



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO 3D Y DIMENSIONAMIENTO DE UN CANDADO TIPO SMART LOCK PARA USUARIOS DE DON CICLETO

Autor: Jaime Villa Moreno

Director: Pablo Rosa Casado

Madrid, 2024

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Diseño 3D y Dimensionamiento de un Candado tipo Smart Lock para usuarios de Don
Ciceto

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2023/24 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Jaime Villa Moreno

Fecha: ...24.../ ...08.../ ...2024...

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Pablo Rosa Casado

Fecha: ...25.../ ...08.../ ...2024...



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO 3D Y DIMENSIONAMIENTO DE UN CANDADO TIPO SMART LOCK PARA APLICACIONES DE MICROMOVILIDAD

Autor: Jaime Villa Moreno

Director: Pablo Rosa Casado

Madrid, 2024

Agradecimientos

Han sido 5 años difíciles que cierran una etapa importante en mi vida. Considero que soy una persona que ha cambiado su forma de pensar y actuar, pero siempre manteniendo la alegría y positivismo con la que llegué en primero. Este proyecto me ha servido para entender lo que es trabajar para una empresa emergente, ver desde dentro su crecimiento y apoyar en todo lo posible su progreso con el recurso limitado que esto requiere.

En primer lugar, quiero agradecer el enorme esfuerzo que han hecho mis padres para que pueda estar donde estoy, sin ellos esto no habría sido posible y ahora toca tener ambición para llegar alto. Agradezco a todas las personas que en el camino me han ayudado a conseguirlo, en concreto a mis profesores como ha sido Mariano Jimenez, todo un referente. Los grandes amigos que me llevo también han contribuido significativamente. Y por último agradecerle el esfuerzo a Pablo Rosa Casado por haber confiado en mí, ha sido un auténtico privilegio trabajar para él y para Don Cicleteo, y confío en que este proyecto se lleve a cabo en un futuro.

DISEÑO 3D Y DIMENSIONAMIENTO DE UN CANDADO TIPO SMART LOCK PARA APLICACIONES DE MICROMOVILIDAD

Autor: Villa Moreno, Jaime.

Director: Rosa Casado, Pablo.

Entidad Colaboradora: Don Cicleteo

RESUMEN DEL PROYECTO

En este trabajo se ha desarrollado un prototipo en 3D de un conjunto candado compatible con la infraestructura de Don Cicleteo, empezando por una fase de diseño y una posterior fase de impresión 3D. Logrando un diseño competitivo y alineado con los requisitos de los usuarios de Don Cicleteo y del cliente Cyclehoop.

1. Introducción

El presente proyecto se enmarca en los intereses de Don Cicleteo, la empresa ha mostrado un profundo interés en el desarrollo de tecnología innovadora y eficiente. Con el objetivo de contribuir a sus objetivos, se propone el diseño y desarrollo de un prototipo que no solo cumpla con las exigencias técnicas, sino que también pueda ser manufacturado en aluminio en un futuro, considerando su aplicación no solo en los bici-hangares sino también en la vía urbana. El candado Smart-Lock debe ser un conjunto que facilite al máximo la experiencia de usuario al cliente de Don Cicleteo, el cierre electrónico da la comodidad de apertura remota a partir de la app, y es la carcasa que se diseña la que debe asegurar que todos los elementos del conjunto estén fijos.

Este proyecto se desarrollará en varias fases, comenzando con el diseño en CAD de la carcasa y la tapa donde se colocarán los elementos del conjunto, pasando por un proceso iterativo de prototipado mediante impresión 3D en PLA en los laboratorios de fabricación de ICAI, y finalmente con la preparación de un modelo apto para su mecanización en aluminio y un primer contacto con una empresa de fabricación.

2. Metodología

La metodología adoptada para este proyecto se basa en un enfoque iterativo que permite la optimización continua del diseño. Se empleará SolidWorks como herramienta principal para el desarrollo del diseño en CAD, garantizando precisión y flexibilidad en el proceso de modelado. Se verán distintos modelos que hay actualmente en el mercado como el MOSA bike-lock que pueden servir de orientación.

Una vez diseñado el prototipo, se procederá a su análisis estructural, se hace un pequeño cálculo que dimensiona el área mínima de la cara trasera de la carcasa, que es la que soporta el esfuerzo de la tensión de la cadena al ser manipulada.

Posteriormente, se realizarán diversas iteraciones del prototipo mediante impresión 3D. Cada iteración incorporará mejoras basadas en el análisis de los resultados previos, con el objetivo de optimizar tanto el diseño como la funcionalidad del componente. Cada dos semanas aproximadamente se plantea un nuevo prototipo. Este proceso iterativo permitirá identificar y corregir posibles fallas, asegurando un prototipo que cumpla con las especificaciones técnicas deseadas.

Finalmente, tras alcanzar un diseño óptimo, se realizarán ajustes finales en el modelo para preparar un modelo que pueda ser mecanizado en aluminio. Para ello, se solicitará un presupuesto a Teyde Ingeniería, una empresa especializada en la fabricación de componentes metálicos de alta precisión.

3. Resultados

El proyecto ha sido exitoso, logrando desarrollar un prototipo 3D competitivo y compatible con la infraestructura de Don Cicleteo, avanzando hacia un producto viable que satisface las necesidades del cliente. Además, Cyclehoop ha expresado su satisfacción con la tecnología, aunque sigue necesitando mejoras. Abriendo la posibilidad de colaboración futura en el desarrollo de un candado.

Sin embargo, hubo limitaciones. Aunque obtuvimos un presupuesto para la fabricación en metal, no avanzamos como esperábamos debido a que Don Cicleteo prioriza otras áreas en lugar de invertir en candados. Además, el prototipo se enfocó en el bici-hangar privado, quedando rezagado en el diseño de un modelo resistente para las U invertidas en la vía pública, donde está más expuesto al vandalismo. A pesar de esto, se cuenta con una base para futuros desarrollos.



1. Candado conjunto

4. Conclusiones

El proyecto en general ha sido muy completo, no solo se ha cumplido con el desarrollo de un prototipo 3D competitivo y funcional, sino también se ha podido validar la fabricación aditiva como una excelente alternativa en procesos de prototipado. La utilización de impresión 3D ha demostrado ser altamente eficiente, permitiéndonos ahorrar tiempo y reducir costos significativamente en comparación con métodos tradicionales de prototipado.

Además, el proyecto ha proporcionado una comprensión más profunda de las necesidades específicas de Don Cicleteo, permitiendo ajustar el diseño del prototipo a los elementos internos que el propio startup fija. Este enfoque iterativo nos ha permitido iterar rápidamente sobre el diseño, incorporando mejoras continuas y asegurando que el producto final sea viable y de alta calidad.

La experiencia adquirida y la base de conocimiento generada durante este proceso nos posiciona favorablemente para futuros desarrollos, especialmente en la colaboración con Cyclehoop, y esto sin duda puede abrir nuevas oportunidades en el mercado.

3D DESIGN AND SIZING OF A SMART LOCK FOR MICROMOBILITY APPLICATIONS

Author: Villa Moreno, Jaime.

Supervisor: Rosa Casado, Pablo.

Collaborating Entity: Don Cicleteo

ABSTRACT

In this project, a 3D prototype of a lock assembly compatible with Don Cicleteo's infrastructure was developed, starting with a design phase followed by a 3D printing phase. The result is a competitive design aligned with the requirements of both Don Cicleteo's users and the client, Cyclehoop.

1. INTRODUCTION

This project aligns with the interests of Don Cicleteo, a company deeply committed to developing innovative and efficient technology. The aim is to design and develop a prototype that not only meets technical requirements but can also be manufactured in aluminium in the future, considering its application in both bike hangars and urban environments. The Smart-Lock must be a system that maximizes the user experience for Don Cicleteo's customers. The electronic lock provides the convenience of remote opening via an app, and the housing being designed must ensure that all components are securely fixed.

The project will be carried out in several phases, beginning with the CAD design of the housing and cover where the components will be placed, followed by an iterative prototyping process using 3D printing in PLA at ICAI's fabrication labs, and concluding with the preparation of a model suitable for aluminium machining and initial contact with a manufacturing company.

2. METHODOLOGY

The methodology adopted for this project is based on an iterative approach that allows continuous design optimization. SolidWorks will be used as the primary tool for CAD development, ensuring precision and flexibility in the modelling process. Various existing models on the market, such as the MOSA bike lock, will be reviewed as potential references.

Once the prototype is designed, a structural analysis will be conducted, including a brief calculation to determine the minimum area of the back face of the housing, which bears the tension of the chain when manipulated.

Subsequently, multiple iterations of the prototype will be produced through 3D printing. Each iteration will incorporate improvements based on the analysis of previous results, with the aim of optimizing both the design and functionality of the component. Approximately every two weeks, a new prototype will be proposed. This iterative process will allow for the identification and correction of potential issues, ensuring a prototype that meets the desired technical specifications.

Finally, after achieving an optimal design, final adjustments will be made to prepare a model suitable for aluminium machining. For this, a quote will be requested from Teyde Ingeniería, a company specializing in high-precision metal component manufacturing.

3. RESULTS

The project has been successful, achieving the development of a competitive 3D prototype compatible with Don Ciceto's infrastructure, moving towards a viable product that meets the client's needs. Additionally, Cyclehoop has expressed satisfaction with the technology, opening the possibility of future collaboration on the development of a lock.

However, there were limitations. Although we secured a budget for metal manufacturing, we did not advance as expected because Don Ciceto prioritizes other areas instead of investing in locks. Additionally, the prototype focused on the private bike hangar, leaving behind the design of a resistant model for inverted U-racks in public spaces, where it is more exposed to vandalism. Despite this, there is a foundation for future developments.



2. Candado (english abstract)

4. CONCLUSIONS

Overall, the project has been very comprehensive. Not only has a competitive and functional 3D prototype been developed, but additive manufacturing has also been validated as an excellent alternative for prototyping processes. The use of 3D printing has proven to be highly efficient, allowing us to save time and significantly reduce costs compared to traditional prototyping methods.

Additionally, the project has provided a deeper understanding of Don Ciceto's specific needs, enabling us to adjust the prototype design to the internal elements specified by the startup. This iterative approach has allowed us to rapidly refine the design, incorporating continuous improvements and ensuring that the final product is viable and of high quality.

The experience gained and the knowledge base generated during this process position us favourably for future developments, especially in collaboration with Cyclehoop, and this will undoubtedly open up new opportunities in the market.

Índice de la memoria

1. Documento 1: ESTADO DEL ARTE	7
1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.....	7
1.1.1 Contexto y Motivación.....	7
1.1.2 Motivación personal.....	13
1.1.3 Metodología de trabajo	14
1.2 Procesos empleados.....	16
1.2.1 Diseño de Cad	16
1.2.2 Impresión 3D.....	18
1.3 IMPACTO AMBIENTAL	22
1.3.1 ODS 3: Salud y Bienestar.....	22
1.3.2 ODS 7: Energía asequible y no contaminante	24
1.3.3 ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.....	24
1.3.4 ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles	25
1.3.5 ODS 12: Producción y Consumo Responsables.....	26
1.3.6 ODS 13: Acción por el Clima.....	27
1.3.7 ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas	28
1.3.8 ODS 17: Alianzas para Lograr los Objetivos	29
2. Documento 2: DESARROLLO	30
2.1 DISEÑO	30
2.1.1 Inspiración.....	30
2.1.2 Diseño.....	35
2.1.3 Funcionamiento/Tecnología.....	43
2.1.4 Cálculos.....	49
2.2 FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO	52
2.2.1 Proceso iterativo	53
2.2.2 Modelo definitivo.....	68
Documento 3: PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN	75
3.1 Metodología empleada	75
3.2 Modificaciones realizadas.....	80
2.3 Presupuesto.....	86

3. <i>Análisis de Resultados</i>.....	88
4. <i>Bibliografía</i>.....	89

Índice de figura

1. Bicihangar Rocket	9
2. Pivote del bici-hangar	11
3. Cyclehoop	12
4. Impresora FFF	20
5. ODS Salud y bienestar	23
6. ODS Energía asequible y no contaminante	24
7. ODS Industria Innovación e infraestructura	25
8. ODS Ciudades y comunidades sostenibles	26
9. ODS Producción y consumo sostenible	27
10. ODS Acción por el clima	27
11. ODS Paz justicia e instituciones sólidas	28
12. ODS Alianzas para lograr los objetivos	29
13. MOSA Bike Lock	31
14. Acople MOSA a tubo	31
15. MOSA Bike Lock (NFC)	32
16. Linka Lasso Bike Lock	33
17. Sentinel S90	34
18. Diseño 4 Candado inteligente	35
19. Croquis colocación candado	36
20. Carcasa	38
21. Tapa	39
22. Cierre	40
23. Batería	41
24. Controlador	41
25. Enganche	42
26. Cadena	43
27. Bici-Hangar	44
28. Interior Bici-Hangar	45

29. Colocación de los pivotes	46
30. App. Disponibilidad	47
31. Apertura	48
32. Iteración 1. Visión 3D	53
33. Iteración 1. Esquema entrada.....	53
34. Abrazadera de Acople a tubo	54
35. Abrazaderas Elesa Ganter.....	55
36. Dimensionado de agujero	56
37. Candado cerrado	57
38. Croquis anilla Cadena ABUS	57
39. Candado abierto	57
40. Elementos internos	58
41. Segunda iteración	60
42. Primer prototipo impreso.....	61
43. Tercera iteración	62
44. Longitud de altura.....	62
45. Segundo agujero cadena fija.....	63
46. Anilla Cadena Abus.....	63
47. Insertos	63
48. Base extruída para atornillar el cierre.....	64
49. Cuarta Iteración	65
50. Vista de Perfil cuarta iteración	65
51. Agujeros abocardados	65
52. Vista inferior cuarta iteración	66
53. Cara inferior.....	67
54. Cara Trasera.....	67
55. Segunda impresión	67
56. Colocación de la batería	67
57. Velcros empleados.....	68
58. Vista inferior guía en rampa	69

59. Guía en rampa.....	69
60. Ubicación guía en rampa modelo final.....	69
61. Vistas iteración final de carcasa	70
62. Modelo definitivo de carcasa.....	71
63. Conjunto sin tapa.....	72
64. Carcasa impresa.....	72
65. Conjunto con tapa.....	73
66. RS	75
67. Modelo RS PRO	76
68. Modelo RS ABS	77
69. TEYDE Ingeniería.....	79
70. Prototipo inicial carcasa	80
71. Diseño original guía en rampa.....	81
72. Rampa modificada.....	82
73. Redondeo de esquinas	83
74. Radios exteriores	84
75. Levantamiento original.....	85
76. Levantamiento modificado.....	85
77. Prototipo final.....	86



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN



ÍNDICE DE FIGURAS

1. DOCUMENTO 1: ESTADO DEL ARTE

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.1 CONTEXTO Y MOTIVACIÓN

Don Cicleteo es una empresa emergente dedicada a ofrecer servicios de aparcamiento y seguridad para bicicletas en entornos urbanos. La empresa se fundó en 2015 en España, y tiene como principal objetivo solucionar el problema de la falta de aparcamiento seguro para ciclistas en las ciudades, promoviendo así el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible, tanto para el uso personal como para el transporte de mercancías. [1]

Sector micro movilidad

El sector de la micro movilidad urbana se refiere a formas de transporte personal y compartido para recorrer por lo general distancias cortas en entornos urbanos. Esto incluye vehículos como bicicletas eléctricas, scooters eléctricos, patinetes eléctricos y otros dispositivos de movilidad personal. Este modelo de transporte ha sido desarrollado como una respuesta a la necesidad de soluciones de transporte sostenibles, eficientes y ágiles para desplazamientos urbanos.

En los últimos años, este sector ha experimentado un rápido crecimiento impulsado por avances tecnológicos, como baterías más eficientes y sistemas de geolocalización. Empresas de tecnología y startups han desempeñado un papel clave en promover este tipo de servicios de micro movilidad a través de aplicaciones móviles que permiten localizar el vehículo, usarlo y posteriormente pagar. Algunas de las empresas más conocidas en este sector son: Lime, Zity, Muving, Cooltra. O empresas filiales que han surgido como departamentos de gigantes de la movilidad como Emov (PSA), MOVO (Cabify) o Acciona Motosharing (Acciona).

La micro movilidad también se ha visto en auge en el sector público. Son muchos los gobiernos de ciudades desarrolladas que han puesto en marcha proyectos de micro movilidad. Un ejemplo claro sería BiciMad. [2]

Don Cicleteo opera en este sector como un startup que ofrece al usuario medios para mantener sus vehículos seguros.

En los últimos años se han ido proponiendo distintos modelos de movilidad sostenible que combaten el problema de la contaminación como puede ser las empresas de motosharing o bike-sharing, como es el ejemplo de bici-mad. Don Cicleteo apuesta por la movilidad de vehículos propios, pero ofreciendo estacionamientos compartidos.

El modelo de negocio de Don Cicleteo se basa en tres puntos principales, los aparcamientos seguros, la micro logística y la venta de su tecnología a terceros.

Aparcamientos seguros:

Don Cicleteo ha diseñado una red de bici-hangares y aparcamientos seguros para bicicletas que pueden instalarse en la vía pública o parkings. Estas instalaciones pueden ser utilizadas por aquellas personas que se den de alta en su plataforma y reserven una plaza en el aparcamiento deseado, ubicados en puntos estratégicos en toda la ciudad. El objetivo de estos aparcamientos es garantizar la seguridad para los usuarios reduciendo al máximo la posibilidad de robo y el vandalismo.

Toda la gestión y monitorización de servicio (reserva de plaza, monetización, etc) se realiza mediante una aplicación lanzada por la empresa. El servicio incluye el software para gestionar los espacios, monitoreo en tiempo real, y la administración de usuarios y suscripciones. Hay dos tipos de suscripciones: anual o mensual. Y también existe la alternativa de uso diario. En la siguiente imagen se muestra el bici-hangar rocket, utilizado principalmente para el almacenamiento de bicicletas o patinetes.



3. Bicihangar Rocket

Micro logística:

La micro logística es una rama de la logística que se enfoca en la gestión eficiente del transporte y la distribución de mercancías a nivel local, especialmente en zonas urbanas. Se caracteriza por el manejo de pequeños volúmenes de carga y la realización de entregas de última milla, es decir, la fase final del proceso de distribución donde los productos son entregados directamente al consumidor final.

Don Cicleteo ya colabora en Suiza junto con la empresa de logística OVO. Ambas empresas se encuentran trabajando en un proyecto que consiste en desarrollar hubs logísticos de pequeña escala, nanohubs, que se caracterizan por ser centros de almacenaje y distribución de última milla. Estos pequeños hangares se ubican estratégicamente en distintos puntos de la ciudad (igual que los bici-hangares).

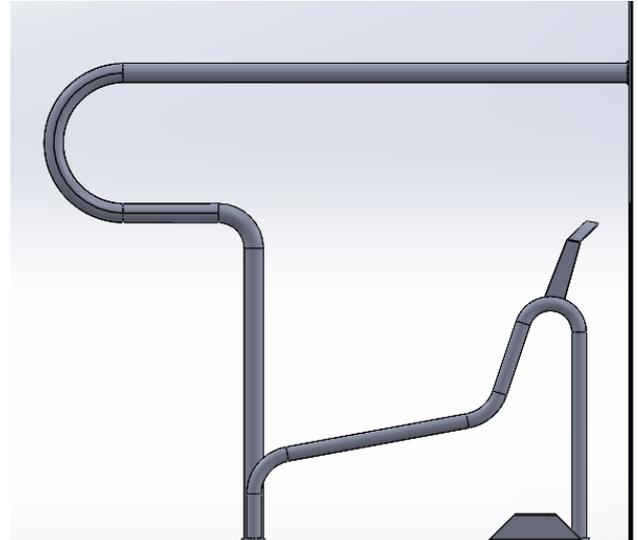
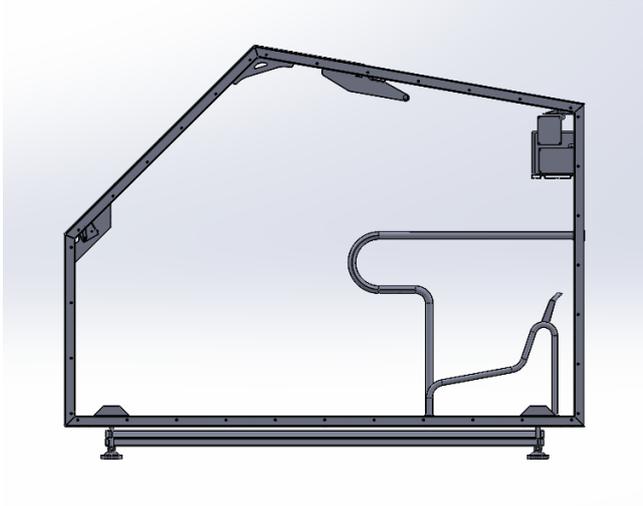
Estos nanohubs han estado en estado de prueba durante más de un año en la ciudad de Ginebra, en colaboración con distintas empresas, tanto públicas como privadas; dotando así a ambas empresas colaboradoras con experiencia para seguir progresando.

Venta de tecnología a terceros:

Otra forma que tiene la empresa de crecer es a través de la comercialización de su tecnología con otras empresas. Don Ciclete apuesta por ideas innovadoras y creativas que resultan eficientes para el uso de muchas otras empresas de la industria del ciclismo y la movilidad. Este tercer modelo de negocio resulta muy útil porque no solo se obtiene beneficio de la tecnología de la empresa, sino que se hace mucho “networking” con otras empresas (en su mayoría extranjeras) que contribuyen al crecimiento del sector.

El presente proyecto forma parte de esta rama del modelo de negocio de Don Ciclete.

La necesidad de garantizar la seguridad a los usuarios de Don Ciclete es lo que ha impulsado a la empresa a llevar a cabo este proyecto. Los bici-hangares actuales ya cuentan con seguridad externa que impide a cualquier sujeto ajeno a la empresa entrar en el espacio donde se almacenan las bicicletas de los usuarios. Sin embargo, se ha considerado conveniente añadir otra medida más de seguridad en el interior de los hangares. La medida en cuestión es la implementación de candados seguros anclados en los postes de los nuevos modelos de bici - hangar.



4. Pivote del bici-hangar

Este conjunto carcasa- candado permitirá al usuario anclar su bici a la estructura del hangar asegurando que nadie manipula el cierre, además de hacer más cómoda la experiencia al usuario mediante la app de la empresa, que le permite accionar el candado a través del smartphone.

El objetivo del lanzamiento del candado es también expandirlo por las empresas del sector. Vender el prototipo y que cada empresa lo ajuste de la forma que prefiera. Nuestro potencial cliente en este ámbito es el Startup en movilidad sostenible CycleHoop.

Cyclehoop es un startup británico fundada en 2008, especializada en el diseño y fabricación de infraestructuras innovadoras para bicicletas. La empresa se centra en proporcionar soluciones prácticas y seguras para el aparcamiento y almacenamiento de bicicletas en entornos urbanos, con el objetivo de promover el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible.



5. Cyclehoop

El objetivo es lanzar un prototipo de candado que sea útil para implantar tanto en vía pública (U invertidas) como en los bici hangares de Don Cicleteo, y que el diseño guste a compañías como Cyclehoop para poder vender nuestra tecnología. Y si el tiempo lo permite, obtener un primer feedback de presupuesto de fabricación para desarrollar el candado en metal.

1.1.2 MOTIVACIÓN PERSONAL

El objetivo personal que busco yo realizando este trabajo, es aprender el proceso entero sobre el desarrollo de un producto, enfocándome más en las primeras fases de diseño y prototipado. Y no solo eso sino también la experiencia de realizarlo en un startup, con los altibajos que eso conlleva. Y la experiencia de poder contactar con el cliente para pulir los detalles del producto.

A nivel académico, busco poner en práctica lo aprendido estos años en la parcela mecánica de la ingeniería, lo más relevante en este aspecto es lo aprendido acerca de diseño en 3D en programas CAD, particularmente Solid Edge y Solid Works. Además de hacer planos a partir de esos diseños en el propio programa.

Otro objetivo personal como alumno es poner en práctica y profundizar en la técnica de prototipado mediante la impresión 3D. Esta tecnología permite materializar ideas y conceptos de manera tangible, facilitando la visualización y el análisis de los diseños en tres dimensiones. Al dominar la impresión 3D, no solo adquiero habilidades técnicas, sino también desarrollo una comprensión más profunda de los procesos de diseño y fabricación. Esto incluye la capacidad de iterar rápidamente, identificar y resolver problemas de diseño, y experimentar con diferentes materiales y técnicas de impresión.

Además, usar la impresión 3D fomenta la creatividad y la innovación, permitiendo explorar nuevas posibilidades en el desarrollo de productos y soluciones prácticas.

También realizaré cálculos de resistencia de materiales para justificar el material elegido en el momento de fabricación y asegurar el aguante del producto final ante posibles intentos de vandalismo.

1.1.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para este proyecto, se ha diseñado un planning que hay que ir cumpliendo. Tener una referencia nos permite enfocarnos más en algunas áreas que requieran de más tiempo del planteado.

La forma de trabajar acordada para este proyecto es un sistema metodologías ágiles. Esta forma de trabajar se basa en la entrega iterativa e incremental de productos o servicios, permitiendo una respuesta rápida a las necesidades del cliente y a los cambios en los requisitos del proyecto. Es iterativa porque cada semana se analizará un diseño de candado nuevo, con mejoras respecto a la semana anterior. Cada semana (aproximadamente), me reúno con mi coordinador de proyecto y discutimos los cambios oportunos a implementar en el prototipado de la carcasa candado.

Cronograma de realización del proyecto:

- Noviembre 2023 - Febrero 2024:

Fase de investigación y preparación del software. Durante estos meses se define la metodología de trabajo y los objetivos del proyecto tanto a nivel personal como empresarial. Para diseñar un candado de cero se debe tener creatividad y nociones de visión espacial o visualización, pero también es necesario inspirarse en otros productos ya existentes en el mercado. En este período de tiempo se investigarán otros candados de otras empresas del sector como MOSA, Linka Lasso o Sentinel S90. Distintas geometrías con distintos tamaños, pero todos cumpliendo la misma función.

- Febrero 2024:

Diseño en Solid Works de la primera iteración del prototipo. En este mes se busca llegar a un primer modelo de candado con el objetivo de poder hacer pruebas con él. Durante este

mes es vital la comunicación entre el alumno (yo) y la empresa (Pablo) para poder sacar adelante de la nada un primer prototipo que sea convincente.

- Marzo 2024:

Impresión 3D del prototipo y avances en piezas menores. Estas piezas menores son elementos que se acoplan a la estructura general para aguantar los componentes internos del candado y enganchar el mismo a las U invertidas de la calle o a los pivotes de los bici hangares de Don Ciclete. No solamente se trata de imprimir la estructura carcasa, sino de tratar de fijar y ajustar todas los elementos internos del conjunto en el modelo impreso,.

- Abril – Mayo – Junio 2024:

Rediseño CAD de la pieza y elección de materiales para el prototipo definitivo. También se elegirá el proceso de fabricación oportuno y se realizará un pequeño análisis de costes.

- Mayo 2024- Junio 2024:

La parte final del proyecto, una vez tengamos el prototipo definitivo, analizaremos los costes de cara a fabricarlo en metal y realizaremos un par de pruebas en la vía pública.

1.2 PROCESOS EMPLEADOS

En esta sección se analizará con detalle el fundamento teórico de los dos procesos ingenieriles llevados a cabo para sacar adelante este proyecto. En primer lugar, un proceso de diseño desde cero en un programa CAD, y posteriormente el proceso de fabricación del prototipo de la pieza, en este caso la impresión 3D.

1.2.1 DISEÑO DE CAD

Un software CAD (Computer-Aided Design) es una herramienta informática que facilita el diseño y la creación de planos y modelos de piezas o conjuntos en 2D y 3D. Estos programas son ampliamente utilizados en diversas industrias, como la ingeniería, arquitectura, manufactura y diseño gráfico, para diseñar y documentar productos y sistemas con precisión y eficiencia. A diferencia de metodologías antiguas de modelado de piezas, esta tecnología permite agilizar el trabajo al automatizar los procesos manuales en el diseño de productos.

Con ello, se reducen errores, se gana velocidad y se aumenta la calidad del trabajo, ya que el error humano se limita. Las empresas pueden así alcanzar una mayor eficacia y productividad, ya que les permite visualizar el producto final de antemano y experimentar de manera interactiva con diferentes diseños, sin necesidad de prototipar mucho.

Un software CAD permite la creación de dibujos planos y modelos tridimensionales que pueden visualizarse desde diferentes ángulos. La precisión es una de sus ventajas clave, ya que permite ajustar dimensiones y crear geometrías complejas con alta exactitud. A parte de esto, también ofrecen herramientas de dibujo y edición para modificar y mejorar los diseños existentes. O si vamos un paso más allá, recrear una pieza real en el programa a través de scanner, utilizando la técnica de ingeniería inversa.[3]

Algunos programas CAD avanzados incluyen herramientas para análisis estructural, térmico y de fluidos, lo que permite simular el comportamiento del diseño bajo diversas condiciones. También facilitan la generación de planos detallados y la documentación necesaria para la fabricación o construcción. Las capacidades de renderizado y visualización ayudan a crear imágenes y videos realistas del diseño, útiles para presentaciones y evaluaciones.

En este proyecto, el programa CAD que se ha planteado utilizar es el programa Solid Works, impulsado por Dassault Systemes. Este programa cuenta con una interfaz de diseño muy intuitiva y fácil de usar para el usuario, además de otras aplicaciones como la simulación ante fluidos o esfuerzos. [4]

Durante el proceso de diseño, SolidWorks permite desarrollar un modelo tridimensional de piezas con alta precisión. La interfaz y las herramientas avanzadas de modelado facilitan la creación de geometrías complejas (aunque en este caso no se ha requerido) y la modificación de estas según las necesidades del proyecto.

Existen numerosos tipos de diseño en CAD, pero principalmente podemos dividirlos en 2 áreas: Diseño en 2D y diseño en 3D.

El CAD 2D se utiliza para crear dibujos planos y vistas en dos dimensiones. Es el tipo más básico de CAD y se emplea principalmente para la elaboración de planos arquitectónicos, diagramas eléctricos y esquemas mecánicos. En nuestro caso es necesaria también una visión de la pieza en profundidad.

Es por ello por lo que trabajamos con el segundo tipo de herramienta de diseño que es el CAD 3D. Esta herramienta permite la creación de modelos 3D de objetos. Estos modelos pueden rotarse y ser visualizados desde cualquier ángulo, lo cual facilita la comprensión de la geometría y las proporciones del diseño. Además, con el CAD 3D también se pueden extraer planos de piezas con las vistas que sean necesarias.

El CAD en 3D tiene muchas aplicaciones hoy en día, es por ello por lo que existen subgrupos que lo seccionan. En función de sus aplicaciones específicas y el enfoque que se les quiera dar, podemos dividirlo en 4 tipos.

Modelado Sólido, modelado Superficial, modelado paramétrico y CAD para prototipado rápido.

El modelado sólido es el que crea modelos precisos que representan el volumen interno y externo del objeto, y se pretende después analizar propiedades mecánicas como la resistencia. [5]

El modelado superficial no se centra tanto en el volumen interno de las piezas sino más bien en los acabados superficiales, enfocándolo en simulaciones de aerodinámica o exposiciones estéticas, esto es algo que no nos incumbe en este proyecto ya que la geometría es simple y el acabado superficial se puede ajustar con las herramientas de impresión 3D.

El modelado paramétrico se diferencia en los otros por las relaciones matemáticas que tienen los elementos del archivo de la pieza, en términos de aplicación, es muy útil para editar en tamaño piezas ya dadas o realizar ajustes en modelos que requieren cambios constantemente.[6]

Por último, el CAD de prototipado rápido, es el propio para diseños de fabricación rápida que luego se fabrican de forma ágil como es la impresión 3D, se usa este diseño en CAD para hacer prototipos que requieren varias iteraciones. Este es el sistema de diseño que usa para formar la estructura del candado Smart Lock de Don Cicleteo.

1.2.2 IMPRESIÓN 3D

El método de fabricación que usaremos para hacer el prototipo es el método de impresión 3D (o fabricación aditiva).

La impresión 3D es una tecnología innovadora que permite crear objetos tridimensionales a partir de un modelo digital, construyéndolos capa por capa. Este método supone una

alternativa revolucionaria en las tecnologías de fabricación, ya que como su nombre indica, su fundamento es añadir material, mientras que la mayoría de las técnicas de fabricación actuales se basan en la sustracción de material. Esto lo hace una técnica más eficiente.

La impresión 3D es una metodología de fabricación que está en auge, cada vez son más los sectores que deciden apostar por esta técnica. Algunos de ellos son el sector de automoción (sobretudo Formula 1), sector aeroespacial, sector de robótica (piezas complejas y difíciles de fabricar) o el sector educativo. [7]

El proceso comienza con el diseño de la pieza en un software CAD, tal y como se explica en el apartado 1.2.1. Posteriormente, este diseño se convierte en un formato que la impresora puede leer, generalmente STL o AMF, y se divide en capas mediante un software especializado. Denominamos capa a cada pasada completa que hace el cabezal de la impresora al laminar el material de impresión sobre la bandeja. [8]

La impresora lee las instrucciones del software para depositar el material capa por capa, dando forma al objeto final. No siempre hay una única forma de fabricar mediante impresión 3D, se pueden modificar los parámetros de impresión de muchas formas distintas en función del tiempo y material disponible. También se puede emplear un material de soporte para realizar geometrías complejas. Aguanta la pieza en todo el proceso de enfriado y se quita después de realizar la impresión cuando ya se ha endurecido. En los siguientes apartados dentro de la parte de desarrollo se explicarán los distintos ajustes de parametrización que hemos tenido que ir haciendo para optimizar el proceso de fabricación del prototipo del candado.

Tipos de impresión 3D

Existen varios tipos de impresión 3D. El FFF (fabricación con filamento fundido), también conocido como FDM, es el más común y utiliza filamentos de plástico que se funden y depositan en la bandeja mediante una boquilla. Existen también modificaciones de este proceso que mezclan el material plástico con una segunda boquilla por la que se aplican fibras de materiales compuestos.



6. Impresora FFF

La SLA y DLP son métodos que usan láseres o proyectores para solidificar resinas líquidas. El SLS y MJF trabajan con polvos que se sinterizan con láseres o fuentes de calor. El EBM funde polvo de metal utilizando un haz de electrones. Todos estos métodos son más complejos, para el prototipado de la estructura del candado, es suficiente con el método FFF.[9]

Materiales usados para impresión 3D

La impresión 3D utiliza una variedad de materiales, cada uno con sus propias características y aplicaciones. Desde plásticos versátiles y económicos hasta metales resistentes y materiales compuestos avanzados, esta tecnología sigue abriendo nuevas posibilidades en múltiples industrias.

Podemos dividir los materiales en cuatro grupos:[10]

El primer grupo serían los plásticos, es el material más común de todos por su bajo coste y su versatilidad. Tiene un amplio campo de aplicaciones y se suele aplicar mediante el método

FDM, es decir, fundir el material para poder formar cada capa. Se distinguen dos plásticos principales dentro de este grupo: PLA, popular por ser ecológico y presentarse en formas duras y blandas, lo que lo hace útil para diferentes aplicaciones; ABS, se conoce por su resistencia y flexibilidad, es ideal para fabricar juguetes y artículos de artesanía.

El segundo grupo serían los metales. Ya solo por sus elevados puntos de fusión y propiedades mecánicas, resulta más complejo y costoso trabajar con ellos. La metodología típica de impresión que se emplea con los metales es la sinterización directa por láser, es decir, se fusiona a través de un láser los polvos de cada capa a la capa inferior de metal, endureciendo el polvo metálico y convirtiendo así esta capa en una nueva capa de metal. Los metales se usan para aplicaciones como la aeronáutica y la joyería, donde se necesitan piezas resistentes y detalladas. Se usa comúnmente acero inoxidable, aluminio, titanio o bronce.

Como tercer grupo tenemos el grafeno, el grafeno se destaca por ser extremadamente duro, flexible, ligero y altamente resistente. Gracias a estas propiedades, el grafeno tiene aplicaciones en diversos sectores como el energético, la construcción o la salud. Y también es ideal para el sector electrónico porque permite fabricar componentes con mucha flexibilidad, ligereza y durabilidad. [11]

Por último, el grupo de materiales compuestos. Son apreciados por su alta resistencia y estabilidad, así como por su óptima relación resistencia-peso. Se usan generalmente plásticos del primer grupo mencionado antes como base para crear estos materiales composite. Algunos ejemplos de bases comunes son PLA y ABS, o polímeros de alto rendimiento como PEEK. En la sinterización selectiva por láser (SLS), el nailon también puede ser un material base popular. Para mejorar su resistencia sin aumentar significativamente el peso, se refuerzan con fibras de carbono, grafeno, fibra de vidrio y Kevlar.

Aplicaciones de la impresión 3D en el sector industrial

En la industria y manufactura, la impresión 3D es una herramienta importantísima para el prototipado rápido, permitiendo a las empresas crear prototipos de productos de manera rápida y económica, acelerando el proceso de diseño y desarrollo. También facilita la producción de piezas complejas y personalizadas sin la necesidad de herramientas específicas, lo que reduce costos y tiempos de fabricación. Además, la impresión de piezas de repuesto bajo demanda mejora la eficiencia de las operaciones industriales. Don Ciclete apuesta por la impresión 3D para llevar a cabo proyectos de innovación como es el candado Smart Lock.[7]

1.3 IMPACTO AMBIENTAL

En esta sección se pretende justificar como este proyecto contribuye positivamente a hacer un mundo mejor a base de cumplimentar varios de los objetivos de desarrollo sostenible estipulados por la ONU. Estos objetivos se fijaron por los estados miembros de la ONU en el año 2015 con el objetivo de hacer un futuro más sostenible. Estos, tratan los principales problemas del mundo, que incluyen la desigualdad, el cambio climático, la pobreza, la degradación ambiental, la paz y la justicia. [12]

En este contexto, un proyecto de candado para un bici-hangar de una empresa que apuesta por la movilidad sostenible, cumple con los objetivos de la ONU.

En esta sección nombramos algunos de ellos.

1.3.1 ODS 3: SALUD Y BIENESTAR

Es evidente que un candado como tal no contribuye de manera directa a la salud de las personas, sin embargo, el propósito general que tiene el lanzamiento de este proyecto sí que puede resultar de gran ayuda. Mejorar la tecnología de los bici-hangares fomentando un

modelo de movilidad sostenible, hace más atractivo a las personas el hecho de moverse en bicicleta. Y esto si que se alinea con el ODS 3.

El uso de la bicicleta como medio de transporte o para actividades recreativas fomenta la actividad física regular. El ejercicio físico ayuda a prevenir enfermedades no transmisibles como enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y obesidad. Y a parte de todo esto, mejora la salud mental.

Usar la bicicleta (o el patinete), también contribuye a mejorar la calidad del aire, y a disminuir la contaminación por ruido (muy beneficioso para reducir problemas de salud mental). La reducción de la contaminación del aire contribuye a la disminución de problemas respiratorios y enfermedades relacionadas con la calidad del aire, como el asma y otras enfermedades pulmonares. Esto es especialmente importante en áreas urbanas donde la contaminación del aire es un problema crítico, que es justo donde Don Cicleteo pretende opera con mayor impacto.

A nivel sociedad también ayuda mucho el aumento del ciclismo, ya que eso supone una disminución en el uso de vehículos a motor y con ello un menor colapso en las vías principales de la ciudad, esto ayuda mucho a los organismos públicos como policía o ambulancias para ofrecer un mejor servicio al ciudadano. Además de una disminución de los accidentes de tráfico.



7. ODS Salud y bienestar

1.3.2 ODS 7: ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE

El uso de bicicletas es una forma de movilidad que no necesita energía basada en combustibles fósiles, esto contribuye a una reducción significativa de las emisiones de carbono y otros contaminantes. Promover el ciclismo ayuda a disminuir la demanda de energía no renovable, apoyando la transición hacia sistemas de energía más sostenibles y menos contaminantes.



8. ODS Energía asequible y no contaminante

1.3.3 ODS 9: INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA

La impresión 3D partiendo de modelos CAD es algo completamente revolucionario para la industria en general, la fabricación aditiva es una nueva forma de producir para muchas empresas de múltiples sectores, en nuestro caso para el sector movilidad.

Este enfoque no solo optimiza el proceso de desarrollo y producción, sino que también apoya la creación de infraestructuras sostenibles, como los bici-hangares. Además, aumenta la productividad mediante la técnica del prototipado rápido, y reduce el coste para las empresas de llevar a cabo el desarrollo de sus productos.

Los candados smart lock utilizan tecnología avanzada que permite su apertura y cierre mediante aplicaciones móviles. Esto elimina la necesidad de llaves físicas, que pueden perderse o ser robadas, y ofrece una solución de seguridad más eficiente y conveniente ya sea Bluetooth (como es el caso), NFC o Wifi.

Esta tecnología de candados de apertura remota no solo impulsa la innovación dentro de la industria de la seguridad, sino que también crea oportunidades de empleo en sectores tecnológicos avanzados, desde el diseño y la ingeniería hasta el desarrollo de software y la manufactura de dispositivos electrónicos.



*9.ODS Industria Innovación e
infraestructura*

1.3.4 ODS 11: CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

Un proyecto de candados inteligentes pueden ser parte integral de las llamadas “Smart cities”, mejorando la seguridad y eficiencia de los espacios urbanos. Contribuyen a crear comunidades más seguras y sostenibles mediante la reducción de delitos y la mejora de la gestión de la seguridad en los bici-hangares. E indirectamente, el hecho de hacer los bici-hangares más seguros promueve su uso, creando entornos urbanos más sostenibles y

habitables, con menor contaminación y ruido. La promoción de la movilidad sostenible mediante el uso de bicicletas ayuda a hacer que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.



10. ODS Ciudades y comunidades sostenibles

1.3.5 ODS 12: PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES

En este proyecto se practica la técnica de fabricación aditiva (impresión 3D), que permite fabricar de manera más eficiente y sin desperdiciar material (como sería el caso de fabricación tradicional). Al ser un proyecto apoyado por la universidad, no se requiere de logística compleja, y por ello se reduce la huella de carbono asociada al transporte de productos. Y el mismo razonamiento se aplica al propósito del proyecto, que es fomentar el uso de la bicicleta para reducir la contaminación en las ciudades.



11. ODS Producción y consumo sostenible

1.3.6 ODS 13: ACCIÓN POR EL CLIMA

Al igual que para el ODS 12, el ODS 13 se alinea con el interés de este proyecto de Don Cicleteo por el fomento del uso en bicicleta. La movilidad sostenible contribuye directamente a la reducción de emisiones de gases a la atmósfera y a reducir el efecto invernadero.



12. ODS Acción por el clima

1.3.7 ODS 16: PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS

La seguridad es un componente esencial para la paz y la justicia. Un candado inteligente que sea difícil de vulnerar puede disuadir actividades delictivas y fortalecer la confianza en las instituciones encargadas de la seguridad pública.

Además, un propósito secundario de este proyecto es implementarlo en las U invertidas públicas de las ciudades para ampliar significativamente el espacio operativo de Don Cicleteo y no limitarlo únicamente a sus bici-hangares. Por ello no solo se contribuye a la seguridad interna de la empresa y de los usuarios, sino a todo ciudadano que deje su bicicleta o patinete en una U invertida en la ciudad.



13.ODS Paz justicia e instituciones sólidas

1.3.8 ODS 17: ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS

El éxito del proyecto del candado Smart Lock de Don Cicleteo depende de la colaboración entre diversas partes interesadas, incluyendo empresa, universidades, fabricantes, clientes extranjeros, usuarios finales e incluso gobiernos y ayuntamientos de la UE que contribuyen económicamente para poder llevar a cabo este tipo de trabajos. Esta cooperación refleja la importancia de las alianzas en la consecución de los ODS, demostrando cómo la colaboración intersectorial puede impulsar soluciones innovadoras y sostenibles.



14. ODS Alianzas para lograr los objetivos

2. DOCUMENTO 2: DESARROLLO

2.1 DISEÑO

2.1.1 INSPIRACIÓN

Para desarrollar el producto antes es importante especificar una serie de requerimientos de diseño. Como la pieza no es excesivamente grande ni costosa, la principal tarea es cumplir con los requerimientos técnicos.

La variable en la que más libertad hemos tenido a la hora de diseñar nuestro candado ha sido la forma geométrica de la estructura. Para diseñar una pieza de estas características generalmente se buscan geometrías sencillas, mínimamente atractivas para los usuarios y sencillas de fabricar. Además de habilitarla para acoplarla a nuestros bici-hangares o a las U invertidas de la ciudad, pero no se decide sin antes investigar proyectos similares que nos puedan orientar. Es importante mencionar que se busca un diseño que permita mantener fijo un extremo de la cadena.

Para diseñar el candado es importante inspirarse de otros diseños que están actualmente en el mercado. Inspirándonos en las últimas tendencias en diseño industrial y en las innovaciones del sector de la micro movilidad, hemos desarrollado un sistema que combina la seguridad de un candado tradicional con la comodidad y la tecnología de los dispositivos móviles.

El primer producto que se analiza es el MOSA bike lock. La tecnología y el aspecto del candado MOSA son muy similares a lo que buscamos implementar en Don cicleta.

MOSA es una empresa emergente internacional dedicada también la movilidad sostenible a través de soluciones innovadoras en el sector del transporte urbano. Su enfoque principal es la implementación de vehículos eléctricos ligeros y compartidos, como bicicletas y

scooters, que ayudan a reducir la congestión del tráfico y las emisiones de carbono en las ciudades.

Don Cicleteo y MOSA comparten una visión común de fomentar la movilidad sostenible en las ciudades, pero no son empresas que compiten entre sí, sino que más bien se complementan. Don Cicleteo se especializa en ofrecer aparcamientos seguros para bicicletas, MOSA se centra más en proporcionar vehículos eléctricos compartidos. Pero además de eso también desarrollan su propia tecnología como es el MOSA bike-lock.

MOSA bike lock:

El candado consta de una carcasa metálica sólida que contiene la electrónica del dispositivo y dos pines a los que se acopla la cadena, y por otro lado una cadena normal tipo estándar de candado de bicicleta convencional. Este es el aspecto que tendría el candado en una U invertida urbana para bicicletas. Como se puede observar, la estructura es completamente cerrada, tiene poco grosor y mucha longitud, y sus extremos son todos curvados. Se observa que los pines sobresalen de la carcasa lo justo para que entre el extremo libre de la cadena. Sin embargo, la geometría del acople al tubo del pivote fijo de la vía urbana es muy compleja, y no hemos podido acceder a los planos para desarrollar un acople similar que se pueda prototipar en la impresora 3D.



15. MOSA Bike Lock



16. Acople MOSA a tubo

Este candado funciona con tecnología NFC, programando sensores de radiofrecuencia de tipo “TAG” en la pieza metálica que interfieren en el campo magnético de un smartphone compatible con esta tecnología. Este se activa a través de la aplicación de MOSA y emite ondas de radiofrecuencia que interceptan el TAG del candado. [13]



17. MOSA Bike Lock (NFC)

Esta tecnología es muy fiable y es actualmente empleada en multitud de empresas, el ejemplo más claro son los sistemas de pago “contactless”. Si bien es cierto que este candado no es exactamente un candado de apertura remota ya que es necesario acercar el móvil lo suficiente al candado, para que interfiera con el campo magnético que genera el TAG del candado. Ese es uno de los pocos inconvenientes que tiene la tecnología NFC.

La alternativa más fiable para nosotros es la conexión por Bluetooth. Es una tecnología más universal y además permite poder abrir el bike-lock a distancia.

LINKA LASSO Bike smart lock:

Otro diseño notable que puede servirnos de inspiración es el candado inteligente LINKA. Este cierre a diferencia del MOSA no tiene forma de U. El diseño del cilindro con pasadores permite una apertura y cierre rápidos y sencillos, mejorando la experiencia del usuario. Cuando el usuario acciona el candado mediante huella dactilar, los pasadores se expanden y ocupan un espacio habilitado en la carcasa negra. Esta configuración ofrece la ventaja de una apertura y cierre significativamente más rápidos y un movimiento más sencillo de ejecutar para el usuario. [14]

Otra configuración más sencilla es que el usuario lleve a mano una tarjeta que se detecte en la cercanía por el candado, esto permite no tener que usar huella dactilar y usar un simple botón que cuando se pulsa, abra o cierre el candado (siempre que el usuario porte la tarjeta)

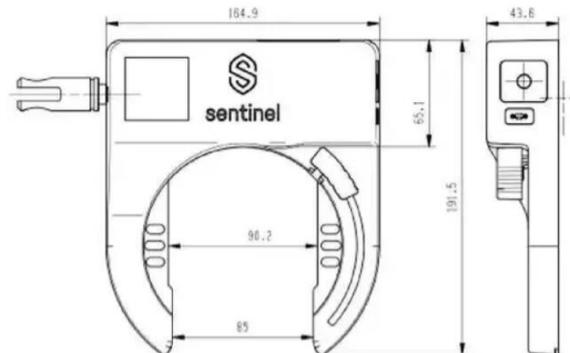


18. Linka Lasso Bike Lock

Finalmente se descarta este diseño por la complejidad de diseñar el pasador, y la necesidad de hacer un extremo de la cadena fijo. Este candado está más enfocado al uso privado del usuario, y no se ve de forma fácil una manera de fijarlo a la instalación.

SENTINEL S90

Algo más similar a lo que buscamos es un cierre parecido al de Sentinel.



19. Sentinel S90

Como se ve en la ilustración 17, se trata de una simple pieza, sin cadena, que se compone de una estructura con forma de pinza circular. Esta estructura tiene su parte electrónica (localizada en el rectángulo superior), y de una pinza con forma de tres cuartos de circunferencia que posee dos tubos por los que va insertado el cierre metálico.

Este cierre funciona de forma remota con una aplicación en el smartphone. El sistema cuenta con conectividad Bluetooth y localización GPS.

El propósito de este candado no es exactamente lo que se busca implementar en Don Ciclete ya que está pensado para el uso en vía urbana, pero el diseño puede ser perfectamente una opción para nuestro candado ya que optimiza mucho el espacio. Y se puede fijar perfectamente en una carcasa.[15]

OTROS DISEÑOS

Aparte de los mencionados anteriormente, existen en el mercado otros modelos de candado de bicicleta que son interesantes para tener en cuenta en Don Ciclete. Uno de ellos es un modelo Smart Bike lock vendido en Amazon que cumple con los requisitos que buscamos

para nuestro candado. Funciona con conexión Bluetooth y tiene un diseño simple de fabricar, pero ofreciendo las mismas garantías que otros candados más complejos. [16] Además, también cumple con el requisito técnico de mantener siempre un extremo fijo.



20.Diseño 4 Candado inteligente

2.1.2 DISEÑO

En la fase de inspiración, se investigaron diversos modelos de cierres y candados para bicicletas, estos modelos nos proporcionaron valiosas ideas y conceptos que analizamos detenidamente para encontrar la mejor solución para el proyecto.

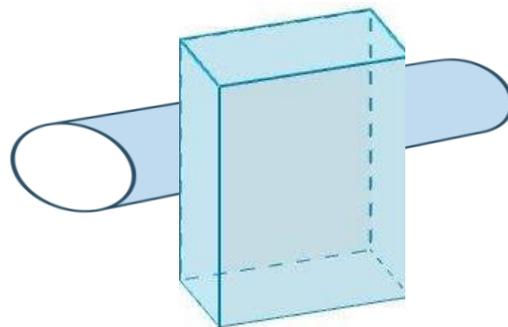
La primera decisión que se toma es qué cierre se va a emplear. Tras evaluar las características y funcionalidades de los modelos estudiados, se decide emplear el cierre estándar que emplea Don Cicleteo en su infraestructura. El cierre en cuestión es el modelo de 12V de Southco. Este cierre ha demostrado ser fiable y eficaz, ya que se implementa en otros proyectos de Don Cicleteo como puede ser el Bici Hangar Rocket, el NanoHub, o las taquillas individuales. El cierre SouthCo cumple con los requisitos de seguridad y facilidad de uso que buscamos

para nuestro diseño, tiene una tensión de alimentación de 12V que es justo la tensión que buscamos entregar con las baterías. Se adjunta foto del cierre en la sección 2.1.2.1.

Las dimensiones de este cierre son de 80mm². Sabiendo que cierre se emplea, se puede comenzar a plantear un diseño en CAD, visualizando por donde pasa la cadena y como se encajan los diferentes elementos del conjunto.

El diseño que se plantea para la estructura del conjunto candado es un prisma rectangular con forma de caja. El motivo es porque es una pieza sencilla de prototipar y rápida de imprimir, lo cual nos da ventaja al aplicar el método de iteraciones rápidas, se puede obtener feedback rápidamente de esta estructura y cambiar cosas sin tener excesiva dificultad. El objetivo de este proyecto es diseñar una pieza sencilla, y eficiente para la usabilidad de los usuarios, además de que se acople bien en las instalaciones de Don Cicleteo. Los requerimientos estructurales se centran en garantizar una buena robustez y protección contra elementos externos (en caso de adaptarlo a vía urbana) como puede ser fuertes vientos o lluvia.

La estructura rectangular se acoplará al pivote del bici-hangar de forma que quede en forma de voladizo. Esto se detalla más adelante. Una primera aproximación de cómo debería quedar el acople al bici-hangar es la siguiente:



21. Croquis colocación candado

El tubo azul representa el agarre fijo de la U invertida o del bici-hangar. Mientras que el prisma representa el conjunto que hay que diseñar con el candado Smart Lock.

Uno de los requerimientos de diseño fundamentales para la carcasa del candado es que la cadena utilizada para asegurar la bicicleta tenga un extremo fijo a dicha carcasa. Este diseño permite que la cadena esté firmemente sujeta y no se pueda retirar fácilmente, incrementando la seguridad del sistema. Para cumplir con este requerimiento, es necesario incorporar un enganche interno que permita asegurar la cadena a la carcasa de manera efectiva. Este enganche debe ser robusto y estar integrado de tal manera que no comprometa la integridad estructural del candado ni facilite manipulaciones no autorizadas.

Debido a este requerimiento de diseño, es crucial que la carcasa tenga una forma sencilla que facilite la incorporación del enganche interno sin complicar excesivamente el proceso de fabricación, además parte de esta cadena viaja por dentro de la carcasa y conviene que esta tenga una forma recta para que la cadena no se deforme.

La forma de caja que se ha escogido es particularmente adecuada para este propósito, ya que proporciona una estructura simple y espaciosa que permite diseñar e integrar el enganche interno de manera eficiente. Además, una carcasa con forma de caja puede ofrecer una mayor resistencia a impactos y manipulaciones, lo cual es esencial para garantizar la durabilidad y efectividad del candado. Otra ventaja de tener una estructura con una forma sencilla de caja es que también facilita el mantenimiento y la reparación del candado, asegurando que el diseño sea práctico y funcional.

Por último, el diseño de la estructura debe asegurar que todos los componentes de su interior queden bien anclados, para ello, es importante determinar una serie de elementos de fijación para acoplar dichos elementos a la carcasa. Y del mismo modo se debe también preparar la carcasa para implantar dichos acoples.

2.1.2.1 Elementos del conjunto

En este apartado, se detallarán los distintos elementos que componen el conjunto del Candado Smart Lock. Se describirán las características y funciones de cada componente, desde la carcasa y el mecanismo de cierre, hasta los insertos y la guía de seguridad, con el objetivo de proporcionar una comprensión completa del diseño y su integración en el prototipo final. Aunque se van cambiando algunos elementos a lo largo de las iteraciones, aquí se explican los elementos del modelo definitivo.

- ***Carcasa***

La carcasa del Candado Smart Lock es el elemento que protege el cierre y los componentes internos del exterior. Tiene unas dimensiones de 126 x 97 mm de base y una altura de 175 mm.

Ha sido fabricada utilizando una impresora 3D, empleando material PLA (ácido poliláctico). El PLA ha sido elegido por sus propiedades de fácil impresión, su buena estabilidad dimensional y su capacidad para producir detalles precisos en el diseño, lo que permite un acabado superficial adecuado para prototipos funcionales. La carcasa ha sido diseñada para ser robusta y duradera, asegurando la integridad del candado durante su uso cotidiano. También esta diseñada para albergar y acoplar el resto de los elementos del conjunto.



22. *Carcasa*

- ***Tapa***

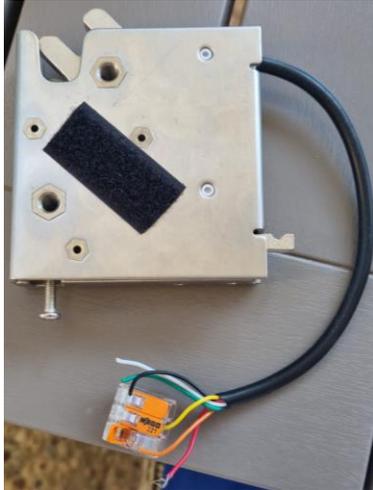
Es un elemento también diseñado en CAD e impreso en 3D, la tapa cubre la cara frontal por completo y tiene la misma altura y base horizontal que la carcasa. Esta se acopla al conjunto con 4 tornillos M5 que van a los insertos de la carcasa



23.Tapa

- ***Cierre Southco***

El elemento más importante del conjunto. Todo el acoplamiento de los elementos se ajusta al funcionamiento y las dimensiones de este cierre. Funciona con una alimentación de 12V y tiene unas dimensiones de 80 mm² de base y un espesor/altura de 20mm. Tiene agujeros roscados en la cara superior para poder fijar el cierre a la carcasa.



24. Cierre

- ***Batería***

Es la fuente de alimentación del conjunto. La tensión que da es de 12V y tiene una forma de prisma rectangular de 110 x 60 mm, y un espesor de 25 mm. Esta batería tiene una entrada directa al cierre a través de conectores, y un cable que la puede recargar para que el Smart Lock este siempre operativo. También dispone de un interruptor que la apaga en caso de no usarse.



25.Batería

- ***Controlador***

El controlador es una pequeña placa que contiene un transmisor, este transmisor envía recibe señales de la app del móvil del usuario y es el que permite operar el candado de manera remota.



26.Controlador

- ***Enganche***

Se emplea un enganche para sostener el extremo fijo de la cadena, este va sujeto mediante tornillos al techo de la carcasa. El enganche está fabricado de acero y ocupa 4,5 cm del techo de la carcasa.



27.Enganche

- ***Cadena***

La cadena escogida para asegurar la seguridad de las bicicletas es la cadena ABUS. Tiene un cable de 1cm de diámetro con dos extremos con forma de anilla. Las cadenas Abus son reconocidas por su alta calidad y resistencia, diseñadas específicamente para ofrecer una seguridad superior en la protección de bicicletas, motocicletas, y otros objetos de valor.

Están fabricadas con acero endurecido, y presentan un alto nivel de resistencia a los cortes y ataques con herramientas manuales. Además, las cadenas ABUS suelen estar recubiertas con una funda textil para proteger la pintura y superficies del objeto asegurado, evitando arañazos y daños.[17]

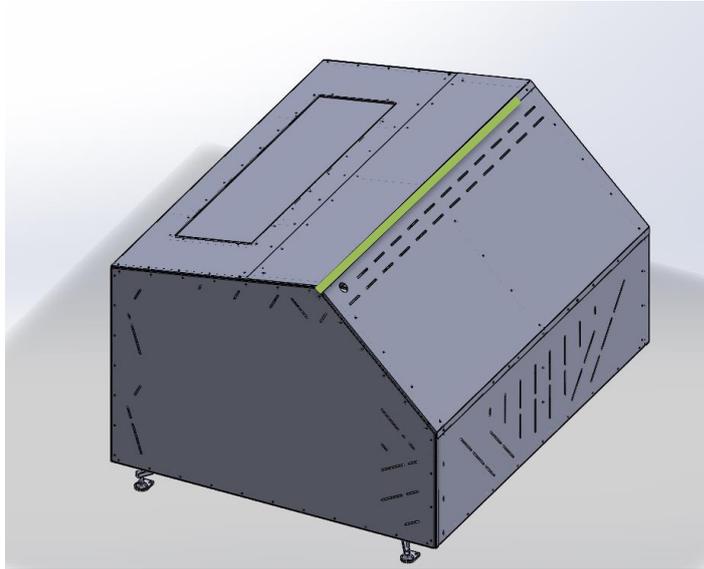


28.Cadena

2.1.3 FUNCIONAMIENTO/TECNOLOGÍA

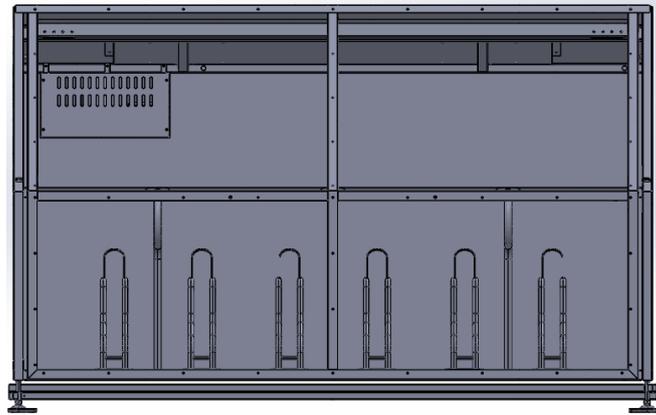
Una vez explicados todos los elementos que deben formar el conjunto del candado, se detallará en esta sección como debe ser el correcto funcionamiento del prototipo. En primer lugar, es importante hacer énfasis en el funcionamiento de la estructura del bici-hangar y tener una visión genérica del acople del conjunto a dicha estructura.

Los bici-hangares tienen unas dimensiones de aproximadamente 2 x 2,5 metros con una altura de poco más de 1 metro, lo suficiente como para que entren bicicletas y patinetes de cualquier tamaño.



29. Bici-Hangar

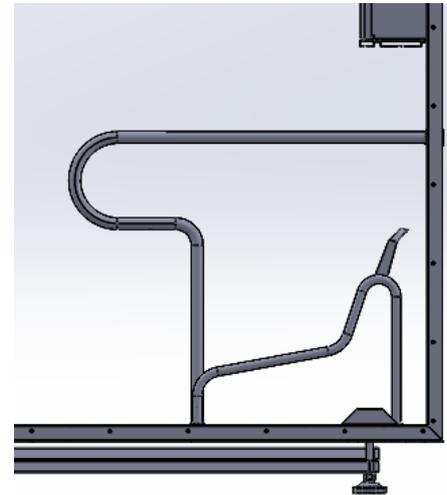
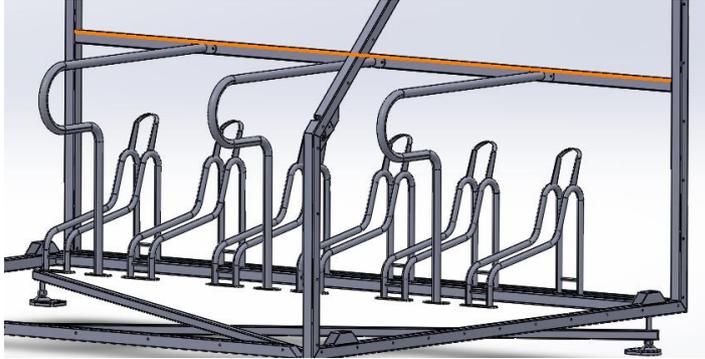
Estos bici-hangares están diseñados para ofrecer la máxima seguridad. Están contruidos con materiales robustos como el acero y cuentan con cerraduras de alta seguridad, en particular, el mismo tipo de cierre que se va a emplear en el candado. En este caso se muestra imagen del bici-hangar Rocket, que cuenta con una puerta vertical de apertura electrónica con la bisagra localizada en la zona señalada en verde. De manera que cuando esta se abre de forma remota gracias a la conexión con la aplicación móvil, el usuario puede encontrar dentro los anclajes y racks para asegurar la bicicleta con el candado.



30. Interior Bici-Hangar

Los bici-hangares protegen las bicicletas de las inclemencias del tiempo, como la lluvia y el sol, lo que ayuda a mantenerlas en buen estado durante más tiempo. Aun así, ante la posibilidad de fugas de agua en estos bici-hangares el diseño de la carcasa del candado debe ser completamente cerrado e impermeable, no solo por eso sino porque también se plantea la posibilidad de llevar el candado a las U invertidas de la calle.

El pivote del bici-hangar al que se acopla la estructura del candado es el siguiente. Tiene un diámetro de 29 milímetros. La carcasa se acopla al tubo en su parte horizontal mediante bridas metálicas, y el propio tubo es el que aguanta el peso del conjunto. Los tubos son de acero inoxidable, un material fiable que garantiza al usuario que su patinete o bicicleta va a estar bien anclada al bici-hangar. En las U invertidas de la calle ocurre lo mismo, aunque existen otras posibilidades como el acero galvanizado, el hierro, los materiales compuestos, o el aluminio. [18]

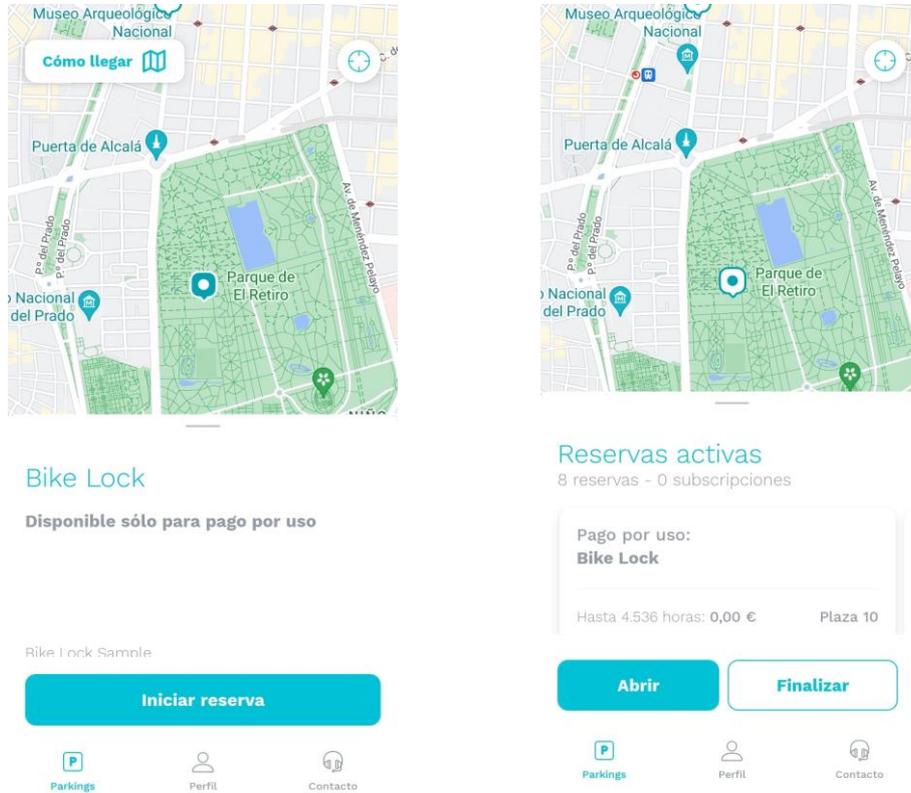


31.Colocación de los pivotes

Por último, explicaremos brevemente el contexto en el que se acciona el candado Smart Lock. Para ello se detalla brevemente el funcionamiento de la aplicación móvil y lo que ve el usuario “front end” para poder acceder al uso del candado.

La aplicación móvil de Don Ciclete proporciona una interfaz intuitiva para que los usuarios puedan localizar y reservar plazas en los aparcamientos seguros de la red. El proceso se desarrolla de esta manera:

Localización: El usuario, a través de la geolocalización o mediante una búsqueda por nombre o dirección, identifica el aparcamiento más cercano o conveniente. En nuestro caso como desarrolladores, se ha habilitado una plaza (virtual siempre disponible para poder hacer las pruebas pertinentes con el candado).



32. App. Disponibilidad

Disponibilidad: La aplicación muestra en tiempo real la disponibilidad de plazas en el aparcamiento seleccionado, permitiendo al usuario elegir entre diferentes opciones según sus necesidades.

Reserva: Una vez seleccionado el aparcamiento y la plaza deseada, el usuario procede a realizar la reserva. Esta puede ser puntual (pago por uso) o mensual, según la modalidad elegida.

Pago: El pago se realiza de forma segura a través de la aplicación, utilizando los métodos de pago asociados a la cuenta del usuario.

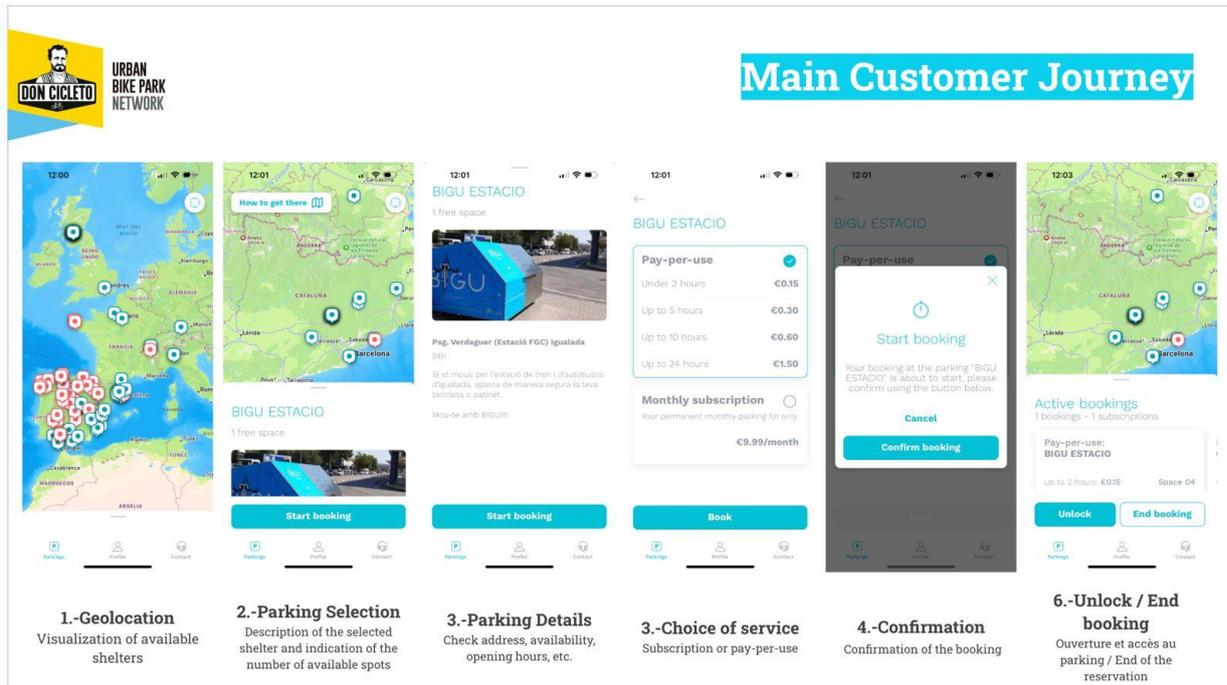
Acceso: Una vez realizada la reserva, el usuario va a recibir un código de acceso único que le permite abrir la puerta del aparcamiento y acceder a su plaza asignada.



33. Apertura

El momento en el que al usuario le aparece la indicación de cierre o apertura, el candado debe abrirse o cerrarse con un retardo considerablemente corto. El cierre enciende un led en de color verde y la pestaña se mueve con suficiente potencia para mover toda la cadena. Todo esto se consigue gracias al sistema electrónico que incluye el controlador instalado en el cierre, el cual se conecta a la placa base del sistema electrónico que se ubica dentro de la carcasa del candado, y que se conecta mediante cableado al propio cierre.

En la siguiente ilustración, se muestra un resumen de toda la experiencia que vive el usuario en la app de Don Cicleteo.



34. Experiencia global del usuario

2.1.4 CÁLCULOS

Para llevar a cabo este prototipo, se han debido realizar unas comprobaciones previas para comprobar que la estructura aguantará el mínimo requerido.

Es necesario hacer una pequeña comprobación de resistencia de materiales. Esta comprobación consiste en ver si el área que se va a emplear es superior al área mínima que debe tener la cara que soporta la fuerza que se aplica en el uso del Smart Lock.

En el caso del modelo definitivo que se verá más tarde, el diseño del Smart Lock es de una caja vertical que tiene el cierre (al que se engancha la cadena) atornillado a la pared trasera, por tanto, es la pared trasera la primera que se va a dimensionar en este apartado.

Para este primer cálculo se asumen dos hechos: el primero es que la fuerza máxima aplicada va a ser de 5000 N. Esta fuerza se asume como la fuerza máxima que puede aplicar una persona que quiera cometer un acto vandálico con herramientas simples no especializadas, como puede ser una palanca.

El segundo hecho que se asume es que los tornillos que fijan el cierre a la pared, al ser de métrica 6 y compuestos de acero inoxidable, tienen una resistencia a tracción muy alta rondando valores de hasta 800 MPa, por tanto, no es necesario comprobar la resistencia de estos. Lo mismo pasa con las bridas metálicas de sujeción, y con la propia cadena ABUS certificada.

Se procede a hacer la primera comprobación referida a la pared trasera donde va anclado el cierre. Se va a soportar una fuerza máxima de 5000N, pero queremos asegurar con un factor de seguridad 2, por lo que:

$$F_{max} = F \times n = 5000 \times 2 = 10000 \text{ KN}$$

El área planteada en el modelo definitivo para la pared lateral es de 125 x 173 mm², por tanto:

$$A = 21.625 \text{ mm}^2$$

Con estos números obtenemos el esfuerzo a tracción de las fibras de la pared “ σ ” como :

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A} = \frac{10000 \text{ N}}{21.625 \text{ mm}^2} = 0,462 \text{ MPa}$$

Ahora se debe comprobar que la resistencia a tracción del material de la pared es superior a el valor calculado. Se usa PLA para el prototipo, el PLA tiene una resistencia de 50 MPa por tanto:

$$50 \text{ MPa} > 0,462 \text{ MPa}$$

Por tanto, se ha diseñado correctamente la pared trasera de la carcasa.

La cadena tiene un extremo fijo también enganchado en la carcasa a través de un mosquetón y un enganche atornillado al techo de esta. Por tanto, tenemos que hacer la misma comprobación para la pared superior de la carcasa.

Consideramos misma fuerza máxima y mismo material de impresión PLA.

El área es $A = 100 \times 125 \text{ mm}^2 = 12500 \text{ mm}^2$

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A} = \frac{10000 \text{ N}}{12500 \text{ mm}^2} = 0,8 \text{ MPa}$$

Sacamos la misma conclusión:

$$50 \text{ MPa} > 0,8 \text{ MPa}$$

La pared superior también está bien dimensionada.

Otra comprobación que se ha hecho ha sido analizar el comportamiento del PLA ante una temperatura muy alta. Los bici-hangares están hechos de metal y en días de mucho calor esto puede resultar en temperaturas muy elevadas en el interior de estos.

Considerando una temperatura máxima en el interior del bici-hangar de 55°C, analizamos cuanto se puede deformar la carcasa hecha con PLA, y ver el efecto que tiene esto sobre la fijación de los elementos internos.

Ya de primeras, sabemos que no es mal mayor porque la temperatura máxima en el bici-hangar (55°C) está por debajo de la temperatura de transición vítrea del PLA (60-65°C). Esto significa que, aunque el candado experimentará alguna expansión térmica, no alcanzará temperaturas en las que el material comience a ablandarse o deformarse significativamente.

Se comprueba cuanto se dilata el material aplicando la ecuación de expansión térmica. Consideramos en todos los casos una temperatura ambiente inicial de 20° C

$$\Delta T = 55 - 20 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

Y se emplea el coeficiente de dilatación del PLA “ α ” que tiene un valor de $7 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Dimensión de altura: $L_0 = 173\text{mm}$

$$\Delta L = \alpha \times L_0 \times \Delta T = 7 \times 10^{-5} \cdot 173 \cdot 35 = 0,4239 \text{ mm}$$

Grosor de la pared: $L_0 = 10\text{mm}$

$$\Delta L = \alpha \times L_0 \times \Delta T = 7 \times 10^{-5} \cdot 10 \cdot 35 = 0,0245 \text{ mm}$$

Dilatación de la base: $L_0 = 100\text{mm}$

$$\Delta L = \alpha \times L_0 \times \Delta T = 7 \times 10^{-5} \cdot 100 \cdot 35 = 0,245 \text{ mm}$$

$L_0 = 125\text{mm}$

$$\Delta L = \alpha \times L_0 \times \Delta T = 7 \times 10^{-5} \cdot 125 \cdot 35 = 0,306 \text{ mm}$$

Como se podía intuir con la primera estimación de la temperatura, estos valores de dilatación no son tan importantes como para tenerlos en cuenta.

2.2 FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO

Como se ha comentado antes, el desarrollo del proyecto desde el diseño hasta la fabricación se ha desarrollado mediante un sistema de metodologías ágiles. Es decir, cada dos semanas o cada semana se desarrolla una nueva iteración de progreso en el prototipo y en cada una se va comentando pequeñas mejoras y detalles que modificar. En la siguiente sección, se comentarán las versiones del candado tanto en el diseño en CAD como en la parte de fabricación aditiva más redundantes.

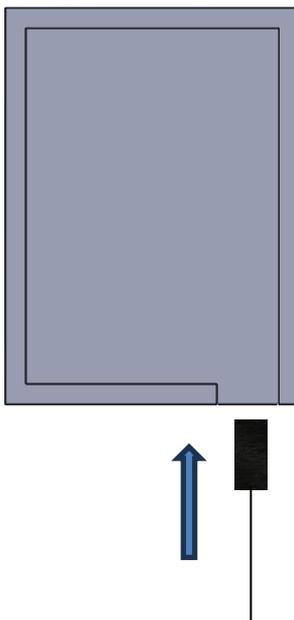
2.2.1 PROCESO ITERATIVO

1ª iteración:

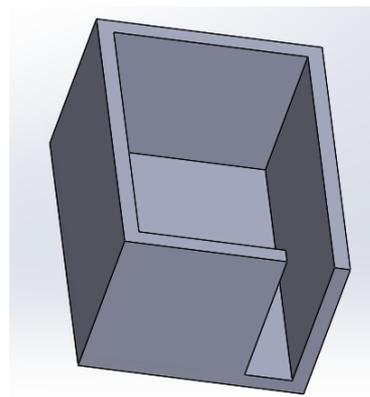
En las primeras reuniones que hemos ido teniendo hemos ido organizando como íbamos a completar el calendario y cuáles serían los objetivos semanales. Lo más destacable de las primeras reuniones ha sido definir la forma y el tamaño que va a tener nuestro candado. Hemos modelado varios elementos que se deben prototipar con Solid Works y posteriormente fabricar, como son la carcasa, los enganches y las abrazaderas.

Se plantea ya desde la primera iteración un diseño del conjunto con forma de caja. Con las siguientes medidas. Base: 129x99 mm; Altura 175 mm. Con una orientación de vertical. Las medidas planteadas se escogen pensando en que los elementos del conjunto puedan entrar bien en la caja y aprovechando el máximo espacio posible.

Inicialmente se plantea un único hueco abierto en la base de forma que la cadena entre y salga por el mismo lugar, y que ambos extremos se enganchen en el propio cierre.



36. Iteración 1. Esquema entrada



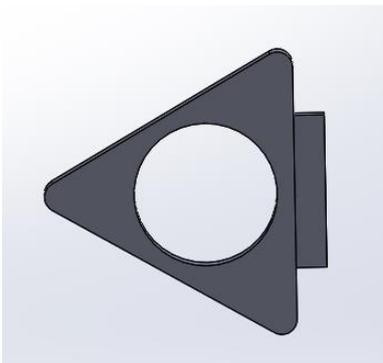
35. Iteración 1. Visión 3D

El problema de este diseño es que el agujero es demasiado grande. El detalle de mantenerlo abierto limita mucho la seguridad de la estructura y aumenta las posibilidades de vandalismo.

Por ello la prioridad es hacer el agujero lo más pequeño posible, pero permitiendo que se inserte con facilidad una cadena de 5cm de diámetro de anilla y 1cm de grosor de cable

Por otro lado, se empiezan a plantear métodos de acoplamiento de la estructura al pivote del bici-hangar. Se plantea imprimir en 3D distintos acoples para el tubo de medidas. El más relevante, una abrazadera triangular que se atornille a la carcasa. Otra opción que se valora es acudir al proveedor oficial de la empresa y ver que abrazaderas o sistemas de ajuste son las más idóneas para el Smart-Lock. Se presentan los diferentes sistemas de agarre. Y los distintos proveedores.

Diseño propio de abrazadera atornillada, otra opción es diseñarla sin agujeros y plantear una soldadura, pero esto solo sería posible en un prototipo de acero o aluminio, y no sirve con material PLA:



37. Abrazadera de Acople a tubo

Abrazadera atornillada proveedor elesa-ganter y abrazadera con pasador. Ambas opciones viables en diámetro en 29mm.[19] Elesa - Ganter es el proveedor habitual que suele trabajar con Don Cicleteo, por tanto, es una opción segura



38. Abrazaderas Elesa Ganter

En esta primera iteración se descartan los tres ajustes propuestos. Tras una evaluación detallada, se ha determinado que estas abrazaderas no son adecuadas para este propósito.

El principal inconveniente es que las abrazaderas disponibles no abren lo suficiente como para abrazar un tubo de 28 mm de diámetro, lo que las hace incompatibles con nuestras necesidades. Además, estas abrazaderas presentan limitaciones en cuanto a la durabilidad y resistencia bajo condiciones de carga prolongada, lo que podría comprometer la seguridad del sistema a largo plazo. Como solución alternativa, se propone el uso de bridas metálicas ajustables, que no solo pueden adaptarse a diámetros mayores, sino que también ofrecen una mayor robustez y flexibilidad en la instalación, asegurando un ajuste firme y seguro al tubo del pivote.

Si bien es cierto que no son tan resistentes como una abrazadera metálica, las bridas metálicas propuestas son capaces de soportar un peso de hasta 5 kN, lo que garantiza una fijación segura y resistente del candado al tubo del pivote del bici-hangar. Esta solución no solo es compatible con el diámetro requerido, sino que también ofrece la robustez necesaria para mantener la integridad del sistema bajo cargas significativas.[20]

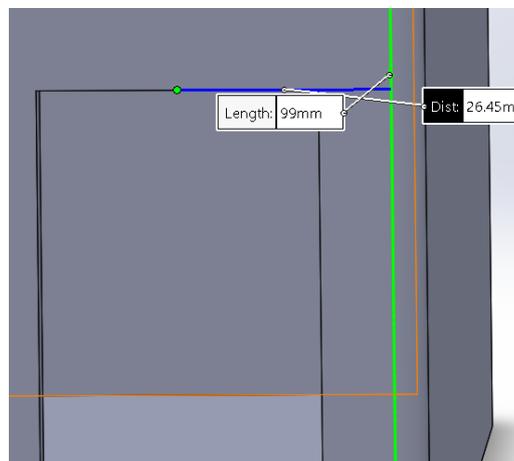
2ª iteración:

Se diseña como irán ubicados los diferentes elementos del conjunto y se realiza una primera impresión en el FabLab de ICAI. El cierre es el elemento central que marca como se distribuyen el resto de piezas.

Agujero de paso de cadena

La colocación del agujero por donde pasará la cadena es crucial. Se plantea colocar el cierre tocando la pared lateral derecha. Desde ahí se mide la distancia al inicio de la pestaña que se abre y se cierra.

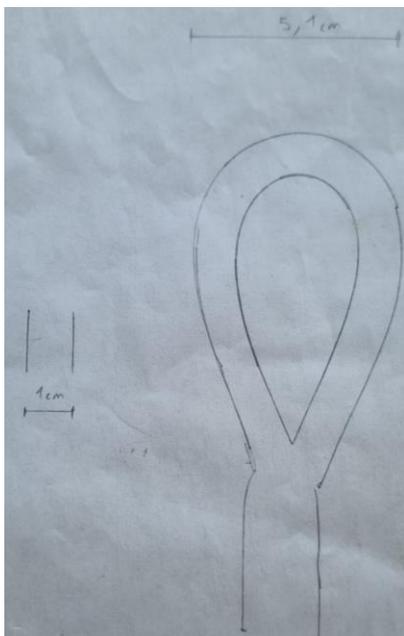
Esa distancia es de aproximadamente 2,70 cm y es la que marca el centro el agujero inferior donde pasa la cadena. En la figura inferior se indica la distancia mencionada que es la línea azul marcada como DIST en negro.



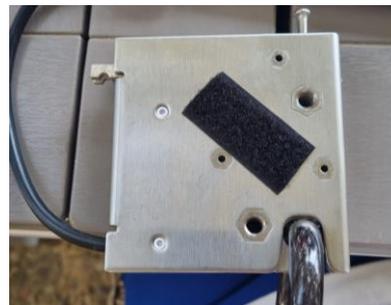
39. Dimensionado de agujero

Esta medida es la primera referencia que se obtiene para hacer el agujero. Para saber como de grande hacerlo se analiza exclusivamente el ancho de la cadena, ya que es lo único que se busca que entre por ahí, cuanto más espacio libre quede, peor diseñado estará, ya que facilitaría los intentos vandálicos.

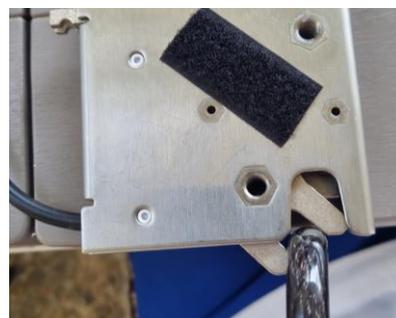
La anilla de la cadena tiene un diámetro de 5 cm, y un grosor de 1 cm. Por ello se plantea un agujero de dimensión 54 x 35 mm. Se deja un margen de 25 mm en la dimensión horizontal (35mm - 10mm) porque hay que tener en cuenta el recorrido de la cadena en el proceso de apertura y de cierre. Este es de aproximadamente 20 mm, por lo que realmente dejamos un margen de 5mm.



41. Croquis anilla Cadena ABUS



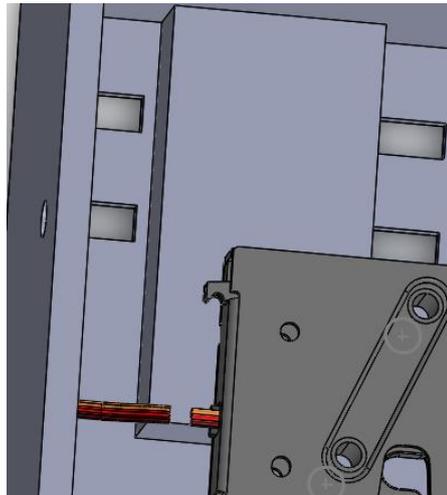
40. Candado cerrado



42. Candado abierto

En las dos imágenes de la derecha se observa esa pequeña diferencia en la distancia horizontal cuando el cierre está abierto y cuando está cerrado.

Para que se coloquen bien los elementos y concuerden las posiciones con el agujero, es necesario que el cierre este en una posición elevada, por ello se decide fijar el cierre a la carcasa con los tornillos M6 a través de los dos agujeros roscados que tiene para ello. Y en ese espacio que queda el cierre levantado, se colocará la batería. En la siguiente imagen se muestra cómo queda.



43. Elementos internos

Se ve como la batería (prisma gris del fondo) hace de pieza de soporte para el cierre como aguante secundario a parte de los tornillos de fijación.

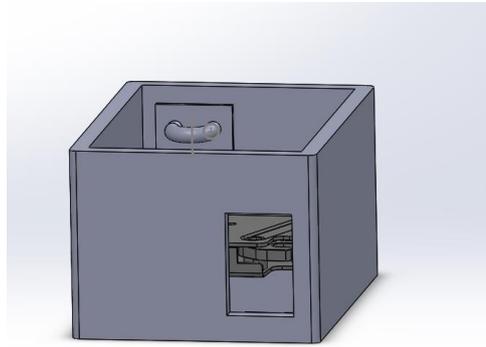
Con las medidas planteadas, se crea un archivo conjunto con el archivo “.step” del cierre Southco que se va a emplear, y se diseña el agujero de abajo esta vez cerrado para aumentar la seguridad del conjunto, con este diseño, se plantea que el otro extremo de la cadena pase por otro agujero en la base de la carcasa.

Con la primera impresión, se observa cómo van quedando los elementos dentro de la carcasa y se ve si son compatibles. Una de las piezas donde vemos alguna limitación de compatibilidad en este caso es en el cierre con la propia cadena. Como se puede observar en el archivo de elementos de conjunto, la cadena ABUS que se va a emplear es una cadena gruesa que asegure al completo la seguridad de la bicicleta. En concreto el grosor del cable de la cadena es de 1 cm que es casi el hueco que deja libre el cierre por el que se debe pasar a cadena. Esto implica que hay poco margen y se tiene una tolerancia de apriete entre candado y cadena, y por ello existe fricción entre ambos elementos.

Esto se observa en la ilustración 37.

Esta fricción impide que la pestaña que se abre del cierre se abra correctamente con un funcionamiento de 5V. Es por ello por lo que se deduce que hay que emplear un cierre con mayor tensión nominal, y lo mismo con la fuente de alimentación. Como alternativa se recurre a un cierre Southco de casi las mismas dimensiones con una tensión de 12V. Se realiza la prueba y se ve que, a pesar de la fricción, la pestaña abre perfectamente porque se abre con más potencia.

En la siguiente imagen se muestra el diseño sin el segundo agujero que se comenta previamente.



44. Segunda iteración

El prototipo obtenido en esta primera impresión es el siguiente, cabe mencionar que en esta iteración no se ajusta ningún parámetro de la impresora, por ello la pieza sale con tanta rugosidad, algunas zonas vacías donde no se ha terminado de adherir bien el material, y tan poca calidad de impresión, se puede ver en las siguientes imágenes. Otro error que hemos cometido ha sido usar mucho relleno, la impresora tardó mucho tiempo en imprimir y se ha consumido mucho material. En este caso este detalle no era lo primordial, lo que se buscaba era tener una primera toma de contacto con un prototipo físico para ver como van encajando las piezas en la carcasa del Smart Lock. En este tipo de proyectos es crucial tener los elementos fijos en la mano, no solo vale con ajustar el diseño de CAD.



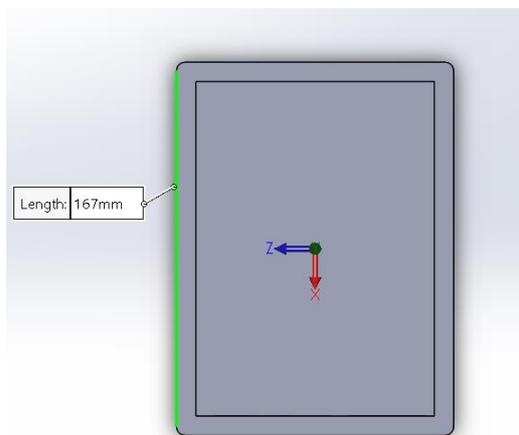
45. Primer prototipo impreso

La impresora empleada en la fabricación de este prototipo ha sido la DT 600. La Dynamical Tools 600 es una impresora 3D industrial de alta capacidad diseñada para la fabricación aditiva de piezas grandes y complejas. Las dimensiones del prototipo entraban justo en el límite de otras impresoras, pero se decide finalmente no arriesgar y emplear la impresora con mayor capacidad.

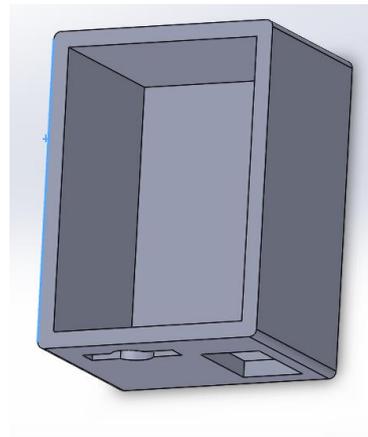
El candado se ha impreso en PLA debido a varias razones clave. Primero, el PLA es un material fácil de imprimir, con baja deformación y buena adhesión entre capas, lo que es ideal para obtener prototipos precisos y con buen acabado superficial. Aunque no es el material más resistente, su uso es adecuado para prototipos donde se busca validar el diseño y funcionalidad antes de pasar a materiales más robustos para la producción final por tanto para el Smart Lock es más que suficiente.

3ª iteración:

Se rebajan las dimensiones para que los elementos entren justo en el espacio planificado, sin holguras. También se curvan las esquinas para facilitar el mecanizado y darle un punto más estético a la carcasa.



47. Longitud de altura

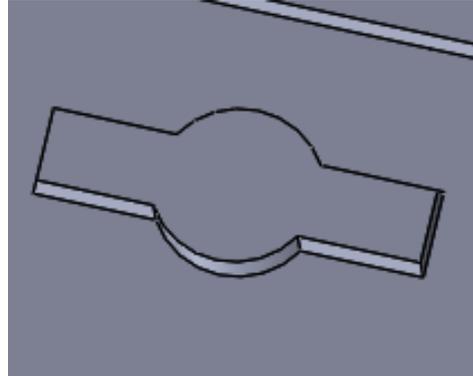


46. Tercera iteración

Tras el error encontrado en la primera impresión con la cadena, se modifica el agujero por el que pasa la cadena desde el extremo fijo con un hueco circular en medio. Tal y como se ve en las siguientes imágenes.



49. Anilla Cadena Abus



48. Segundo agujero cadena fija

4ª iteración:

Otra mejora que se propone es el uso de insertos para fijar algunos de los elementos del conjunto. Los insertos son componentes metálicos, como tuercas o roscas, que se integran en las piezas impresas para proporcionar puntos de anclaje o roscas más duraderas. Se insertan en la pieza durante o después de la impresión, aprovechando su resistencia superior al desgaste y al par de apriete, mejorando la funcionalidad y la vida útil de la pieza impresa.[21]

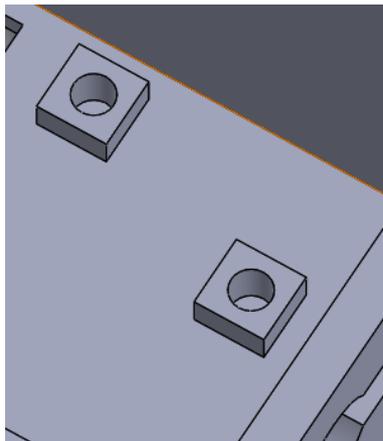


50. Insertos

En concreto se hacen cuatro insertos M5 en las esquinas para poder atornillar la caja, también hace falta insertos en la pared del fondo para fijar bien el cierre Southco a la estructura. Como este cierre no ha sido diseñado, hemos tenido que adaptarnos a sus dimensiones estándar. La más relevante de estas dimensiones es la de sus agujeros para atornillado M6

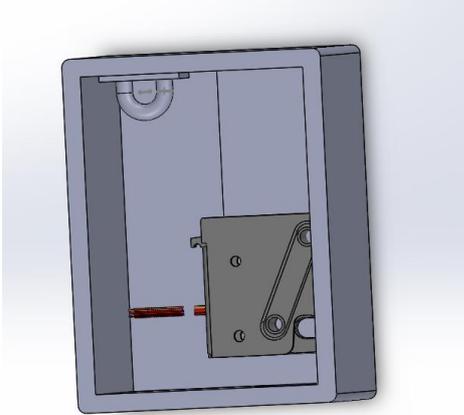
para fijar el cierre, que es el elemento de mayor peso y el que debe soportar la fuerza del usuario al colocar la cadena. La colocación de estos últimos es crucial ya que la posición en la que se pongan es la que marca donde estará el cierre ubicado. El objetivo es que el cierre esté pegado al hueco inferior para que el usuario tenga la referencia de dónde meter la cadena, y resulte un movimiento sencillo y natural.

Para diseñar los insertos para los tornillos del cierre, no solo es válida la operación de agujereado de la pared. Como la pared es muy estrecha, el inserto es muy profundo como para ubicarse dentro de la misma, por ello ha sido necesaria una extrusión donde se amplía el espesor de la pared para que el inserto tenga espacio.

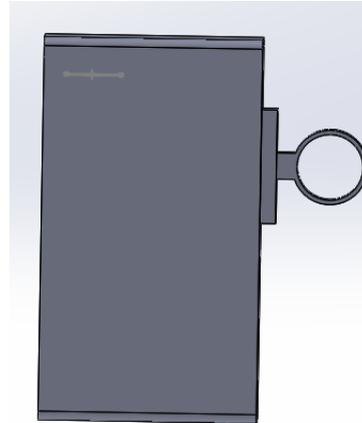


51. Base extruída para atornillar el cierre

También se compra un enganche para colocar en la parte del techo, este es el enganche en el que se coloca un mosquetón que va acoplado al extremo que se pretende mantener fijo en la cadena. Este enganche soporta una fuerza de 100N que es suficiente para aguantar una arremetida vandálica. El diseño con estos cambios con el cierre, enganche superior y batería es el siguiente.

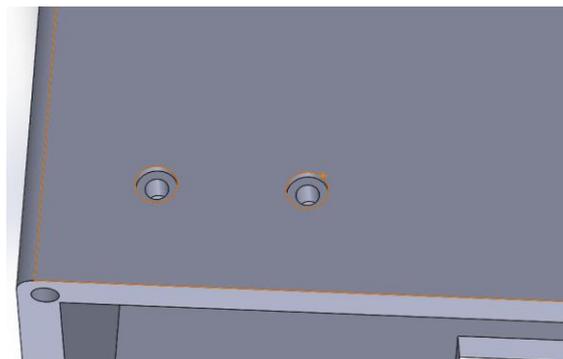


52. Cuarta Iteración



53. Vista de Perfil cuarta iteración

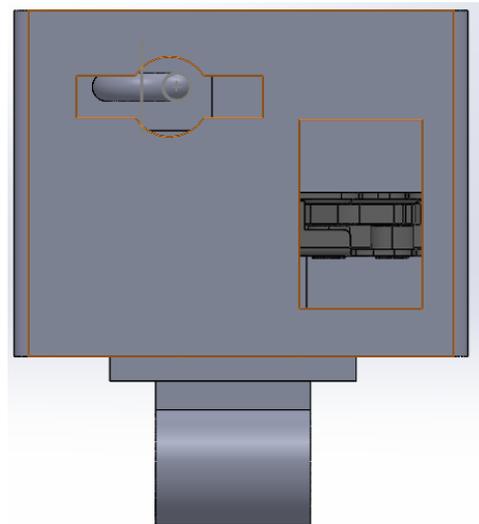
Para fijar el enganche se plantean dos agujeros abocardados para pasar un tornillo de rosca M5. Se planteó de primeras un agujero avellanado, pero resulta más sencillo imprimir el abocardado en PLA, además, el tornillo hace más tope con la carcasa sin deformar ni rascar el material de la misma.



54. Agujeros abocardados

En la vista inferior que se aprecia en la siguiente imagen 52, se aprecian los dos agujeros diseñados. El de la derecha es el agujero por donde entra y sale la cadena, se observa que el

cierre está colocado justo en el centro para que la cadena entre bien de forma vertical. El agujero de la izquierda es el agujero que fija el otro extremo de la cadena al conjunto. Y abajo del todo (parte trasera del candado) se ve un elemento que simularía el agarre trasero a la barra, pero como se ha comentado anteriormente, finalmente se emplearán bridas metálicas.



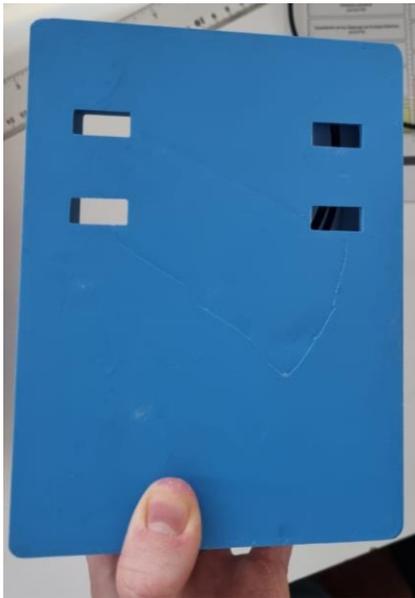
55. Vista inferior cuarta iteración

En los parámetros de la impresora también se modifican una serie de acciones en la impresión del prototipo. En esta iteración ya se busca cierta precisión y estética del producto con un acabado superficial liso y sin zonas vacías.

El primer parámetro que modificamos es la altura de capa de la impresora. La altura de capa marca el tamaño del filamento que el extrusor deposita sobre la bandeja a su temperatura de fusión. Cuanta mayor sea la altura de capa, menor precisión se va a obtener en el diseño ya que salen líneas mas gruesas. Tampoco se debe usar una altura pequeña porque la impresión se alarga en el tiempo y puede resultar más costoso. Tras consultarlo con el FabLab de Icai, se decide usar una altura de capa de 0.20 .

El resultado es una pieza con mejores detalles de impresión. Ya no se ven zonas vacías en la pared de la carcasa que era lo primordial, todos los contornos están cerrados y no hay imperfecciones. El acabado superficial es significativamente mejor por los ajustes de velocidad y altura de capa aplicados, pero se sigue viendo una superficie algo rugosa.

La segunda impresión del prototipo, con los elementos internos es la siguiente:



57. Cara Trasera



56. Cara inferior



59. Colocación de la batería



58. Segunda impresión

Se puede observar en la imagen que ya se han hecho los agujeros para poder colocar las bridas metálicas, y se observa la batería que se va a emplear. Por otro lado tanto en las esquinas como en la pared trasera se ven los insertos ya colocados. Este proceso se ha realizado con un soldador de la escuela, el inserto entra en el agujero con un cierto juego que se consigue fundiendo parcialmente el material, una vez se endurece otra vez esto, se pierde el juego y el inserto queda completamente incrustado.

Por su parte los elementos que no son el cierre también deben ir fijos en el interior de la carcasa. La batería se fija con el relieve levantado para el inserto de la izquierda, este relieve junto a la pared de arriba sujetan la batería con una tolerancia de apriete. Además de esto se compran velcros de la empresa 3M para terminar de asegurar la fijación de la batería. Este sistema se usa en otros campos como la fabricación de drones, todos los elementos internos se adhieren mediante velcros.

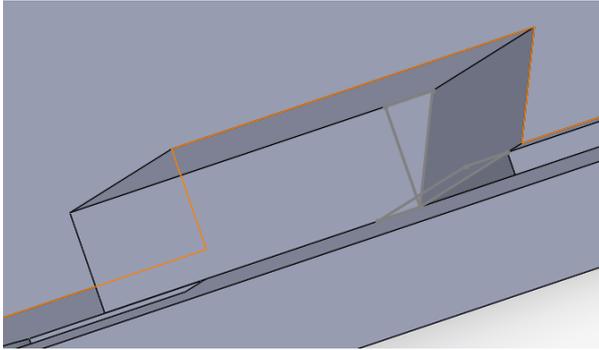


60. Velcros empleados

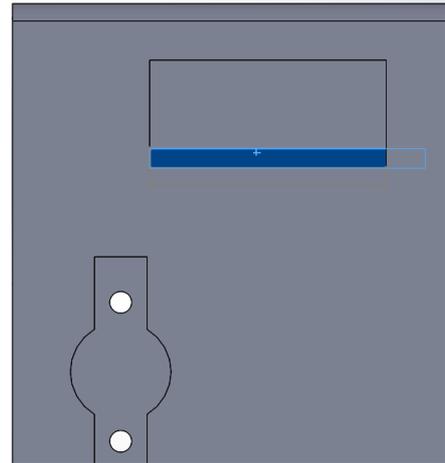
2.2.2 MODELO DEFINITIVO

Tras el proceso iterativo, presentamos el prototipo definitivo del candado, resultado de numerosas pruebas y refinamientos. Este prototipo incorpora todas las mejoras necesarias para garantizar su funcionalidad y adaptabilidad a las necesidades del usuario. Una de las últimas modificaciones implementadas es la inclusión de una guía en el agujero donde se encuentra el cierre. Esta guía, diseñada como una pequeña rampa de 50°, facilita el

movimiento de colocación de la cadena de seguridad en el cierre, asegurando una operación más sencilla e intuitiva para el usuario.



62. Guía en rampa



61. Vista inferior guía en rampa

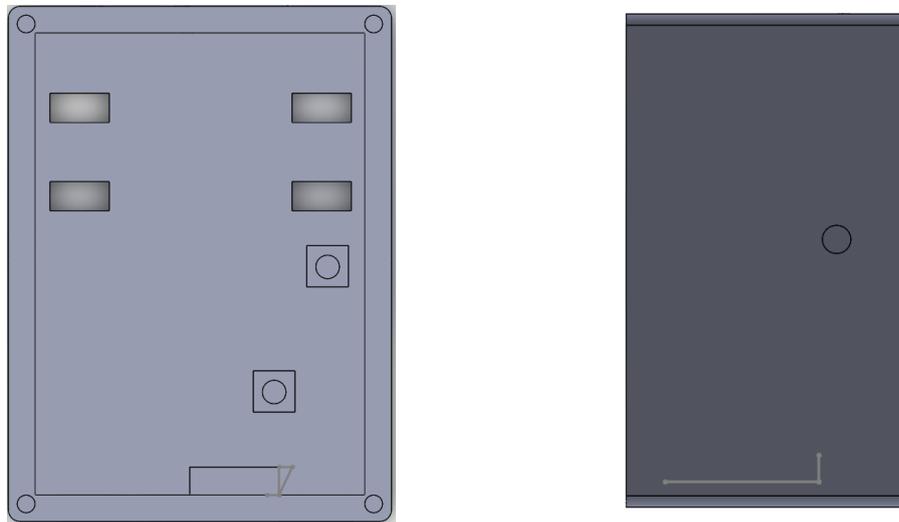
En azul se ve el espacio conseguido implementando la rampa. Con esto se consigue disminuir el error del usuario y hacer el movimiento mucho más sencillo.



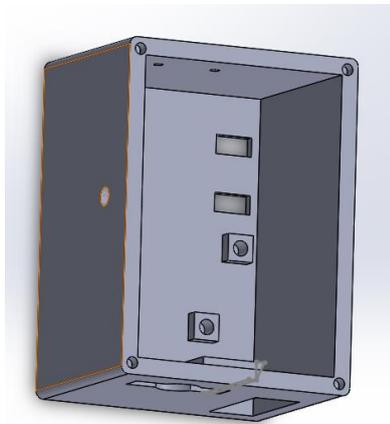
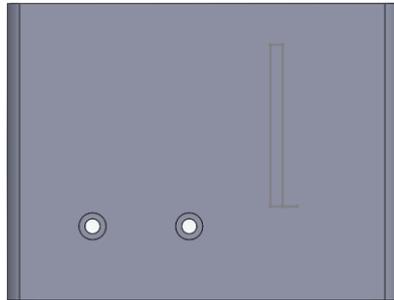
63. Ubicación guía en rampa modelo final

La adición de esta guía no presenta ninguna dificultad en el proceso de fabricación mediante impresión 3D, lo que permite mantener la eficiencia en la producción del prototipo. La rampa ha sido diseñada para integrarse perfectamente en la estructura del candado, manteniendo la resistencia y la estética del diseño original. Con estas modificaciones, el prototipo no solo cumple con los requisitos funcionales, sino que también mejora la experiencia del usuario en el uso diario.

La otra modificación final que se ha planteado es hacer un pequeño agujero para poder dinamizar el proceso de carga de la batería. En este agujero se coloca por dentro el cable que va conectado a la batería y se deja fijo para poder enchufar un cable externo cuando sea necesario. El diseño final en solid Works de la Carcasa es el siguiente.



64. Vistas iteración final de carcasa



65. Modelo definitivo de carcasa

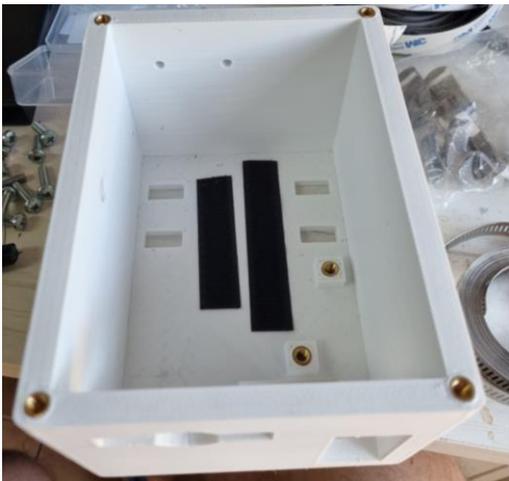
En los parámetros de impresión, esta vez se decide usar una altura de capa de 0.16.

Una altura de capa de 0,16 mm equivale a un 40% del diámetro de la boquilla. Esto permite lograr un buen nivel de detalle y suavidad en las superficies, lo cual es crucial para componentes como la guía en rampa de 50° que hemos añadido al diseño. Esta resolución es lo suficientemente fina para capturar detalles importantes y evitar un acabado rugoso, pero también es lo suficientemente rápida para mantener un tiempo de impresión razonable, optimizando así tanto la calidad del prototipo como la eficiencia del proceso. El anterior diseño ya sale con una calidad decente, pero la principal diferencia es sin duda el acabado superficial y el relleno de la pieza. A menor altura de capa las líneas que se ven en el anterior diseño son menos perceptibles.

Por su parte la disminución del relleno de material permite obtener una pieza más ligera y realizada en menos tiempo, además de suponer un menor coste por usar menos material.

Otro detalle que conviene mencionar es que no se ha empleado material de soporte a la hora de imprimir la pieza (en ninguna de las versiones). Esto es porque la geometría no lo requiere, la forma de caja es de las más básicas que hay y se sostiene bien con sus propios cimientos.

Una vez impresa la carcasa final se juntan los elementos, incluido el cierre nuevo, y se fabrica el prototipo definitivo.



67. Carcasa impresa



66. Conjunto sin tapa



68. Conjunto con tapa

DOCUMENTO 3: PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN

3.1 METODOLOGÍA EMPLEADA

La fase final del proyecto es el presupuesto de fabricación, entre las opciones de fabricación que hay, se han planteado dos.

La primera opción que se plantea es contactar con un fabricante de cajas, especializado en trabajar en metales como aluminio o aceros. Esto se debe a que el diseño de carcasa al que se ha llegado es bastante similar al de una caja. Esta opción nos permitiría aprovechar la experiencia y conocimientos técnicos de un experto en este ámbito como es la empresa RS. Ellos podrían asesorarnos sobre los mejores métodos y procedimientos para la fabricación de nuestro diseño. Colaborar con RS podría asegurar que el proceso de producción se realice con los materiales y técnicas más adecuados, garantizando así la calidad y durabilidad del producto final.



69. RS

Una ventaja de trabajar con este tipo de empresas es que la experiencia en el diseño de cajas permite a estos fabricantes optimizar el diseño para mejorar aspectos como la durabilidad, la resistencia y la eficiencia en el uso del material. Además, al ser expertos en la producción de cajas, pueden ofrecer tiempos de producción más rápidos y cobrar más barato por

procesos eficientes, lo que puede reducir costes y plazos de entrega. Esto último es un punto muy a tener en cuenta al tratarse de un startup donde los recursos son limitados.[22]

En la web de la empresa se ha podido ubicar algunos modelos que no son muy distintos a lo que buscamos. Estos son algunos ejemplos.[22]

Modelo RS PRO de aluminio presofundido gris. De todos los modelos que hay es el que más se asemeja en forma, sin embargo, tiene unas dimensiones significativamente menores. En este caso las dimensiones son de 125 x 80 x 57mm. Es un modelo que adaptado al tamaño que se busca en Don cicleta podría ser valido y después ser modificado. Además, el presupuesto de fabricación de este modelo es de 29,37 euros, un precio significativamente menor al que puede pedir un fabricante no especializado.



70. Modelo RS PRO

Modelo ABS RS PRO:

Este modelo se ajusta más a las dimensiones de Don Cicleta, es de 177 x 127 x 75. El factor que cambia es el material con el que está diseñado. *“El ABS (Acrylonitrile Butadiene estireno) es un tipo de polímero termoplástico de bajo costo, durable y con una alta resistencia a la corrosión química en su estado sólido. Tiene un punto de fusión bajo que*

permite moldearlo y moldearlo en consecuencia, lo que lo convierte en un material muy versátil.” RS Datasheet.2023

Este modelo podría resultarnos más útil si el tipo de vandalismo que queremos evitar es una arremetida o un impacto fuerte, además de tener alta resistencia al calor. Sin embargo, el PLA tiene más resistencia a tracción y es un material bastante más rígido, y por supuesto lo mismo ocurre con el aluminio. Por tanto, es te sería un prototipo secundario con un presupuesto de fabricación de 27 Euros la unidad.



71. Modelo RS ABS

Ambos modelos, como muchos otros que ofrece el proveedor, parecen una alternativa más económica. Pero no se ajustan por completo a las necesidades del conjunto Smart-Lock de Don Ciceto. Un ejemplo claro son las dos extrusiones de la pared trasera que permiten atornillar los tornillos del cierre.

Es por ello que se deben valorar otras opciones de fabricación.

La segunda opción que se valora es mecanizar el prototipo diseñado:

Es una opción menos específica en el campo de fabricación de prototipos con forma de caja. Sin embargo, al ser una geometría tan sencilla, la opción de fabricación no es tan relevante.

Una ventaja de escoger este camino es que la empresa con la que trabajamos es más cercana a la universidad ya que colaboramos con un profesor asociado al departamento de fabricación de ICAI.

En los siguientes párrafos y en la próxima sección se profundiza en cómo ha sido el procedimiento para llegar a un presupuesto de fabricación procediendo de esta segunda forma que se ha comentado.

En el desarrollo del proyecto, uno de los aspectos más importantes ha sido la adaptación del diseño del prototipo original, impreso en 3D, para su fabricación en aluminio o aceros. Este cambio no solo responde a la necesidad de mejorar la durabilidad y resistencia del producto, sino también a la viabilidad industrial de producirlo en serie. El diseño original, elaborado para la impresión 3D, requería ciertas modificaciones para ser compatible con los procesos de mecanizado tradicionales, particularmente el uso de fresadoras.

Para realizar esta adaptación, se ha empleado Solid Works. La modificación principal que se ha llevado a cabo consistió en redondear los bordes de la pieza. Esta alteración es crucial, ya que permite que la fresadora pueda mecanizar la pieza de aluminio de manera eficiente. Las aristas vivas del diseño original impreso en 3D no son adecuadas para el fresado, pues podrían causar problemas de desgaste en las herramientas y reducir la precisión del mecanizado. Al redondear los bordes, se asegura un proceso de fabricación más fluido y preciso, minimizando los riesgos de errores y optimizando el tiempo de producción. De no haber realizado esta modificación, hubieran sido necesarias metodologías de fabricación con láser, la metodología de fabricación con láser es una técnica avanzada que se utiliza para cortar, grabar o estructurar materiales con gran precisión.

El diseño original del prototipo impreso en 3D incluía bordes vivos y ángulos agudos, características que son problemáticas para el mecanizado con fresadora. Las fresadoras

requieren que los bordes sean redondeados para evitar el desgaste prematuro de las herramientas y para garantizar un mecanizado preciso y eficiente. Sin estas modificaciones, habría sido necesario utilizar una técnica de fabricación con láser para poder mantener la integridad del diseño original.

No era necesaria esta tecnología, y además habría resultado excesivamente caro, es por ello por lo que se prescindió de la fabricación por láser.

El siguiente paso en este proceso implica la colaboración con Teyde ingeniería, una empresa de fabricación dirigida por Luis Rayado, profesor asociado a ICAI. La relación con Teyde ingeniería ha sido fundamental para garantizar que las modificaciones realizadas en el diseño se traduzcan en un prototipo funcional y fabricable en aluminio. Luis Rayado ha orientado el prototipo enfocando en los cambios sobre las especificaciones técnicas necesarias para la producción en su empresa, asegurando que las modificaciones en Solid Works se alineen con las capacidades de sus máquinas y procesos.



72. TEYDE Ingeniería

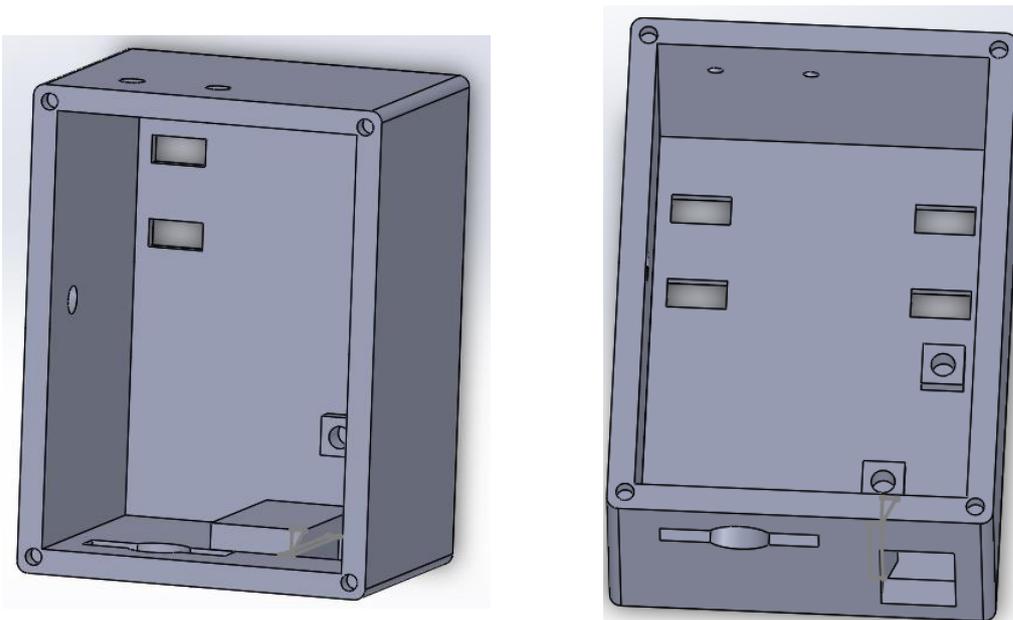
El objetivo final del proyecto es enviar al fabricante, en este caso Teyde ingeniería un archivo definitivo del diseño modificado para que pueda proceder con la elaboración de un presupuesto de fabricación. Este presupuesto permitirá a Don Ciclete evaluar los costos y la viabilidad de producir el prototipo en aluminio, avanzando un paso crucial en la implementación de nuestros bici-hangares seguros. La transición del prototipo impreso en 3D a un modelo de aluminio no solo mejorará la seguridad y la durabilidad del producto, sino que también reforzará la posición de Don Ciclete en el mercado de la micromovilidad,

ofreciendo soluciones más robustas y sostenibles para el aparcamiento de bicicletas en entornos urbanos.

En el siguiente apartado se mostrará cuáles son las modificaciones que se han tenido que realizar.

3.2 MODIFICACIONES REALIZADAS

El diseño del prototipo de la carcasa es el siguiente.



73. Prototipo inicial carcasa

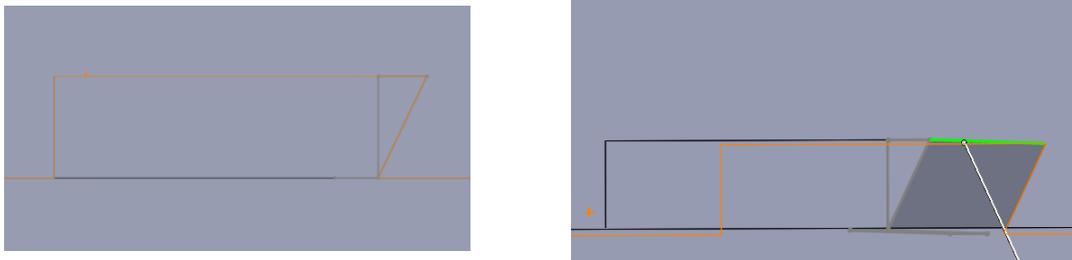
La fabricación aditiva permite crear geometrías complejas y detalladas, como las cavidades internas, los agujeros y las estructuras en ángulos que se observan en el diseño, sin necesidad de herramientas adicionales o montajes especiales. Además, es fácil ajustar el diseño o hacer modificaciones sin necesidad de cambiar herramientas o configuraciones de la máquina. Al

mecanizar una pieza en vez de imprimirla en 3D, los requerimientos técnicos cambian significativamente.

Algunas de las cavidades y detalles en el diseño serían difíciles de alcanzar con las herramientas de una fresadora, especialmente en áreas internas o a lo largo de ejes que no sean accesibles directamente. Por otro lado, el problema que más nos limita es que el fresado impone ciertas restricciones en el diseño debido a las limitaciones de las herramientas de corte. La más vista en nuestro diseño son las formas con ángulos agudos o curvaturas internas pequeñas, estas pueden ser difíciles o imposibles de fresar.

Estas son las modificaciones propuestas para que el proyecto sea viable de fabricar por mecanizado empleando una fresadora.

En primer lugar, la modificación más urgente que se ha realizado ha sido redondear los bordes de la guía para la cadena, ese saliente es completamente imposible de mecanizar y han sido necesarios un par de redondeos.

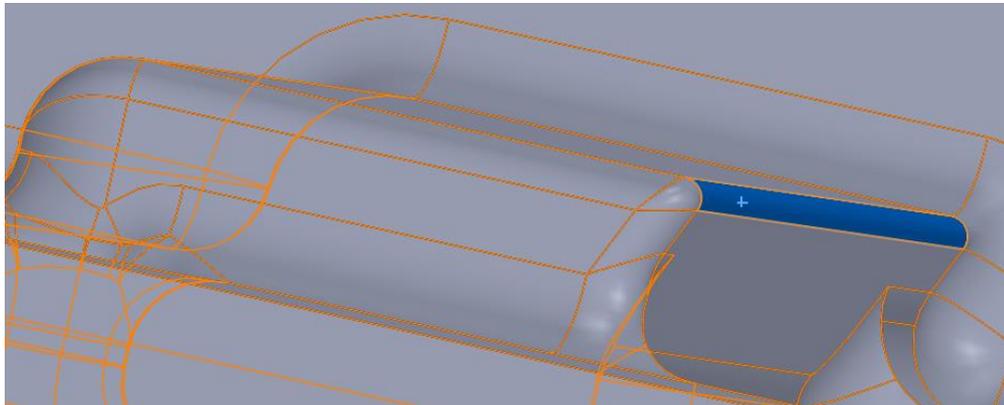


74. Diseño original guía en rampa

La zona marcada en verde es la que urge redondear.

El cambio propuesto es aplicar un redondeo con un radio de 1mm. Este redondeo es el más crítico para el fabricante debido a que se emplea un radio muy corto y se requiere de mucha precisión. Por este motivo, también es el redondeo que más coste nos puede suponer ya que

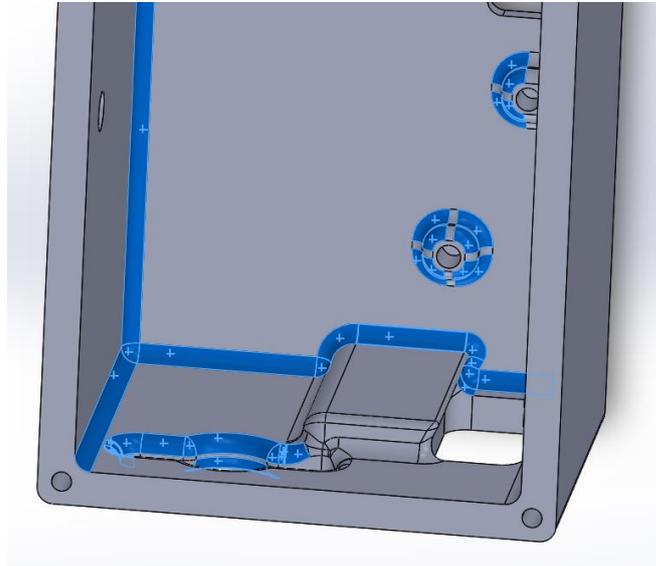
se está aplicando la mínima medida posible. En la siguiente imagen se muestra la pieza entera modificada para que pueda mecanizarse con fresadora. La parte marcada en azul es el radio de 1mm de la zona crítica. El motivo por el que no usamos radios más grandes (como en los otros contornos) es porque es vital que esa pieza pierda el mínimo de material porque la guía debe cubrir toda la zona que pretendemos que el usuario evite abarcar con la cadena, cuanto más radio se propone de redondeo, más material se lleva la fresadora y por tanto menos útil resultará la guía para colocar la cadena. Esta es la pieza después de la modificación.



75. Rampa modificada

Los siguientes cambios que se han realizado han sido recomendaciones por parte de Luis Rayado para poder abaratar el coste de fabricación. En primer lugar, se propone redondear todos los contornos de la pieza con el máximo radio posible. El máximo radio que se ha empleado ha sido radio 6mm con el motivo de no cambiar mucho la geometría original.

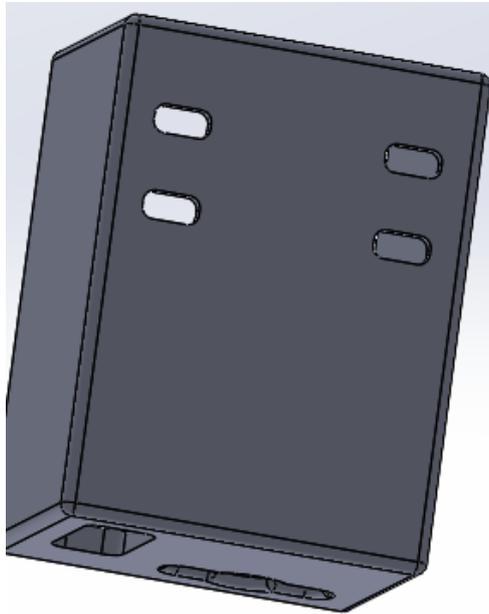
Dentro de estos cambios, cobran más importancia los radios de las esquinas interiores ya que son la parte de la pieza menos accesible para la fresadora, ahí realmente es donde se nota la diferencia en el coste al usar un radio de 10 o un radio de 3.



76. Redondeo de esquinas

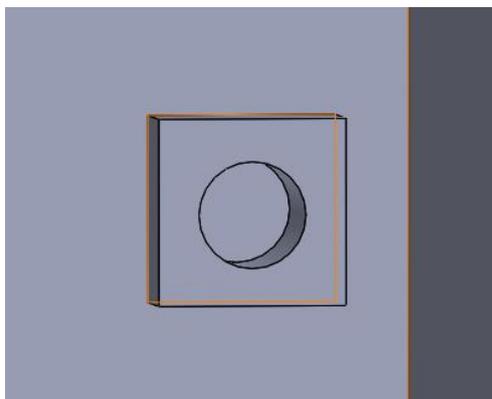
Los elementos marcados en azul son algunos ejemplos de como queda la estructura al imponer los radios.

De la misma manera, buscando el abaratamiento de costes, también se redondean las geometrías exteriores. Y se eliminan las esquinas con forma de pico de los agujeros para las bridas.

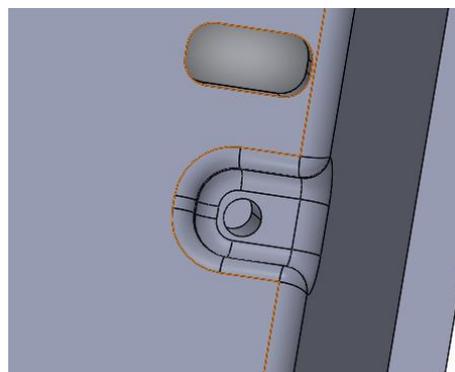


77. Radios exteriores

La última modificación que se propone en el diseño es unir con material el levantamiento de suelo (para colocar los tornillos de acople) más cercano a la pared. Esto se debe a que hay muy poco espacio como para dejar un hueco entre la pared y esa zona levantada, además esto abarata el coste ya que es una zona donde no hay que arrancar material.

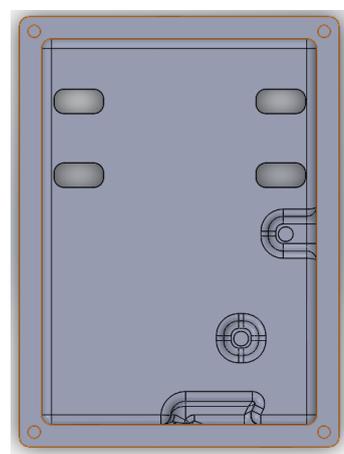
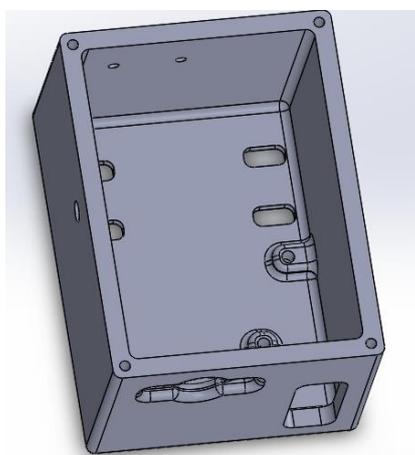


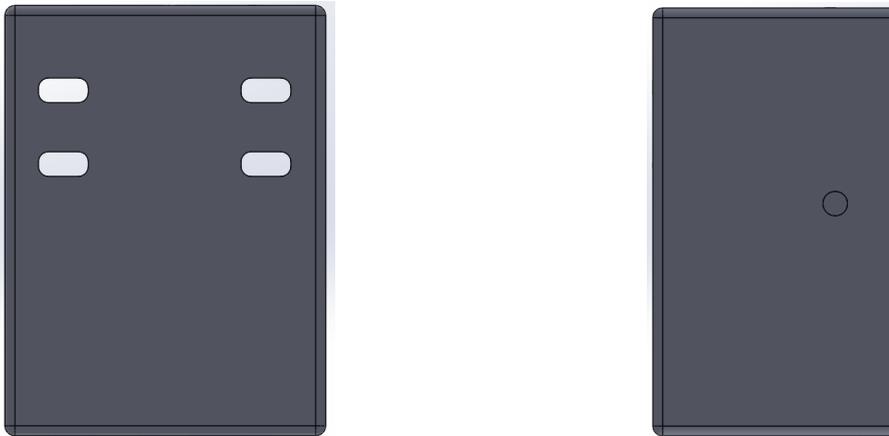
78. Levantamiento original



79. Levantamiento modificado

Con todas las modificaciones pertinentes, el diseño final de la carcasa para obtener el presupuesto es el siguiente.





80. Prototipo final

2.3 PRESUPUESTO

Finalmente se procede a enviar el diseño definitivo, que incorpora las modificaciones propuestas por Luis, a la empresa fabricante TEYDE Ingeniería. Posteriormente, TEYDE nos ha enviado una tabla detallada con los presupuestos correspondientes a las diferentes versiones de la carcasa del candado con la tapa incluida, incluyendo opciones con y sin radios interiores de 6 mm. Esto se debe a que el radio interior por un tema meramente estético se ha dejado en 5mm.

DOCUMENTO 3: PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN

Artículo	Cantidad	Precio ud. base	Total
Carcasa candado versión 2	1,00	980,00	980,00
Carcasa candado versión 2	5,00	510,00	2.550,00
Carcasa candado versión 2 (CON RADIOS INTERIORES DE 6 MINIMO)	1,00	760,00	760,00
Carcasa candado versión 2 (CON RADIOS INTERIORES DE 6 MINIMO)	5,00	400,00	2.000,00

1. Presupuesto final

Como se puede observar en la tabla, los precios varían en función de la cantidad solicitada y las especificaciones del diseño. Se da la opción de un único prototipo, o de realizar una tirada de 5.

En particular, la versión con radios interiores mínimos ofrece un costo reducido en comparación con la versión estándar, concretamente de 500 euros si se decide fabricar una tirada de 5 unidades. Se destaca una posible optimización en el proceso de fabricación al realizar dichas modificaciones. Este presupuesto nos permite evaluar las opciones más económicas para la producción final del proyecto, manteniendo la calidad y funcionalidad del producto. [23]

Cabe destacar que el material planteado para esta fabricación es el aluminio 5754. Es importante que el conjunto pese lo mínimo posible y siendo una pieza relativamente pequeña, la diferencia económica con la fabricación en acero no es tan grande.

Al presupuesto obtenido se le deben añadir los costos operativos. En este grupo se engloba la logística para poder instalar la estructura en los diferentes bici-hangares, el mantenimiento, y el montaje de la estructura.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se evalúa brevemente como ha sido el desarrollo del producto y si se ha cumplido con los objetivos planteados en octubre.

El proyecto ha sido todo un éxito, ya que hemos logrado alcanzar el principal objetivo: desarrollar un prototipo en 3D que no solo es competitivo en el mercado, sino que también es plenamente compatible con la infraestructura de Don Cicleteo. Este logro representa un avance significativo en la consecución de un producto viable y funcional que satisface las necesidades del cliente. Además, nuestro cliente, Cyclehoop, ha manifestado su satisfacción con la tecnología desarrollada, abriendo la posibilidad de desarrollar conjuntamente el candado en un futuro cercano.

No obstante, el proyecto ha tenido algunas limitaciones. Aunque hemos logrado obtener un presupuesto para la fabricación en metal, no hemos podido avanzar tanto como esperábamos en esta área. Esto se debe a que Don Cicleteo actualmente mantiene el proyecto de smart lock en fase de investigación, priorizando otras áreas en lugar de la inversión en candados. Sin embargo, queda claro que la opción de fabricar el candado en metal sigue siendo viable para el futuro. Otro inconveniente ha sido que el prototipo desarrollado se ha enfocado principalmente en el bici-hangar privado de Don Cicleteo, que era nuestro objetivo principal. No obstante, hemos quedado rezagados en el diseño de un modelo competitivo para su implementación en las U invertidas de la vía pública, el prototipo actual queda muy expuesto al vandalismo en la ciudad y no cuenta con las protecciones del bici-hangar. A pesar de esto, contamos con una base sobre la cual construir futuros desarrollos.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Home», Don Cicleteo. Accedido: 14 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.web.doncicleteo.com/>
- [2] A. Asenjo, «11 startups de micromovilidad que están dando la vuelta al transporte en las ciudades», Business Insider España. Accedido: 10 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.businessinsider.es/11-startups-micromovilidad-estando-vuelta-transporte-756355>
- [3] I. I. Experts, «Qué es CAD, para qué sirve y qué ventajas tiene», Integral Innovation Experts Blog. Accedido: 10 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://integralplm.com/blog/2019/08/20/que-es-cad/>
- [4] «SOLIDWORKS - Qué es y para qué sirve», SolidBI. Accedido: 10 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://solid-bi.es/solidworks/>
- [5] Kevin, «CAD vs BIM: Differences, Similarities, and Integration», Scan2CAD. Accedido: 10 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.scan2cad.com/blog/cad/cad-vs-bim/>
- [6] «Computer-Aided Design (CAD) Modeling: Definition, Types, and Examples | Xometry». Accedido: 10 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.xometry.com/resources/3d-printing/cad-modeling/>
- [7] «Cinco sectores que utilizan la impresión 3D». Accedido: 12 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://markforged.com/es/resources/blog/five-industries-utilizing-3d-printing>
- [8] «Proceso de impresión 3D», Impresión 3D y cultura maker. Accedido: 13 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoescuela/3d/impresion-3d/proceso-de-impresion-3d/>
- [9] «Tecnologías y tipos de impresoras 3D». Accedido: 13 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://markforged.com/es/resources/learn/3d-printing-basics/3d-printing-introduction/3d-printer-types-technologies>
- [10] «¿Cuáles son los materiales más utilizados para la impresión 3D?», Dassault Systèmes. Accedido: 14 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.3ds.com/es/make/solutions/blog/most-common-materials-3d-printing>
- [11] «Grafeno: qué es, propiedades y aplicaciones», REPSOL. Accedido: 14 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologia-innovacion/grafeno/index.cshtml>
- [12] M. J. Gamez, «Objetivos y metas de desarrollo sostenible», Desarrollo Sostenible. Accedido: 15 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [13] «Smart and Secure Cycle Parking for Modern Buildings», Smart and Secure Cycle Parking for Modern Buildings. Accedido: 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mosa.to/>

- [14] «LINKA LASSO - World's First Smart Chain Lock by Velasso — Kickstarter». Accedido: 31 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.kickstarter.com/projects/linka/linka-lasso?lang=es>
- [15] «Sentinel: A Micromobility Company Combines Hardware And Software». Accedido: 31 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sentinel-tec.com>
- [16] «Bicicleta Smart Lock, Impermeable Heavy Duty Chain Chain Lock APP Control Bluetooth Smart Wireless Alta seguridad Anti Robo Alarma Chain Lock con 105dB Alarma para Lock Bicicletas Y Repuestos: Amazon.es: Deportes y aire libre». Accedido: 31 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.amazon.es/Bicicleta-Impermeable-Bluetooth-seguridad-bicicletas/dp/B07XSN2G1Z/ref=sxin_15_pa_sp_search_thematic_sspa?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85C5%BD%C3%95C3%91&content-id=amzn1.sym.23264b35-57c9-44d0-b88d-50d461a993c6%3Aamzn1.sym.23264b35-57c9-44d0-b88d-50d461a993c6&crd=1AJONFFA77ABN&cv_ct_cx=candado+bici+smart+lock&dib=eyJ2IjoiMSJ9.x2kcixyemK3n6_WTPPiCdOBPS5mJ1aWq_iD76PWaA38xEpOSNGdFThq-BJhB1IIq._fqr6thI9w09R1WBS5ZLKTZ2DCw8pUHVM-MakkBpj5Y&dib_tag=se&keywords=candado+bici+smart+lock&pd_rd_i=B07XSN2G1Z&pd_rd_r=a9639eb5-2043-42ac-a25c-def9ce7e2be2&pd_rd_w=HWUlz&pd_rd_wg=3oFQ8&pf_rd_p=23264b35-57c9-44d0-b88d-50d461a993c6&pf_rd_r=17HG223H84P3JC0WSAK9&qid=1722452308&sbo=RZvf v%2F%2FHxDF%2BO5021pAnSA%3D%3D&srefix=candado+bici+smart+lock%2Caps%2C192&sr=1-3-dddeab33-7095-47b2-8f68-ab1390142356-spons&sp_csd=d2lkZ2V0TmFtZT1zcF9zZWVY2hfdGhlfWF0aWM&psc=1
- [17] ABUS, «Antirrobo de cadena | Seguridad robusta | ABUS». Accedido: 20 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.abus.com/es/Consumidores/Antirrobo-para-bicicletas/Antirrobo-de-cadena>
- [18] «Dero Bike Racks | We know bike parking. Inside and out.®». Accedido: 4 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.dero.com/>
- [19] «Bienvenido a Elesa+Ganter». Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.elesa-ganter.es/es/esp>
- [20] «Cable management and identification solutions for industry». Accedido: 14 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.hellermannntyton.com>
- [21] «Insertos en impresión 3D». Accedido: 19 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://filament2print.com/es/blog/166_insertos-impresion-3D.html
- [22] «Cajas Metálicas | De Aluminio | Electrónica | RS». Accedido: 7 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.rs-online.com/web/c/cajas-armarios-y-envolventes/cajas/cajas-de-uso-general/>
- [23] «Servicio de gestión completa de proyectos de fabricación». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.teydeingenieria.com/acerca-de-teyde>

