



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN VISOR GOOGLE CARDBOARD AJUSTABLE MEDIANTE TÉCNICAS DE INGENIERÍA INVERSA E IMPRESIÓN 3D

AUTOR: GUILLERMO NAVARRO ALCAÑIZ

TUTOR: MANUEL CONTERO GONZÁLEZ



Curso Académico: 2017-18

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría aprovechar la ocasión para agradecer a mi familia y amigos todo su apoyo a lo largo de estos años de universidad que sin duda han significado mucho para mí. Sin sus ánimos y consejos el camino habría sido mucho más duro y sobre todo largo. A mi tutor, Manuel, agradecerle su tiempo y dedicación para guiarme en este Trabajo de Fin de Grado. Una mención especial merece el técnico de la Universidad Luis, que tan buena asesoría me ha prestado en muchos aspectos del proyecto.

RESUMEN

Las nuevas tecnologías están abriendo un mundo de posibilidades que roza la magia, y que, bajo el nombre de Realidad Virtual, nos permite trasladarnos a lugares y situaciones inverosímiles con unas simples lentes biconvexas y un teléfono móvil. Con el objetivo de aprovechar la gran revolución que va a suponer en el futuro la Realidad Virtual, tanto a nivel educativo como a nivel lúdico, se abre un mercado de potencial imponente como es la producción de los “Cardboards”. Este elemento viene a ser el casco que sirve de soporte para la tecnología VR.

Considerando la gran variedad de formas y dimensiones que presenta el cráneo humano en sus diferentes seres, la fabricación de cascos universales y cómodos para cualquier usuario resulta imposible. Es por ello, que, usando técnicas de ingeniería inversa por fotogrametría, y gracias a la industria de la impresión 3D, se abre un gran abanico de posibilidades a la hora de crear Cardboards personificados a la cabeza de cada sujeto y con un gran potencial comercial gracias a su bajo coste.

Usando el software de Autodesk: Autodesk Inventor, es posible adaptar a un diseño estandarizado la forma y dimensiones de cada sujeto, las cuales son extraídas mediante el Escaneo 3D que nos permite hacer el software Autodesk Remake. Y tras ella, una simple exportación en formato STL y cualquier sistema de Impresión 3D te proporciona un CardBoard ergonómico, de gran comodidad y precio asequible.

PALABRAS CLAVE: Impresión 3D, CardBoard, Autodesk Inventor, Realidad Virtual, Escaneo 3D, Autodesk Remake

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG:

- Documento 1: Memoria
- Documento 2: Presupuesto
- Documento 3: Planos

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Índice de la Memoria:

1.	INTRODUCCIÓN.....	9
1.1.	Objetivo:.....	10
1.2.	Motivación:.....	10
1.3.	Antecedentes de Proyecto:.....	11
1.4.	Funcionalidad y Futuro de la Realidad Virtual:.....	14
1.5.	Análisis de Competencia:.....	16
1.5.1.	Google Cardboard:.....	16
1.5.2.	Derivados Google Cardboard:.....	21
1.5.2.1.	Samsung VR Gear:.....	21
1.5.2.2.	Otras Configuraciones:.....	22
1.5.3.	Comparativa Final:.....	24
1.6.	Conclusión:.....	25
2.	PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO - ESTRUCTURACIÓN DE TAREAS:.....	26
2.1.	Fase 1: Escaneo de la Cara:.....	26
2.2.	Fase 2: Diseño del Equipo de Realidad Virtual:.....	26
2.3.	Fase 3: Impresión 3D del Modelo:.....	26
2.4.	Fase 4: Revisión y Solución de Problemas:.....	27
3.	DESARROLLO DEL PROYECTO:.....	28
3.1.	Fase 1: Escaneado:.....	28
3.1.1.	Funcionamiento:.....	28
3.1.2.	Resultado Final.....	36
3.2.	Fase 2: Diseño del Proyecto:.....	37
3.2.1.	Características de Inventor:.....	37
3.2.2.	Ideas previas al Diseño:.....	38
3.2.3.	Diseño Casco:.....	39
3.2.4.	Diseño Equipo Interactivo - Botón:.....	46
3.2.4.1.	Botón Adaptador:.....	47
3.2.4.2.	Soporte Exterior del Conjunto:.....	48
3.2.4.3.	Soporte Interior:.....	50
3.2.5.	Diseño Equipo Ocular:.....	51
3.2.5.1.	Placa Delantera:.....	52
3.2.5.2.	Placa Trasera:.....	54
3.2.5.3.	Soporte de las lentes:.....	55

3.2.5.4.	Enfoque de Visión:.....	56
3.2.5.5.	Apoyo del Equipo Ocular:.....	57
3.2.6.	Diseño de un Anclaje para la Cinta de Fijación:	58
3.2.7.	Adaptación de la Forma de la Cara al Casco:	59
3.2.8.	Adaptación de los Contornos para mayor Comodidad	62
3.3.	Fase 3: Impresión 3D de las Gafas de Realidad Virtual:	63
3.3.1.	Separación del Gancho Superior:.....	64
3.3.2.	Separación de Personalizaciones en Placas Independientes:	65
3.3.3.	Resultado Final del Diseño del Producto.....	66
3.4.	Fase 4: Revisión y Solución de Problemas.....	70
3.4.1.	Aumento de las tolerancias:.....	70
3.4.2.	Problemas en el apoyo del móvil:	70
3.4.3.	Problemas de luminosidad:.....	71
3.4.4.	Reducción de la altura del enfoque de visión y adaptación de su contorno:	71
4.	BIBLIOGRAFÍA:.....	72
5.	Índice de Figuras:	73
6.	Índice de Tablas:.....	75

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto de fin de grado surge después de probar diferentes sistemas CardBoard y comprobar que hasta la fecha ninguno combina la comodidad y el buen precio entre sus características. El cráneo humano es una de las partes de nuestros cuerpos más personales y diferentes entre personas. Por ello mismo, diseñar un Casco que permita al usuario utilizarlo durante un periodo considerable sin sentirse incómodo, sin tener en cuenta la anatomía de cada sujeto resulta imposible.

De ahí surge la idea de utilizar las evolucionadas técnicas de fotogrametría que incluye el software Autodesk Remake, que, con un simple dispositivo móvil al alcance hoy en día de la mayoría de las personas, y su cámara, te permite realizar el escaneado de cualquier superficie en 3 dimensiones. La metodología de uso es simple, y simplemente necesita la realización de unas 120-150 fotografías de la cabeza del usuario, variando alturas y ángulos, para poder obtener un modelo en 3 dimensiones de su cabeza.

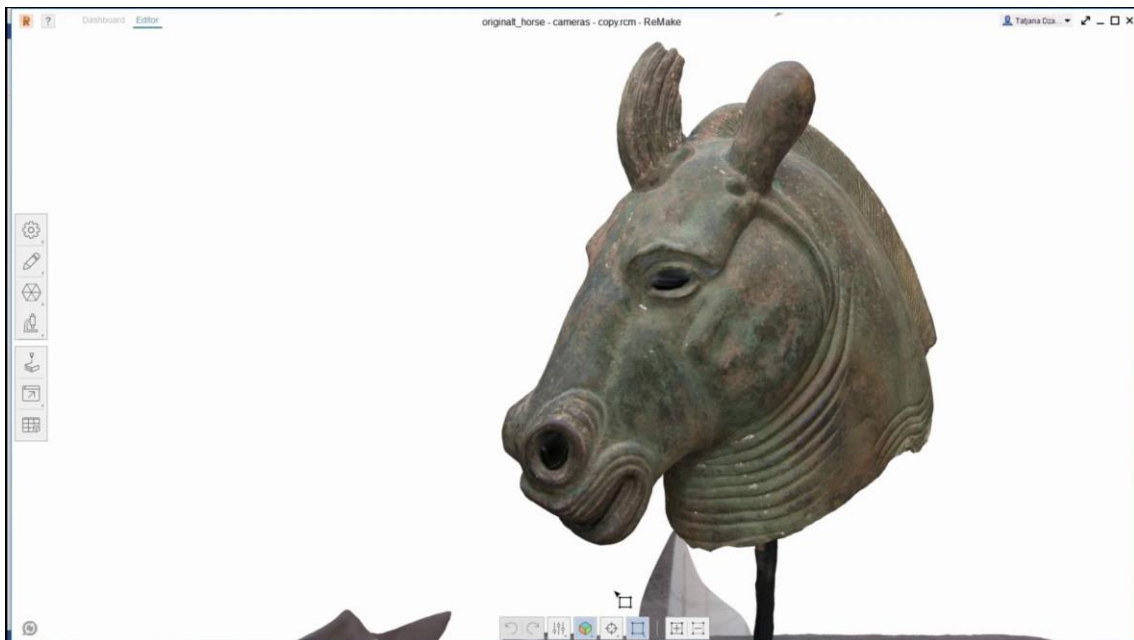


Figura 1: Ejemplo de escultura escaneada por Autodesk Remake

A partir de ahí, el siguiente paso en la hoja de ruta es aprovechar el modelo escaneado en 3 dimensiones, para poder utilizar el perfil de su cabeza en el diseño de unas gafas o casco de realidad virtual que se adaptaran a ella. Por ello mismo, se consideraron la forma y dimensión de dos partes en concreto:

1. La frente del usuario, la cual debe adaptarse al borde superior del casco de realidad virtual.
2. El perfil de la nariz y los pómulos, que se debe adaptar tanto a la parte inferior del casco de realidad virtual, como a la placa de soporte de las lentes.

El proyecto no solo debía centrarse en la adaptación ergonómica del casco, sino también debía considerar la competencia, para incluir o mejorar toda especificación técnica requerida en

cualquier casco de Realidad Virtual. Las especificaciones incluidas en función de las demás gafas fueron:

1. Aberturas para permitir la refrigeración del dispositivo móvil utilizado
2. Aberturas para permitir la salida del sonido reproducido en el dispositivo móvil utilizado
3. Soporte de fijación para el dispositivo móvil

La gran especificación incluida respecto la mayoría de los cascos de la competencia:

1. La inclusión de un botón que convierta el rudimentario sistema del imán de las Google CardBoard, en un sistema mucho más cómodo y funcional en cuanto al diseño.

Finalmente, las técnicas de impresión en 3D son las que han dado la posibilidad de llevar del diseño a lo material este proyecto, y todo con un coste asequible a cualquier usuario.

Hoy en día, con la gran expansión que, ha experimentado este mercado, es muy probable conocer a alguien con una impresora 3D en su hogar, pero para las personas que no tengan tal privilegio, existen páginas Webs como es el caso de Shapeways.com o 3dHubs.com, que tras cargar tu archivo stl en su web y elegir el material deseado para la impresión, te estiman el precio a pagar por la impresión y envío del modelo, encargándose ellos mismos de tales acometidos.

1.1. Objetivo:

El principal objetivo del proyecto es conseguir trasladar las características de la anatomía humana a unas gafas de realidad virtual, utilizando tal anatomía para crear un modelo CardBoard inspirado en la simpleza y funcionalidad de las Google CardBoard, pero adaptado a la cabeza de cada usuario.

La clave de esta personalización reside en la combinación de técnicas de Escaneado 3D, gracias al programa Autodesk Remake; la utilización del programa de diseño asistido por ordenador Autodesk Inventor y la posterior impresión del modelo en cualquier Impresora 3D.

1.2. Motivación:

La principal motivación que inspiró a llevar a cabo tal proyecto es la gran afición personal a la Realidad Virtual y la imposibilidad que existe en el mercado de encontrar un modelo que dentro de unos parámetros económicos resulte cómodo y útil.

Tras probar diferentes CardBoard derivados las originales Google CardBoard, además de las propias originales de cartón, y empresas como Mattel, Powis Custom, Homido o Aukey, tan sólo fueron capaces de presentar diferentes variantes, pero todas desde un aspecto muy generalizado para los usuarios.

Después de cursar la Asignatura de Impresión 3D del grado de Tecnologías Industriales y bajo la gran experiencia de haber cursado Ingeniería Gráfica del mismo grado y la interesante proposición de d. Manuel Cantero, se ideó un ilusionante proyecto que combinaba varios aspectos tanto en su realización como en su resultado final que me gustaban mucho.

La posibilidad de tener unas gafas de realidad virtual personalizadas y adaptadas a la cara de cada individuo es algo más que viable hoy en día por la facilidad de las técnicas de escaneado e impresión 3D, y es por ello por lo que se apreció un gran potencial en este proyecto.

1.3. Antecedentes de Proyecto:

El origen exacto de la realidad virtual no se puede definir con claridad, aunque muchos apuntan a que la base de la tecnología que hoy en día se conoce nace en torno a los años 90 por medio de la empresa de videojuegos Sega, que creó un casco con pantalla LCD, auriculares estéreos y sensores de movimiento que permitía de forma rudimentaria introducir al usuario en los videojuegos.

A partir de ahí fueron surgiendo los primeros sistemas que mediante el procesado de datos permitía simular la realización de diferentes tareas, como es el caso de un prototipo creado por la NASA que permitía simular la conducción de un coche en Marte.

Fueron muchos los prototipos creados, pero ninguno con la posibilidad de ofrecer al usuario más que una mera simulación, hasta que en 2010 Oculus lanzó el primer prototipo de las Oculus Rift que sirvió de base para la evolución del resto de la industria. A partir de aquí se abren dos caminos en el mundo de la realidad virtual:

- Cascos de realidad virtual conectados a distancia a un ordenador y en cuyo interior se reproduce el contenido procesado por la computadora. Dentro de esta clase destacan las HTC Vive, las Oculus Rift y las PS VR, siendo necesaria una gran potencia en la tarjeta gráfica para procesar la Realidad Virtual, pero con una capacidad para reproducir el mundo como si fuera real en su interior. Además de la posibilidad de manejar los procesadores más rápidos del mercado y las tarjetas gráficas más potentes, los sistemas Casco incluyen una serie de sensores como Giróscopos y acelerómetros que registran los movimientos de la cabeza del usuario, permitiéndole girar 360º la perspectiva dentro de la propia realidad virtual.



Figura 2: Comparativa de los 3 principales cascos de Realidad Virtual conectada a un Ordenador

Ha sido tal el avance de esta tecnología, que con la llegada de las HTC VIVE, se incluyeron dos torres con sensores, que permiten al usuario andar y desplazarse dentro de la propia Realidad creada. El sistema permite colocar las dos torres sensor en un cuadrado de 4.6 por 4.6 metros, y permitir cualquier tipo de movimiento dentro de tal área. Este importante progreso, permite al usuario realizar excursiones al mismo polo norte o al Cañón del Colorado y realizar un paseo por los mejores paraísos del mundo.



Figura 3: Funcionamiento sensores de movimiento de las HTC Vive

El último en llegar a este mercado de los cascos más potentes fue Sony, y lo hizo con la adaptación a su sistema de PlayStation 4 de unas Gafas de realidad virtual que incluyeron dos grandes novedades. Por un lado, la posibilidad de combinar la tecnología de videojuegos más potente y exitosa del mundo, que permite introducirse en entregas como Star Wars Battlefront o Gran Turismo. Por otro lado, la modificación más avanzada del casco de realidad virtual, que sustituye las cintas de agarre por un casco que envuelve el cráneo por completo.



Figura 4: Parte trasera de las PlayStation VR, con el novedoso casco-anillo



Figura 5: Vista frontal de las PlayStation VR, con su novedoso Anillo-Casco

Esta simple revolución en el diseño produce un gran contraste en los usuarios y es que, si por un lado el sistema acaba pesando más al tener más material empleado, el hecho de retrasar el centro de gravedad gracias al anillo envolvente hace que el usuario note la fuerza total del cuerpo totalmente centrado en su cabeza (y cuya continuación tiene en la columna vertebral), reduciendo el momento que crean las grandes estructuras voladas de HTC y Oculus. El resultado de este avance es una sensación de mayor comodidad y de menos carga en el cuello, a pesar de pesar técnicamente más.

- Gafas de realidad virtual con 2 lentes biconvexas y que funcionan gracias a un dispositivo móvil. La pantalla del teléfono se parte y gracias a la ayuda de unas lentes biconvexas instaladas en su interior, permite fundir en una realidad envolvente y con una sensación de profundidad el contenido reproducido. Google fue el primero en avanzar dentro de esta simple tecnología, con sus Google CardBoard, un sencillo casco de cartón, que con un coste muy reducido (en tornos los 20€) permitía disfrutar de grandes experiencias

gracias a tu teléfono. La simpleza del sistema de Google y la gran funcionalidad que tenía gracias a su precio y comodidad al funcionar por con móvil ha hecho que esta industria se expanda, siendo la competencia muy grande, con ofertas muy variadas y que se analizarán en la sección próxima.

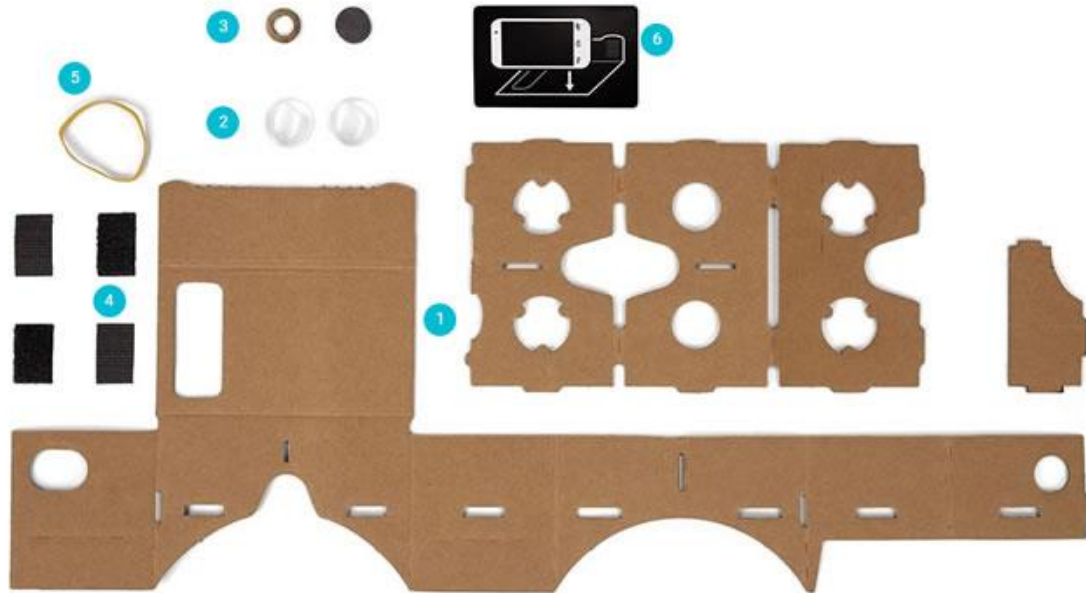


Figura 6: Planos de las Google CardBoard Headset

Mientras que, en los Cascos de realidad virtual, debido a que el precio se eleva como mínimo a los 350€, la competencia está limitada a las grandes empresas tecnológicas; en los “HeadSets” comparables a los de Google la competencia se ha disparado a miles de productos diferentes debido a su sencillez y el bajo coste de su fabricación.

1.4. Funcionalidad y Futuro de la Realidad Virtual:

Lo que en un principio comenzó como una simple aventura tecnológica más bien orientada a la industria de los videojuegos, hoy en día va camino de ser una nueva revolución industrial ante el gran abanico de posibilidades que abre la realidad virtual. Es cierto que, hoy en día quitando los equipos relacionados con ordenadores de alta potencia, los dispositivos móviles no son capaces de ofrecer un contenido muy amplio y completo, pero esto no es más que a causa de la inexperiencia que existe todavía en este mercado.

El abanico de posibilidades que abre la realidad virtual abarca muchos campos, pero sobre todo hay uno marcado en rojo y es la enseñanza. “Una imagen vale más que mil palabras” – es un proverbio chino que resume a la perfección las grandes ventajas de explicar algo con hechos y no con palabras, y si primero los dibujos y ejemplos in situ y posteriormente la fotografía y la filmografía coparon la “enseñanza de imágenes”, en el futuro la realidad virtual cogerá el testigo.



Figura 7: Captura de la aplicación Language VR Learning

La idea de poder enseñar a un estudiante de medicina lo que es ponerse en la piel de un cirujano en una operación a corazón abierto; o el hecho de trasladar a toda una clase de alumnos de primaria a la antigua Roma a ver “imágenes” es algo que dentro de no mucho será posible con un simple casco de realidad virtual y cualquier dispositivo móvil.



Figura 8: Vista Previa de una futura Aplicación Móvil VR sobre la Antigua Roma

Uno de los Blogs más importantes sobre la enseñanza en España, como es “Educación 3.0” (, definía recientemente las posibilidades que te abre la enseñanza en Realidad virtual de la siguiente forma (<https://www.educaciontrespuntocero.com/novedades2/futuro/realidad-virtual-en-educacion/41073.html>):

*“Lo que sí está mucho más cerca de hacerse realidad es la **realidad virtual en educación**.*

Unas simples gafas de cartón son el elemento fundamental para comenzar tu andadura en este mundo, del que existe múltiple contenido adaptado para clase. Tanto marcas editoriales como fabricantes de tecnología están volcándose por la que se dice será la siguiente gran innovación para la sociedad; sin embargo, tenemos una pregunta: ¿qué puede aportar la realidad virtual a la educación?

Una de las claves de la realidad virtual en educación es que abre un mundo de posibilidades sin ni siquiera movernos del pupitre. Por ejemplo, la editorial SM ya está poniendo en marcha un compendio de aplicaciones y posibilidades para la RV, que junto con todo el material ya existente (por ejemplo, estos libros educativos con realidad aumentada) permiten que los alumnos investiguen sin levantarse de la silla. Esta es la gran baza de la realidad virtual en educación y su gran virtud: ampliar las posibilidades para nuestros alumnos. “

Explorar la geografía del planeta, descubrir los hechos más importantes de nuestra historia o aprender idiomas interactuando en personas, pero todo desde el Aula de una escuela es una idea cada día más cercana, y que permitirá adaptar la educación a estos tiempos en los que cada día resulta más complicado captar la atención de niños que han crecido con un iPad en sus manos. Llevar al extremo el “Una imagen vale más que mil palabras” a un “Una experiencia en persona vale más que mil imágenes” es algo que hoy en día solo la Realidad Virtual está en posición de conseguir a corto-medio plazo y, sobre todo: a un precio asequible a todos los bolsillos.

1.5. Análisis de Competencia:

1.5.1. Google Cardboard:

Mientras Oculus revolucionaba el mundo de la realidad virtual con el primer sistema vanguardista, Google decidió optar por un camino mucho más asequible económicamente para el público. Aprovechando el gran potencial de los dispositivos Android, la empresa americana se centró en crear una plataforma que sirviera de soporte para unas lentes biconvexas que generan la realidad virtual uniendo 2 escenas divididas en los smartphones.

Con la intención de hacerlo lo más barato posible, crearon las Google CardBoard, unas gafas de realidad virtual hechas con cartón y que cualquier persona podía realizar desde su propia casa con los planos adecuados, un par de lentes, un imán, unos velcros y unas gomas. Materiales simples y fáciles de encontrar en cualquier tienda de bricolaje, y que con sus indicaciones y un smartphone te permiten adentrarte en todas las aplicaciones creadas en Realidad Virtual.

La clave de su diseño radica en la sencillez de un casco que ni siquiera tiene un apoyo en la parte trasera, sino que es el usuario quien debe sostener el casco. En su parte delantera, el cartón sirve de tapa para sostener el Smartphone, y esta se fija a la parte superior con 2 velcros, lo que sostiene el móvil junto al casco.



Figura 9: Imagen trasera de las Google CardBoard montadas, con su botón-imán y placa de lentes

Una doble tapa sirve para fijar las dos lentes biconvexas, que en sí son el verdadero elemento necesario para poder crear la realidad virtual. Junto a una leve adaptación al tabique nasal de un humano, su ergonomía se reduce a mínimos generalizados.

Una de las claves que introdujo Google con gran maestría, y que le permitió mantener la idea de ser un proyecto muy económico, es la introducción de un imán y un anillo metálico en el lateral derecho, cuyo objetivo es la interacción del usuario dentro de las interfaces creadas en las aplicaciones de realidad virtual.

3) Magnet:

One neodymium ring magnet and one ceramic disk magnet



Figura 10: Elementos básicos del sistema de Botón-Imán de las Google Cardboard

Los smartphones tienen la capacidad de reaccionar y detectar los cambios severos en el campo magnético que les rodea. Aprovechando esta cualidad, Google creó una funcionalidad en sus aplicaciones, que permite accionar el móvil sin tocarlo (algo que sería imposible físicamente ya que está totalmente encerrado en el casco), simplemente por la variación magnética que se produce al separar la placa metálica del imán, y la posterior atracción de este.

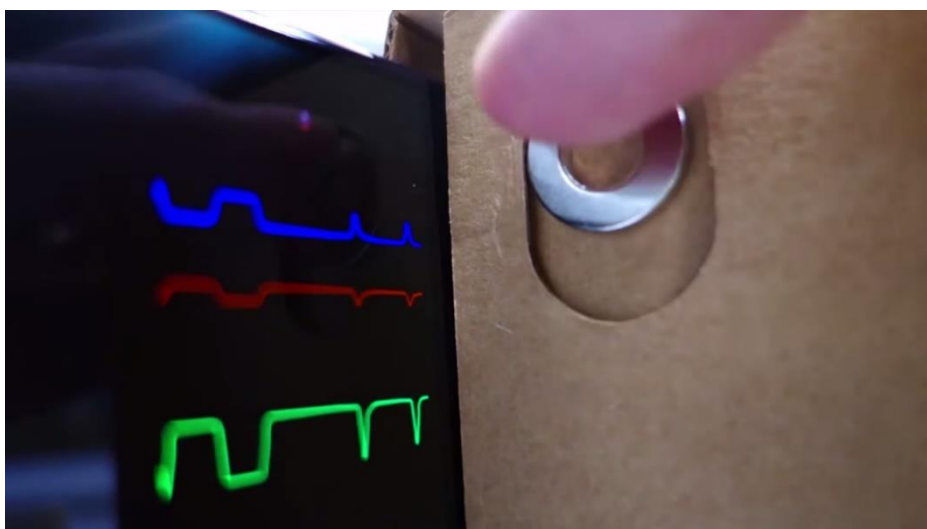


Figura 11: Ejemplo de funcionamiento y cambio en el campo magnético al activar el Botón-Imán en las Google CardBoard

Con un método para interactuar con el dispositivo y una facilidad alta para crear el casco de realidad virtual, Google abrió las puertas en el mundo de las Apps de la Realidad Virtual. Son muchas las experiencias que se pueden encontrar en la App Store o Google Play Store, entre las que destacan:

- Apps para aprender idiomas:



Figura 12: Captura de la Aplicación Instant Language VR Learning

- Apps de deporte de acción:

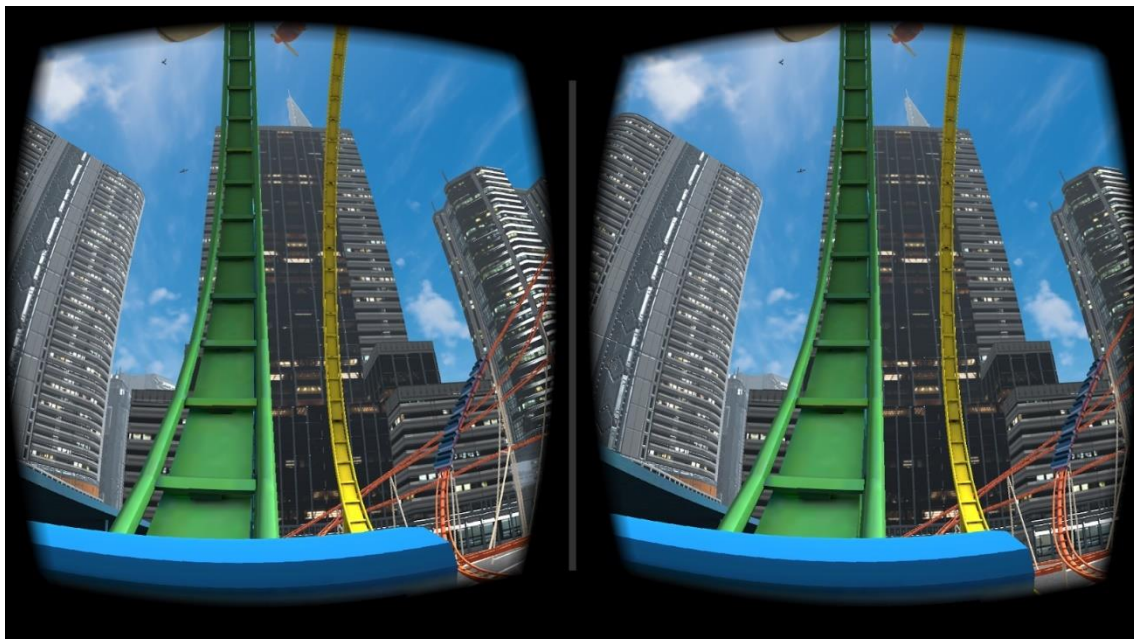


Figura 13: Captura de video de YouTube: VR Roller Coaster

- Videojuegos o Apps temáticas sobre cualquier material de entretenimiento, como la App española de la serie “El Ministerio del Tiempo” en VR, que recientemente ha sido premiada internacionalmente:



Figura 14: Captura de la Aplicación Móvil: El Ministerio del Tiempo VR

- La adaptación de grandes plataformas de VIDEO como es el caso de YouTube:

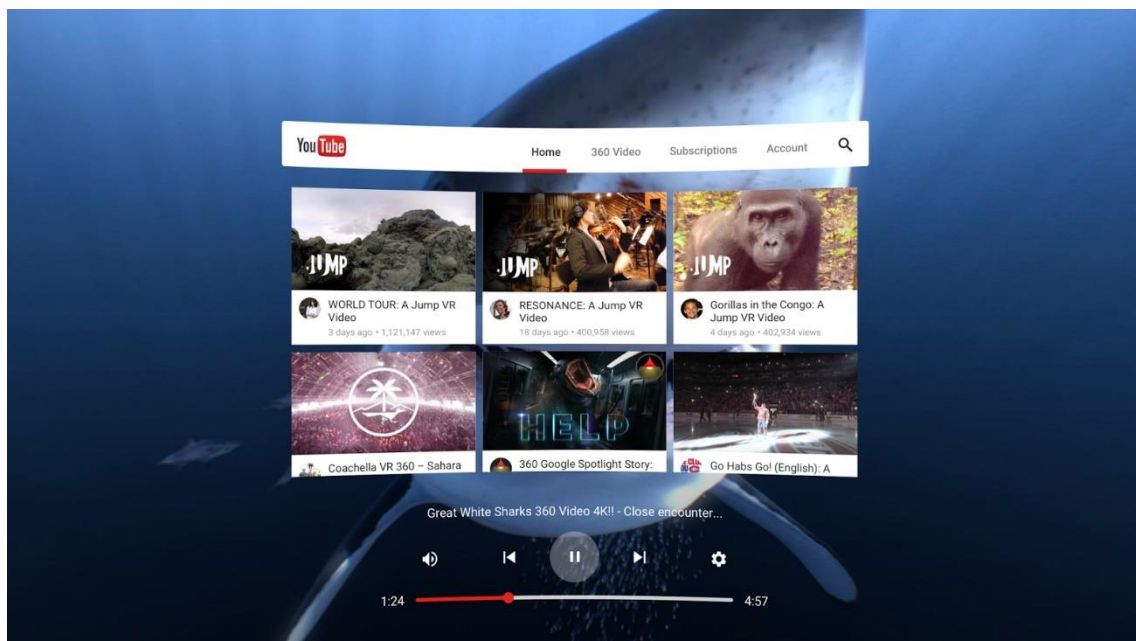


Figura 15: Captura de la versión de Youtube.com para Realidad Virtual

Un producto sencillo y muy barato que ha tenido alguna modificación posterior por parte de Google (como la inclusión de una posible cinta de agarre), y que ha derivado en múltiples interpretaciones por diferentes marcas basadas en lo mismo. Estas CardBoard han servido de base para este proyecto, con gran reto de añadir ciertas mejoras al producto inicial, bastante incómodo y rudimentario para una experiencia diaria dentro de la realidad virtual.

1.5.2. Derivados Google Cardboard:

1.5.2.1. Samsung VR Gear:

Para no quedarse atrás en la guerra de la Realidad Virtual, Samsung activó el proyecto Samsung Gear VR que permite usar sus Smartphones Samsung Galaxy en un casco ergonómico acolchado con espuma en los contornos. Este proyecto ha ido avanzando gracias a la colaboración con Oculus, que ha decidido abarcar una posición en el mercado de Realidad Virtual de Smartphone, como medida de marketing hacia la Realidad Virtual de sus Oculus Rift.



Figura 16: Captura de las Samsung Gear VR

A diferencia de las Google CardBoard, en el dispositivo de Samsung el Smartphone se queda enganchado fuera del casco, lo que supone una desprotección para el dispositivo móvil, que a poco que le falla un gancho puede salir disparado en cualquier movimiento del usuario.

Además, la empresa oriental incluyó un ajuste de la distancia de las lentes, que permite a los usuarios adaptar a su distancia ocular la posición de las lentes. Junto a una cinta fijadora, las Samsung Gear VR ofrecen mejores condiciones ergonómicas que las Google CardBoard, así como una mejor fijación, pero siempre con unos perfiles exteriores genéricos entre los humanos, y que rara vez se adaptan a los rasgos de muchas personas. Junto a todas estas diferencias en su forma, las Samsung Gear VR incluyen un mando a distancia que permite al usuario interactuar con las aplicaciones, y que sustituye el rudimentario sistema del imán que ofrece las Google CardBoard.



Figura 17: Mando Inalámbrico de las Samsung Gear VR

Un diseño más avanzado y mejores funcionalidades las que presenta el producto de Samsung, pero un precio desorbitado superior a los 120€, que no hace justicia a un sistema que al fin y a la postre sigue funcionando con un Smartphone como motor gráfico, al igual que las Google CardBoard.

1.5.2.2. Otras Configuraciones:

Mientras Samsung ha aprovechado la potencia de su industria para crear un modelo junto a Oculus de gama alta pero basado en tecnología móvil, son muchas las empresas que, aprovechando el boom de las Google CardBoard, han utilizado su sencilla solución para ofrecer un producto alternativo a los clientes Gafas de realidad virtual.

Existen en abundancia modelos de cartón con diferentes formas, así como cascos siguiendo la línea establecida por Samsung, por eso no resulta útil ponerse a repasar uno por uno. En cambio, sí que guarda bastante interés pararse un momento a analizar algunas configuraciones novedosas y diferentes que existen en el mercado, y cuyo resultado acaba siendo el mismo que el de las Google CardBoard:

- SPECK POCKET-VR: Rozando los 70€, Speck Company presenta uno de los modelos más sencillos del mercado, y de los pocos Monopieza que se pueden encontrar en el mercado. Con una placa desplegable, el sistema de Speck se ajusta directamente al teléfono móvil, incluyendo sobre ella las lentes que permiten crear la realidad virtual.



Figura 18: Captura de las Speck Pocket-VR

La gran ventaja que aporta este modelo es lo fácil que resulta transportarlo, y lo poco que pesa, pero considerando el elevado precio y que la Realidad Virtual deja de serlo un poco alejado del clima cerrado y envolvente de los cascos, son más los contras que los pros que le rodean.

- -GOGGLE TECH - Go4d C1-Glass: El concepto de Gafas de Realidad Virtual es llevado al extremo por esta empresa coreana, que con su modelo Go4d básicamente lo que ofrece son unas gafas convencionales como las que todos conocemos, con un pequeño soporte para el teléfono y las lentes especiales que permiten crear la realidad virtual.



Figura 19: Captura de las Go4d C1-Glass

Una solución, que al igual que la anterior, resulta ligera y manejable, pero que hace perder parte de la esencia de la Realidad Virtual y que resulta realmente incómoda para usos prolongados, al tener que estar el usuario siempre sujetándolas.

- HOMIDO MINI VR: Dentro de los modelos más ligeros y cómodos, por calidad/precio es obligatorio fijarse en la solución que propone Homido. Con todos los contras que como previamente se han comentado de las Gafas de Realidad Virtual que abandonan el modelo de Casco, las Homido tienen un precio bastante interesante para tener un sistema de realidad virtual “de viaje” realmente cómodo y sencillo.



Figura 20: Captura de las Homido Mini VR

1.5.3. Comparativa Final:

A modo de resumen, se comparan las grandes ventajas y desventajas de los diferentes modelos analizados para poder sacar adelante las mejores cualidades posibles para nuestro proyecto de un Casco de Realidad Virtual:

Modelo/Tipo	Pros	Contras
Cascos realidad virtual conectada a Ordenador	<ul style="list-style-type: none"> -Mejores resultados -Más funcionalidades -Más potencia gráfica 	<ul style="list-style-type: none"> -Precios desorbitados -Mercado muy reducido y concreto -Necesidad de un Ordenador de considerable potencia gráfica -Diseño generalizado e incómodo
Casco de realidad virtual conectado a la PlayStation	<ul style="list-style-type: none"> -Su diseño con envoltura de toda la cabeza permite reducir la carga en el cuello -Grandes funcionalidades aprovechando los juegos de PlayStation 	<ul style="list-style-type: none"> -Precio muy alto -Mercado totalmente cerrado a Sony -Necesidad de una PlayStation 4 y PS Camera -Diseño generalizado y no adaptado a cada usuario
Google CardBoard	<ul style="list-style-type: none"> -Sencillez -Mejor precio del mercado -Accesible a cualquier usuario con smartphone 	<ul style="list-style-type: none"> -Sistema demasiado rudimentario -Estructura incómoda y frágil -No adaptado a la forma de la cara -Su sujeción no es cómoda, lo que dificulta estar periodos largos utilizándolas
Samsung VR Gear	<ul style="list-style-type: none"> -Buenas funcionalidades gracias a su mando -Buena sujeción 	<ul style="list-style-type: none"> -Precio exagerado para ser un sistema de tecnología smartphone -No adaptado a la forma de la cara -Pensado en exceso para Smartphones Samsung
Gafas VR sin casco	<ul style="list-style-type: none"> -Ligeras y fáciles de transportar 	<ul style="list-style-type: none"> -Eliminan la sensación envolvente de la VR -No tienen sujeción y por lo tanto usarlas un periodo prolongado es incómodo

Tabla 1: Comparativa de las diferentes opciones del mercado de la Realidad Virtual

1.6. Conclusión:

Por tanto, tras analizar la competencia exhaustivamente se nos aclara mucho las principales características que debe tener nuestro casco de realidad virtual. Estas son las expuestas a continuación:

- a. Casco de realidad virtual orientado a ser utilizado con dispositivos Smartphone, lo que por precio y disponibilidad hace que la mayor parte de los clientes potenciales puedan utilizarlos. Se desestima de forma obvia la tecnología integrada que necesita de muchos mejores medios y cuyo precio obliga a un desembolso considerable.

- b. Debe estar realizada con materiales poliméricos, que aportan más resistencia que las gafas realizadas con cartón. Aun así, se debe centrarse en obtener un producto de bajo peso, y aunque puede resultar interesante la idea las PS VR de crear un casco envolvente que acerque el centro de gravedad a la columna vertebral humana, por dificultad de fabricación y diseño, así como por motivos económicos se desestima.

- c. El sistema de realidad virtual creado debe estar adaptado a la forma y dimensiones del usuario que lo va a utilizar, para así poder asegurar que sea cómodo la utilización de este durante largos ratos de inmersión en la Realidad Virtual.

- d. Debe mejorar la extremada sencillez del botón magnético de las Google CardBoard, cuya idea es muy ingeniosa pero su realización deja mucho margen de mejora.

2. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO - ESTRUCTURACIÓN DE TAREAS:

Culminada la fase previa de análisis para determinar las funcionalidades a incluir en las gafas de realidad virtual, lo siguiente en el camino era establecer una hoja de ruta de cómo debía ser el proceso de creación del proyecto. Quedando claro que entre las fases existen luego relaciones de retroalimentación, era fundamental decidir si primero debía realizarse el diseño de las gafas y luego posteriormente el escaneo y adaptación de la figura de la cara, o viceversa.

Considerando que todas las dimensiones del casco debían estar relacionadas con las medidas obtenidas de la cabeza humana, la hoja de ruta quedó de la siguiente manera:

2.1. Fase 1: Escaneo de la Cara:

La utilización del software de Autodesk: Remake permitiría obtener un modelo 3D de las dimensiones de la cabeza en la que estará basado el equipo de realidad virtual. Se prevé invertir mucho tiempo en esta fase ya que es un programa desconocido y todo resulta nuevo en el mundo de la fotogrametría. Se valora también el uso de un Escáner 3d como el Structure Sensor que se utiliza conectado a un Smartphone o Tablet. Además, se considera que la persona a escanear debe ser otra diferente al autor del proyecto, ya que resulta inviable auto-escanearse.

2.2. Fase 2: Diseño del Equipo de Realidad Virtual:

Aprovechando la experiencia y los conocimientos adquiridos en la asignatura de Ingeniería Gráfica, se decide realizar el proyecto con el programa Autodesk Inventor. Los conocimientos previos adquiridos parecen suficientes para poder llevar a cabo el proyecto, pero con la única incógnita a solucionar referida a la importación o aprovechamiento de la información obtenido en la FASE 1: Escaneo de la cara.

2.3. Fase 3: Impresión 3D del Modelo:

Aprovechando la experiencia y los conocimientos adquiridos en la asignatura de Impresión y fabricación 3D, se decide que la mejor forma para llevar a cabo la fabricación del producto, considerando el material deseado, es utilizar las técnicas de impresión 3D. La posibilidad de utilizar los equipos que el tutor del proyecto D. Manuel pone a disposición, la posibilidad de utilizar el equipo de impresión 3D disponible en mi hogar y además la existencia de Webs especializadas en imprimir archivos que los usuarios simplemente cargan en la web, la convierten sin lugar a duda la mejor opción. No solo a nivel personal para el proyecto, sino con la finalidad de buscar un productor para que cada uno pueda adaptar a su cara y posteriormente enviar a imprimir.

2.4. Fase 4: Revisión y Solución de Problemas:

Confiar en que una vez todo impreso todo encajará a la perfección, por muchas pruebas de ensamblaje que Inventor nos deje hacer, es algo aventurado, es por ello por lo que lo mejor es prever una fase en la que el proyecto pueda ver solventados los problemas que se encuentre en él. Tras la fase de diseño y posterior impresión, cualquier carencia que se observe en el funcionamiento deberá solventarse volviendo atrás de nuevo a la fase de diseño. O incluso, existe la posibilidad de tener que volver a la fase 1 de escaneado, en caso de no haber obtenido una forma ajustada y cómoda como se buscaba desde un primer momento, lo que podría hacer plantearse nuevas formas de escaneado o de aplicación del modelo obtenido.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO:

3.1. Fase 1: Escaneado:

Si hay algo que caracterizaba el proyecto frente al resto de Gafas de Realidad Virtual en el mercado desde el primer momento, es el objetivo de ofrecer un producto que se adapte por completo a la anatomía de cada usuario. Todas las gafas probadas hasta la fecha, y a pesar del buen uso de los contornos acolchados, siempre acaban resultando incómodas al usuario cuando este lleva un considerable periodo de tiempo usándolas. La razón de esto no es más que, por muy acolchadas que estuvieran, al final las facciones fáciles se apoyaban sobre una estructura que no estaba adaptada a ella y es por ello por lo que a largo plazo acababa resultando incómodo.

Por ello mismo, si se deseaba obtener un casco de realidad virtual mucho más cómodo de los que ya se tenían en el mercado, era necesario aprovechar las técnicas de escaneado 3D, para poder crear un HeadSet totalmente personalizado (y que a su vez era viable económicamente gracias a las técnicas de impresión 3D).

Para llevar a cabo tal fase se decidió utilizar el Software de Autodesk conocido actualmente como Remake, y que permite sin un alto grado de dificultad realizar escaneado 3D por medio de la fotogrametría.

Si se repasa en buscar la definición del concepto de fotogrametría, se descubren interpretaciones interesantes que la resumen como:

“La fotogrametría es una técnica para determinar las propiedades geométricas de los objetos y las situaciones espaciales a partir de imágenes fotográficas. Puede ser de corto o largo alcance.

La palabra fotogrametría deriva del vocablo "fotograma" (de "phos", "photós", luz, y "gramma", trazado, dibujo), como algo listo, disponible (una foto), y "metrón", medir.

Por lo que resulta que el concepto de fotogrametría es: "medir sobre fotos". Si se trabaja con una foto se puede obtener información en primera instancia de la geometría del objeto, es decir, información bidimensional. Si se trabaja con dos fotos, en la zona común a éstas (zona de solape), se puede tener visión estereoscópica; o, dicho de otro modo, información tridimensional. “

En su origen fue una técnica que se utilizó para realizar el escaneado de la geografía física del terreno, pero que posteriormente ha ido creciendo y avanzando hasta ofrecer la posibilidad al usuario de escanear objetos en 3 dimensiones.

3.1.1. Funcionamiento:

Uno de los grandes retos en esta fase del proyecto, era el completo desconocimiento que suponía utilizar estas técnicas que nunca se habían estudiado previamente en ninguna de las asignaturas de la carrera, y es por ello por lo que se recurrió a foros de internet y principalmente videos que Autodesk ofrece en YouTube para comprender el sencillo (sobre el papel) funcionamiento de esta aplicación.

Su forma de proceder, en teoría, es simple, ya que tan sólo requiere que el usuario realice diferentes fotografías del objeto a estudiar, todas desde diferentes ángulos y altura. El problema ya con la primera prueba que se realizó escaneando un cohete de juguete, es que ¿Cuántas fotos y desde que posiciones hacían falta?

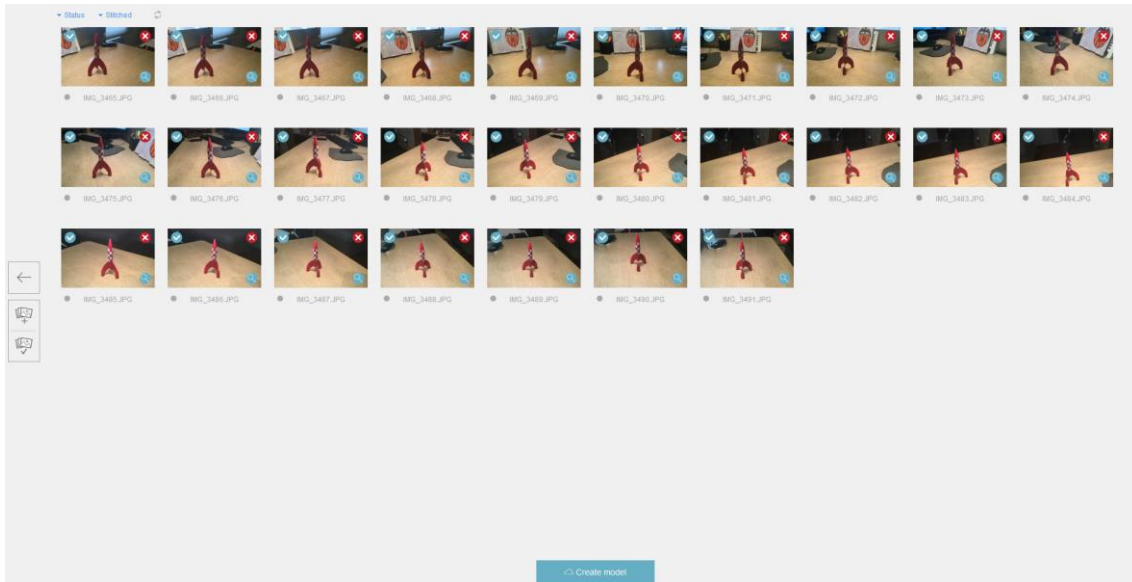


Figura 21: Captura de las Fotografías cargadas para el primer Proyecto realizado con Autodesk Remake

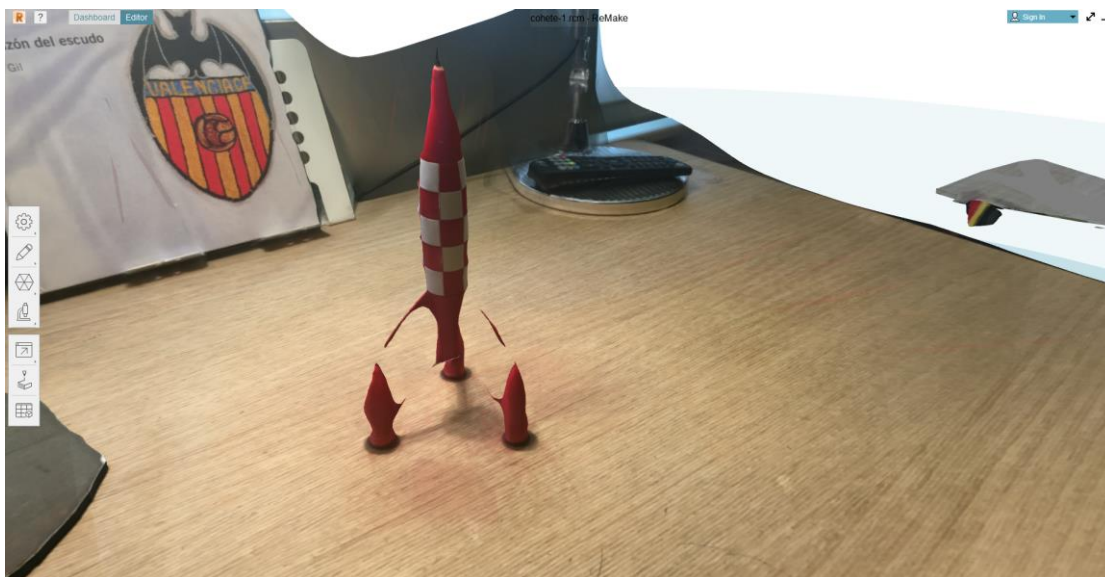


Figura 22: Resultado del primer escaneado realizado con Autodesk Remake

Tras una investigación en foros y YouTube, un útil video realizado por el propio canal de Autodesk, permitió entender que son necesarias fotos desde al menos 3 alturas diferentes, y cada aproximadamente uno 5-10 grados. Esto supone que para obtener un modelo escaneado correctamente hacen falta entre unas 125 y unas 175 fotos.



Figura 23: Distribución necesaria de las fotografías para captar al máximo los detalles en un escaneado con Autodesk Remake. Imagen del tutorial oficial de Autodesk Remake.

Lógicamente, cuanto más información, es decir más fotos, mejores resultados se pueden obtener, pero eso también va unido al mayor riesgo de que algún elemento varíe de la foto anterior a la siguiente, y Remake no consiga enlazar correctamente las perspectivas. Por tanto, a más fotos, más potencial de quedar un escaneado perfecto, pero también más riesgo de obtener fallos.



Figura 24: Error más común durante un escaneado con Autodesk Remake según el videotutorial oficial del programa.

Cualquier elemento que aparezca en uno de los ángulos ya utilizados y no estuviera en la anterior imagen de esa misma perspectiva, altera el funcionamiento de Remake, y eso se planteaba como un serio problema para escanear a una persona ya que ¿de verdad es capaz una persona de mantener su posición y expresión durante los 3-4 minutos estimados de tomar fotos? Todo el problema reside en la forma de trabajar de Remake, que une las diferentes perspectivas tomadas del objeto escaneado y las une creando el volumen en función de la profundidad esperada tras varias fotografías a diferentes alturas:

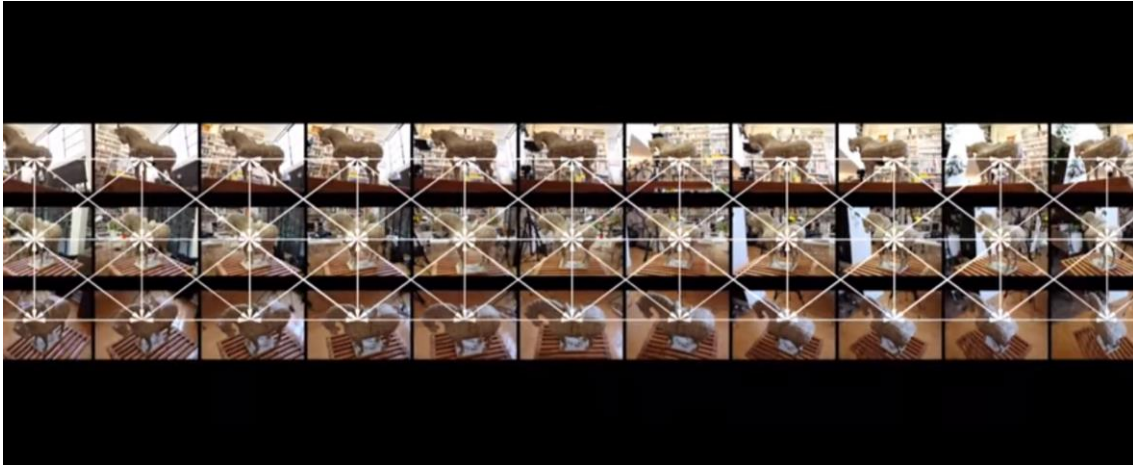


Figura 25: Unión de perspectivas realizada por Autodesk Remake durante la creación del escaneado

Considerando todo lo aprendido, se procedió a realizar un nuevo intento, esta vez con un objeto más sencillo que el cohete, y aplicando 135 fotos. El objeto para esta vez elegido era una Botella de agua situada sobre una mesa de estudio, sin ningún ser “activo” en el cuarto más que el fotógrafo. El resultado aplicando las nuevas técnicas mejoró sin duda el inicial:



Figura 26: Resultado del primer escaneado del proyecto aplicando las instrucciones del tutorial de Autodesk Remake

El problema es que tras aplicar las técnicas de recorte y selección que permite el programa, para eliminar todo lo que no sea la botella, se descubrió como en detalle la forma de la botella era demasiado irregular. Esto debería mejorar considerablemente si se quería obtener un perfil que realmente sea útil para poder hacer el escaneado fácil y adaptarlo a las gafas:



Figura 27: Detalle de la botella, objetivo de escaneado en el primer intento del proyecto con objetos siguiendo las instrucciones marcadas en el tutorial de Autodesk Remake

Para poder encontrar solución a ello se continuó la investigación, y se descubrió el lógico problema que supone realizar fotografías y escaneados a superficies “transparentes” y más siendo agua lo que había en su interior. Un simple toque en la mesa podría haber hecho vibrar el agua del interior de la botella y esto provocó ciertos fallos en el enlace de perspectivas que justificarían los errores que se descubrieron en el escaneo. Para casos así, Remake lo que recomienda es usar una pintura que cubra la superficie transparente, y así no tener problemas con los errores que esto pueda producir en el escaneo



Figura 28: Captura de otro de los grandes problemas que Autodesk Remake te avisa en su tutorial: El escaneo de objetos transparentes



Figura 29: Solución propuesta por Autodesk Remake para el escaneado de objetos transparentes: Pintura Matificante

Esto a la hora de escanear una cara no debería ser un gran problema, ante la inexistencia de superficies transparentes, pero resultaba preocupante ver la sensibilidad que tiene el programa para cualquier detalle erróneo.

Como eran insuficientes las pruebas para controlar el programa, estaba injustificado ponerse a escanear una cabeza humana ya, con todos los problemas que se presumía que iba a suponer, sin antes escanear correctamente un objeto sin vida. Por ello, nuestro siguiente objetivo fue escanear una escultura de un submarino sin superficies líquidas ni transparentes, y con un pintado sin apenas brillo, que cada vez parecía todo indicar que sería otro problema futuro. El resultado fue bastante positivo y la primera prueba de verdad que aplicando un número entre 130-150 fotografías, y 3 alturas, era el camino correcto (siempre que no existan movimientos y superficies transparentes).



Figura 30: Captura del 2º escaneado realizado durante el proyecto: Escultura de Submarino

Tan sólo algún problema en las partes voladas de la escultura, que el programa había unido con su superficie base, pero en términos de dimensiones y formas el resultado era muy bueno.

Antes de pasar a escanear la cabeza de un ser humano, se debía probar en algún objeto similar a la forma y detalle que tal escaneo conlleva. Para ello se decidió hacer pruebas con un oso de peluche, que significaba un término intermedio entre la escultura lisa y la cara de una persona. Los resultados fueron realmente buenos, y sirvieron para realizar la primera prueba de impresión:

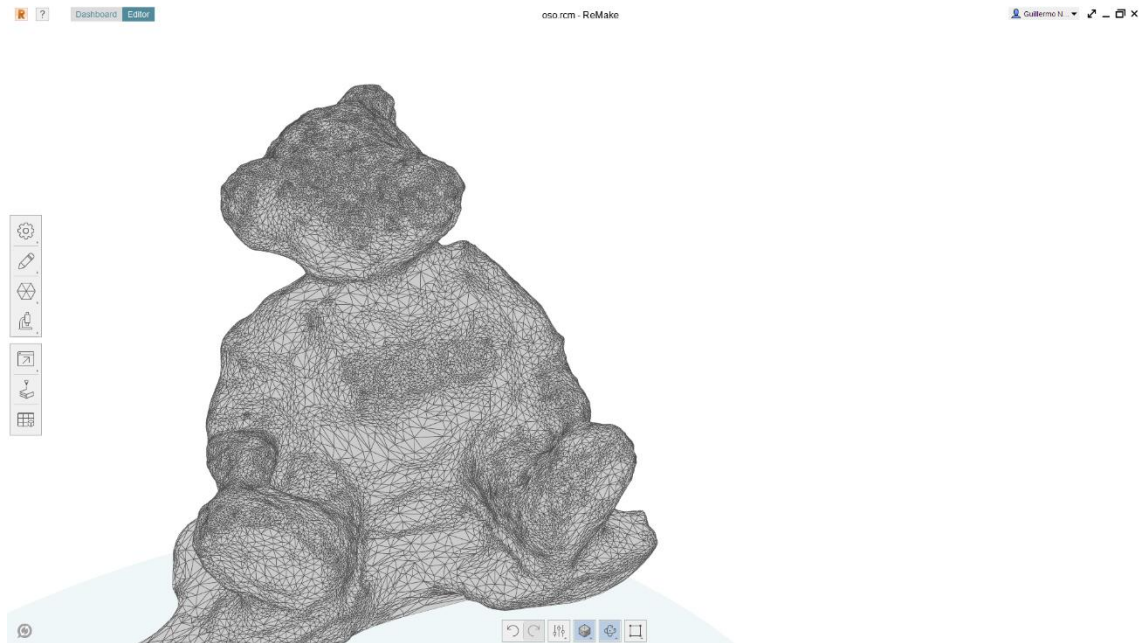


Figura 31: Captura del 3º escaneado (Versión Malla) realizado durante el proyecto: Oso de Peluche



Figura 32: Captura del 3º escaneado (Versión Fotografía) realizado durante el proyecto: Oso de Peluche

Con ya buenas sensaciones en el manejo del programa, se comenzó a realizar la primera prueba con una cara humana. Para ello se seleccionó como objetivo a otra persona, ya que es totalmente inviable auto-escanearse a uno mismo. A pesar de los buenos resultados en el

escaneado previo, el paso a un ser humano no fue nada bueno como se puede ver a continuación:



Figura 33: Captura del 4º escaneado realizado durante el proyecto: Prueba fallida con cabeza humana

Demasiado movimiento, problemas con recovecos muy complejos del cuerpo humano como las orejas y la nariz, y algo que se veía venir: problemas con el pelo. Una superficie como el cuero cabelludo refleja mucho la luz, y eso, de forma similar a las superficies transparentes, provoca que el programa tenga serios problemas en crear una perspectiva correcta de la persona.

Mucho había que mejorar si se quería obtener un modelo 3D útil, pero con paciencia, rapidez en las fotos, estabilidad del usuario escaneado y muchas pruebas era esperable dar con la tecla para muchos de los problemas que se tenían, a excepción de los brillos. Y así fue, tras varias tandas se pudo mejorar considerablemente el primer resultado:

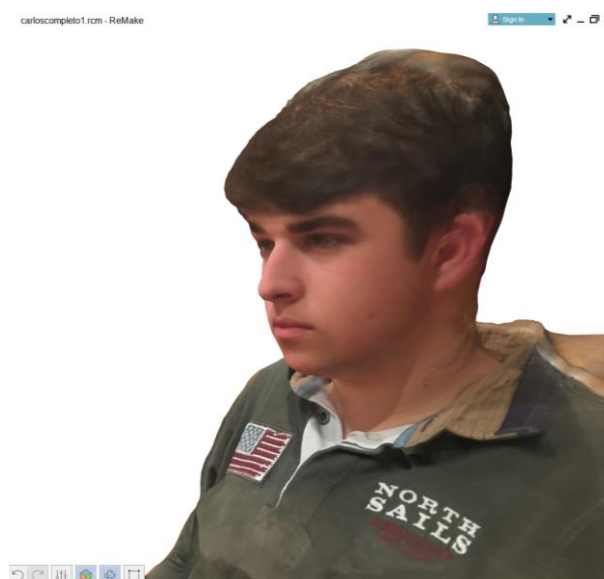


Figura 34: Captura del 5º escaneado realizado durante el proyecto: Segunda prueba fallida con cabeza humana

La cara y sus dificultades cogían ya una forma bastante interesante, pero se seguía teniendo el gran problema que resultaba el hecho de escanear la superficie del cráneo. El pelo del usuario reflejaba la luz de los focos que le iluminaban, y eso en el programa significaba un aumento considerable del tamaño del cráneo, así como la poca uniformidad en su resultado.

El problema era más serio de lo que parecía, ya que por un lado era fundamental que esa parte del escaneo fuera preciso para poder sacar las dimensiones y la forma de la cara. Y, por otro lado, por mucho que buscaba en las fuentes de información del programa, no encontraba una solución real para el problema.

Entre las opciones que se vislumbraban estaba por un lado realizar el escaneo con un gorro de lana, que eliminara por completo el brillo del pelo, pero aumentara por completo el tamaño del cráneo escaneado. Aunque podía ser una opción en caso de no encontrar nada mejor, antes de llegar a tal extremo, se decidió probar la otra opción que se consideraba. Esta consistía en peinar al usuario con todo el pelo hacía atrás con una Cera fijadora efecto mate, y de esta manera se reducían los reflejos del pelo, y, por otro lado, aunque en algunos puntos se pudiera producir algún error, el hecho de retirar el pelo de la frente, dejaba libre de puntos débiles la parte fundamental del escaneo.

3.1.2. Resultado Final

Se probaron dos sesiones de fotos diferentes, una con un menor número de fotografías, que suponía menor riesgo, pero menor detalle, y otra más ambiciosa con más fotografías y más detalle. El éxito de retirar el pelo con una cera de efecto mate es evidente como se puede ver en el resultado que, obtenido en el escaneo, que será el usado para el posterior diseño.

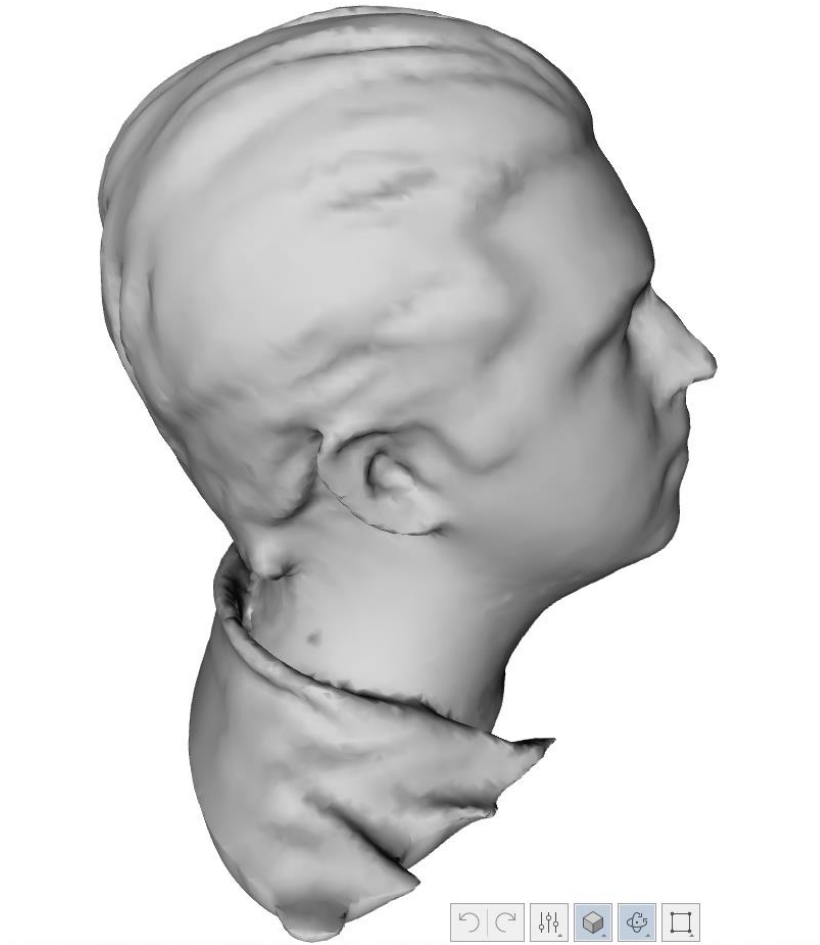


Figura 35: Captura del 6º escaneado realizado durante el proyecto: Prueba definitiva con cabeza humana

3.2. Fase 2: Diseño del Proyecto:

Obtenido por fin un escaneo que cumplía las condiciones de calidad necesarias para poder realizar las gafas de realidad virtual, se estaba ya en condiciones de avanzar a la siguiente fase del proyecto, que consiste en su diseño en 3D dimensiones, para poder posteriormente exportarlo en formato STL e imprimirlo en 3D.

Son muchos los programas de CAD que permiten trabajar de forma muy efectiva para crear modelos en 3D, y es por ello por lo que rescatando la gran experiencia previa con el Autodesk: Inventor adquirida en la asignatura de Ingeniería Gráfica, se decidió usar este programa que para los que están familiarizados con la dinámica de Autodesk es realmente cómodo.

3.2.1. Características de Inventor:

Inventor es uno de los programas de diseño asistido por ordenador más utilizados del mercado junto a SolidWorks, y se puede definir a este tipo de programas de la siguiente forma:

“El diseño asistido por computadoras (diseño asistido por ordenador en España), más conocido por sus siglas inglesas CAD (computer-aided design), es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y diseñadores. El CAD es también utilizado en el marco de procesos de administración del ciclo de vida de productos.

También se puede llegar a encontrar denotado con las siglas CADD (computer-aided design and drafting), que significan «bosquejo y diseño asistido por computadora».

Estas herramientas se pueden dividir básicamente en programas de dibujo 2D y de modelado 3D. Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos.”

3.2.2. Ideas previas al Diseño:

En la primera parte de la memoria ya se ha hecho un análisis de toda la competencia, que ha permitido establecer las características que se deseaba en el equipo de realidad virtual. A modo de recordatorio estas son las siguientes:

- a. Casco de realidad virtual orientado a ser utilizado con dispositivos Smartphone, lo que por precio y disponibilidad hace que la mayor parte de los clientes potenciales puedan utilizarlos. Se desestima de forma obvia la tecnología integrada que necesita de muchos mejores medios y cuyo precio obliga a un desembolso considerable.
- b. Debe estar realizada con materiales poliméricos, que aportan más resistencia que las gafas realizadas con cartón. Aun así, debe estar centrada en obtener un producto de bajo peso, y aunque puede resultar interesante la idea las PS VR de crear un casco envolvente que acerque el centro de gravedad a la columna vertebral humana, por dificultad de fabricación y diseño, así como por motivos económicos se desestima.
- c. El sistema de realidad virtual creado debe estar adaptado a la forma y dimensiones del usuario que lo va a utilizar, para así poder asegurar que sea cómodo la utilización de este durante largos ratos de inmersión en la Realidad Virtual.
- d. Debe mejorar la extremada sencillez del botón magnético de las Google CardBoard, cuya idea es muy ingeniosa pero su realización deja mucho margen de mejora

Por ello, volviendo al análisis de la competencia, se determina que la mejor solución es una mezcla entre el equipo de Google CardBoard, el cual acusa un exceso de sencillez, y el equipo

de Samsung VR Gear, que, si por un lado es de las mejores soluciones para la Realidad Virtual en Smartphone, su comodidad y sobre todo su precio dejan mucho que desear.

Es por ese motivo mismo, es por lo que se cogió como modelo base, una de las gafas que mejores valoraciones tenía en Amazon como son las AUKEY VR. Este modelo cumplía por precio (en torno a 20€), características (material polimérico, contornos acolchados, y fijación con cintas) y forma (casco similar al de Samsung) lo que se tenía en mente en el análisis.

Al poco de usarlo, se descubrió que como el casco de Aukey por un lado cumplía varios de los mínimos que se buscaban, pero por el otro abusaba de un complejo sistema de ajuste de la distancia entre lentes, así como un ajuste de la distancia del usuario al Smartphone. Una idea que bien llevaba podía ser interesante, pero que al final hacía que nunca encontraras la postura correcta con las gafas.



Figura 36: Captura de las Aukey VR Cardboard usadas como modelo

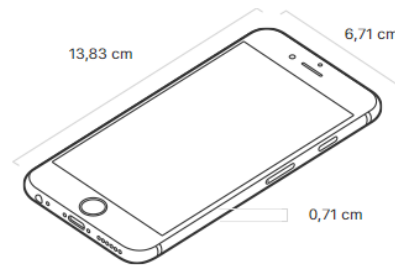
Por otro lado, su tamaño y peso era excesivo, y al rato de estar utilizando el casco, tanto la parte posterior del cráneo que soportaba las cintas, como los rasgos fáciles sufrían es exceso. Otro de los aspectos a mejorar, es que el sistema no incluía ninguna forma de interactuar con el Smartphone, algo que las Google CardBoard hacían con un simple imán, y que Samsung mejoraba con un mando a distancia, fuera del alcance de este proyecto a nivel tecnológico.

A pesar de todos los aspectos a mejorar, las gafas de Aukey siguen siendo una gran opción en forma, características y precio a lo que se deseaba, por lo que se mantienen y usan como diseño base de nuestro proyecto.

3.2.3. Diseño Casco:

Desde el principio se ha planeado como un proyecto personal para cada usuario y es por ello por lo que este no sólo debía basarse en las medidas de la cabeza del usuario, sino que también debía depender del tamaño del móvil de este. Consultando al usuario escaneado del que iba a

dependen posteriormente el perfil de las gafas, se descubre que tiene un iPhone 6S de 4.7 pulgadas, y cuyas dimensiones oficiales son 13.83x6.71cm:



Peso: 143 g



Figura 37: Plano de Iphone de 4.7 Pulgadas

A partir de estas, considerando los márgenes y espesores que fuera a tener luego nuestras gafas, se puede estimar ya un tamaño inicial para las gafas de realidad virtual, que se calculó en una caja de 17,73cm de ancho por 9,53cm de alto en sus bordes exteriores, y considerándola siempre con 0.95 cm de espesor.

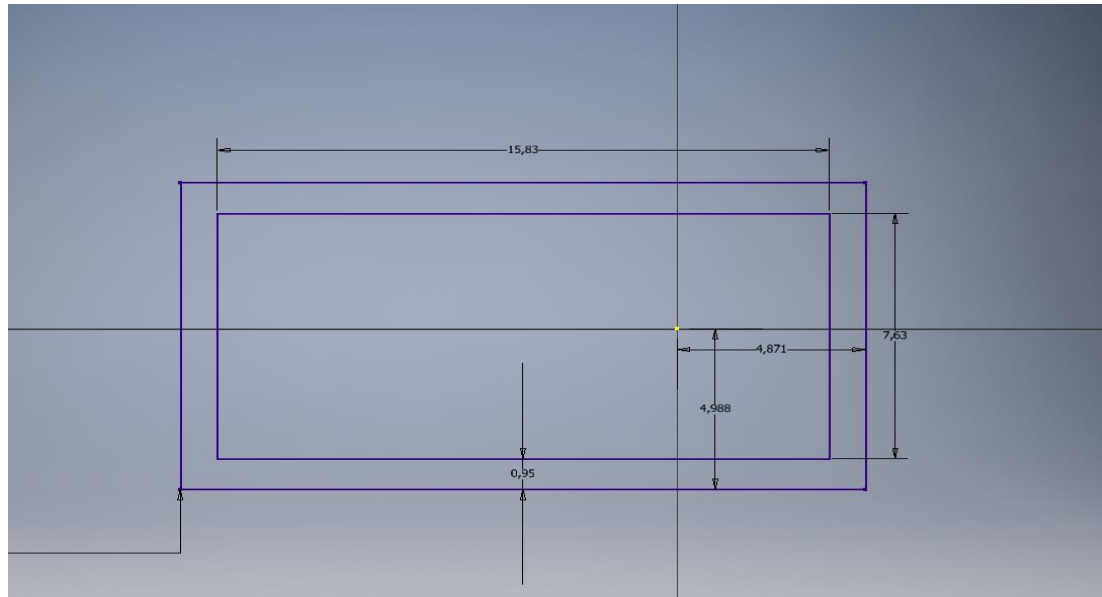


Figura 38: Captura 1 de la creación del Casco de Realidad Virtual

Para añadir un toque de estilo a las gafas, así como mejores propiedades a su futura utilización, se utiliza la herramienta de Empalme, para redondear los bordes de la caja con un radio de 1.75 centímetros. Una vez establecido el primer boceto, se realiza una extrusión teniendo en cuenta aproximadamente los 8.5cm que tenía las gafas Aukey de profundidad, obteniendo la primera parte del casco:

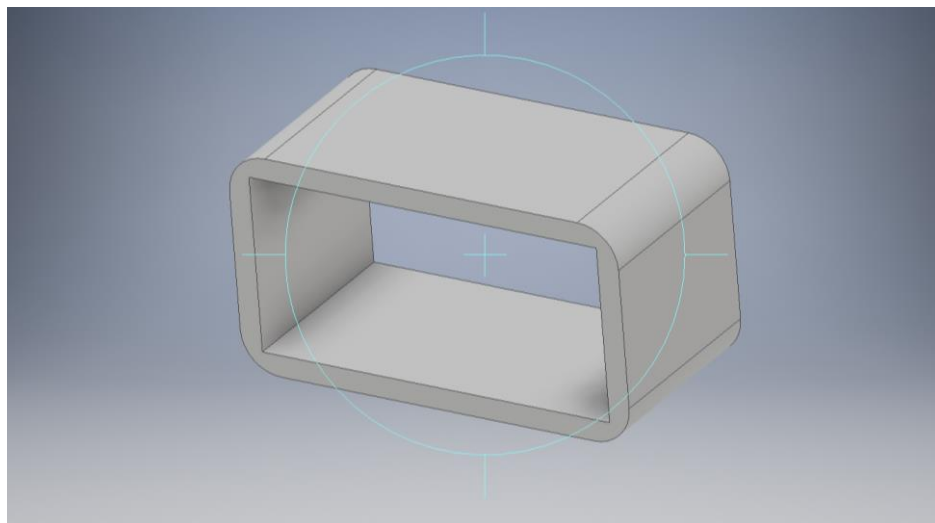


Figura 39: Captura 2 de la Extrusión del Casco de Realidad Virtual

Dentro de este casco por un lado había luego que adaptar los soportes de la placa de las lentes de realidad virtual, pero primero se tenía que fijar una forma de sujeción para nuestro dispositivo móvil. Son muchos los ejemplos que se habían visto por el mercado, desde:

- a. Una placa con bisagra para abrirse y luego una superficie adhesiva que fijara el móvil, como era el caso de las Aukey:



Figura 40: Solución de las Aukey VR Cardboard a la sujeción del móvil

- b. Un pliegue del cartón y una fuerte sujeción con velcros que envuelven al móvil y lo aprietan contra el propio casco, como es el caso de las Google CardBoard:



Figura 41: Solución de las Google CardBoard a la sujeción del Móvil

- c. Unos clips exteriores al casco que fijan el teléfono, que en su caso resulta mucho más cómodo para usar con los Samsung Galaxy:



Figura 42: Solución de las Samsung Gear VR a la sujeción del Móvil

Tras analizar los 3 métodos a fondo, ninguno parecía el conveniente cada uno por diferentes motivos. Por un lado, el modo del adhesivo presentaba muchos problemas a medida que este se iba usando y perdía adherencia, así como el enganche de la placa, que obligaba a complicar un poco la impresión 3D con un material de ciertas propiedades flexibles.

Por otro lado, el enganche de las Google CardBoard solo era posible en unas gafas de cartón, y nunca garantizaban una fijación completa del móvil, que a poco que no tenga mucha tensión presentaría un gran juego, pudiendo escurrirse por los laterales no cerrados. Y, por último, el enganche de las Samsung Gear corre el gran peligro de que a poco que falle el cierre de uno de los ganchos, el smartphone puede salir disparado en cualquier interacción del usuario con un simple videojuego en Realidad Virtual.

Es por ello por lo que se decidió probar un sistema similar a una pequeña abertura en forma de cajón vertical, que considerando que las gafas estaban diseñadas para un móvil en concreto como el iPhone 6S, y teniendo en cuenta sus dimensiones, se podía hacer para que quedara fijado. Por ello, se añadió al casco inicial un cajón mediante una extrusión, y un posterior agujero que lo fijara por encaje tras la introducción simplemente del borde entre su marco y el comienzo de su pantalla:

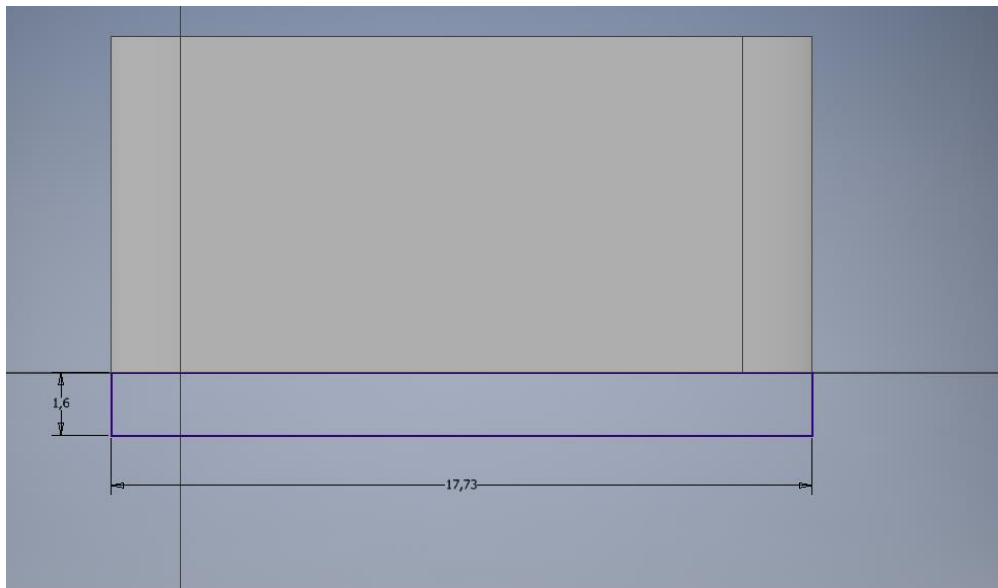


Figura 43: Captura 1 de la solución empleada a la sujeción del Móvil

Con tal añadido, simplemente era necesaria una extrusión de vaciado para crear el cajón por el que entraría el iPhone, y que debía tener las medidas previamente expuestas de 13.83x6.71x0.71, por eso mismo se dejó un margen de 0.25cm a cada lado y de 0.2cm con el espesor del móvil, que asegura el poder introducir y sacarlo, así como la fijación:

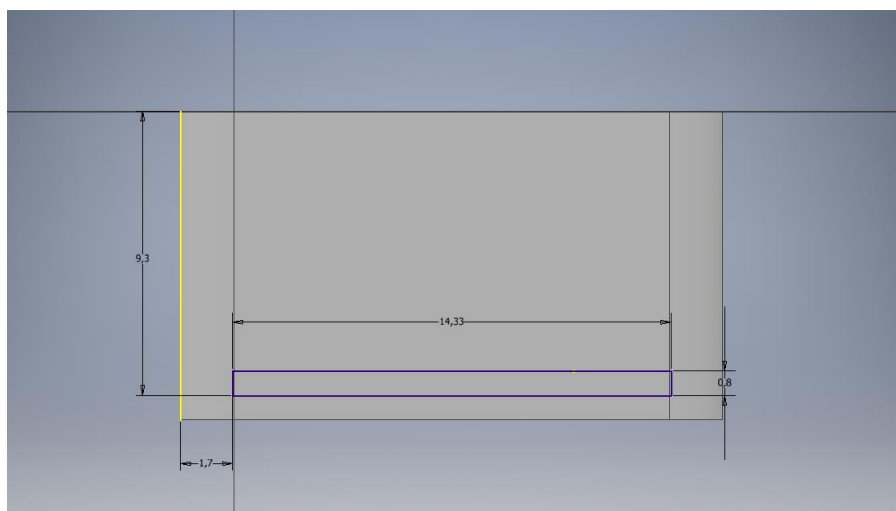


Figura 44: Captura 2 de la solución empleada a la sujeción del Móvil

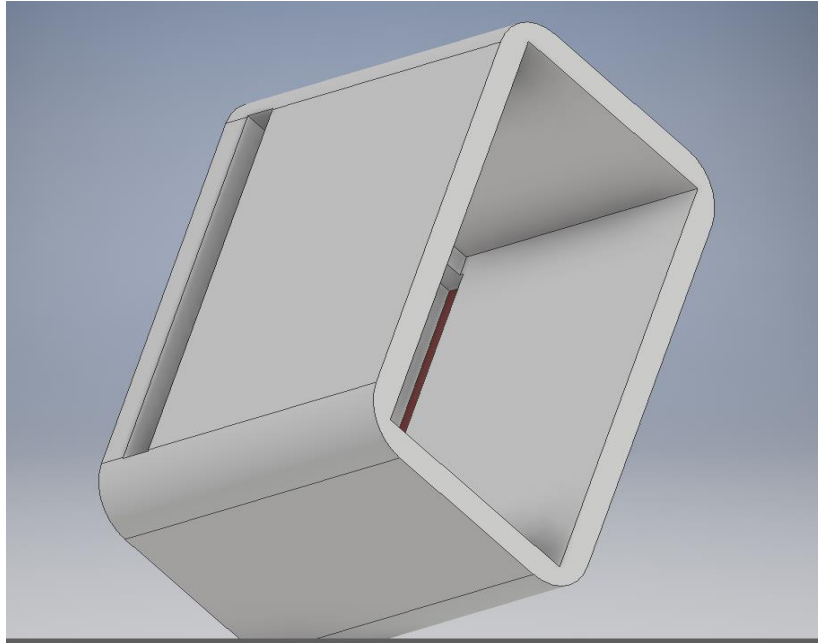


Figura 45: Captura 3 de la solución empleada a la sujeción del Móvil

Con el cajón necesario para soportar el smartphone diseñado funcionalmente, se procedió a adentrarse en su diseño exterior, para poder incluir en él un toque personal y estético que mejorase los productos de la competencia. Es por ello por lo que se extruyó en sus caras exteriores, unas circunferencias que nos permiten obtener un casco mucho más dinámico y con una sensación de modernidad superior a los cuadrados cascos de la competencia.



Figura 46: Implementación en el diseño de formas curvadas en el casco de realidad virtual

Aprovechando la necesidad de crear 3 aberturas que permitan la salida del sonido, así como la refrigeración del teléfono, cuya temperatura suele subir mucho teniendo en cuenta la gran potencia que consumen los programas de realidad virtual, se crearon 3 extrusiones acompañadas de la operación de empalme, para aprovechar y darle un diseño más dinámico.

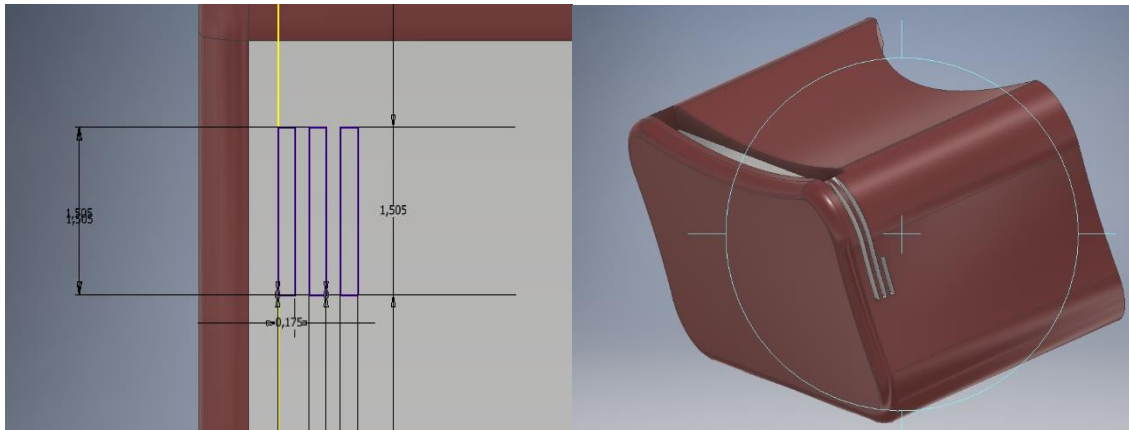


Figura 47: Creación de 3 aberturas para la refrigeración y transmisión del sonido

Finalmente se personaliza el casco incluyéndole una extrusión basada en una de las gafas más conocidas a nivel mundial, como son las del personaje cinematográfico Harry Potter, que sirva de ejemplo a los futuros clientes de cómo podrían llegar a personalizar sus gafas al gusto del cliente. Además, se le extruye el nombre del proyecto: UPV-VR.



Figura 48: Captura del resultado final del diseño inicial del Casco de Realidad Virtual

3.2.4. Diseño Equipo Interactivo - Botón:

Para poder asegurar el total aprovechamiento de la Realidad virtual del usuario con el Smartphone, era totalmente necesario crear un botón que sirviera para interactuar con el dispositivo en sus aplicaciones. Algo que por un lado las Gafas de referencia Aukey no tenía, las de Samsung solventaba con un sofisticado joystick y que por otro lado Google implementaba con un ingenioso sistema de imanes.

Sin intención de adentrarse en nada cuyo coste fuera desorbitado y su dificultad alta, tras mucho meditar se pensó que se podría solventar esta necesidad con un botón impreso e incluido en

nuestras gafas, que en cuyo interior manejara el mismo sistema de las Google CardBoard: un imán.

Por una parte, esto obligaba a modificar nuestro diseño del casco, ya que, al haber incluido perfiles no planos en los laterales, iba a resultar muy complejo atornillar o pegar cualquier superficie sobre tal perfil. Para solucionarlo, se realizó una extrusión en el lateral izquierdo de las gafas, que convertía la superficie que iba a abarcar el botón en una superficie plana de 3.1x7.25cm (realizada en un plano a 1cm de distancia) para poder realizar el trabajo pensado:

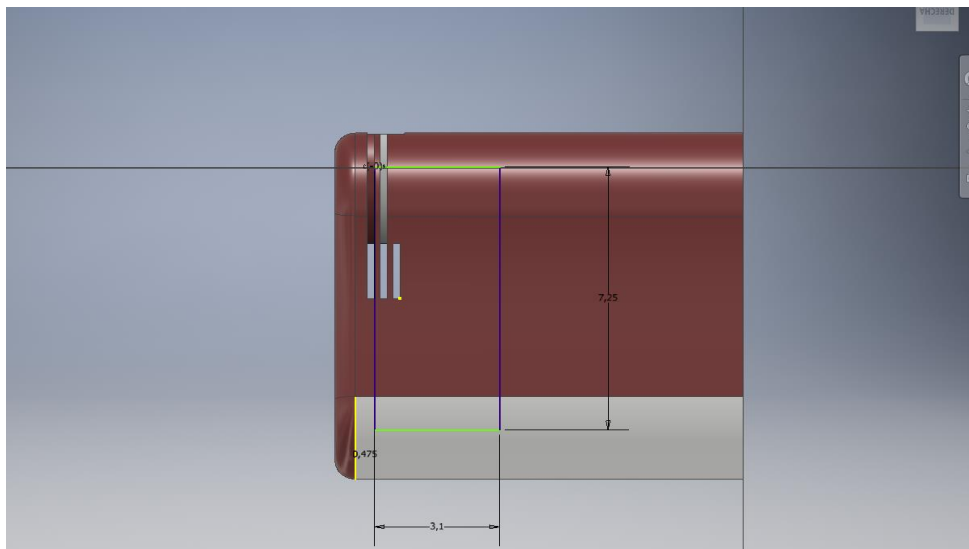


Figura 49: Captura 1 del proceso de creación de 1 plataforma para apoyar el Botón

A partir de aquí se comenzó a diseñar el botón que iba a contener el sistema imán de unas Google CardBoard, y permitirá mejorar su funcionamiento y sobre todo su imagen.

Diseño Previo: Buscando que el sistema fuera lo más simple y económico posible, se desestimaron varias ideas con varias piezas o formas complicadas luego para una impresión 3D, simplificándose este al máximo en 3 piezas mínimas que son las siguientes:

1. Botón adaptador, en cuyo interior va el metal
2. Soporte exterior del conjunto, que sirve de deslizadera del botón
3. Soporte interior del conjunto, que sirve de plataforma fijadora para el imán.

Todo esto quedaría unido por la acción de unos tornillos y unas tuercas, que servirán para fijar entre ellos los dos soportes del conjunto, con la pared del casco de por medio, y quedando atrapado así el botón adaptador por su deslizadera.

3.2.4.1. Botón Adaptador:

Se comienza el diseño con el botón adaptador, que debía tener básicamente 3 propiedades para poder cumplir las funciones para las que estaba diseñado:

1. Capacidad de deslizar sobre el Soporte exterior del conjunto
2. Una ranura en su interior que sirviera para introducir el metal del conjunto magnético
3. Una pestaña saliente que permitiera ser accionado con facilidad por los dedos de las manos.

Para ello se consideran unas medidas de un diámetro de 2cm que tienen las placas metálicas utilizadas en las Google CardBoard disponibles, y considerando unos leves márgenes para su introducción y un tamaño superior a los 2cm de ancho que mide el dedo índice humano, se creó la siguiente construcción:

Para su construcción se ha realizado una extrusión de un cuadrado de 2.25cm de lado, que permite en su tamaño realizar la extrusión interna de 2.1cm de diámetro para introducir el metal. Se le ha añadido dos solapas, correspondientes a la futura deslizadera de 0.25cm de ancho y la mitad que el espesor inicial(0.35cm). Para terminarlo, se crea una pestaña de 0.5 cm de ancho, el largo del cuadrado inicial de 2.25cm y por último una altura de 0.6cm.

Para poder aumentar la sensación de comodidad del usuario al accionarlo, así como hacer más estético el cuerpo y mejor su deslizamiento por el soporte exterior, se redondea el cuerpo con el comando EMPALME (con radios de 0.2cm a 0.25), en varias de sus esquinas obteniendo finalmente la siguiente forma final para el botón:

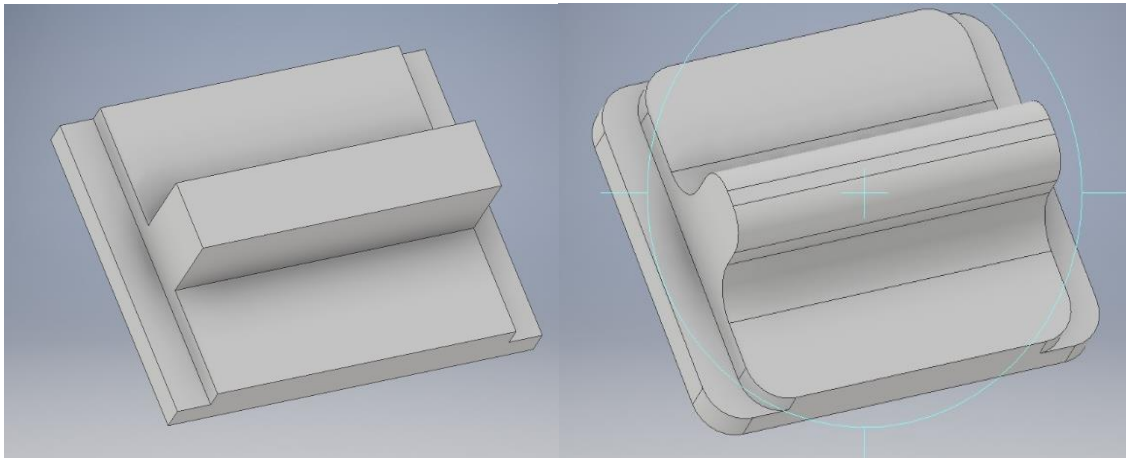


Figura 50: Capturas 1 y 2 de la creación del botón

3.2.4.2. Soporte Exterior del Conjunto:

El soporte exterior del Conjunto del Botón Interactivo debía cumplir de entrada las siguientes funcionalidades:

1. Servir de deslizadera para que el botón pueda moverse de arriba a abajo, permitiendo al usuario su accionamiento
2. Servir de soporte y fijación para el botón y la pared del casco de realidad virtual.

Sus medidas estaban condicionadas por una parte al tamaño exterior del botón previamente diseñado, ya que este debía poder deslizarse sobre él, y, por otro lado, debía dejar al botón un camino a recorrer, que además estuviera contenido en la plataforma añadida al casco de realidad virtual (siempre con la posibilidad de ajustar la plataforma para un mejor cumplimiento de las necesidades del botón).

Para ello, se extruye en primer lugar un rectángulo de 5.25x3cm, y posteriormente en su interior se extruye otro rectángulo de 4.55x2.3cm, que permite introducir en su interior con un escaso margen, el botón cuadrado creado previamente, así como encajar el soporte en la plataforma, sin considerar el posterior añadido para los pernos:

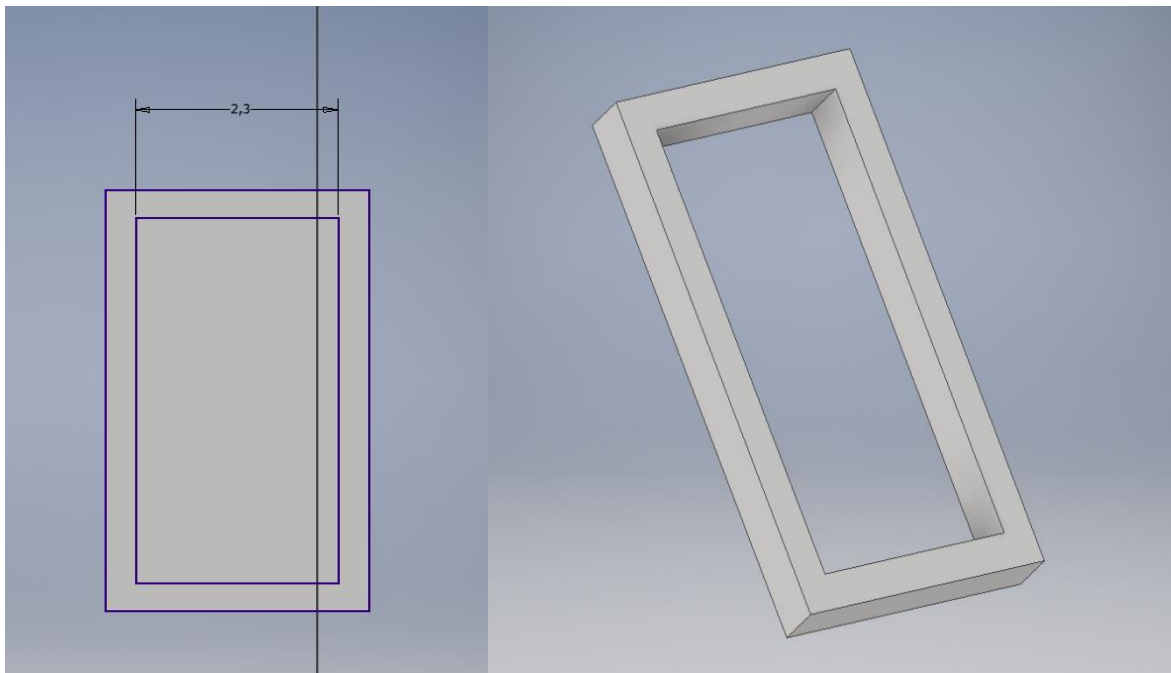


Figura 51: Captura 1 y 2 de la creación del soporte frontal del botón

Para poder introducir en él la deslizadera previamente construida, se realiza una extrusión con un desfase de 0.12cm, y con el espesor previamente especificado en la solapa del botón. Finalmente, la pieza se termina creando dos añadidos para poder realizar luego el agujero de los pernos, basados en 2 circunferencia de 1.75cm de diámetro, y posteriormente dos empalmes que permiten mejorar el diseño de la pieza, con un radio de 0.25cm:

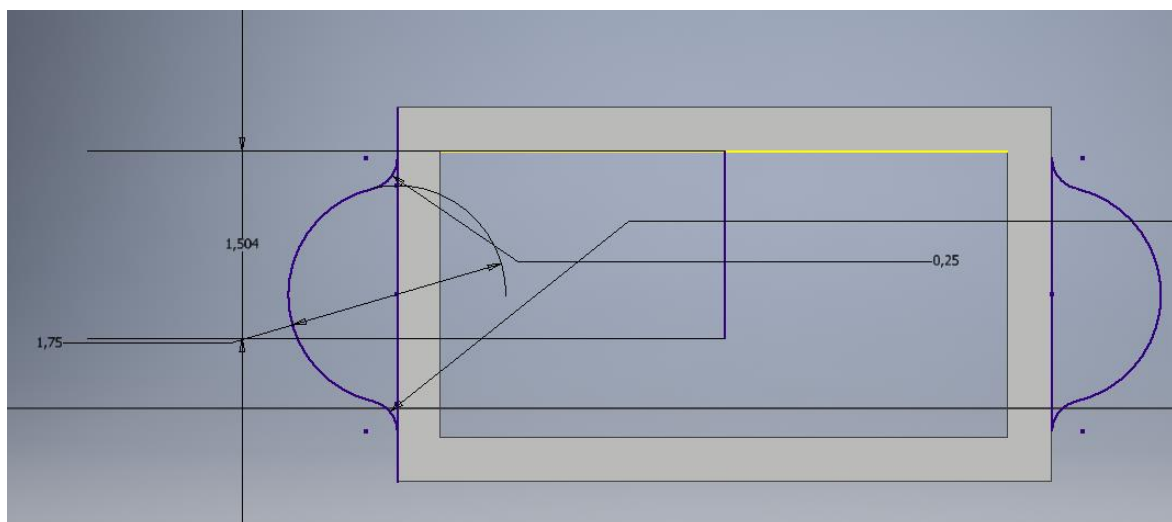


Figura 52: Captura 3 de la creación del soporte frontal del botón

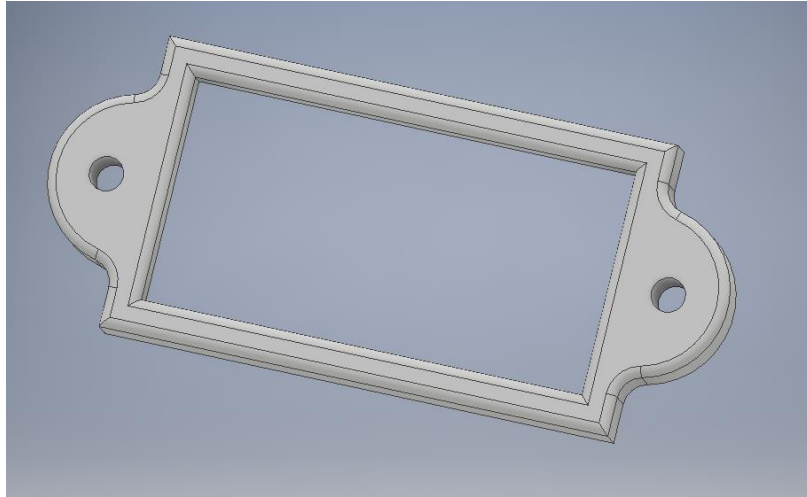


Figura 53: Captura del resultado final de la creación del soporte frontal del botón

3.2.4.3. Soporte Interior:

Para la última parte del conjunto se debía tener en cuenta solo 2 aspectos importantes en su diseño:

1. Debía tener una endidura en la que se pudiera introducir el imán, para que quedara fijado en su interior.
2. Debía mantener un la distancia entre pernos utilizada en el soporte 1, así como tener unas dimensiones que le permitiera entrar en el interior del casco.

Es por ello que se comienza la contrucción creando un soporte que utilizará el menos material posible para albergar tanto el botón como los agujeros de los pernos.

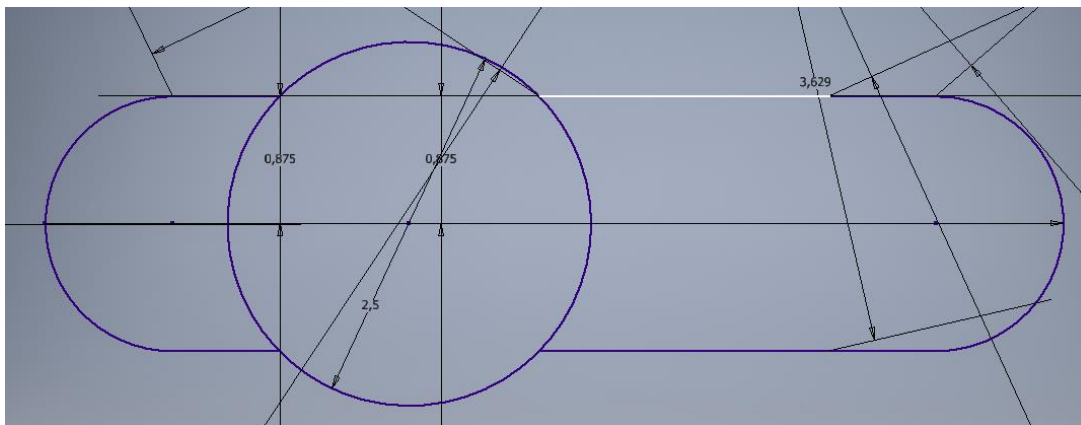


Figura 54: Planos del Soporte Interior del Imán-Botón

Con un espacio de 2.5cm de diámetro para el imán, y una distancia de 6.125cm entre los extremos, se cumplían todas las especificaciones necesarias. Sobre este boceto se realizó una extrusión, sobre la cual posteriormente se realizaron dos agujeros para hacer pasar los pernos, y finalmente se hizo una extrusión de 2.05cm de diámetro, para posteriormente introducir sobre el soporte el imán. El resultado final de la pieza fue el siguiente:

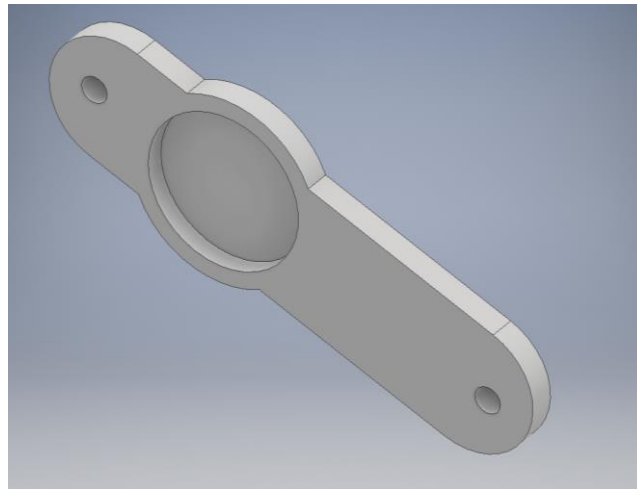


Figura 55: Resultado Final del Soporte Interior del Imán-Botón

Con todas las piezas ya diseñadas, se comprobó su validez realizando un ensamblaje sobre el Casco de Realidad Virtual previamente diseñado:

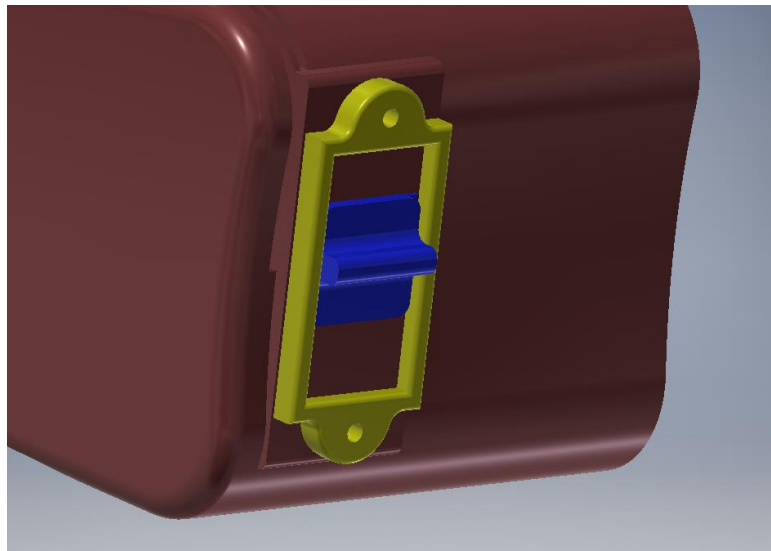


Figura 56: Resultado Final del Conjunto del Botón Interactiva acoplado al Casco de Realidad Virtual

3.2.5. Diseño Equipo Ocular:

El elemento fundamental para poder convertir un simple casco en un visor de realidad virtual no es otro que las dos lentes biconvexas, que son los verdaderos artífices de hacer funcionar todo. Es por ello fundamental crear un soporte para tales lentes, que permita su fijación y unión al casco de realidad virtual.

Esta parte resulta de difícil acceso en la mayoría de cascos de realidad virtual, ya que vienen introducidas dentro del mismo durante su montaje, y solamente las Google CardBoard nos permiten acceder a su creación. En ellas, el sistema consiste en una lámina de cartón que se pliega, une y envuelve las dos lentes facilitadas en el kit.

Además de que sin utilizar cartón este montaje no es probable, desde el primer momento se ha tratado de separarse de la línea de extrema sencillez de este modelo, pero eso no quita que nuestra idea sobre un soporte para las lentes deba alejarse mucho.

Un sistema de dos placas que acabe cubriendo las lentes y las mantenga a una distancia coincidente con la ocular, extraída del escaneo facial, parece en principio una buena idea, que luego puede ir adherida al casco principiapl, sobre el que habría que realizar unos soportes.

Diseño Previo: Investigando un poco en lo poco que se puede visualizar de otros sistemas, y buscando siempre, un producto lo más sencillo posible dentro de unos términos establecidos de calidad se determina que el Soporte de las lentes debe contener hasta 4 piezas:

1. Placa delantera, sobre la cual se pegará el soporte de las lentes y la cual se unirá con otra placa
2. Placa trasera, a la cual se pegará por el otro lado el soporte de las lentes, así como el Enfoque de Visión, y quedará anclado con la placa delantera
3. Soporte de las lentes, en el cual debe ir pegadas las lentes biconvexas y el Enfoque de visión, además de estar cubierta por las dos placas
4. Enfoque de visión, que permitirá al usuario crear un ambiente oscuro que centre su visión al completo en la Realidad Virtual.

Todas estas partes se montarán primero aparte, y posteriormente serán introducidas y pegadas al interior del casco de realidad virtual previamente descrito.

3.2.5.1. Placa Delantera:

Ambas placas deben quedar encajadas de forma correcta en el interior del casco de realidad virtual, es por ello que se comienza con ellas realizando una extrusión de la placa en si, siguiendo las medidas del interior del casco: 15.83x7.63cm

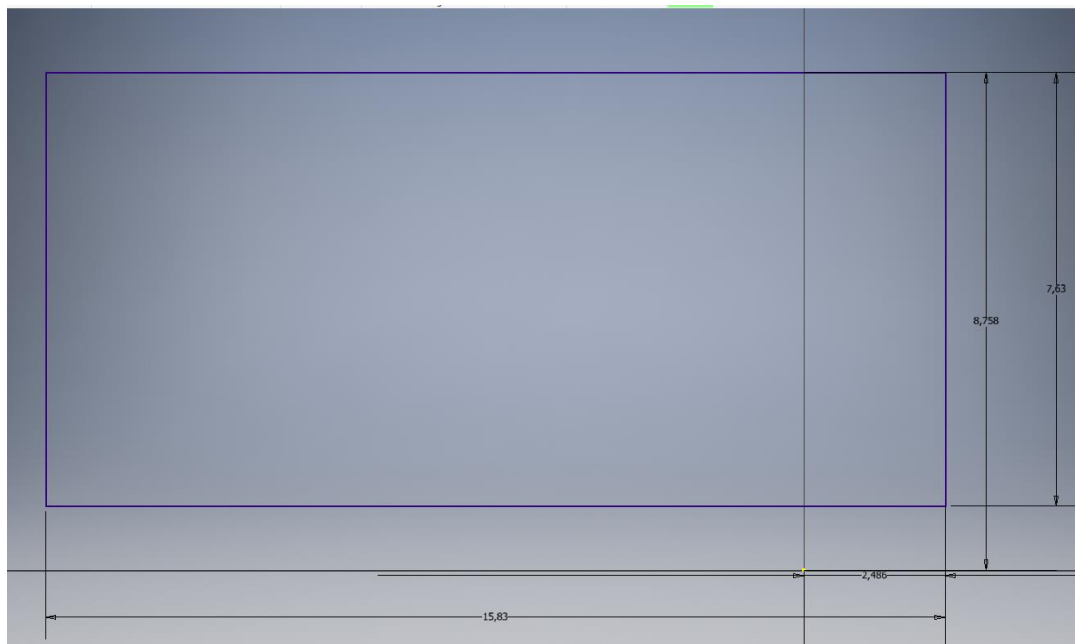


Figura 57: Captura 1 de la creación de la Placa delantera del Soporte Ocular

Posteriormente se necesita extruir los agujeros en los que por un lado se pegará el soporte de las lentes, y por otro la abertura que permitirá a las lentes ver más allá de las placas. Las lentes escogidas tienen un diámetro de 37mm, que son las más utilizadas en los equipos de realidad virutal de las CardBoard, por eso la primera abertura debe tener tal tamaño, y se deja un estrecho desfase hasta 4.5 centímetros para montar en ellas el soporte.

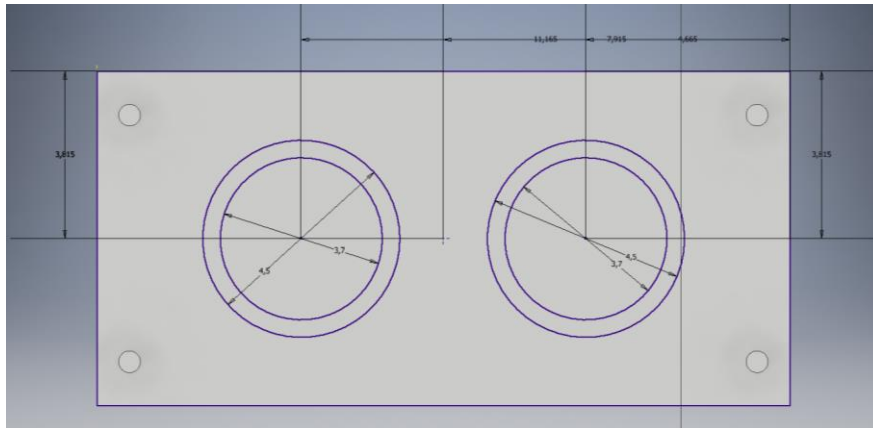


Figura 58 : Captura 2 de la creación de la Placa delantera del Soporte Ocular

Finalmente el casco se completa extruyéndole los 4 pernos que posteriormente se unirán a los 4 agujeros que se extruirán en la otra placa. El diámetro establecido para ellos es de 0.5 centímetros:

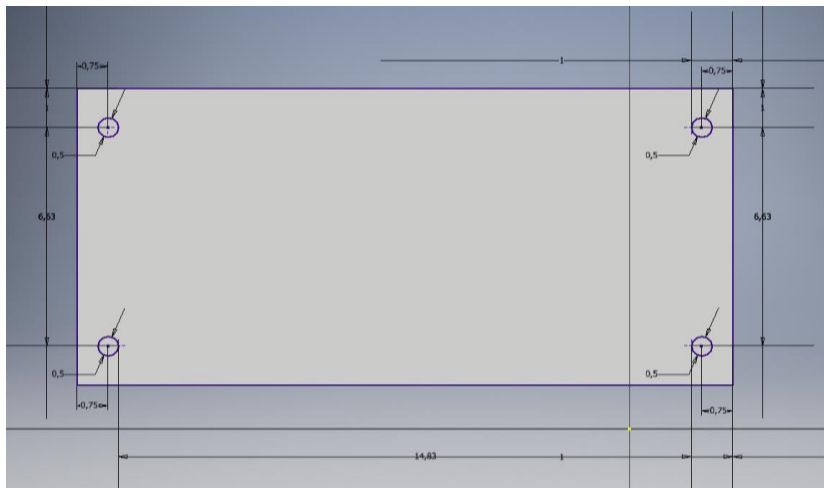


Figura 59: Captura 3 de la creación de la Placa delantera del Soporte Ocular

Con una extrusión para la placa de 0.5cm, otra de la mitad para el soporte de las lentes y hasta 1 cm de extrusión para los clavos, se constituye la Placa delantera de las Lentes:

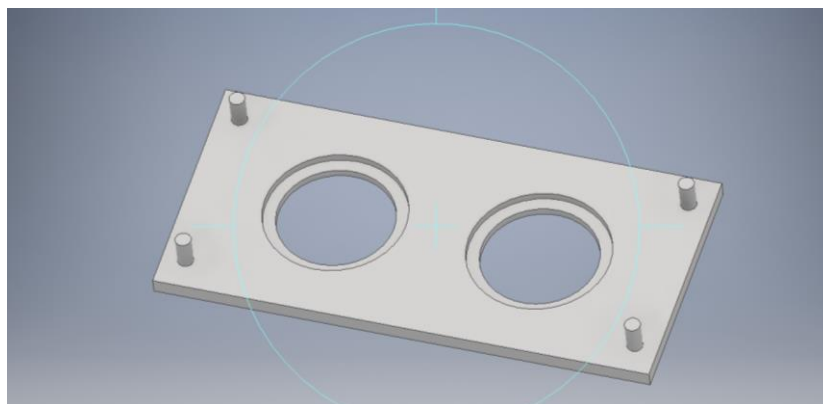


Figura 60:: Captura 3 de la creación de la Placa delantera del Soporte Ocular

3.2.5.2. Placa Trasera:

La realización de la placa trasera tiene un comienzo realmente similar al de la placa anteriormente descrita, siendo dos las únicas diferencias en su construcción. Es por ello, por lo que se reutilizó la anterior construcción y se le añadió la primera diferencia, el menor margen que necesita el Enfoque de Visión para ser montado sobre ella, mediante un desfase de 0.2 cm.

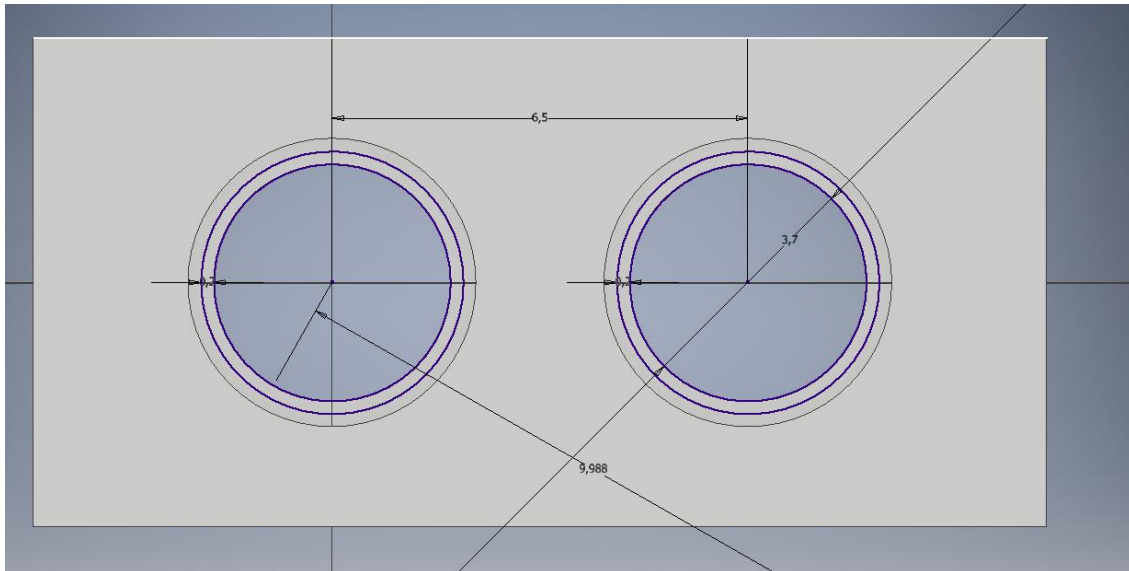


Figura 61: Captura 1 de la creación de la Placa trasera del Soporte Ocular

Por otro lado, se aprovechó la extrusión de los pernos de la Placa delantera, para crear en un plano desfasado 1 cm (el espesor de los pernos), unos soportes huecos salientes que permitan la introducción de los pernos de la otra placa en su interior. Para ellos se utiliza un ligero desfase de 0.1cm, el cual se extruye y se elimina la anterior extrusión de los pernos. Con todo ello, se tiene la segunda placa de la Montura de las lentes lista:

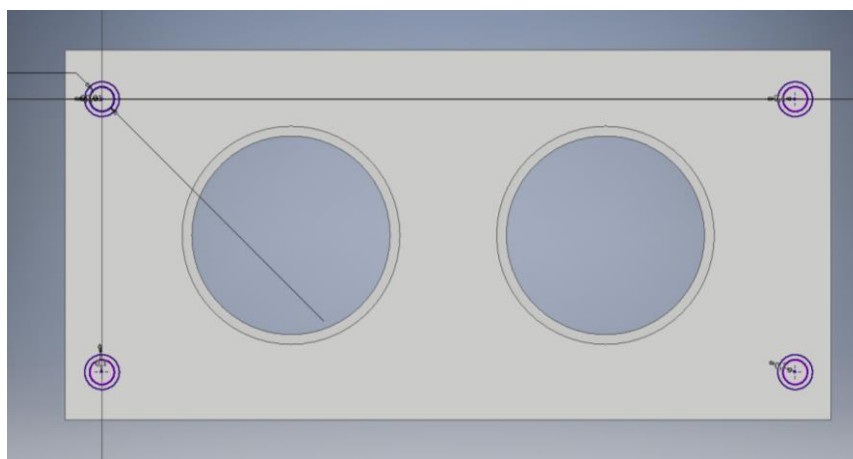


Figura 62: Captura 2 de la creación de la Placa trasera del Soporte Ocular

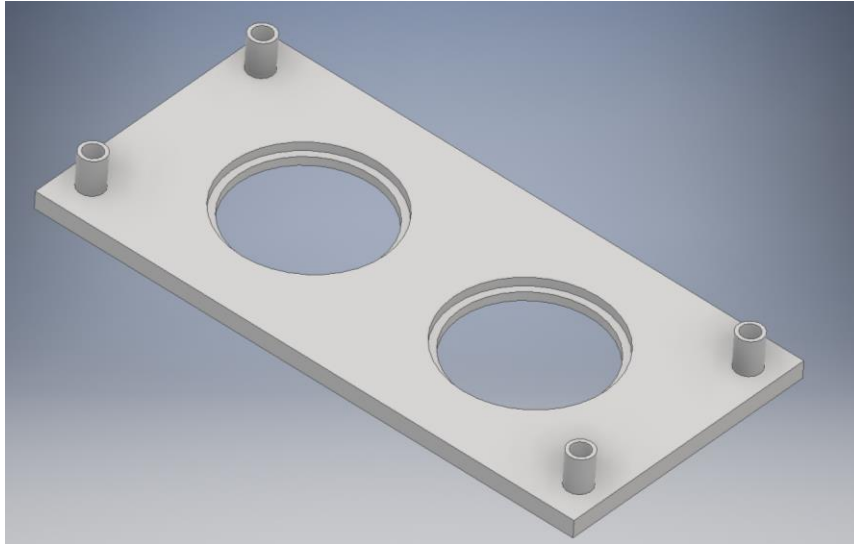


Figura 63: Resultado final de la Placa trasera del Soporte Ocular

3.2.5.3. Soporte de las lentes:

Para proteger las lentes y permitir las conexiones entre placas y el Enfoque de Visión se crea una pieza que sirva de soporte para las lentes. Esta pieza debe consistir en un anillo de 4.5cm de diámetro exterior y un desfase de 0.6cm en su interior para constituir el cuerpo de la pieza. Posteriormente, se debe hacer el acople donde irán encajadas y pegadas las lentes biconvexas de 37mm. Para ello, se resta a la primera extrusión, otra que reduzca en una zona con desfase de 0.25mm respecto el círculo interior, a la mitad del espesor extruido previamente, que era de 1cm.

Finalmente, se amplía el anillo exterior con 0.5 cm más de extrusión, y sobre este añadido se crea un nuevo labio que permita posteriormente montar sobre él el Enfoque de Visión. Para ello se dibuja una circunferencia de 4.095cm desde el centro utilizado para todo, extrayéndose 0.3cm para obtener nuestra pieza de forma definitiva:

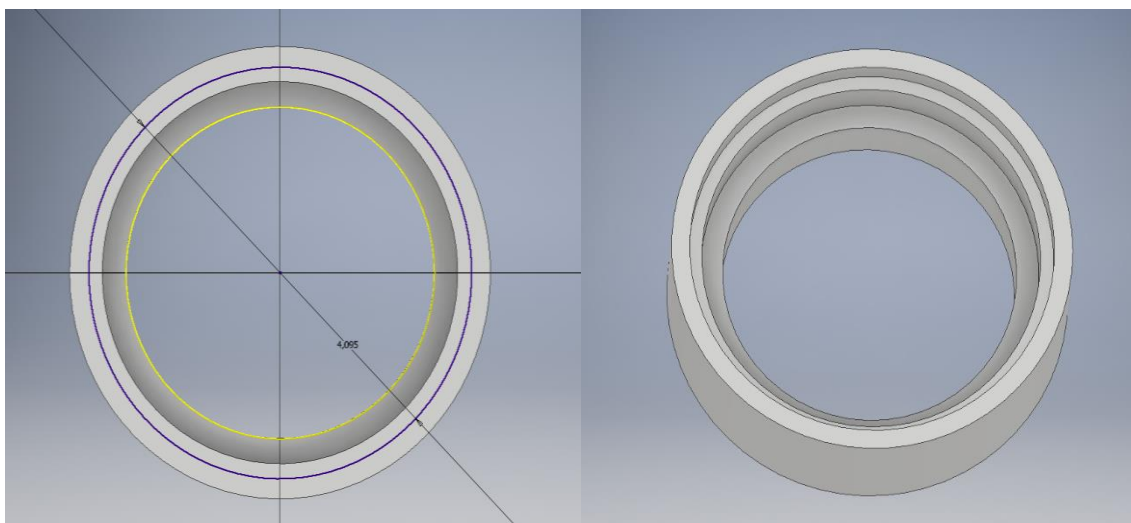


Figura 64: Planos y resultado final del Soporte de las Lentes

3.2.5.4. Enfoque de Visión:

Una de las claves de la realidad virtual, es que el usuario debe quedar totalmente al margen de lo que ocurre al exterior, y por ello cobra tanta importancia un casco que permita aislarse por completo de todo lo demás. Pero esto en sí mismo no es suficiente, ya que si a nuestros ojos sigue llegando un atisbo de luz del exterior o cualquier color que no sea de la misma pantalla del ordenador, la capacidad del cerebro en centrarse en la realidad virtual se pierde.

Es por eso mismo, que cobra mucha importancia un elemento que permita introducir los ojos con comodidad y definitivamente aislarlo del resto de cosas que no sea la imagen creada por las gafas. Este elemento recibe diferentes nombres en función de los diferentes equipos, y en el nuestro se ha decidido llamarse Enfoque de Visión.

Diseño: El enfoque de visión no es más que un elemento similar a una prismáticos, y que con su forma de cilindro anillado cuenta con una parte más fina, que debe ir adherida a Soporte de las lentes, y otro anillo más amplio en el otro extremo que servirá para el apoyo de los ojos del usuario sobre él.

Para su creación tan sólo hizo falta dos operaciones:

1. La primera de ellas fue una extrusión de un anillo de Diámetro más grande de 5.4cm y diámetro más pequeño de 3.8cm, dejando un anillo de 0.8cm para el apoyo de los ojos.
2. Respetando las medidas que se habían dejado antes con una circunferencia de 4.095cm para su apoyo, se crea el resto del Enfoque con una extrusión sobre el anillo creado inicialmente, de 3cm.

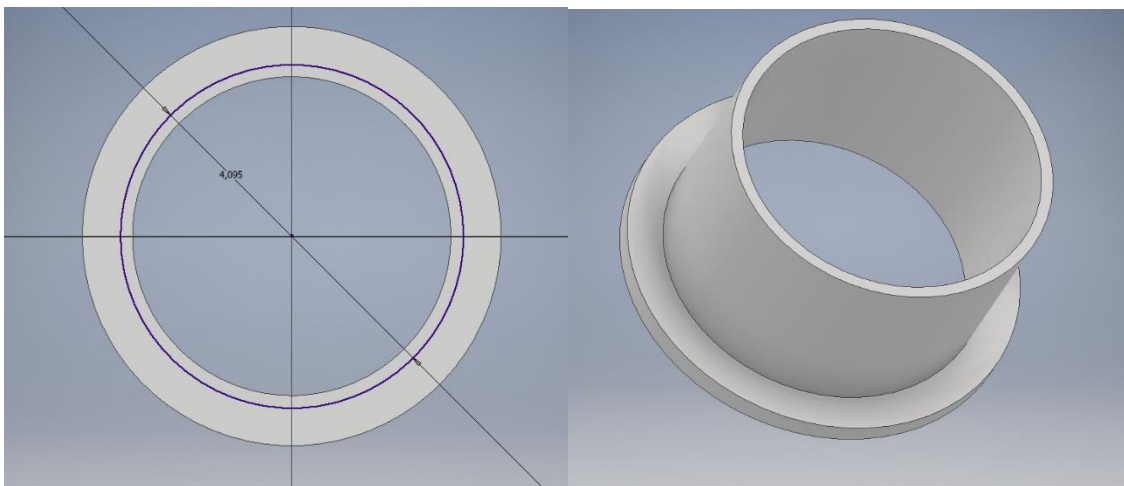


Figura 65: Planos y resultado final Enfoque de Visión

Con todas las piezas ya creadas finalmente, se pueden realizar pruebas de su acople y valía realizando un Ensamblaje de todo el equipo de las lentes construido. El resultado de este ensamblaje fue el siguiente:

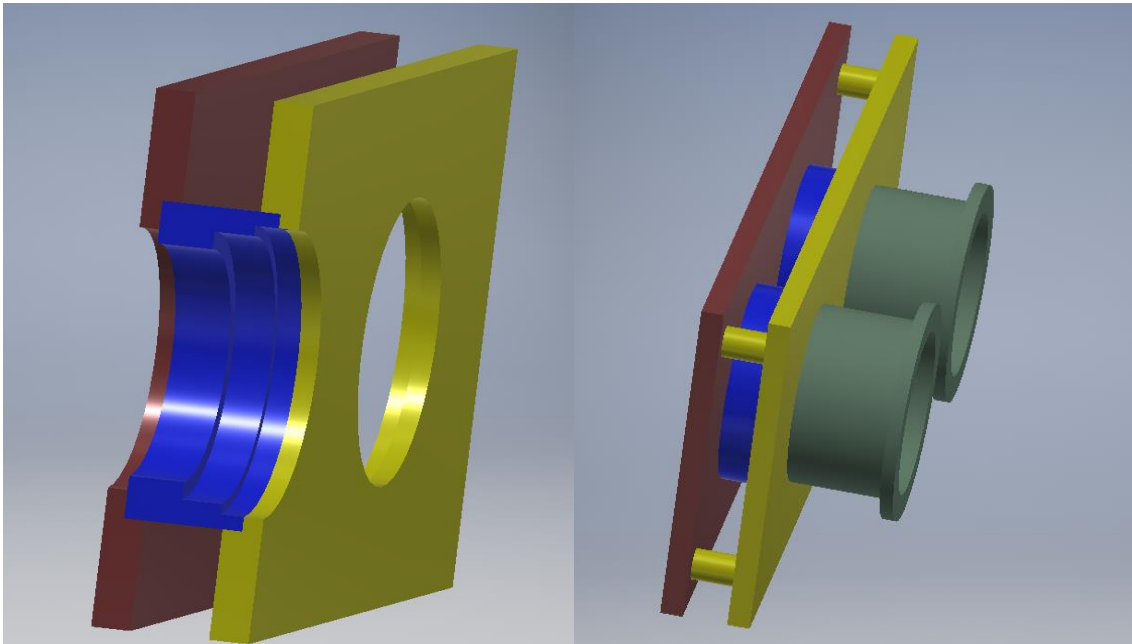


Figura 66: Resultado Final del Equipo Ocular de las Gafas de Realidad Virtual

3.2.5.5. Apoyo del Equipo Ocular:

Para finalizar la construcción del equipo, quedaba pendiente la construcción de unos soportes que permitieran la unión del Equipo Ocular previamente construido y montado al completo, y el Casco de Realidad Virtual ya diseñado.

Para ello se crean 3 extrusiones dentro del casco de Realidad virtual de 0.4cm de anchura y 0.5cm de profundidad, que sobresalen en la parte donde debería ir montado posteriormente el equipo ocular. Para finalizar el apoyo, se crea un tabique desde el saliente superior hasta la zona de introducción del móvil de 0.3cm de ancho, para facilitar la separación focal y añadir más zona de adhesión. Estos salientes permitirán posteriormente el acople sobre ellos del equipo y su adhesión:

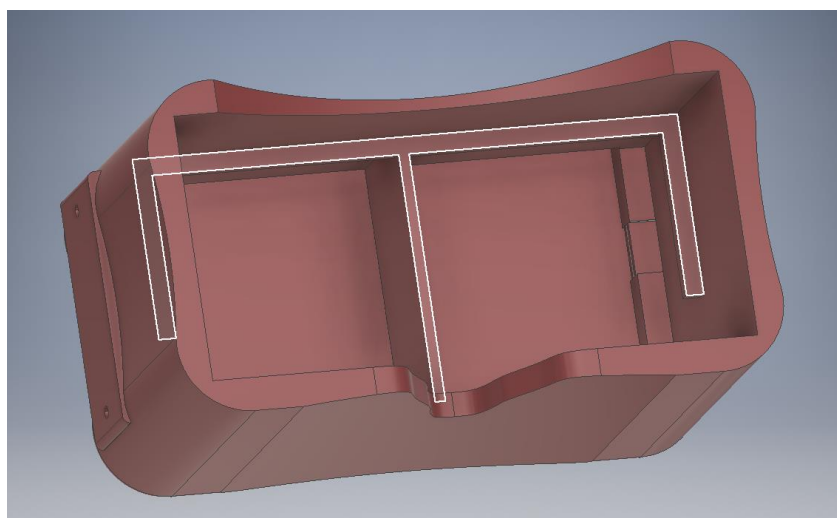


Figura 67: Resultado Final Apoyo del Equipo Ocular

Finalmente se realizar un ensamblaje completo entre el Casco de Realidad Virtual, el Botón de Interacción y el Equipo Ocular, que nos permite ver cómo quedaría nuestro equipo de Realidad Virtual montado al completo:

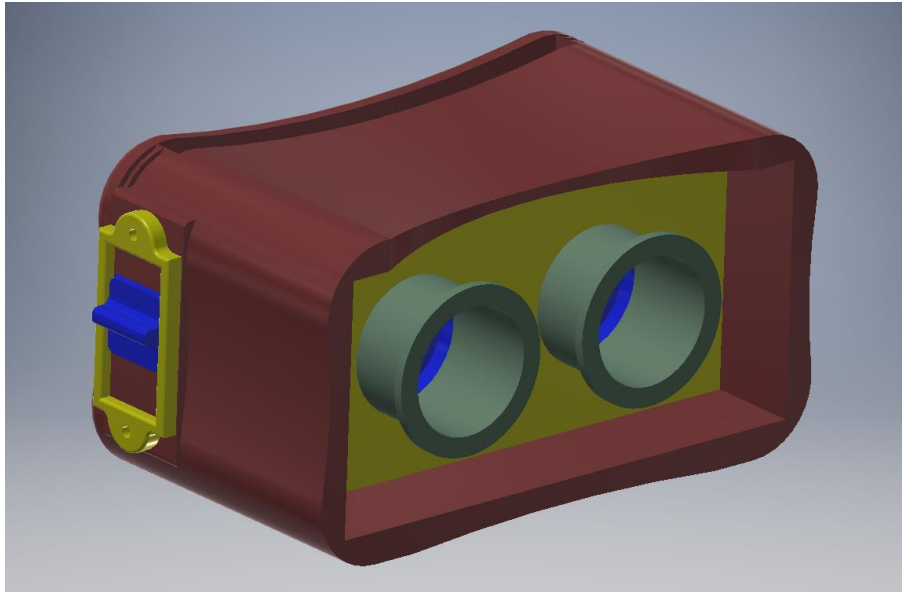


Figura 68: Resultado Final del Ensamblaje del Casco VR, el equipo ocular y el equipo del botón interactivo

3.2.6. Diseño de un Anclaje para la Cinta de Fijación:

Adaptado el casco a nuestra cabeza, la última tarea de diseño que nos queda pendiente es realizar la fijación del casco a la cabeza del usuario, para lo cual será necesario hacer una adaptación para poder colocar una cinta con velcro, que permita apretar y fijar el casco.

Dado el peso de nuestro casco, y a pesar de nuestros esfuerzos en centrar con la columna vertebral el centro de gravedad, será necesario tener una cinta que envuelva nuestro cráneo de oreja a oreja, y además una cinta adicional que aporte apoyo por encima del cráneo, para así descargar el peso en las orejas.

Para ello se realiza primero una extrusión en la cara superior del modelo, ya que, si se hiciera sobre el contorno, la cinta molestaría en algo que tanto se ha trabajado, como es la adaptación del propio contorno a nuestra cara. Se crea por tanto una plataforma, sobre la cual se extruye la ranura donde irá cogida la cinta:

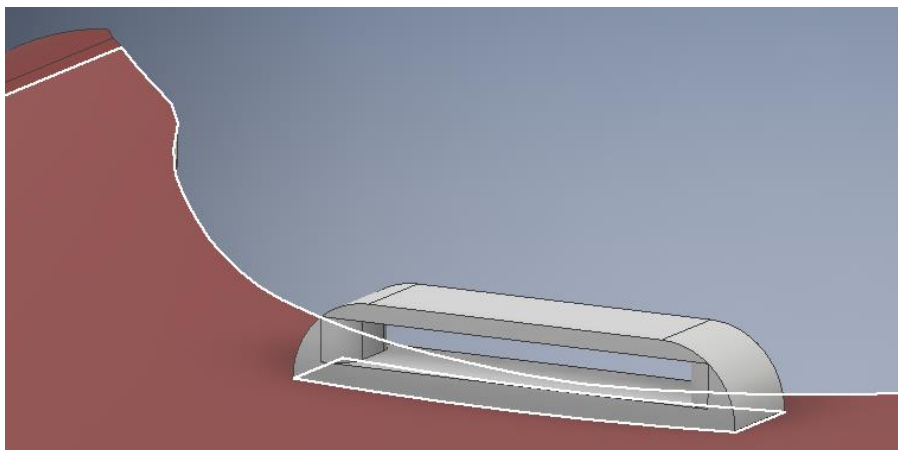


Figura 69: Resultado Final Gancho de Anclaje Superior

Para la fijación de la cinta que irá de oreja a oreja, la tarea es mucho más sencilla, ya que nos vale con realizar dos pequeñas aberturas en el casco, en partes que no iban a estar en contacto con nuestra cara, y usarlas como anclaje:

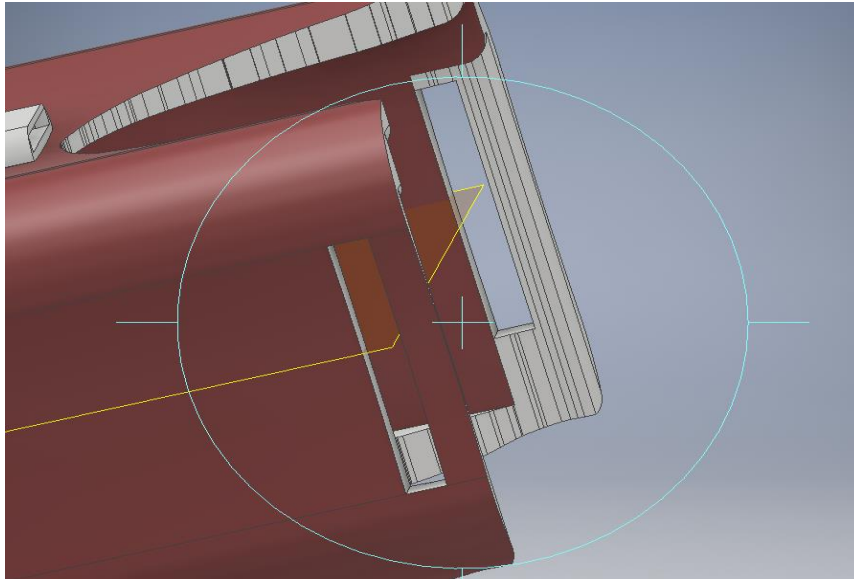


Figura 70: Resultado Final Ganchos de Anclaje Laterales

3.2.7. Adaptación de la Forma de la Cara al Casco:

El último paso para finalizar definitivamente con el diseño de nuestro casco de realidad virtual y pasar a la Impresión 3D de este y la posterior solución de problemas que pudieran surgir en él, consiste en la fundamental parte de fusión entre el 1er proceso de Escaneado 3D y el diseño del casco.

Tras muchas pruebas se consiguió por fin un escaneado cuya información ha servido de mucho, aportando dimensiones que se han utilizado a la hora de diseñar el casco, y ahora hace falta aplicar a los contornos exteriores del casco la forma extraída de la cara.

En este proceso hay dos zonas fundamentales que se deben analizar, y son las siguientes:

1. La zona de la frente, cuya curvatura debe ser correctamente escaneada y extruida en el contorno superior del casco.
2. La zona de la nariz y los pómulos, sobre la cual se apoya la mayor parte del peso (además de en las orejas debido a las cintas) y que habitualmente suele ser la zona más incómoda de cualquier otro producto.

Para poder acoplarlo lo ideal hubiera sido hacer un ensamblaje del modelo de cabeza 3D, y una posterior Resta/Diferencia entre ambos cuerpos, que dejara inscrito en las gafas de realidad virtual la forma obtenida. Al no permitir Inventor la importación directa de cuerpos provenientes de Remake en ninguno de los formatos, como si de otros objetos de Inventor se tratasen, se tuvo que buscar alternativas para poder aplicar los resultados del primer análisis.

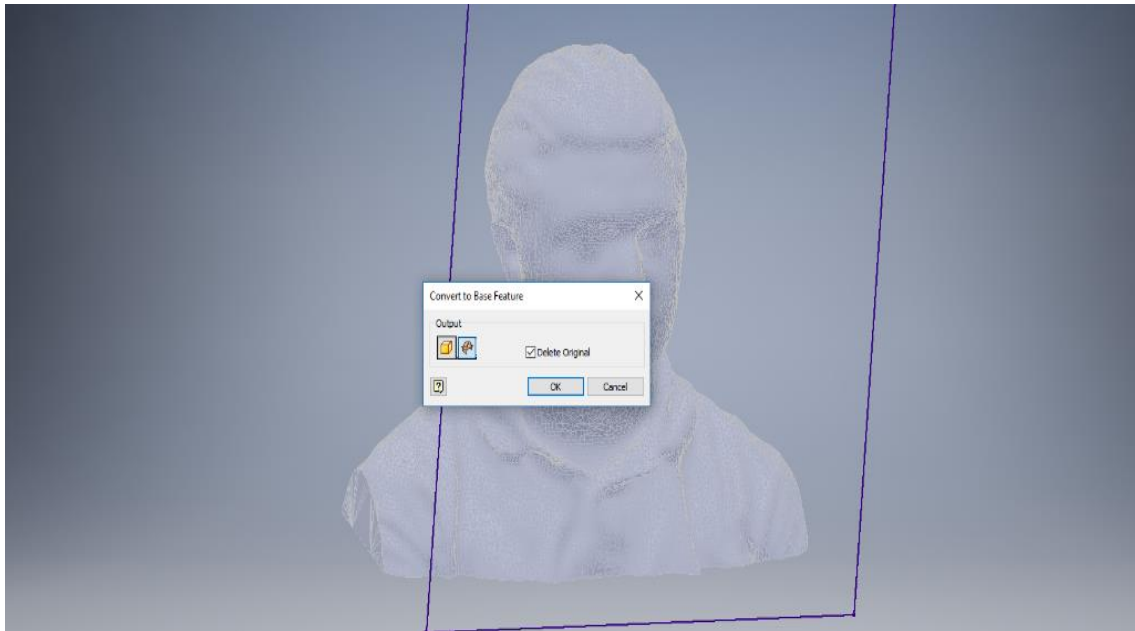


Figura 71: Captura de la Importación del Escaneado Facial a Autodesk Inventor

La clave para poder trabajar con objetos y formas escaneadas en Inventor consiste en instalar el Plugin Mesh Enabler, que permite convertir las mallas en un sólido con el que se puede trabajar directamente desde el programada de diseño. Instalándolo y activándolo, es muy sencillo convertir el trabajo importado de Remake, en un cuerpo útil.

Una vez con la cabeza convertida en un sólido, el siguiente paso es simular la posición que tendrían las gafas respecto la cara del usuario. La alineación de la nariz con el eje transversal de las gafas, y la altura de los ojos con la posición de las lentes, son los principales requisitos que hay que cumplir para un correcto posicionado de las gafas.

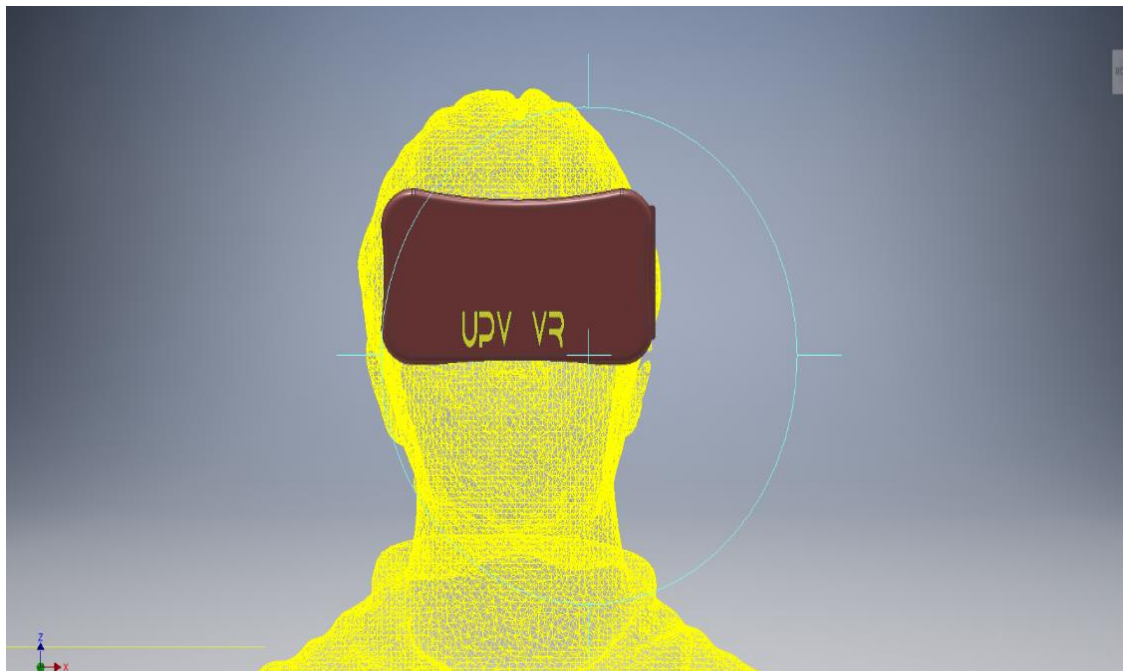


Figura 72: Captura tras conversión de malla en sólido con Mesh Enabler y posterior centrado de las Gafas a la cara.

Establecida ya la posición en las que se usarán las gafas respecto nuestra cabeza, se crean dos planos nuevos sobre las superficies en las que hay que aplicar la adaptación de contornos. Estas serán las caras interiores, tanto superiores como inferiores, de la parte trasera del casco, que será donde la cara del usuario se apoye directamente.

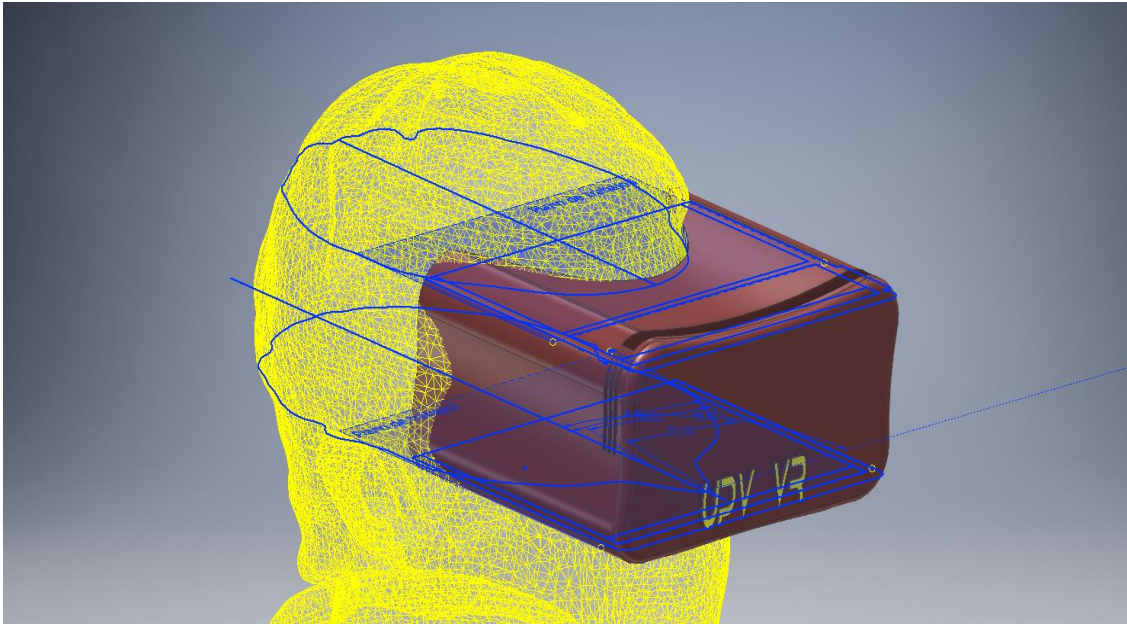


Figura 73: Captura del corte producido en los planos superiores e inferior del casco con el cráneo escaneado

Una vez creado los planos, sobre ellos se crearán dos bocetos con la herramienta Proyectar Aristas de Corte, que dibuja los contornos por los que los planos intersecan con las Gafas. Esos mismos contornos dibujados a partir de la intersección de un plano con la cabeza, serán los que se usen como boceto para extruir en negativo (operación equivalente a resta o diferencia) sobre las gafas, esculpiendo directamente en ellas nuestros rasgos, y creando de esta forma la adaptación ergonómica que se buscaban.

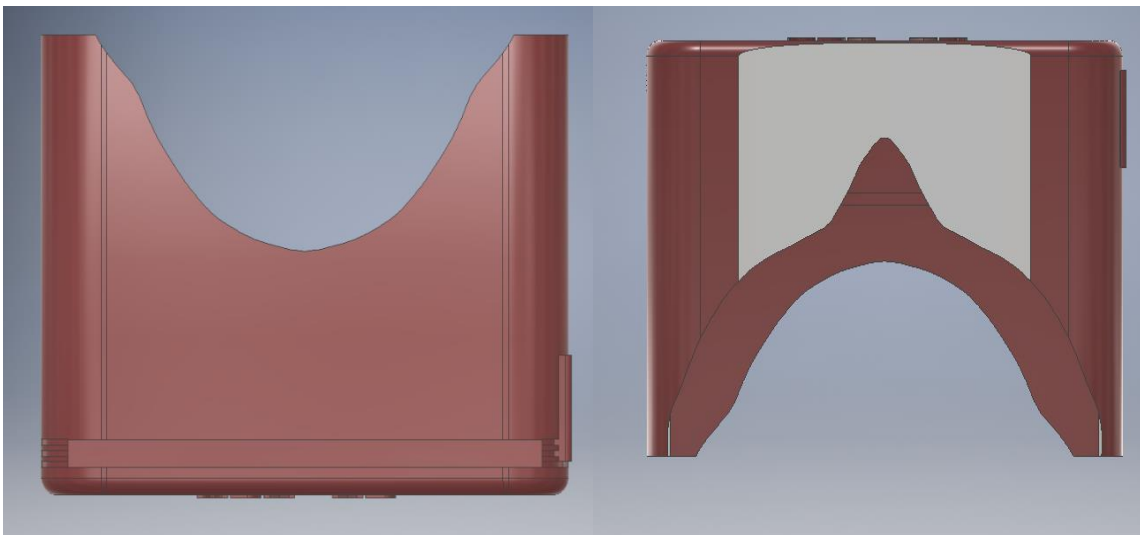


Figura 74: Resultado Final del Casco de Realidad Virtual tras esculpir los rasgos faciales obtenidos en el escaneado.

3.2.8. Adaptación de los Contornos para mayor Comodidad

Esculpidos los rasgos faciales sobre el casco de realidad virtual, lo último que se debe hacer para maximizar la comodidad de este es adaptar los contornos para un apoyo más natural. El diseño de partida nos deja unas aristas afiladas que podrían resultar incómodas en el apoyo sobre nuestra cara, por ello lo mejor es realizar un limado en ellas, para un acople mucho más confortable.

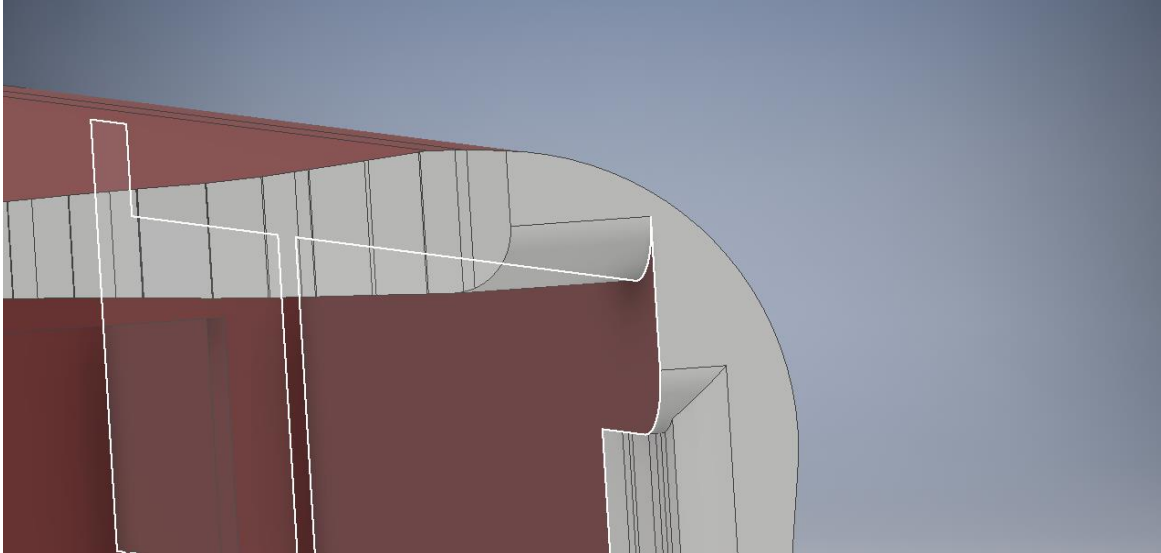


Figura 75: Captura 1 de la Adaptación de los Contornos del Casco de Realidad Virtual

Para ello se utiliza la herramienta de Redondeo en Inventor, con un radio de 4mm, lo cual nos permite así mejorar todas las esquinas que están en contacto con nuestra cara, creando perfiles mucho más cómodos.

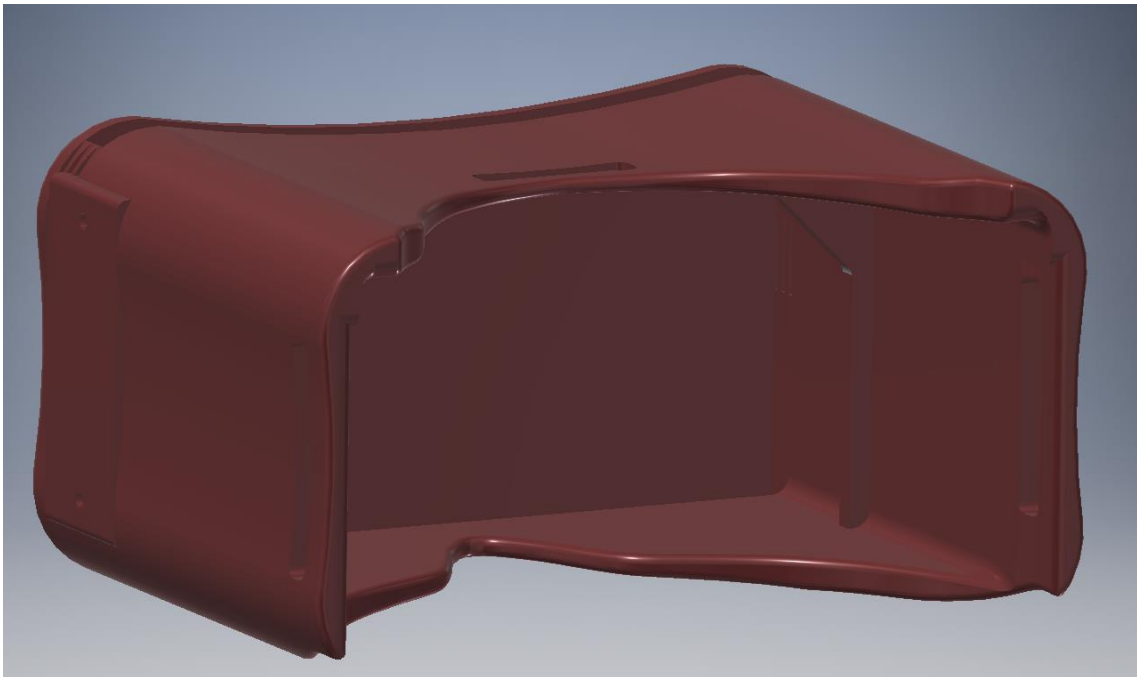


Figura 76: Resultado Final de la Adaptación de los Contornos del Casco de Realidad Virtual

3.3. Fase 3: Impresión 3D de las Gafas de Realidad Virtual:

Una vez completado el diseño del casco de realidad virtual, el próximo paso en la hoja de ruta marcada desde el principio, es proceder a la impresión con tecnologías de impresión 3D del mismo. Para ello se dispone de la colaboración del equipo técnico de la universidad que domina a la perfección las máquinas de la escuela, así como los puntos de nuestro diseño que pueden dar problemas a la hora de proceder a la propia impresión.

Partiendo siempre de lo general a lo específico, toca hablar un poco de las tecnologías que vamos a utilizar antes de profundizar en su aplicación. Las tecnologías de Impresión 3D son definidas de la siguiente manera (https://es.wikipedia.org/wiki/Impresi%C3%B3n_3D):

“La impresión 3D es un grupo de tecnologías de fabricación por adición donde un objeto tridimensional es creado mediante la superposición de capas sucesivas de material. Las impresoras 3D son por lo general más rápidas, más baratas y más fáciles de usar que otras tecnologías de fabricación por adición, aunque como cualquier proceso industrial, estarán sometidas a un compromiso entre su precio de adquisición y la tolerancia en las medidas de los objetos producidos.

[...]El aditivo de fabricación se lleva a planos virtuales de diseño asistido por ordenador (CAD) o el software de modelado y animación, se encuentran en secciones digitales para la máquina para utilizar sucesivamente como una guía para la impresión. Dependiendo de la máquina que se utiliza, el material o un material de unión se deposita sobre el lecho de construcción o de la plataforma hasta que el material de estratificación / aglutinante es completa y el modelo 3D final ha sido "impreso". Una interfaz estándar de datos entre el software CAD y de las máquinas es el formato de archivo STL (STL (siglas provenientes del inglés "Stereo Lithography")) es un formato de archivo informático de diseño asistido por computadora (CAD) que define geometría de objetos 3D, excluyendo información como color, texturas o propiedades físicas que sí incluyen otros formatos CAD).

Un gran número de tecnologías en competencia están disponibles para la impresión 3D;9 sus principales diferencias se encuentran en la forma en la que las diferentes capas son usadas para crear piezas. Algunos métodos usan fundido o ablandando el material para producir las capas, por ejemplo, sinterizado de láser selectivo (SLS) y modelado por deposición fundida (FDM), mientras que otros depositan materiales líquidos que son solidificados con diferentes tecnologías”

Considerando las instalaciones disponibles en la escuela, el proyecto va a ser llevado a cabo mediante impresoras que funcionan por Deposición fundida, por lo que son varios los factores que pueden afectar la impresión. Partes del casco sin apoyos, zonas anguladas con 90º y salientes de más de 1cm son aspectos que podrían sufrir en el proceso, por eso se decide pedir consejo al equipo técnico de la escuela, que tras examinar el proyecto determina que es necesario realizar las siguientes modificaciones:

- A. Realizar una separación del gancho superior en una pieza independiente, que posteriormente se adhiera al casco.
- b. Realizar tolerancias en las piezas con 0.25mm de margen, necesario en las consideraciones finales, dada la dilatación que siempre experimenta el material al enfriarse.

- c. Reducir la distancia saliente de la extrusión lateral que sirve de soporte al equipo del botón, ya que supera el máximo permitido.
- d. Separar las personalizaciones, tanto las gafas extruidas como las letras, en placas independientes, para posteriormente encajarlas en un hueco creado del mismo espesor de la placa.

Además, el equipo técnico nos explica la situación y el producto que debemos comprar para realizar la impresión, que se trata de un carrete de 18 metros de PLA, uno de los materiales más usados en la impresión 3D, de un espesor de 1,75mm, que podemos encontrar en la tienda Solelectroshop.

3.3.1. Separación del Gancho Superior:

Para poder separar el gancho inicialmente extruido sobre el propio casco, en una pieza independiente fueron necesarias dos operaciones. En primer lugar, había que crear el mismo gancho previamente creado, pero como una pieza separada y considerando una plataforma extra en la parte inferior que sería la que introduciría en el casco. En total, se consideran 2,5mm extra de plataforma, para poder realizar luego el encaje, quedando la pieza de la siguiente manera:

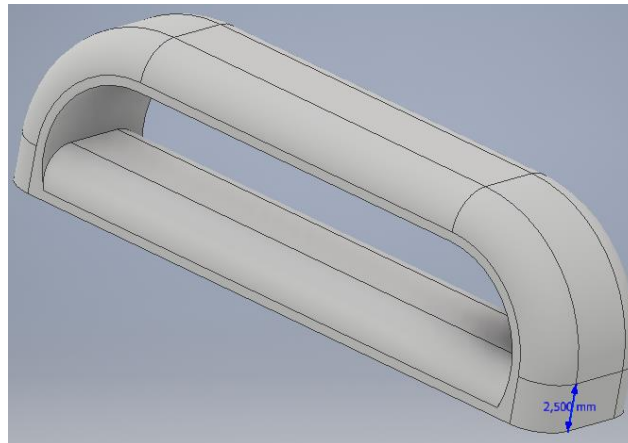


Figura 77: Resultado final de la Separación del Gancho Superior

Para finalizar el ajuste, era necesario crear la misma plataforma, pero a la inversa, dentro del casco de realidad virtual, teniendo en cuenta las tolerancias de 0.25mm que nos habían sugerido, para tener un buen ajuste en todas las piezas tras la dilatación de los materiales.

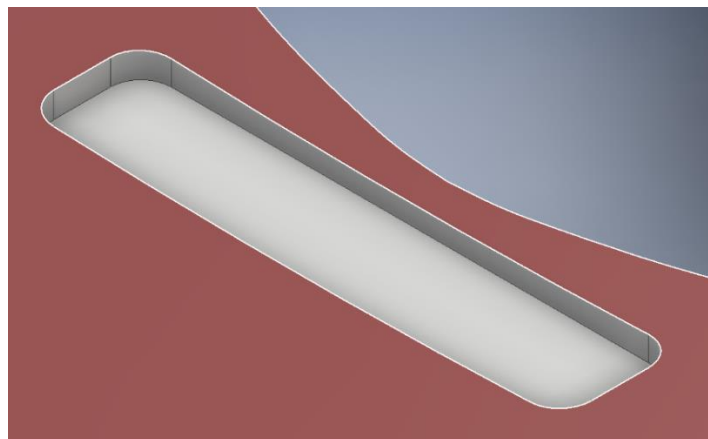


Figura 78: Resultado Final de la Creación del Hueco necesario para la Adhesión del Gancho Superior

3.3.2. Separación de Personalizaciones en Placas Independientes:

De forma similar al proceso anterior, se procedió a separar las personalizaciones creadas en la cara frontal por medio de extrusiones sobre el propio casco, en placas independientes que posteriormente encajaran en las gafas, haciendo así más fácil la impresión en vertical de los salientes. Para ello, repetimos la creación de plataformas de 2.5mm tanto para el dibujo de las gafas de Harry Potter, como primera placa independiente; y luego para las letras del nombre del producto, como segunda placa independiente. A su vez, se crearon los respectivos huecos en el casco, para el posterior encaje, respetando las tolerancias establecidas en 0.25mm.

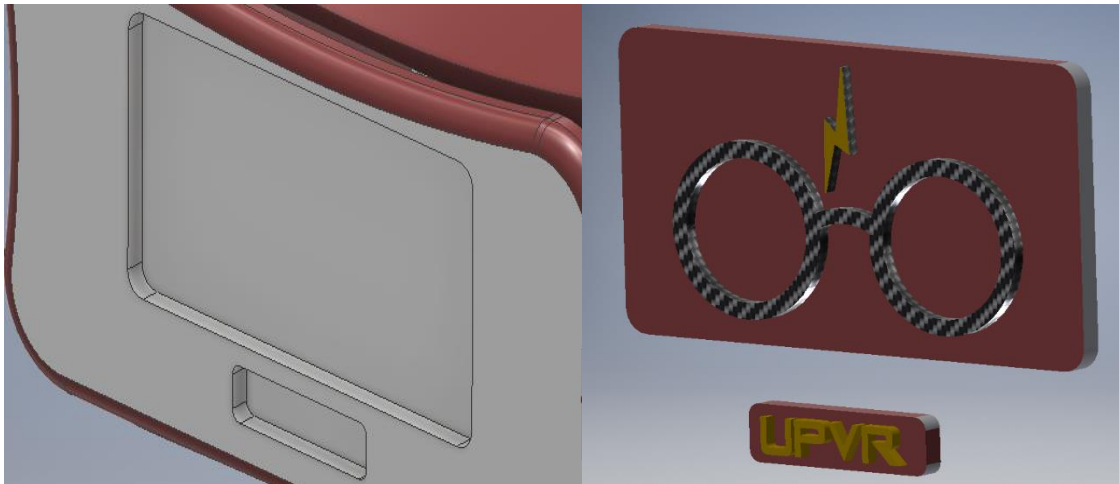


Figura 79: Resultado Final de la Separación de Personalizaciones en Placas Independientes.

3.3.3. Resultado Final del Diseño del Producto

Tras un largo proceso, todas las piezas quedan ajustadas y creadas cumpliendo los requisitos establecidos durante la fase previa al diseño. El resultado final, tras las modificaciones realizadas, tras la asesoría de los técnicos es el siguiente:

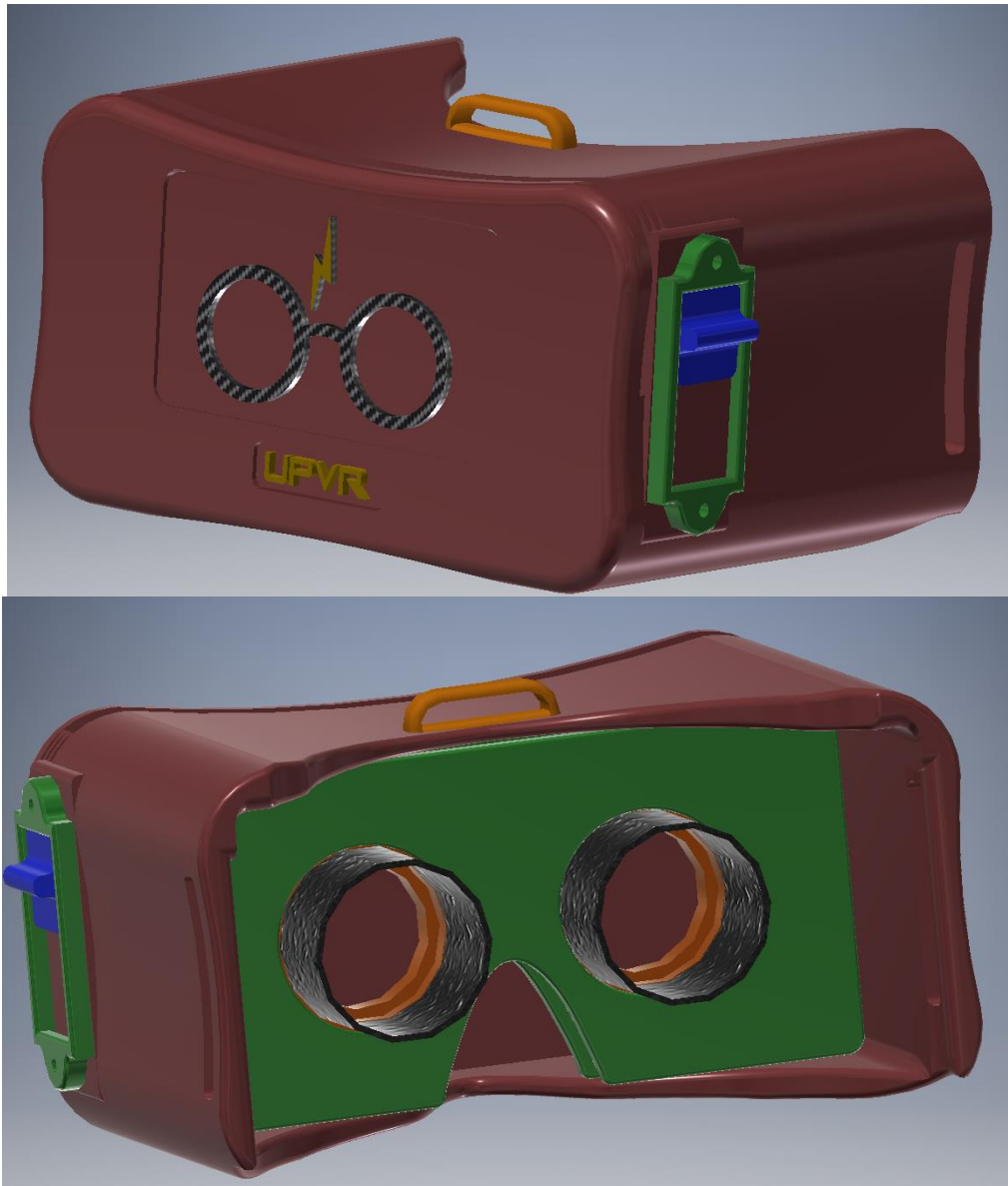


Figura 80: Resultado Definitivo del Ensamblaje Completo del Proyecto tras todas las modificaciones

3.3.4. Proceso de Impresión 3D

Una vez ajustadas las piezas y el conjunto al completo según las indicaciones de los técnicos de Impresión de la Escuela, comienza el proceso de Impresión 3D de las diferentes partes de nuestras Gafas de Realidad Virtual, también con la colaboración del equipo especializado que nos pone a disposición el tutor.

Para poder imprimir una pieza en 3D siempre es necesario exportar los archivos de Inventor a formato STL, algo que se realiza de forma muy simple a través del programa de Autodesk, que pone a disposición de los usuarios esta opción desde el Menú Administrar con el comando Impresión 3D. Una vez exportadas todas las piezas del conjunto en el formato requerido, es necesario abrir estos con el programa Slic3r, que permite convertir la malla exportada en una serie de G-Codes, que serán los que la impresora interprete a lo hora de ir creando capa a capa de la impresión.

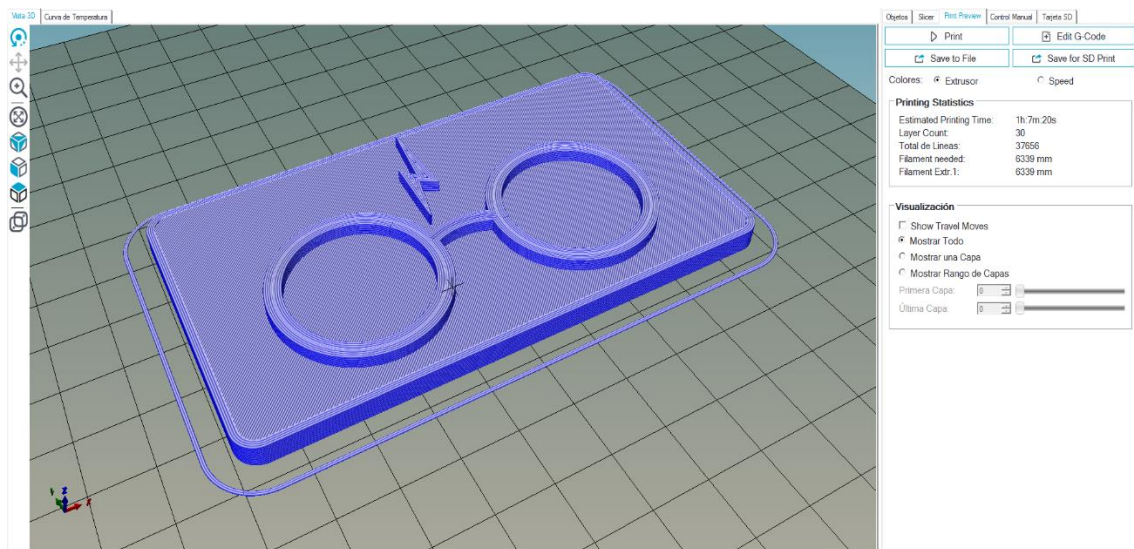


Figura 81: Captura de Slic3r procesando la Placa de Personalización 1 y calculando el material y tiempo necesario

La impresión de nuestro proyecto comienza con la pieza de mayor volumen y dificultad, como es el Casco de Realidad Virtual, el cual servirá de base inamovible y a la cual se deberán adaptar el resto de las piezas en caso de haber errores, y de esta forma se ahorraría más del 80% del material en caso de tener que repetir alguna pieza.

Para poder proceder a la impresión se crea a partir de Slic3r los diferentes apoyos que necesita el casco para crecer de abajo a arriba sin sufrir problemas durante la impresión, y que posteriormente deben ser retirados. Una vez programada la impresión del casco, el programa estima que serán necesarios 100 metros del hilo de 1,75mm de diámetro de PLA que se ha comprado para realizarla, calculando en 23 horas y 27 minutos el tiempo necesario para realizar el proceso.

La impresión, como siempre se hace con estas técnicas, comienza con la creación de una base que sirve posteriormente de soporte para todo el conjunto, y que una vez impresa correctamente y adherida al cristal, hace que el resto del proyecto sea mucho más fácil, al imprimir sobre material. El proceso de impresión del Casco de Realidad Virtual transcurre según los plazos previstos y es finalizado con éxito:

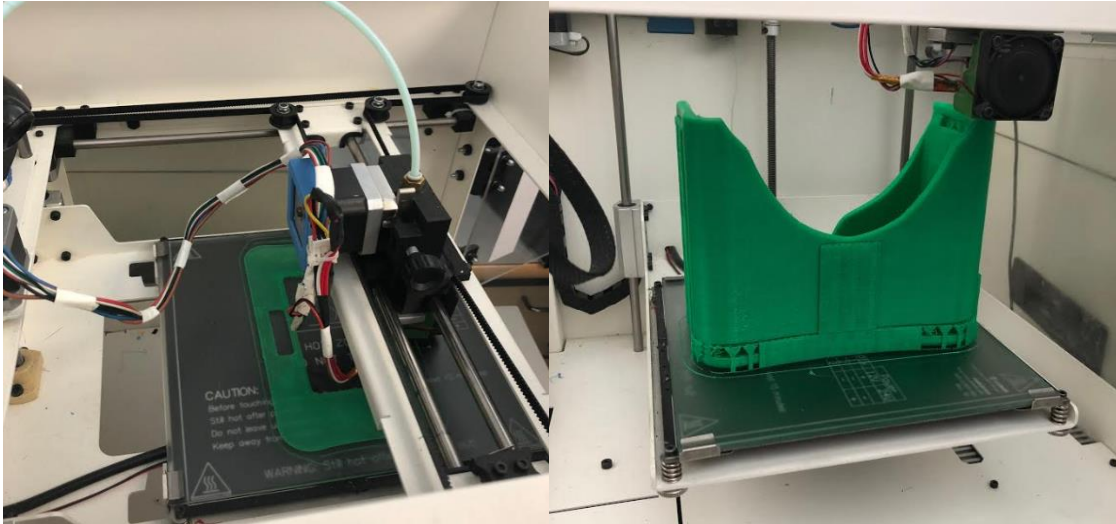


Figura 82: Capturas del Proceso de Impresión 3d del Casco de Realidad Virtual

El proceso de impresión continuó con la fabricación de las dos placas de las lentes, para así poder dar por finalizadas las 3 piezas de mayor necesidad de material, y que más exigencias de ajustes tienen con el resto de las piezas auxiliares y complementarias. Tras repetir el proceso requerido para transferir el diseño realizado con Autodesk Inventor a un formato útil para la impresora, Slic3r calcula que serán necesarias 2 horas para imprimir cada 1 de las placas de soporte para las lentes, 55 minutos para cada pieza de enfoque y 40 minutos para los apoyos de las lentes. El resultado de la impresión y montaje no es exacto de entrada, pero tras una pequeña limadura el encaje es perfecto y todo funciona a la perfección.

Posteriormente avanzamos a imprimir el equipo del botón, para lo cual Slic3r estima que será necesarios 15 minutos para cada una de las placas de soporte del imán y el metal, y 20 minutos para crear el botón en sí. La impresión transcurre en el tiempo previsto, y aunque al ser las piezas más sensibles por su tamaño y necesidad de precisión, hace que sea una necesario un pequeño limado, su montaje y encaje final es exacto.

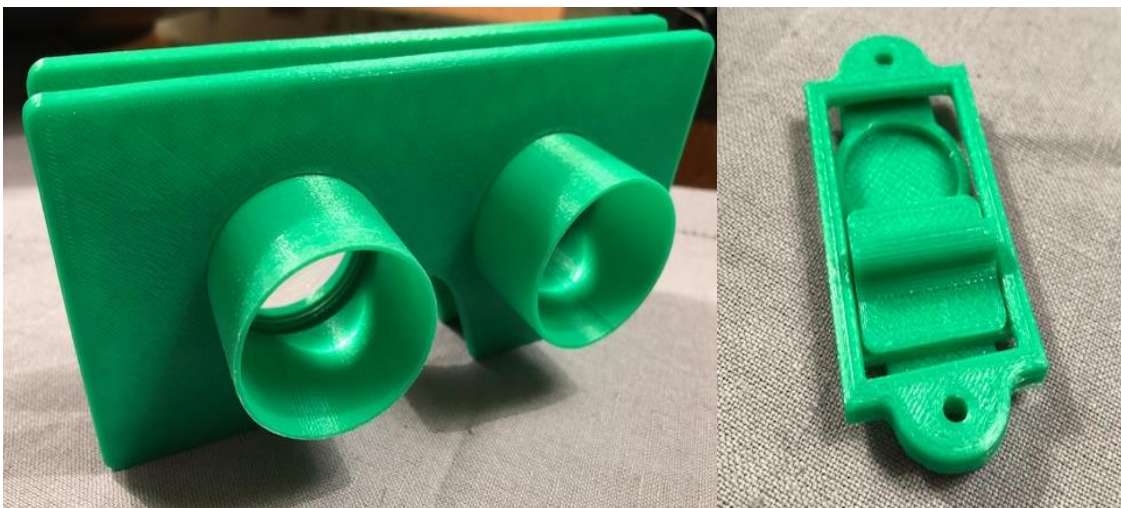


Figura 83 y 84: Captura del resultado de la impresión del Equipo Ocular y el Equipo del Botón tras su montaje

Finalmente realizamos el montaje de todas las piezas juntas, y comprobamos varias necesidades del ensamblaje. La primera de ellas es que los agujeros de la plataforma de las gafas cuadra con los del equipo del botón, siendo un éxito la posición relativa de todos. En segundo lugar, finalizamos el montaje introduciendo y montando el equipo ocular dentro del casco de realidad virtual, siendo un completo éxito al quedar un ajuste suficiente para no tener que usar ningún tipo de pegamento, y a su vez tener la capacidad de montarlo y desmontarlo siempre que sea preciso con mucha facilidad. Por último, se adhiere el gancho superior a la hendidura creada para su acople, finalizando el montaje del casco de realidad virtual diseñado con éxito.



Figura 84: Captura del resultado de la impresión y montaje del Equipo de Realidad Virtual completo

3.4. Fase 4: Revisión y Solución de Problemas

Con el equipo diseñado, impreso y montado con éxito, la parte final de la hoja de ruta que se diseñó es comprobar su funcionamiento y encontrar cosas a modificar para perfeccionar el diseño y la impresión de futuros cascos de realidad virtual. Para ello se monta el casco con el móvil ya metido en su interior, y se comienza a utilizarlo por primera vez como casco de Realidad Virtual como tal. Tras un rato de uso y considerando el montaje, se realiza la lista definitiva de cosas a modificar:

3.4.1. Aumento de las tolerancias:

El propio equipo especializado en la impresión 3D con el que se ha trabajado nos avisa que debido a las altas temperaturas a las que se encuentra la sala de impresión en verano, la dilatación del material es mayor que de normal, lo que hace que las tolerancias de 0.25mm se queden cortas. Por eso mismo ha sido necesario limar bastantes piezas para conseguir un acople aconsejable, y aunque en principio en condiciones de temperatura normal debería ser suficiente, aumentamos ligeramente las tolerancias de 0.25mm a 0.3mm.

3.4.2. Problemas en el apoyo del móvil:

Uno de los grandes problemas que hemos encontrado es que, debida a la dilatación del material, superior a la esperada, el acople del móvil en su hueco es peor del esperado, por lo que se consideran diferentes opciones para asegurar la fijación del móvil durante la acción de Realidad Virtual. Tras estimar diferentes opciones, se opta por usar unas ventosas adhesivas, de igual forma que las Aukey VR usaban y así otros muchos cascos de realidad virtual. Tras fijar las ventosas al casco de realidad virtual, el acople del móvil es perfecto, dando por solucionado el problema.



Figura 85: Captura del Adhesivo con Ventosas, solución para la Fijación del Móvil

3.4.3. Problemas de luminosidad:

Uno de los pequeños problemas que se aprecia es que el material usado para la impresión, y sobre todo la máquina con la que se ha trabajado, ha creado una impresión ligeramente translúcida, filtrando por el exagerado laminado de la impresión algo de luz, que, si bien no resulta un problema, sí que sería preferentemente eliminarlo. Para ello es necesario disminuir el espesor de capa de impresión, mejorar la calidad de la máquina de impresión o cambiar de material, buscando más finura y mejor acabado.

3.4.4. Reducción de la altura del enfoque de visión y adaptación de su contorno:

Uno de los pocos errores en el diseño que se aprecian, es que el Enfoque de Visión creado tiene una altura excesiva, lo que hace que alejemos demasiado la visión de las lentes, lo que unido a que el material resulta algo translúcido como hemos comentado, no crea el ambiente esperado. Se valora la opción de reducir su altura considerablemente a la mitad, aunque la realidad es que, usando el casco de realidad virtual sin los enfoques montados, y simplemente con la pieza de acople de las lentes es suficiente para ver la Realidad Virtual perfectamente. Además, también se valora que, en caso de buscar reducir la altura de los enfoques, se debería esculpir el contorno de los ojos a la pieza, para así conseguir mayor comodidad.

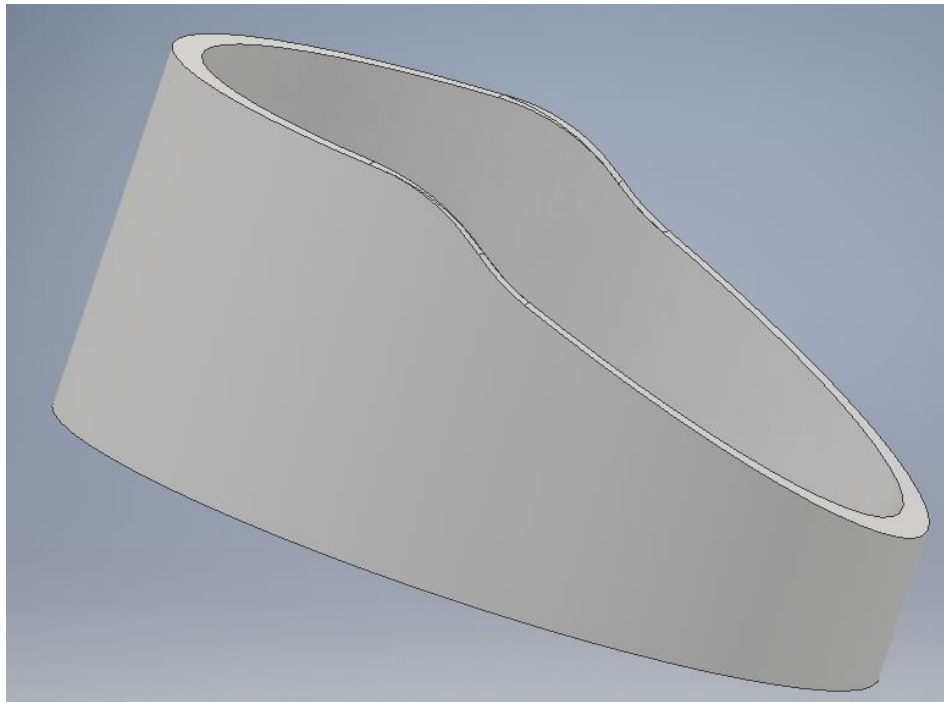


Figura 86: Diseño final de Enfoque de Visión tras reducir su altura y adaptar su forma a los contornos oculares

4. BIBLIOGRAFÍA:

- [1] Comparativa de Diferentes modelos de Gafas VR: <https://www.xataka.com/realidad-virtual-aumentada/que-gafas-de-realidad-virtual-vr-comprar-guia-de-compras-con-todas-las-opciones-segun-tu-equipo-y-presupuesto>
- [2] Modelos Google CardBoard: <http://cardboard360.es/gafas-de-realidad-virtual/gafas-realidad-virtual-personalizadas-portalens/>
- [3] Tutorial de Autodesk Remake 1: <https://www.youtube.com/watch?v=V7YY3j4n1x4>
- [4] Tutorial de Autodesk Remake 2: <https://www.youtube.com/watch?v=D7Torjkfec4>
- [5] Planos Google CardBoard: https://vr.google.com/intl/es_es/cardboard/get-cardboard/
- [6] https://www.gstatic.com/cardboard_assets/wwgc_manufacturers_kit.zip
- [7] Aprendizaje de Idiomas en VR: <https://www.whatsnew.com/2017/02/18/realidad-virtual-para-aprender-idiomas/>
- [8] Historia en VR: <https://www.cromo.com.uy/mundos-virtuales-educar-mas-n984428>
- [9] Blog Educación 3.0.
<https://www.educaciontrespuntocero.com/novedades2/futuro/realidad-virtual-en-educacion/41073.html>
- [10] YouTube VR: <https://youtu.be/aMCwLHE1Cuw>
- [11] Descarga MeshEnabler:
https://apps.autodesk.com/INVNTOR/es/Detail/Index?id=6950391119076900441&appLang=en&os=Win32_64
- [12] Presupuesto Empresa terciaria:
<https://www.3dhubs.com/3dprint#?place=Valencia,%20Spain&latitude=39.4667&longitude=-0.3667>
- [13] Planos Iphone 13,7'' https://i.blogs.es/35c53e/captura-de-pantalla-2017-09-12-a-las-21.12.18/450_1000.png
- [14] App Ministerio del Tiempo: <http://www.rtve.es/television/ministerio-del-tiempo/vr/segunda-temporada/>
- [15] <https://www.youtube.com/channel/UCzuqhhs6NWbgTzMuM09WKDQ>
- [16] Vídeo RollerCoaster VR: <https://www.youtube.com/watch?v=bDoEYULinMU>
- [17] Planos Equipo Imán-Botón CardBoard: <https://image.slidesharecdn.com/gcvrppt-150318051931-conversion-gate01/95/google-cardboard-virtual-reality-14-638.jpg?cb=1426656825>
- [18] Alteración Campo Magnético Iphone: <https://roadtovr.live-5ea0.kxcdn.com/wp-content/uploads/2014/06/cardboard-magnet-input.jpg>

5. Índice de Figuras:

Figura 1: Ejemplo de escultura escaneada por Autodesk Remake	9
Figura 2: Comparativa de los 3 principales cascos de Realidad Virtual conectada a un Ordenador	11
Figura 3: Funcionamiento sensores de movimiento de las HTC Vive	12
Figura 4: Parte trasera de las PlayStation VR, con el novedoso casco-anillo	13
Figura 5: Vista frontal de las PlayStation VR, con su novedoso Anillo-Casco	13
Figura 6: Planos de las Google CardBoard Headset	14
Figura 7: Captura de la aplicación Language VR Learning.....	15
Figura 8: Vista Previa de una futura Aplicación Móvil VR sobre la Antigua Roma.....	15
Figura 9: Imagen trasera de las Google CardBoard montadas, con su botón-imán y placa de lentes.....	17
Figura 10: Elementos básicos del sistema de Botón-Imán de las Google Cardboard	18
Figura 11: Ejemplo de funcionamiento y cambio en el campo magnético al activar el Botón-Imán en las Google CardBoard.....	18
Figura 12: Captura de la Aplicación Instant Language VR Learning.....	19
Figura 13: Captura de video de YouTube: VR Roller Coaster	19
Figura 14: Captura de la Aplicación Móvil: El Ministerio del Tiempo VR	20
Figura 15: Captura de la versión de Youtube.com para Realidad Virtual	20
Figura 16: Captura de las Samsung Gear VR	21
Figura 17: Mando Inalámbrico de las Samsung Gear VR	22
Figura 18: Captura de las Speck Pocket-VR.....	22
Figura 19: Captura de las Go4d C1-Glass	23
Figura 20: Captura de las Homido Mini VR	23
Figura 21: Captura de las Fotografías cargadas para el primer Proyecto realizado con Autodesk Remake.....	29
Figura 22: Resultado del primer escaneado realizado con Autodesk Remake	29
Figura 23: Distribución necesaria de las fotografías para captar al máximo los detalles en un escaneado con Autodesk Remake. Imagen del tutorial oficial de Autodesk Remake.	30
Figura 24: Error más común durante un escaneado con Autodesk Remake según el videotutorial oficial del programa.....	30
Figura 25: Unión de perspectivas realizada por Autodesk Remake durante la creación del escaneado	31
Figura 26: Resultado del primer escaneado del proyecto aplicando las instrucciones del tutorial de Autodesk Remake	31
Figura 27: Detalle de la botella, objetivo de escaneado en el primer intento del proyecto con objetos siguiendo las instrucciones marcadas en el tutorial de Autodesk Remake	32
Figura 28: Captura de otro de los grandes problemas que Autodesk Remake te avisa en su tutorial: El escaneado de objetos transparentes	32
Figura 29: Solución propuesta por Autodesk Remake para el escaneado de objetos transparentes: Pintura Matificante.....	33
Figura 30: Captura del 2º escaneado realizado durante el proyecto: Escultura de Submarino .	33
Figura 31: Captura del 3º escaneado(Versión Malla) realizado durante el proyecto: Oso de Peluche.....	34
Figura 32: Captura del 3º escaneado(Versión Fotografía) realizado durante el proyecto: Oso de Peluche.....	34

Figura 33: Captura del 4º escaneado realizado durante el proyecto: Prueba fallida con cabeza humana	35
Figura 34: Captura del 5º escaneado realizado durante el proyecto: Segunda prueba fallida con cabeza humana	35
Figura 35: Captura del 6º escaneado realizado durante el proyecto: Prueba definitiva con cabeza humana	37
Figura 36: Captura de las Aukey VR Cardboard usadas como modelo	39
Figura 37: Plano de Iphone de 4.7 Pulgadas	40
Figura 38: Captura 1 de la creación del Casco de Realidad Virtual.....	41
Figura 39: Captura 2 de la Extrusión del Casco de Realidad Virtual	41
Figura 40: Solución de las Aukey VR Cardboard a la sujeción del móvil	42
Figura 41: Solución de las Google CardBoard a la sujeción del Móvil.....	42
Figura 42: Solución de las Samsung Gear VR a la sujeción del Móvil.....	43
Figura 43: Captura 1 de la solución empleada a la sujeción del Móvil	44
Figura 44: Captura 2 de la solución empleada a la sujeción del Móvil	44
Figura 45: Captura 3 de la solución empleada a la sujeción del Móvil	45
Figura 46: Implementación en el diseño de formas curvadas en el casco de realidad virtual ...	45
Figura 47: Creación de 3 aberturas para la refrigeración y transmisión del sonido	46
Figura 48: Captura del resultado final del diseño inicial del Casco de Realidad Virtual	46
Figura 49: Captura 1 del proceso de creación de 1 plataforma para apoyar el Botón	47
Figura 50: Capturas 1 y 2 de la creación del botón	48
Figura 51: Captura 1 y 2 de la creación del soporte frontal del botón	49
Figura 52: Captura 3 de la creación del soporte frontal del botón.....	49
Figura 53: Captura del resultado final de la creación del soporte frontal del botón.....	50
Figura 54: Planos del Soporte Interior del Imán-Botón	50
Figura 55: Resultado Final del Soporte Interior del Imán-Botón	51
Figura 56: Resultado Final del Conjunto del Botón Interactiva acoplado al Casco de Realidad Virtual.....	51
Figura 57: Captura 1 de la creación de la Placa delantera del Soporte Ocular.....	52
Figura 58: : Captura 2 de la creación de la Placa delantera del Soporte Ocular.....	53
Figura 59: : Captura 3 de la creación de la Placa delantera del Soporte Ocular.....	53
Figura 60: : Captura 3 de la creación de la Placa delantera del Soporte Ocular.....	53
Figura 61: Captura 1 de la creación de la Placa trasera del Soporte Ocular	54
Figura 62: : Captura 2 de la creación de la Placa trasera del Soporte Ocular	54
Figura 63: Resultado final de la Placa trasera del Soporte Ocular	55
Figura 64: Planos y resultado final del Soporte de las Lentes.....	55
Figura 65: Planos y resultado final Enfoque de Visión.....	56
Figura 66: Resultado Final del Equipo Ocular de las Gafas de Realidad Virtual.....	57
Figura 67: Resultado Final Apoyo del Equipo Ocular	57
Figura 68: Resultado Final del Ensamblaje del Casco VR, el equipo ocular y el equipo del botón interactivo	58
Figura 69: Resultado Final Gancho de Anclaje Superior	58
Figura 70: Resultado Final Ganchos de Anclaje Laterales.....	59
Figura 71: Captura de la Importación del Escaneado Facial a Autodesk Inventor.....	60
Figura 72: Captura tras conversión de malla en sólido con Mesh Enabler y posterior centrado de las Gafas a la cara.....	60
Figura 73: Captura del corte producido en los planos superiores e inferior del casco con el cráneo escaneado	61

Figura 74: Resultado Final del Casco de Realidad Virtual tras esculpir los rasgos faciales obtenidos en el escaneado.	61
Figura 75: Captura 1 de la Adaptación de los Contornos del Casco de Realidad Virtual	62
Figura 76: Resultado Final de la Adaptación de los Contornos del Casco de Realidad Virtual ...	62
Figura 77: Resultado final de la Separación del Gancho Superior	64
Figura 78: Resultado Final de la Creación del Hueco necesario para la Adhesión del Gancho Superior	64
Figura 79: Resultado Final de la Separación de Personalizaciones en Placas Independientes...	65
Figura 80: Resultado Definitivo del Ensamblaje Completo del Proyecto tras todas las modificaciones	66
Figura 81: Captura de Slic3r procesando la Placa de Personalización 1 y calculando el material y tiempo necesario.....	67
Figura 82: Capturas del Proceso de Impresión 3d del Casco de Realidad Virtual.....	68
Figura 83 y 84: Captura del resultado de la impresión del Equipo Ocular y el Equipo del Botón tras su montaje	68
Figura 84: Captura del resultado de la impresión y montaje del Equipo de Realidad Virtual completo	69
Figura 85: Captura del Adhesivo con Ventosas, solución para la Fijación del Móvil	70
Figura 86: Diseño final de Enfoque de Visión tras reducir su altura y adaptar su forma a los contornos oculares.....	71

6. Índice de Tablas:

Tabla 1: Comparativa de las diferentes opciones del mercado de la Realidad Virtual.....	24
---	----

DOCUMENTO 2: PRESUPUESTOS

ÍNDICE DE PRESUPUESTO:

1. PRESUPUESTO:	78
1.1. Mano de Obra:	78
1.2. Costes de Producción:	78
1.3. Costes Adicionales:.....	79
2. Coste Total:	80

ÍNDICE DE TABLAS EN PRESUPUESTO:

Tabla 2: Mano de Obra.....	78
Tabla 3: Presupuesto realizado en Empresa Terciaria	78
Tabla 4: Presupuesto de la Impresión por Cuenta Propia.....	79
Tabla 5: Presupuesto de Costes Adicionales	79
Tabla 6: Presupuesto de Coste Total del Proyecto	80

1. PRESUPUESTO:

1.1. Mano de Obra:

En este apartado, la mano de obra se divide en ingenieril, de supervisión y gestión atendiendo a la naturaleza de las tareas realizadas y/o propuestas. Se considera, por tanto, que serán necesaria mano de obra ingenieril para realizar la adaptación de cada casco a los rasgos del comprador; mano de obra que supervise que todo está en condiciones para ser imprimido; y además mano de obra que gestione la impresión y el envío al usuario por medio de empresas terciarias. Con ello, la siguiente tabla especifica los costes asociados a la mano de obra para unas determinadas horas de trabajo:

Tipo de mano de obra	Cantidad [Horas]	Coste unitario [€/h]	Coste total [€]
Ingenieril	1,50	12,00	18,00
Supervisión	0,50	14,00	7,00
Gestión	0,25	8,00	2,00
Subtotal	2,25		27,00

Tabla 1: Mano de Obra

1.2. Costes de Producción:

Las técnicas de Impresión 3D conllevan un coste variable en función de la maquinaria, el acabado y el material utilizado durante el proceso. Dada la disponibilidad de equipo de Impresión 3D en la escuela, se va a realizar una comparativa de cuánto costaría imprimirlo en casa, quienes dispongan de equipo para ello, o nosotros mismos actuando como empresa impresora a partir de nuestro equipo; y cuánto cuesta imprimirlo en una empresa terciaria:

COSTE EMPRESA TERCIARIA			
Pieza	Volumen[CM3]	Coste Material/Volumen [€/cm3]	Coste total [€]
Placa Lentes 1	42,99	0,18	7,93
Placa Lentes 2	44,22	0,18	8,09
Soporte Lentes 1	8,25*2=16,50	0,36	5,93
Soporte Lentes 2	5,43*2= 10,86	0,55	6,02
Soporte Botón 1	3,48	0,66	2,29
Soporte botón 2	3,18	0,71	2,27
Botón	1,81	1,13	2,04
Casco	398,56	0,13	51,41
Total	521,60		85,98

Tabla 2: Presupuesto realizado en Empresa Terciaria

Para realizar la impresión en la máquina disponible para realizar el trabajo, se sigue el consejo de los técnicos de la escuela, y compramos un Rollo de 300 metros de Material PLA de color verde, con un diámetro de 1.75mm. El precio de dicho rollo asciende a los 14€, pero resultará suficiente para imprimir todas nuestras piezas según los cálculos realizados previamente con Slic3r:

COSTE PRODUCCIÓN PROPIA			
Pieza	Volumen[CM3]	Coste Material/Volumen [€/cm3]	Coste total [€]
Placa Lentes 1	42,99	0,02	1,06
Placa Lentes 2	44,22	0,02	1,09
Soporte Lentes	8,25*2=16,50	0,02	0,41
Oculares	5,43*2= 10,86	0,02	0,27
Soporte Botón 1	3,48	0,02	0,09
Soporte botón 2	3,18	0,02	0,08
Botón	1,81	0,02	0,04
Casco	398,56	0,02	9,80
Total	521,60	0,02	12,83

Tabla 3: Presupuesto de la Impresión por Cuenta Propia

1.3. Costes Adicionales:

Además del coste de producción de la impresión de las diferentes piezas, nuestro equipo de Realidad Virtual necesita ciertas piezas que deben ser compradas externamente para poder completar el funcionamiento de este. Su coste asciende a:

Nombre de las piezas	Número de piezas	Precio de la pieza (€)	Coste Total (€)
Lente	2	0,99	1,98
Imán-Botón	1	1,89	1,89
Metal-Botón	1	0,78	0,78
Ventosas-Adhesivas	1	0,95	0,95
Total			5,60

Tabla 4: Presupuesto de Costes Adicionales

2. Coste Total:

Para estimar el Coste Total, solo tenemos en cuenta el proceso de Impresión en una maquinaria local tal y como se ha usado durante el proyecto, y que es considerablemente más barato que el precio usando la maquinaria terciaria que otras empresas ponen a su disposición:

Tipo de Coste	Coste (€)
Coste de Mano de Obra	27,00
Coste de Material de Impresión	12,83
Costes Adicionales	5,60
Coste total	45,43
21% de IVA	9,53
TOTAL	54,96

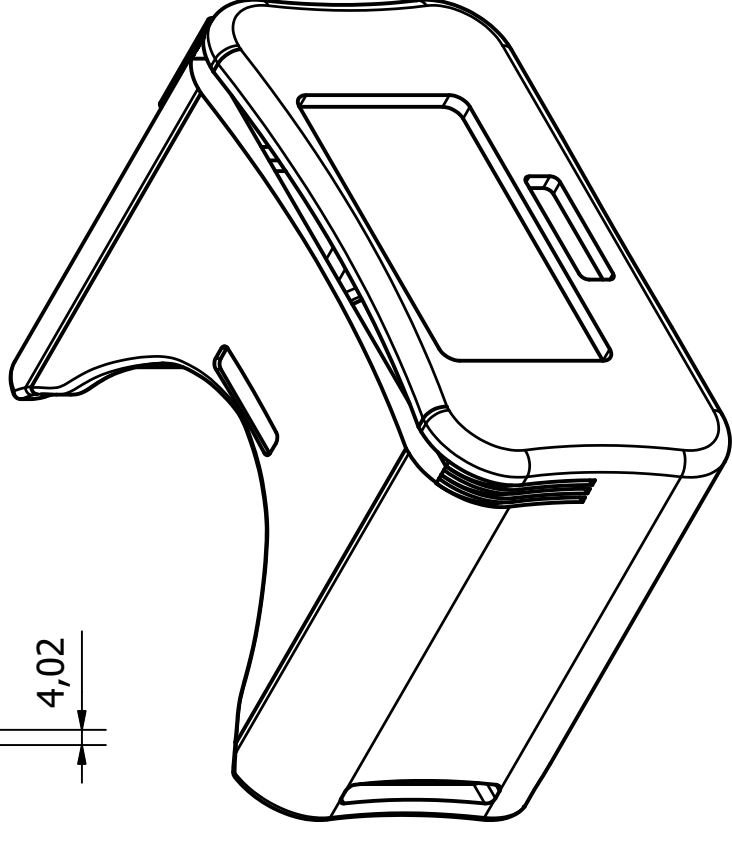
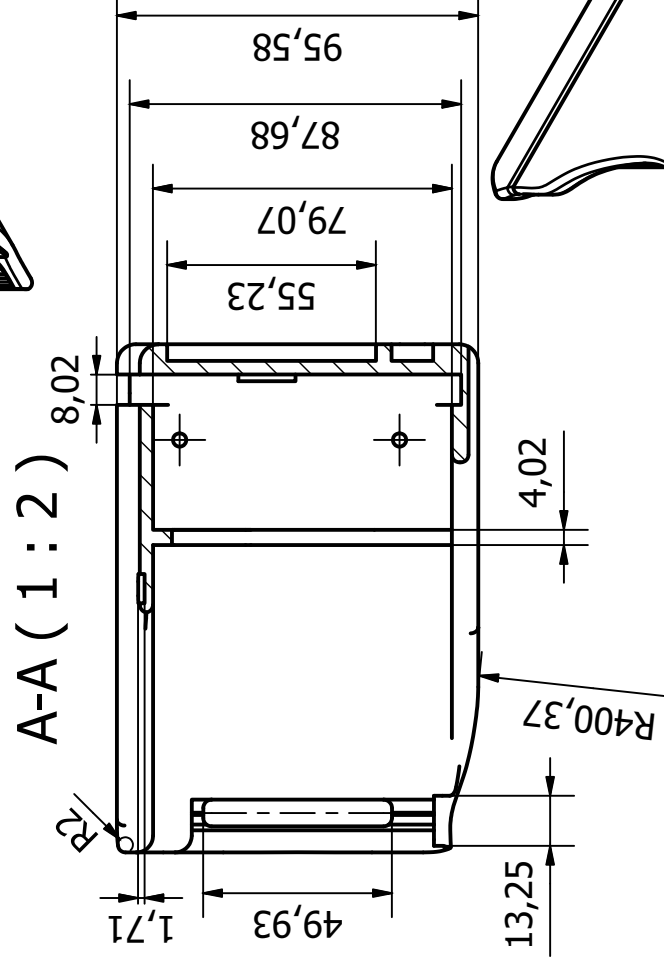
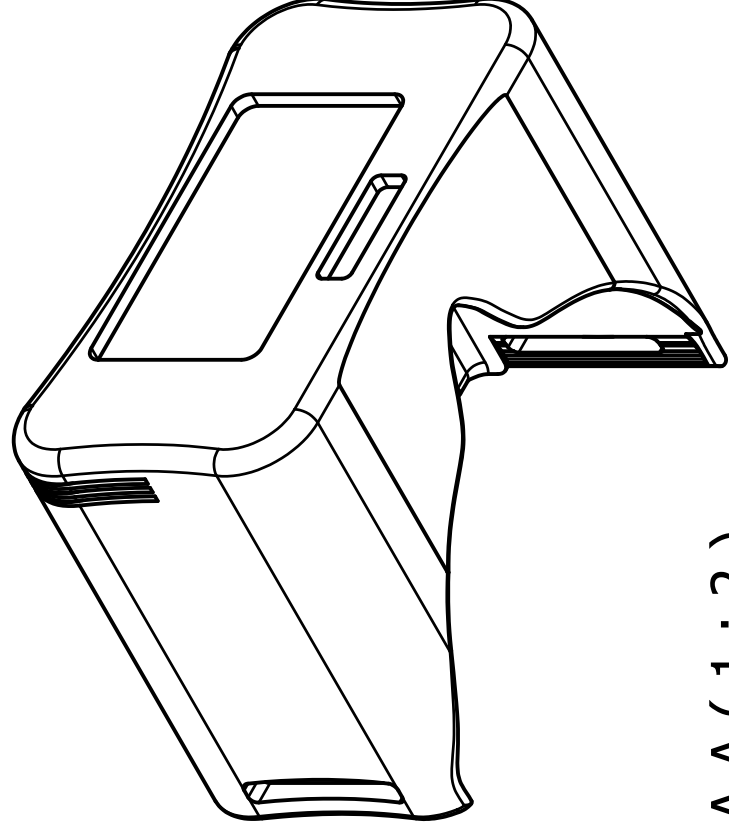
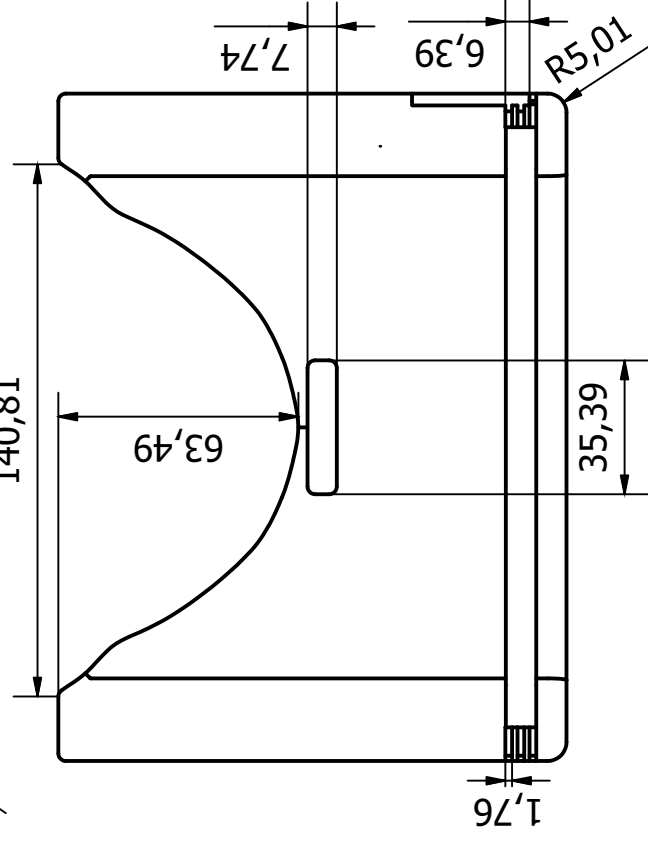
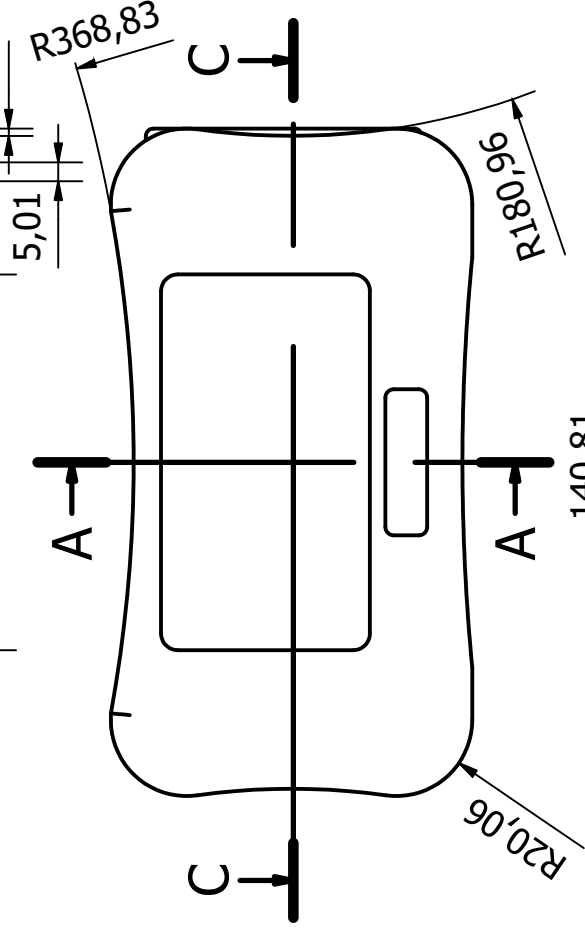
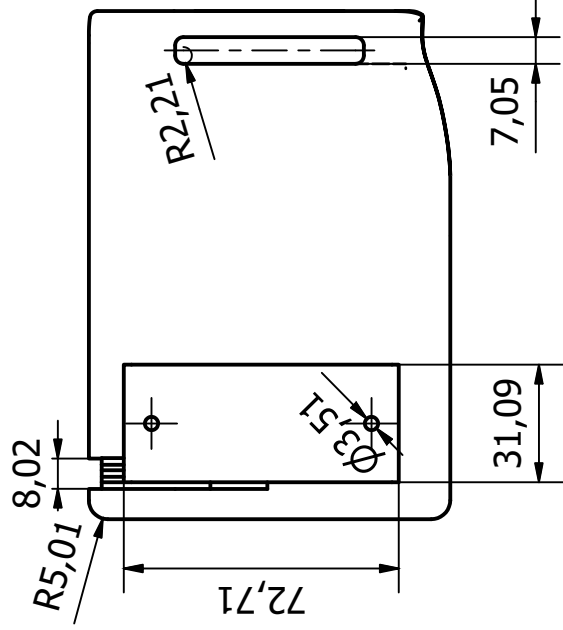
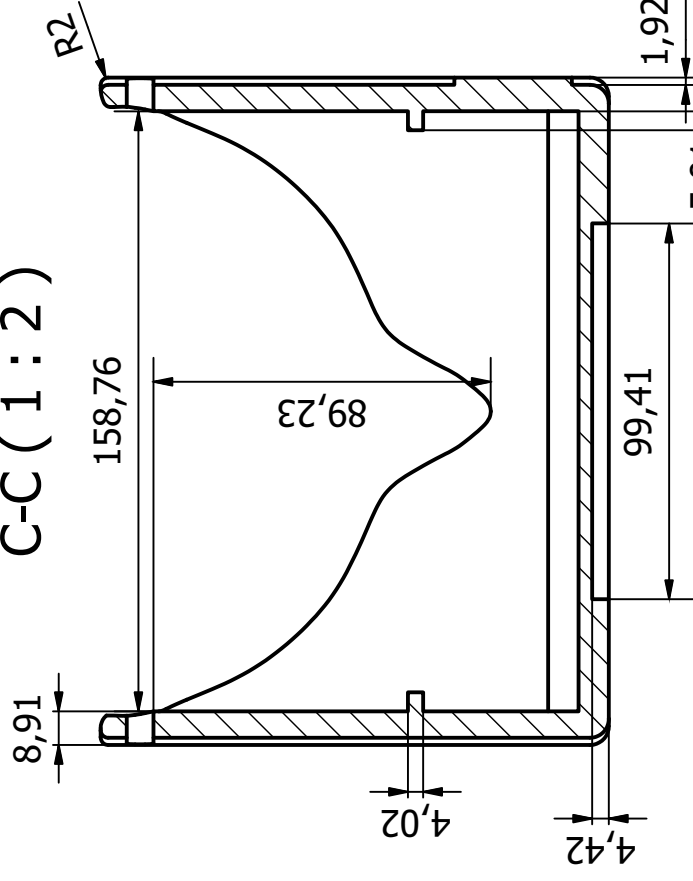
Tabla 5: Presupuesto de Coste Total del Proyecto

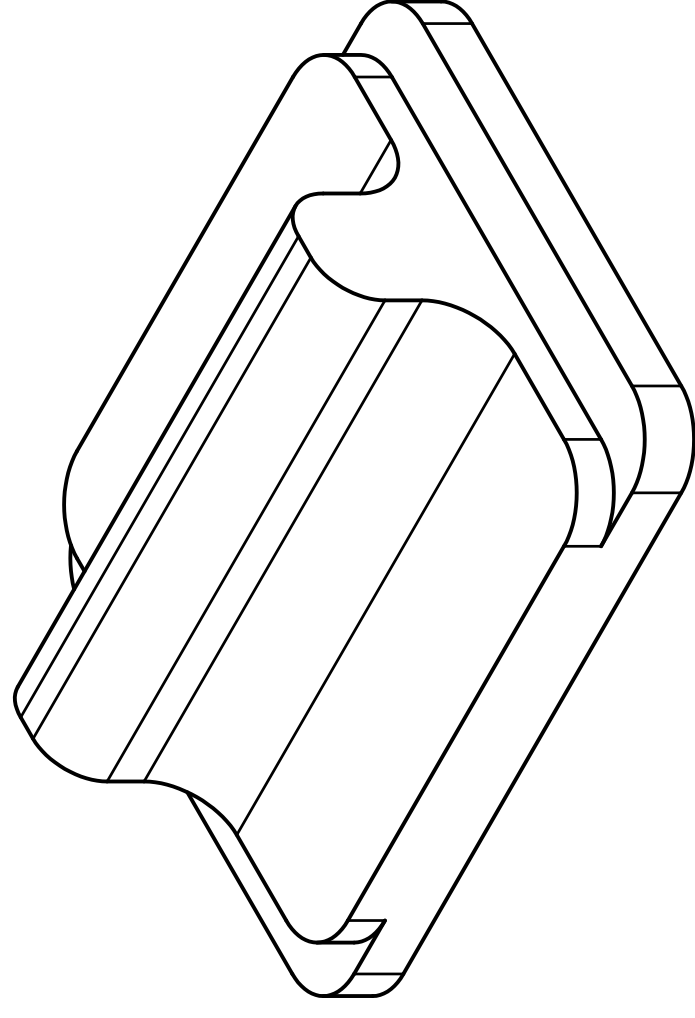
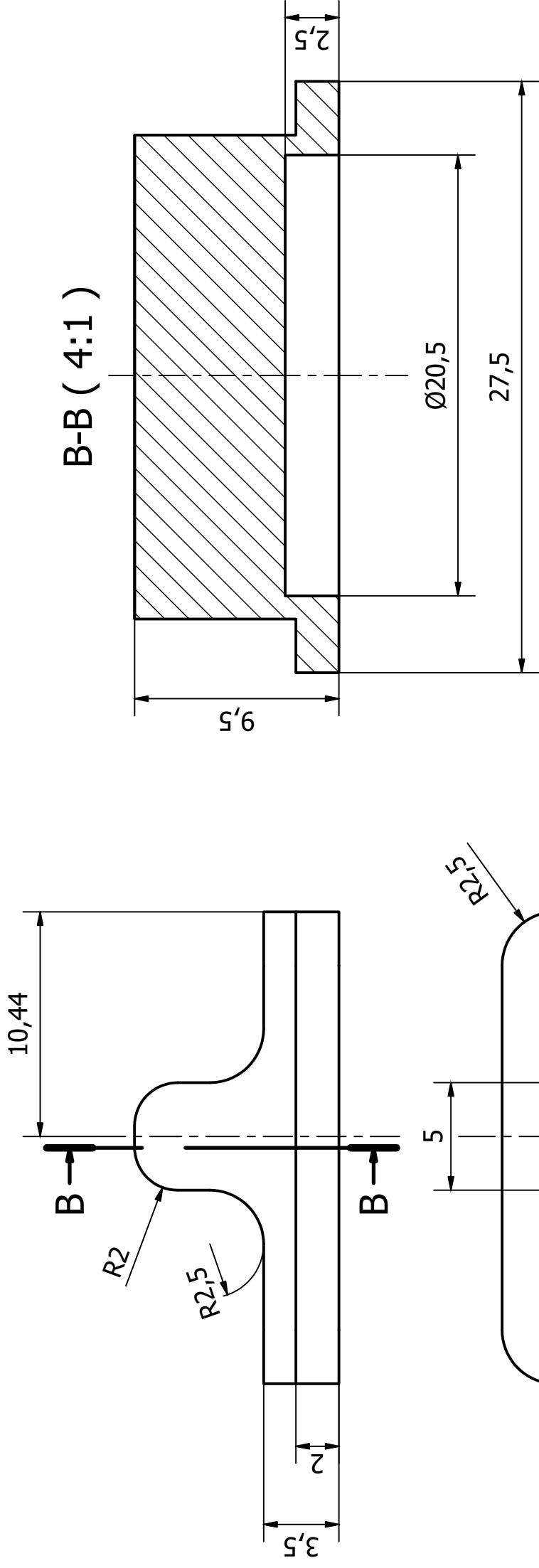
DOCUMENTO 3: PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS:

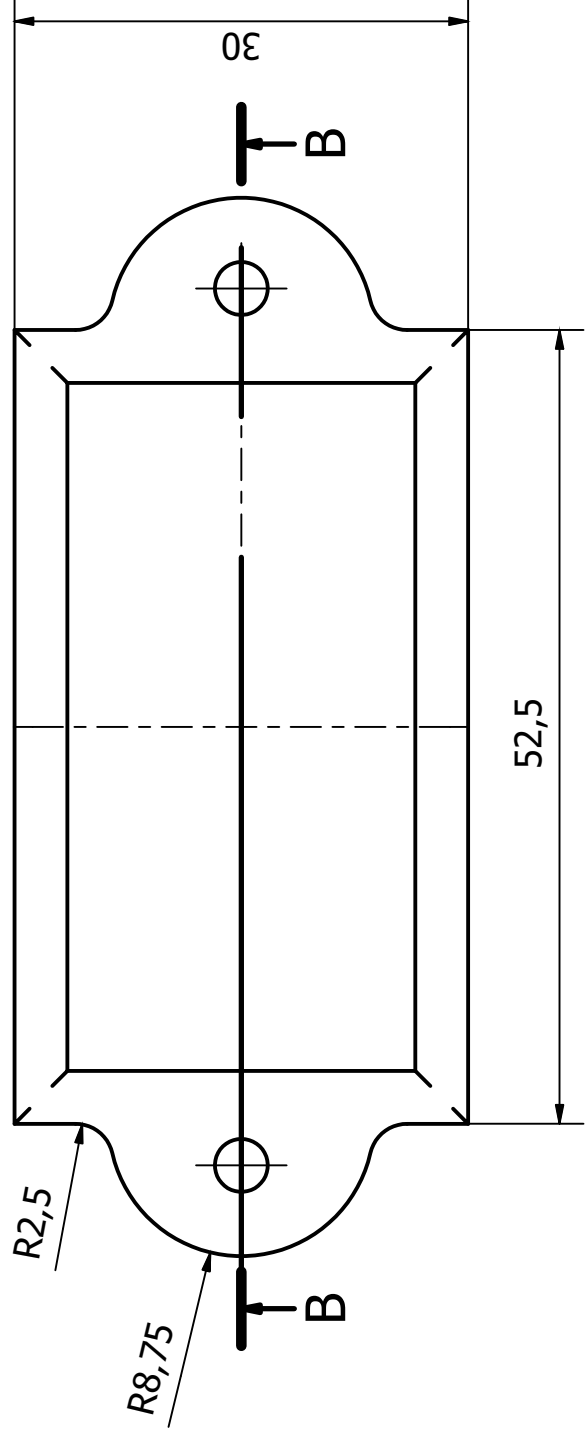
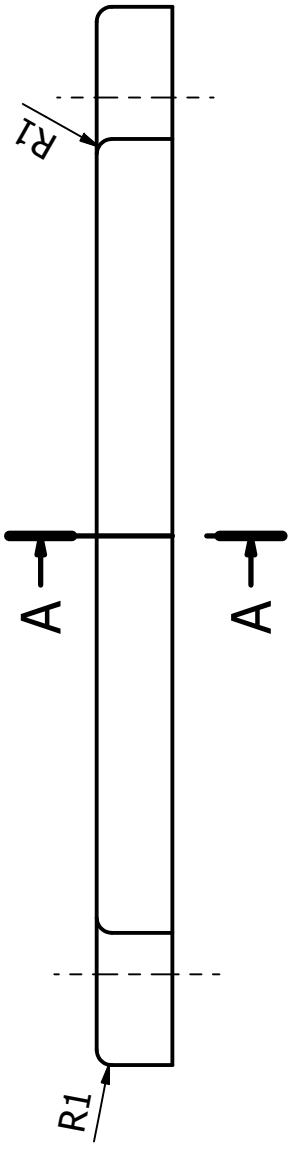
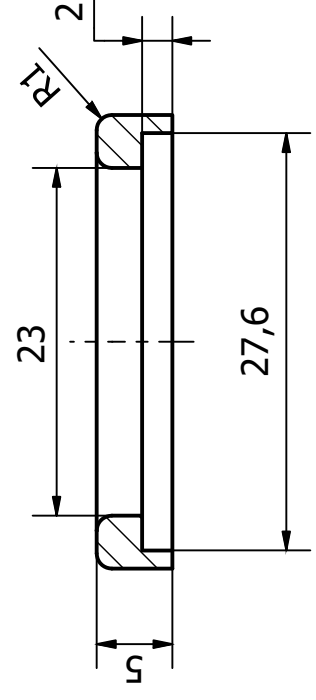
Casco	Plano Nº 1
Botón Adaptador	Plano Nº 2
Soporte Exterior del Equipo Botón.....	Plano Nº 3
Soporte Interior del Equipo Botón.....	Planos Nº 4
Placa Delantera Equipo Ocular	Plano Nº 5
Placa Trasera Equipo Ocular.....	Plano Nº 6
Soporte de las Lentes.....	Plano Nº 7
Enfoque de Visión.....	Plano Nº 8
Placa de Personalización 1.....	Plano Nº9
Placa de Personalización 2.....	Plano Nº 10
Gancho Superior Cinta.....	Plano Nº 11

C-C (1:2)

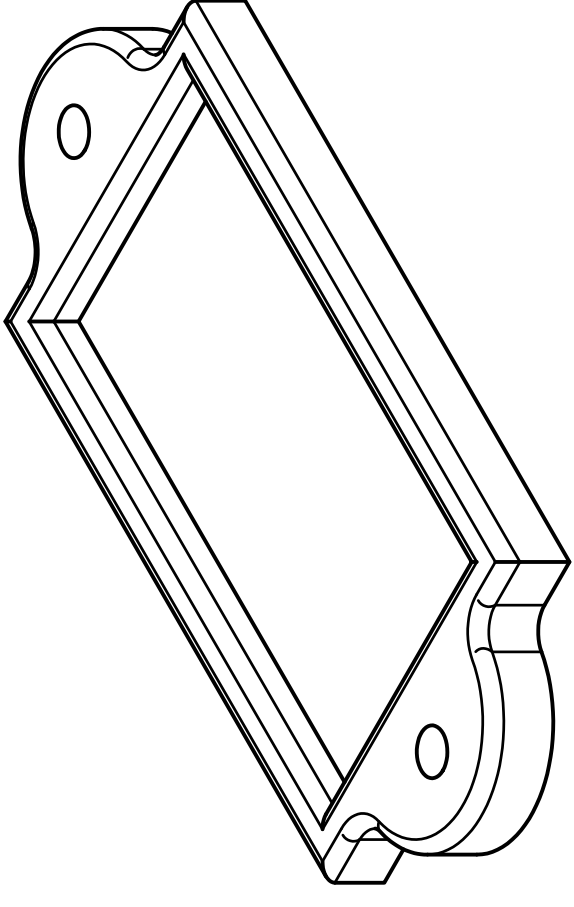
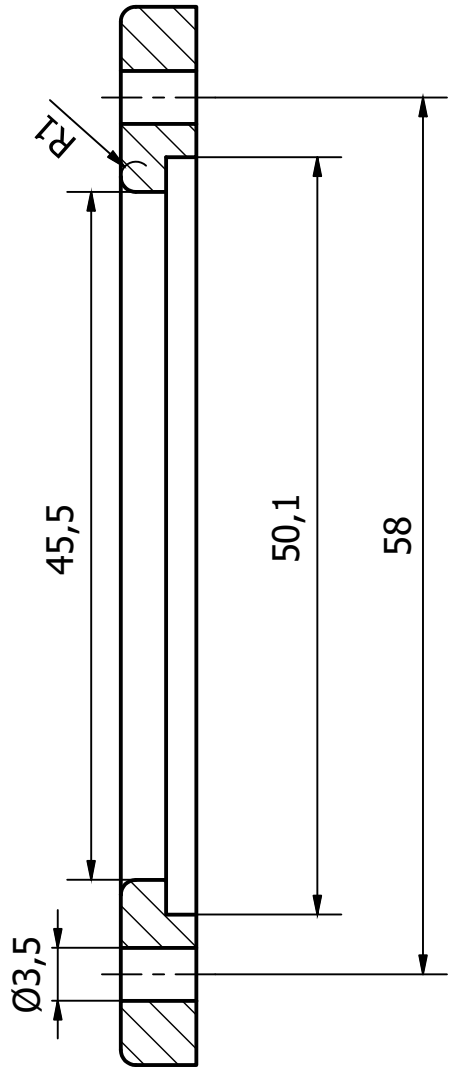


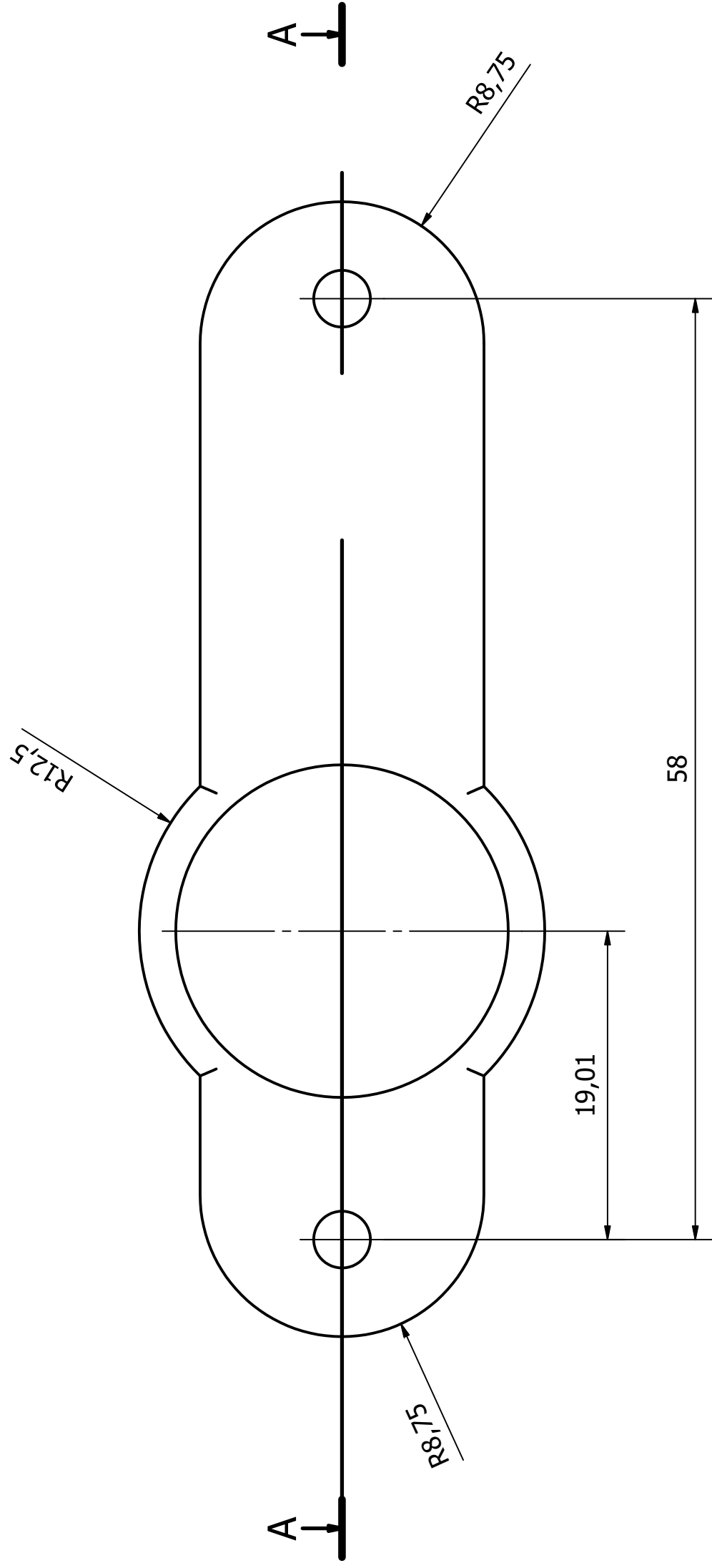
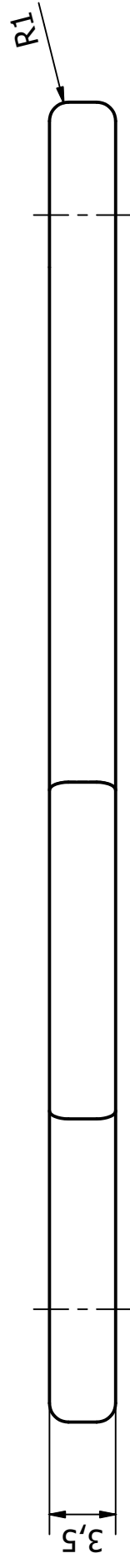


A-A (2:1)

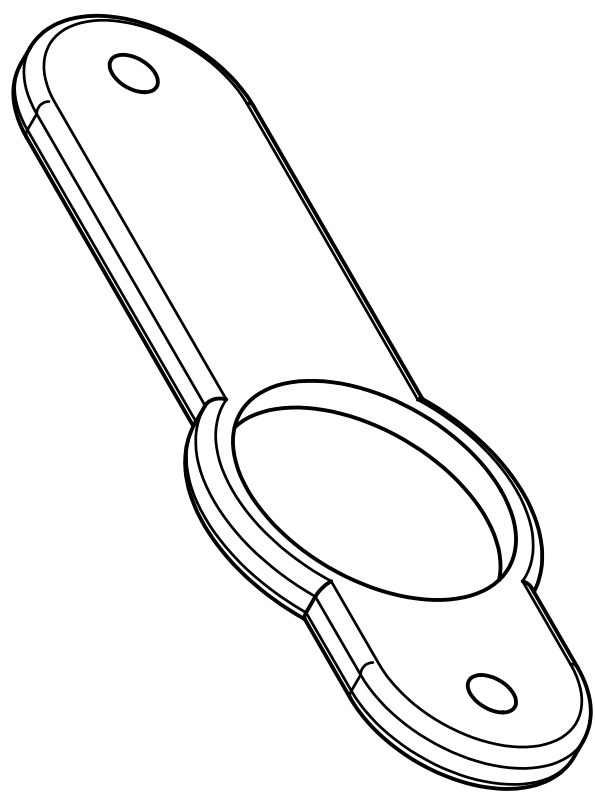
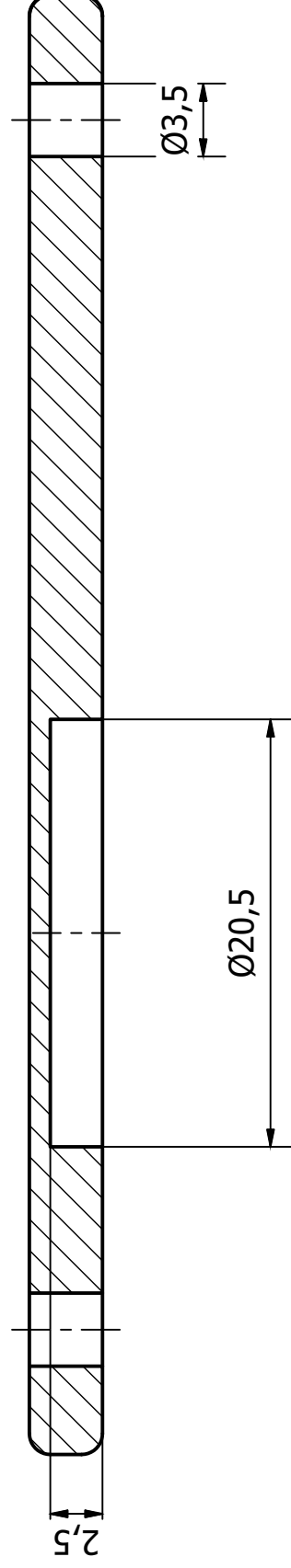


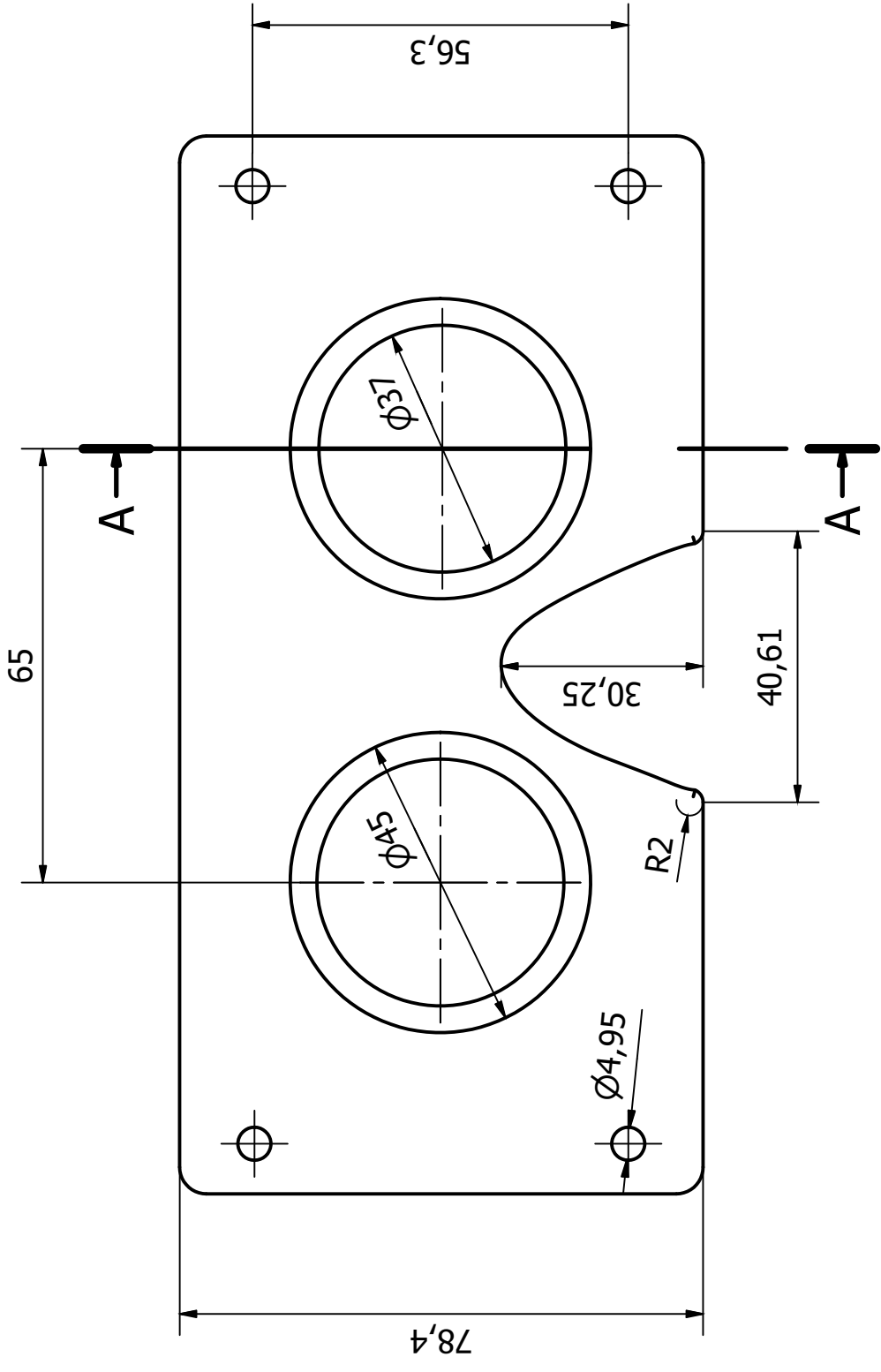
B-B (2:1)



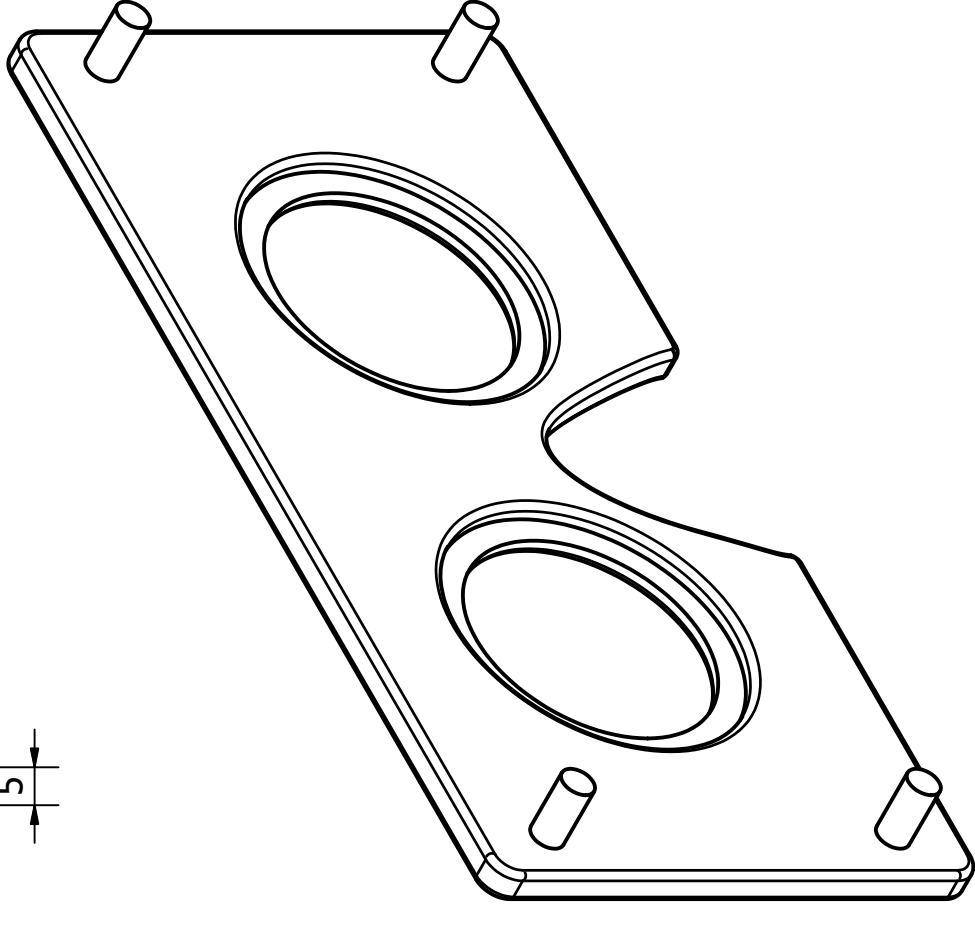
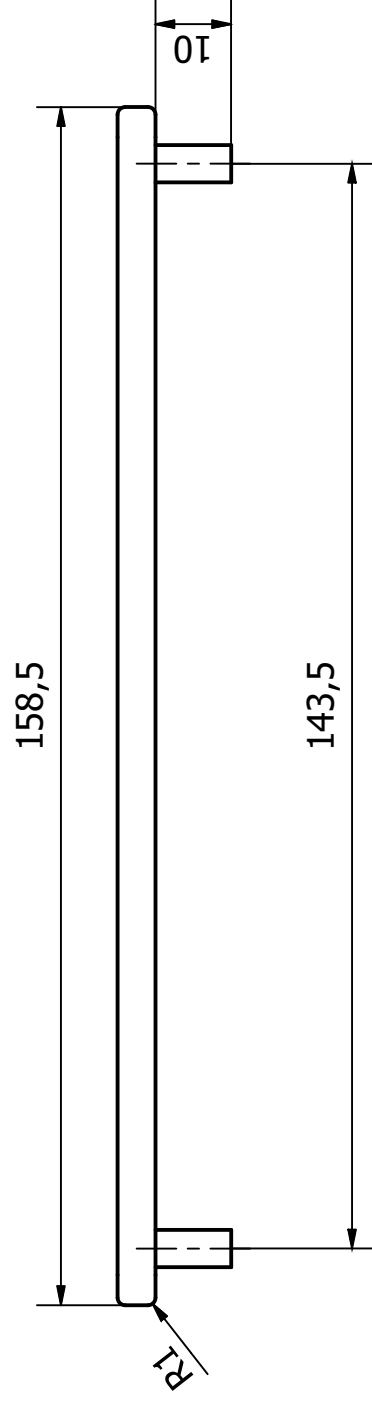
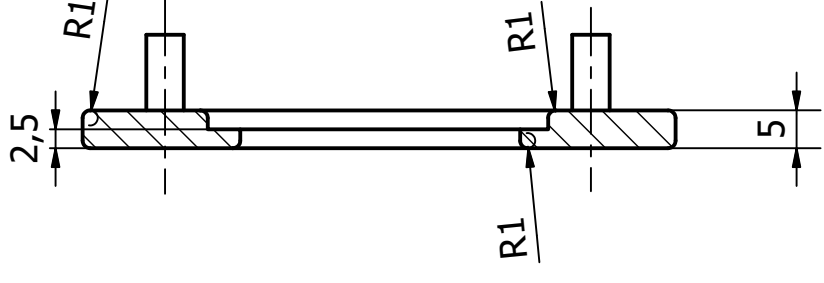


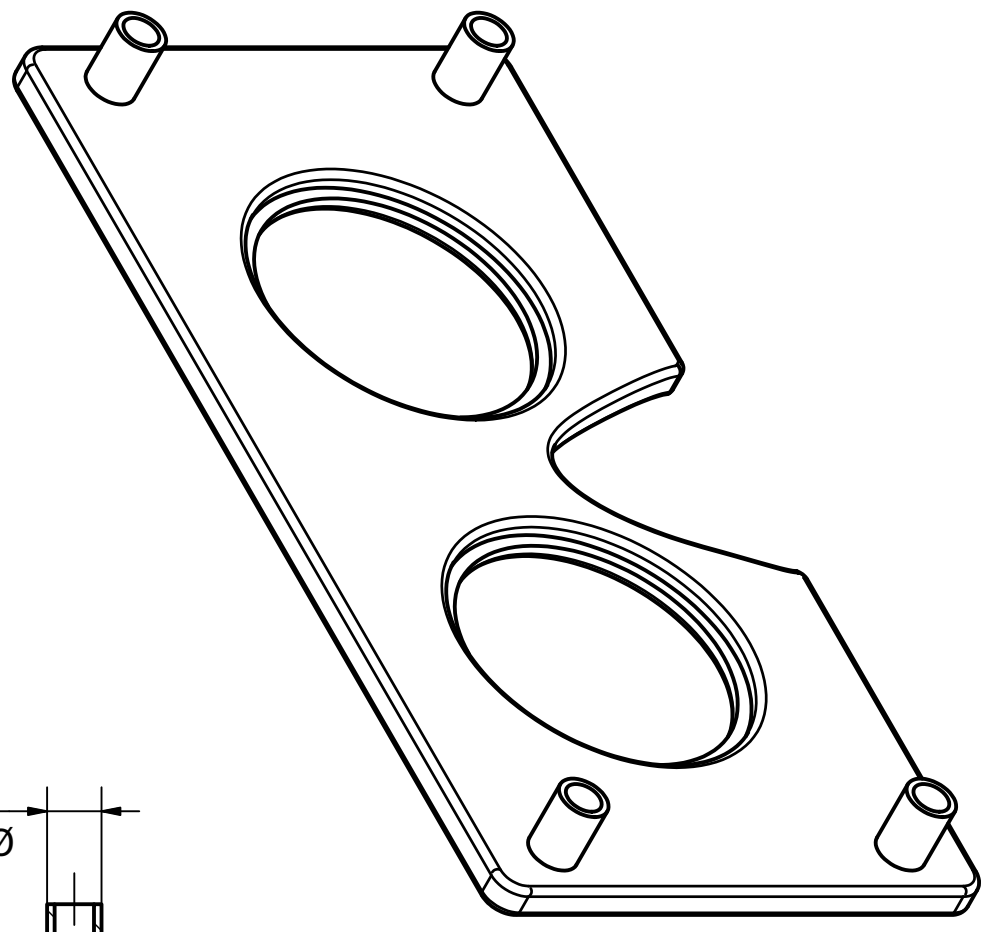
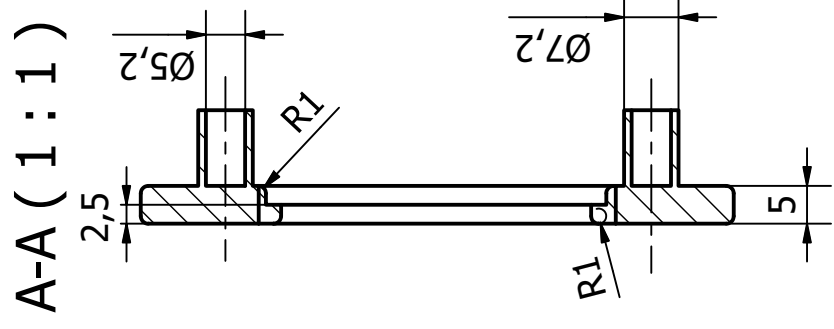
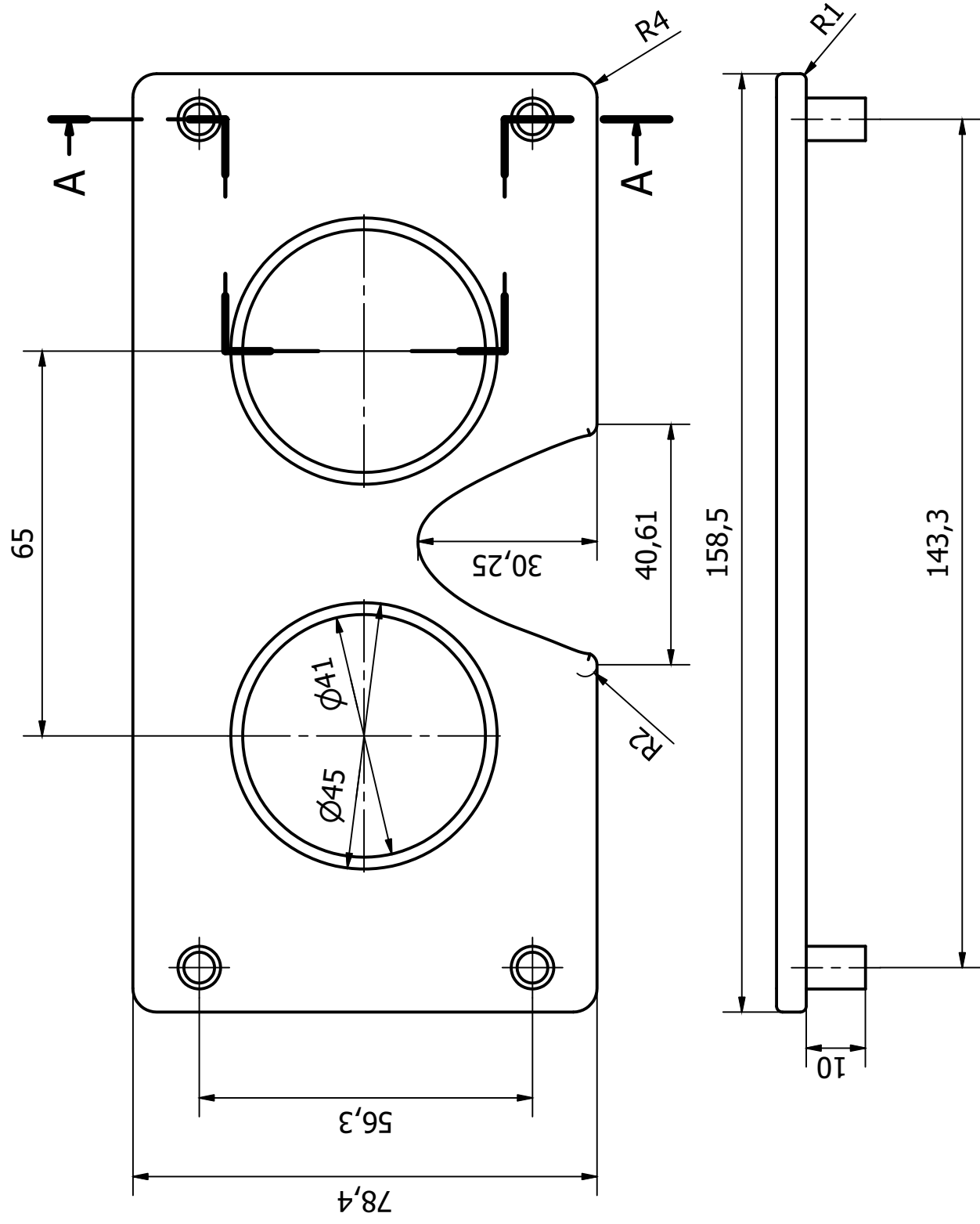
A-A (3 : 1)





A-A (1:1)





B-B (3 : 1)

