes Materiales			12,71€	
Costes de Acabados			0,00€	
Coste de Mano de Obra			5,45€	
1.2 EXENSIÓN ASA	M 1.2	2	16,45€	32,90€
Costes Materiales			10,69€	
Costes de Acabados			1,97€	
Coste de Mano de Obra			3,78€	
1.3 VARILLA	M 1.3	1	18,45€	18,45€
Costes Materiales			11,95€	
Costes de Acabados			2,21€	
Coste de Mano de Obra			4,29€	
1.4 ASA	M 1.4	1	19,35€	19,35€
Costes Materiales			12,58	
Costes de Acabados			2,32€	
Coste de Mano de Obra			4,45€	
1.5 CARRIL	M 1.5	2	14,55€	43,10€
Costes Materiales			10,19€	
Costes de Acabados			0,00€	
Coste de Mano de Obra			4,37€	

136,10€

2. CONJUNTO CARCASA

NOMBRE PIEZA	CÓDIGO	UDS	€/UD	€ TOTAL
3.1 ESTRUCTURA PRINCIPAL	2.1	1	98,95 €	98,95€
Costes Materiales			29,69 €	
Costes de Acabados			14,84 €	
Coste de Mano de Obra			54,42 €	
3.2 TAPA CAJA PROTECCIÓN MECANISMO	2.2	2	6,60€	13,20€
Costes Materiales			1,98 €	
Costes de Acabados			0,99 €	
Coste de Mano de Obra			3,63 €	
3.3 CAJA PROTEC. MECANISMO	3.3	2	63,30€	126,60€
Costes Materiales			18,96 €	
Costes de Acabados			9,53 €	
Coste de Mano de Obra			34,82 €	
3.4 SOPORTE NARANJA	3.4	1	34,10 €	44,10€
Costes Materiales			10,23 €	
Costes de Acabados			5,12 €	
Coste de Mano de Obra			18,76 €	
3.5 ANILLO DECORATIVO CARCASA		1	14,70 €	14,70€
Costes Materiales			4,41 €	
Costes de Acabados			2,21 €	
Coste de Mano de Obra			8,09 €	

287,55€

RESUMEN COSTES DE IMPRESIÓN

COSTE COJUNTO MECANISMO	136,10 €	434,24 €
COSTE CONJUNTO CARCASA	287,55 €	
PORTES DE ENVÍO	10,60 €	

TOTAL : 434,24 €

7.2 COSTES MATERIALES COMPRADOS

7.2.1 COSTES COMPONENTES ELECTRÓNICOS

TABLA DE COSTES - COMPONENTES ELECTRÓNICOS			
NOMBRE PIEZA	UDS	€/UD	TOTAL
Placa Arduino NANO	1	3,44 €	3,44 €
Pilas LG 18650 HG2	2	6,89 €	13,78 €
Portapilas 18650	1	1,83 €	1,83 €
Generador de señales AD9833	1	2,48 €	2,48 €
Comparador de señales AD8302	1	4,94 €	4,94 €
Pantalla RoXane Nextion	1	19,39 €	19,49 €
Placa PBC	1	35,92 €	35,92 €
Integrado OP482	1	0,93 €	0,93 €
Resistencias (10k Ω , 4k7 Ω , 3k3 Ω , 330 Ω)	5	0,03 €	0,15 €
			82,86 €

7.2.2 COSTES PEQUEÑO MATERIAL DE UNIÓN

TABLA DE COSTES - MATERIAL DE UNIÓN			
NOMBRE PIEZA	UDS	€/UD	TOTAL
Tornillo Alomado cabeza cilíndrica	2	1,11 €	2,22 €
Tornillo Avellanado	4	1,15 €	4,60 €
Tornillo Allen Ajuste ISO-7379	2	1,21 €	2,42 €
			9,24 €

RESUMEN COSTES DE COMPRA		
COSTE COMP. ELECTRÓNICOS	82,86 €	92,10 €
COSTE PIEZAS DE UNIÓN	9,24 €	

TOTAL : 92,10 €

7.3 COSTES DE MANO DE OBRA DE MONTAJE

En la siguiente tabla se muestra los tipos de mano de obra que se emplearán para el montaje total del sistema así como su precio:

CÓDIGO	PERSONAL	€/h
H 1	TÉCNICO ESPECIALIZADO	9,68 €
H 2	GRADUADO EN INGENIERÍA	11,23 €

Las horas de trabajo se estiman con la ayuda de la siguiente tabla:

MONTAJE DEL CONJUNTO MECANIISMO			
TAREA	H1		TOTAL
Montaje del Sensor en su carcasa.	0,3		1,5 H
Introducción de cables Sensor en Varilla.	0,1		
Ensamblaje Sensor-Varilla.	0,2		
Unión Varilla-Llave.	0,3		
Unión Llave-Extensión Asa.	0,2		
Ensamblaje Extensión Asa-Asa.	0,2		
Unión Llave-Extensión Asa.	0,2		
MONTAJE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO			
TAREA	H1	H2	TOTAL
Diseño del circuito.	-	8	12 H
Acondicionamiento placa PCB.	2	-	
Montaje y verificación del sistema.	2	-	
MONTAJE FINAL EN CONJUNTO CARCASA			
TAREA	H1		TOTAL
Colocación y fijado del Sistema Electrónico en la Estructura Principal.	0,75		5,5 H
Instalación y fijado de la Pantalla Táctil	0,25		
Montaje de ambos trenes del Mecanismo en las Cajas de Protección.	1		
Ensamblaje de todas las partes de la Carcasa.	1,5		
Verificación montaje de todas las piezas.	0,5		
Verificación funcionamiento mecanismo.	0,5		

Finalmente aplicando el precio por hora de trabajo a los tiempos estimados se obtienen los siguientes costes de mano de obra de montaje para dar el producto por finalizado. La siguiente tabla muestra el coste desglosado por actuación:

COSTES DE MANO DE OBRA DE MONAJE		
TRABAJOS REALIZADO POR TÉCNICO ESPECIALIZADO	H 1	COSTE
MONTAJE DEL COJUNTO MECANISMO	1,5	14,52 €
MONTAJE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO	4	38,72 €
MONTAJE FINAL EN CONJUNTO CARCASA	5,5	53,24 €
TRABAJOS REALIZADO POR TÉCNICO ESPECIALIZADO	H 2	COSTE
MONTAJE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO	8	89,84 €

TOTAL : 196,32 €

7.4 RESUMEN DE COSTES

COSTE TOTAL DEL PROYECTO		
COSTE IMPRESIÓN CTO. MECANISMO	136,10 €	434,24€
COSTE IMPRESIÓN CTO. CARCASA	287,55 €	
PORTES DE ENVÍO IMPRESIÓN 3D	10,60 €	
COSTE COMP. ELECTRÓNICOS	82,86 €	92,10 €
COSTE PIEZAS DE UNIÓN	9,24 €	
COSTE DE M.O. MONTAJE	196,32 €	196,32 €

TOTAL : 722,66 €

ANEXOS

ANEXO I – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Urbina Vallejo, V. Daños por heladas en frutales. Sintomatología y evaluación. In: Curs de Valoració de danys climatològics i incendis, Reus-Tarragona, Spain, May 28th-29th, 2007 Centre de Formació i Estudis Agrorurals. Generalitat de Catalunya - Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural, 2007.

[2] Hatton, T.T.; Cubbedge, R.H. Separation of frozen grapefruit by using emulsions of differing specific gravities. Proc. Fla. State Hortic. Soc. 1978, 91, 126–128.

[3] W. F. Wardowski, W. M. Miller, and W. Grierson. University of Florida Cooperative Extension Service Institute of Food and Agricultural Sciences. Separation of freeze-Damaged Citrus Fruits.

[4] D.C. Slaughter, D.M. Obenland, J.F. Thompson, M.L. Arpaia, D.A. Margosan. Non-destructive freeze damage detection in oranges using machine vision and ultraviolet fluorescence. Postharvest Biology and Technology.

[5] Conesa, C.; Ibáñez, J.; Seguí, L.; Fito, P.; Laguarda-Miro, N. An Electrochemical Impedance Spectroscopy System for Monitoring Pineapple Waste Saccharification. Sensors, 2016.

[6] A. Figueiredo Neto, N. Cárdenas Olivier, E. Rabelo Cordeiro, H. Pequeno de Oliveira. Determination of mango ripening degree by electrical impedance Spectroscopy Federal University of the São Francisco Valley, Department of Engineering, City of Juazeiro, State of Bahia (Brazil).

[7] Bauchot, A.D.; Harker, F.R.; Arnold, W.M. The use of electrical impedance spectroscopy to assess the physiological condition of kiwifruit.

[8] Historia de la Naranja. Naranjmania. Artículo encontrado en: <https://www.naranjmania.com/historia>

[9] Naranja Navelate. Picamon Fruits. Sociedad Agraria de Transformación (SAT). Encontrado en: <http://www.picamonfruits.com/naranja-navelate.html>

[10] Leoncio Martínez Barrera, Antonio Ibache González, Leonardo Rojas Parra. Instituto de investigaciones agropecuarias. Efecto de las heladas en la agricultura.

[11] Autor: E. Serrano Pallicer, N. Laguarda Miró. Aplicación de la espectroscopia de impedancias electroquímica y un sensor específico para la detección temprana de alteraciones en naranjas (Navel-Late) ante fenómenos de heladas (2017-2018).

[12] Macdonald, J.R.; Johnson, W.B.: Fundamentals of impedance spectroscopy. Barsoukov, E.; Macdonald, J.R. (editores). Impedance Spectroscopy. Theory, experiment and applications, 2ª Edición. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2005, pp. 1-26.

[13] Rafael Masot Peris. Desarrollo de un sistema de medida basado en espectroscopia de impedancia para la determinación de parámetros fisicoquímicos en alimentos.

[14] E. Serrano Pallicer, M. Muñoz Albero, C. Pérez Fuster, R. Masot Peris, N. Laguarda Miró. Early Detection of Freeze Damage in Navelate Oranges with Electrochemical Impedance Spectroscopy. Sensors, 2018.

[15] Masot, R.; Alcañiz, M.; Fuentes, A.; Schmidt, F.C.; Barat, J.M.; Gil, L.; Baigts, D.; Martínez-Mañez, R.; Soto, J. Design of a low-cost non-destructive system for punctual measurements of salt levels in food products using impedance spectroscopy. Sens. Actuators A Phys. 2010, 158, 217–223.

[16] C. Conesa, E. García Breijo, E. Loeff, L. Seguí, P. Fito, N. Laguarda Miró. An Electrochemical Impedance Spectroscopy-Based Technique to Identify and Quantify Fermentable Sugars in Pineapple Waste Valorization for Bioethanol Production. Sensors, 2015.

[17] Manuel Salvador Figueras. Introducción al Análisis Multivariante.

[18] UNE-EN ISO 7250: Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico"

[19] Norma DIN 33.402 segunda parte

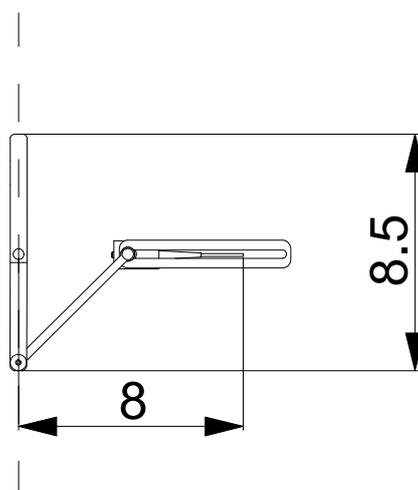
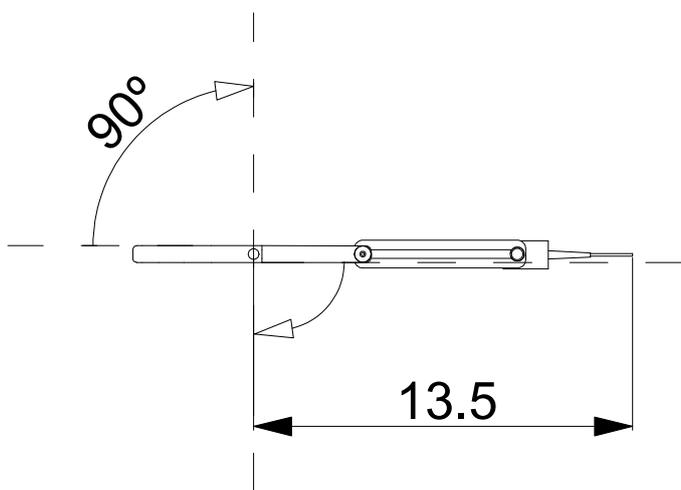
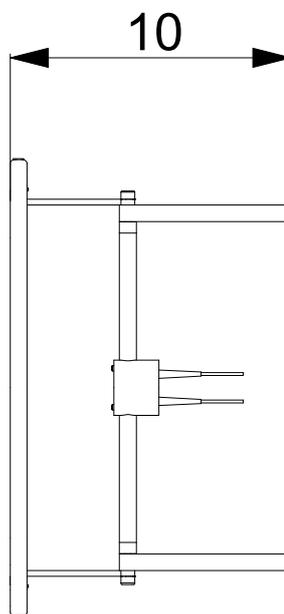
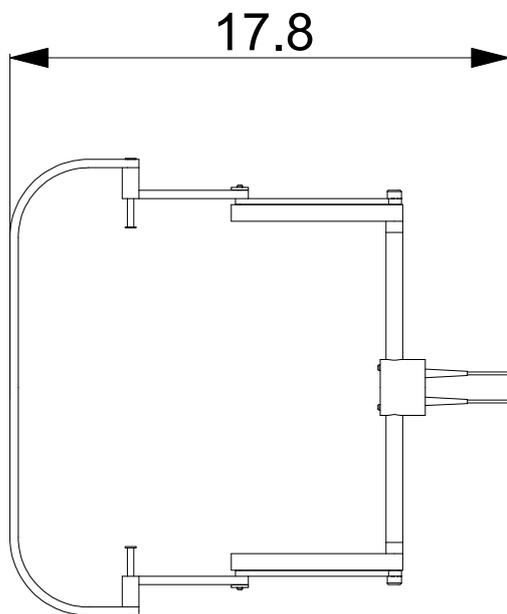
[20] Autor: C. González Fernández, F. J. Ibáñez Civera. Espectrometría de Impedancia discreta aplicada a la determinación de la congelación de cítricos (2019-2020).

[21] Sculpteo. Los Materiales de Impresión 3D. Encontrado en: <https://www.sculpteo.com/es/materiales/>

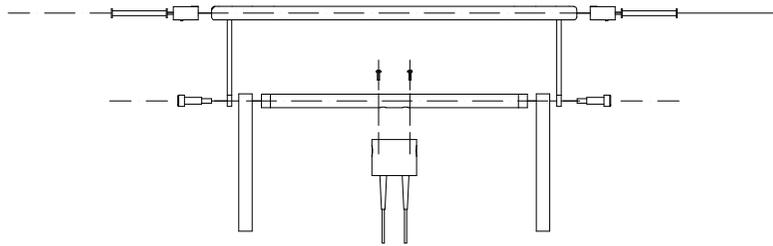
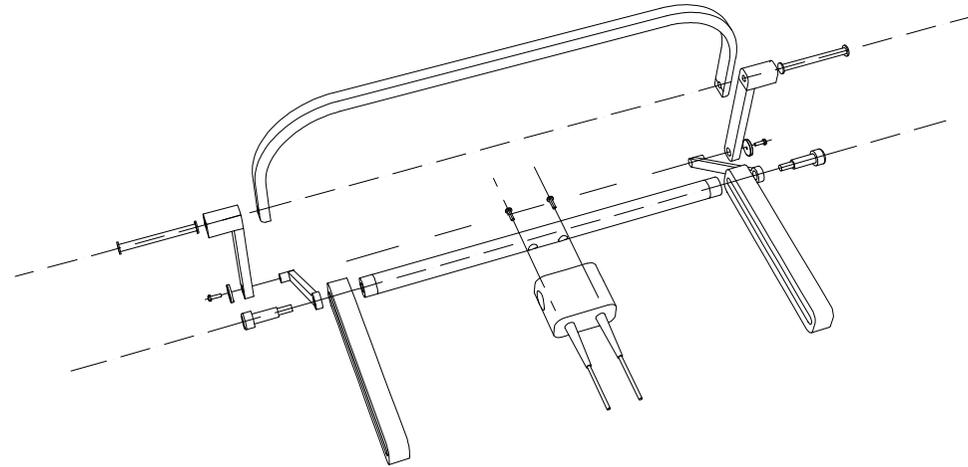
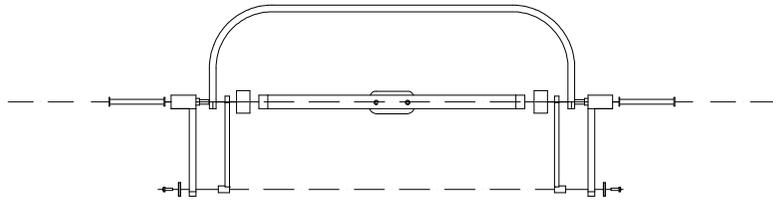
[22] Sculpteo. Los Materiales de Impresión 3D. Acabados. Encontrado en: <https://www.sculpteo.com/es/materiales/acabados/>

[23] Bitfab. Impresión 3D. Cuánto cuesta imprimir en 3D. Calculadora del precio de imprimir en 3D. Encontrado en <https://bitfab.io/es/blog/cuanto-cuesta-imprimir-en-3d/>

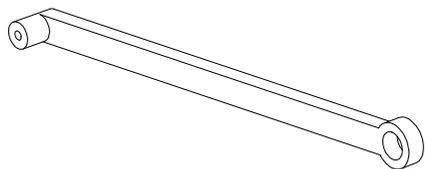
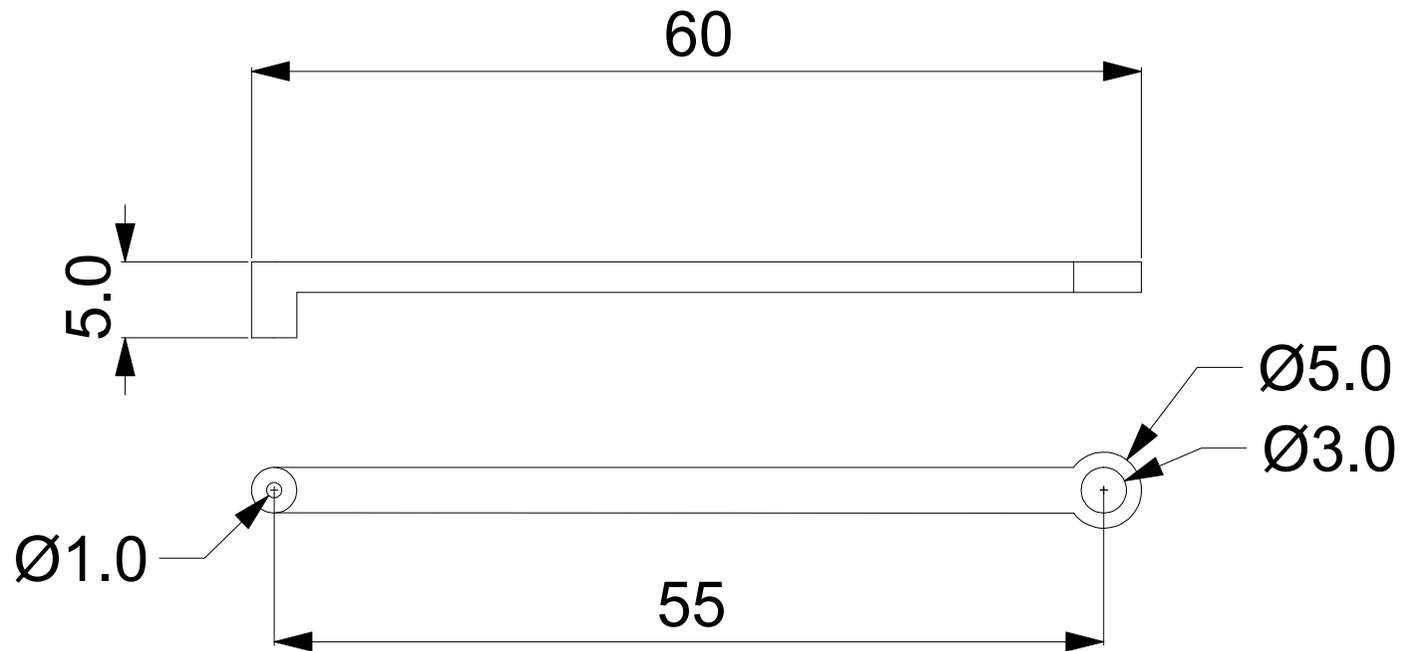
ANEXO II - PLANOS TÉCNICOS



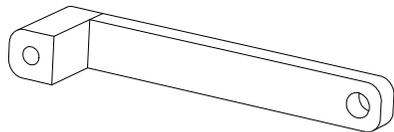
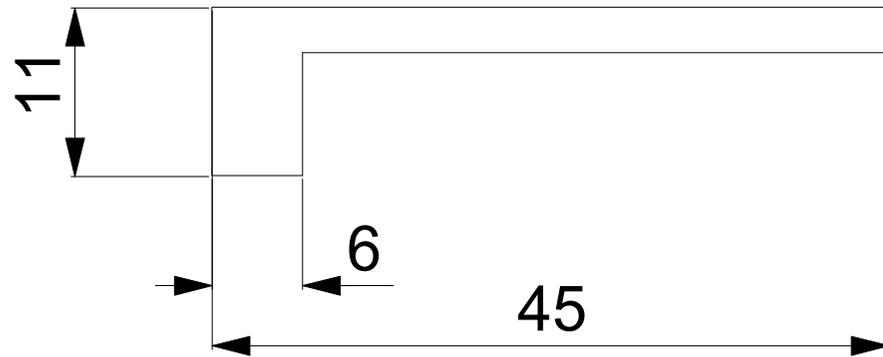
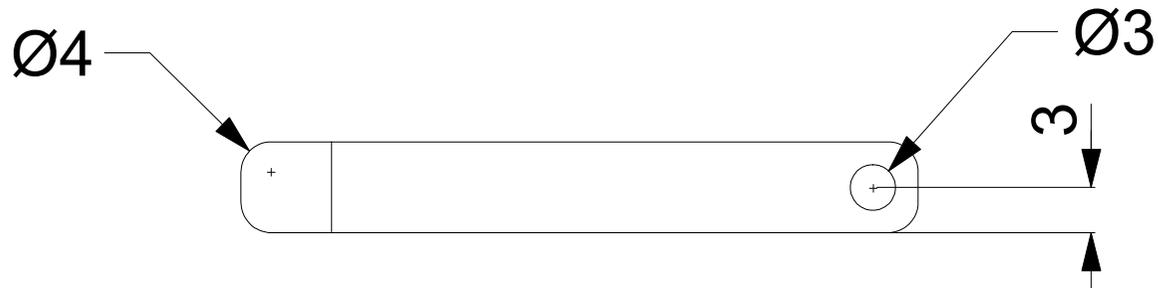
DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
DESCRIPCIÓN POSICIONES MECANISMO		M1		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
CONJUNTO MECANISMO		1	1	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		1:3
06/06/2020	ACERO INOXIDABLE			



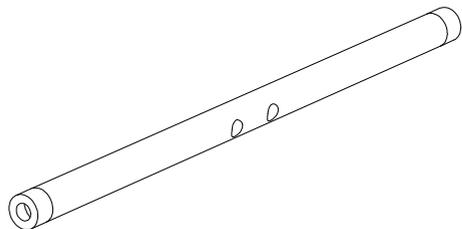
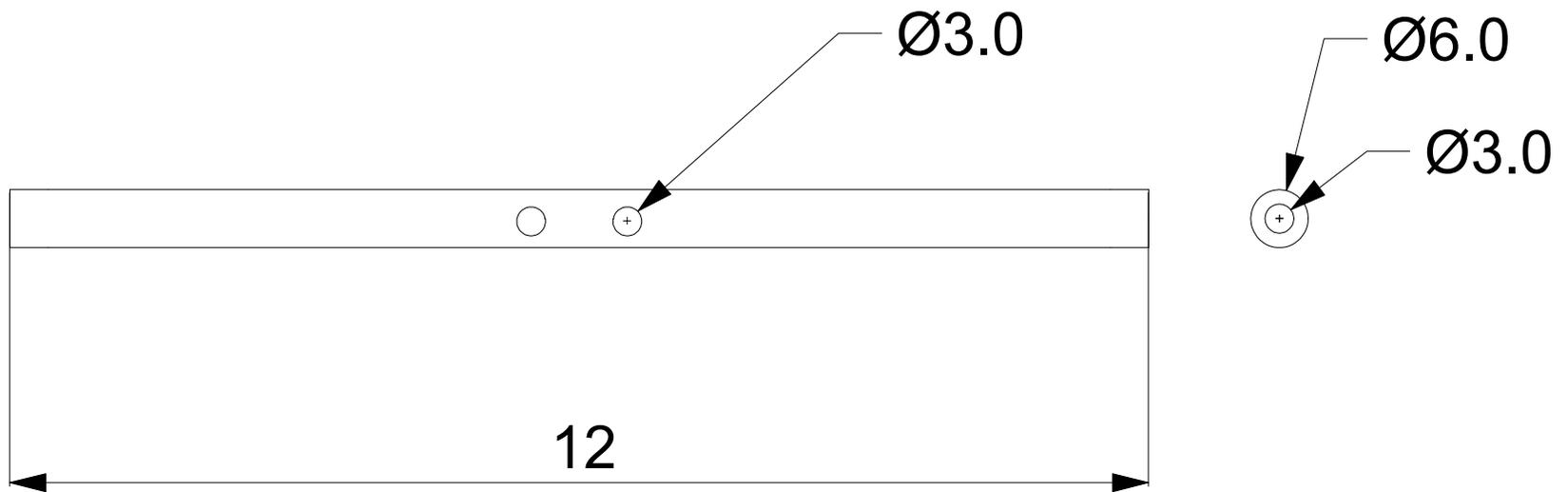
NOMBRE PIEZAS		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
EXPLOSIONADO PIEZAS MECANISMO		M2		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
CONJUNTO MECANISMO		1	1	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		1:3
06/06/2020	ACERO INOXIDABLE			



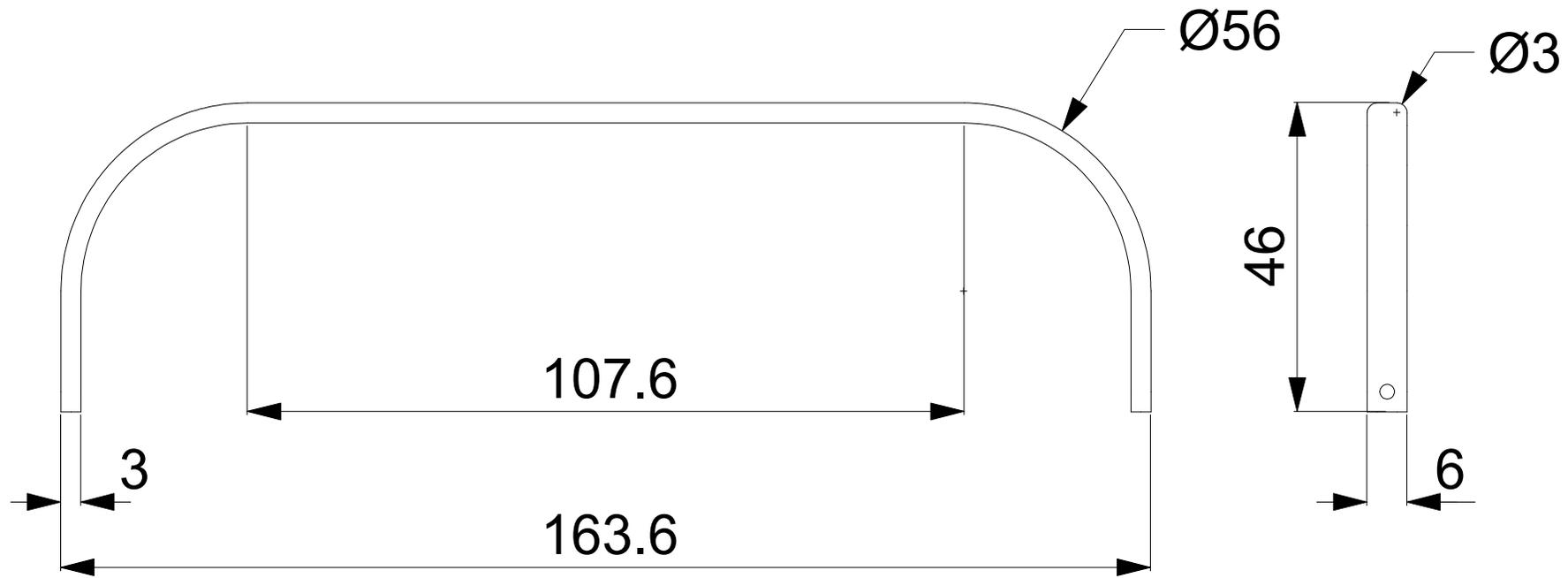
DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
1.1 LLAVE		1		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
PIEZAS MECANISMO		1.1	2	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		2:1
06/06/2020	ACERO INOXIDABLE			



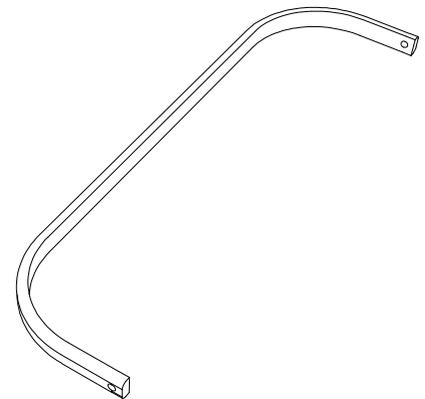
DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
1.2 EXTENSIÓN DE ASA		2		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
PIEZAS MECANISMO		1.2	2	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		2:1
06/06/2020	ACERO INOXIDABLE			



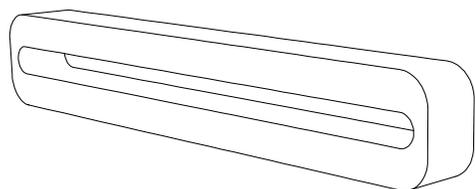
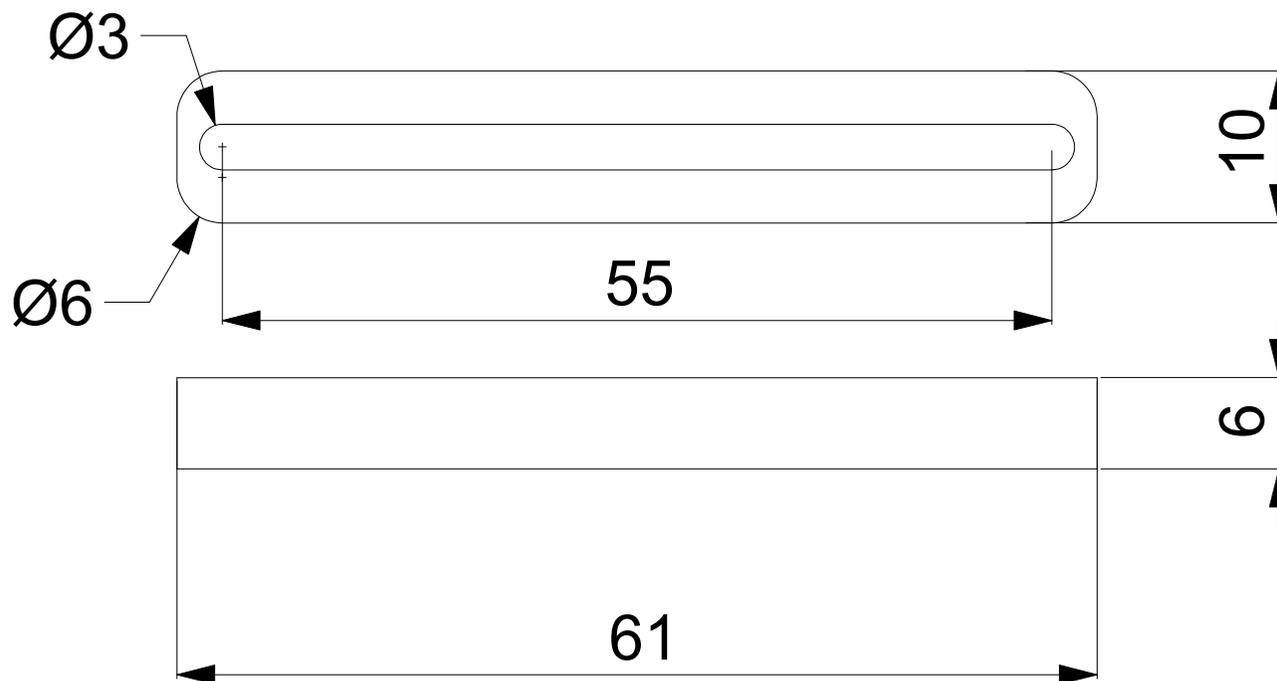
DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
1.3 VARILLA SUJECIÓN		3		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
CONJUNTO SENSOR		1.3	1	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		3:2
06/06/2020	ACERO INOXIDABLE			



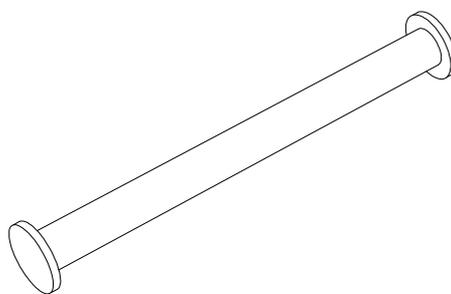
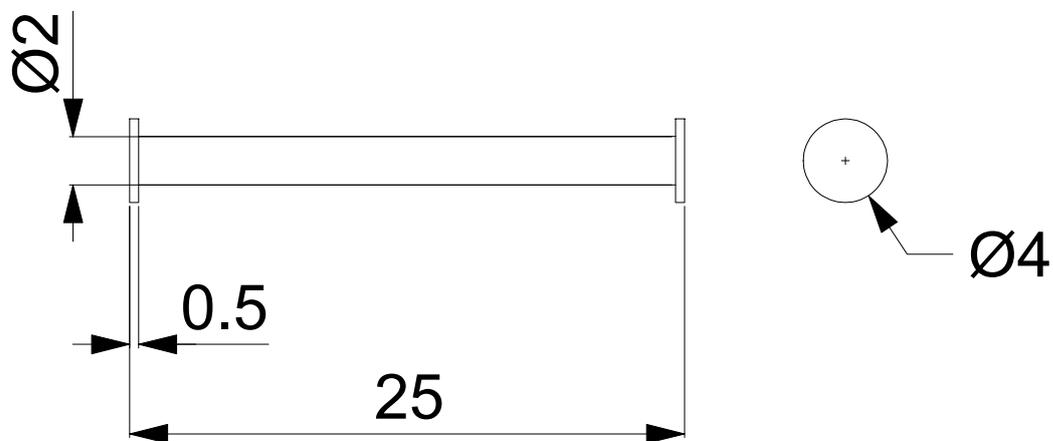
DETALLE SECCIÓN E 2:1



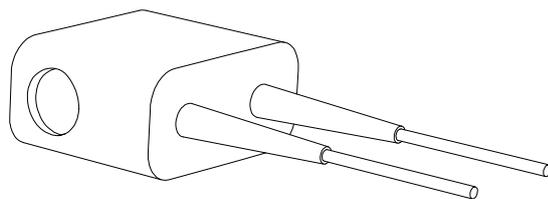
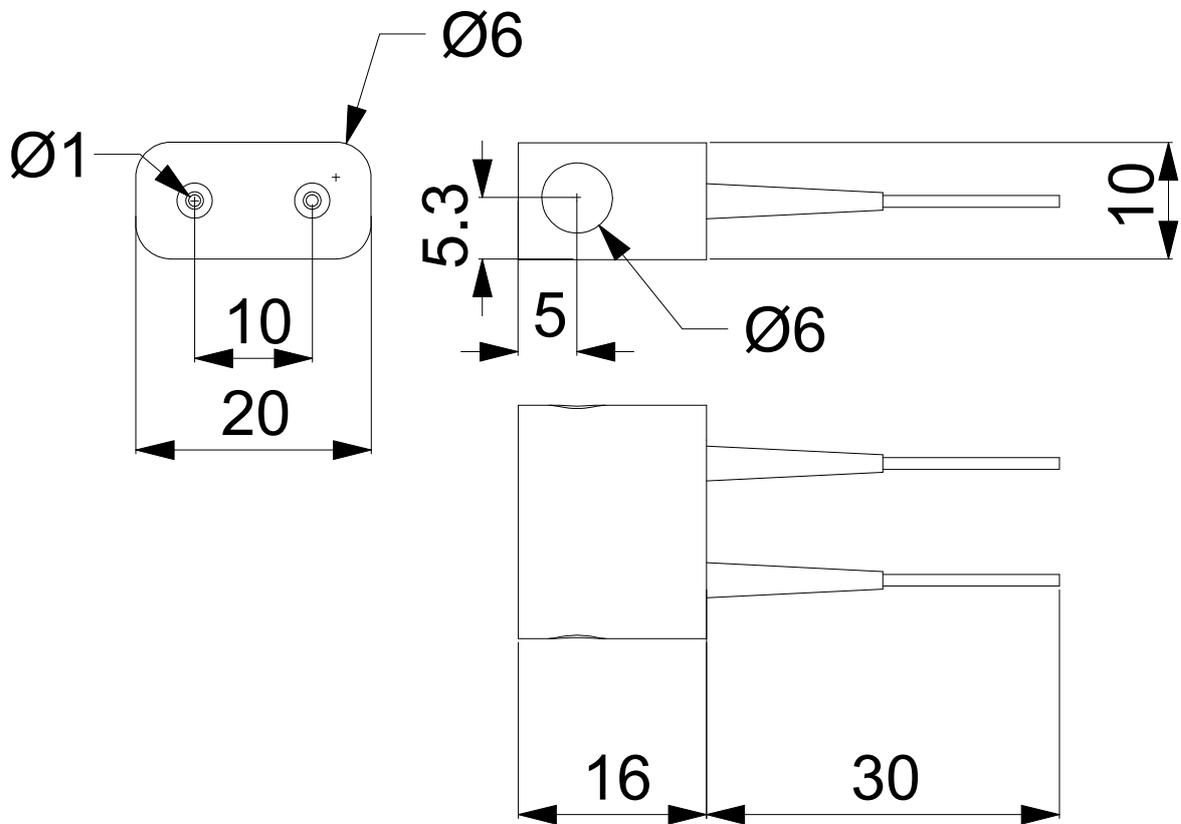
DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
1.4 ASA		4		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
PIEZAS MECANISMO		1.4	1	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		1:1
06/06/2020	ACERO INOXIDABLE			



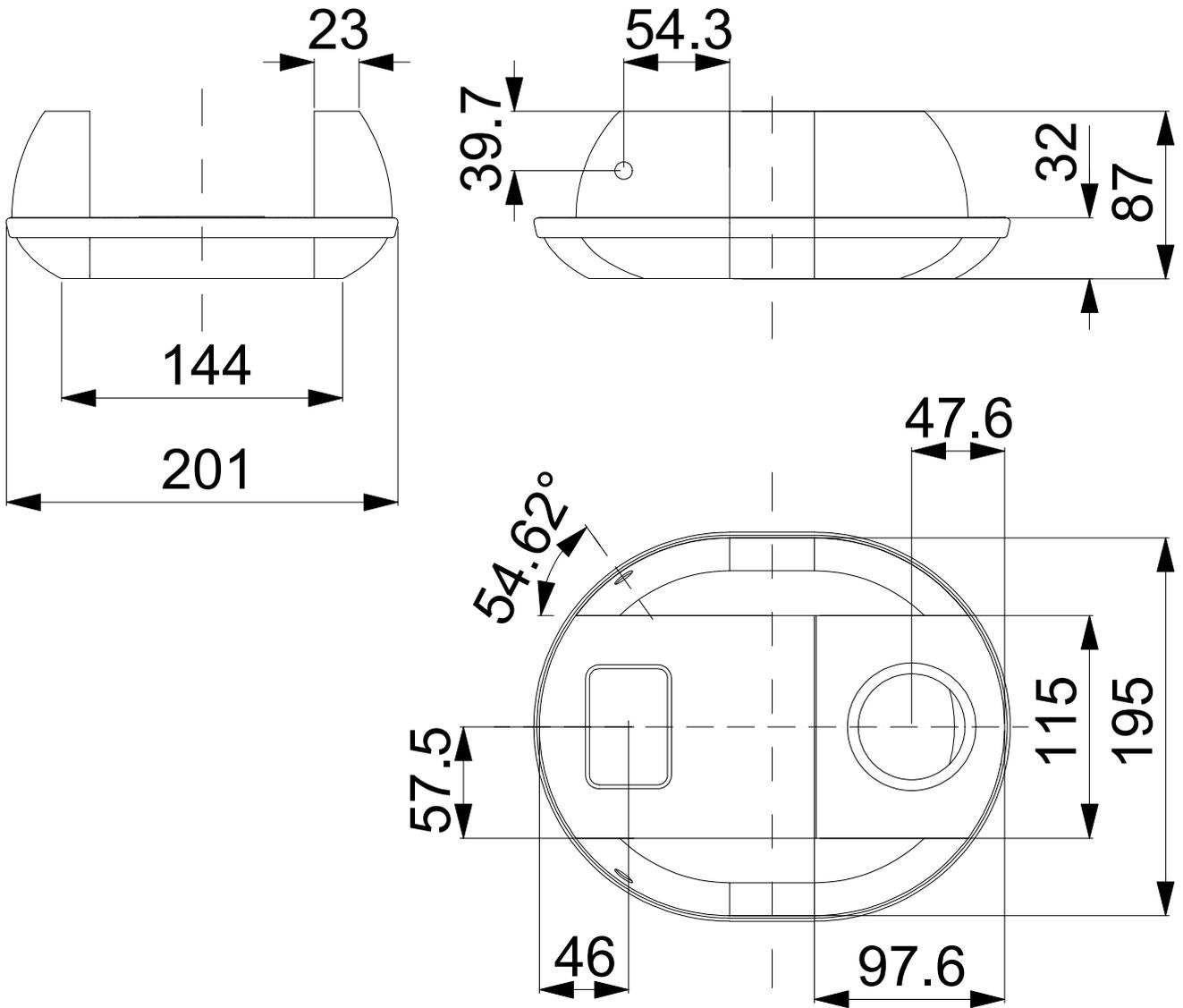
DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA
1.5 CARRIL		5		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
PIEZAS MECANISMO		1.5	2	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		2:1
06/06/2020	ACERO INOXIDABLE			



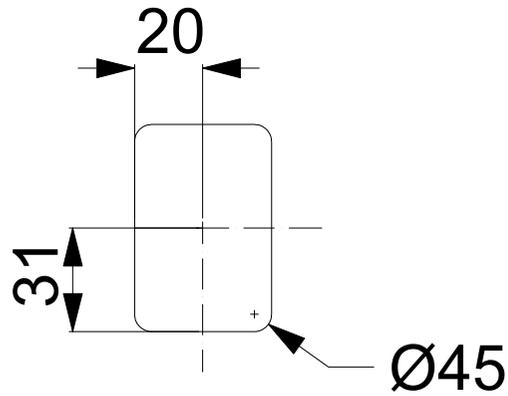
DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA
1.6 GUÍA ASA		6		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
PIEZAS MECANISMO		1.6	2	 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		4:1
08/06/2020	ACERO INOXIDABLE			



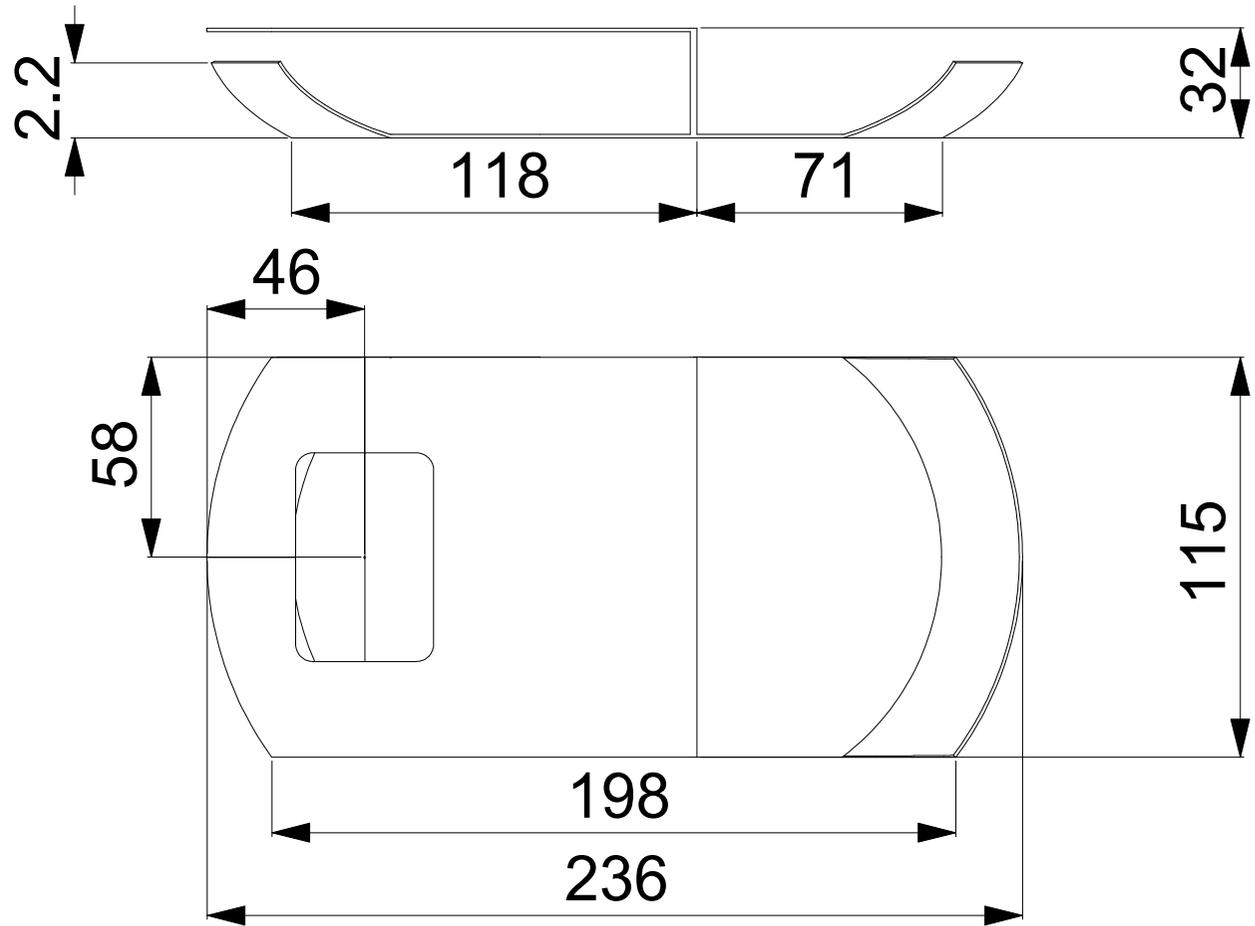
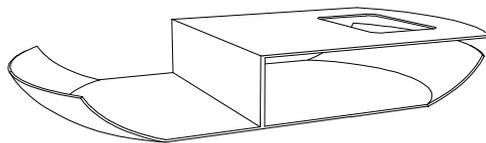
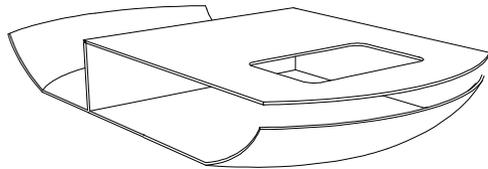
DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
1.7 CARCASA SENSOR		7		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
CONJUNTO SENSOR		1.7	1	 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		2:1
06/06/2020	PLÁSTICO			



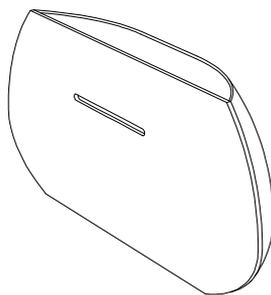
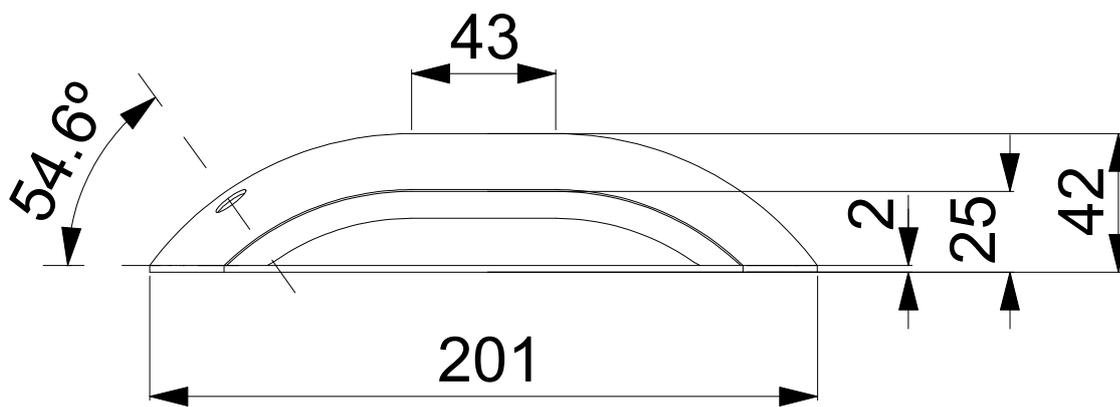
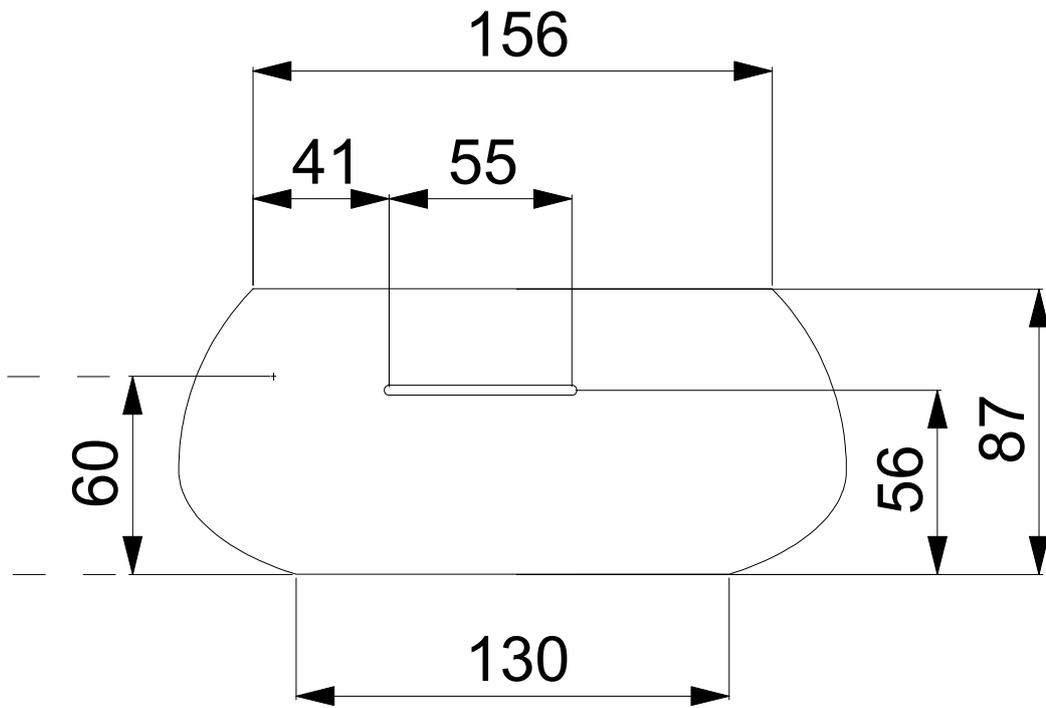
DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
2.CONJUNTO PIEZAS CARCASA		C1		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
CONJUNTO CARCASA		2	1	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		1:3
06/06/2020	PLÁSTICO			



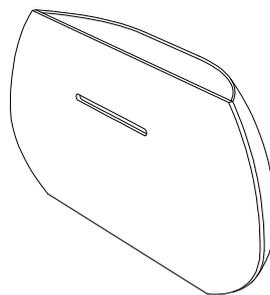
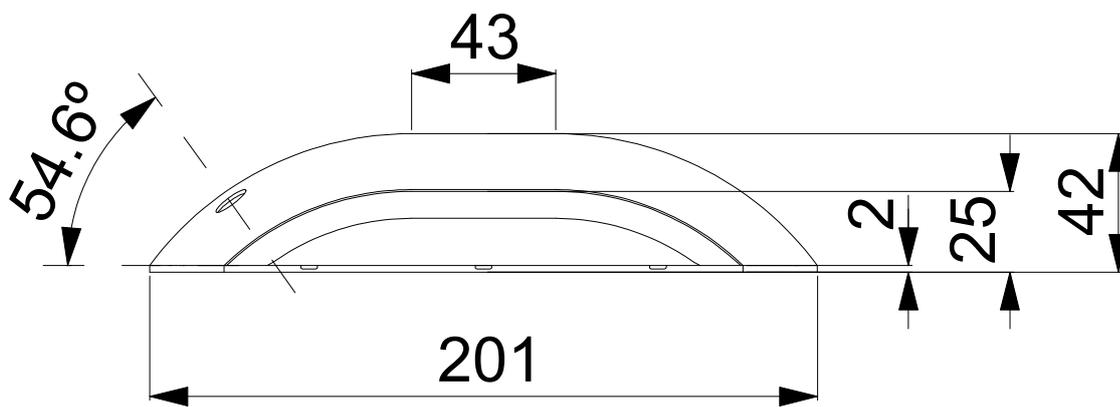
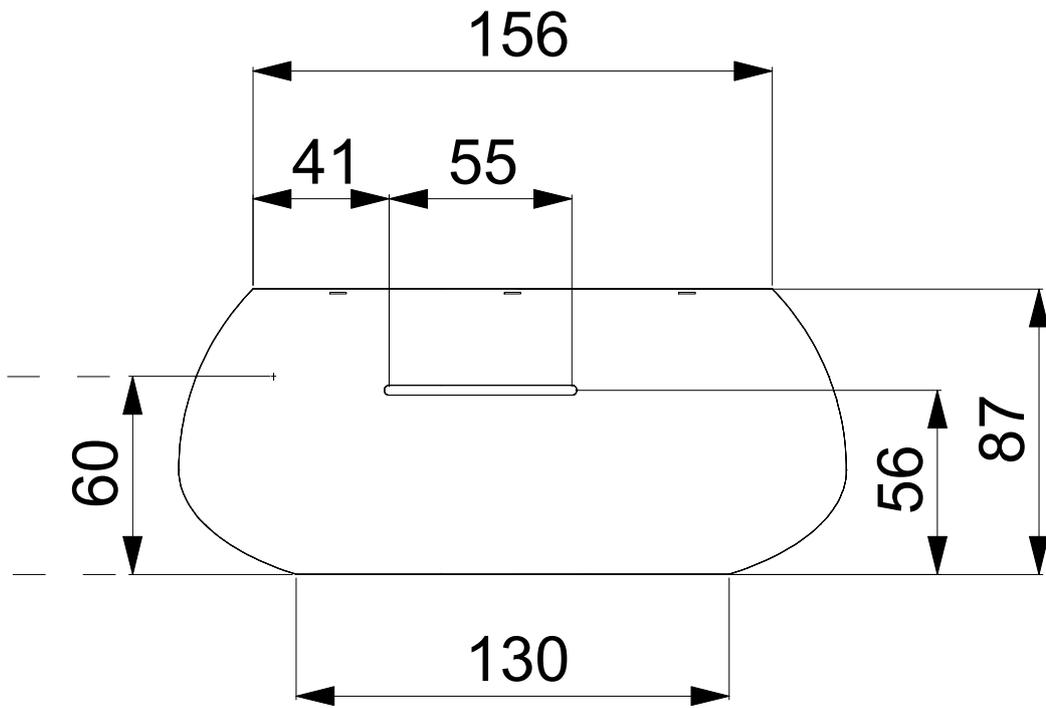
DETALLE PANTALLA E 1:2



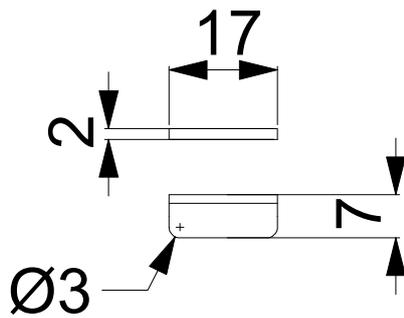
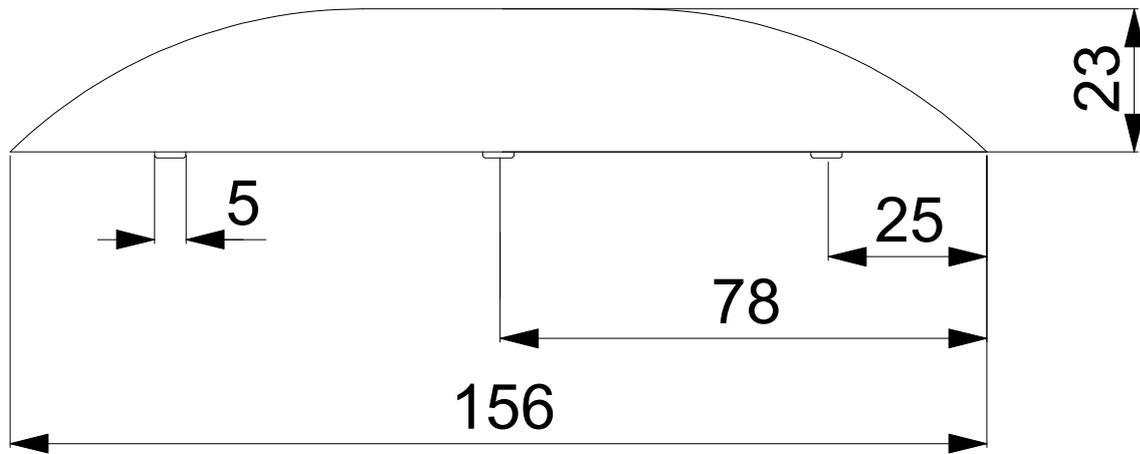
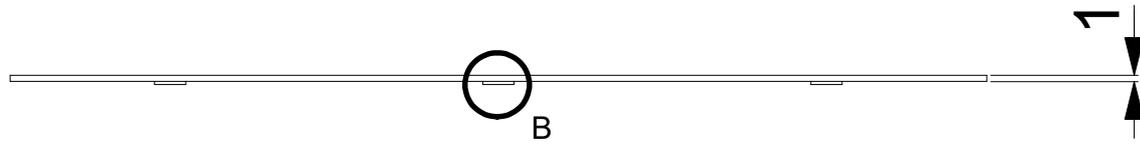
DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
2.1 ESTRUCTURA PRINCIPAL		8		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
CONJUNTO CARCASA		2.1	1	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		1:2
08/06/2020	PLÁSTICO			



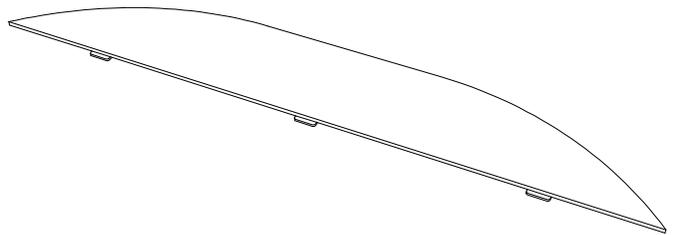
DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
2.2 CAJA PROTECCIÓN DE MECANISMO		9		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
CONJUNTO CARCASA		2.2	2	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		1:2
08/06/2020	PLÁSTICO			



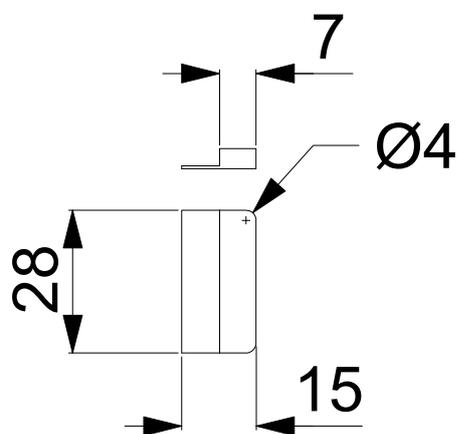
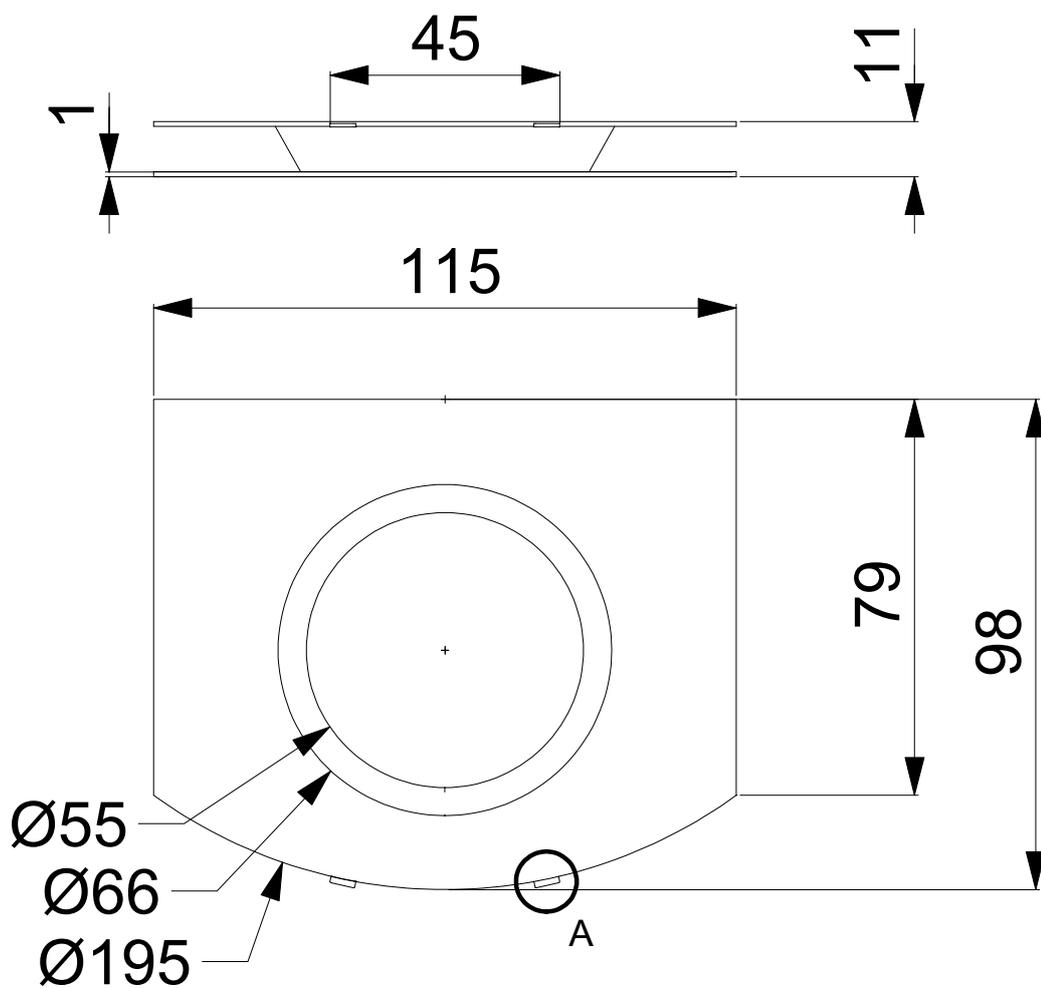
DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA
2.2 CAJA PROTECCIÓN DE MECANISMO		9		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
CONJUNTO CARCASA		2.2	2	 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		1:2
08/06/2020	PLÁSTICO			



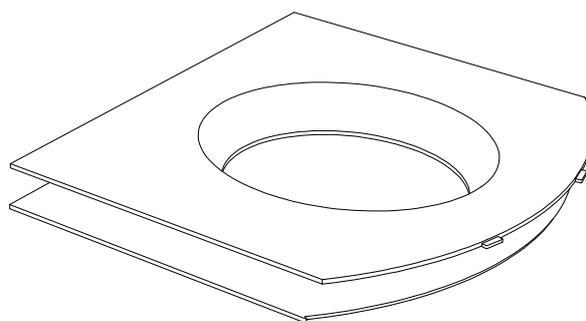
DETALLE B E 3:1



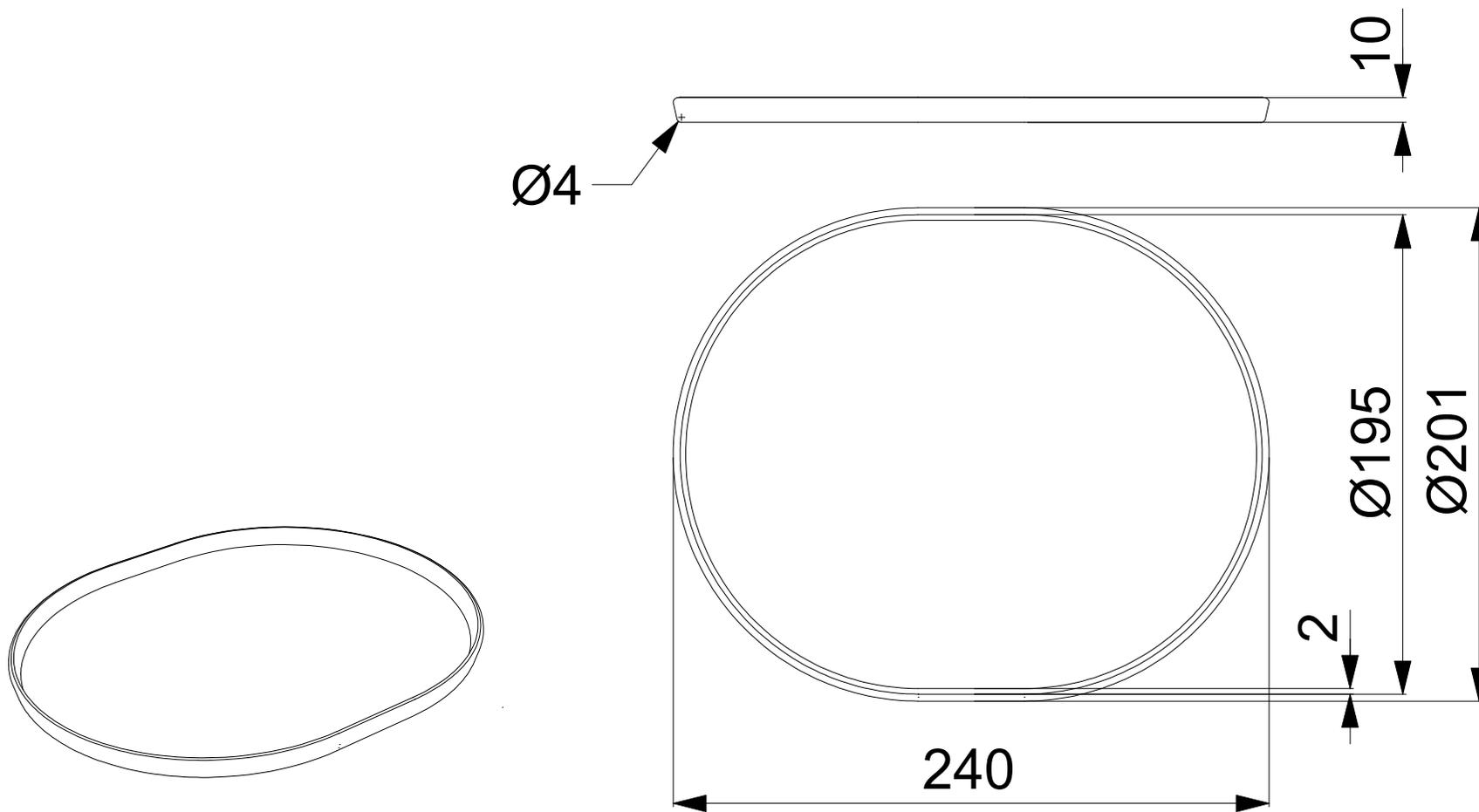
DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
2.3 TAPA CAJA PROTECCIÓN DE MECANISMO		10		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
CONJUNTO CARCASA		2.3	1	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		1:1
08/06/2020	PLÁSTICO			



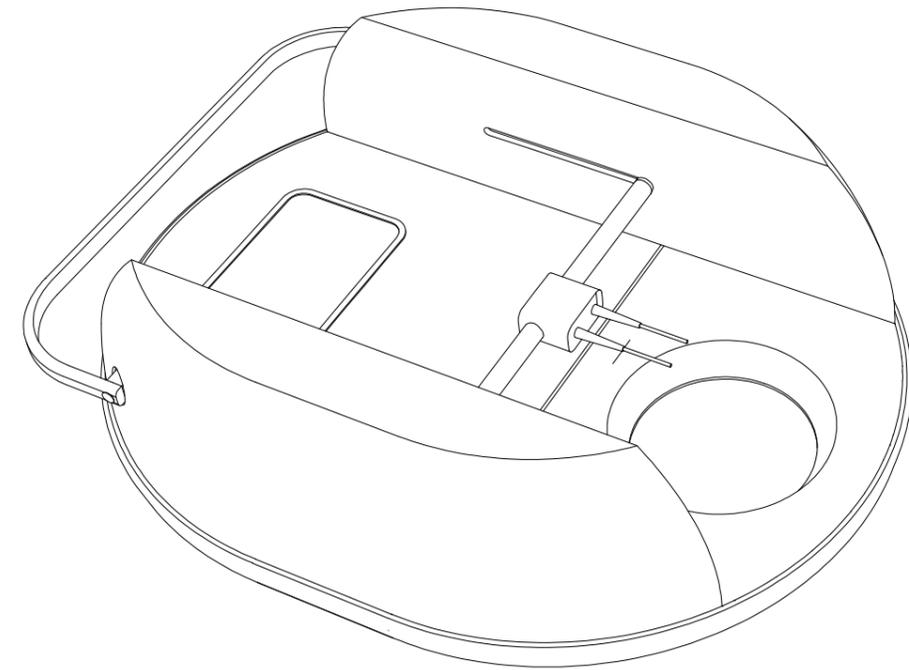
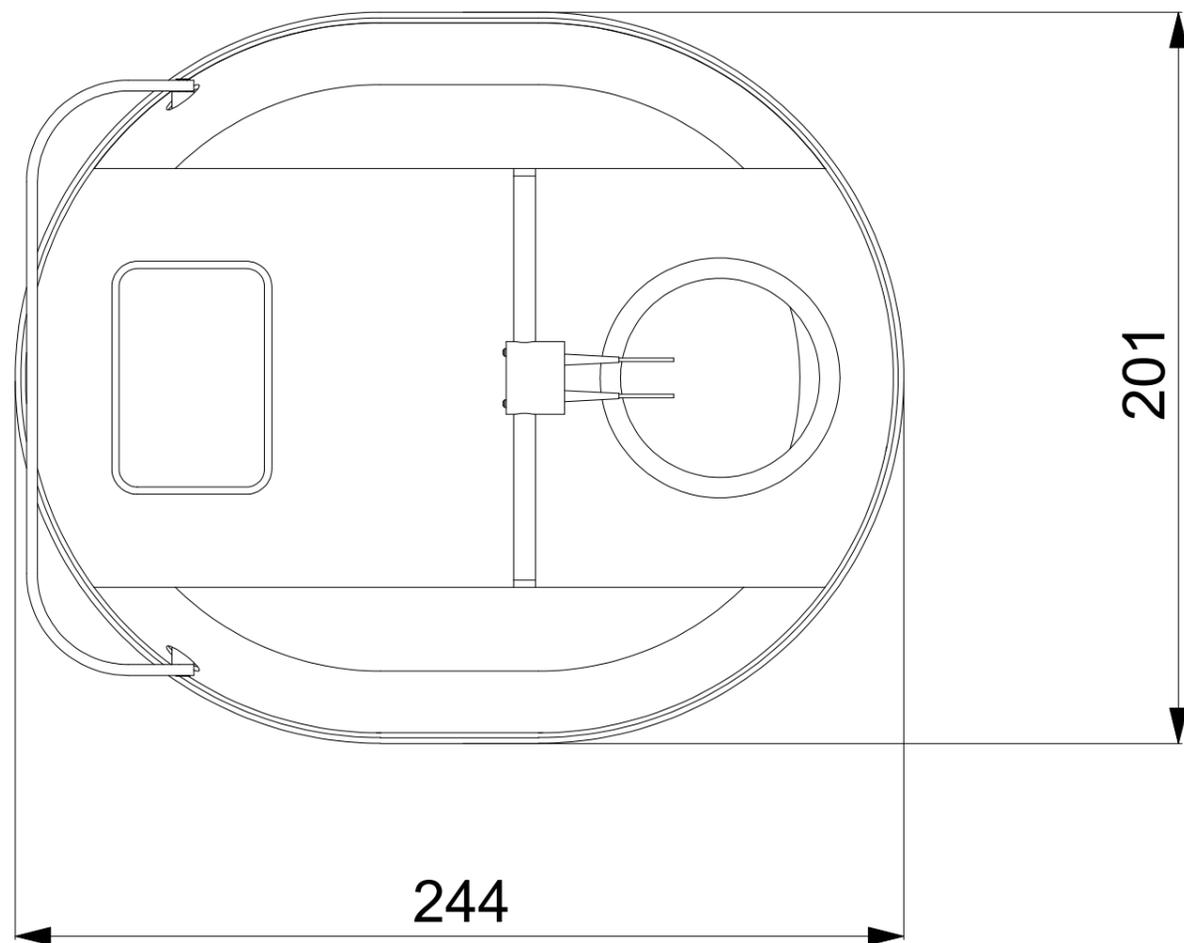
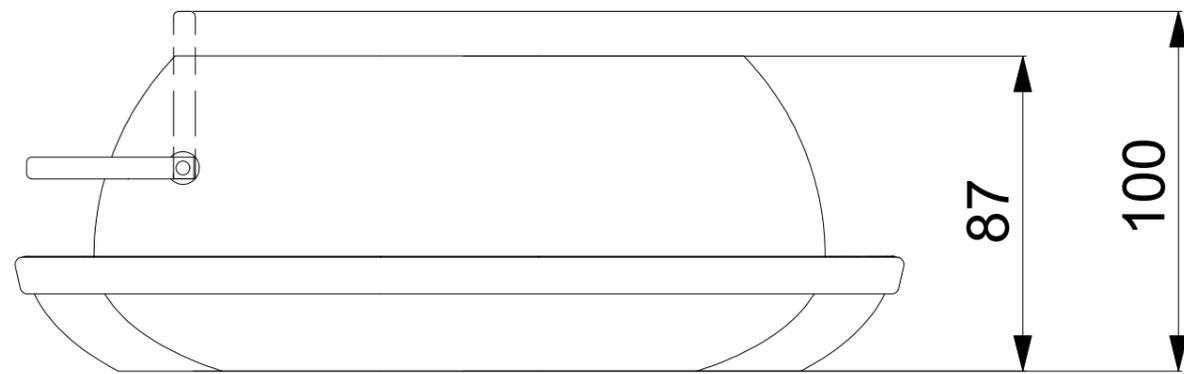
DETALLE A E 4:1



DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
2.4 SOPORTE NARANJA		11		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
CONJUNTO CARCASA		2.4	1	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		1:1
08/06/2020	PLÁSTICO			



DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
2.5 ANILLO DECORATIVO		12		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
CONJUNTO CARCASA		2.5	1	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		1:2
08/06/2020	PLÁSTICO			



DENOMINACIÓN DE LA PIEZA		Nº PLANO		 UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
CONJUNTO COMPLETO		A1		
CONJUNTO		CÓDIGO	CANTIDAD	
CARCASA Y MECANISMO		A1	1	
PROCESO	IMPRESIÓN 3D	TRABAJO DE FIN DE GRADO		ESCALA
FECHA	MATERIAL	MARTA MUÑOZ		1:3
06/06/2020	VARIOS			