

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

Rediseño en el almacenamiento y manipulación en un dispositivo de billetes para la empresa Azkoyen Medios de Pago



Grado en Ingeniería en Diseño Mecánico

Trabajo Fin de Grado

Autora: Ainara Cervera Galarreta

Director: Jose Ramón Alfaro

Tudela, 12 de Junio de 2015

Agradecimientos

Con estas líneas quiero agradecer a todas y cada una de las personas que directa o indirectamente han aportado su particular granito de arena en esta etapa que finaliza. Una carrera de fondo en la que el esfuerzo, la constancia y el apoyo recibido han sido la clave para sacar todo esto adelante.

En primer lugar, quiero dar las gracias a Jose Ramón Alfaro porque desde el primer momento manifestó su interés para dirigir este proyecto. Gracias por su confianza, colaboración, apoyo y por ayudarme a seguir siempre hacia adelante y hacer que confíe en mí.

Gracias al director de I+D de Azkoyen Medios de Pago, S.A, Miguel Ángel Calleja, por ofrecerme este ambicioso proyecto. A Jesús Aguado Vitas mi tutor de proyecto en la empresa, por todo el apoyo que me ha mostrado en todo momento.

A todos los docentes de la Universidad Pública de Navarra que compartieron sus conocimientos, dentro y fuera de clase, haciendo posible que mi formación profesional se resumiera en satisfacciones académicas e inquietudes insatisfechas en continuo crecimiento.

A esta pequeña familia que hemos formado en el campus de Tudela, de la cual me llevo grandes amigos. Con ellos he compartido unos de mis mejores momentos dentro y fuera de la universidad. Son quienes han trabajado conmigo codo con codo en los buenos y malos momentos durante estos años, poniendo lo mejor de su energía y empeño por el bien de nuestra formación.

A mis amigos de mi primera etapa universitaria en Zaragoza, porque a pesar de la distancia siempre han estado atentos, demostrando su interés, comprensión y ayuda en todo momento.

Por último no me puedo olvidar de mi familia, quienes desde el primer momento han confiado en mí y me han inculcado unos valores, haciendo posible que cumpliera este sueño de ser ingeniera, mostrándome su confianza desde el primer momento, gracias por no dejarme tirar la toalla hace 4 años. Gracias por vuestra paciencia y por el apoyo que me habéis dado siempre.

A todos, gracias.

Resumen

El siguiente trabajo de fin de grado ha sido realizado en colaboración con la empresa Azkoyen Medios de Pago.

El objetivo de este proyecto es la optimización del almacenamiento, y la manipulación en el módulo de billetes de un dispositivo utilizado en máquinas registradoras, retail, parking. etc.

Se ha llevado a cabo un estudio en el módulo billetes, cuyo fin es implementar cambios y mejoras, siendo las siguientes;

- Rediseño en la capacidad del depósito stacker con el fin de simplificar las labores de reposición donde no es posible el constante recambio de esta.
- Estudio y diseño de un método para alisar billetes, previo a su devolución, ya que estos se clasifican según su tamaño en los recicladores y con el paso del tiempo los billetes se vician generando problemas en el momento de su devolución.

Palabras clave:

Billete, optimizar, almacenamiento, dispositivo, rediseño, depósito, estudio, implementar, devolver, alisar, ampliar, módulo, transportador, enrollado, muelle, leva, elementos finitos.

Abstract

The following end-of-degree project has been done in collaboration with the Azkoyen Payment Technologies.

The aim of this project is to optimize the storage and to handle in the device banknotes module, which is normally used in cash registers, retail, parking, etc.

The study has been carried out in the above-mentioned module of banknotes with the purpose of implementing the following changes and improvements;

- Redesign the capacity of the deposit stacker in order to simplify replacement tasks, whenever its constant replacement is not possible.
- Study and design a method to smooth banknotes, before their reimbursement due to the fact that banknotes are classified according to their size into recycling boxes. Banknotes get corrupted with the passage of time and cause problems at the time of their reimbursement.

Key words:

Banknote, optimize, storage, device, redesign, deposit, study, implement, return, smooth, increase, module, conveyor, roll, spring, cam, finite element.

Índice

Agradecimientos	3
Resumen.....	4
1. Introducción.....	7
2. Descripción de la empresa	8
2.1. Historia.....	9
2.2. Líneas de negocio	14
2.3. Misión, visión y valores	15
3. Análisis y especificaciones técnicas del producto actual.....	15
3.1. Análisis módulo de billetes	16
3.2. Rango de billetes gestionados.	16
3.3. Velocidad admisión y devolución	17
3.4. Capacidad de almacenamiento	17
3.5. Seguridad	17
3.6. Características técnicas	18
3.7. Normativa que cumple	18
3.8. Funcionamiento	19
4. Puntos de estudios, cambios y mejoras implementadas.....	20
4.1 Rediseño depósito stacker	20
4.1.1 Estudio y piezas ampliadas	21
4.1.2. Cálculo motor reductor	36
4.1.3. Estudio leva	39
4.2. Estudio y diseño método alisar billetes	42
4.2.1. Búsqueda y análisis de dispositivos similares	43
4.2.2. Brainstorming y selección de ideas	45
4.2.3. Prototipos.....	48
4.2.4. Selección idea	67
5. Conclusiones	69
6. Referencias.....	70
7. Anexos.....	71
Anexo I	72
Anexo II	75
Anexo III	77

1. Introducción

Las altas tecnologías cada vez están más integradas en nuestra sociedad actual, sin embargo la popularidad del efectivo continúa. Anualmente, los diferentes informes sobre los Medios de Pago en el mundo confirman que el efectivo sigue siendo el método favorito de pago. Pero todavía hoy, el efectivo se gestiona manualmente en el punto de venta. Esta situación puede conllevar enormes inconvenientes para cualquier establecimiento, causados por una gestión poco segura.

Esta tecnología de admisión y devolución de monedas y billetes está siendo obligada a evolucionar a pasos agigantados. Dadas estas exigencias la empresa Azkoyen dispone de varias máquinas de altas prestaciones, producto perfecto para negocios con un alto nivel de transacciones. Su diseño está pensado para trabajar en ambientes de alto estrés, en donde la velocidad es un elemento clave. Estas máquinas están diseñadas de manera que permiten acelerar el flujo de caja gracias a su ingeniería de alta velocidad. Su cobro permite 3 configuraciones distintas:

1. Atendido: para aquellos entornos donde se desee controlar por el empleado.
2. Desatendido: donde el cliente final abona sus pagos directamente. Ideal para entornos donde se manipulan alimentos.
3. Mixto: para entornos donde el cliente final inserta las monedas pero es el empleado el encargado de introducir los billetes.

La modularidad de estas máquinas nos permite cambiar de lado sus dos módulos indistintamente acomodándose al medio donde se va a utilizar.



Figura 1. Cashlogy POS1000 EURO

El objetivo de este proyecto es la optimización del almacenamiento y la manipulación del dispositivo en el módulo de billetes, para atender las necesidades propuestas por la empresa

Azkoyen Payment Technologies. Los puntos de estudio, cambios y mejoras que se han implementado son los siguientes:

- Rediseño en la capacidad de billetes del depósito stacker donde se almacenan, con el fin de simplificar las labores de reposición donde no es posible el recambio de este.
- Estudio y diseño de un método para alisar billetes, previo a su devolución, ya que estos se clasifican según su tamaño en diferentes recicladores enrollados, con el paso del tiempo los billetes se vician generando problemas a la hora de su devolución.

2. Descripción de la empresa

El grupo Azkoyen S.A. es una multinacional especializada en el diseño, fabricación y comercialización de soluciones tecnológicas para medios de pago, máquinas expendedoras y sistemas de seguridad y control de accesos.

Su sede central está ubicada en Peralta, Navarra, donde se sitúan Azkoyen Medios de Pago y Vending. Además está presente en más de 50 países, 5 empresas ubicadas en 6 países de la Unión Europea y 1 empresa en Colombia.

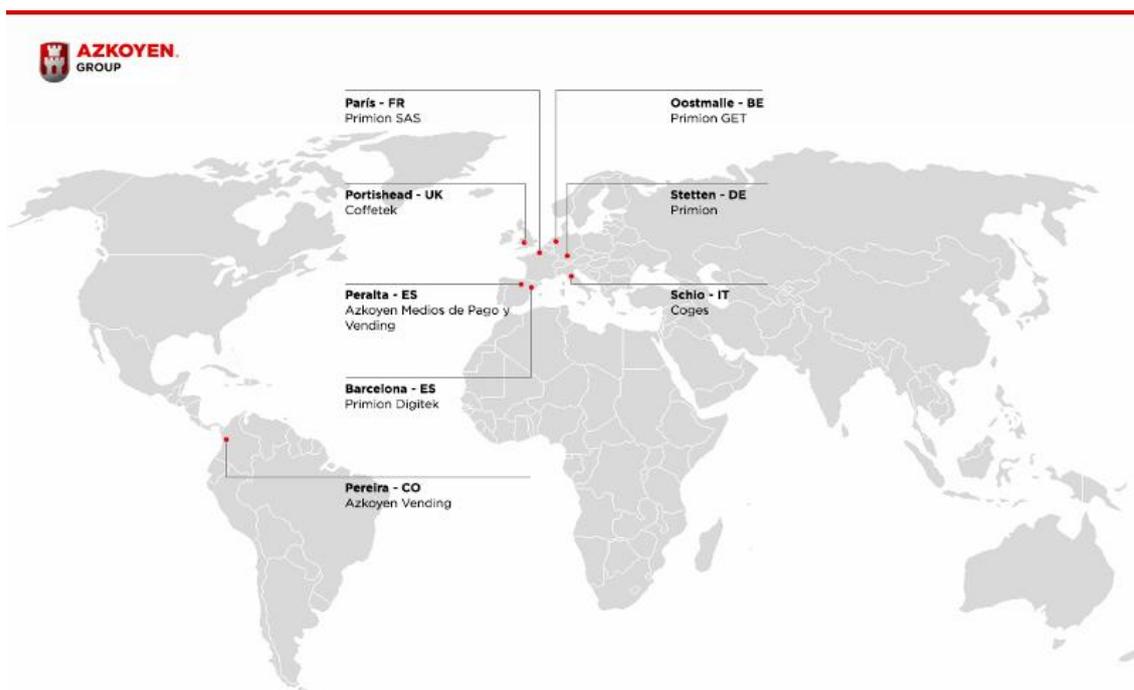


Figura 2. Ubicación en los diferentes países

Se constituye por 5 plantas de producción y 5 centros de I+D+i. El 70 % de las ventas son en mercados exteriores. Además está formada por equipo dinámico e innovador que cuenta con una plantilla de 800 personas, de las cuales el 60% trabaja en centros fuera de España, el 40% en Alemania, 24% son mujeres y un 15% trabaja en I+D+i.

2.1. Historia

La empresa Azkoyen fue fundada por Luis Troyas Osés como “Talleres Azkoyen”, iniciando su andadura con la fabricación de máquinas para el sector de la agricultura.



Figura 3. Anuncio máquina extractora de patata

En los años 50, fruto de su actitud emprendedora se fabricaron las primeras máquinas de venta automática en las que se suministraba gasolina para cargar encendedores (1956) y golosinas (1959).



Figura 4. Primeras máquinas de venta automática

En los años 60, se siguieron ampliando la variedad de máquinas de venta automática desarrollando máquinas para la venta de cerillas (Máquina FOSVEN – 1962), paquetes de cigarrillos (POLIMATIC Y NOVOMATIC –1965), galletas, chocolatinas, caramelos estuchados (GOLVEN – 1969) e incluso máquinas de cambios de monedas (1968).



Figura 5. Variedad de máquinas de venta automática

En los años 70, Azkoyen pasó de ser una empresa familiar a constituirse como sociedad anónima y empezó a introducirse en el mercado del café, té, chocolate, snacks, además en esta época surgieron varias máquinas, como por ejemplo la máquina LIMPIAMAT (1971) que permitía limpiar zapatos sin necesidad de quitárselos. En 1974 lanzaron las primeras máquinas electrónicas para venta de tabaco (KARMELE Y ANNE) y se implantó por primera vez el sistema BILLEMAT, que instalado en la parte delantera del autobús, vendía billetes a los usuarios.



Figura 6. Máquinas expendedora de tabaco Karmele y Anne

El 1976 fue uno de los años más relevantes, ya que nació el Grupo Azkoyen tal y como se le conoce ahora. Consistía en que su fundador Luis Troyas, mantenía el 30% de la compañía, mientras que el resto pertenecía a un grupo de inversores navarros que profesionalizaba la empresa, proceso hasta que la empresa entró en bolsa en 1988. En este año también se desarrolló el primer devolvedor rotativo de monedas (TIKEMAT) instalado en el metro de Barcelona.



Figura 7. Sede Grupo Azkoyen

En 1977 se comenzó a comercializar el modelo SNACK, que era una máquina que permitía la venta de cualquier alimento estuchado y el modelo CAFEMAT que era la primera máquina expendedora de bebidas calientes.



Figura 8. Primera máquina modelo SNACK

En los años 80 fue cuando el Grupo Azkoyen apostó por la investigación y el desarrollo de nuevos productos, obteniendo así una gran ventaja competitiva. En 1981 fabricó la primera

máquina expendedora de bebidas frías y desarrolló el modelo BOTELMAT, que permitía la venta de dichas bebidas en botes y botellas.

En 1982 se presentó Electronova, una máquina electromecánica de pared. Además se establecieron en España las primeras delegaciones comerciales del grupo para crear un nuevo sistema de distribución y una red propia de ventas.

En 1983 se hizo un gran avance ya que consiguió que Telefónica Española homologase los selectores mecánicos de Azkoyen para sus teléfonos públicos. Esta empresa pasó a ser líder en el mercado interior, anteriormente dominado por ingleses y alemanes.

Otro año clave en la historia de Azkoyen fue 1984, año en el cual sus equipos de ingeniería desarrollaron, con el Centro de Investigación Ikerlan, un proyecto de investigación y desarrollo financiado por el CDTI y el Gobierno de Navarra. El grupo asimiló la tecnología electrónica, suponiendo un hito en la historia industrial y económica de España. En este año también en el que se comenzaron a comercializar las máquinas de juego SILVER-TWO, basada en displays y SILVER-THREE, de rodillos.

En 1985 se patentó el selector electrónico, que a partir de entonces comenzó a instalarse en todas las máquinas de venta automática fabricadas por Azkoyen. Es capaz de leer y validar una moneda en milésimas de segundo, lo que supone muchos avances en esta tecnología.



Figura 9. Primer selector electrónico de monedas

En 1987 se constituyeron las sociedades Azkoyen Industrial S.A (dedicación fabril) y Azkoyen Comercial S.A, dedicada a la actividad comercializadora. También se inició la venta de selectores electrónicos de monedas. Sus nuevas series se irán aplicando también a las máquinas de juegos y teléfonos públicos. En noviembre de dicho año, se creó la Sociedad Azkoyen Comercial Internacional, que posteriormente pasó a llamarse Azkoyen Comercial Internacional, S.A.



Figura 10. Selectores de monedas en máquinas de juego

En 1988, las acciones de Azkoyen pasaron a cotizar en Bolsa y se creó Azkoyen Hostelería, S.A. También se dio comienzo a la comercialización de máquinas para tabaco y recibiendo la certificación de calidad ISO 9001.



Figura 11. Máquina T, primer validador y comienzo a cotizar en bolsa.

Los años 90 son una época de expansión a mercados exteriores, así en 1991 se constituyeron las filiales Azkoyen Comercial Deutschland GmbH en Alemania y Azkoyen France, S.A.R.L. en Francia. En 1991 nace la serie “Multiventa”, diseñada con un concepto modular para los profesionales del “vending”, comenzando a comercializarse la máquina “Noria”, expendedora de latas, botellas, mini briks y snacks.



Figura 12. Máquina NORIA

Dos años más tarde lanzan en los mercados nacional e internacional el modelo PANORAMIC, de venta automática de paquetes de tabaco.



Figura 13. Máquina expendedora tabaco

En 1996, junto con los centros de investigación de la Universidad de Navarra, CEIT, en San Sebastián y CIFA, en Pamplona, se creó un acuerdo de colaboración. Asimismo el Grupo Azkoyen inicia la producción industrial y venta de café en hostelería.

El 1998 también fue un año clave, puesto que nació la filial Azkoyen Medios de Pago, S.A. como escisión de Azkoyen Industrial, S.A. Se presenta en el mercado la nueva máquina N para venta automática de tabaco. A finales de los años 90 comenzó el denominado “efecto euro”, que supuso la adecuación de todos los productos de Azkoyen a la nueva moneda Europea.



Figura 14. Colaboración con centros de investigación

Entre los años 2000 y 2010 se reordenaron las 9 sociedades que componen Azkoyen, quedando 3, que son, comercialización de maquinaria especializada y productos de consumo para hostelería y alimentación en España y Portugal, fabricación y comercialización de máquinas de vending y equipamiento para hostelería y por último desarrollo tecnológico de mecanismos y sistemas de selección, devolución y control de medios de pago. Entre 2003 y 2006, se consolida y se refuerza la posición en los mercados, se diversificaron por regiones y productos, rediseñándose la organización y corporación.

En 2005, en ese periodo de plan estratégico, se incorporó a Azkoyen, la empresa Coges S.p.A con sede en Schio, Italia, especializada en la comercialización de mecanismos y sistemas de pago. Finalizando esta época, en 2008 el Grupo Azkoyen se incorpora a Coffetek Ltd. (empresa inglesa especializada en diseño, fabricación y comercialización de máquinas expendedoras o vending) y a Primiom Technology.

En 2009 el Grupo Azkoyen se incorporó a Impulsa Soluciones Tecnológica consolidando su liderazgo europeo en sistemas de pago para vending. Actualmente, el grupo Azkoyen es el accionista mayoritario de la empresa Primion Technology, controlando un 86% del accionariado.



Figura 15. Líneas de negocio: Sistemas de seguridad y control de acceso, medios de pago y máquinas expendedoras

2.2. Líneas de negocio

El Grupo Azkoyen se divide en 3 líneas de negocio especializadas en el diseño, fabricación y comercialización de soluciones tecnológicas para medios de pago, máquinas expendedoras y sistemas de seguridad y control de accesos.

- Sistemas de seguridad y control de acceso

Primion, con sede central en Alemania, tiene una posición consolidada como proveedor de soluciones globales para el control de accesos, control de presencia y seguridad integrada.

Ofrece para todo tipo de empresas soluciones a medida para control de acceso y sistemas de control del tiempo, así como sistemas avanzados para un control total de la seguridad. Desarrolla y produce software y hardware propio, llevando a cabo asistencia en consultoría y planificación para la instalación de las medidas de seguridad necesarias adaptadas a cada cliente, así como el soporte para su instalación, mantenimiento y formación en su manejo.

- Medios de pago

Soluciones innovadoras para medios de pago para la gestión del efectivo (monedas y billetes), sistemas cashless y conectividad. Líderes en mercados europeos.

Desarrolla tecnologías para el control de pagos automatizadas. Ofrece soluciones para 4 sectores clave:

1. Recreativo.
2. Vending.
3. Automatización de Servicios.
4. Retail.

Su experiencia les ha llevado a ser líderes en el mercado de máquinas expendedoras con sus sistemas de cashless, y en el sector del recreativo con soluciones de aceptación y pago de efectivo. La división de medios de pago está formada por tres marcas: Azkoyen Payment Technologies, Coges y Cashlogy.

- Máquinas expendedoras

Diseño, fabricación y comercialización a nivel global de máquinas expendedoras de tabaco, café y otras bebidas calientes, bebidas frías, snacks y otras soluciones vending.

Desde 1945 Azkoyen ha sido un referente mundial en el diseño, la fabricación y la comercialización a nivel global de máquinas expendedoras. La división de Azkoyen Vending Systems se caracteriza por el esfuerzo en adelantarse a las necesidades y exigencias de los clientes, facilitando e impulsando sus operaciones cotidianas y ayudando a dar respuesta a los cambios en los estilos de vida de los consumidores. Esta compañía bajo las marcas Azkoyen y Coffetek una gama de producto completo e innovador que satisface las necesidades tanto de

una pequeña oficina como de una gran empresa, de un establecimiento hostelero, como de un punto de vending público.

2.3. Misión, visión y valores

El Grupo Azkoyen se rige por una serie de preceptos, misión, visión y valores:

- **Misión:** desarrollar, producir y comercializar productos de manera respetuosa con el medio ambiente. Crear soluciones tecnológicas avanzadas que satisfacen las expectativas de los clientes y garantizan el futuro profesional como equipo humano.
- **Visión:** se pretende facilitar el día a día de las personas a través de soluciones técnicas innovadoras, reconocidas en el mercado como sinónimos de diseño y fiabilidad.
- **Valores:**
 1. Profesionalidad: rigurosidad, eficacia y agilidad. Persecución incansable de la mejora.
 2. Compromiso con el cliente: conocer las necesidades y trabajar para proporcionarle productos y servicios de calidad.
 3. Compromiso con la obtención de resultados: dirigir las actuaciones hacia la consecución de objetivos.
 4. Espíritu de equipo: se comparte un proyecto de grupo, creación de ambiente de trabajo respetuoso basado en el trabajo en equipo, desarrollo profesional, cohesión y comunicación.

3. Análisis y especificaciones técnicas del producto actual

Este dispositivo trabaja en combinación con otros mecanismos inteligentes que le gobiernan y en el cual está integrado, como puede ser una máquina retail, de cambios, registradora, de autoservicio (parking...) .etc.

Consiste en un dispositivo que permite la inserción de efectivo tanto en forma de monedas como de billetes, e introduce el concepto de “recirculación” del efectivo. Esto implica el almacenamiento temporal de todas las monedas insertadas y de parte de los billetes, con el fin de utilizarlos para posteriores devoluciones. Además está compuesto de dos módulos separados:

- Módulo de monedas.
- Módulo de billetes; objetivo a optimizar en el presente trabajo.



Figura 16. Cashlogy POS1000 EURO

3.1. Análisis módulo de billetes



Figura 17. Módulo de billetes

El módulo de billetes está compuesto a su vez por varios módulos de piezas, que son los siguientes:

- Módulo lector, encargado de validar los billetes para su posterior envío hacia los distintos caminos posibles, que son:
 - Recicladores
 - Rechazo, en caso de que el billete no sea válido
 - Stacker, en este se almacenan los billetes de distinto valor facial de los recicladores o en caso de que cualquiera de los recicladores este lleno.
- Módulo transporte, encargado de derivar los billetes hacia sus respectivo reciclador, si el billete es no válido se encarga de devolverlo.
- Recicladores de billetes, su función es almacenar billetes de distintos valores faciales así como la devolución de los mismos.
- Depósito stacker, almacena billetes de cualquier valor facial.
- Soporte externo, encargado de albergar todos los módulos citados anteriormente.

3.2. Rango de billetes gestionados.

El dispositivo es capaz de admitir todas las denominaciones de billetes de euro (desde 5 euros hasta 500 euros) y para la devolución utilizará los billetes de 5, 10 y 20 euros. Cuenta con la posibilidad de ser programado para adecuarse al país o región en el que se vaya a utilizar.

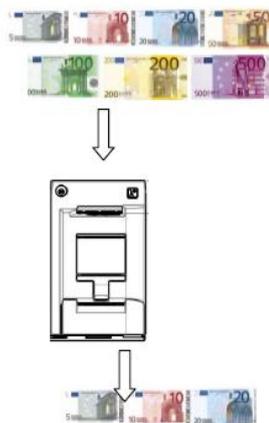


Figura 18. Rango de denominaciones admitidas y devueltas

3.3. Velocidad admisión y devolución

Admisión	Devolución
✓ 1 billete por segundo	✓ 1 billete por segundo

Tabla 1. Velocidad de admisión y devolución módulo de billetes

3.4. Capacidad de almacenamiento

En el depósito stacker se pueden almacenar hasta 600 billetes de varias denominaciones. Además como se ha dicho anteriormente cuenta con la posibilidad de ser programado adecuándose al país o región en el que se vaya a utilizar, así cómo programarse al gusto del usuario.

La capacidad máxima de almacenamiento del dispositivo por denominación para la zona Euro es la siguiente;

Reciclador 1	Reciclador 2	Reciclador 3	Depósito Stacker
10 €	20 €	50 €	600u
50 u	50 u	50 u	

Tabla 2. Capacidad de almacenamiento

3.5. Seguridad

Este dispositivo ofrece una seguridad anti-fraudes empleando diversos juegos de llaves para acceder a las distintas partes de la máquina. De esta forma, permite varios niveles de seguridad de acceso. El módulo de billetes cuenta con 4 llaves distintas:

- Bill door, cerradura ubicada en la puerta del módulo, en la zona superior izquierda del mismo. Permite acceder, tanto a la zona de admisión de billetes, como al stacker.



Figura 19. Cerradura módulo de billetes Bill Door

- Bill module lock, esta cerradura da acceso a los recicladores de billetes.
- Stacker lock, este cierre se utiliza para extraer el stacker del dispositivo. No da acceso a los billetes almacenados.

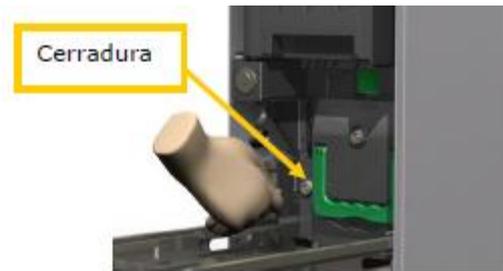


Figura 20. Cerradura módulo de billetes Stacker lock

- Stacker door, esta llave permite acceder al efectivo almacenado dentro del stacker.



Figura 21. Cerradura módulo de billetes Stacker lock

3.6. Características técnicas

En cuanto a las temperaturas que soporta, podemos diferenciar entre almacenamiento y funcionamiento, se recogen en la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Consumo medio/ pico (a 24 Voltios)	3 A/ 7 A
Temperatura de almacén	Desde -25º hasta +70º
Temperatura de funcionamiento	Desde +5 hasta 55º
Humedad relativa	Desde 20% hasta 95%

Tabla 3. Características técnicas

3.7. Normativa que cumple

En lo que a normativa que cumple se refiere podemos distinguir entre la europea CE, la Rohs y la interna de Azkoyen:

Directiva de EMC, 2004/108/CE

- Norma de producto, UNE-EN 61000-6-3:2007 + /A1:2012: Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 6-3: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera.
- UNE-EN 61000-6-3:2007: Compatibilidad Electromagnética (CEM).
- UNE-EN 61000-3-2:2006/A1:2010/A2:2010: Compatibilidad electromagnética (CEM).
- UNE-EN 61000-3-3:2009: Compatibilidad electromagnética (CEM).
- UNE-EN 61000-4-2:2010: Compatibilidad electromagnética (CEM).

- UNE-EN 1000-4-3:2007, /A1:2008, /A2:2011: Compatibilidad electromagnética (CEM).
- UNE-EN61000-4-4:2005:/A1:2010/Corr: 2010: Compatibilidad electromagnética (CEM).
- UNE-EN 61000-4-5:2007: /Corr: 2010: Compatibilidad electromagnética (CEM).
- UNE-EN 61000-4-6:2009: Compatibilidad electromagnética (CEM).
- UNE-EN 61000-4-8:2011: Compatibilidad electromagnética (CEM).
- UNE-EN 61000-4-11:2005: Compatibilidad electromagnética (CEM).

Directiva de SE, 2006/95/CE

- UNE-EN 60950-1:2007, /Corr:2007, /A11:2009, , /A12:2011, A/1:2011

Normativa ROHS: todos los materiales utilizados cumplen la normativa ROHS.

3.8. Funcionamiento

Su funcionamiento se basa en la inserción de un billete en el módulo lector por una ranura que inicialmente dirige y coloca el billete. Este módulo contiene un sensor de billetes, que consiste en un mecanismo inteligente destinado a la identificación, validación y admisión de diferentes tipos de billetes de curso legal, así como el rechazo de fraudes.

En el modulo lector el análisis de los billetes se realiza mediante sensores ópticos cuyas señales se gestionan con un procesador digital que aplica algoritmos de seguridad con gran potencia de cálculo. Con esta tecnología se asegura un reconocimiento óptimo del billete y garantiza gran protección frente al fraude. El diseño está hecho para que se favorezca la vida útil en admisión de billetes, su captura es rápida y también lo es el análisis posterior. El ciclo total de la admisión de un billete son 2 segundos, 1 segundo para el reconocimiento del billete y otro para realizar el proceso de entrada y colocación en el stacker.

Una vez atravesado el sensor de billetes pasa al módulo transporte que se encarga de dirigir los billetes en función de su valor. El sistema de transporte del billete, está formado por un motor de corriente continua, un eje sinfín que se acopla en una rueda helicoidal solidaria a una polea, esta alberga una correa de neopreno que a su vez transmite el movimiento a otra polea girando solidariamente correa y polea.

Cuando el billete pasa al modulo transporte a través de la correa tiene cuatro posibles salidas que dependiendo de su valor, que con un dispositivo electrónico se produce la apertura de unas válvulas, que si el billete es válido lo derivan hacia su respectivo reciclador o depósito stacker. En cambio si el billete es no válido el transporte se encarga de devolverlo. En dispositivos más antiguos, el billete no válido entraba por el sensor de billetes y salía directamente atravesando la parte inferior del módulo lector, pero con la implementación de mejoras y con el fin de evitar atascos el billete se dirige al módulo transporte donde es transportado hasta el módulo lector para su devolución.

El módulo transporte tiene cuatro puntos de tracción para transportar el billete por lo que en ningún momento está “en el aire”, no se permiten desviaciones en su trayectoria, lo que minimiza los atascos y proporciona estabilidad.

Los billetes se devolverán de uno en uno en la zona de recogida y permanecerán en esta zona hasta que sean retirados por el usuario.

4. Puntos de estudios, cambios y mejoras implementadas

4.1 Rediseño depósito stacker

En esta parte se ha estudiado la ampliación en la capacidad del depósito stacker de 600 a 1000 billetes, con el fin de simplificar las labores de reposición donde no es posible el constante recambio de este, como son en máquinas de cambios, registradora y de autoservicio (parking...) etc.

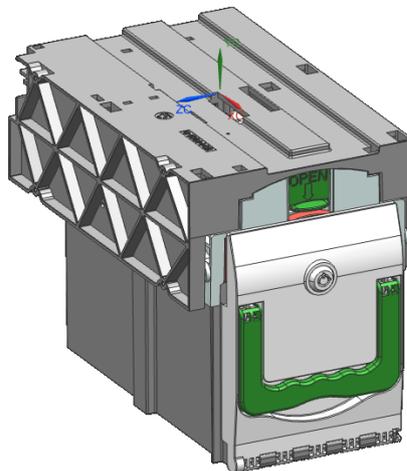


Figura 22. Depósito Stacker 41223011

El depósito stacker almacena los billetes de cualquier valor facial horizontalmente. Está dotado de un sistema anti-fraude cuya única forma de reponer este es con su extracción, y disposición de la llave, “Stacker door”, ya que poseen una cerradura para impedir el total acceso a los billetes. Además el stacker dificulta el retorno del billete, ya que éste se transporta en sentido horizontal hasta un punto en el que pasa a recorrer una trayectoria vertical y almacenarse en el stacker.

El objetivo de esta parte del proyecto es modificar cuanto menos piezas del dispositivo, con la intención de no incrementar los costes del dispositivo e intentar conservar las dimensiones de las piezas.

Primero, se ha realizado análisis del depósito stacker, donde se han estudiado y determinado las piezas que deben ampliarse, posteriormente se explica la ampliación detallada.

Por otro lado, este apartado, cuenta con el cálculo del par salida del motor reductor y la síntesis de la leva que acciona el empujador de billetes.

4.1.1 Estudio y piezas ampliadas

En este apartado del proyecto se ha realizado un estudio del modulo de billetes, para definir cuáles son las piezas que se deben ampliar, en función del aumento de la capacidad del depósito stacker.

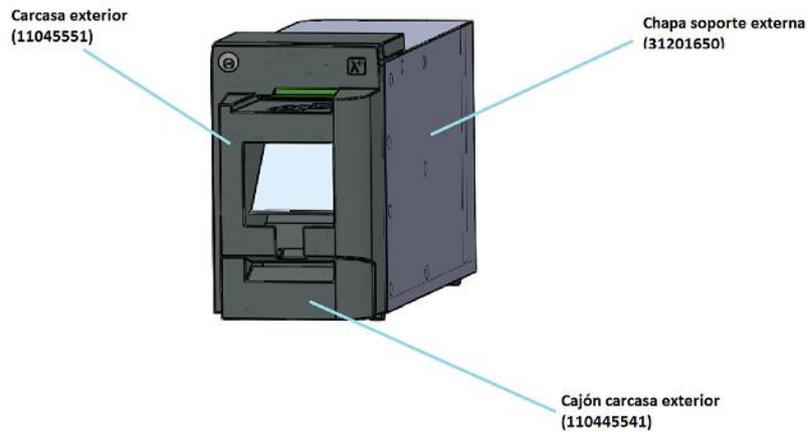


Figura 23. Análisis 1

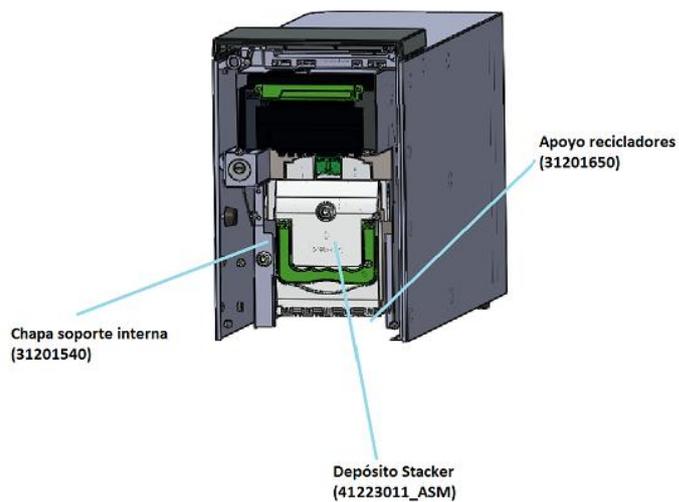


Figura 24. Análisis 2

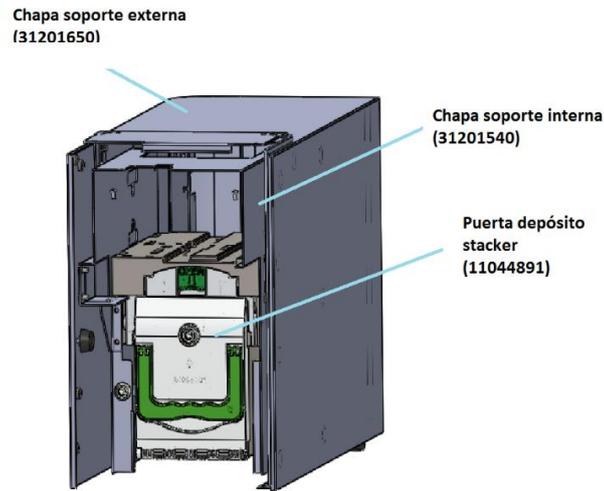


Figura 25. Análisis 3

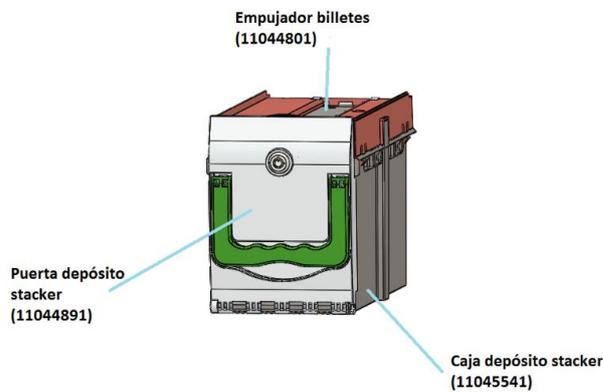


Figura 26. Análisis 4

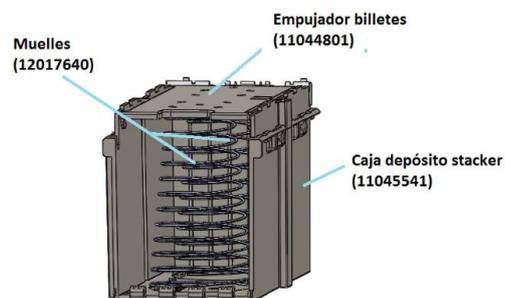


Figura 27. Análisis 4

Analizando el módulo de billetes, se ha determinado que las piezas que deberían modificarse son las siguientes;

- Caja depósito stacker (pieza 11045541).
- Muelle (pieza 12017640).
- Puerta depósito stacker (pieza 11044891).

- Chapa soporte interna (pieza 31201540).
- Chapa soporte externa (pieza 31201540).
- Empujador billetes (pieza 11044801).
- Apoyo recicladores (pieza 31201650).
- Carcasa exterior (pieza 11045551): Diseño estético.
- Cajón carcasa exterior (pieza 11045541): Diseño estético.

En los apartados posteriores se van a ir analizando las piezas, una por una, por lo que todavía no se puede determinar con precisión cual serán las piezas seleccionadas a modificar. Las modificaciones se han realizado en base a las piezas proporcionadas por la empresa.

Las piezas que se van a rediseñar están fabricadas en su mayoría de materiales plásticos y acero. No se van a estudiar sus materiales, que se trata de un dispositivo real que ya se encuentra en el mercado, por lo que se supone que la empresa ya se ha encargado de determinar que material es el adecuado para cada pieza.

4.1.1.1. Caja Depósito Stacker

La caja depósito stacker se ha considerado como la pieza principal del depósito de billetes, tiene forma de caja y en ella se alojan los billetes dispuestos horizontalmente. El objetivo principal es su ampliación intentando no incrementar en exceso su coste.

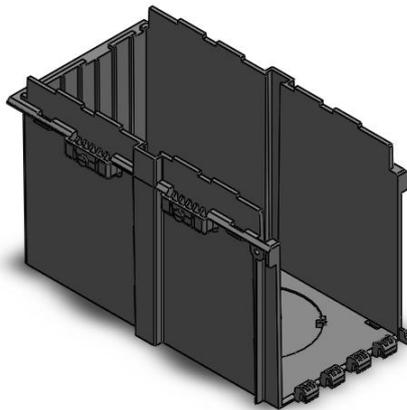


Figura 28. Pieza 11044821 inicial

De su ampliación dependen el resto de las otras piezas, por lo que se ha realizado un análisis exhaustivo de la pieza sin modificar y a partir de ahí se han propuesto algunas ideas que son las siguientes;

1. Rediseño del depósito conservando sus dimensiones, cambiando la forma de insertar los billetes.
2. Ampliación del depósito longitudinalmente modificando las dimensiones de la caja y con la conservación del ángulo de desmoldeo.
3. Ampliación del depósito longitudinalmente sin modificar las dimensiones de la caja, es decir, solo modificando el ángulo de desmoldeo y su longitud.
4. Creación de un nuevo depósito.

Tras el estudio de estas propuestas, se ha tenido una reunión con la empresa, donde se han puesto en común las ideas y se ha seleccionado la propuesta 3. Esta consiste en ampliación del depósito longitudinalmente sin modificar las dimensiones de la caja, es decir, solo modificando el ángulo de desmoldeo y su longitud.

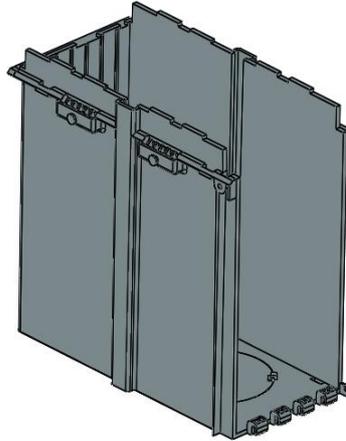


Figura 29. Pieza 11044821 ampliada

En los anexos se adjunta el cálculo del nuevo ángulo de desmoldeo, con su respectiva comprobación. Tras la validez de este el nuevo ángulo de desmoldeo es de $0,313^\circ$.

4.1.1.2. Muelle



Figura 30. Apertura puerta stacker con billetes

El depósito stacker está compuesto de dos muelles, ubicados en el interior de la caja depósito stacker. Estos son los encargados de soportar el peso de los billetes, a través de una plataforma lisa en su parte superior, denominada empujador billetes.

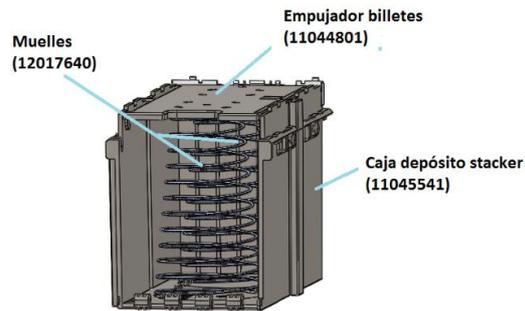


Figura 31. Conjunto Caja Deposito Stacker - Muelles- Empujador billetes

Consiste en un muelle cónico helicoidal de compresión, diseñado de manera que sus espiras se recogen para aprovechar al máximo el espacio en el interior del depósito.



Figura 32. Pieza 12017640

Los muelles cónicos helicoidales de compresión se consideran como un resorte helicoidal en el que los diámetros de las espiras sucesivas son distintos. Estos se usan exclusivamente para soportar cargas axiales de compresión y se construyen con alambre de sección transversal circular, ocurriendo por lo general, el esfuerzo máximo en la espira de menor tamaño, pero dado que el índice del resorte decrece hacia el extremo menor, deberá siempre verificarse el esfuerzo en la espira de menor diámetro:

$$\tau = \left(1 + \frac{0.5}{C}\right) \frac{8FaC}{\pi d^2}$$

Donde para la espiral mayor del resorte poseerá un valor de C mayor que para la espira de menor tamaño, y por tanto, a través de la expresión anterior deberá hacerse la comprobación correspondiente.

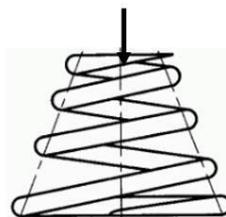


Figura 33. Muelle cónico helicoidal

El muelle es una de las pieza más sencillas a simple vista, pero la que más problemas ha dado. Por medio del muelle físico y su pieza en 3D se ha determinado su constante elástica, luego se ha comparado con la real, proporcionada posteriormente por la empresa. Para su ampliación se han tenido en cuenta además de su constante elástica, el incremento del 40 % del que peso que debe soportar el nuevo muelle. En los apartados siguientes se detalla minuciosamente.

Cálculos diseño muelle

Como se ha mencionado anteriormente se ha realizado un estudio del muelle para cerciorarnos de que el nuevo muelle que se va a diseñar es capaz de soportar el peso de los 1000 billetes.

Partiendo de las dimensiones medidas experimentalmente, se ha comprobado la constante elástica del muelle inicial y hallado la constante elástica del ampliado.

DIMENSIONES	
Diámetro alambre	1,5 mm
Diámetro espira mínima	43 mm
Diámetro espira máxima	67,9 mm
Longitud en estado libre	147,8 mm
Longitud en reposo dentro caja	124,6 mm
Numero de espiras	8 mm
Sentido arrollamiento	Agujas del reloj
Peso Tabla	31,3mm

Tabla 4. Dimensiones muelle inicial

Para la comprobación de la constante del muelle teórica, se ha fabricado a través de una balanza de precisión y 10 tablas de madera 300x100x10 mm, la simulación de un dinamómetro, como se observa en la imagen posterior.



Figura 34. Montaje simulación dinamómetro

A partir de ahí se han efectuado mediciones aproximadas. El proceso ha consistido en ir midiendo, poco a poco, desde la longitud inicial del muelle dentro del depósito de billetes inicial hasta que el muelle se encuentra comprimido quitando, poco a poco, maderas a su vez se ha ido apuntando los valores experimentales de fuerza que da la balanza. Estos son los siguientes;

$\Delta x(\text{Cm})$	$\Delta x(\text{mm})$	$x(\text{mm})$	$F1(\text{g})$	$F2(\text{g})$	$F(\text{g})$	$F(\text{N})$	$K(\text{gr / cm})$	$K(\text{N/m})$
0	0	147,8	19,9	19,9	19,9	0,19502	0	0
0,43	4,3	143,5	31,9	26,5	29,2	0,28616	67,9069767	66,5488372
1,43	14,3	133,5	69,1	64,5	66,8	0,65464	46,7132867	45,779021
2,43	24,3	123,5	110	104,8	107,4	1,05252	44,1975309	43,3135802
3,43	34,3	113,5	151,6	146,5	149,05	1,46069	43,4548105	42,5857143
4,43	44,3	103,5	194,6	187,7	191,15	1,87327	43,1489842	42,2860045
5,43	54,3	93,5	238	231,1	234,55	2,29859	43,1952118	42,3313076
6,43	64,3	83,5	282,2	276,9	279,55	2,73959	43,4758942	42,6063764
7,43	74,3	73,5	331,4	324,6	328	3,2144	44,1453567	43,2624495
8,43	84,3	63,5	385,3	376,9	381,1	3,73478	45,2075919	44,3034401
9,43	94,3	53,5	445,3	434,2	439,75	4,30955	46,6330859	45,7004242
10,43	104,3	43,5	517,8	501,1	509,45	4,99261	48,8446788	47,8677852
11,43	114,3	33,5	575,2	551,2	563,2	5,51936	49,2738408	48,288364
12,43	124,3	23,5	645,7	615,6	630,65	6,18037	50,7361223	49,7213998
13,43	134,3	13,5	767	735,9	751,45	7,36421	55,9530901	54,8340283

Tabla 5. Datos tomados del montaje simulado

A continuación, se adjunta una gráfica, del estudio experimental, en la que se representa la constante elástica frente a la deformación del muelle inicial.

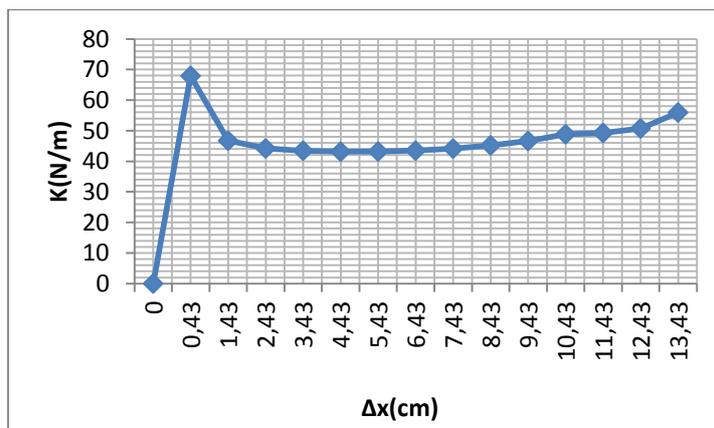


Figura 35. Gráfica experimental muelle inicial

Tras la determinación experimental de la constante elástica inicial del muelle, se ha comparado con la real suministrada por Azkoyen y se ha comprobado que son similares.

Para comprobar si el muelle que se va a diseñar es capaz de soportar la nueva carga, se ha creado hipótesis. Para ello se han tomado los valores facilitados por Azkoyen y a partir de estos, se ha comenzado con las hipótesis;

DIMENSIONES REALES (DATOS AZKOYEN)			
	Depósito Stacker Inicial	Intervalo	Depósito Stacker Ampliado
Diámetro alambre		1,5	
Diámetro espira mínima	44	0,6/-1	13,4
Diámetro espira máxima	70	1/-0,2	85
Longitud en estado libre	147,8	5/-5	217,2
Longitud en reposo dentro caja	124,6		194
Numero de espiras	8		12
Numero de espiras útiles	6		10
Sentido arrollamiento	Agujas del reloj(derecho)		
Constante Muelle (K)	65	5/-5	65
Paso	18,475		18,475

Tabla 6. Dimensiones reales muelle

Suponiendo que la constante del nuevo muelle es la misma que para el muelle inicial se ha calculado, a través de la ley de Hooke, la fuerza máxima que podrá soportar cada muelle.

Stacker 600 Billetes	K	65	gr/cm
	Δx	12,46	cm
	F(máxima)	809,9	gr
Stacker 1000 Billetes	K	65	gr/cm
	Δx	19,4	cm
	F(máxima)	1261	gr

Tabla 7. Datos de fuerza máxima soporta muelle

A partir de los pesos de los billetes de 5, 20, 50 y 500 euros se han calculado el peso real que soportarán los muelles, son los siguientes;

Valor facial	gr x 1billete	Stacker 600 Billetes(gr)	Stacker 1000 Billetes(gr)
5	0,663	397,8	663
20	0,844	506,4	844
50	0,963	577,8	963
500	1,14	684	1140

Tabla 8. Datos de peso que soportaran los billetes

Tras realizar este estudio, se confirma que a situación límite, la fuerza que será capaz de soportar el nuevo muelle será mayor a la fuerza máxima que soporta este según la ley de Hooke.

1261>1141	¡Constante muelle VÁLIDA!
-----------	----------------------------------

Propuestas

Una vez estudiado el muelle inicial se han planteado las siguientes propuestas para el diseño del nuevo muelle ampliado;

- Propuesta 1: Muelle cónico helicoidal ampliado. Se trata de ampliar la longitud del muelle en 77.25mm conservando su paso así como su diámetro mínimo y máximo.



Figura 36. Propuesta 1

- Propuesta 2: Muelle cónico helicoidal inicial con muelle helicoidal superior. Consiste en a partir del muelle cónico helicoidal que disponíamos inicialmente, alargando su longitud con un muelle helicoidal con el diámetro mínimo constante en 77.25mm.



Figura 37. Propuesta 2

- Propuesta 3: Muelle cónico helicoidal inicial con muelle helicoidal inferior. Se trata de a partir del muelle cónico helicoidal que disponíamos inicialmente, alargar su longitud en 77.25mm con un muelle helicoidal con diámetro máximo.



Figura 38. Propuesta 3

- Propuesta 4: Muelle cónico helicoidal ampliado conservando K. Para ello se ha tomado el ángulo correspondiente al muelle inicial y a partir de este se ha alargado proporcionalmente tomando como diámetro máximo 85 mm y mínimo 13,4 mm.



Figura 39. Propuesta 4

- Propuesta 5: Muelle cónico helicoidal ampliado conservando K. Como en la anterior propuesta se ha tomado el ángulo correspondiente al muelle inicial y a partir de este se ha alargado proporcionalmente tomando como diámetro máximo 79,3 mm y mínimo 6,7 mm.



Figura 40. Propuesta 5

Estudio propuestas por elementos finitos

Se ha realizado un estudio en Ansys de las propuestas de los muelles citadas anteriormente, su fin es comprobar por el método de elementos finitos, cual es el muelle ampliado que mejor soportara el peso de los 1000 billetes.

A través del estudio de Ansys, se ha determinado la deformación total en el eje y que se produce al aplicarle diferentes fuerzas. Para ello, se ha tomado el rango de fuerzas aplicado en el estudio de la determinación de la constante elástica teórica del muelle.

Antes de realizar el estudio de elementos finitos, se ha descartado la propuesta 5, ya que al diseñar esta en 3D se ha comprobado que el diámetro mínimo es muy pequeño, y por tanto no es capaz de soportar por igual la fuerza máxima aplicada a simple vista.

Para comenzar con el estudio, se ha realizado una comprobación entre el muelle real tras su determinación experimental de la constante elástica y el muelle inicial, para ver sus resultados:

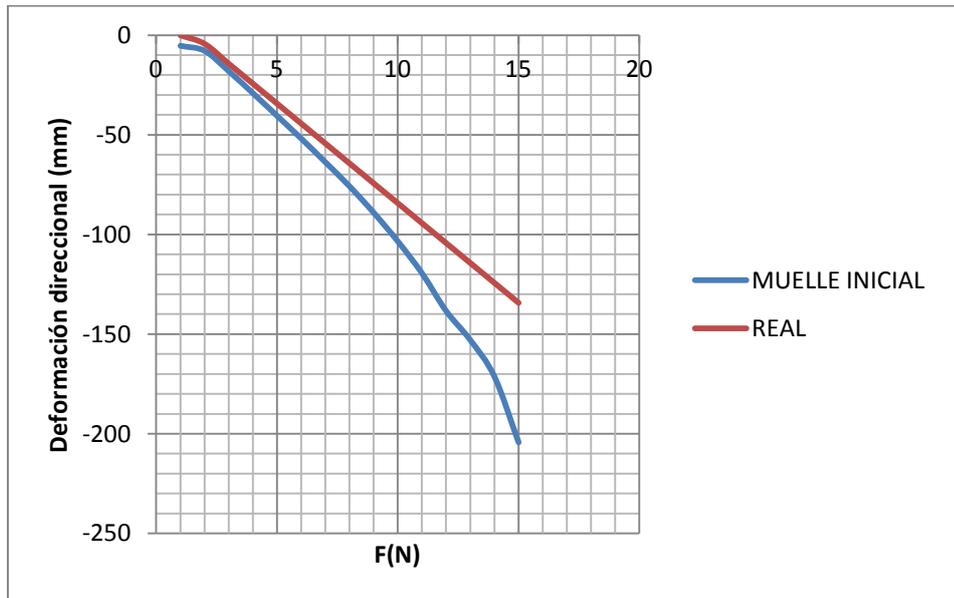


Figura 41. Gráfica comparativa 1

A continuación, se ha creado una gráfica comparativa, en la podemos observar que el muelle inicial medido en el Ansys se deforma más al aplicarle la misma carga, esto puede ser debido a que se ha realizado el experimento experimentalmente y sin tener en cuenta algunos factores como son el material de este, aunque ha dado por válido.

A partir de esto, se ha realizado una comparativa de las diferentes propuestas realizadas anteriormente, utilizamos los valores del muelle inicial de deformación direccional medidos en el Ansys.

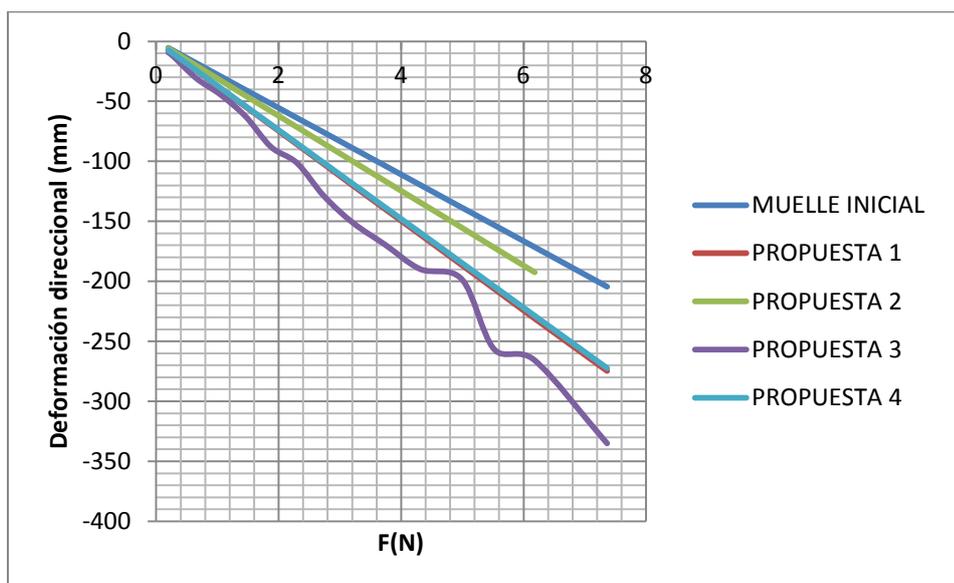


Figura 42. Gráfica comparativa 2

Observando la gráfica, se puede apreciar que la mejor propuesta es la 2, pero esta no se puede llevar a cabo, ya que se trata de un muelle compuesto de dos muelles (muelle cónico helicoidal+ muelle helicoidal superior), y lo que se busca es un muelle que sea capaz de recoger todas sus espiras para optimizar el espacio en el interior del depósito de billetes. Por tanto descartamos la propuesta 2 y la propuesta 3.

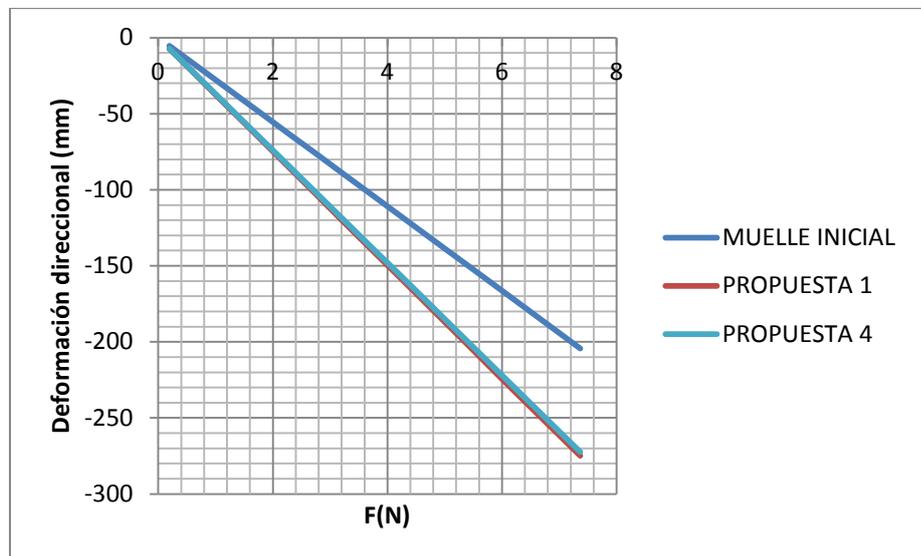


Figura 43. Gráfica comparativa 3

Observando nuevamente la gráfica comprobamos que la propuesta 1 y la propuesta 4 dan valores muy similares. Para elegir entre estas dos se ha valorado las posibles ventajas e inconvenientes.

- Propuesta 1:
 1. No supone ningún cambio en la caja deposito stacker.
 2. Reduce las modificaciones, conservando empujador de billetes
 3. No se incrementa el coste económico.

- Propuesta 4:
 1. Resultados obtenidos por el método de elementos finitos: mejor propuesta.
 2. Implementación en caja depósito stacker:
 - (a) Modificación en la distancia a centros de los muelles.
 - (i) Posibles problemas en su base debido al tamaño del diámetro medio máximo.
 - (ii) Modificación empujador de billetes.
 - (b) Incremento coste económico.

Tras el estudio de estas dos propuestas, se ha escogido la propuesta 1, con el fin reducir al mínimo las modificaciones necesarias, y en consecuencia su coste económico.

4.1.1.3. *Puerta depósito stacker*

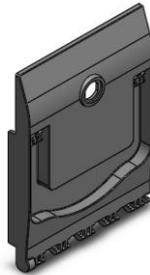


Figura 44. Pieza 11044891 inicial

La ampliación de la puerta depósito stacker, ha consistido en el incremento en su longitud en 77,25 mm, conservando todos los detalles de la pieza anterior, en base al 3D inicial que ha facilitado la empresa.

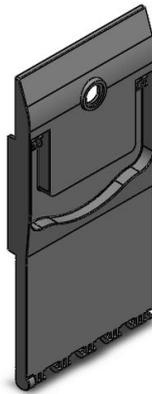


Figura 45. Pieza 11044891 ampliada

4.1.1.4. *Chapa soporte interna*

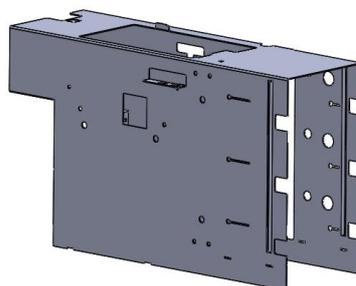


Figura 46. Pieza 31201540 inicial

La chapa soporte interna se caracteriza por su sencillez, ya que en su mayoría está compuesta de líneas rectas, además consiste en la carcasa interior que contiene todos los conjuntos de piezas, su ampliación ha consistido en el incremento de esta en 77,25 mm, realizándose en base al 3D inicial proporcionado por la empresa.

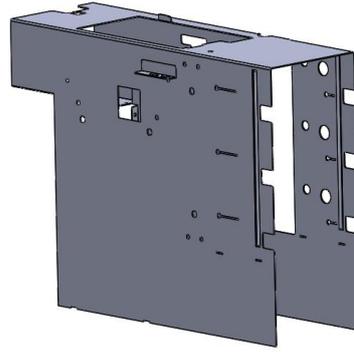


Figura 47. Pieza 31201540 ampliada

4.1.1.5. *Chapa soporte externa*

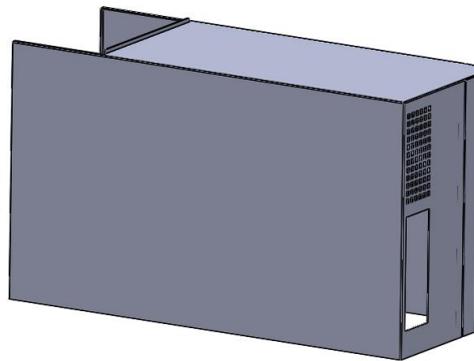


Figura 48. Pieza 31201550 inicial

El objetivo de la chapa soporte externa es envolver externamente las piezas. Esta contiene todos los módulos de las piezas. Su ampliación se ha basado en el incremento de esta en 77,25 mm. Se ha realizado en base la pieza inicial en 3D que ha facilitado la empresa.

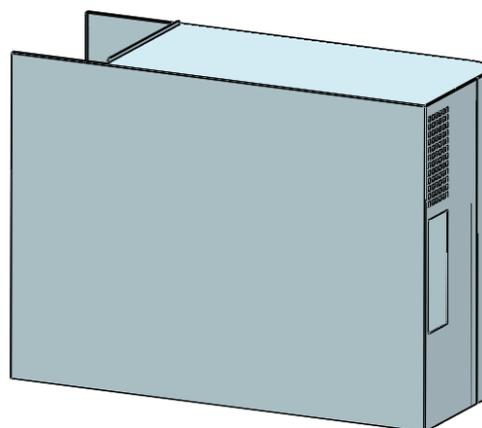


Figura 49. Pieza 31201550 ampliada

4.1.1.6. *Apoyo recicladores*

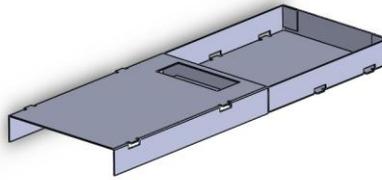


Figura 50. Pieza 3120650 inicial

Esta pieza se trata de un apoyo que se encuentra en el interior de la chapa envolvente interna, en esta se apoyan el depósito stacker y los recicladores, que son cajas de almacenaje y devolución de billetes de diferente valor facial. Su ampliación se ha basado en el incremento de esta en 77,25 mm, como en las anteriores se ha realizado partiendo de la pieza inicial en 3D que facilito Azkoyen.

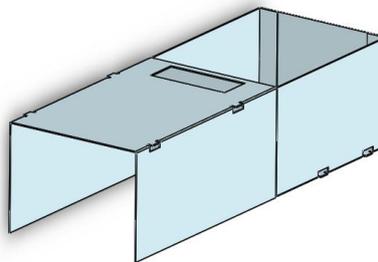


Figura 51. Pieza 3120650 ampliada

4.1.1.7. *Ampliación adicional*

Se ha realizado la ampliación adicional, de dos unas piezas no exigidas por la empresa. Estas corresponden a la parte estética del módulo de billetes. Como en las anteriores, se ha realizado un incremento longitudinal de 77.25mm. Las piezas ampliadas son las siguientes;

- Carcasa exterior :

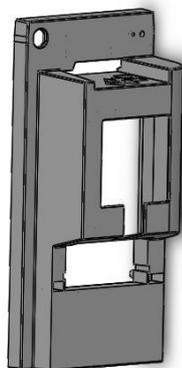


Figura 52. Pieza 11045551 ampliada

- Cajón carcasa exterior:

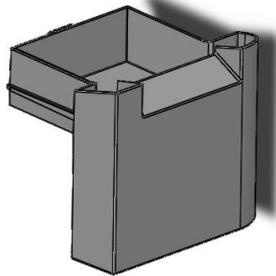


Figura 53. Pieza 11045541 ampliada

4.1.2. Cálculo motor reductor

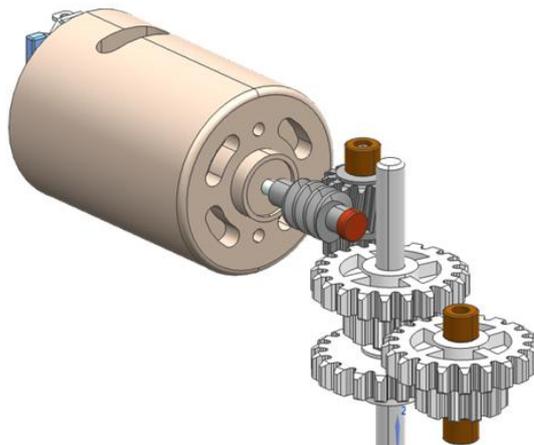


Figura 54. Conjunto motor reductora y tren engranajes

En este apartado se ha realizado un estudio de la reductora, su fin es calcular el par de salida en función del par de entrada que proporciona el motor reductor. Se parte del tren de engranajes, y a través del estudio de este se ha determinado la relación de transmisión.

Comenzaremos introduciendo con una breve introducción teórica. Se denomina engranaje al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes se pueden clasificar en función de la posición relativa de los ejes entre los que se transmite el movimiento en este módulo encontramos engranajes cilíndricos de dientes rectos y helicoidales cuyos ejes son paralelos.

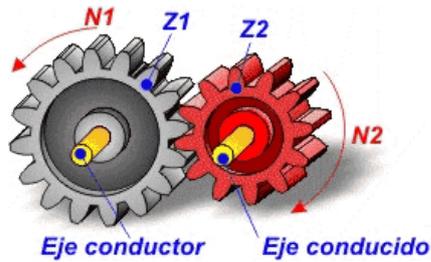


Figura 55. Conjunto engranajes cilíndricos

A la combinación de varios engranajes se le llama trenes de engranajes, los engranajes se encuentran acoplados de tal forma que el elemento conducido de uno de ellos es el conductor del siguiente. Suele definirse como aquella cadena cinemática formada por varias ruedas que ruedan sin deslizar entre sí; o bien como cualquier sistema de ejes y ruedas dentadas que incluya más de dos ruedas. En los trenes de engranajes es importante determinar su relación de transmisión para calcular el movimiento de salida en función del de entrada, es decir, como la velocidad del centro instantáneo de rotación "I" es la misma para las dos ruedas se cumple que;

$$w_1 \times r_1 = w_2 \times r_2$$

De aquí se obtiene la relación de transmisión que será la siguiente;

$$i_{12} = \frac{w_2}{w_1} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{D_1}{D_2}$$

A continuación se va a proceder a la aplicación de esta teoría en nuestro tren de engranajes. Se midieron los dientes y diámetros de los engranajes de estos y se pidió las especificaciones técnicas de nuestro motor reductor, que son los siguientes;

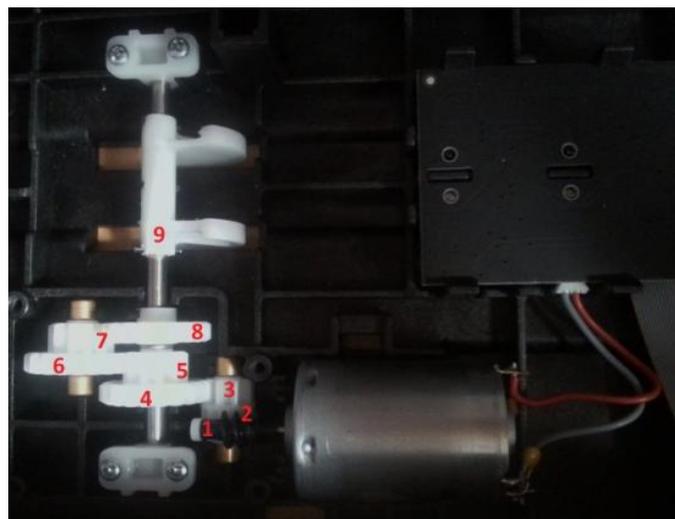


Figura 56. Tren de engranajes real con engranajes numerados

	Z	∅ (mm)
1	3	7,4
2	13	11,20
3	9	11,20
4	20	21,7
5	11	12,8
6	20	21,7
7	11	12,8
8	20	21,7

Tabla 9. Dimensiones engranajes

MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		AT MAXIMUM EFFICIENCY				
	OPERATING RANGE	NOMINAL	SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE	OUTPUT	
			r/min	A	r/min	A	mN·m	g·cm	W
RS-385SH-2270 (*)	6~24	12V CONSTANT	10000	0.20	8170	0.89	7.89	80.5	6.74

Tabla 10. Características motor reductor aportadas por Azkoyen (ANEXO II)

Primero vamos a calcular de la velocidad engranaje 8, o a la salida, para ello partimos de la velocidad que lleva el motor sin carga, y a través de la relación de transmisión del mecanismo hallamos la velocidad de salida que lleva el engranaje 8, se debe tener en cuenta que estamos calculando la relación de transmisión ideal y para calcular la real debemos considerar un de 0,9.

$$i_{18} = \frac{w_8}{w_1} = \frac{w_8}{w_7} * \frac{w_7}{w_6} * \frac{w_6}{w_5} * \frac{w_5}{w_4} * \frac{w_4}{w_3} * \frac{w_3}{w_2} * \frac{w_2}{w_1} = \frac{\pi * D_{conductoras}}{\pi * D_{conducidas}} = \frac{d_7}{d_8} * \frac{d_6}{d_7} * \frac{d_5}{d_6} * \frac{d_4}{d_5} * \frac{d_3}{d_4} * \frac{d_2}{d_3} * \frac{d_1}{d_2} = \frac{d_7}{d_8} * 1 * \frac{d_5}{d_6} * 1 * \frac{d_3}{d_4} * 1 * \frac{d_1}{d_2} = \frac{d_7}{d_8} * \frac{d_5}{d_6} * \frac{d_3}{d_4} * \frac{d_1}{d_2} = \frac{12,8}{21,7} * \frac{12,8}{21,7} * \frac{11,2}{21,7} * \frac{11,2}{7,4} = 0.27179$$

$$i_{18} = \frac{w_8}{w_1} \rightarrow w_8 = i_{18} * w_1 * \eta_t$$

$$w_8 = i_{18} * w_1 = 0.27179 * 10000 * 0.9 = 2446.175 \text{ rpm (sin carga)}$$

$$w_8 = i_{18} * w_1 = 0.27179 * 8170 * 0.9 = 1998.4718 \text{ rpm (máxima eficiencia)}$$

La potencia transmitida de un engranaje a otro se realiza mediante la fuerza que un diente ejerce sobre otro. Dicha fuerza es ejercicio mediante la línea de presión. Si la velocidad de giro de los engranajes se considera constante, la fuerza que se ejerce deber ser también constante.

$$N = M \cdot \omega \rightarrow \frac{N}{\omega} = M$$

Si N es la potencia transmitir:

Suponemos que la potencia a la entrada es igual a la de la salida, calculamos;

$$N_1 = N_8$$

$$M_1 * w_1 = M_8 * w_8$$

$$M_8 = M_1 * \frac{w_1}{w_8} = 7,89 * \frac{10000}{2446.175} = 32.25 \text{ mN*m (sin carga)}$$

$$M_8 = M_1 * \frac{w_1}{w_8} = 7,89 * \frac{8170}{1998.4718} = 32.25 \text{ mN*m (máxima eficiencia)}$$

La potencia de salida que tiene el motor es de 33.25mN*m.

4.1.3. Estudio leva

Las levas son mecanismos compuestos generalmente por un eslabón impulsor llamado “leva” y otro eslabón de salida llamado “seguidor” entre los que se transmite el movimiento por contacto directo. Se caracterizan porque son mecanismos sencillos, poco costosos, que tienen pocas piezas móviles y ocupan espacios reducidos. Además su principal ventaja reside en que se pueden diseñar de forma que se obtenga casi cualquier movimiento deseado del seguidor.

Los mecanismos leva se pueden clasificar teniendo en cuenta cómo son la “leva” y el “seguidor”. En función de la “leva” podemos encontrar; leva de placa, de cuña, cilíndrica y lateral, en función del “seguidor” tenemos seguidor de cuña, de cara plana, de rodillo y de cara esférica o zapata curva.

La leva que integra el depósito stacker consiste en una leva de placa con un seguidor de cara plana. Su funcionamiento se basa en que a través de un motor reductor, se mueve un tren de engranajes que termina en una leva, transmitiéndole un par. La leva a través de su giro al seguidor, que a su vez empuja al billete, para su inserción horizontal en el depósito stacker.

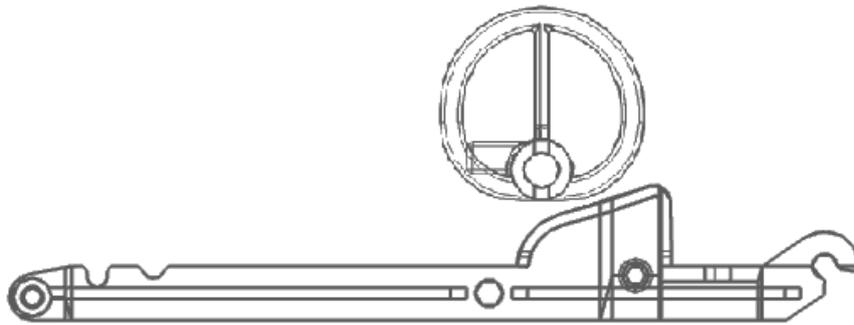


Figura 57. Conjunto placa leva seguidor plano

Tras su identificación y partiendo del perfil de la leva se va a dibujar el diagrama de desplazamiento, para ello dividimos el perfil de la leva en 23 partes proporcionales.

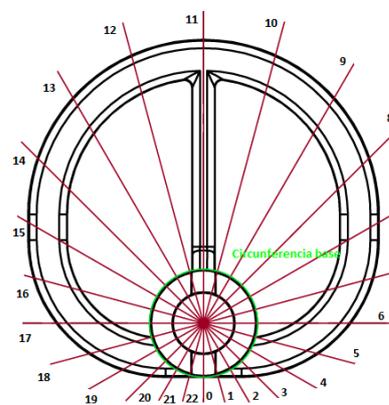


Figura 58. División leva

El siguiente paso es realizar una inversión cinemática haciendo girar el seguidor en sentido contrario al del giro de la leva y dibujándolo en varias posiciones, a partir de ahí se toma la distancia entre el círculo base y el perfil de la leva transportando este al diagrama de desplazamiento.

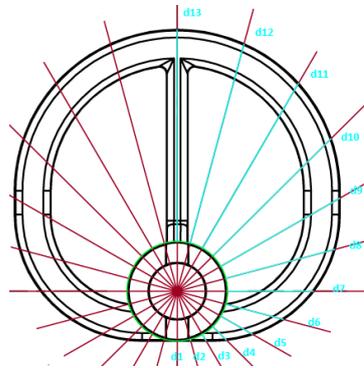


Figura 59. Distancias leva

En la tabla posterior se recogen las distancias tomadas cada 15º entre la circunferencia base y el perfil de la leva utilizadas posteriormente para dibujar el diagrama de desplazamiento.

Grados	Distancia	
0	D1	0
15	D2	0,25154324
30	D3	1,1030544
45	D4	2,76620173
60	D5	5,25126594
75	D6	8,49694492
90	D7	12,264
105	D8	16,1055053
120	D9	19,6011841
135	D10	23,7050528
150	D11	27,3252631
165	D12	29,6015299
180	D13	30,41
195	D14	29,6015299
210	D15	27,3252631
225	D16	23,7050528
240	D17	19,6011841
255	D18	16,1055053
270	D19	12,264
285	D20	8,49694492
300	D21	5,25126594
315	D22	2,76620173
330	D23	1,1030544

Tabla 11. Datos distancias leva

El diagrama de desplazamiento " $y = f(\theta)$ " representa, en el caso más general, la posición del seguidor en función del ángulo girado por la leva. A continuación, se observa el diagrama de desplazamiento de la leva real del dispositivo.

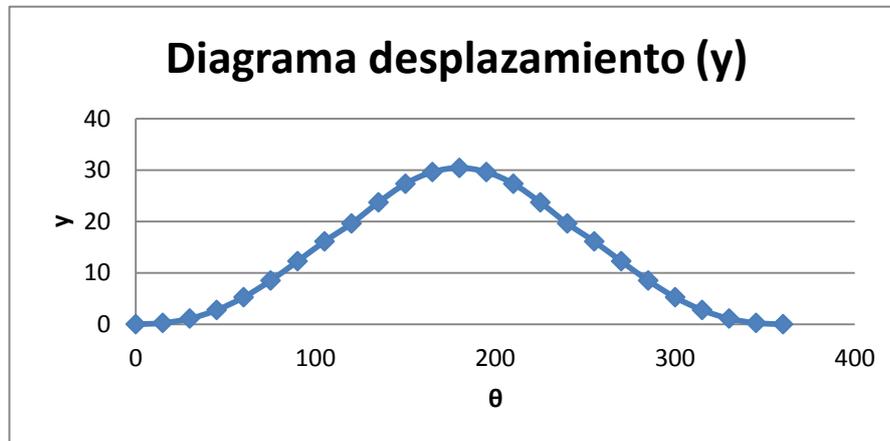


Figura 60. Diagrama desplazamiento leva

A partir del diagrama de desplazamiento podemos calcular el diagrama de la velocidad y la aceleración con la que gira la leva. Para calcular el diagrama de velocidad, se debe hallar la primera derivada (y') que representa la pendiente del diagrama de desplazamiento y para calcular el diagrama de aceleración se debe hallar la segunda derivada que representa la pendiente en el diagrama de velocidad (y'').

$$y' = \frac{f(\theta)}{d(\theta)} \quad y'' = \frac{f^2(\theta)}{d^2(\theta)}$$

No se han calculado ni el diagrama de velocidad ni el de aceleración. Se ha considerado que no es necesario profundizar tanto. Estos diagramas ayudan a comprobar si la leva tiene un buen o mal funcionamiento. Actualmente, esta leva, está integrada en el dispositivo, funciona correctamente y hasta el momento no ha dado ningún problema.

4.2. Estudio y diseño método alisar billetes

En esta segunda parte se va a realizar un estudio y diseño de un método para alisar billetes, que se incorporará previo a su devolución en el módulo transporte.



Figura 61. Módulo transporte

Como se ha detallado en el apartado del funcionamiento, los billetes pasan a través de un módulo lector, que es el encargado de validarlos. Una vez validados los billetes este los envía, a través del módulo transporte, según su valor facial o a los recicladores o al depósito stacker o los no válidos los devuelve.

El problema que se va a resolver en este apartado, se va a centrar en los billetes que se clasifican en los recicladores. Los billetes dentro de los recicladores se encuentran almacenados enrollados, dispuestos unos encima de los otros. Su capacidad máxima es de 50 billetes.



Figura 62. Reciclador

Los billetes que se encuentran almacenados desde el inicio, pueden pasarse dentro de los recicladores semanas e incluso meses. Estos con el paso del tiempo se vician, es decir, se produce una curvatura en su parte longitudinal, generando atascos en el momento de su devolución.

Para solventar este problema, se va a diseñar un método para alisar billetes, siguiendo algunos objetivos marcados por la empresa:

- No realizar grandes modificaciones en las piezas.
- No incrementar su coste en exceso.
- Reutilizar piezas que contiene el dispositivo.
- Conseguir que el billete a su salida salga recto durante 20 o 25 mm.

4.2.1. Búsqueda y análisis de dispositivos similares

A continuación se ha realizado una búsqueda y análisis de dispositivos que realizan la misma función que el presente proyecto.

1. Impresora térmica para tickets, etiquetas, papel...



Figura 63. Ejemplo de impresora térmica para tickets, etiquetas, papel...

Este dispositivo destaca por su capacidad para soportar bobinas térmicas de papel de gran capacidad, dispone de un auto cortador de cizalla, además de un sistemas de protección durante el ciclo de impresión para evitar atascos, presentación del documento en boca de salida y recogido en caso de olvido e información del estado de la impresora en tiempo real.

2. Máquina Aplanadora de Chapas con Cuatro Rodillos o Seis rodillos.

Estas máquinas se utilizan para alisar chapas a través de su paso por unos rodillos dispuestos transversalmente a la chapa, a su paso por ellos la chapa se alinea.



Figura 64. Máquina aplanadora de Chapas con cuatro rodillos

3. Maquina laminadora.

A través del paso de la masa por un rodillo transversal se modifican las características intrínsecas del material para lograr una deformación plástica en su estructura cristalina que permite minimizar su espesor.



Figura 65. Laminadora de fimo

4. Plancha textil:

Trabaja aflojando los vínculos entre las cadenas largas de moléculas de polímero que existen en las fibras del material. Las fibras se estiran y mantienen su nueva forma cuando se enfrían. Esto se logra a través del calor, ya que funciona como una resistencia calentadora con peso.



Figura 66. Plancha vapor UFESA PV1516

5. Máquina de muelles: Rectificación alambre para muelles

Esta máquina es utilizada para la fabricación de muelles, en su proceso hay un método para rectificar alambres a través de su paso por unos rodillos dispuestos transversalmente al alambre.

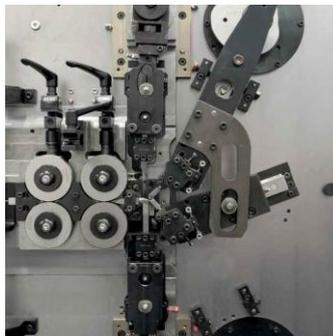


Figura 67. Máquina de muelles

6. Máquina para alisar: para cortar y alisar las cubiertas de los aislamientos de cables

El equipo se utiliza para obtener dos superficies paralelas de la muestra a ensayar y obtener el espesor deseado. También puede utilizarse, una vez troquelada la probeta, para cortar un espesor adicional y eliminar así las eventuales rebabas producidas por el corte del troquel.



Figura 68. JBA InstrumentsBot 699

4.2.2. Brainstorming y selección de ideas

Tras la búsqueda y el análisis de productos similares, se ha realizado un brainstorming, con su posterior selección de ideas que podían encajar en el proyecto.

- **OPCIÓN 1 - Aire caliente:** Se basa en la inserción de aire caliente a través de un dispositivo capaz de soplar aire caliente.
- **OPCIÓN 2 - Humedad:** Consiste en insertar un poco de humedad para que las fibras del billete se aliñen.
- **OPCIÓN 3 - Cilindro que gire en sentido contrario al billete enrollado:**



Figura 69. Esquema opción 3

- **OPCIÓN 4 - Filas de cilindros enfrentadas:** Colocación de dos cilindros en distintas posiciones de manera que ejerza una presión y ayude a estirar el billete.

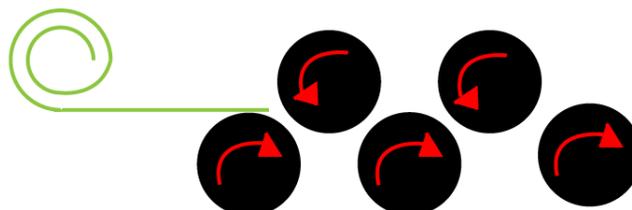


Figura 70. Esquema opción 4

- **OPCIÓN 5** - Rodillo salomónico: Colocación de un rodillo salomónico transversal al billete.

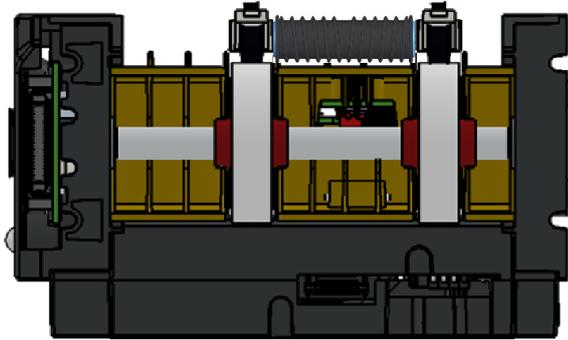


Figura 71. Esquema opción 5 integrado en conjunto

- **OPCIÓN 6** - Pequeñas esferas sensibles: Colocación de pequeñas esferas locas sobre el transporte del dispositivo.

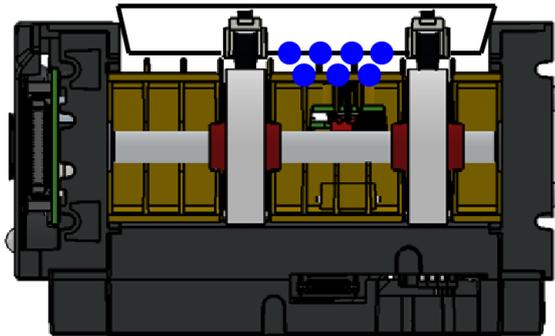


Figura 72. Esquema opción 6 integrado en conjunto

- **OPCIÓN 7** - Valle en V: Modificación de la pieza inferior del transportador, para su devolución a través de su rediseño en forma de valle.

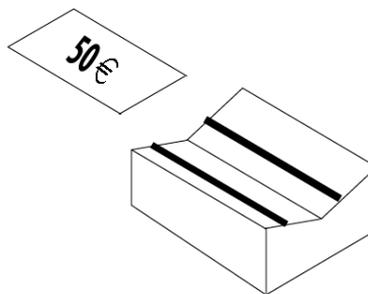


Figura 73. Esquema opción 7

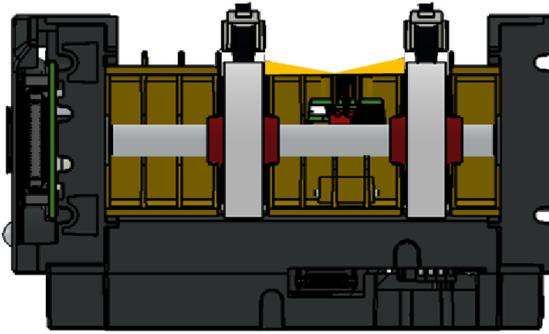


Figura 74. Esquema opción 7 integrado en conjunto

- **OPCIÓN 8** - Añadir nervios de salida: Incorporar a la pieza inferior, por la que se transporta el billete, unos pequeños nervios aprovechando el espacio entre los anteriores.

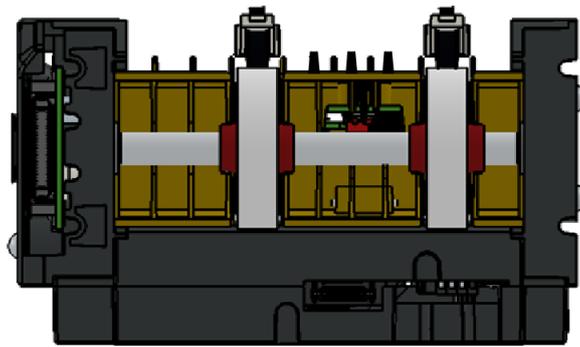


Figura 75. Esquema opción 8 integrado en conjunto

- **OPCIÓN 9** - Eje muelle horizontal: Introducción de una fila transversal en cuyo eje que es un muelle van incorporadas pequeñas esferas fijas. A su vez se colocarían pequeñas esferas sensibles o fijas, en la parte inferior de la pieza por la que se transportan los billetes.

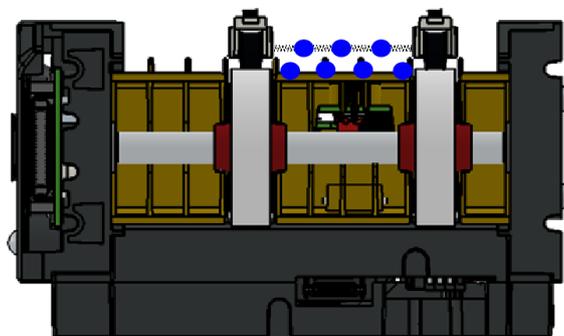


Figura 76. Esquema opción 9 integrado en conjunto

- **OPCIÓN 10 – Eje muelle vertical.** Integración de un eje con 3 ruedas transversal al billete, conservando cavidad donde se ubica clic, muelle, y rueda, encargada de dirigir al billete a través de su fricción con la correa.

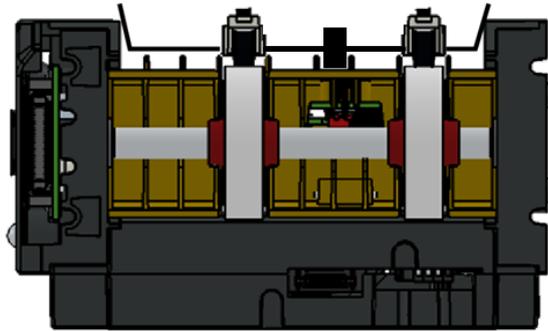


Figura 77. Esquema opción 10 integrado en conjunto

Tras el brainstorming, se ha realizado una selección de las ideas y a priori se han descartado las siguientes;

- OPCIÓN 1: Se ha descartado porque el billete pierde el apresto original.
- OPCIÓN 2: Se ha descartado ya que insertar humedad podría dañar el dispositivo y además como en la opción 1 el billete pierde su apresto.
- OPCIÓN 7: Se ha descartado ya necesita que las fibras se muevan transversal y longitudinalmente, con esta propuesta sólo se modificarían longitudinalmente.
- OPCIÓN 8: Se ha descartado ya que los nervios que se iban a incorporar no modificarían nada el billete.

4.2.3. Prototipos

A partir de las opciones anteriores, se han diseñado dos prototipos. Ambos se han fabricado e intentado implementar dispositivo, para a través de ellos observar los efectos se producen y seleccionar el más adecuado.

Los prototipos se han diseñado en 3D, en SolidWorks y fabricado con la máquina de sintetizado Formiga P100 EOS, que posee la universidad.

4.2.3.1. Prototipo 1

Se ha diseñado un primer prototipo teniendo en cuenta las ideas propuestas señaladas en el anterior punto. Este prototipo consta de un conjunto soporte, manivela y ejes adaptables. Los ejes se disponen fijados a unas guías adaptables de desde 1 mm entre centros, además nos brinda la posibilidad de cambiar los ejes incorporando esferas de diferentes tamaños y en diferentes posiciones. En principio se han diseñado dos ejes que contienen de 3 a 2 esferas iguales solidarias con el eje.

Su funcionamiento es manual, está basado en la inserción del billete por medio de los ejes, y a través de la manivela darle vueltas en sentido opuesto al billete, produciéndose a su pasado una deformación longitudinal y transversal en este.

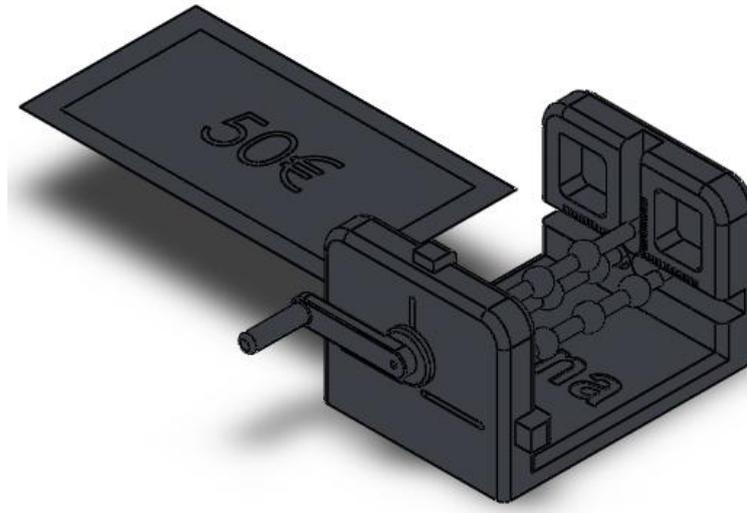


Figura 78. Prototipo 1 en 3D

Tras su diseño en 3D se ha fabricado a través de la máquina de sintetizado Formiga P100 EOS y se ha realizado su ensamblaje manualmente. El resultado es el siguiente;

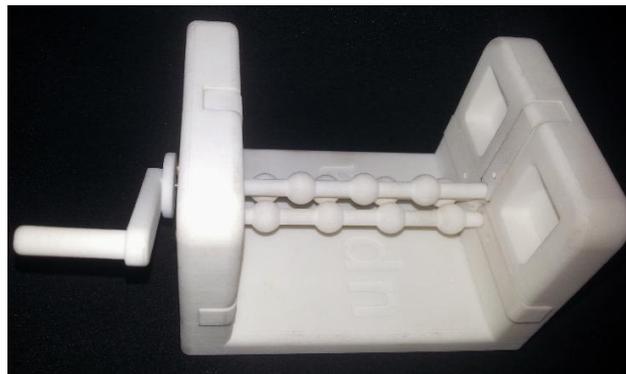


Figura 79. Prototipo 1 real

Una vez realizado su montaje se le han realizado unas pruebas para comprobar si este método podría ser eficaz. Tras las pruebas realizadas se han obtenido resultados muy interesantes, ya que se consigue reducir en hasta un 70% la curvatura del billete enrollado.

Para su implementación se ha realizado un análisis observando piezas que se deben modificar:

- Tapa inferior, pieza 11042931.



Figura 80. Pieza 11042931

- Alojamiento inferior intermedio, pieza 11042831.

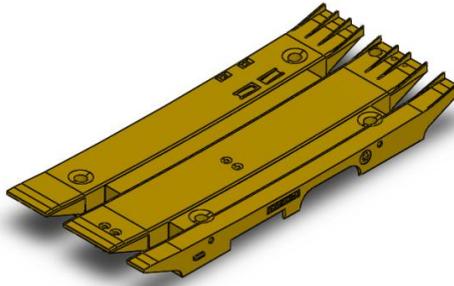


Figura 81. Pieza 11042831

Su modificación debe ser lo más simple posible, ya que no debe suponer un coste muy elevado y además debe cumplir los requisitos nombrados anteriormente. Para conseguir que los ejes tengan movimiento y que el billete sea transportado en este se han estudiado dos posibilidades, siendo las siguientes;

- Engranajes: Incorporación en uno de los extremos de los ejes un pequeño tren de engranajes aprovechando el movimiento de los ejes de las correas mueva estos. Esta posibilidad daría problemas debido a su:
 - Dificultad de incorporar.
 - Poco espacio del que se dispone
 - Tapa inferior, pieza 11042931, debe abrirse para resolver atascos (según manual Cashlogy).
- Esferas locas: Incorporación de pequeñas esferas sensibles en ambas piezas, para ello tendríamos que realizar pequeños cortes con un diámetro menos a las esferas en estas piezas.

Tras una reunión con la empresa se ha descartado este prototipo, ya que aunque los resultados conseguidos son muy buenos, su implementación es complicada.

4.2.3.2. Prototipo 2

Siguiendo todos los requisitos definidos al inicio de este punto, se ha llevado a cabo un diseño de un segundo prototipo, basado en la opción 10 propuesta en el brainstorming. Este conjunto de piezas añadidas se ha integrado directamente en el dispositivo, por lo que previamente se han estudiado las piezas que deben modificarse.

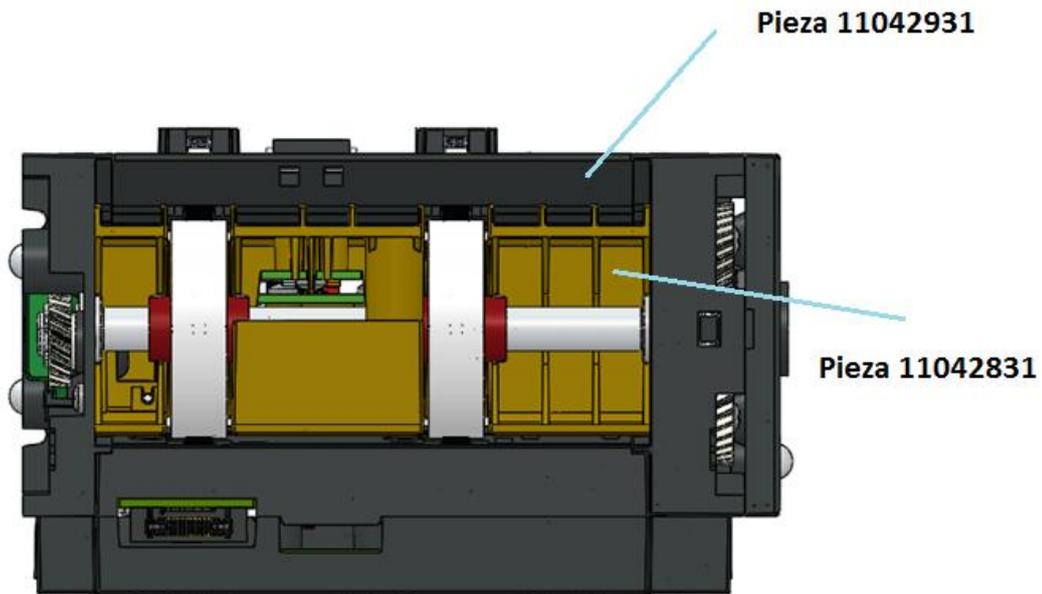


Figura 82. Piezas que deben modificarse en el módulo transporte (conjunto 41222821)

Tras el análisis de este módulo, se ha comenzado con el diseño del segundo prototipo. Primeramente se ha determinado su ubicación, siendo está a la salida del billete en donde inicialmente se encuentran las ruedas que dirigen el billete a través la fricción con la correa.

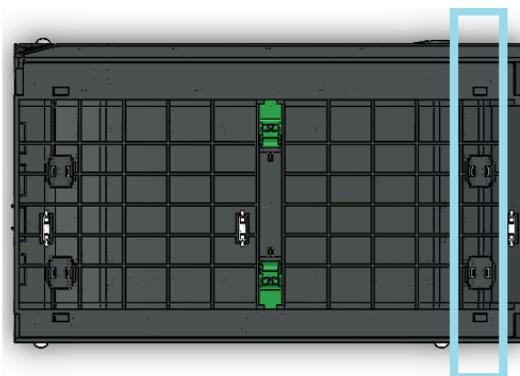


Figura 83. Ubicación eje en conjunto 41222821

El paso posterior ha sido crear un eje transversal a la pieza 11042931, con posibilidad para incorporar 3 ruedas;

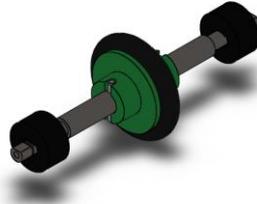


Figura 84. Eje con 3 ruedas

- Ruedas laterales (2), solidarias al eje, intentando conservar la pieza 12018000, 11038582 y conservando las dimensiones de la pieza 11038571.

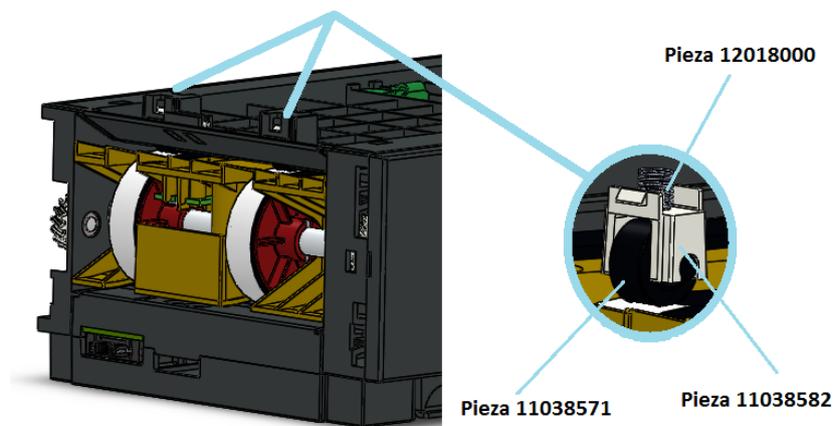


Figura 85. Esquema conjunto 41222821

- Rueda central (1), solidaria o deslizante, con la posibilidad de intercambiarse con ruedas de diferentes tamaños.

Para la incorporación del eje con sus ruedas se ha realizado un corte en la pieza 11042931, de manera que se ha dejado un hueco para poner el eje conservando la cavidad en la que se encontraban en las ruedas que dirigían el billete a través de la fricción con las correas.

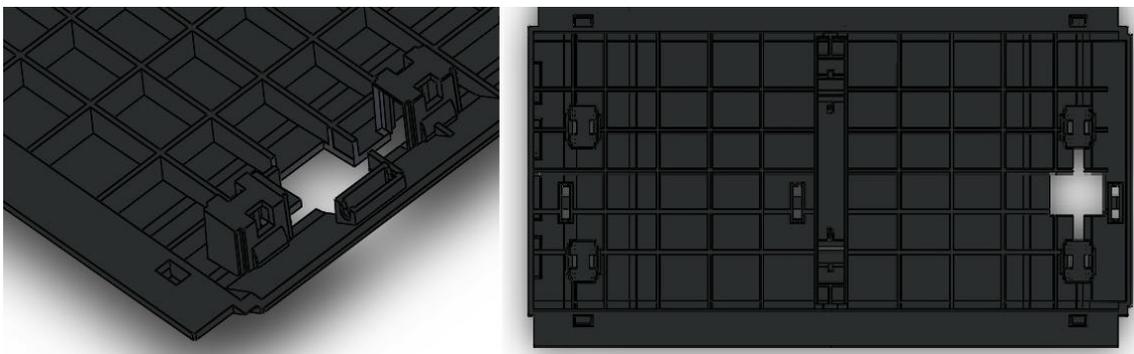


Figura 86. Pieza 11042931 modificada

Además para su incorporación se han realizado una serie de rediseños para la pieza 11042831, distinguiendo 3 tipos de piezas.

1. Sin modificaciones.
2. Con hendidura en forma de casquete esférico, para ruedas de diámetro grande.

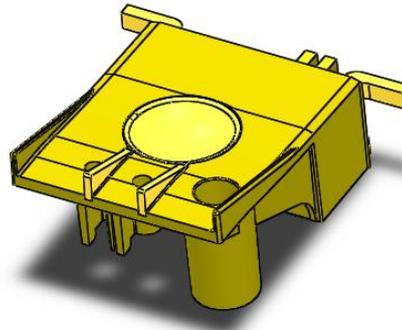


Figura 87. Pieza 11042831 modificada + cortada en 3D

3. Con asiento, para ruedas de diámetro pequeño.

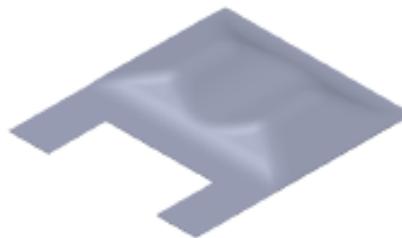


Figura 88. Asiento en 3D

El siguiente paso ha sido proponer una serie de opciones, para su posterior testeo, las opciones propuestas son las siguientes:

OPCIÓN 1: Dejar loca la rueda central utilizando la pieza 11045060, contenida en el módulo lector.

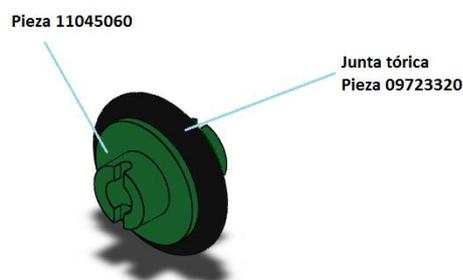


Figura 89. Conjunto pieza 11045060 + 09723320

Esta pieza brinda la posibilidad de que al estar diseñada para incorporar en ella juntas tóricas por lo que podemos jugar con el tamaño de esta para sus posteriores pruebas.



Figura 90. Pieza 11045060 + eje

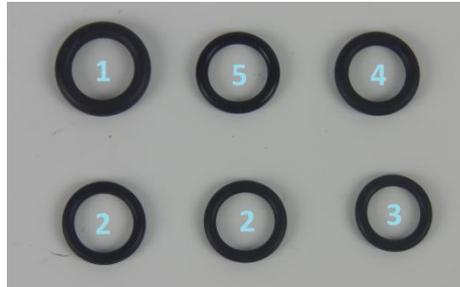


Figura 91. Conjunto de juntas tóricas

	Diámetro exterior	Diámetro interior	Grosor
1	20	13,15	3,5
2	16,7	11	2,3
3	16	12,6	2,3
4	17,8	12,9	3
5	17,3	12	2,5

Tabla 12. Dimensiones juntas tóricas

Para su integración en el sistema es necesario colocar la pieza 11042831 en forma de casquete esférico.

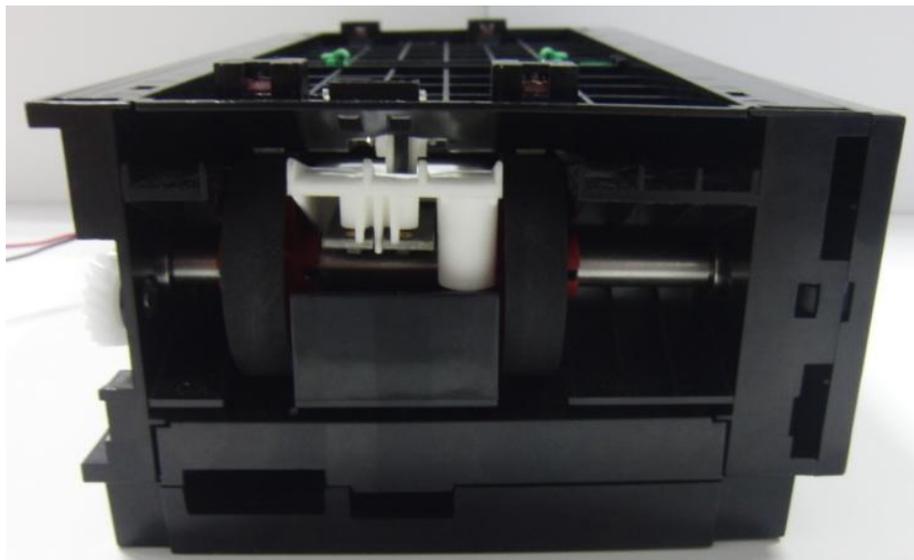


Figura 92. Implementación opción 1

OPCIÓN 2: Probar con distintas ruedas.

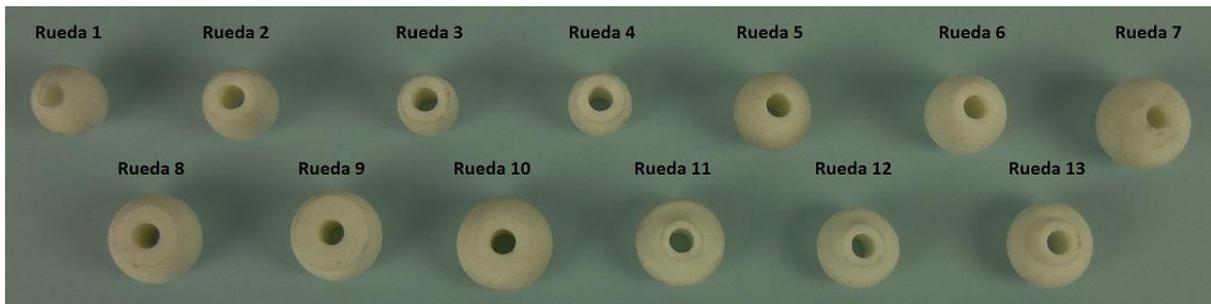


Figura 93. Ruedas de diversos tamaños.

Se han prototipado diferentes ruedas centrales de distintas dimensiones, a continuación se detallan con más precisión las distintas ruedas.

- Rueda 1:

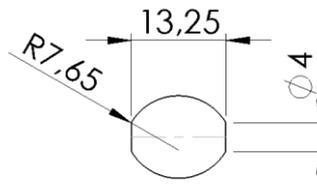


Figura 94. Dimensiones rueda 1

Para su implementación ha sido necesaria la colocación de la pieza 11042831 con asiento diseñada previamente.

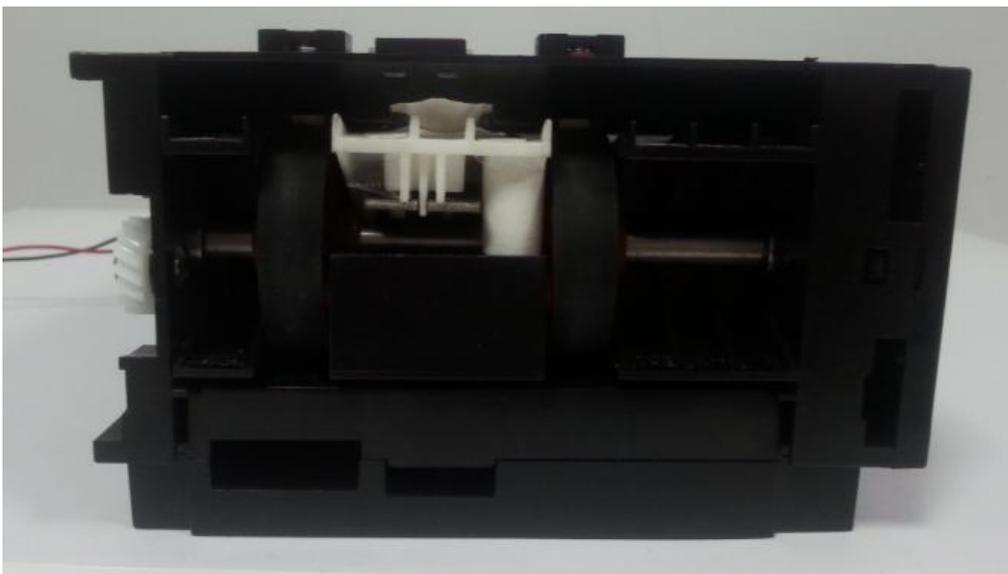


Figura 95. Implementación en el dispositivo rueda 1

- Rueda 2:

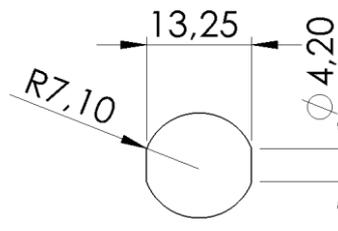


Figura 96. Dimensiones rueda 2

En la imagen inferior se observa la integración de la rueda 2 en el dispositivo, para la cual no sería necesario realizar ninguna modificación en la pieza 11042831.

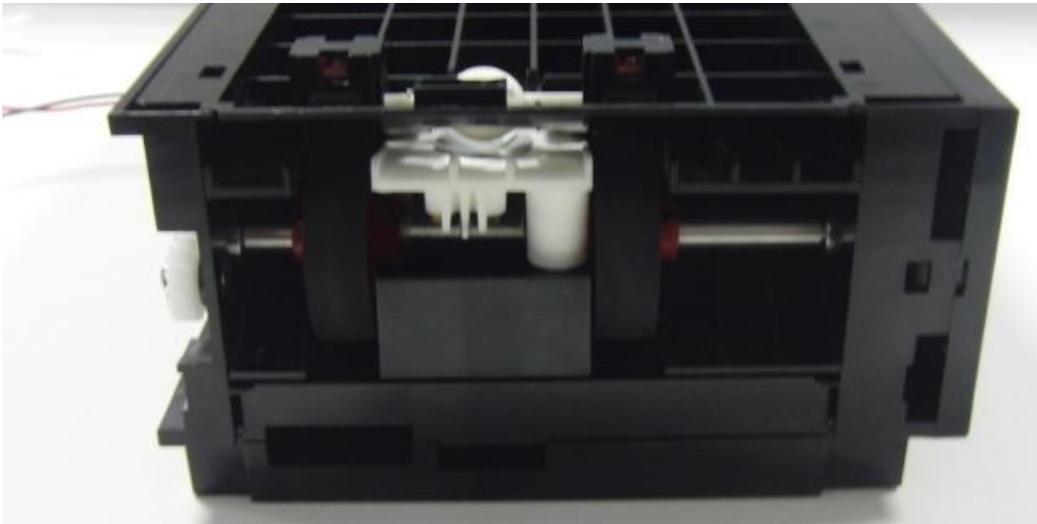


Figura 97. Implementación en el dispositivo de la rueda 2

- Rueda 3:

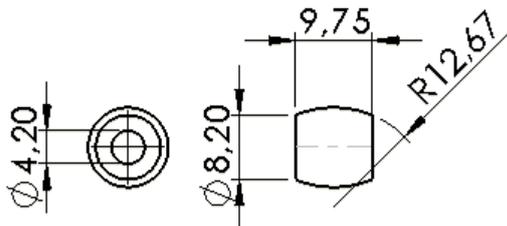


Figura 98. Dimensiones rueda 3

En la integración de la rueda 3 en el dispositivo ha sido necesaria la colocación del asiento que hemos diseñado previamente para ruedas de menor diámetro.

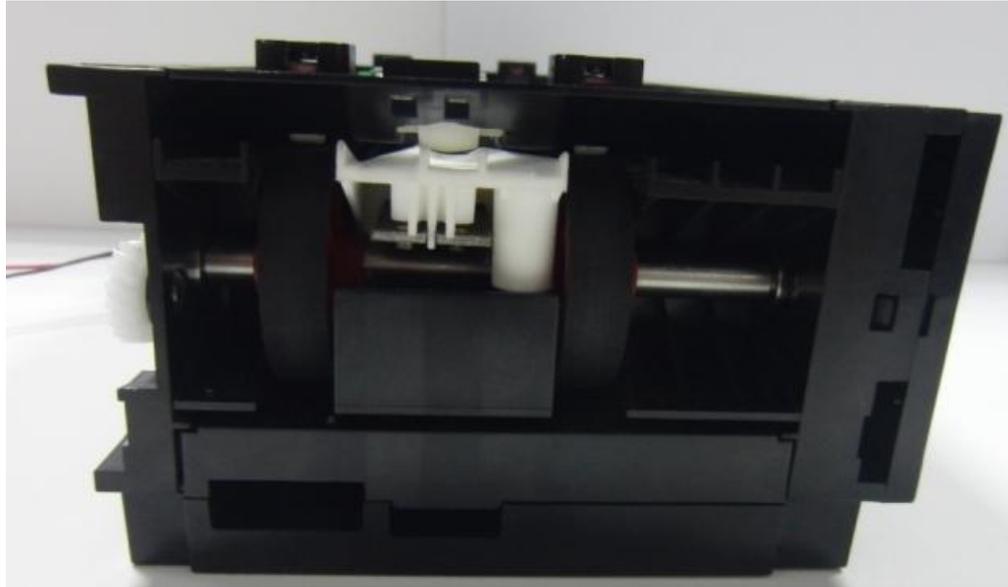


Figura 99. Implementación en el dispositivo rueda 3

- Rueda 4:

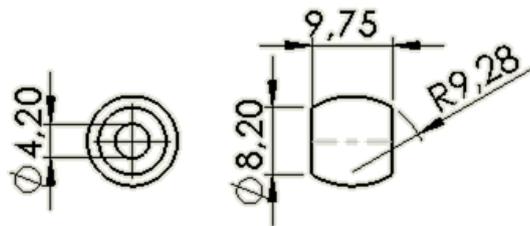


Figura 100. Dimensiones rueda 4

Para la implementación de la rueda 4, ha sido necesaria la colocación de la pieza previamente con asiento definido anteriormente.

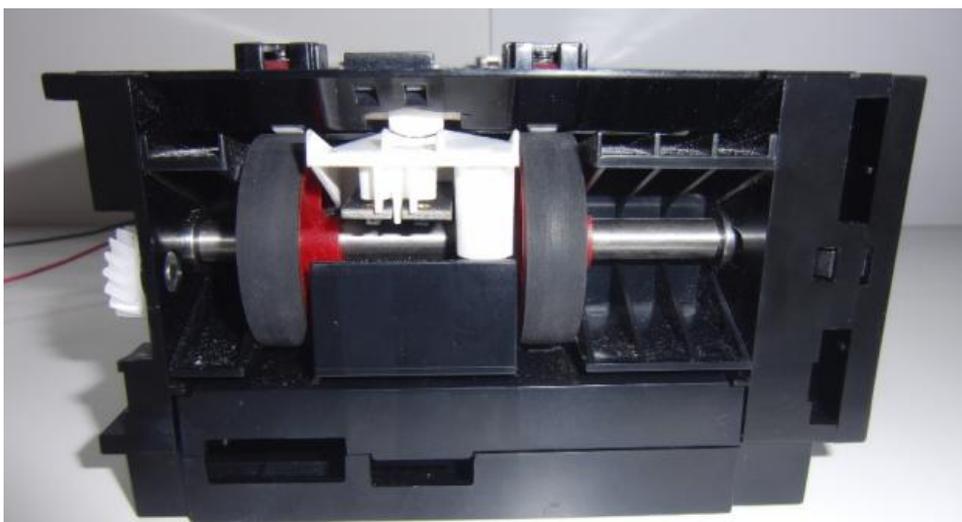


Figura 101. Implementación en el dispositivo rueda 4

- Rueda 5:

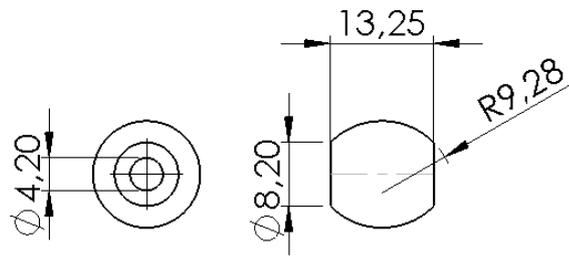


Figura 102. Dimensiones rueda 5

La rueda 5 se ha integrado en el dispositivo de dos formas:

- Con el asiento en la pieza previamente en el que se produce un rozamiento siendo no válido para test.
- Sin modificación en la pieza 11042831, válida para el test posterior.

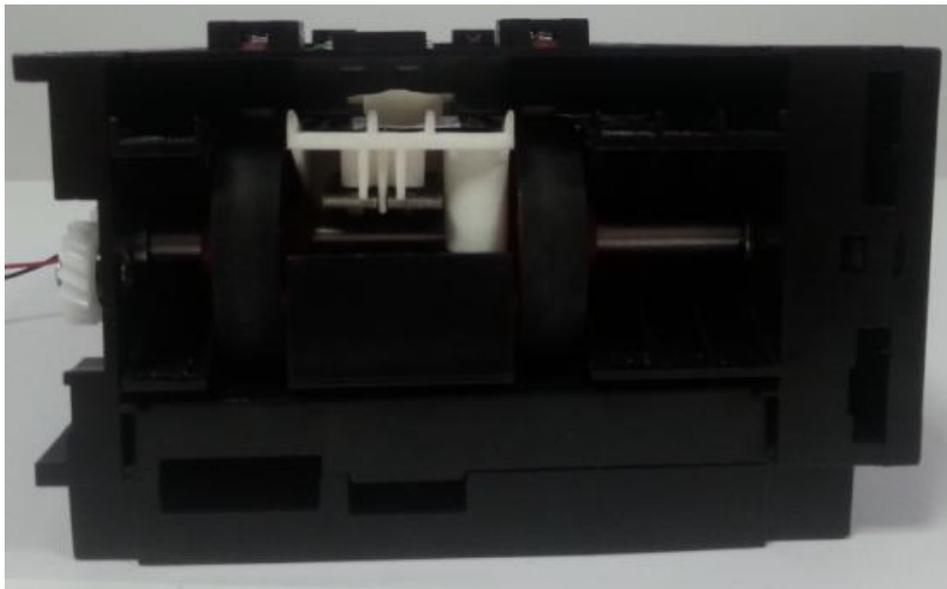


Figura 103. Implementación en el dispositivo rueda 5

- Rueda 6:

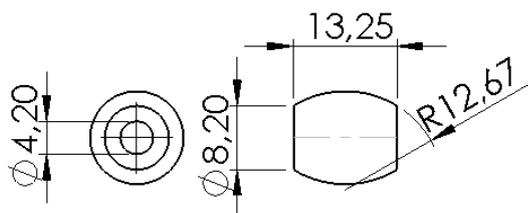


Figura 104. Dimensiones rueda 6

Su integración ha consistido en la colocación de la rueda 6, sin necesidad de modificación alguna en la pieza 11042831.

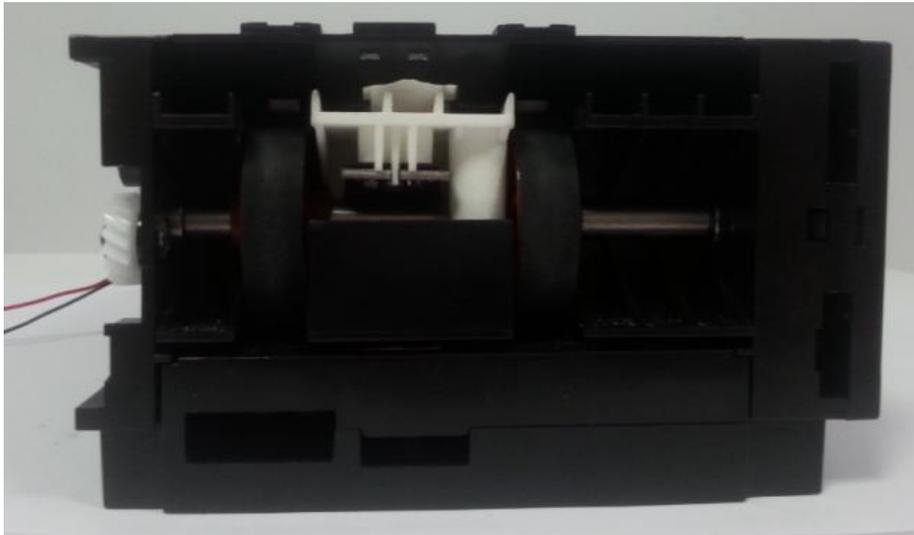


Figura 105. Implementación en el dispositivo rueda 6

- Rueda 7:

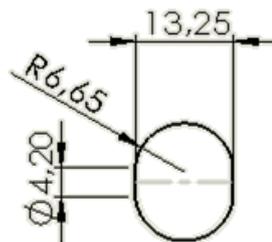


Figura 106. Dimensiones rueda

Para crear mayor rozamiento se ha revestido la rueda 7 con una capa de 2 mm de cinta aislante, y además se ha colocado la pieza 11042831 con una hendidura en forma de casquete esférico.

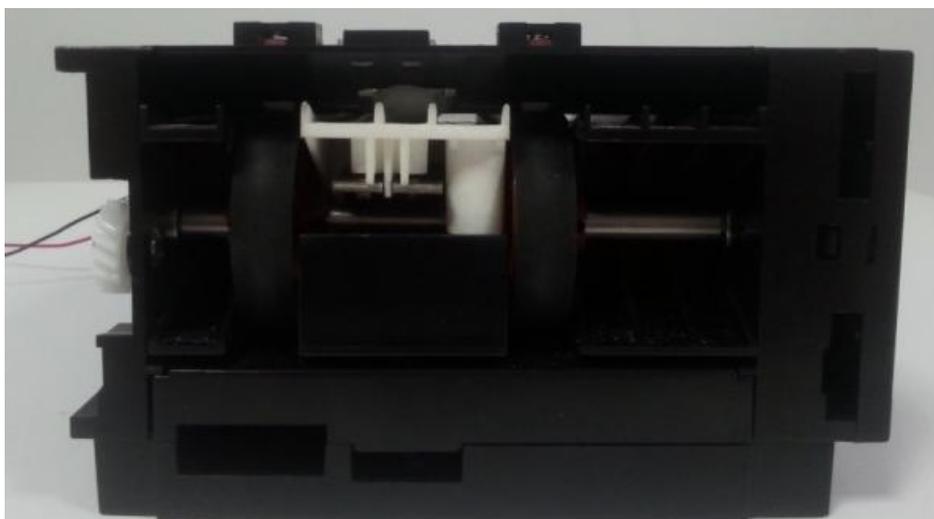


Figura 107. Implementación en el dispositivo rueda 7

- Rueda 8:

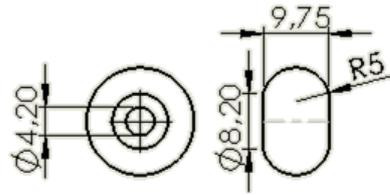


Figura 108. Dimensiones rueda 8

La integración de la rueda 8 ha consistido en la colocación de esta junto con la pieza 11042831 con una hendidura en forma de casquete esférico.



Figura 109. Implementación en el dispositivo rueda 8

- Rueda 9:

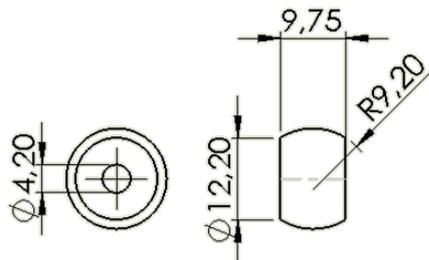


Figura 110. Dimensiones rueda 9

Como en la rueda 7, para crear mayor rozamiento se ha revestido la rueda con una capa de 2 mm de cinta aislante, y además se ha colocado la pieza 11042831 con una hendidura en forma de casquete esférico.

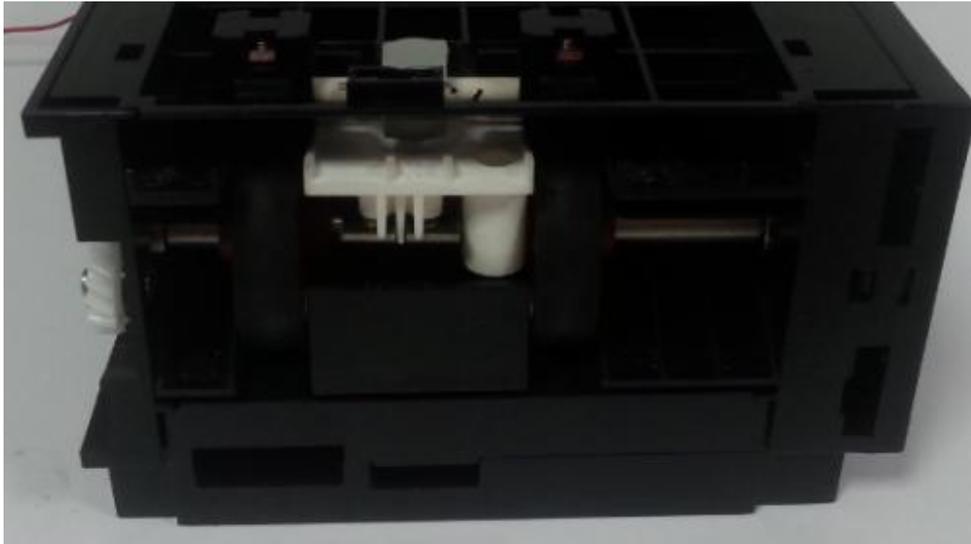


Figura 111. Implementación en el dispositivo rueda 9

- Rueda 10:

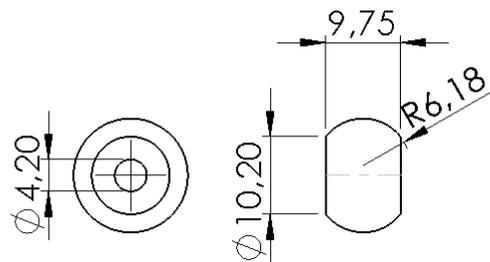


Figura 112. Dimensiones rueda 10

En la integración de la rueda 10 en el dispositivo ha sido necesaria la colocación de la pieza 11042831 con una hendidura en forma de casquete esférico.

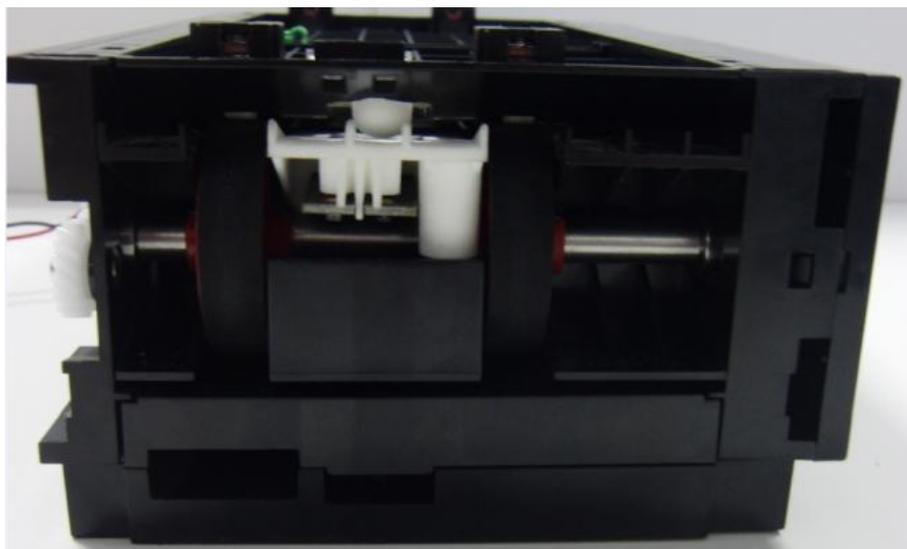


Figura 113. Implementación en el dispositivo rueda 10

- Rueda 11:

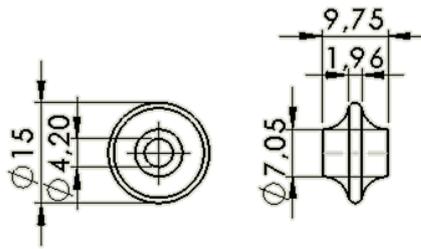


Figura 114. Dimensiones rueda 11

Para la implementación de la rueda 4, ha sido necesaria la colocación de la pieza previamente con asiento definido anteriormente.

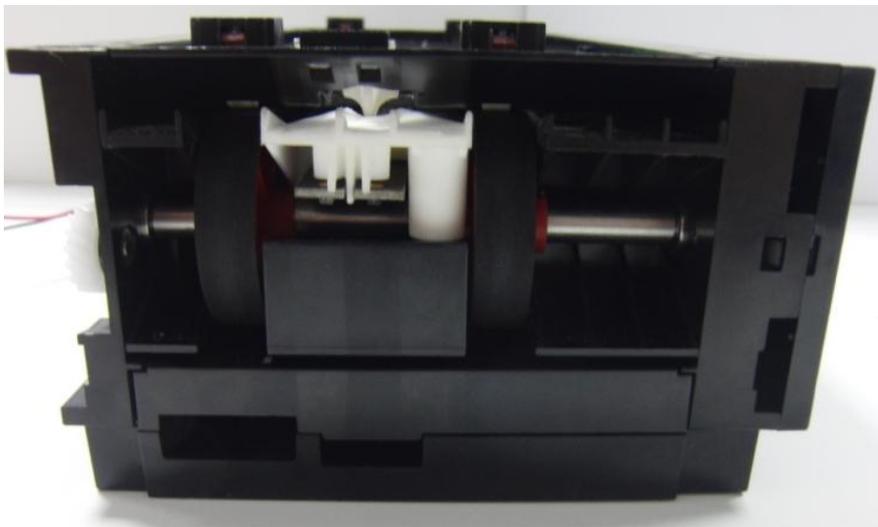


Figura 115. Implementación en el dispositivo rueda 11

- Rueda 12

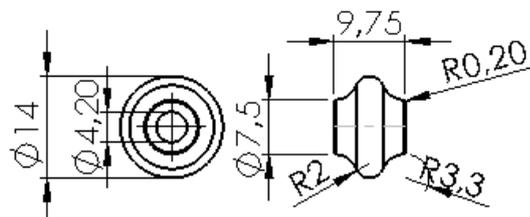


Figura 116. Dimensiones rueda 12

Para la integración de la rueda 12 en el sistema es necesario colocar la pieza 11042831 definida anteriormente como con hendidura en forma de casquete esférico.

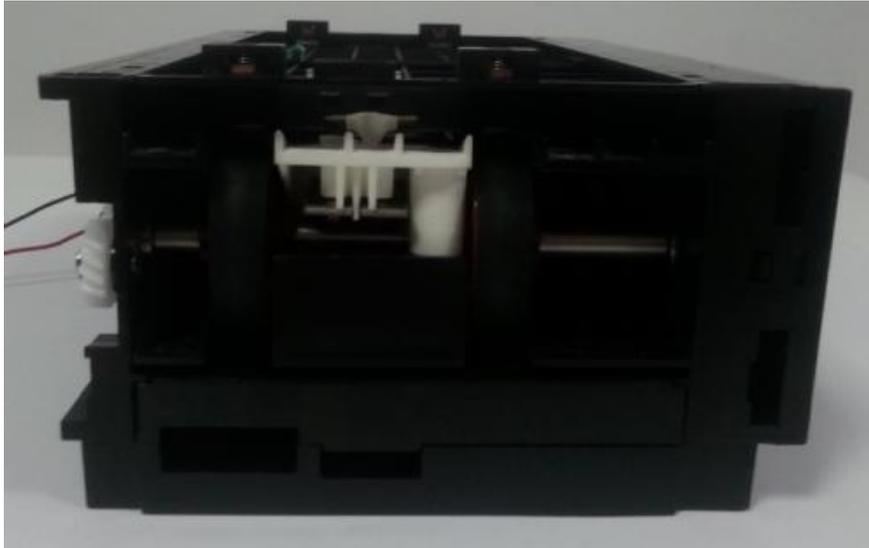


Figura 117. Implementación en el dispositivo rueda 12

- Rueda 13:

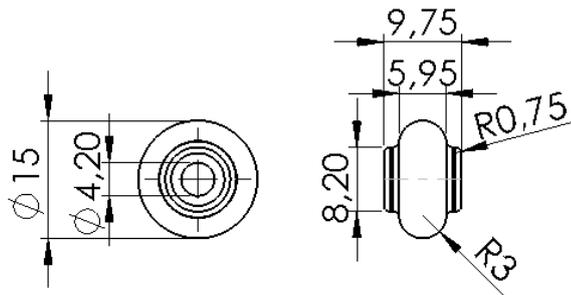


Figura 118. Dimensiones rueda 13

En la imagen inferior se observa la integración de la rueda 13 en el dispositivo, para la cual es necesario colocar la pieza 11042931 modificada en forma de casquete esférico.

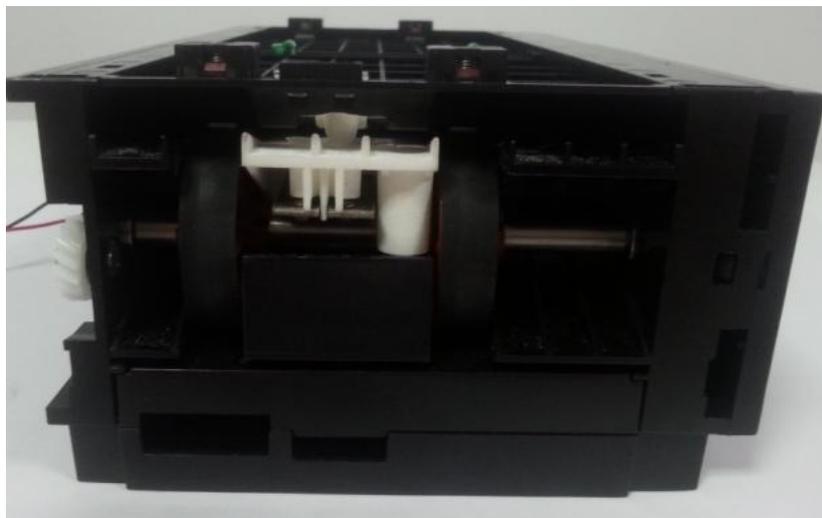


Figura 119. Implementación en el dispositivo rueda 13

OPCIÓN 3: Colocación de 3 ruedas de igual diámetro a las laterales de forma que debemos diseñar un asiento nuevo.

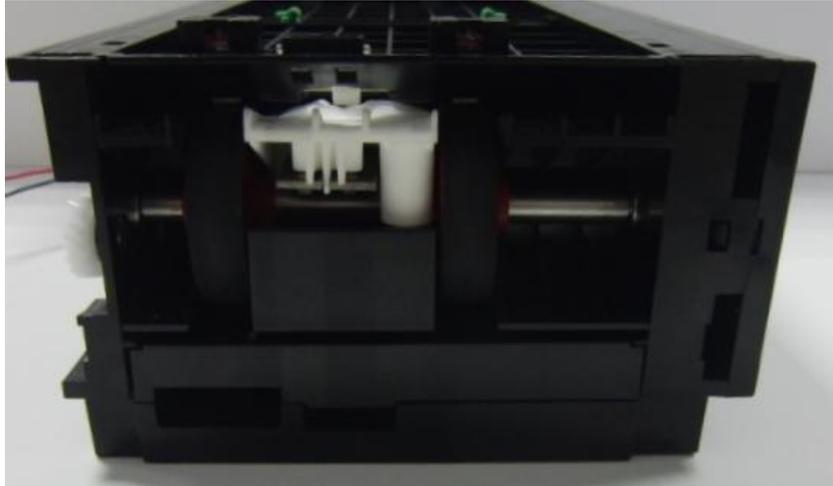


Figura 120. Implementación opción 3 en el dispositivo

OPCIÓN 4: Rueda lisa de diámetro 14 con diferentes juntas tóricas.

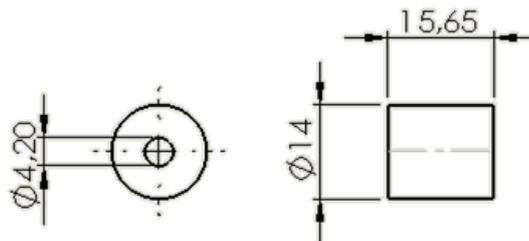


Figura 121. Rueda opción 4

Para su implementación se ha utilizado la pieza 11042931 modificada con una hendidura. Además se han quitado los muelles, pieza 12018000, ya que si no se producía mucho rozamiento y el dispositivo no funcionaba.

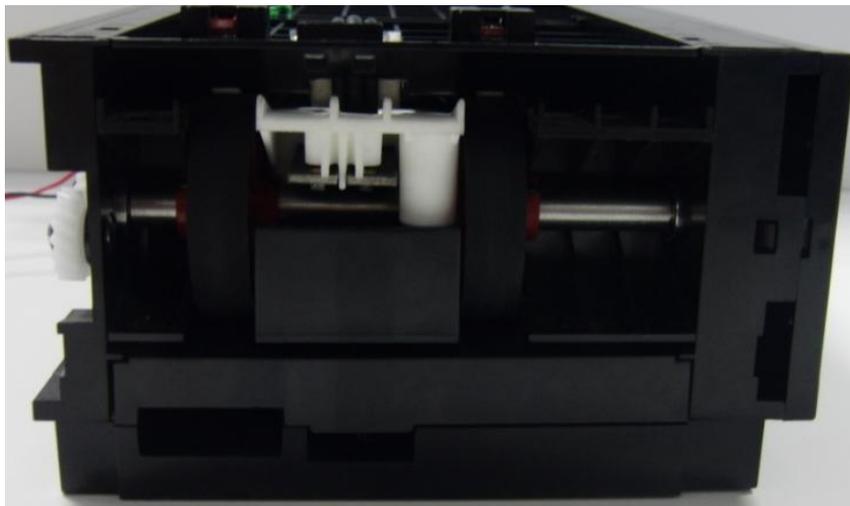


Figura 122. Implementación opción 4 en el dispositivo

Se han realizado dos pruebas con una composición diferente de juntas tóricas, que son las siguientes;

PRUEBA 1	Diámetro exterior	Diámetro interior	Grosor
2	16,7	11	2,3
4	17,8	12,9	3
2	16,7	11	2,3

Tabla 13. Dimensiones juntas tóricas prueba 1

PRUEBA 2	Diámetro exterior	Diámetro interior	Grosor
2	16,7	11	2,3
1	20	13,15	3,5
2	16,7	11	2,3

Tabla 14. Dimensiones juntas tóricas prueba 2

Test curvatura + Resultados

Para determinar su validez se ha realizado un test de curvatura. En este test se ha medido la curvatura del billete enrollado antes de pasar por el dispositivo y después de haber pasado, se han tomado valores y se han comparado los resultados viendo cuales son los más favorables.

OPCIÓN 1

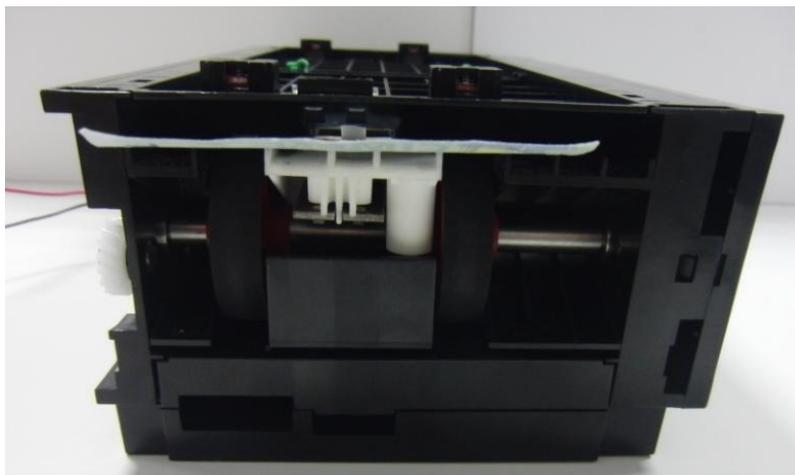


Figura 123. Salida del billete a su paso por el modulo transporte con opción 1 integrada

¡NO VÁLIDA! Deja una hendidura en el billete.

OPCIÓN 2

Test:

Rueda	Inicial 1	Final 1	Incremento	Inicial 2	Final 2	Incremento	Inicial 3	Final 3	Incremento	Incremento Total
1	52,71	28,59	45,75981787	49,29	18,74	61,9801177	47,79	17,15	64,1138313	57,28458896
2	24,48	11,7	52,20588235	24,05	14,06	41,5384615	20,06	10,45	47,9062812	47,21687502
3	50,79	35,88	29,35617247	47,24	38,44	18,6282811	42,18	29,87	29,1844476	25,72296707
4	35,2	14,12	59,88636364	48,76	23,98	50,8203445	46,2	23,67	48,7662338	53,15764732
5	22,65	17,15	24,28256071	27,24	21,1	22,5403818	25,23	23,77	5,78676179	17,5365681
6	27,21	16,25	40,27930908	31,08	19,35	37,7413127	23,76	14,89	37,3316498	38,45075722
7	30,64	3,13	89,7845953	26,67	5,16	80,6524184	29,41	7,16	75,6545393	82,03051767
8	32,49	5,56	82,88704217	21,6	4,1	81,0185185	21,99	7,17	67,3942701	77,0999436
9	21,59	6,16	71,46827235	23,41	8,33	64,4169158	28,41	9,38	66,9834565	67,62288158
10	27,77	8,04	71,04789341	27,19	3,54	86,9805075	39,75	12,53	68,4779874	75,50212946
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
12	35,5	18,08	49,07042254	33,48	20,42	39,0083632	32,22	15,66	51,396648	46,49181126
13	23,97	13,34	44,34710054	32,58	14,25	56,2615101	26,84	12,04	55,1415797	51,91673013

Tabla 15. Datos obtenidos a partir de las distintas ruedas

Resultados no válidos (ruedas descartadas):

- Rueda 5: ¡NO VÁLIDA! Con la incorporación del asiento se produce mucho rozamiento y el billete no pasa. Sin embargo sin asiento el billete pasa sin experimentar cambio alguno. Las pruebas se han realizado sin asiento y el incremento de la reducción de la curvatura es de un 17,63%
- Rueda 11: ¡NO VÁLIDA! Con la incorporación del asiento se produce mucho rozamiento y el billete no pasa. Sin embargo sin asiento el billete pasa sin experimentar cambio alguno, por ello no se han tomado datos.
- Rueda 12: ¡NO VÁLIDA! Deja una línea paralela a la longitud del billete.

Una vez descartados las ruedas no válidas se van a comparar los resultados con favorables, primero realizamos una criba eliminando las ruedas donde su incremento total es menor de un 50%, entre ellas:

- Rueda 2: Consigue alisar el billete solo en un 47,2%.
- Rueda 3: Consigue alisar el billete solo en un 25,72%.
- Rueda 6: Consigue alisar el billete solo en un 38,45%.

A continuación observando los efectos que produce en el billete se van a descartar otras;

- Rueda 1: El resultado es bastante favorable, conseguimos alisar en un 57,28% el billete, pero su inconveniente es que deja una arruga bastante pronunciada en la cara del billete esta puede deberse al rozamiento con el asiento.
- Rueda 7: Esta rueda es la que mejor reduce la curvatura del billete enrollado, pero al estar revestida de cinta aislante no es muy fiable.
- Rueda 10: Al igual que la rueda 7, esta rueda ofrece muy buenos resultados, su recubrimiento no es fiable.
- Rueda 13: Consigue alisar el billete en un 51,9%, el resultado obtenido no es malo, lo que ocurre es que deja una pequeña arruga transversal al billete.

Tras esta selección las ruedas válidas para integrar en nuestro dispositivo son la rueda 4, rueda 8 y rueda 9.

OPCIÓN 3

- Asiento 1: ¡NO VÁLIDA! Deja una hendidura de 5.6 longitudinal al billete.
- Asiento 2:

Test:

Inicial 1	Final 1	Incremento	Inicial 2	Final 2	incremento	Inicial 3	Final 3	Incremento
44,02	34,03	22,6942299	40,94	36,73	10,2833415	33,86	30,09	11,1340815

Tabla 16. Datos obtenidos para test de curvatura en el asiento

Resultado: ¡NO VÁLIDA! Consigue alisar el billete solo en un 11,13%.

OPCIÓN 4

Test:

	Inicial 1	Final 1	Incremento	Inicial 2	Final 2	Incremento	Inicial 3	Final 3	Incremento	Incremento Total
Prueba 1 (2-4-2)	40,39	3,26	91,9287	32,53	8,46	73,993237	44,81	11,87	73,5103771	79,81076979
Prueba 2 (2-1-2)	33,57	1,2	96,42538	33,52	4,83	85,5906921	-	-	-	91,00803596

Tabla 17. Datos obtenidos del test para opción 4

Resultados:

- Prueba 1: ¡NO VÁLIDA! Al paso del billete se crea una arruga.
- Prueba 2: ¡NO VÁLIDA! Al paso del billete se crea una arruga muy pronunciada.

La arruga es debida a que la velocidad lineal del punto de contacto del billete en los laterales, es decir en las correas, es muy diferente a la velocidad lineal en el punto de contacto con el billete. Por lo que si los radios de las ruedas laterales y de la rueda central son muy diferentes se produce un deslizamiento y lo arruga.

4.2.4. Selección idea

Para la selección de la idea final se ha tenido una última reunión con la empresa, en la que se le ha presentado el prototipo 2 con sus opciones destacando los resultados favorables obtenidos para opción 2, en la rueda 4, 8 y 9.

Para la elección final se ha tenido en cuenta, además de los resultados obtenidos anteriormente con el test de curvatura, el efecto que tiene el billete tras su paso, ya que debe tener un efecto recto durante los primeros unos 20 o 25 mm del billete. Esta última condición ha sido la que ha llevado a seleccionar la rueda 4.

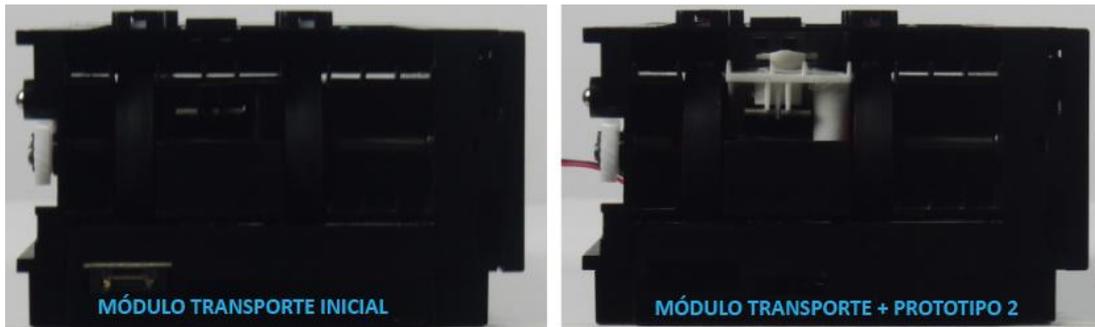


Figura 124. Comparativa módulo transporte

A continuación se adjuntan unas imágenes en las que se observa el efecto que se crea en el billete comparando la idea con la selección final.

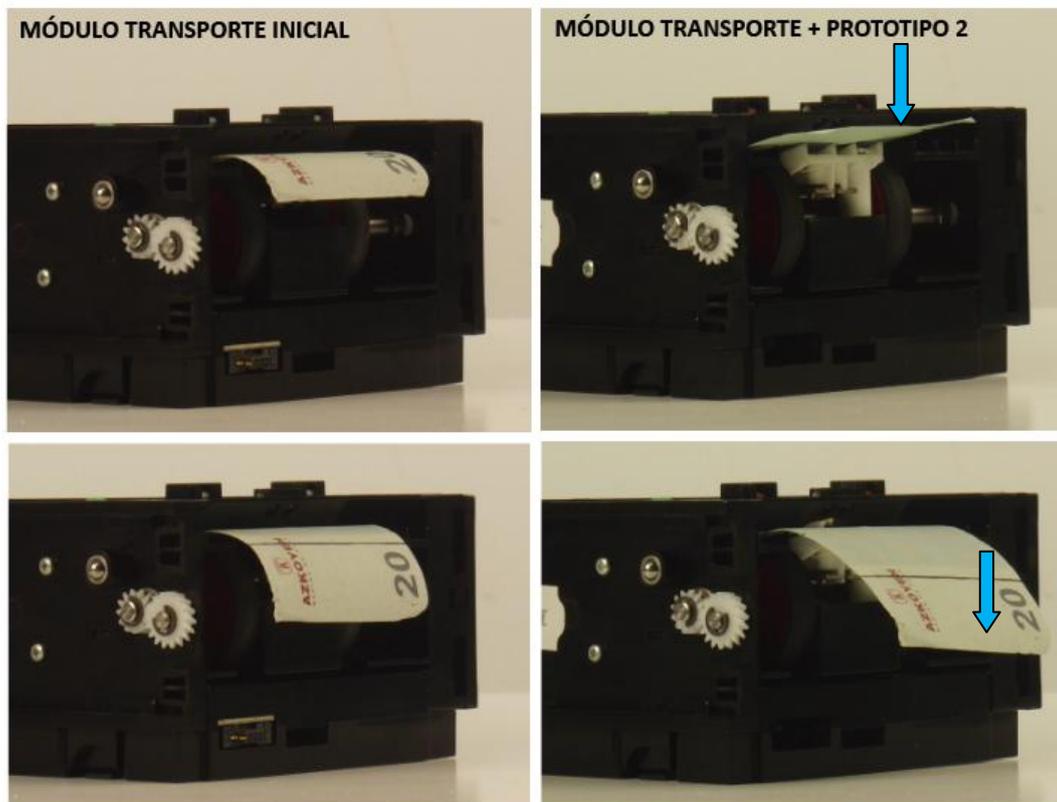


Figura 125. Comparativa efecto billete

Las piezas nuevas que se han diseñado serán fabricadas en policarbonato.

Con este método se ha conseguido:

- No realizar grandes modificaciones en las piezas.
- No incrementar el coste del dispositivo en exceso.
- Reutilizar piezas que contiene el dispositivo.
- Efecto del billete recto durante más de 20 o 25 mm.

El diseño de este método ha sido un éxito. Ya está a disposición de la empresa, aunque todavía está en proceso de prueba.

5. Conclusiones

- Se ha conseguido realizar con éxito un aumento en la capacidad del depósito stacker, con su posterior prototipado y testeado en la empresa. Simplificar las labores de reposición donde no es posible su recambio.
- Se ha conseguido reducir al mínimo el número de modificaciones necesarias. (Caja depósito stacker, muelle, puerta depósito stacker, chapa soporte interna, chapa soporte externa y apoyo recicladores).
- Se ha conseguido calcular un muelle, motor reductor y leva que responde a las necesidades de funcionamiento del mecanismo, a pesar de variar la capacidad del stacker.
- Se ha reducido al mínimo el coste económico de las modificaciones.
- Se ha conseguido resolver el problema de la curvatura producida por el almacenamiento de los billetes. Diseño de un método para alisar billetes.

6. Referencias

- [1] Besednjak A. *Los Moldes*.
Recuperado desde: ocw.upc.edu/download.php?file=15012220/22638-3142.pdf
- [2] Al Makky A. (2013). *Introduction to Ansys*.
Recuperado desde: <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/eng/study/pg/students/>
- [3] Grupo Azkoyen
Sitio web: <http://www.azkoyen.com/>
- [5] Direct Industry
Sitio web: <http://www.directindustry.es/>
- [6] Instruments J. Bot S.A.
Sitio web: <http://www.jba.es/es/>
- [7] HB Machinery Co., Ltd
Sitio web: <http://www.rollingmachine.com.es/>
- [8] Grupo Azkoyen. (2014). *Manual de Usuario, CASHLOGY POS1000*.
Sitio web: <http://www.cashlogy.com/>
- [9] MITCalc. (2010). *Mechanical, Industrial and Technical Calculations*.
- [10] Olivares Benitez, T. (2012). *Manual Práctico Siemens Nx7*.
- [11] Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. (2010). *Guía del estudiante para el aprendizaje del software SolidWorks*.
Recuperado desde <http://www.solidworks.com/education>
- [12] Tablas e ilustraciones
Todas las ilustraciones y tablas del dispositivo han sido obtenidas de información aportada por la empresa Azkoyen Medios de Pago.
- [13] Zabalza, I. (2008). *Mecánica II*. Recuperado de los apuntes de la asignatura “Cálculo, ensayo y diseño de máquinas” del Grado en Ingeniería en Diseño Mecánico.

7. Anexos

Anexo I

VERIFICACIÓN ÁNGULO DE DESMOLDEO EN CAJA DEPÓSITO STACKER

VERIFICACIÓN ÁNGULO DE DESMOLDEO EN CAJA DEPÓSITO STACKER

Las contracciones que se producen en las piezas dentro de los moldes suelen ser diferentes de las que sufre el molde. Para evitar que las piezas queden aprisionadas dentro de los moldes, estos deben dotarse con pendientes y conicidades que permitan un desmoldeo simple, sin excesiva fuerza. Dichas conicidades dependerán de la pendiente. También se pueden dotar los moldes contramoldes o reservas.

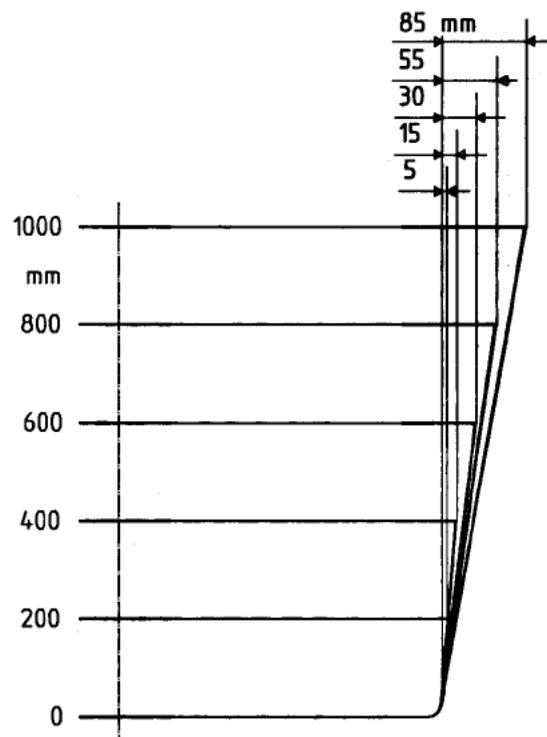


Ilustración 1 Gradiente recomendado

Partimos de que la longitud inicial depósito, le descontamos lo que ocupan los 600 billetes, a partir de aquí con una regla de tres hallamos cuanto ocupan los 1000 billetes que es un total de 189,6, tomamos un error de 3. Hemos tomado como total del depósito de 1000 billetes la longitud de 207,2. A partir de esto hallamos el nuevo ángulo de desmoldeo. El ángulo inicial de desmoldeo tiene un valor de $0,5^\circ$ a partir de este hallamos el nuevo que es de $0,313^\circ$, es un ángulo de desmoldeo que cumple por tanto comenzamos a construir el depósito en 3D.

Longitud inicial contiene billetes= 113,75

113,75----- 600 billetes

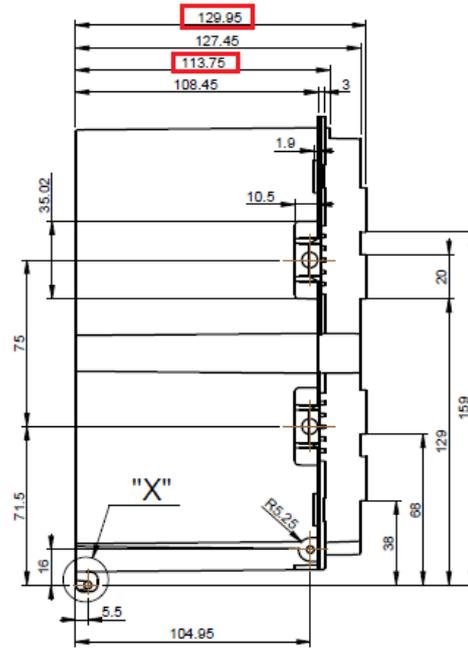
x-----1000 billetes

$$x = 189'6 \pm 2$$

Total longitud ampliada deposito = 207,2

$$\operatorname{tg} 0,5 = \frac{x}{207,2} \quad x = 1,134$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,134}{207,2} \quad x = 0,313$$



Anexo II

CARACTERÍSTICAS MOTOR REDUCTOR



RS-385SH

MABUCHI MOTOR
Carbon-brush motors

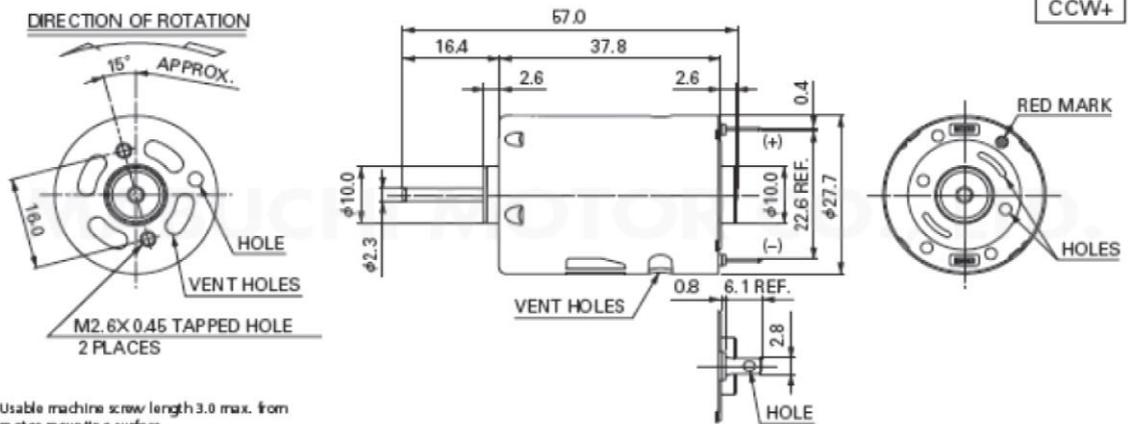
OUTPUT : 0.9W~35W (APPROX)

WEIGHT : 70g (APPROX)

Typical Applications Home Appliances : Hair Dryer
Precision Instruments : Printer / Copy Machine

MODEL	OPERATING RANGE	VOLTAGE		NO LOAD		AT MAXIMUM EFFICIENCY				STALL		
		NORMAL	SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE	OUTPUT	TORQUE	CURRENT		
	(° 1)		r/min	A	r/min	A	mN·m	W	mN·m	g·cm	A	
RS-385SH-2270		6-24	10000	0.20	8170	0.89	7.89	80.5	6.74	43.2	440	4.00

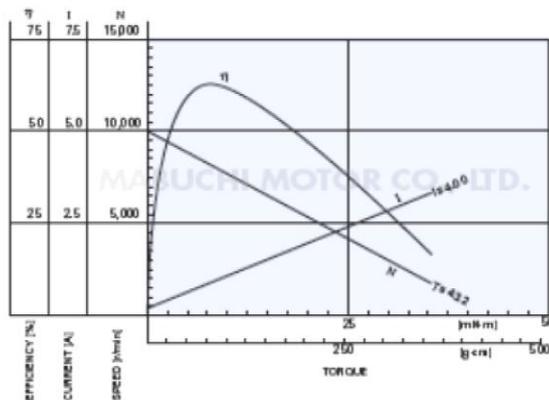
(* 1) CCW shifted commutation (CCW+)
The terminal position against the tapped holes varies depending on CW+/NEUTRAL. (Refer to P19)



Usable machine screw length 3.0 max. from motor mounting surface.

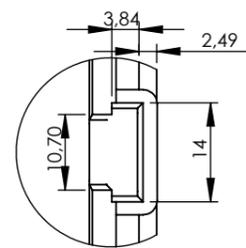
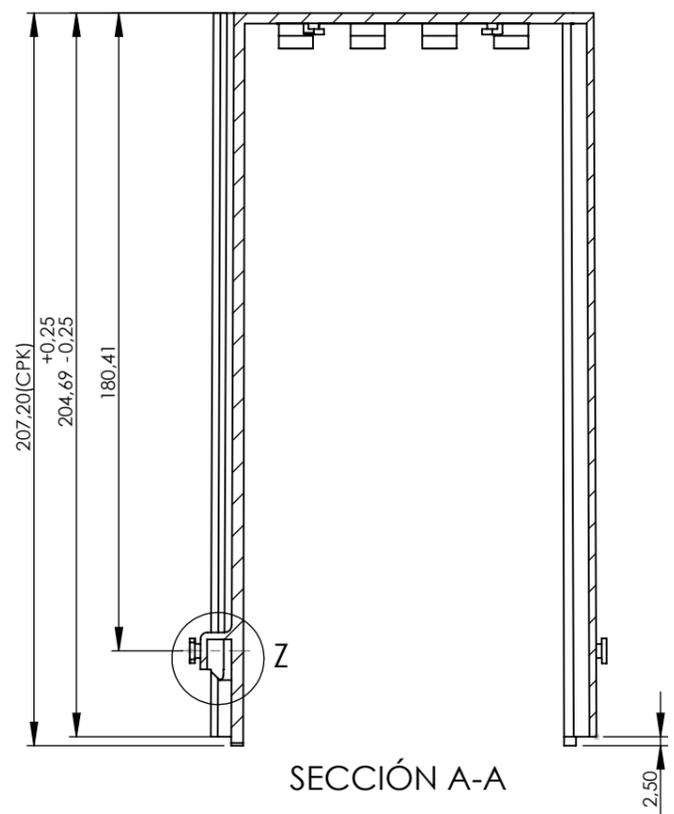
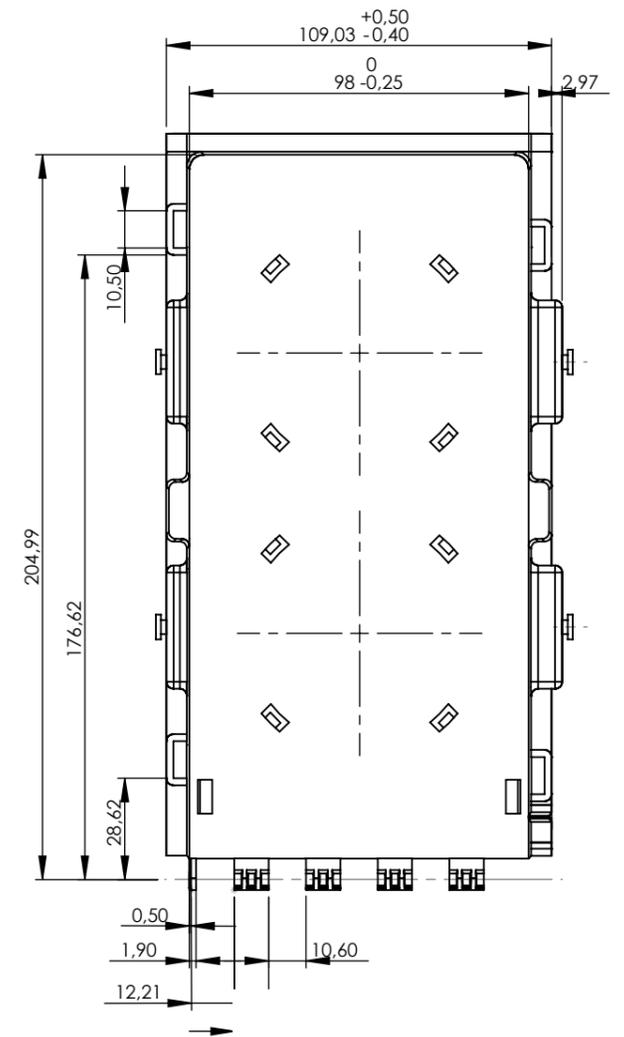
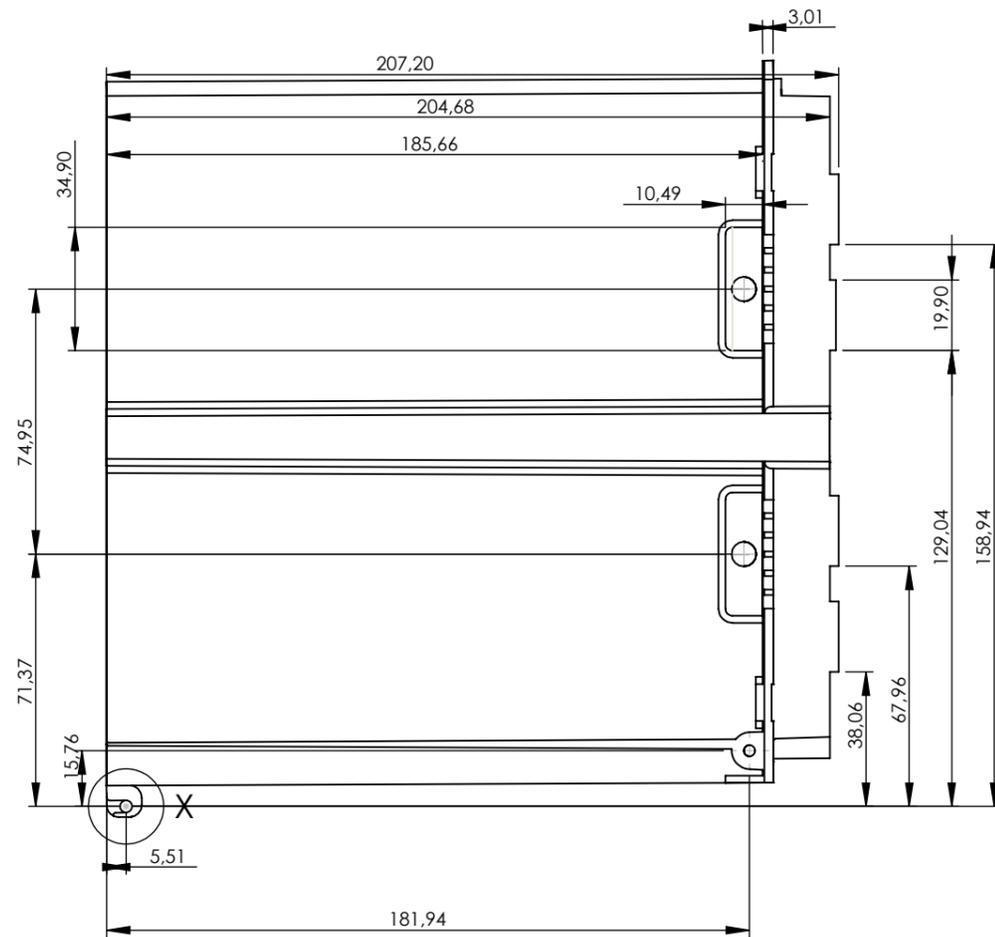
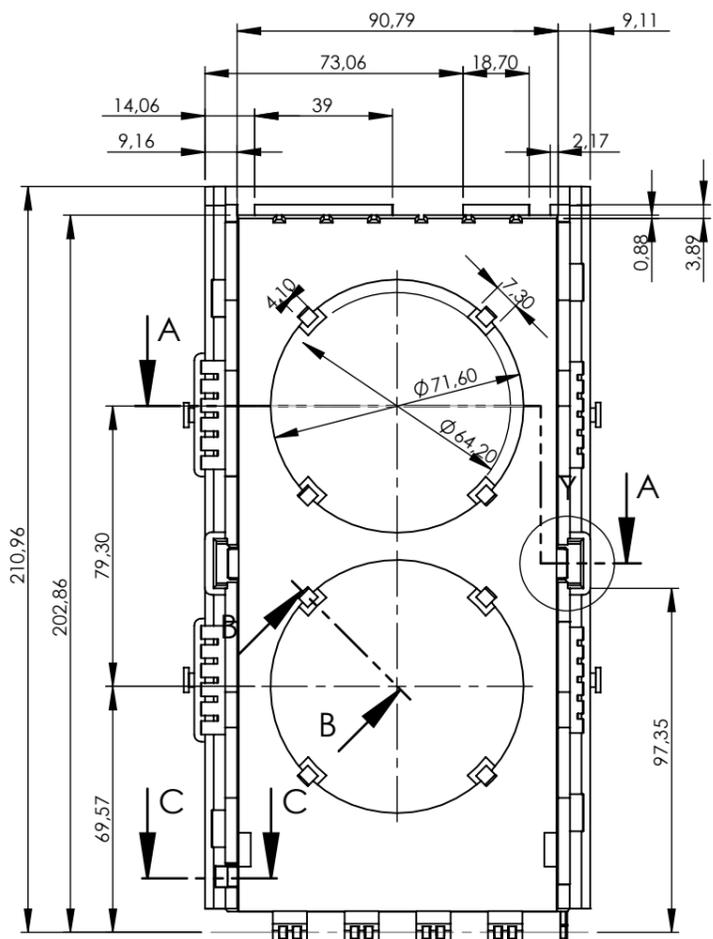
UNIT: MILLIMETERS

RS-385SH-2270 12.0V

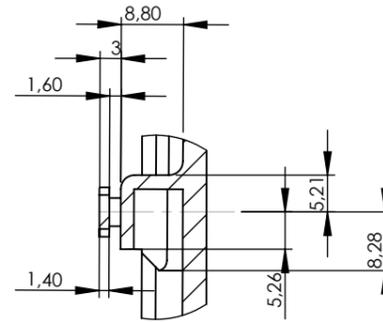


Anexo III

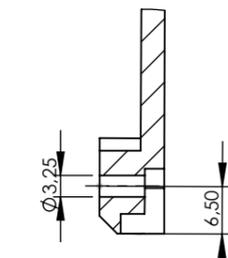
PLANOS PIEZAS MODIFICADAS



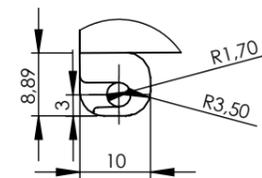
DETALLE Y
ESCALA 1 : 1



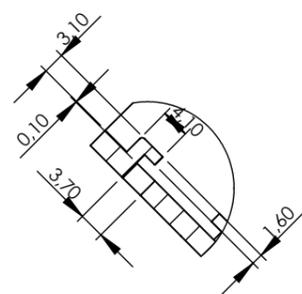
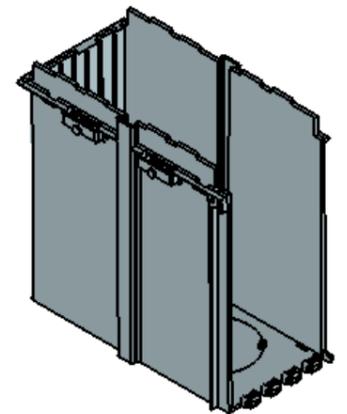
DETALLE Z
ESCALA 1 : 1



SECCIÓN C-C
ESCALA 1 : 1



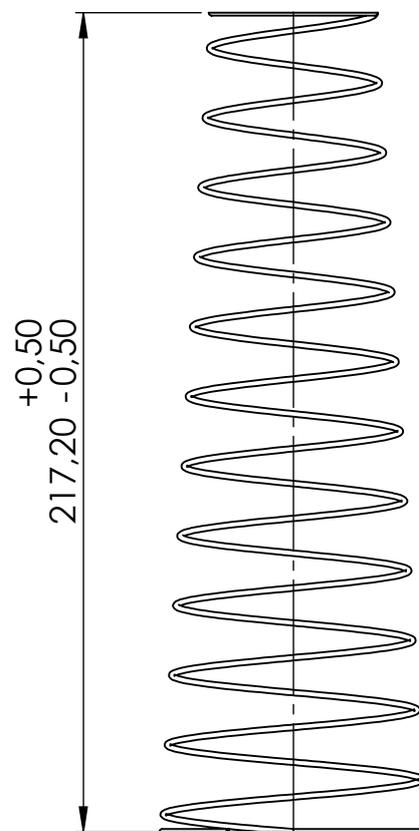
DETALLE X
ESCALA 1 : 1



SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 1

 Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T Campus de Tudela GRADO INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO	TRABAJO FIN DE GRADO	
	PROYECTO Rediseño en el almacenamiento y manipulación en un dispositivo de billetes	REALIZADO POR Ainarra Cervera Galarreta	
PLANO Caja Depósito Stacker	FECHA 12/06/2015		
	REFERENCIA 11044821		
	A3	ESCALA 1:2	PLANO 1

CARACTERÍSTICAS MUELLE	
Diámetro alambre	1.5
Diámetro interior	44 +0.6/-1
Diámetro exterior	70 +0.6/-1
Longitud estado libre	217.2 +/-0.5
Número espiras útiles	11
Número total espiras	13
Dirección	Derecha
Constante elástica (K) muelle cónico	65 +0.6/-1
Material	Acero para muelles galvanizado



PROYECTO

Rediseño en el almacenamiento y manipulación
en un dispositivo de billetes

REALIZADO POR

Ainara Cervera Galarreta

FECHA

12/06/2015

REFERENCIA

12017640

PLANO

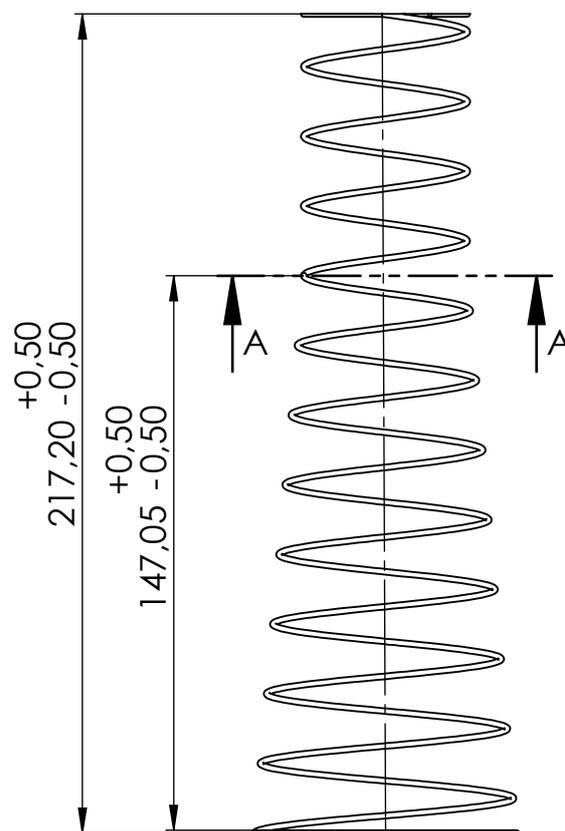
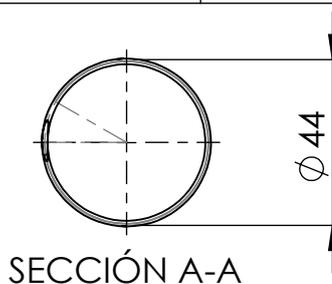
PROPUESTA 1: Ampliación muelle

A4

ESCALA
1:2

PLANO
2

CARACTERÍSTICAS MUELLE	
Diámetro alambre	1.5
Diámetro interior	44 +0.6/-1
Diámetro exterior	70 +0.6/-1
Longitud estado libre	217.2 +/-0.5
Número espiras útiles	11
Número total espiras	13
Dirección	Derecha
Constante elástica (K) muelle cónico	65 +0.6/-1
Material	Acero para muelles galvanizado



Departamento
de Proyecto e
Ingeniería Rural



E.T.S.I.I.T Campus de Tudela
GRADO INGENIERÍA DISEÑO
MECÁNICO

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO

Rediseño en el almacenamiento y manipulación
en un dispositivo de billetes

REALIZADO POR

Ainara Cervera Galarreta

FECHA

12/06/2015

REFERENCIA

12017640

PLANO

PROPUESTA 2: Ampliación muelle

A4

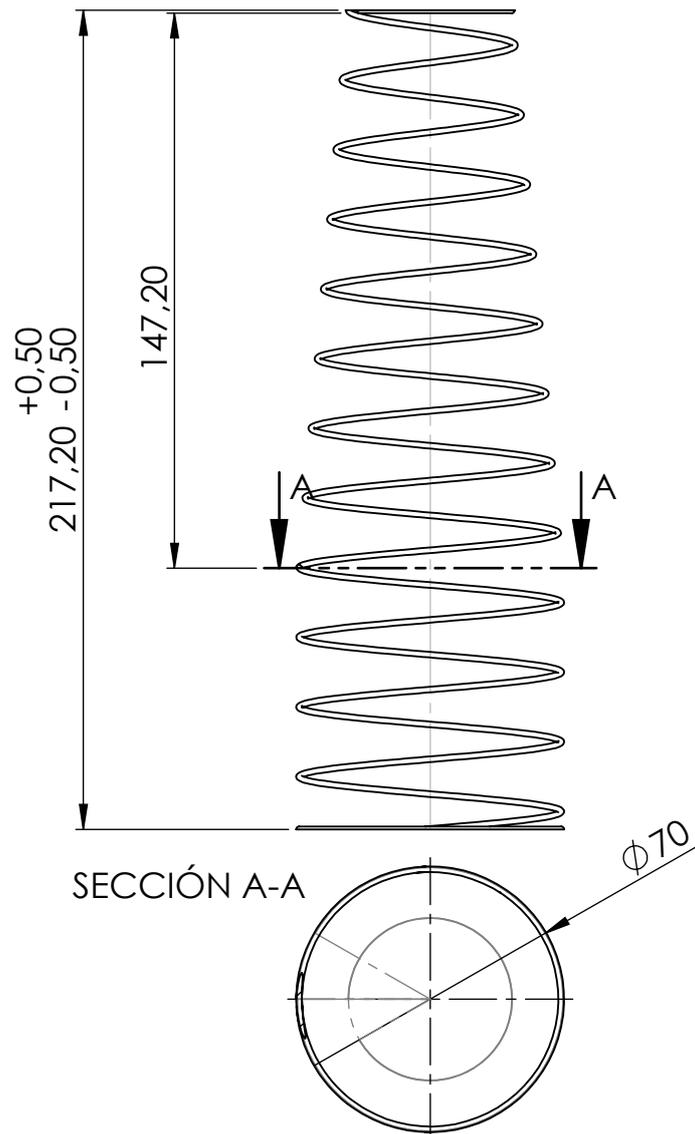
ESCALA

1:2

PLANO

3

CARACTERÍSTICAS MUELLE	
Diámetro alambre	1.5
Diámetro interior	44 +0.6/-1
Diámetro exterior	70 +0.6/-1
Longitud estado libre	217.2 +/-0.5
Número espiras útiles	11
Número total espiras	13
Dirección	Derecha
Constante elástica (K) muelle cónico	65 +0.6/-1
Material	Acero para muelles galvanizado



Departamento
de Proyecto e
Ingeniería Rural



E.T.S.I.I.T Campus de Tudela
GRADO INGENIERÍA DISEÑO
MECÁNICO

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO

Rediseño en el almacenamiento y manipulación
en un dispositivo de billetes

REALIZADO POR

Ainara Cervera Galarreta

FECHA

12/06/2015

REFERENCIA

12017640

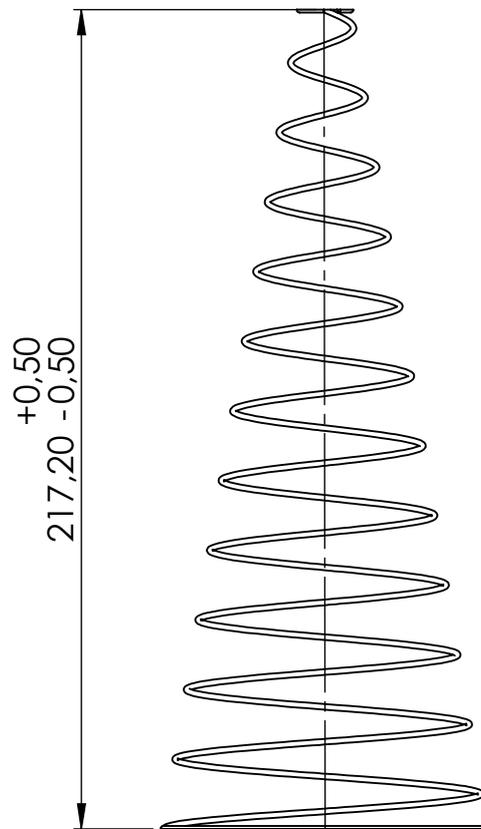
PLANO

A4

ESCALA
1:2

PLANO
4

CARACTERÍSTICAS MUELLE	
Diámetro alambre	1.5
Diámetro interior	13.4 +0.6/-1
Diámetro exterior	85 +0.6/-1
Longitud estado libre	217.2 +/-0.5
Número espiras útiles	11
Número total espiras	13
Dirección	Derecha
Constante elástica (K) muelle cónico	65 +0.6/-1
Material	Acero para muelles galvanizado



Departamento
de Proyecto e
Ingeniería Rural

upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T Campus de Tudela
GRADO INGENIERÍA DISEÑO
MECÁNICO

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO

Rediseño en el almacenamiento y manipulación
en un dispositivo de billetes

REALIZADO POR

Ainara Cervera Galarreta

FECHA

12/06/2015

REFERENCIA

12017640

PLANO

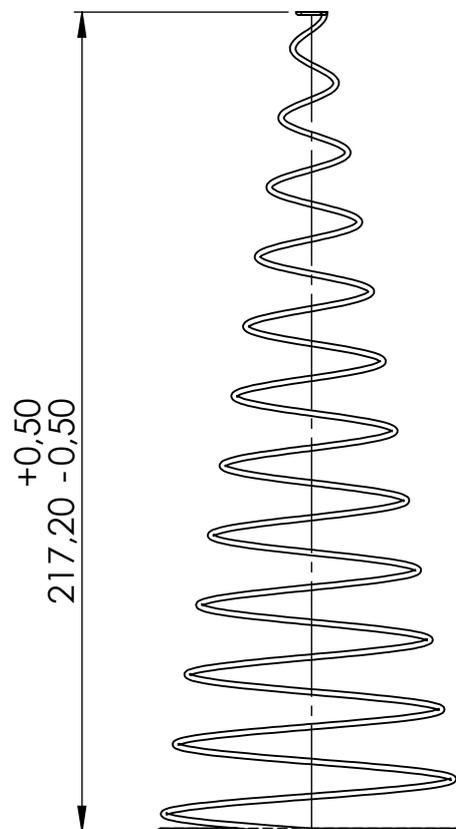
PROPUESTA 4: Ampliación muelle

A4

ESCALA
1:2

PLANO
5

CARACTERÍSTICAS MUELLE	
Diámetro alambre	1.5
Diámetro interior	6.7 +0.6/-1
Diámetro exterior	79.3 +0.6/-1
Longitud estado libre	217.2 +/-0.5
Número espiras útiles	11
Número total espiras	13
Dirección	Derecha
Constante elástica (K) muelle cónico	65 +0.6/-1
Material	Acero para muelles galvanizado



Departamento
de Proyecto e
Ingeniería Rural

upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T Campus de Tudela
GRADO INGENIERÍA DISEÑO
MECÁNICO

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO

Rediseño en el almacenamiento y manipulación
en un dispositivo de billetes

REALIZADO POR

Ainara Cervera Galarreta

FECHA

12/06/2015

REFERENCIA

12017640

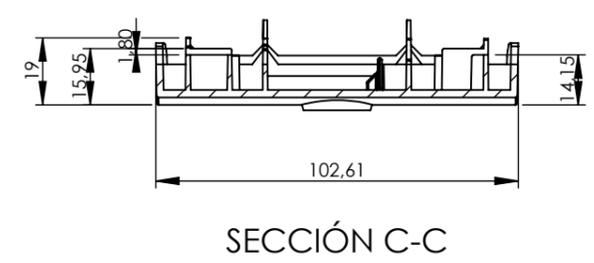
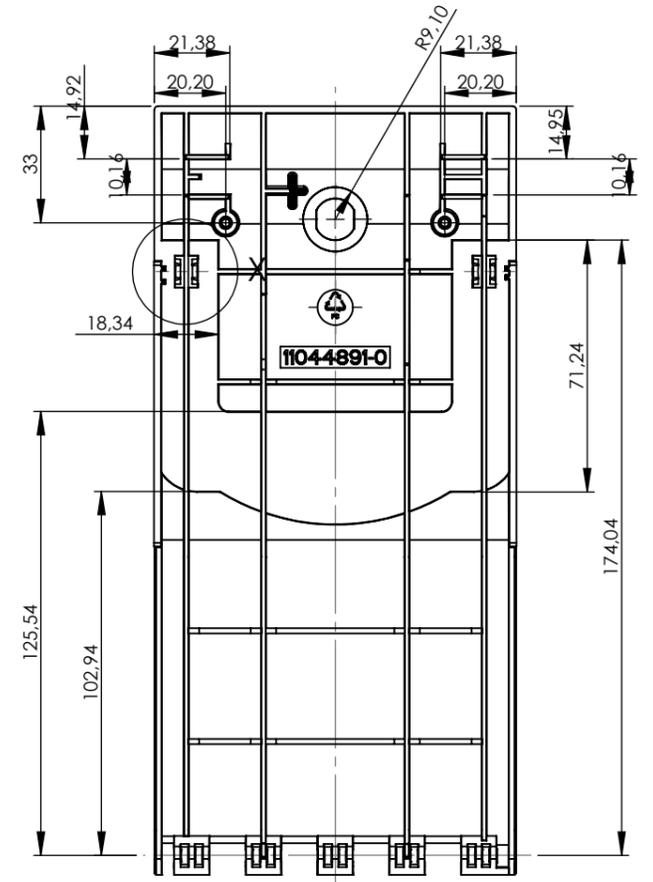
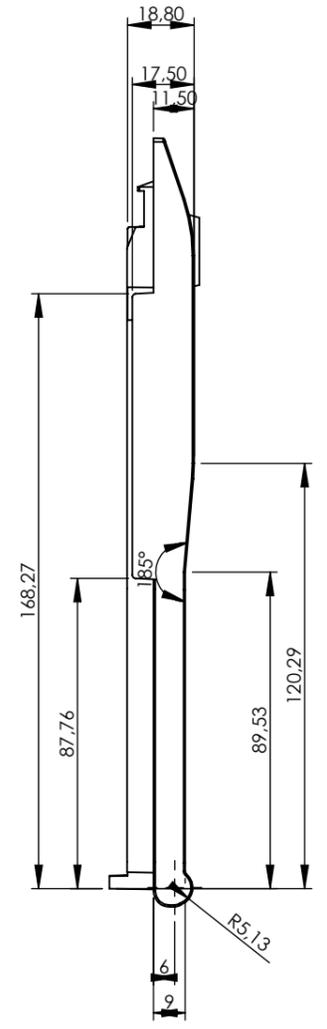
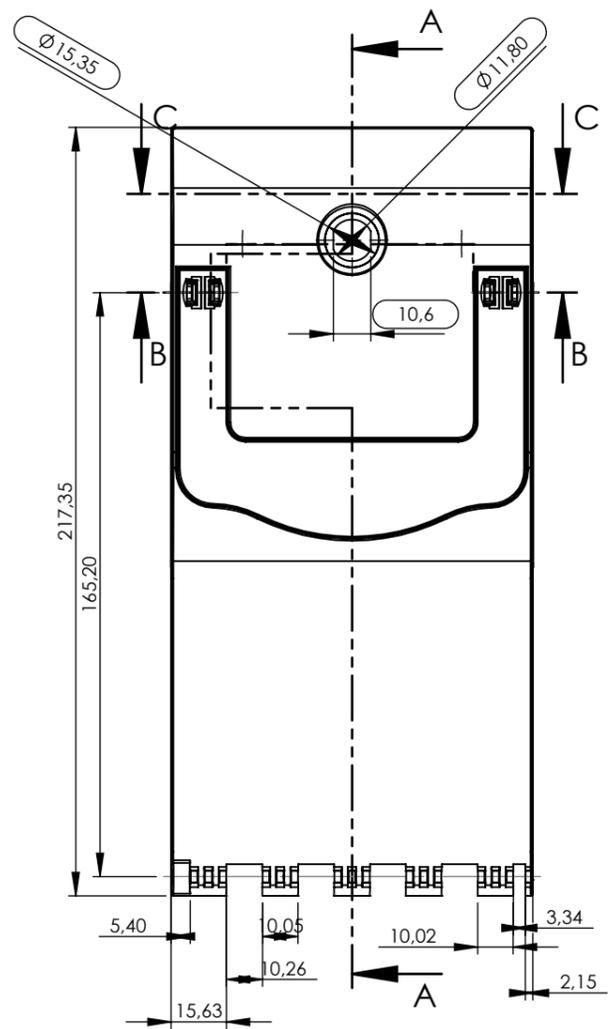
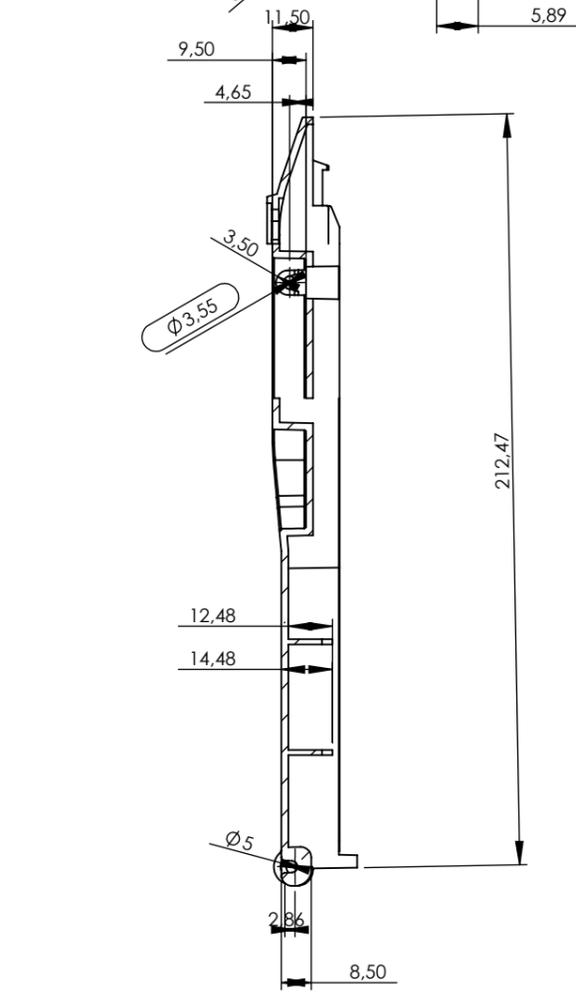
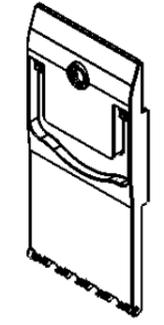
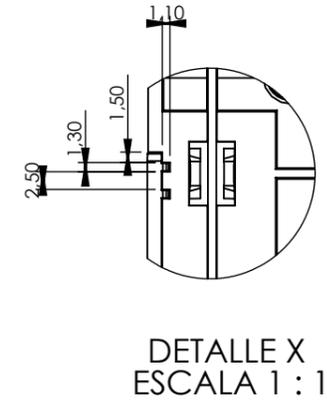
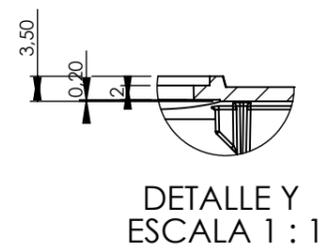
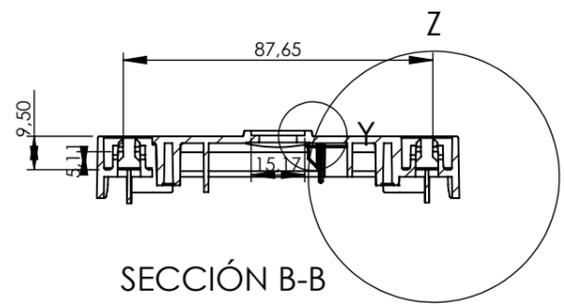
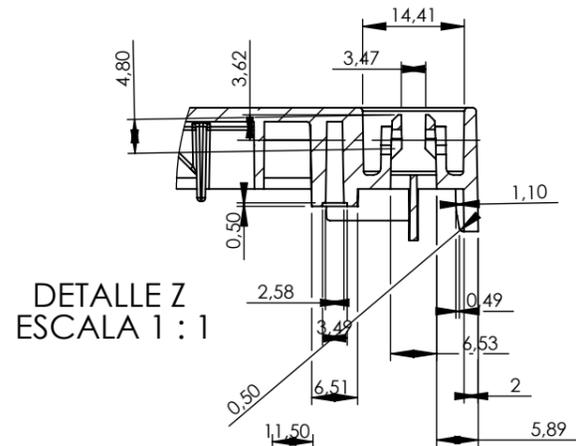
PLANO

PROPUESTA 5: Ampliación muelle

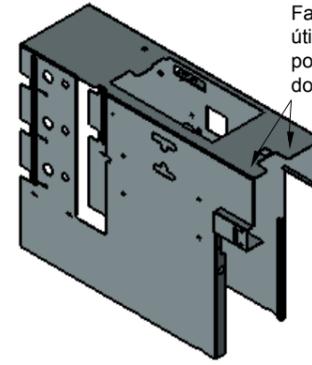
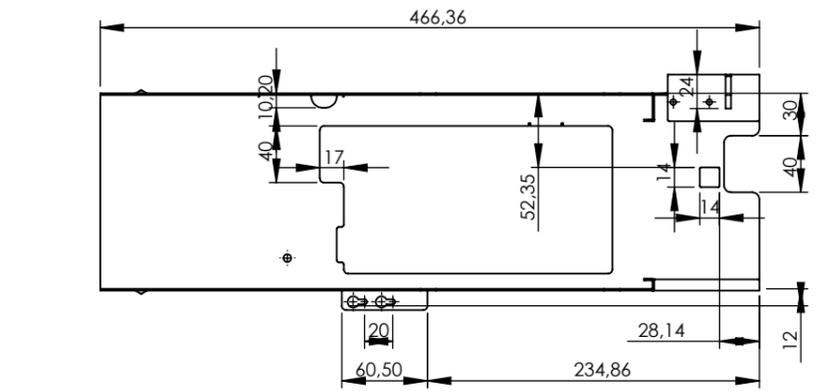
A4

ESCALA
1:2

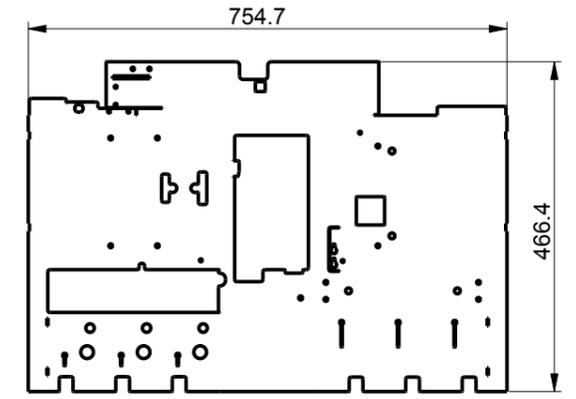
PLANO
6



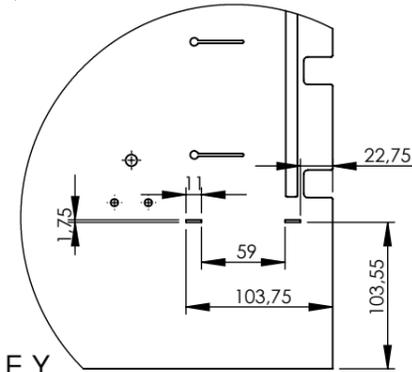
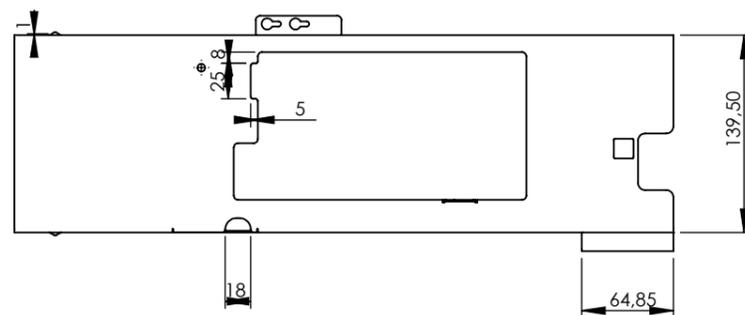
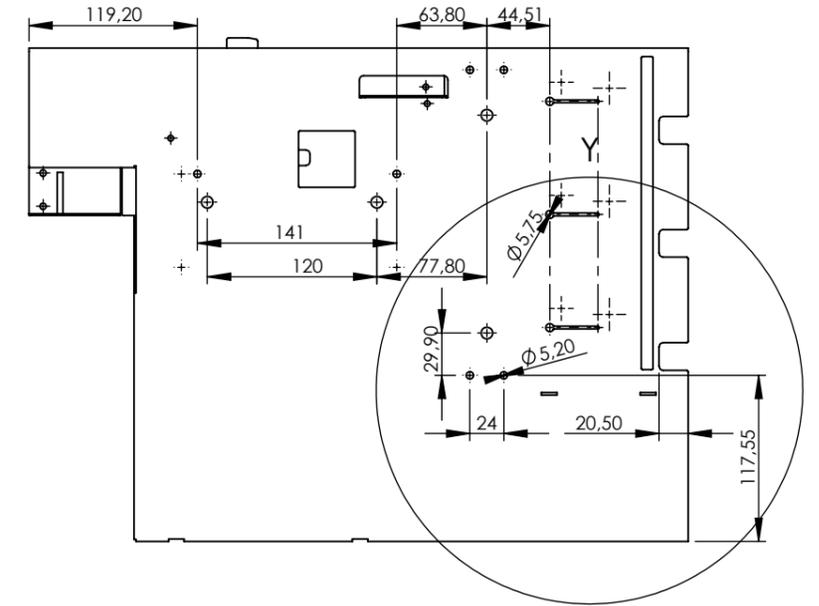
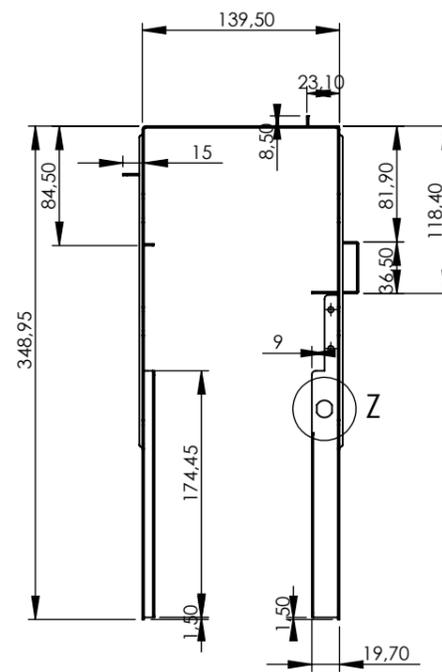
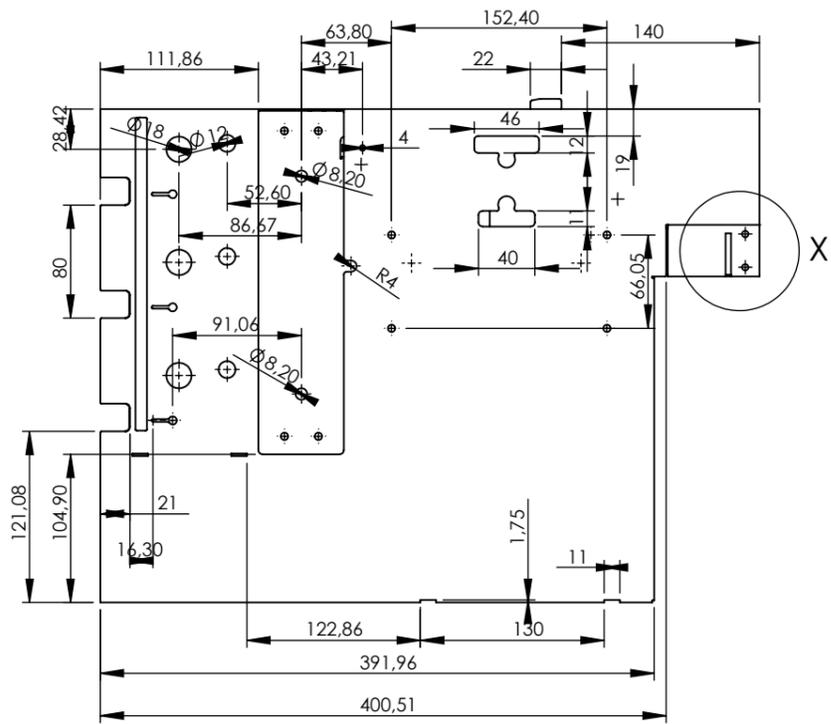
Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T Campus de Tudela	TRABAJO FIN DE GRADO		
	GRADO INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			
PROYECTO	Rediseño en el almacenamiento y manipulación en un dispositivo de billetes	REALIZADO POR Ainara Cervera Galarreta		
		FECHA 12/06/2015		
		REFERENCIA 11044891		
PLANO	Puerta Stacker	A3	ESCALA 1:2	PLANO 7



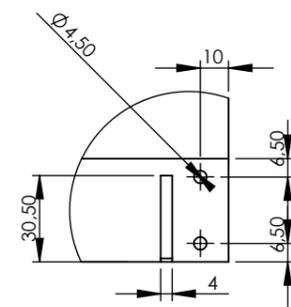
Factor K adaptado para el útil de plegado utilizado por los proveedores en los dos plegados (0.1)



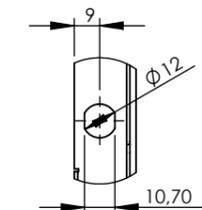
Desarrollo 1:10



DETALLE Y ESCALA 1:5

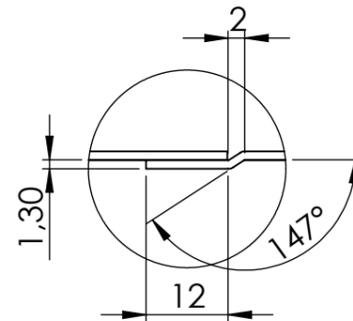
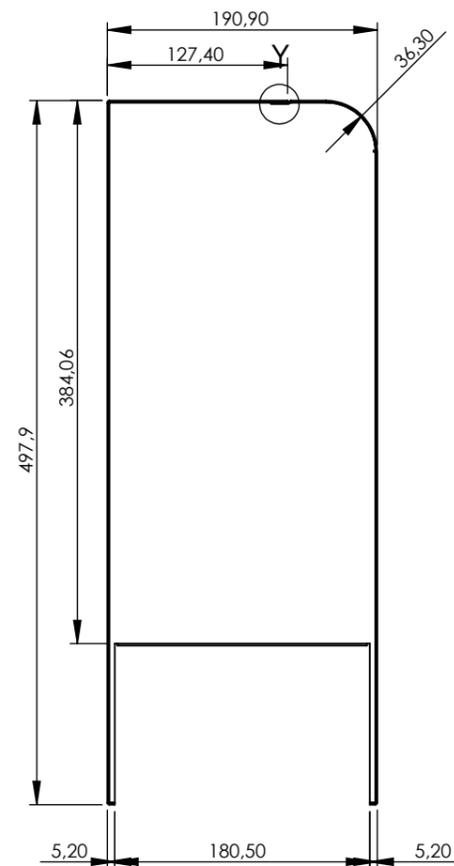


DETALLE X ESCALA 2:5

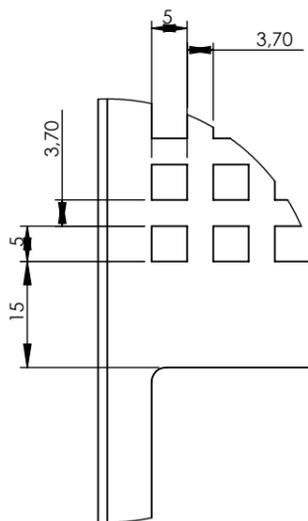


DETALLE Z ESCALA 2:5

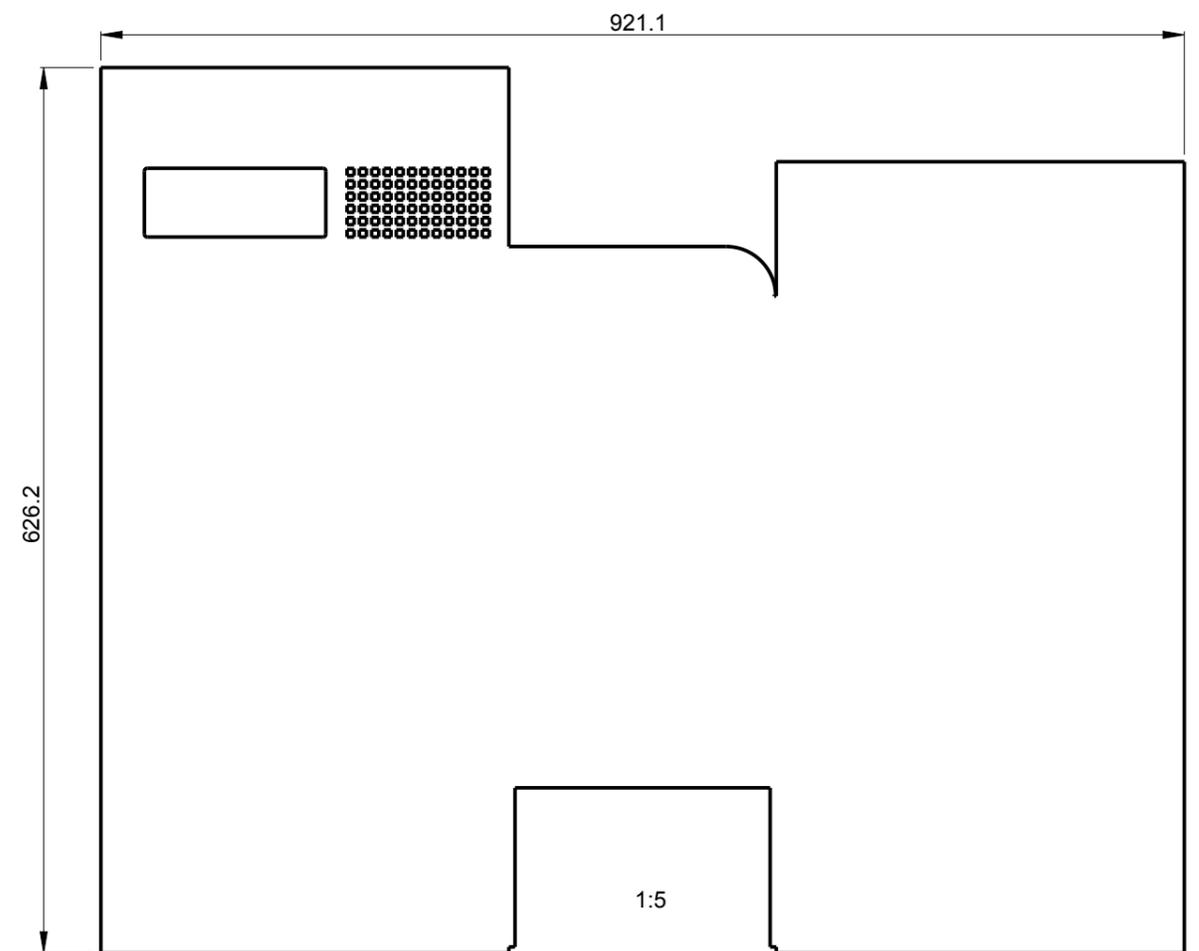
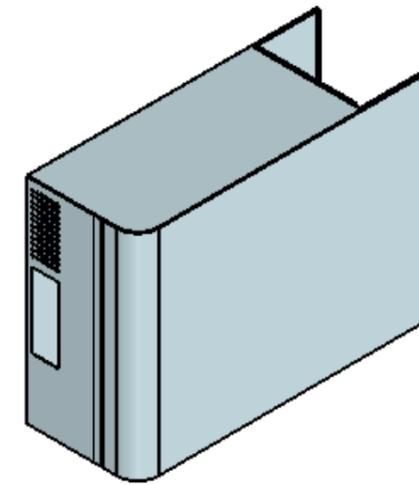
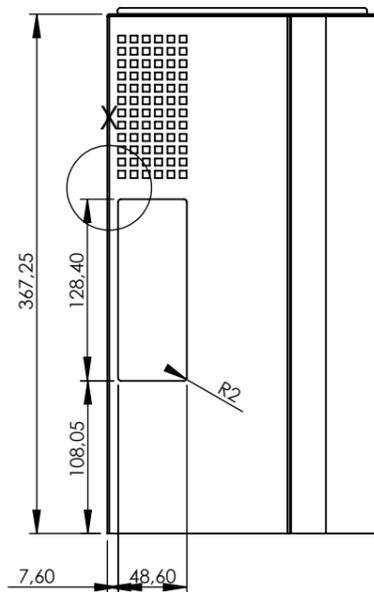
Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T Campus de Tudela GRADO INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO	TRABAJO FIN DE GRADO		
	PROYECTO Rediseño en el almacenamiento y manipulación en un dispositivo de billetes	REALIZADO POR Ainara Cervera Galarreta		
PLANO Chapa Soporte Interna	FECHA 12/06/2015		REFERENCIA 31201540	
	A3	ESCALA 1:5	PLANO 8	



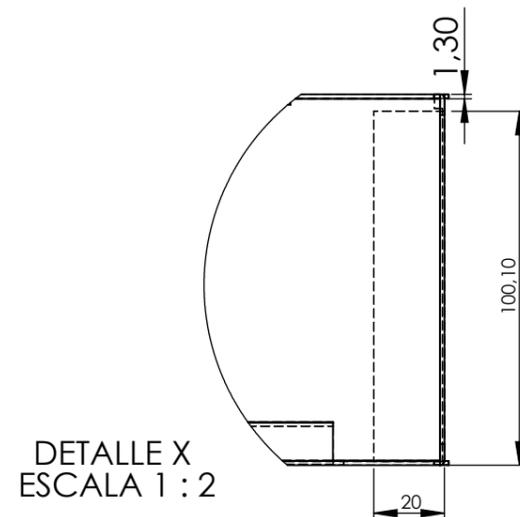
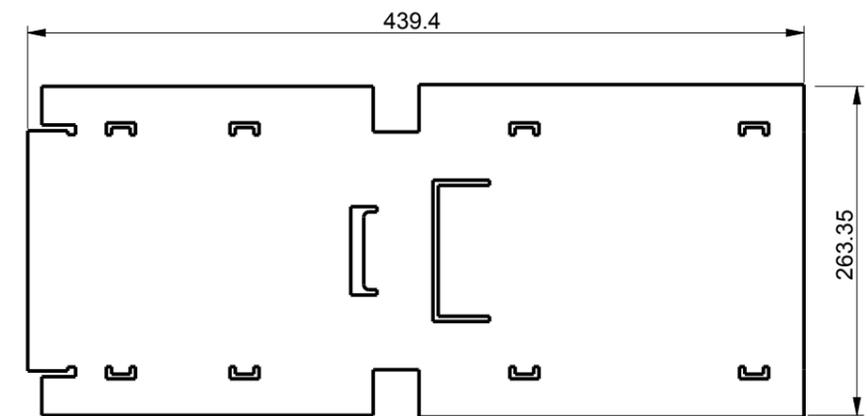
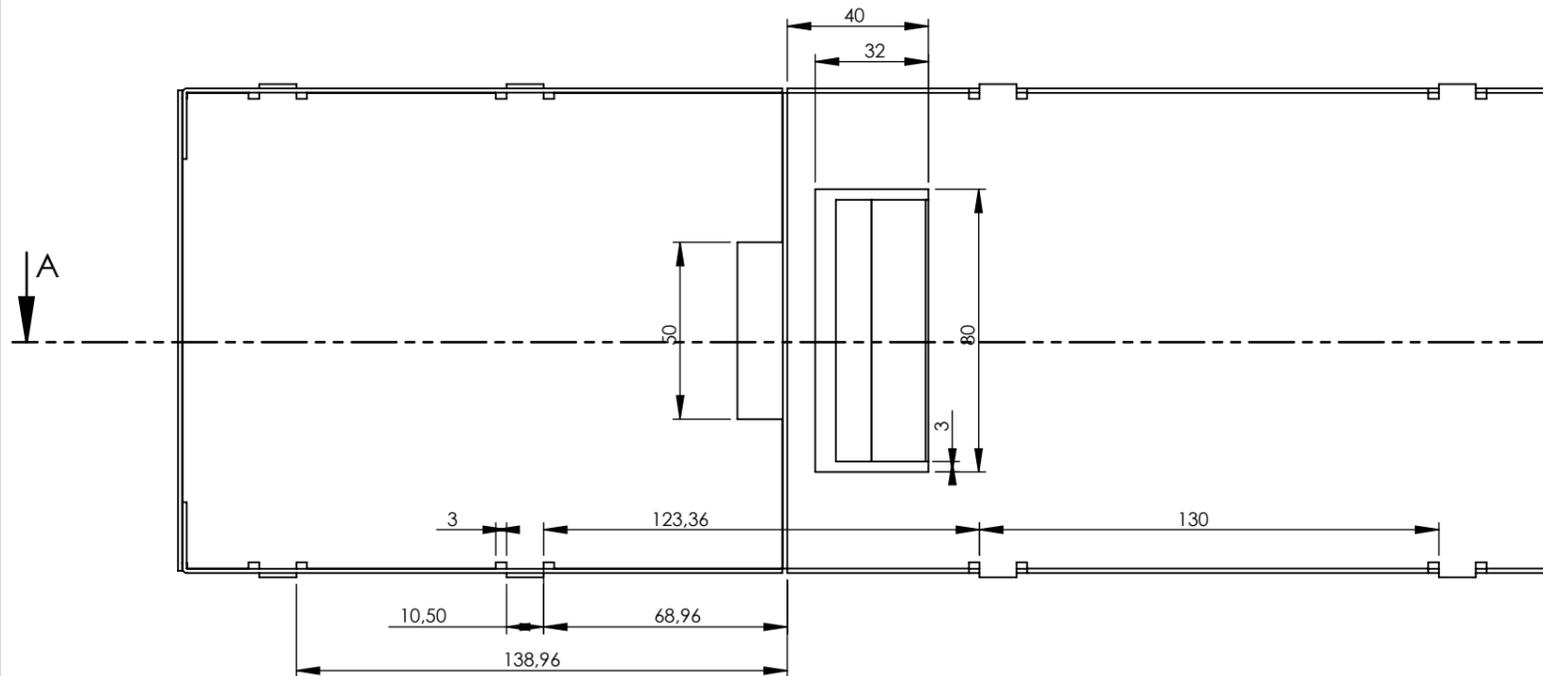
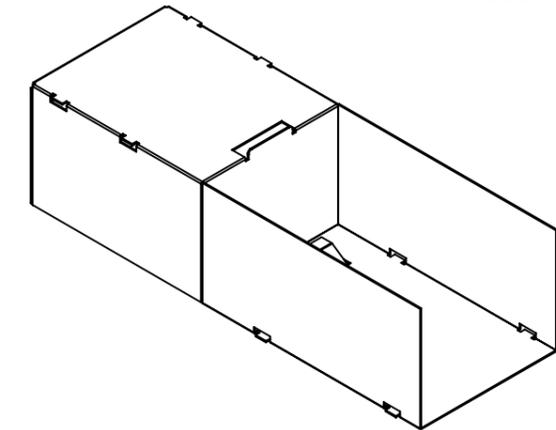
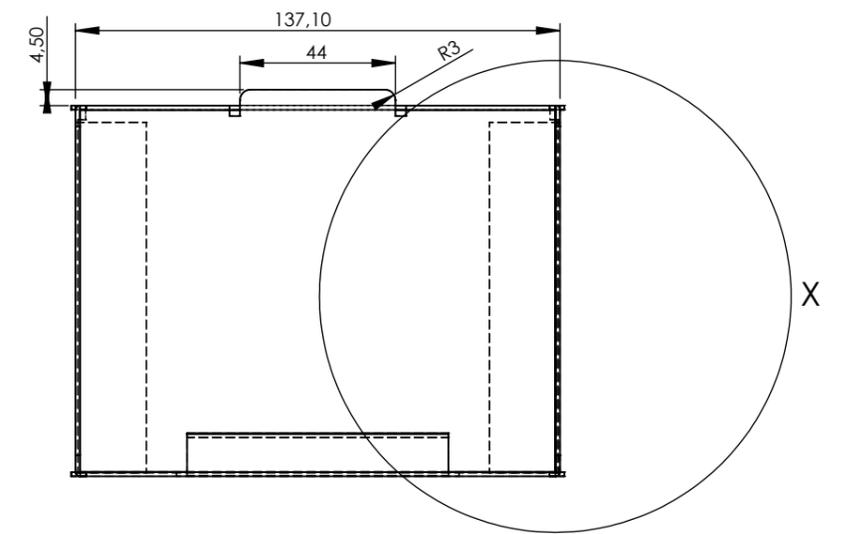
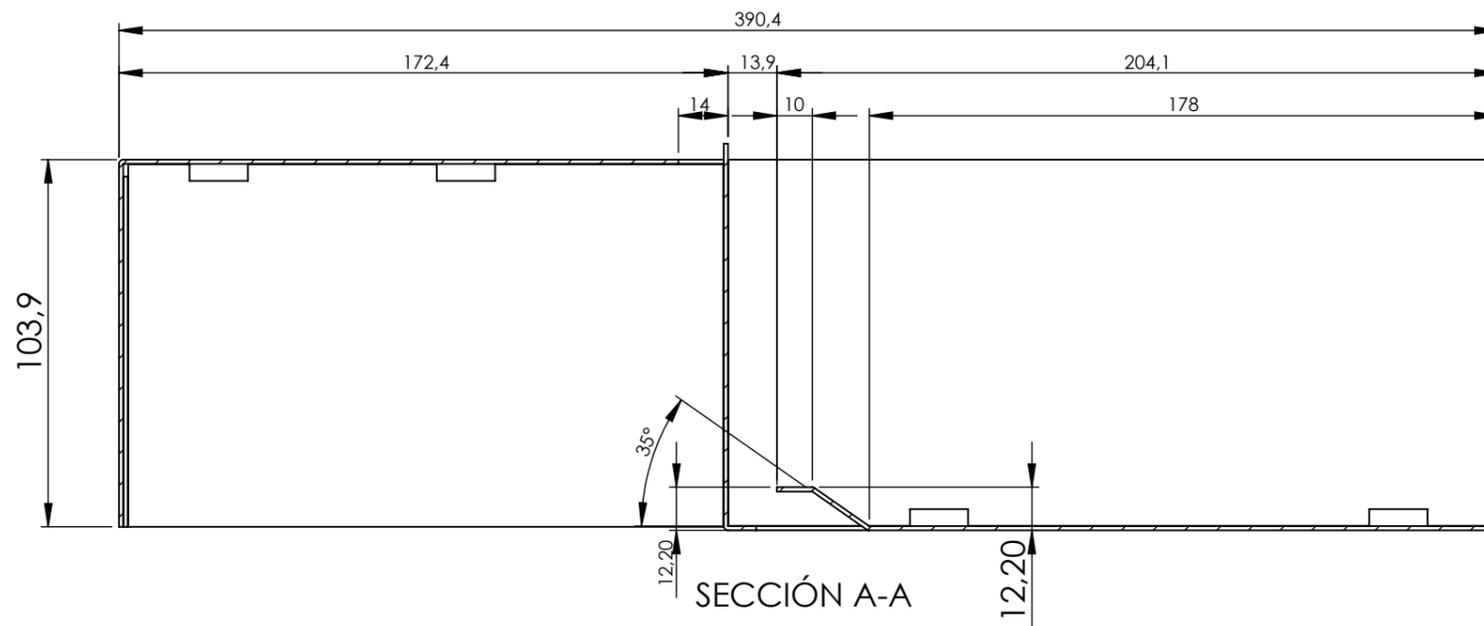
DETALLE Y
ESCALA 1 : 1



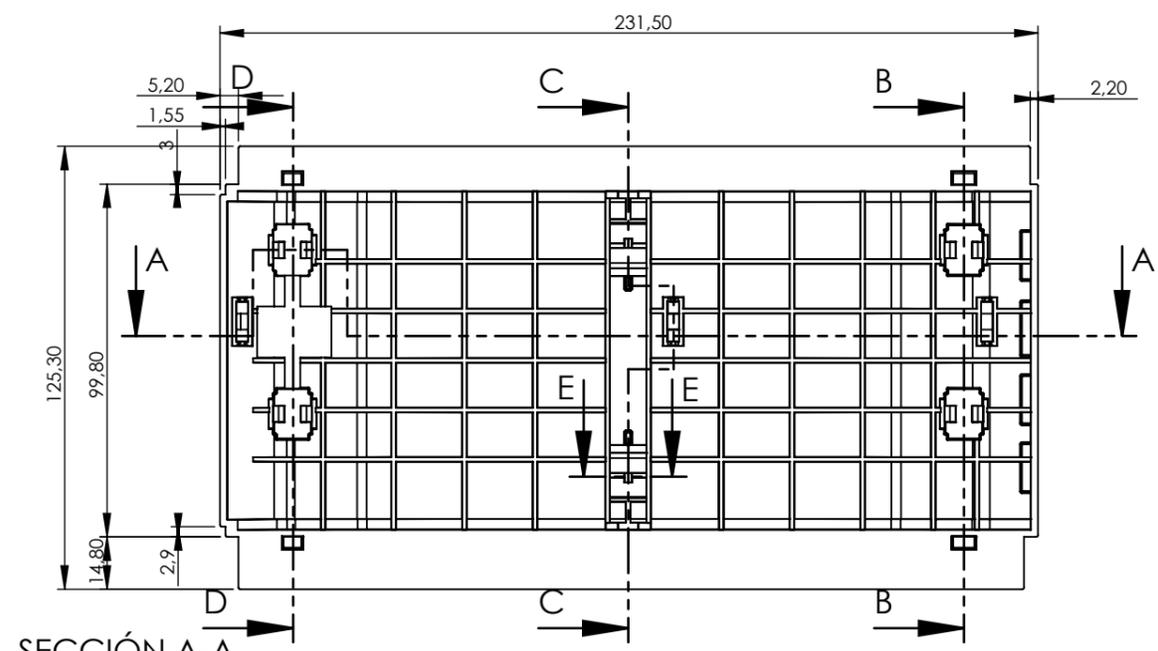
DETALLE X
ESCALA 1 : 1



Departameto de Proyectos e Ingeniería Rural upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T Campus de Tudela GRADO INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO	TRABAJO FIN DE GRADO	
	PROYECTO Rediseño en el almacenamiento y manipulación en un dispositivo de billetes	REALIZADO POR Ainara Cervera Galarreta	
		FECHA	12/06/2015
		REFERENCIA	31201550
PLANO	Chapa Soporte Externa	A3	ESCALA 1:2
			PLANO 9

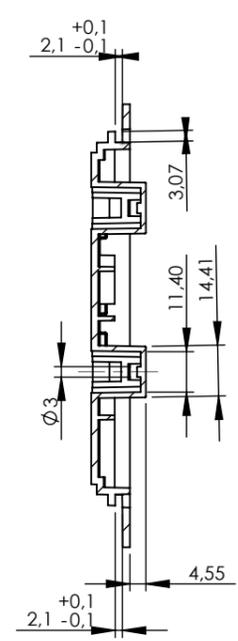


Departameto de Proyectos e Ingeniería Rural upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T Campus de Tudela	TRABAJO FIN DE GRADO		
	GRADO INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			
PROYECTO	Rediseño en el almacenamiento y manipulación en un dispositivo de billetes	REALIZADO POR Ainara Cervera Galarreta		
		FECHA	12/06/2015	
		REFERENCIA	31201650	
PLANO	Apoyo Recicladores	A3	ESCALA 1:2	PLANO 10

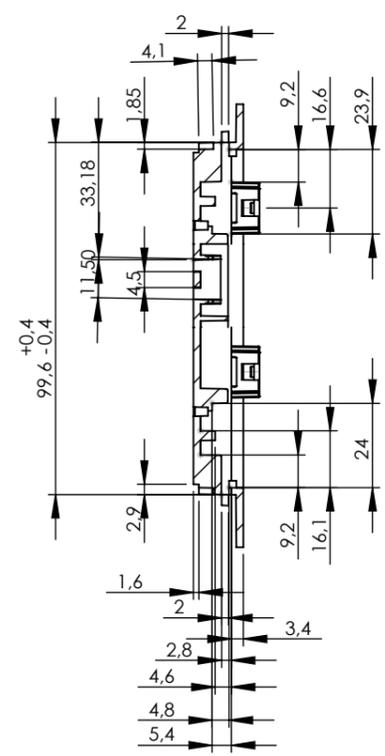


SECCIÓN A-A

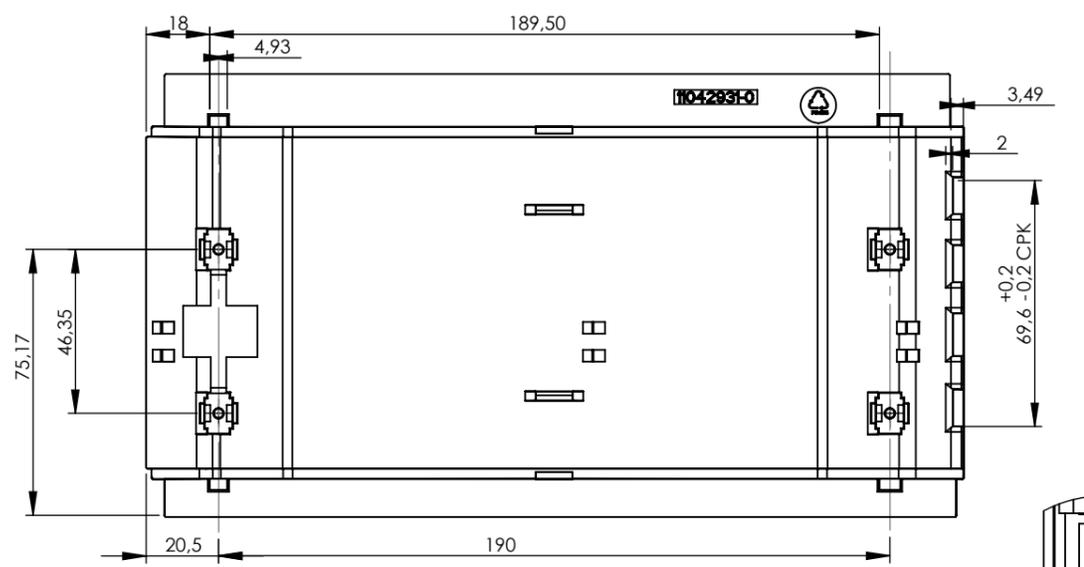
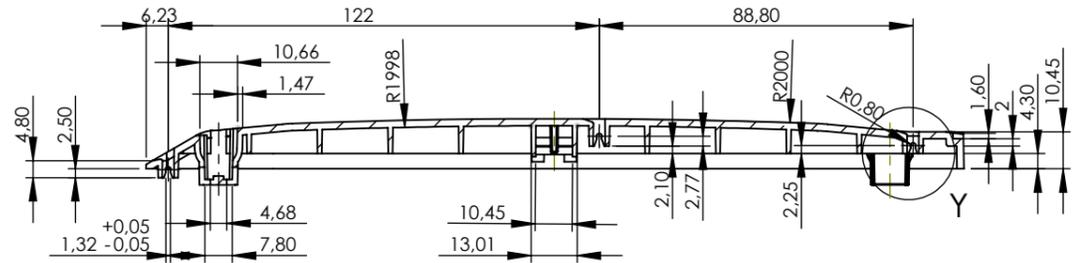
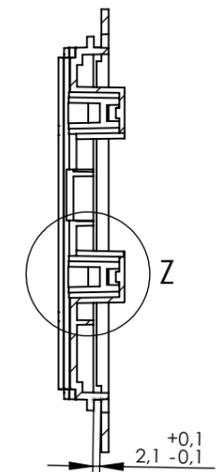
SECCIÓN B-B



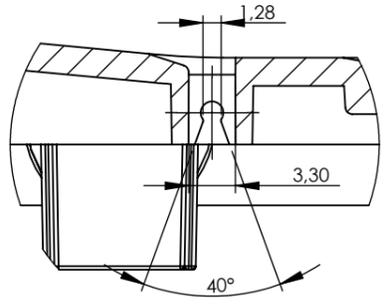
SECCIÓN C-C



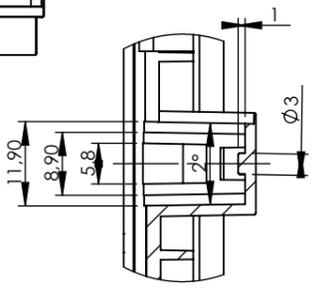
SECCIÓN D-D



SECCIÓN E-E



DETALLE Y
ESCALA 2 : 1



DETALLE Z
ESCALA 1 : 1



Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural
upna
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T Campus de Tudela
GRADO INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO
Rediseño en el almacenamiento y manipulación en un dispositivo de billetes

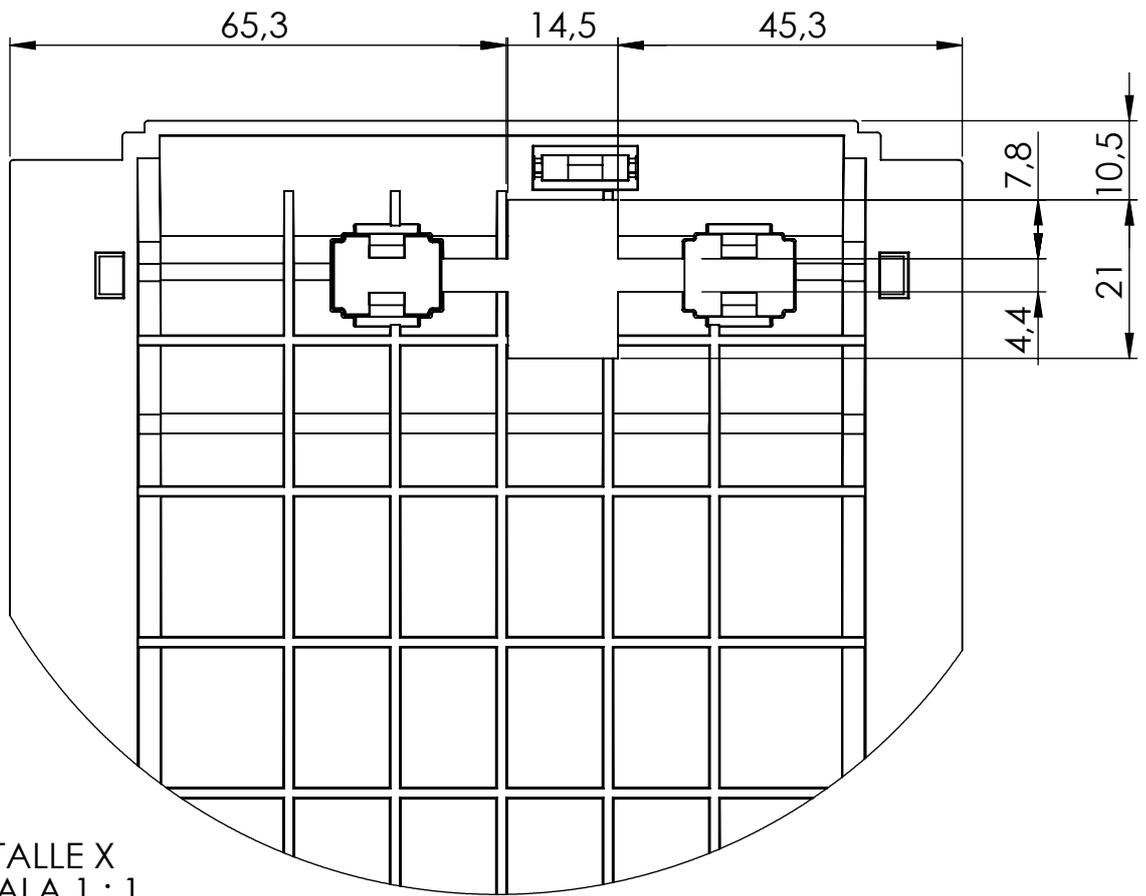
REALIZADO POR
Ainara Cervera Galarreta

FECHA 12/06/2015

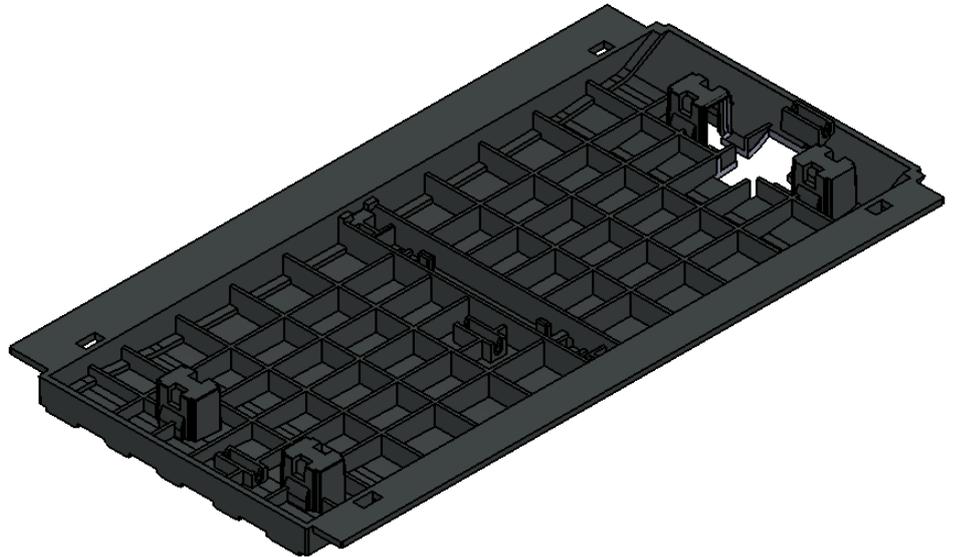
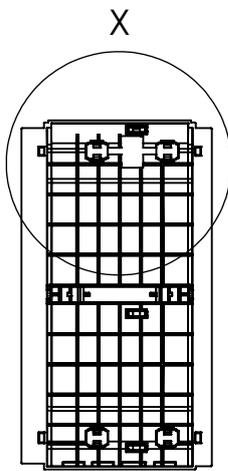
REFERENCIA 11042931

PLANO Tapa inferior_1

A3	ESCALA 1:2	PLANO 11
-----------	----------------------	--------------------

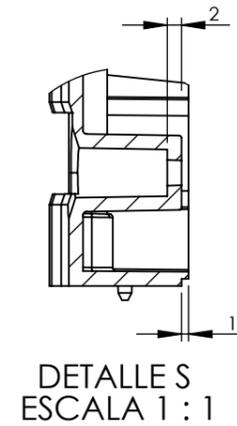
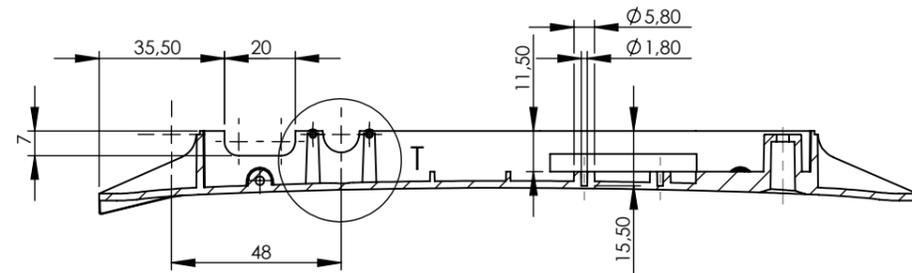


DETALLE X
ESCALA 1 : 1

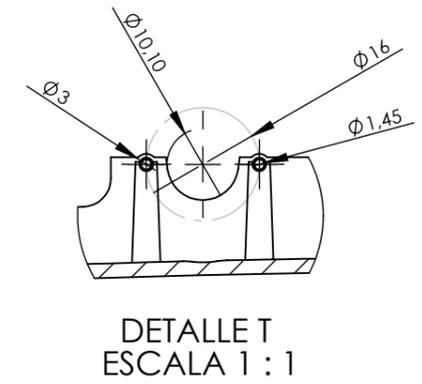


Departamento de Proyecto e Ingeniería Rural upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T Campus de Tudela GRADO INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO	TRABAJO FIN DE GRADO		
	PROYECTO Rediseño en el almacenamiento y manipulación en un dispositivo de billetes			
PLANO Tapa inferior_2	FECHA 12/06/2015		REFERENCIA 11042931	
	A4	ESCALA 1:5	PLANO 12	

SECCIÓN E-E

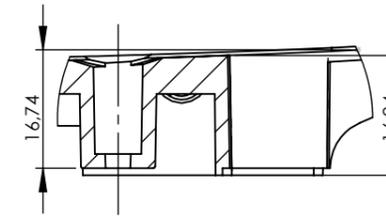
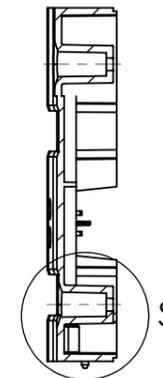
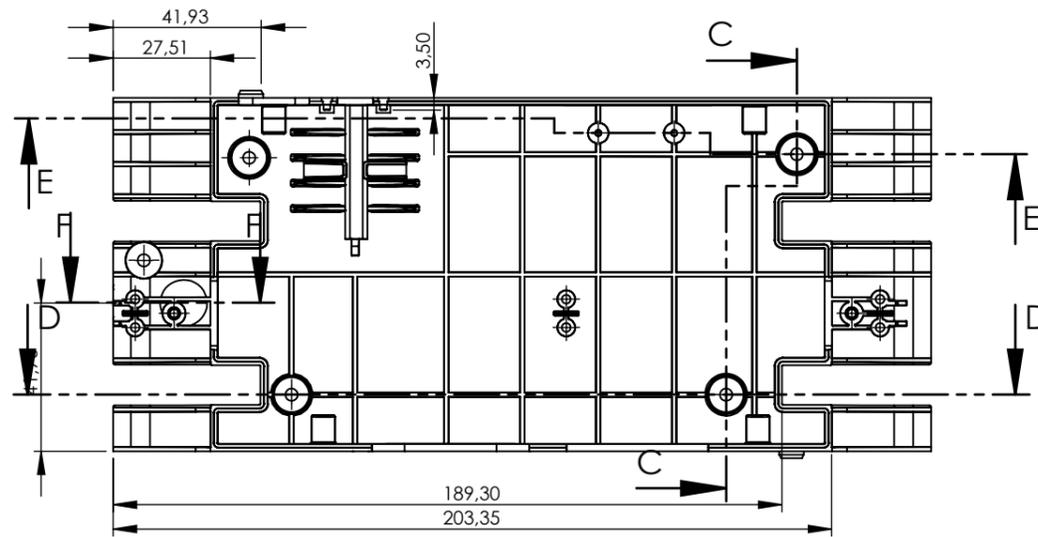


DETALLE S
ESCALA 1 : 1

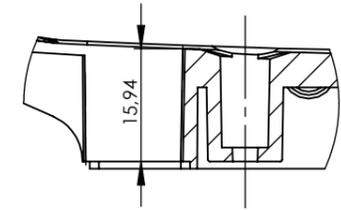


DETALLE T
ESCALA 1 : 1

SECCIÓN C-C

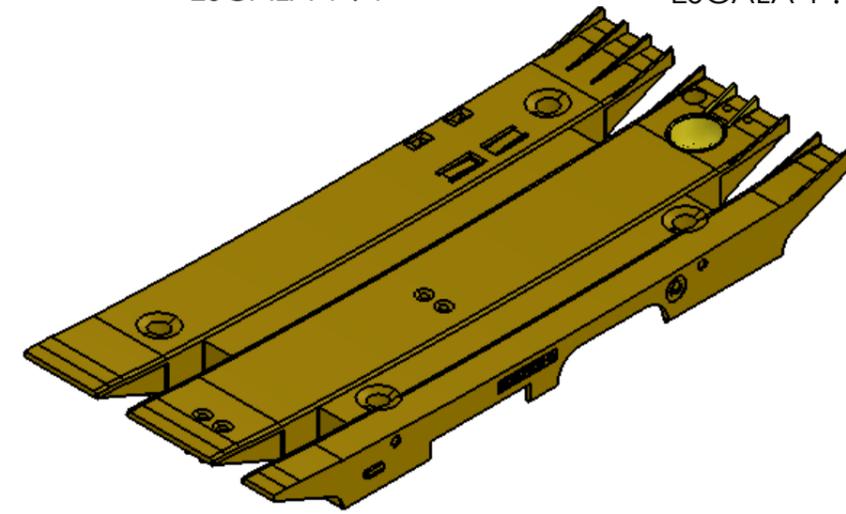
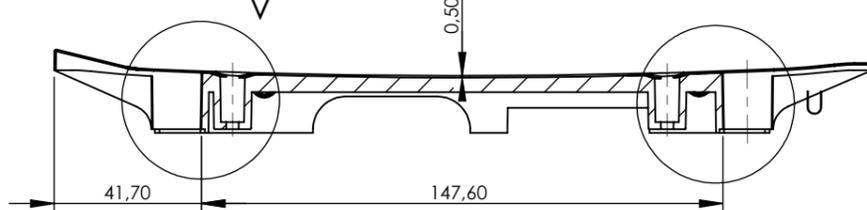


DETALLE U
ESCALA 1 : 1

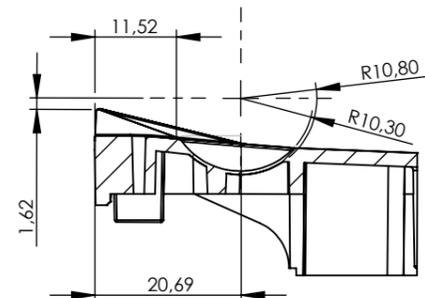


DETALLE V
ESCALA 1 : 1

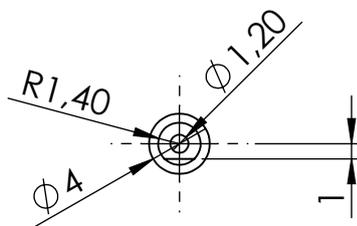
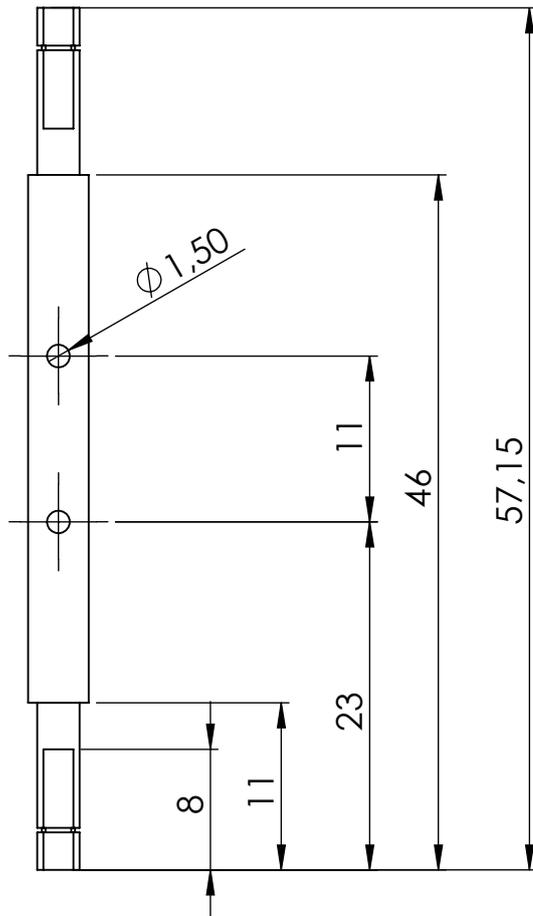
SECCIÓN D-D



SECCIÓN F-F
ESCALA 1 : 1



Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T Campus de Tudela GRADO INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO	TRABAJO FIN DE GRADO		
	PROYECTO Rediseño en el almacenamiento y manipulación en un dispositivo de billetes	REALIZADO POR Ainara Cervera Galarreta		
PLANO Alojamiento Inferior Intermedio_2	FECHA	12/06/2015		
	REFERENCIA	11042831		
	A3	ESCALA 1:2	PLANO 14	



Departamento
de Proyecto e
Ingeniería Rural

upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T Campus de Tudela
GRADO INGENIERÍA DISEÑO
MECÁNICO

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO

Rediseño en el almacenamiento y manipulación
en un dispositivo de billetes

REALIZADO POR

Ainara Cervera Galarreta

FECHA

12/06/2015

REFERENCIA

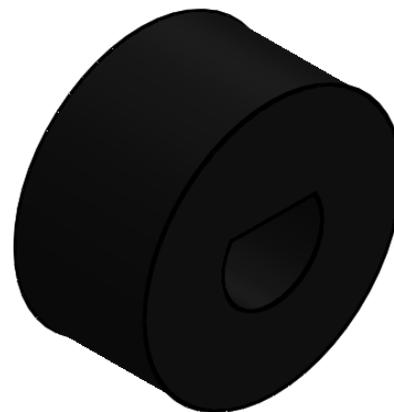
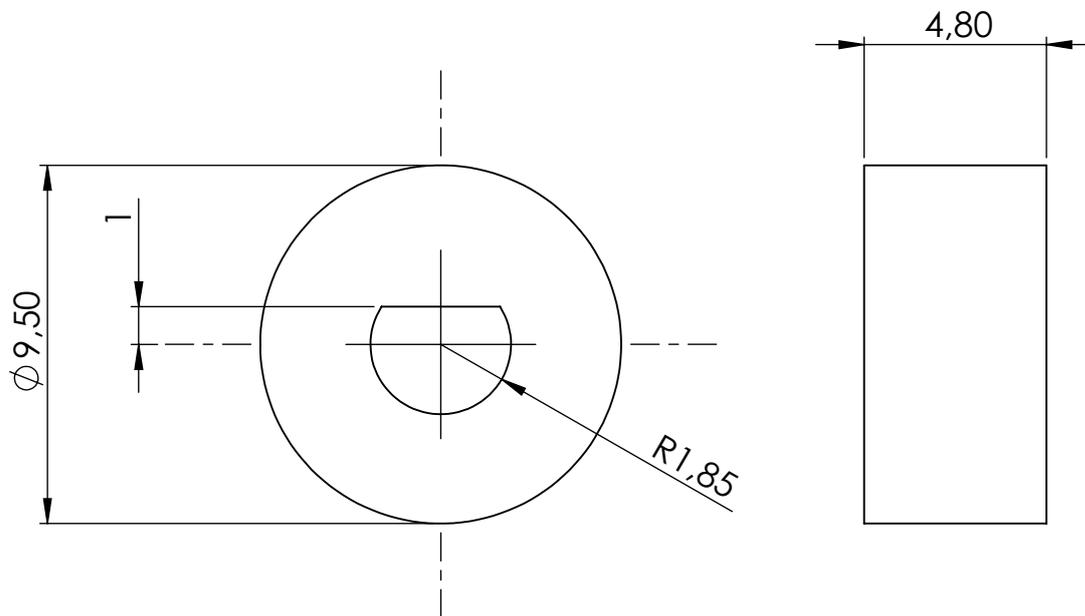
PLANO

Eje

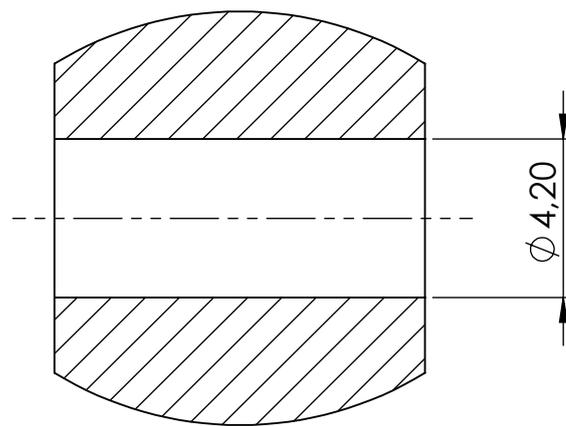
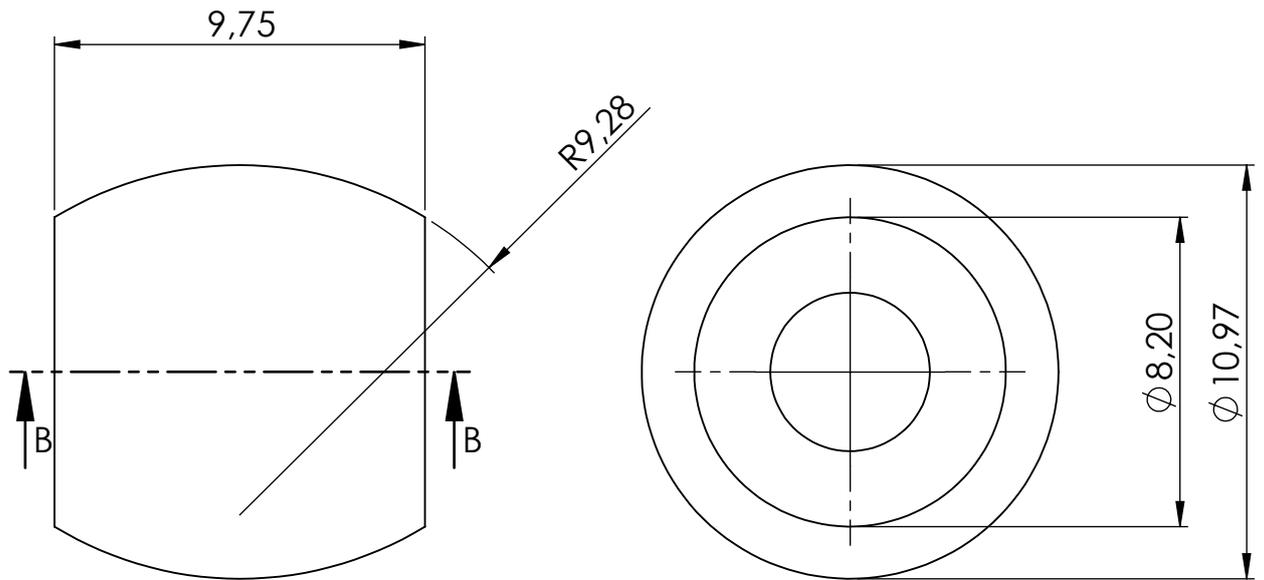
A4

ESCALA
2:1

PLANO
15



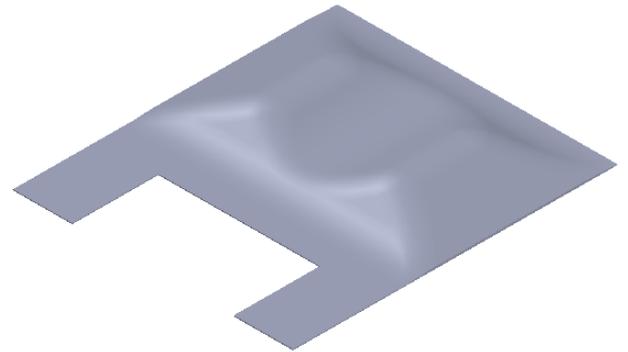
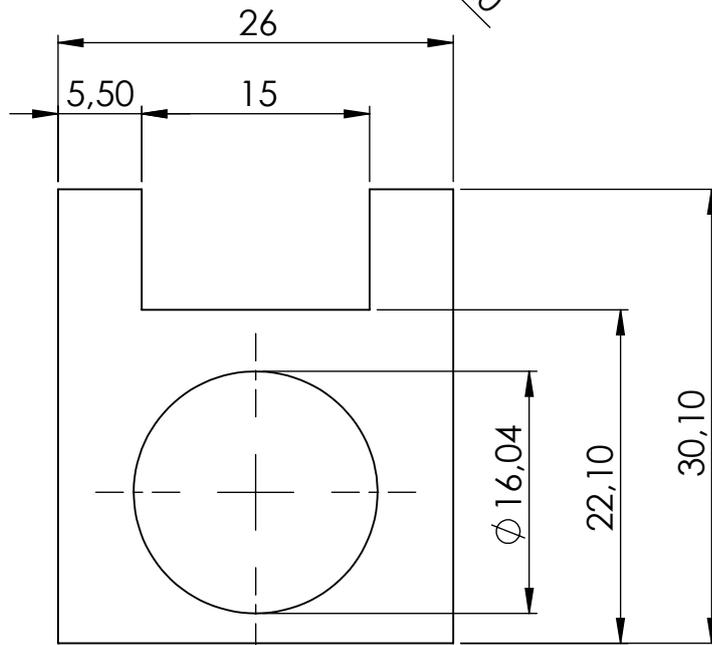
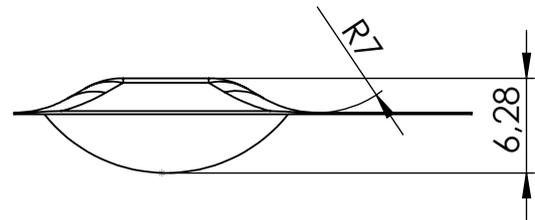
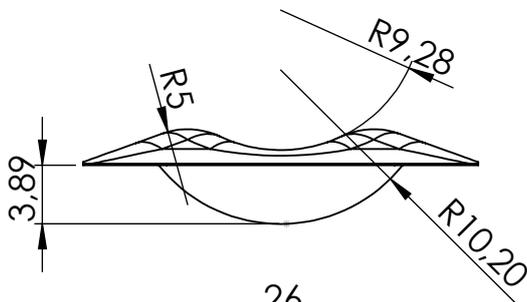
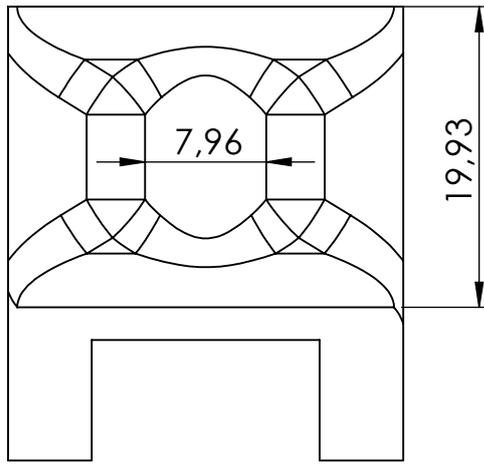
Departamento de Proyecto e Ingeniería Rural upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T Campus de Tudela	TRABAJO FIN DE GRADO		
	GRADO INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			
PROYECTO Rediseño en el almacenamiento y manipulación en un dispositivo de billetes	REALIZADO POR Ainara Cervera Galarreta		FECHA 12/06/2015	
	REFERENCIA			
	PLANO Rueda lateral	A4	ESCALA 1:2	PLANO 16



SECCIÓN B-B



Departamento de Proyecto e Ingeniería Rural	 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T Campus de Tudela	TRABAJO FIN DE GRADO		
		GRADO INGENIERÍA DISEÑO MECÁNICO			
PROYECTO	Rediseño en el almacenamiento y manipulación en un dispositivo de billetes		REALIZADO POR Ainara Cervera Galarreta		
			FECHA 12/06/2015		
			REFERENCIA		
PLANO	Rueda central: RUEDA 4		A4	ESCALA 5:1	PLANO 17



Departamento
de Proyecto e
Ingeniería Rural

upna
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T Campus de Tudela
GRADO INGENIERÍA DISEÑO
MECÁNICO

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO

Rediseño en el almacenamiento y manipulación
en un dispositivo de billetes

REALIZADO POR

Ainara Cervera Galarreta

FECHA

12/06/2015

REFERENCIA

PLANO

Asiento (Para pieza 11042831)

A4

ESCALA
2:1

PLANO
18