



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

  
ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial  
y Diseño Industrial

Rediseño e impresión 3D de la carcasa estanca del  
receptor GNSS GA-01 DIY para posicionamiento y  
navegación cinemática satelital en tiempo real

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

AUTOR/A: Gascón Jiménez, Clara

Tutor/a: Saiz Mauleón, María Begoña

Cotutor/a: Iribarren Navarro, César

Cotutor/a externo: Martínez Batlle, José Ramón

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

/ UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
/ ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AEROESPACIAL  
Y DISEÑO INDUSTRIAL

## **Rediseño e impresión 3D de la carcasa estanca del receptor GNSS GA-01 DIY para posicionamiento y navegación cinemática satelital en tiempo real**

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos  
Curso 2023/2024

Realizado por  
Clara Gascón Jiménez

Tutorizado por  
Begoña Sáiz Mauleón

Cotutorizado por  
César Iribarren Navarro

Cotutorizado externamente por  
José Ramón Martínez Batlle



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

  
ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial



Guakía  
Ambiente

  
Programa  
Pequeños  
Subsidios  
del GEF  
REPÚBLICA DOMINICANA





## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría expresar mi agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de este Trabajo de Fin de Grado.

En primer lugar, a la ONG Guakía Ambiente y al Programa de Pequeños Subsidios del PNUD de la República Dominicana, por haberme acompañado en la increíble experiencia de cooperación que he podido vivir y a raíz de la cual nació este proyecto. Por la familia tan acogedora que forman.

Asimismo, a José Ramón Martínez Batlle, quién me animó a lanzar el proyecto y que, sin su ayuda y conocimientos en la materia, no habría sido posible realizarlo con el mismo nivel de detalle y precisión. Por su constante acompañamiento y comprensión.

Agradezco también a mis tutores, Begoña Sáiz, como tutora, y César Iribarren, como cotutor, por su orientación, paciencia y apoyo a lo largo del proceso. Sus conocimientos y consejos han sido fundamentales para la culminación de este trabajo.

Por último, a mis amigos y familiares, por su apoyo durante todo este tiempo. Sus palabras de ánimo y su confianza en mí han sido de gran motivación.

Muchas gracias.



## **TÍTULO**

Rediseño e impresión 3D de la carcasa estanca del receptor GNSS GA-01 DIY para posicionamiento y navegación cinemática satelital en tiempo real.

## **TITLE**

Redesign and 3D printing of the waterproof housing of the GA-01 DIY GNSS receiver for real-time kinematic satellite positioning and navigation.

## **TITOL**

Redissenye i impressió 3D de la carcassa estanca del receptor GNSS GA-01 DIY per a posicionament i navegació cinemàtica satel·litària en temps real.



## **RESUMEN**

El presente trabajo se enfoca en la mejora de la carcasa de un dispositivo de cinemática en tiempo real para mediciones de campo, prestando especial atención en la población de bajos recursos en la República Dominicana. El objetivo radica en el desarrollo de una carcasa estanca para el receptor GNSS utilizado por la ONG Guakía Ambiente bautizado como GA-01 para facilitar la recopilación de datos geográficos a un precio accesible.

Este proyecto surge de la experiencia de la autora como cooperante en el Programa de Pequeños Subsidios del PNUD de la República Dominicana, donde se identificó la necesidad de dispositivos de posicionamiento geográfico accesibles para organizaciones y estudiantes. Se analizan la evolución del mercado de receptores GNSS, destacando la tendencia hacia dispositivos más económicos y disponibles para un público más amplio en la última década.

El proyecto en cuestión tiene como alcance el estudio minucioso del dispositivo GA-01 que Guakía Ambiente emplea, así como la determinación de las necesidades y limitaciones presentes en el mercado dominicano. Se propone un rediseño de la carcasa que sea cómodo, liviano, intuitivo y económico en su producción, empleando la impresión 3D para facilitar su accesibilidad. También se busca proteger los componentes que se almacenan dentro de la carcasa del dispositivo de condiciones climáticas adversas y caídas.

La finalidad del trabajo es concluir con un diseño funcional y estéticamente mejorado, asegurando una integración óptima con los demás elementos del dispositivo GA-01. Se espera que este proyecto contribuya a democratizar el acceso a tecnología de posicionamiento geográfico de alta precisión en la República Dominicana, superando barreras tecnológicas y económicas para su aplicación en estudios topográficos, agricultura, construcción de infraestructuras y otras aplicaciones relevantes.

## **PALABRAS CLAVE**

Receptor; dispositivo GA-01; posicionamiento; carcasa; impresión 3D; República Dominicana.

## **ABSTRACT**

The present work focuses on the improvement of the housing of a real-time kinematic device for field measurements, paying special attention to the low-income population in the Dominican Republic. The objective lies in the development of a watertight housing for the GNSS receiver used by the NGO Guakía Ambiente called GA-01 to facilitate the collection of geographic data at an affordable price.

This project arises from the author's experience as a development worker in the UNDP Small Grants Programme in the Dominican Republic, where she identified the need for accessible geographic positioning devices for organisations and students. The evolution of the GNSS receiver market is analysed, highlighting the trend towards cheaper devices available to a wider public in the last decade.

The scope of the project in question is a thorough study of the GA-01 device that Guakía Ambiente uses, as well as the determination of the needs and limitations present in the Dominican market. A redesign of the case is proposed that is comfortable, light, intuitive and economical in its production, using 3D printing to facilitate its accessibility. It also seeks to protect the components that are stored inside the device's casing from adverse weather conditions.

The aim of the work is to conclude with a functional and aesthetically improved design, ensuring optimal integration with the other elements of the GA-01 device. It is hoped that this project will contribute to democratising access to high-precision geographic positioning technology in the Dominican Republic, overcoming technological and economic barriers for its application in topographic surveys, agriculture and other relevant applications.

## **KEY WORDS**

Receiver; GA-01 device; positioning; housing; 3D printing; Dominican Republic.

## **RESUM**

El present treball s'enfoca en la millora de la carcassa d'un dispositiu de cinemàtica en temps real per a mesuraments de camp, prestant especial atenció en la població de baixos recursos a la República Dominicana. L'objectiu radica en el desenvolupament d'una carcassa estanca per al receptor GNSS utilitzat per l'ONG Guakía Ambient batejat com GA-01 per a facilitar la recopilació de dades geogràfiques a un preu accessible.

Este projecte sorgix de l'experiència de l'autora com a cooperant en el Programa de Xicotets Subsidis del PNUD de la República Dominicana, on es va identificar la necessitat de dispositius de posicionament geogràfic accessibles per a organitzacions i estudiants. S'analitzen l'evolució del mercat de receptors GNSS, destacant la tendència cap a dispositius més econòmics i disponibles per a un públic més ampli en l'última dècada.

El projecte en qüestió té com a abast l'estudi minuciós del dispositiu GA-01 que Guakía Ambient empra, així com la determinació de les necessitats i limitacions presents en el mercat dominicà. Es proposa un redissenye de la carcassa que siga còmode, lleuger, intuïtiu i econòmic en la seua producció, emprant la impressió 3D per a facilitar la seua accessibilitat. També es busca protegir els components que s'emmagatzemen dins de la carcassa del dispositiu de condicions climàtiques adverses.

La finalitat del treball és concloure amb un disseny funcional i estèticament millorat, assegurant una integració òptima amb els altres elements del dispositiu GA-01. S'espera que este projecte contribuïsca a democratitzar l'accés a tecnologia de posicionament geogràfic d'alta precisió a la República Dominicana, superant barreres tecnològiques i econòmiques per a la seua aplicació en estudis topogràfics, agricultura i altres aplicacions rellevants.

## **PARAULES CLAU**

Receptor; dispositiu GA-01; posicionament; carcassa; impressió 3D; República Dominicana.



<b>/MEMORIA .....</b>	<b>11</b>
<b>/PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>167</b>
<b>/PRESUPUESTO .....</b>	<b>229</b>
<b>/PLANOS .....</b>	<b>277</b>



**/MEMORIA**



## ÍNDICE

1/ INTRODUCCIÓN .....	21
2/ OBJETO Y ALCANCE .....	23
2.1. Objeto del Proyecto .....	24
2.2. Alcance del Proyecto .....	25
2.3. ODS en el Proyecto .....	25
3/ ANTECEDENTES .....	27
4/ FACTORES A CONSIDERAR .....	30
4.1. Definición del dispositivo GA-01 .....	31
4.1.1. Funcionamiento y usos del dispositivo GA-01 .....	30
4.1.2. Componentes del dispositivo GA-01 .....	43
4.1.2.1. Hardware del dispositivo GA-01 .....	43
4.1.2.2. Software del dispositivo GA-01 .....	62
4.1.3. Montaje y proceso de obtención de datos del dispositivo GA-01 .....	66
4.1.4. Normativa del dispositivo GA-01 .....	76
4.2. Ergonomía del producto .....	79
4.3. Requerimientos del rediseño .....	85
4.4. Definición del usuario objetivo .....	89
4.5. Análisis de mercado .....	90
4.5.1. Productos acabados en el mercado .....	90
4.5.2. Soluciones adaptables al problema .....	105
4.6. Conclusiones .....	115
5/ PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL .....	117
5.1. Desarrollo gráfico .....	118
5.2. Alternativa 1 .....	126
5.3. Alternativa 2 .....	127
5.4. Alternativa 3 .....	128

5.5. Criterios de selección .....	129
6/ SOLUCIÓN ADOPTADA .....	132
6.1. Renderizado .....	134
6.2. Impresión 3D del prototipo .....	136
7/ DESCRIPCIÓN DE SOLUCIONES TÉCNICAS .....	140
8/ CONCLUSIONES .....	149
8.1. Conclusiones técnicas y humanas .....	150
8.2. Futuras líneas de trabajo .....	152
REFERENCIAS .....	154
ANEXOS .....	159
ANEXO I. Memoria final Programa Meridies .....	160
ANEXO II. Póster Programa Meridies .....	165

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1a, 1b: Logotipo del PPS y de la ONG Guakía Ambiente. ....	24
Figura 2: Gráfico con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2015).....	26
Figura 3: Esquema ejemplo de funcionamiento dispositivo GA-01 (Nathan, 2023). ....	32
Figura 4: Dibujo esquemático del sistema de trilateración de los satélites (García, s.f.).....	33
Figura 5: Esquema básico de posicionamiento GNSS (GEOCOM, 2023). ....	34
Figura 6: Esquema gráfico del funcionamiento del sistema RTK (Contreras Martínez, 2016). ....	35
Figura 7: Persona usando un dispositivo con sistema RTK, usando como vínculo de comunicación tecnología de radiofrecuencias (GEOCOM, 2023). ....	36
Figura 8: Etiquetado geográfico o geotagging (Google Maps, 2024). ....	38
Figura 9: Estudio del movimiento de una sección terrestre (ArduSimple, s. f.). ....	39
Figura 10: ONG Guakía Ambiente usando el dispositivo GA-01 en el exterior. ....	40
Figura 11: Personas de una comunidad utilizando el dispositivo GA-01 en el exterior. ....	40
Figura 12: ONG Guakía Ambiente usando el dispositivo GA-01 en la UASD. ....	41
Figura 13a, 13b: ONG Guakía Ambiente usando el dispositivo GA-01 en el exterior. ....	41
Figura 14: Personas de una comunidad utilizando el dispositivo GA-01 en el exterior. ....	42
Figura 15: Todos los componentes que comprenden la estación de la base.....	43
Figura 16 Todos los componentes que comprenden la estación del rover. ....	44
Figura 17a, 17b, 17c: Jalones y niveleta usados por el GA-01 (BMP Renta Ltda., s. f.).....	45
Figura 18a, 18b, 18c: Trípode extendido, sin extender, detalle de la abrazadera de liberación pulgar y los tres puntales telescópicos que utilizan las estaciones de GA-01 (ArduSimple, s. f.).....	46
Figura 19a, 19b, 19c, 19d: Antena GNSS del dispositivo GA-01.....	46
Figura 20a, 20b, 20c, 20d: Antena multibanda GNSS calibrada (IP67) (ArduSimple, s. f.). ....	48
Figura 21a, 21b: Cable antena satelital del GA-01.....	49
Figura 22: Cable TNC/SMA-2.5 de JC Antenna (TME Electronic Components, s. f.). ....	49
Figura 23: Placa GNSS-RTK de ArduSimple en el dispositivo GA-01. ....	50
Figura 24a, 24b: Placa simpleRTK2B Pro (ArduSimple, s. f.). ....	51
Figura 25: Placa Raspberry Pi en el GA-01. ....	52
Figura 26: Placa Raspberry Pi Zero 2 W (RaspberryPi.dk, s. f.). ....	53
Figura 27: Módulo de radio de ArduSimple en el rover y en la base del GA-01.....	53
Figura 28a, 28b, 28c, 28d: Módulo de radio de largo alcance LR y XLR que usa el GA-01 y sus dimensiones (ArduSimple, s. f.). ....	54
Figura 29a, 29b: Placas del módulo de radio XB9X-DMRS-001 y XBP9X-DMRS-001 (DIGI, s. f.).....	55
Figura 30a, 30b: Dimensiones placas del módulo de radio XB9X-DMRS-001 y XBP9X-DMRS-001 ..	56

Figura 31a, 31b: Antena de radio XLR y LR que usa el GA-01 y sus dimensiones (ArduSimple, s. f.).	56
Figura 32: Esquema de conexiones del circuito de alimentación del GA-01.	57
Figura 33a, 33b: Batería portátil y puerto USB de carga de la batería del GA-01.	58
Figura 34: Interruptor del dispositivo GA-01.	59
Figura 35: Interruptor cola de rata (Mexbit.s. f.).	59
Figura 36a, 36b: Carcasa de la base y el rover del dispositivo GA-01.	60
Figura 37a, 37b: Caja de conexiones impermeable del GA-01 (AliExpress, s. f.).	61
Figura 38a, 38b: Sistema de ensamblaje de la carcasa del rover.	62
Figura 39: Interfaz del programa de registro de posición.	63
Figura 40: Interfaz del programa RTK Base (Stefal, 2024).	64
Figura 41a, 41b: Interfaz de la aplicación Network Analyzer (Techet, s. f.).	65
Figura 42: Escritorio de la Raspberry Pi visualizado a través de RealVNC Viewer (Berry, 2020).	65
Figura 43a, 43b: Transporte de los componentes del dispositivo GA-01.	66
Figura 44a, 44b, 44c: Jalón del rover y colocación de la antena sobre este.	67
Figura 45a, 45b: Ajuste del jalón y medidor numérico del costado del jalón central.	67
Figura 46a, 46b, 46c, 46d: Ajuste de la cinta y la carcasa sobre el jalón.	68
Figura 47a, 47b, 47c: Ajuste del aplique de la cámara deportiva al jalón central.	69
Figura 48a, 48b, 48c: Ajuste de la carcasa del rover sobre el aplique de cámara deportiva.	69
Figura 49a, 49b, 49c: Ensamblaje de la antena de radio sobre la carcasa del rover.	70
Figura 50a, 50b, 50c, 50d: Ensamblaje del cable de comunicación de la antena superior.	70
Figura 51a, 51b, 51c: Ajuste de los jalones pequeños sobre el plano del suelo del rover y la base.	71
Figura 52a, 52b: Dispositivo del rover y dispositivo de la base ya ensamblados.	72
Figura 53a, 53b, 53c: Acción del interruptor de la carcasa del rover.	72
Figura 54: Ledes encendidos de la placa rtk2base del rover.	73
Figura 55a, 55b, 55c: Interfaz aplicación RVNC Viewer y escritorio remoto de la Raspberry Pi del rover.	74
Figura 56a, 56b, 56c: Interfaz aplicación de José Ramón Martínez Batlle y	75
Figura 57: Fotomontaje del manejo del dispositivo GA-01.	79
Figura 58a, 58b, 58c, 58d, 58e: Carcasa del SparkFun RTK Facet (Core Electronics, s. f.).	90
Figura 59a, 59b: FJD Trion V1 Series (AliExpress, s. f.).	92
Figura 60a, 60b, 60c, 60d, 60e: MTZ68P de la marca Toknav (Mercado Libre, s. f.).	93
Figura 61a, 61b, 61c: Topcon Hiper SR (ToppTOPO, s. f.).	94
Figura 62a, 62b, 62c: Topcon Hiper HR (RMS Geoespacial, s. f.).	96
Figura 63a, 63b, 63c, 63d: UFO U5 (Haodik, s. f.).	98
Figura 64a, 64b 64c, 64d: CHC B5 (Made-in-China, s. f.).	99

Figura 65a, 65b, 65c, 65d: SP60 (RMS Geoespacial, s. f.).....	100
Figura 66a, 66b, 66c, 66d: XMSJ abrazadera de poste GNSS (AliExpress, s. f.). .....	102
Figura 67a, 67b, 67c: ELECTRICAL abrazadera de poste con soporte universal (AliExpress, s. f.)..	103
Figura 68a, 68b: oeny soporte plano de manual de cuaderno (AliExpress, s. f.). .....	104
Figura 69a, 69b, 69c: Soporte de cámara de acción para bicicleta (Amazon, s. f.). .....	105
Figura 70a, 70b, 70c: TELESIN clip de pinza de cangrejo para motocicleta (Amazon, s. f.).....	106
Figura 71a, 71b: TELESIN soporte giratorio para manillar (Amazon, s. f.). .....	107
Figura 72a, 72b: Adaptador de abrazadera de trípode de liberación rápida (24hshop, s. f.). .....	108
Figura 73a, 73b, 73c: Kupo KS-CB02 Quick Release Conector Rápido de Placa 200PL (Tripodes.cl, s. f.).....	109
Figura 74a, 74b, 74c: Manfrotto 035+264 Super Clamp Pack (Thomann Gmbg, s. f.).....	109
Figura 75a, 75b, 75c: Avenger quick action baby clamp 5/8 PIN (Manfrotto, s. f.).....	110
Figura 76a, 76b: PELI 1400 Maleta sumergible (Amazon, s. f.).....	111
Figura 77a, 77b, 77c: Caja de herramientas Xcase y caja impermeable DAUZ (Amazon, s. f.).....	112
Figura 78a, 78b: Caja de conexiones impermeable Walfront (Amazon, s. f.).....	113
Figura 79: Kit vulcanizado conexiones subacuáticas AstralPool (Piscinas Ferromar, s. f.). .....	113
Figura 80: Bocetos I.....	119
Figura 81: Bocetos II.....	120
Figura 82: Bocetos III.....	121
Figura 83: Bocetos IV.....	122
Figura 84: Bocetos V.....	123
Figura 85: Bocetos VI.....	124
Figura 86 Bocetos VII.....	125
Figura 87: Alternativa 1.....	126
Figura 88: Alternativa 2.....	127
Figura 89: Alternativa 3.....	128
Figura 90: Render de conjunto del dispositivo GA-02. ....	134
Figura 91: Render de la vista frontal del dispositivo GA-02. ....	134
Figura 92: Render de la vista inferior del dispositivo GA-02.....	135
Figura 93: Render de la vista posterior del dispositivo GA-02.....	135
Figura 94: Todas las piezas del prototipo de la carcasa del dispositivo GA-02. ....	136
Figura 95: Vista de planta con la tapa abierta del prototipo montado.....	136
Figura 96: Prototipo montado de la carcasa del dispositivo GA-02.....	137
Figura 97: Vista de planta del prototipo montado de la carcasa del dispositivo GA-02.....	137
Figura 98: Vista inferior del prototipo montado de la carcasa del dispositivo GA-02. ....	138

Figura 99: Vista interior del prototipo del recipiente inferior.....	138
Figura 100: Juego de tornillo y tuerca del prototipo. ....	139
Figura 101: Detalle del juego de tornillo y tuerca del prototipo.....	139
Figura 102: Render de detalle de la goma superior sobre el recipiente inferior.....	141
Figura 103: Render de detalle del juego de tornillo y tuerca. ....	142
Figura 104: Render de detalle de los ledes de notificación y el interruptor.....	144
Figura 105: Render de detalle del cajón de conexiones en el interior del recipiente inferior.....	145
Figura 106: Render de detalle de la conexión SMA de la antena del módulo de radio. ....	146
Figura 107: Render de detalle de los puertos de carga y la goma inferior de ajuste. ....	147

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Normativa del dispositivo GA-01.....	76
Tabla 2: Normativa del dispositivo GA-01.....	77
Tabla 3: Normativa del dispositivo GA-01.....	77
Tabla 4: Normativa del dispositivo GA-01.....	78
Tabla 5: Tabla antropométrica de medidas de Latinoamérica. ....	84
Tabla 6: Matriz comparativa con la Regla de la Mayoría.....	130
Tabla 7: Matriz comparativa de valoración.....	130



**1/**

# **INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto se engloba en el ámbito topográfico, dentro de los instrumentos que se utilizan en mediciones de campo. Concretamente, se centrará en el estudio de dispositivos de cinemática en tiempo real para personas y organizaciones que, por su situación económica, no pueden destinar grandes cantidades de dinero para realizar estas mediciones. Estos dispositivos son de utilidad para estudios topográficos del entorno y posibilitan conocer la posición tridimensional exacta de puntos concretos, aspecto esencial para la construcción de estructuras, elaboración de mapas topográficos, navegación y estudios de agricultura, entre otras finalidades. Se estudiará el mayor rango de usuarios objetivo, pero centrándonos en la población de República Dominicana con pocos recursos. En este caso, esto se conseguirá mediante el diseño de una serie de piezas que compongan el dispositivo de cinemática en tiempo real de manera que sea portátil y con un bajo coste de confección para que se pueda realizar de manera individual.

La idea de este proyecto nace de mi estadía en República Dominicana como cooperante, en el Programa de Pequeños Subsidios del PNUD y de la colaboración con la ONG Guakía Ambiente, la cual queda detallada en los Anexos I y II. Estas dos organizaciones trabajan en comunidades del país, brindando y haciendo llegar los recursos más básicos como agua y electricidad. A partir de esto, he conocido una realidad que sucede en este tipo de organizaciones que realizan levantamiento de datos con dispositivos de cinemática en tiempo real y no pueden destinar grandes cantidades de dinero para obtener un instrumento útil. También, la situación de muchos estudiantes de agrimensura de la Universidad Autónoma de Santo Domingo y otras mentes activas y curiosas que quieren obtener esta clase de dispositivos para estudios propios y recogida de datos individuales, y que, por su situación vital, tampoco pueden permitirse gastar grandes cantidades monetarias en esto.

En el presente proyecto se estudian en profundidad los productos de mediciones topográficas de este tipo y los diferentes estudios para los que están destinados. Dentro de estos, el proyecto se centra en los que utilizan un receptor de sistema global de navegación por satélites. Partiendo de ahí, se podrá conocer el rediseño del dispositivo de cinemática en tiempo real portátil que actualmente utilizan las organizaciones mencionadas, explicando los diferentes elementos que lo comprenden, su funcionamiento y otros aspectos como materiales y métodos de transferencia de datos.

**2/**

# **OBJETO Y ALCANCE**

## 2.1. OBJETO DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como objetivo principal rediseñar la carcasa del dispositivo que actualmente está utilizando la ONG Guakía Ambiente y el PPS para la recopilación de puntos geográficos con la implementación de una serie de piezas cuya confección no sea costosa y que, acompañadas del resto de partes que comprenden el dispositivo portátil de cinemática en tiempo real con receptor de Sistema Global de Navegación por Satélite (en inglés *Global Navigation Satellite System*, y en adelante GNSS), consigan ser útiles sin ningún tipo de pérdida de información. También que dichas piezas puedan ser creadas con una impresora 3D para que cualquier persona pueda acceder a este recurso y no tenga problemas para hacerse con ellas. Se desea que su diseño sea intuitivo, liviano y cómodo para el usuario, ya que deberá ser transportado, montado y desmontado en los lugares en los que se realizarán los estudios requeridos. Además, que el material con el que sean creadas no sea costoso para el usuario objetivo que necesite construir un dispositivo de este tipo. Por último, estas piezas deberán proteger los componentes de software de fenómenos climatológicos, por lo tanto, deberá ser impermeable.



Figura 1a, 1b: Logotipo del PPS y de la ONG Guakía Ambiente.

## 2.2. ALCANCE DEL PROYECTO

Para el diseño y desarrollo de esta serie de piezas se comenzará estudiando a fondo el funcionamiento y ensamblaje del dispositivo de cinemática en tiempo real con receptor GNSS que utiliza Guakía Ambiente, el cual han bautizado como GA-01. Una vez hecho esto, se analizarán entonces las diferentes variantes con las que dicho ensamblaje y montaje permite jugar y combinar, para conseguir la mejor manera de que las piezas se integren en su totalidad al resto de partes. Se definirá un perfil de usuario objetivo además de establecer un entorno específico, en este caso República Dominicana. En su parte estética, se examinará a fondo el mercado para determinar una mejora de la armonía del dispositivo en su totalidad, para que no tenga ninguna pérdida de información.

## 2.3. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL PROYECTO

Al tratarse de un proyecto de cooperación internacional, es necesario considerar las guías internacionales establecidas por la Organización de las Naciones Unidas. Estas guías se recogen en los conocidos como Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. Son diecisiete objetivos con ciento sesenta y nueve metas específicas de alcance y aplicación global, orientados a erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la paz y prosperidad para todas las personas.

En este proyecto, se pueden enunciar tres de los diecisiete objetivos que durante el desarrollo de este se han tenido presentes:

**ODS 9. Industria, Innovación e Infraestructura.** Con la modernización de la infraestructura del dispositivo GA-01 y su reconversión en un rediseño sostenible y eficiente, con un mayor uso de recursos tecnológicos y menos emisiones y residuos.

**ODS 12. Producción y Consumo Responsables.** Con esto, durante el proyecto se tiene en cuenta el consumo responsable y el aprovechamiento de los recursos de los que ya dispone la ONG Guakía Ambiente y el PPS. También, implementar la reutilización de las cosas materiales que ya poseen.

**ODS 17. Alianzas para lograr los objetivos.** Al tratarse de un proyecto nacido de una experiencia de cooperación internacional entre España y República Dominicana, promueve el desarrollo, la transferencia, la difusión y la aplicación de tecnologías respetuosas con el medio ambiente entre estos países.

Con esto, la finalidad de este proyecto contribuye a estos objetivos de desarrollo mediante la implementación de soluciones innovadoras, sostenibles y eficientes para mejorar la infraestructura de posicionamiento y navegación del dispositivo GA-01. También contribuye a la difusión de prácticas de producción responsables y la colaboración tecnológica.



Figura 2: Gráfico con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2015).  
(<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>)

**3/**

# **ANTECEDENTES**

Hasta hace apenas diez años, el mercado de receptores GNSS en República Dominicana, y en casi todo el mundo, estaba dominado prácticamente de forma exclusiva por tres empresas de capital estadounidense. Estas fabricaban tanto el hardware necesario (módulos especializados, integrados en productos de alta calidad y complejidad para su uso en condiciones extremas) como el software de operación. Los costes de producción eran elevados, la tecnología tenía un mercado prácticamente de nicho, aunque son equipos con muchísimas aplicaciones, y sólo profesionales con capital suficiente, ya que los precios podían alcanzar los cincuenta mil dólares, y una demanda de servicios elevada, eran capaces de adquirir equipos GNSS-RTK.

La publicación de software para procesamiento de datos GNSS (p. ej. RTKLIB), el abaratamiento de los semiconductores, y la irrupción en el mercado internacional y nacional de empresas de capital chino y europeo, fabricantes de equipos de bajo coste orientadas al mercado de consumo masivo, cambió sensiblemente este panorama. La "revolución del bajo costo" tocó de manera directa a este sector y cambió las reglas de juego, al punto que, en apenas diez años, se pasó de un oligopolio de la precisión a un escenario de "precisión para las masas".

Los profesionales que usaban estos equipos en República Dominicana eran básicamente del área de agrimensura y topografía. En el área de geociencias, la minería, la geodesia, y la tecnología de conducción autónoma, eran y son aplicaciones desconocidas de los receptores GNSS. Su uso en este país sigue siendo la medición de tierras, pues acompañado de otros instrumentos de medición óptica, permiten mejorar la precisión del catastro exponencialmente. Sin embargo, las aplicaciones de los GNSS en República Dominicana siguen estando reducidas a la mensura y existen pocos ejemplos de uso en investigación geocientífica.

Actualmente, en este país muchas organizaciones y cooperativas sufren de falta de fondos para invertir en instrumentos para mediciones de campo para la realización de estudios y obras de ingeniería. Sumado a esto, el campo del posicionamiento geográfico de alta precisión no es algo muy conocido y que muchos jóvenes universitarios agrónomos en el país reusan de él, ya que para poder desenvolverse bien requiere también de

conocimientos avanzados de electrónica e informática. Este factor hace entonces que pierdan motivación por aprender sobre esto. Además, los dispositivos de posicionamiento geográfico son excesivamente caros lo que hace que sea prácticamente imposible para los estudiantes experimentar con la recogida de este tipo de datos y, a las instituciones que no disponen de muchos fondos, poder adquirir uno de estos.

A parte de estos factores, también existen otros de tipo orográfico como la complejidad de sus paisajes compuestos por muchos valles profundos, cañones muy angostos y una cobertura arbórea tan densa con baja permeabilidad a las ondas de luz lo que dificulta la comunicación de los satélites con el dispositivo. A esto también hay que sumarle la falta de conexiones y de una red amplia de bases RTK geodésicas abiertas para todo el público que desee usar un dispositivo de este tipo.

Es por esta razón que surge el proyecto, para intentar solucionar todos estos inconvenientes que hacen que muy pocos usuarios puedan utilizar los dispositivos de posicionamiento geográfico de gran calidad. Con esto, acercar en términos de coste y educación tecnológica el posicionamiento geográfico de alta precisión a un público poco experimentado.

**4/**

# **FACTORES A CONSIDERAR**

## 4.1. DEFINICIÓN DEL DISPOSITIVO GA-01

El GA-01 es un dispositivo de posicionamiento, navegación y precisión centímetra gracias a que utiliza la técnica RTK (Real-Time Kinematic) o Cinemática en Tiempo Real. Un método de posicionamiento diferencial GNSS (Global Navigation Satellite System), o DGNSS, basado en la onda portadora de señales enviadas desde satélites artificiales, y en el que se modelizan las fuentes de error (y se transmiten en tiempo real) a partir de las observaciones colectadas en un otro dispositivo cuyas coordenadas se conocen (Kaplan y Hegarty, 2017).

### 4.1.1. FUNCIONAMIENTO Y USOS DEL DISPOSITIVO GA-01

Para explicar entonces en profundidad el funcionamiento del receptor GNSS GA-01, que utiliza cinemática satelital en tiempo real, es necesario comenzar definiendo el posicionamiento estándar y lo que diferencia estas dos técnicas.

El posicionamiento GNSS estándar determina las coordenadas de un punto concreto basándose en una constelación de satélites artificiales que orbitan alrededor de la Tierra, y con los que se puede determinar la posición tridimensional de un receptor. El posicionamiento GNSS estándar también se le conoce como posicionamiento independiente, autónomo o de punto único (*single mode*, en inglés).

Existen cuatro constelaciones dentro de los Sistemas de Navegación Global de Satélites considerados “operativos”: GPS, creado y gestionado por los Estados Unidos de América y con un total de 31 satélites; BeiDou (China), con 35 satélites; Galileo, la red de la Unión Europea con 24 satélites y GLONASS, la red de 24 satélites utilizada por Rusia. Se utiliza este tipo de posicionamiento para muchas aplicaciones generales como navegación, seguimiento o servicios basados en la ubicación donde la posición no tenga que superar los escasos metros de precisión.

El funcionamiento de estos sistemas se basa en el cálculo de la posición tridimensional de un objeto sobre la Tierra a través de la medición de la distancia entre el punto de interés y al menos cuatro satélites de los cuales conocemos su posición. Los satélites GNSS utilizan señales de banda L, estas contienen códigos y datos de navegación que permiten calcular el tiempo de viaje de la onda electromagnética desde el satélite al receptor y la posición y velocidad del satélite.

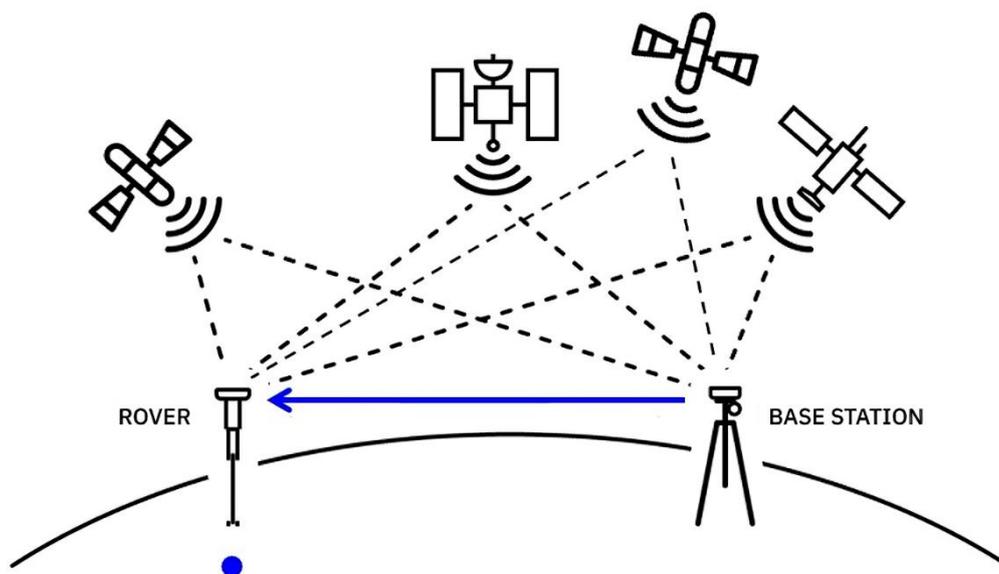


Figura 3: Esquema ejemplo de funcionamiento dispositivo GA-01 (Nathan, 2023).  
(<https://pointonnav.com/news/is-build-your-own-rtk-really-worth-it/>)

Para la obtención de la posición, los sistemas GNSS estándar realizan una trilateración. En una trilateración lo que sucede es que un cierto objeto del que se intenta obtener sus coordenadas está a una distancia determinada de tres puntos de referencia conocidos. En este caso, los satélites crean esferas cuya intersección genera una circunferencia que indica que el objeto se encuentra en un punto en la Tierra y en otro punto fuera de ella. Aquí es donde entra un cuarto satélite que elimina la intersección falsa y transforma las ecuaciones no lineales a lineales para resolver el problema anterior con un método iterativo, y es entonces cuando se obtiene la latitud, longitud y altitud precisa del objeto, así como la coordenada que marca el tiempo en el que se recogió dicho dato.

Los aspectos más importantes de este tipo de señales son la onda portadora, el código de alineación y los datos de navegación. La onda portadora es una onda

electromagnética sinusoidal de radiofrecuencia que oscila a una frecuencia determinada pero diferente a la frecuencia de la información o los datos. Luego, el código de alineación es una secuencia de código binario con la cual se determina el tiempo de viaje de las señales desde los satélites a los receptores que están en la superficie de la Tierra. Por otro lado, los datos de navegación son todos los mensajes binarios que otorga información sobre las efemérides provenientes de los satélites, almanaque (conjunto de efemérides de precisión reducida) y los parámetros de corrección del reloj.

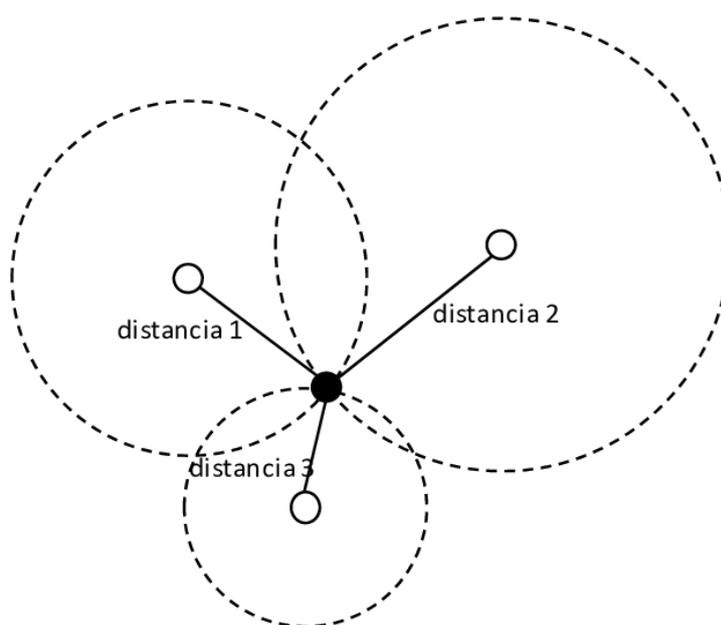


Figura 4: Dibujo esquemático del sistema de trilateración de los satélites (García, s.f.). ([https://www.researchgate.net/figure/Trilateracion-La-distancia-a-tres-balizas-nodos-blancos-permite-a-un-sensor-nodo\\_fig1\\_228705728](https://www.researchgate.net/figure/Trilateracion-La-distancia-a-tres-balizas-nodos-blancos-permite-a-un-sensor-nodo_fig1_228705728))

Profundizando en materia de teoría, los sistemas GNSS utilizan un concepto denominado pseudorange, el cual define la distancia que existe entre un satélite GNSS y un receptor GNSS situado en la Tierra. Este pseudorange se calcula midiendo el tiempo que tarda una señal de radio en llegar desde el satélite al receptor. Este tiempo es medido por el receptor y se mide con un oscilador de alta frecuencia y un registro de tiempo. El oscilador entonces sincroniza su reloj con el reloj del satélite y cuando la señal llega al receptor, el receptor empieza a contar el número de pulsos de su oscilador hasta que recibe la señal de radio completa. El tiempo de llegada se calcula multiplicando el número de pulsos por el período de pulsos del oscilador, por lo que la cantidad de pulsos será proporcional al tiempo que tarda la señal en llegar al receptor desde el satélite. El resultado de este cálculo es una

estimación ya que el tiempo medido está sujeto a errores debidos a diferentes factores como la atenuación de la señal a través del atmósfera y el efecto de los obstáculos.

Una vez conocido el tiempo que tarda la señal en llegar, y utilizando la velocidad de la onda (velocidad de la luz en el vacío), se calcula entonces la distancia desde cada satélite al receptor, siendo necesario un mínimo de tres satélites en esta fase inicial. Con esto, y junto con la información de la posición de los satélites, posteriormente se corrige el error del reloj del receptor con un cuarto satélite. Y se calcula la posición del punto de interés en la Tierra.

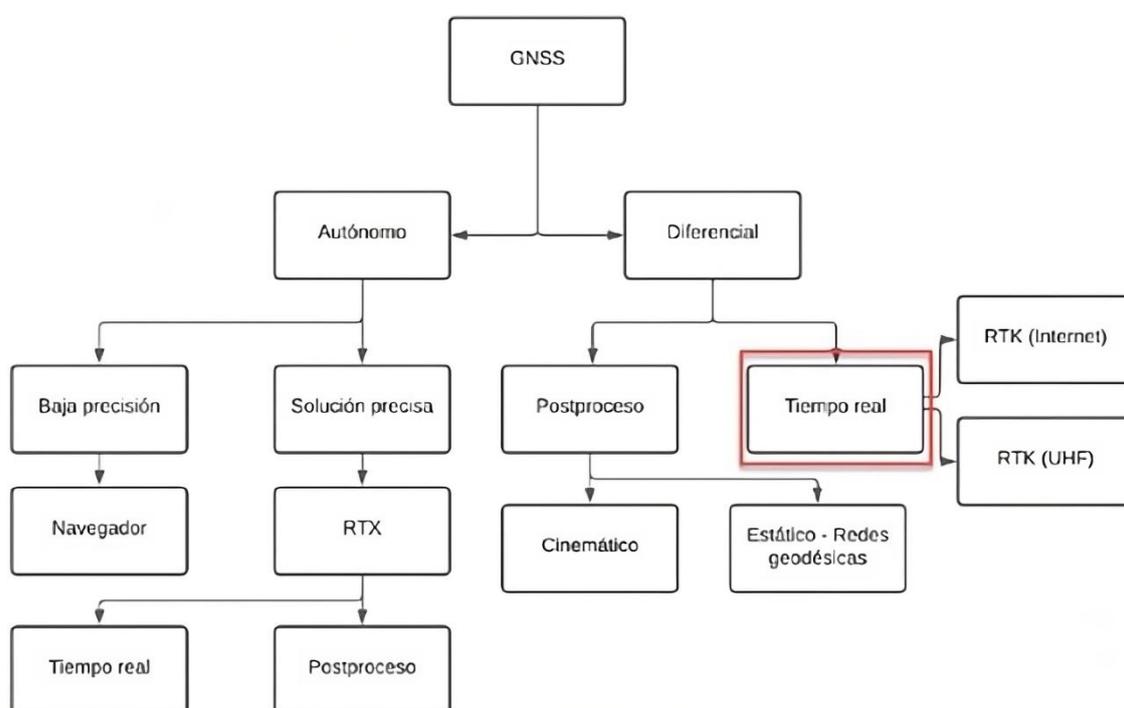


Figura 5: Esquema básico de posicionamiento GNSS (GEOCOM, 2023).  
(<https://www.geocom.cl/blogs/news/posicionamiento-rtk-recomendaciones-y-cuidados>)

Una vez definido esto, podemos recoger las diferencias entre el posicionamiento RTK y el GNSS en modo autónomo en dos grupos, las de tipo precisión y las de tipo metodológico. En cuanto a precisión, mientras que el posicionamiento GNSS en modo autónomo proporciona la posición del orden de entre 2 y 10 metros (p. ej. precisión estándar), los sistemas con tecnología RTK de tipo GNSS diferencial lo hacen en orden de centímetros y, por lo tanto, estos últimos serán más útiles en situaciones en las que se requiera más precisión.

Por otro lado, en referencia a la metodología, el posicionamiento GNSS en modo autónomo determina la posición del usuario u objeto calculando el tiempo que tardan en viajar las señales de los satélites al receptor, entrando en juego un solo receptor del que se intenta calcular su posición a partir de la red de satélites cuya posición se conoce. En este modo, la precisión posicional se verá influenciada por factores como los errores del reloj del satélite, los retrasos atmosféricos y los errores de trayectos múltiples, entre otros, agrupados comúnmente como errores de propagación.

Sin embargo, los dispositivos GNSS que utilizan la tecnología de posicionamiento diferencial basado en onda portadora con corrección en tiempo real, o RTK, emplean una red de estaciones fijas o bien una estación base, de la cual se conoce su posición exacta. Estas estaciones monitorean continuamente las señales de los satélites y calculan las correcciones de los errores que ocurren, mencionados anteriormente, los cuales son transmitidos usando el estándar RTCM (Kaplan y Hegarty, 2017) por medio de algún vínculo de comunicación. Con esto, el receptor móvil, también llamado *rover*, cuyas coordenadas nos interesa conocer, aplica estas correcciones en tiempo real para obtener una mayor precisión posicional. O lo que es igual, los satélites GNSS envían señales a la estación base y, con estas señales, la base calcula los errores de propagación de las mismas y los envía en la forma de mensajes RTCM mediante un vínculo de comunicación al *rover*, el cual corrige su posición continuamente para determinar la posición exacta con precisión centimétrica (Quintanilla García, 2013).

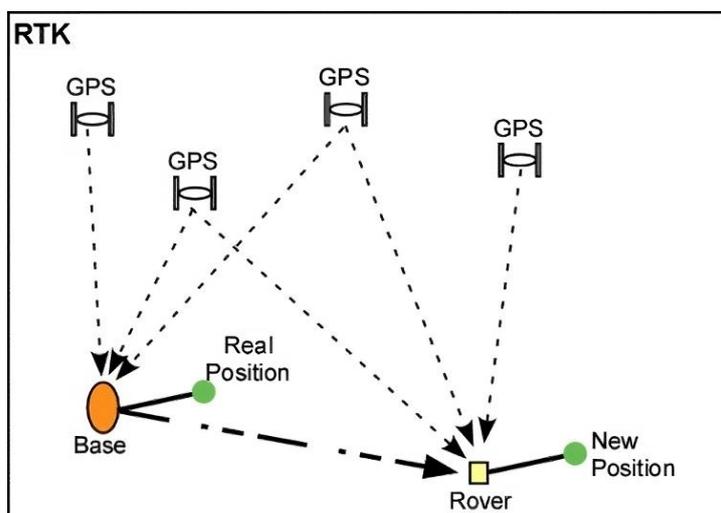


Figura 6: Esquema gráfico del funcionamiento del sistema RTK (Contreras Martínez, 2016).  
([https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-13-Funcionamiento-del-sistema-RTK\\_fig13\\_308791698](https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-13-Funcionamiento-del-sistema-RTK_fig13_308791698))

Específicamente, en el caso del dispositivo GA-01, el *rover* calcula su posición gracias a los continuos mensajes de corrección que envía la estación fija o base. La forma en la que estos mensajes pasan de la base al *rover* puede realizarse de dos maneras diferentes.

La primera es a través de radiofrecuencia, o simplemente conexión radio, usando una de las denominadas “bandas de radio industriales, científicas y médicas (bandas ISM)”, en concreto para República Dominicana la banda de los 915 MHz. Este método de conexión permite que la distancia entre ambos dispositivos pueda ser mayor de 200 metros llegando incluso a kilómetros de longitud.

Y en segunda lugar, por medio de protocolo IP, es decir, empleando la red de telefonía conectada a Internet, específicamente usando protocolo NTRIP. El protocolo NTRIP significa “Network Transport of RTCM via Internet Protocol” (Martínez Batlle, 2024). El dispositivo hace uso del primero de los métodos.



Figura 7: Persona usando un dispositivo con sistema RTK, usando como vínculo de comunicación tecnología de radiofrecuencias (GEOCOM, 2023).  
(<https://www.geocom.cl/blogs/news/posicionamiento-rtk-recomendaciones-y-cuidados>)

En este punto, comienza el postproceso, el cual está totalmente separado de la tecnología RTK. Para la obtención de la solución precisa, se usa una tecnología prácticamente igual a la RTK pero en el postproceso, denominada PPK de “post-processed kinematics”. Lo único que diferencia al postproceso del RTK es que la obtención de las coordenadas precisas (lo que se denomina “solución”) se hace sin necesidad de que exista un vínculo de comunicación entre la base y el *rover*. Esto tiene ciertas ventajas, porque permite mejorar la precisión de la solución, y al no existir la necesidad de un vínculo de comunicación en tiempo real, se reduce mucho el equipamiento de terreno (Martínez Batlle, 2024).

Entonces, en el postproceso se recogen dos archivos de soluciones diferentes en formato texto, un archivo del *rover* y otro archivo proveniente de la base. El archivo del *rover* se resume en una serie de datos que se repiten cada tiempo que se le ha marcado anteriormente, lo que resulta en una nube de puntos con precisión milimétrica. Posteriormente, se sacará el dato concreto de las coordenadas topográficas del *rover* haciendo la media de todos los datos recogidos. Mientras que el archivo de la base también genera un archivo con todas las coordenadas topográficas, de este solo interesa la coordenada del tiempo en el que se ha recogido cada dato.

Una vez definido el funcionamiento de este tipo de dispositivos, se define entonces los diferentes usos para los que están destinados. Hoy en día el uso del RTK y, en general, el posicionamiento DGNS, es una herramienta esencial para el desarrollo de trabajos de campo en muchos sectores industriales. Uno de ellos es la topografía y cartografía. Dentro de este campo se usa para un grupo variado de finalidades como catastro y peritaje, prospección arqueológica, cartografía de lugares históricos y culturales, estudios para construcción de infraestructuras y replanteo de construcciones. También para modelado digital de elevaciones, cartografía forense, etiquetado geográfico, levantamientos hidrográficos, cartografías de tipo LiDAR (Light Detection And Ranging), inspección minera, fotogrametría, supervisión de la instalación de tuberías y cables, levantamientos topográficos y estudios 3D (ArduSimple, s.f.).

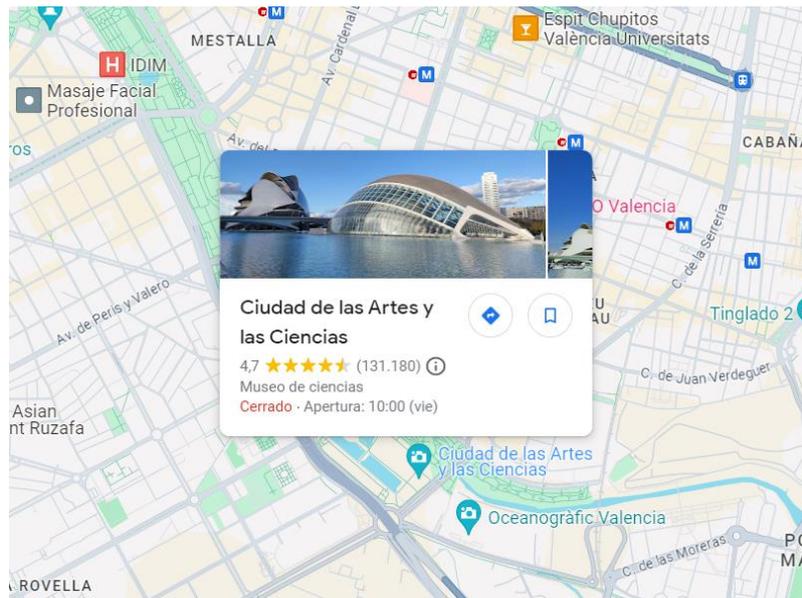


Figura 8: Etiquetado geográfico o geotagging (Google Maps, 2024).  
(<https://acortar.link/cmMrRK>)

Otro de los sectores industriales sería el de la investigación y el desarrollo refiriéndose sobre todo a casos prácticos. Aquí se encuentran aplicaciones como las de carreras de esquí alpino, dónde se necesitan saber los datos precisos de posición del centro de masa, la velocidad y la aceleración para el análisis del rendimiento y prevención de lesiones. Este tipo de estudio implica un sistema GNSS RTK que devuelva la trayectoria de referencia del esquiador mediante el uso de un traje con sensores inerciales. También se usan para pruebas de choque para evaluar el comportamiento de los vehículos o para el estudio de la línea costera dónde se utiliza esta tecnología para determinar la línea costera entre la tierra y el océano.

En el campo de la investigación geocientífica, también se encuentra el estudio del movimiento y la deformación de la superficie de la Tierra. En general, la tecnología GNSS con frecuencia se utiliza para medir este tipo de fenómenos geofísicos, como la deformación de la corteza terrestre y el movimiento de las placas tectónicas, lo cual suele ocurrir a velocidades muy bajas, de apenas unos milímetros al año. Es también empleado en el estudio de la inflación y deflación de volcanes, la deformación de la corteza por derretimiento de glaciares en latitudes polares, y también en fenómenos de menor escala como los deslizamientos de tierras y en general de los procesos de laderas.

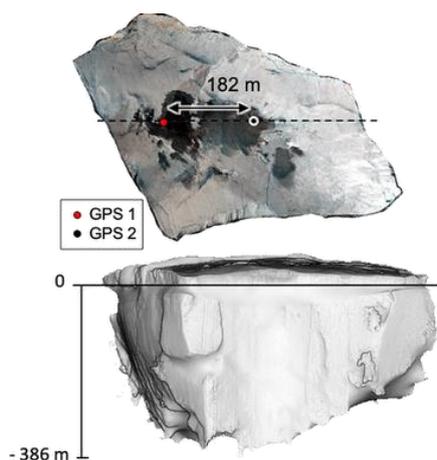


Figura 9: Estudio del movimiento de una sección terrestre (ArduSimple, s. f.).  
(<https://www.ardusimple.com/research-and-development/>)

Además, los dispositivos de posicionamiento RTK son de gran utilidad en el campo de la agricultura. En este campo se utiliza para el control de la biomasa, conducción automática de maquinaria agrícola, definición de contornos de campos, riego de precisión, fertilización, control de plagas y control de la vegetación, entre muchos otros (ArduSimple, s. f.).

Hoy en día, otra finalidad que se le ha encontrado a las funciones que puede desarrollar un dispositivo RTK GNSS es la de destinarla a tareas que desarrollan drones o vehículos aéreos no tripulados (UAV). Tareas en áreas como la construcción, la agricultura, la extinción de incendios, la vigilancia medioambiental, la topografía o búsqueda y rescate son algunas de las tareas que los drones realizan y que, gracias a los dispositivos de posicionamiento preciso, mejoran sustancialmente su rendimiento.

Otras de las muchas áreas industriales a las que pueden ser destinados los dispositivos con tecnología RTK GNSS son la navegación marítima y fluvial, los juegos basados en localización (Pokemon Go, Ingress o Geocaching), los vehículos autónomos, las carreteras y automoción, la robótica, la inspección de líneas de alta y mediana tensión, la inspección de torres de telecomunicación, las competiciones deportivas y las redes ferroviarias y ferrocarriles, entre muchas otras.



Figura 10: ONG Guakía Ambiente usando el dispositivo GA-01 en el exterior.  
(Propia de la Biblioteca de fotografías de ONG Guakía Ambiente).

En cuanto al dispositivo GA-01 que utiliza la ONG Guakía Ambiente y el Programa de Pequeños Subsidios (PPS) del PNUD de la República Dominicana, se utiliza para realizar levantamientos de campo y recoger datos de los puntos geográficos del terreno dónde se va a realizar la construcción de una infraestructura.



Figura 11: Personas de una comunidad utilizando el dispositivo GA-01 en el exterior.  
Propia de la Biblioteca de fotografías de la ONG Guakía Ambiente.

La ONG Guakía Ambiente realiza proyectos como la construcción de micro hidroeléctricas, la construcción de viviendas para acoger a comunidades enteras de hasta cientos de personas o la construcción de pozos para lograr que estas comunidades tengan agua.

En la imagen contigua se observa a uno de los integrantes del equipo durante un taller impartido en la Universidad Autónoma de Santo Domingo a estudiantes de Ingeniería Agrónoma sobre las mediciones de campo de este tipo de instrumento.



*Figura 12: ONG Guakía Ambiente usando el dispositivo GA-01 en la UASD.*

Mientras, en cuanto a los usos del dispositivo GA-01 que el Programa de Pequeños Subsidios (PPS-SGP) del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) hace de él, se encuentran la construcción también de centrales hidroeléctricas, implementación de redes eléctricas en comunidades de la República Dominicana, así como construcción de hogares, infraestructuras para la obtención de agua corriente, pozos y otras muchas cosas. Es un dispositivo útil e imprescindible en las tareas de campos que se han de realizar previas al diseño de las infraestructuras que se requieren construir en el lugar.



*Figura 13a, 13b: ONG Guakía Ambiente usando el dispositivo GA-01 en el exterior. Propia de la Biblioteca de fotografías de la ONG Guakía Ambiente.*



*Figura 14: Personas de una comunidad utilizando el dispositivo GA-01 en el exterior.  
Propia de la Biblioteca de fotografías de la ONG Guakía Ambiente.*

#### 4.1.2. COMPONENTES DEL DISPOSITIVO GA-01

Una vez explicado el funcionamiento del dispositivo que utiliza Guakía Ambiente y el PPS para este tipo de mediciones de campo, se clasifican entonces los componentes del dispositivo GA-01, para lo cual se establecen dos grandes grupos; el hardware y el software.

##### 4.1.2.1. HARDWARE DEL DISPOSITIVO GA-01

Aquí se exponen los diferentes elementos que conforman el hardware del dispositivo, y a su vez los diferentes elementos dentro de cada categoría:

- La **base** es la estación de referencia fija que no se mueve y que continuamente está enviando correcciones a la estación móvil para así obtener las posiciones precisas (Martínez Batlle, 2024).

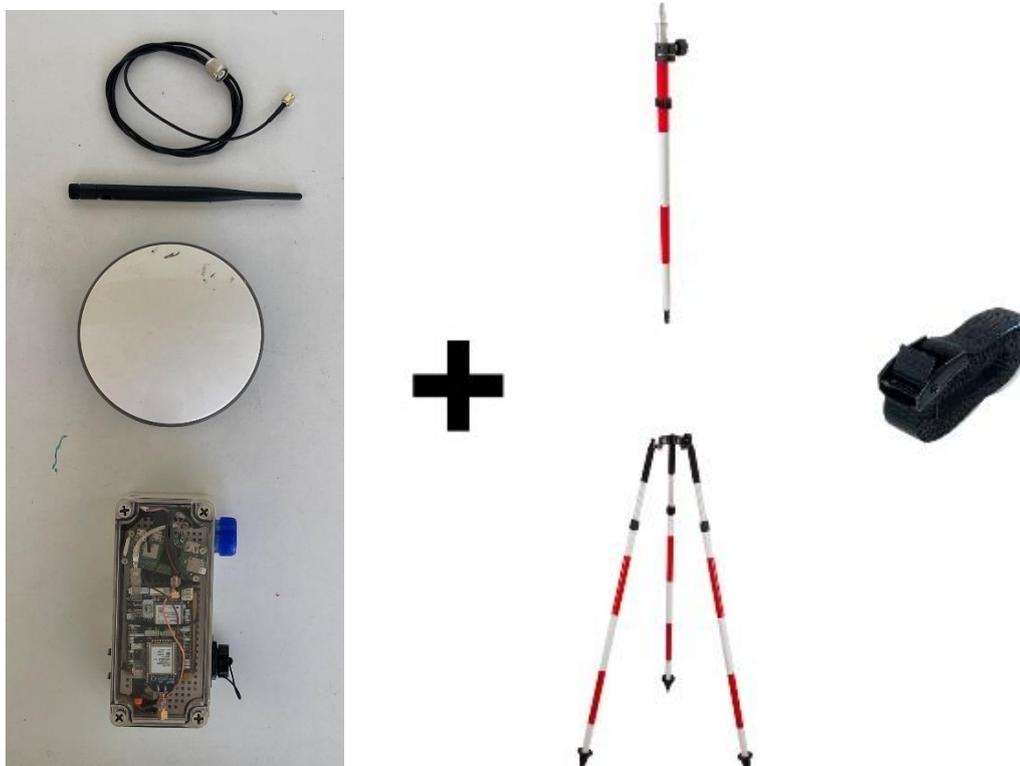
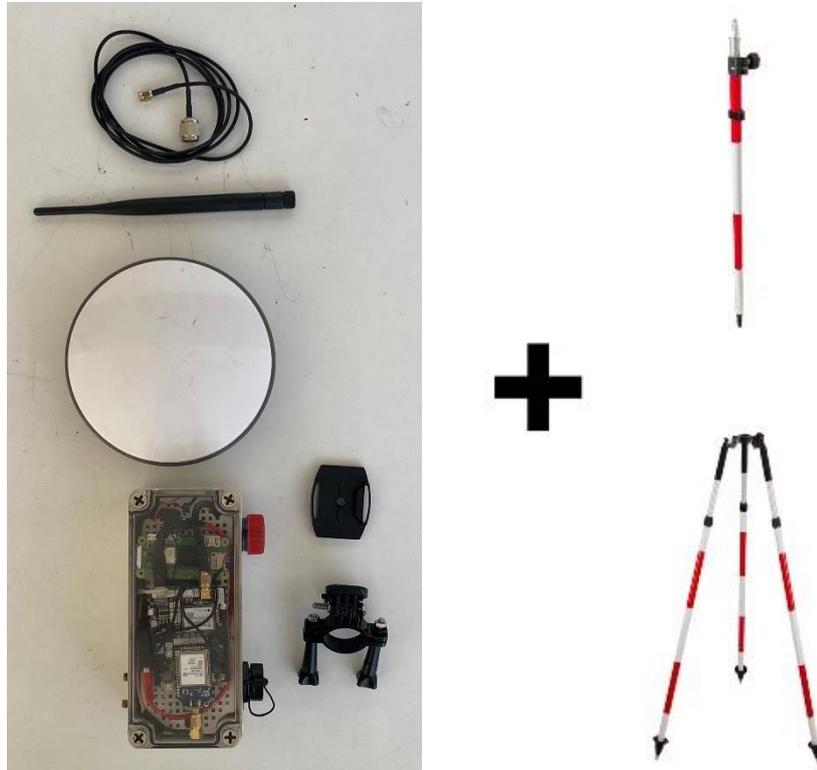


Figura 15: Todos los componentes que comprenden la estación de la base.

- El **rover** es el receptor de datos móvil, también se le llama estación móvil. La posición que tenga el rover es la que se quiere calcular para los estudios de interés.



*Figura 16 Todos los componentes que comprenden la estación del rover.*

- Un **teléfono móvil** que funciona como escritorio remoto a través de su pantalla.

Aunque sean dos estaciones diferentes, muchos de los componentes que comprenden la base también se encuentran formando el *rover*, lo que significa que cada componente se repite y se encuentran dos unidades de cada uno. A continuación, se extienden los componentes que ambos comparten:

- **Jalón telescópico.** Soporte central metálico en forma de cilindro que se ancla al suelo y sobre el que se sostienen el resto de los componentes. El jalón es extensible ya que debe otorgar la altura requerida para la medición, esta debe ser igual en ambas estaciones para que los cálculos se establezcan a la misma altura y se puedan cruzar los datos in problema. También posee una niveleta esférica la cual sirve de nivelador para asegurar la perpendicularidad sobre el plano del suelo y que la estructura se mantenga recta.

En el caso de los jalones, las estaciones del GA-01 utilizan dos jalones diferentes lo cual no es ningún problema a la hora de medir. Poseen un jalón telescópico de fibra de carbono de una extensión máxima de 2 metros y 57 centímetros con tornillo de 5/8"-11 UNF, por un precio de 120 dólares sin incluir los impuestos. Luego, poseen otro jalón, en este caso de aluminio, de tres tramos con tuercas tipo leica para ajustar los tramos. Estos tienen una altura máxima de 4 metros y 60 centímetros y también tornillo 5/8"-11 UNF. Los dos jalones poseen un nivelador de burbuja para regularlo. Este último tiene un costo de 95 dólares sin impuestos. Ambos se encuentran en la tienda online de BMP Renta Ltda. En Guakía Ambiente siempre establecen la altura en 2 metros para realizar los cálculos.

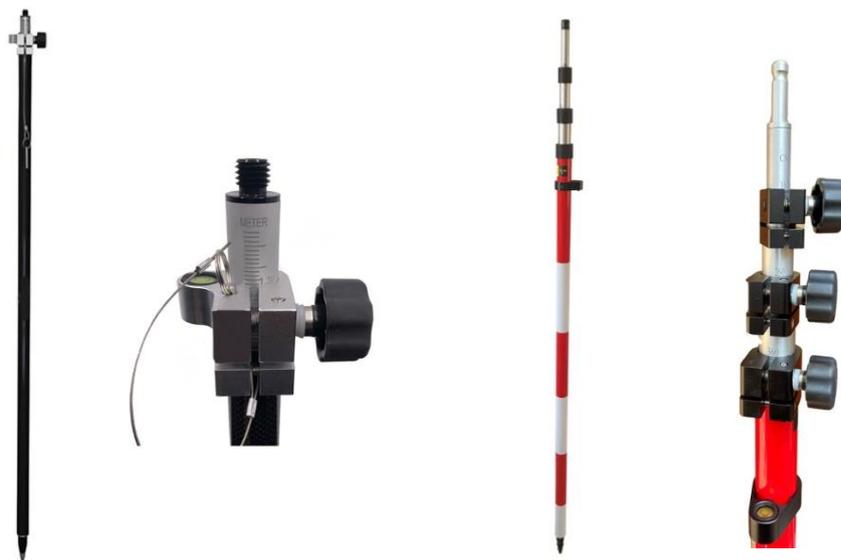


Figura 17a, 17b, 17c: Jalones y niveleta usados por el GA-01 (BMP Renta Ltda., s. f.).  
 (<https://bmprenta.cl/producto/jalon-position-fibra-carbono-telescopico-para-gps/>)  
 (<https://bmprenta.cl/producto/jalon-telescopico-de-aluminio-geotech-4-6-m/>)  
 (<https://bmprenta.cl/producto/jalon-telescopico-de-aluminio-geotech-4-6-m-tuercas-de-ajuste-tipo-leica/>)

- **Trípode.** Conjunto de soportes de aluminio con tres puntales telescópicos que sujetan el jalón en su centro y son anclados a la superficie dónde se quiere medir para dar estabilidad al conjunto. Estos incorporan una abrazadera de liberación con el pulgar que permite extender las extremidades del trípode para ajustar de manera correcta el conjunto al plano de la superficie dónde se está midiendo.

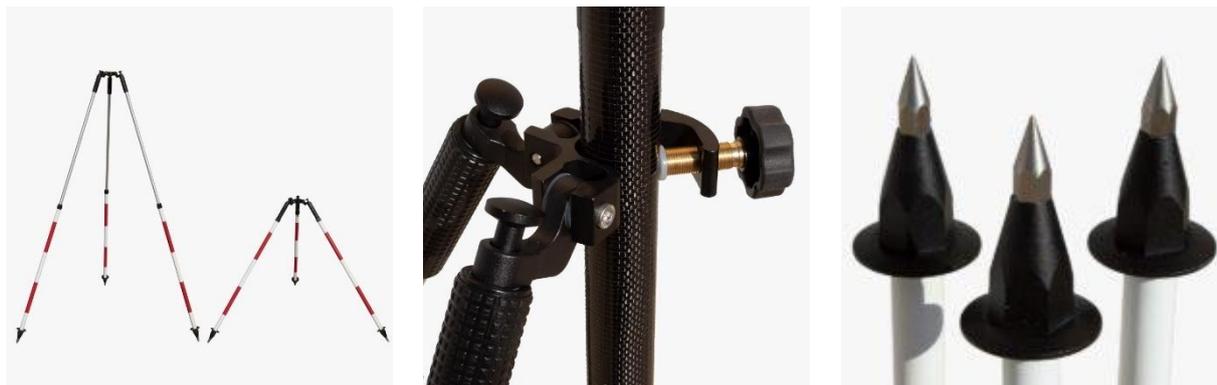


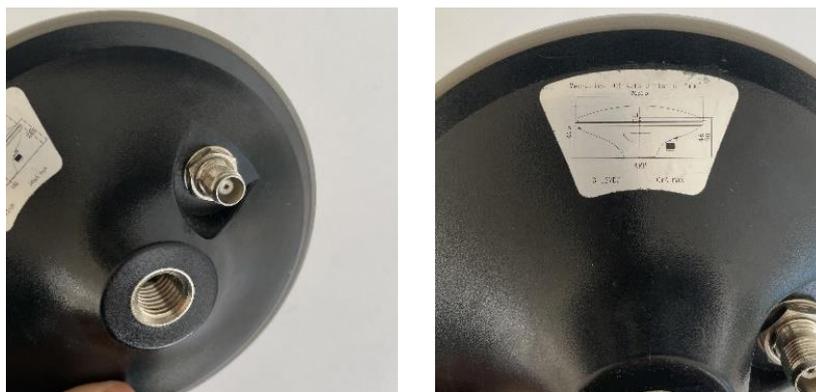
Figura 18a, 18b, 18c: Trípode extendido, sin extender, detalle de la abrazadera de liberación pulgar y los tres puntales telescópicos que utilizan las estaciones de GA-01 (ArduSimple, s. f.).  
(<https://www.ardusimple.com/product/tripod-for-surveying-pole/>)

El trípode usado por GA-01 es de aluminio y posee una extensión de sus brazos que va desde los 1,08 metros a los 1,81 metros, los cuales se ajustan pulsando las abrazaderas de liberación. Este tiene un peso de 2,8 kilogramos y tres puntas de acero en cada uno de los extremos de los brazos. Con número de serie SKU AS-ACC-SURVEYTRIPOD-00 tiene un costo de 199 euros sin IVA en ArduSimple.

- **Antena GNSS.** Antena multibanda GNSS externa calibrada y de alta precisión para receptores RTK. La antena posee un anillo de gel a prueba de golpes lo que también la hace impermeable. Es importante añadir que las bandas de frecuencia que detecta la antena coinciden con las bandas de frecuencia admitidas por el módulo usado en GA-01, que es el u-blox ZED-F9P integrado en la placa receptora simpleRTK2B, por lo que antena y placa son compatibles. En el plano inferior, próximo a la rosca de acople al jalón, tiene una conexión de tipo TNC hembra para poder conectar la antena con el resto del circuito por medio del cable correspondiente.



Figura 19a, 19b: Antena GNSS del dispositivo GA-01.



Figuras 19c, 19d: Antena GNSS del dispositivo GA-01.

Las dos antenas que usa el dispositivo GA-01 soporta bandas de señal de GPS (L1 y L2), GLONASS (G1 y G2), BeiDou (B1 y B2), Galileo (E1 y E5b), QZSS (L1 y L2) y SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS y GAGAN) (ArduSimple, s.f.). La impedancia de la antena es de 50 ohmios y el error de centro de fase es de  $\pm 1$  milímetro. En cuanto a aspectos eléctricos, la tensión de alimentación es de entre 3 y 12 voltios, siendo la corriente de alimentación típica en 3 voltios de 45 miliamperios. En cuanto a las dimensiones, tiene una longitud máxima de 152 milímetros y una altura máxima de 62 milímetros. La rosca de acople al jalón tiene una relación de 5/8"-11 UNF. La antena tiene un peso total de 400 gramos. Se recomienda una temperatura de entre -40 y 85 grados centígrados para su óptimo almacenaje y operatividad.

Esta antena tiene una clasificación de IP67 en la escala de protección del código IP que establece los grados de protección contra la intrusión de objetos sólidos, polvo, contacto accidental, agua o humedad (Barcelona Led, 2024). La clasificación IP67, significa que está fabricado a prueba de polvo y contra la inmersión durante un tiempo determinado. Se puede encontrar en la tienda de ArduSimple por un precio de 149 euros, sin IVA, en el que se incluye también el cable coaxial con terminales TNC y SMA.



Figura 20a, 20b, 20c, 20d: Antena multibanda GNSS calibrada (IP67) (ArduSimple, s. f.).  
 (<https://www.ardusimple.com/product/calibrated-survey-gnss-multiband-antenna-ip67/>)

- **Cable coaxial de la antena GNSS.** Este cable es el que conecta la antena GNSS con el resto del circuito que se encuentra en la carcasa. Tiene un tipo de conexión SMA macho a TNC macho. La terminación SMA macho es la que se conecta con el SMA hembra que se encuentra en la carcasa y que va al resto del circuito, mientras que la terminación TNC macho se conecta con la terminación TNC hembra que se localiza en la parte inferior de la antena satelital. Se diferencian estas dos terminaciones siendo la terminación TNC en color plata, más ancha y larga, mientras que la terminación SMA es en color dorado, de menor anchura y longitud.

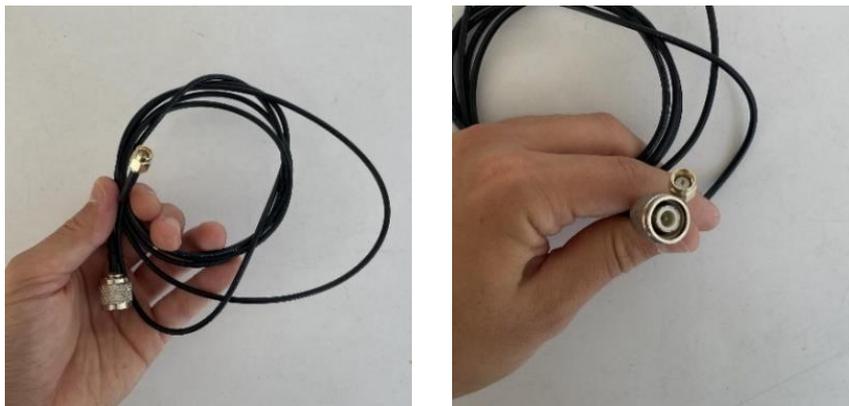


Figura 21a, 21b: Cable antena satelital del GA-01.

El cable en el mercado tiene un precio por unidad de alrededor de 5 dólares del fabricante JC Antenna en la página web de TME Electronic Components. Posee una longitud de 250 centímetros con un recubrimiento de plástico en color negro y un peso bruto de 46,19 gramos totales. El nombre de serie del fabricante es TNC/SMA-2.5. Este cable es el mismo que el usa el dispositivo GA-01.



Figura 22: Cable TNC/SMA-2.5 de JC Antenna (TME Electronic Components, s. f.).  
([https://www.tme.eu/es/details/tnc\\_sma-2.5/antenas-gps/jc-antenna/](https://www.tme.eu/es/details/tnc_sma-2.5/antenas-gps/jc-antenna/))

- **Placa GNSS-RTK.** La placa simpleRTK2B Pro de ArduSimple es un receptor de geoposicionamiento en forma de placa de circuito impreso, independiente, que integra un módulo de alta precisión receptor de señales GNSS. Tiene un rango de tensión de entre 4,5 y 5 voltios y un voltaje de antena de 3,3 voltios. Esta placa se encarga de recibir y procesar las señales de tipo GNSS, y de procesar y elaborar los datos de corrección. Sobre esta, se conecta el módulo de radio para transmitir las correcciones. Recibe las señales GNSS a través de un conector SMA hembra donde se acopla el cable procedente de la antena ya descrita (Martínez Batlle, 2024).

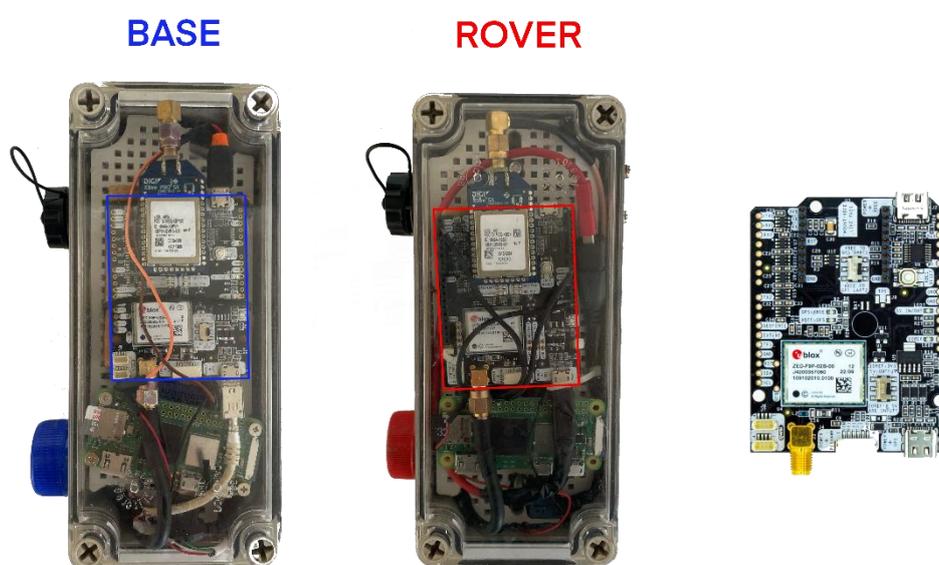


Figura 23: Placa GNSS-RTK de ArduSimple en el dispositivo GA-01.

El módulo GNSS de la placa es el u-blox ZED-F9P, que cuenta con un receptor GNSS de 184 canales y un motor de solución RTK u-blox. El ZED-F9P es capaz de rastrear señales de banda de GPS (L1C/A y L2C), GLONASS (L1OF y L2OF), BeiDou (B1 y B2), Galileo (E1-B/C y E5b), QZSS (L1C/A y L2C) y SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN y SouthPAN), teniendo capacidad de concurrencia sólo hasta cuatro constelaciones. Además, la placa posee un zócalo de expansión tipo XBee de alta potencia para conectar el módulo de radio. Se debe recalcar que la potencia de radio es muy importante para el uso que le da Guakía Ambiente, ya que trabajan en terrenos muy escarpados y con distancias largas entre la base y el rover (Martínez Batlle, 2024).

La placa que actualmente vende ArduSimple posee doble conector de tipo USB-C, mientras que la posee el GA-01 tiene dos conectores micro-USB, ya que son versiones antiguas de la placa. Para notificar si no detecta RTK tiene un LED azul, si este está encendido significa “NO RTK”, por tanto, ocurre solución RTK cuando este LED está apagado. Y un LED de color verde para el “GPS FIX”. También posee un LED que notifica del estado de la alimentación. Además, cuenta con 2 ledes de radio, el superior notifica que está enviando señales, en el receptor base, y el inferior que está recibiendo, este se encenderá en el receptor móvil.

El tiempo para obtener la primera solución fija (TTF) varía entre 25 segundos en modo frío y 2 segundos en caliente. En cuanto a la precisión de la posición, ofrece una precisión horizontal y vertical de 1,5 metros sin RTK, y de 0,01 metros con RTK (Alsina, s. f.). Esta precisión se puede reducir al nivel de milímetros si se requiere con las configuraciones de la placa correspondientes.

La placa simpleRTK2B Pro tiene unas dimensiones de 52 milímetros de ancho por 75 milímetros de alto y un coste de 226 euros sin IVA.

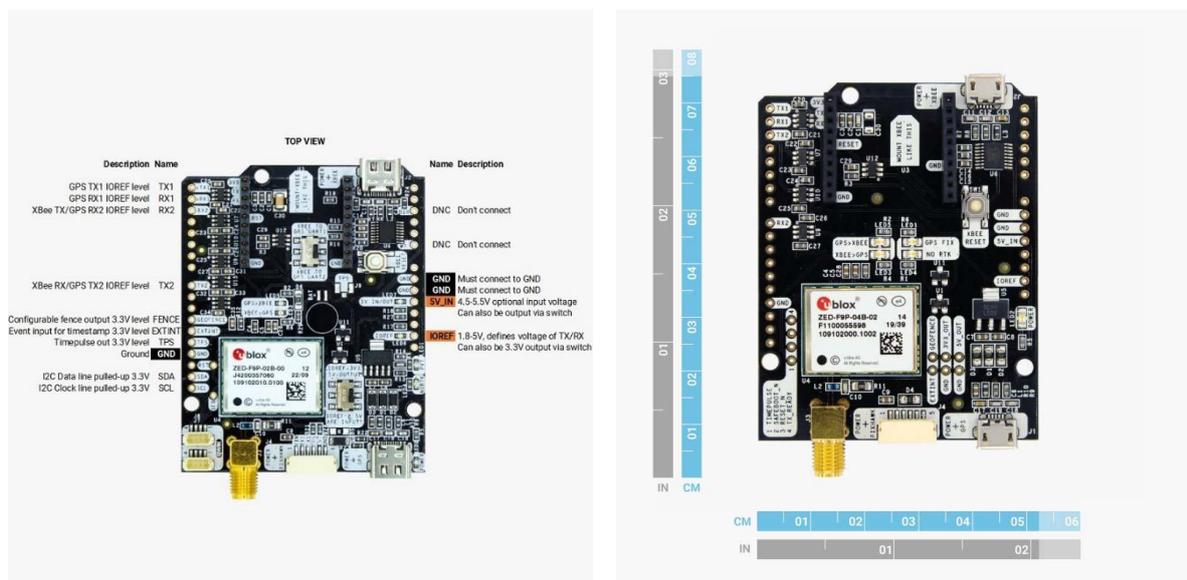


Figura 24a, 24b: Placa simpleRTK2B Pro (ArduSimple, s. f.).  
(<https://www.ardusimple.com/product/simplertk2b-pro/>)

- **Placa Raspberry Pi.** Se trata de una computadora monoplaca (SBC), a la que hay se le instala un sistema operativo, en el caso del GA-01, el Raspberry Pi OS, que es una distribución de Linux basada en Debian. La Raspberry Pi corre una aplicación rudimentaria denominada BashRTKStation para la recogida de datos en el *rover*, operada desde la consola terminal, basada en RTKLib, la cual ha sido creada por José Ramón Martínez Batlle, profesor de geografía de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). La aplicación también facilita el almacenamiento en la memoria extraíble que posee, en forma de tarjeta microSD (Martínez Batlle, 2024). En el caso de la base se usa la aplicación RTKBase (Riche, s. f.). Esta placa es necesaria en el dispositivo GA-01 ya que sin ella no sería posible utilizar la aplicación de escritorio específica para la recogida de datos.

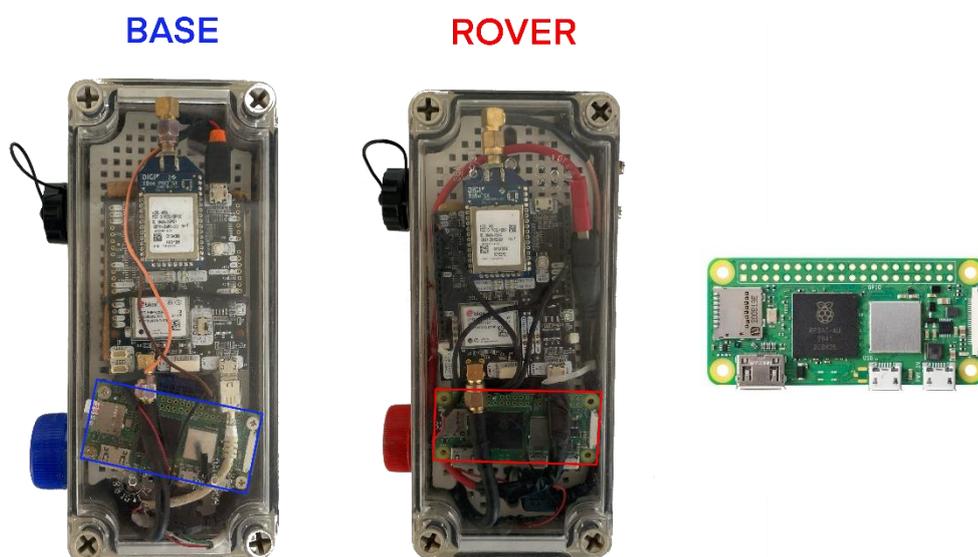


Figura 25: Placa Raspberry Pi en el GA-01.

El dispositivo GA-01 hace uso de la placa Raspberry Pi Zero 2 W que posee conectividad Wifi y Bluetooth incorporada lo que hace posible una conexión inalámbrica. Además, tiene una capacidad de 512 MB de RAM, una CPU de cuatro núcleos a 1 GHz, un puerto mini HDMI, un puerto micro USB *On-The-Go* y un puerto micro USB de alimentación. Tiene unas dimensiones de 65 milímetros de largo por 30 milímetros de ancho y 5 milímetros de profundidad, lo que lo hace muy compacto. También cuenta con 40 puertos GPIO con *headers* instalados para una mayor flexibilidad y para posibles conexiones. Su precio en el mercado es de 19,97 euros, incluyendo el IVA, en la tienda oficial de Raspberry Pi de Dinamarca.



Figura 26: Placa Raspberry Pi Zero 2 W (RaspberryPi.dk, s. f.).  
(<https://raspberrypi.dk/en/product/raspberry-pi-zero-2-w/>)

- **Módulo de radio.** Estos dos módulos de radio, siendo el de la base emisor, y el del rover el receptor, son el método para la transmisión de correcciones RTCM. Como se ha explicado anteriormente, esta transmisión de correcciones se puede hacer a través de distintos medios, uno de los cuales es la transmisión por radio. El dispositivo GA-01 utiliza la radiofrecuencia para realizar este tipo de transmisión ya que permite que la distancia entre base y rover sea mayor, además que también realiza la transmisión eficazmente incluso si el terreno es abrupto y la intervisibilidad no está del todo garantizada.

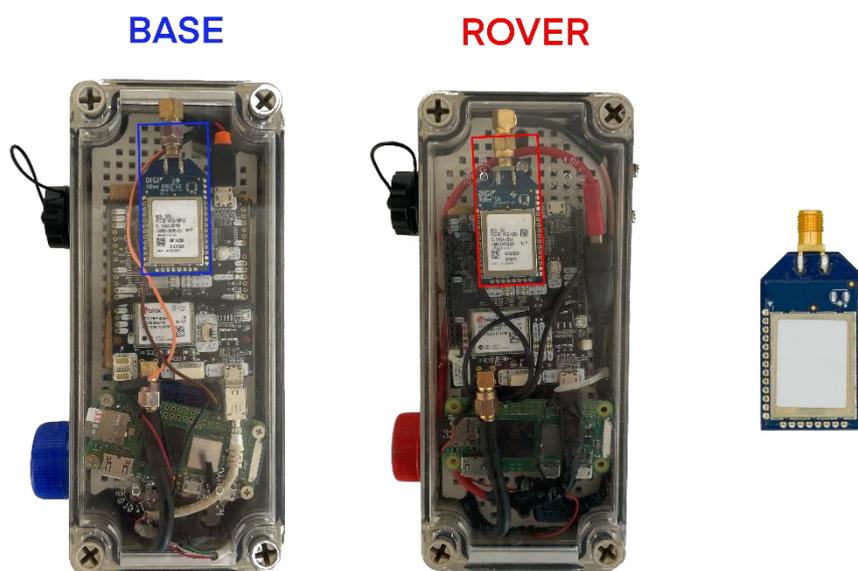


Figura 27: Módulo de radio de ArduSimple en el rover y en la base del GA-01.

En el dispositivo GA-01 se ha optado por usar un par de módulos de radio de largo alcance a los cuales se les ancla una placa de radio y que junto con la antena de radio

correspondiente realizan la transmisión de datos. El módulo de radio de largo alcance extra (XLR) es de la marca ArduSimple. Este módulo de radio está basado en la serie Digi XBee PRO SX, pero en formato de agujero pasante y con conector SMA hembra en la parte superior para recibir el cable coaxial de la antena. Estas radios se configuran para optimizar el envío de correcciones RTCM por aire. El alcance de este módulo puede llegar a los 50 kilómetros en condiciones ideales (ArduSimple, s. f.). Es importante añadir que es compatible con simpleRTK2B. Las frecuencias que trabajan oscilan entre los 902 MHz y 928 MHz, por lo que usa una de las denominadas "bandas de radio industriales, científicas y médicas (bandas ISM)", en concreto para República Dominicana la frecuencia centrada en los 915 MHz. En el caso del dispositivo GA-01 el tipo de comunicación es de punto a punto unidireccional, pues la radio del *rover* sólo recibe correcciones y no envía nada a la base (Martínez Batlle, 2024).



Figura 28a, 28b, 28c, 28d: Módulo de radio de largo alcance LR y XLR que usa el GA-01 y sus dimensiones (ArduSimple, s. f.).  
 (<https://www.ardusimple.com/product/radio-module-long-range/>)  
 (<https://www.ardusimple.com/product/radio-module-extra-long-range/>)

Las dimensiones de este módulo de radio son de 52 milímetros de altura por 25 milímetros de anchura. El precio es de 161 euros sin IVA (ArduSimple, s. f.). Aunque el *rover* utiliza la versión basada en la serie Digi XBee SX llamada módulo de radio de largo alcance (LR), el cual tiene las mismas dimensiones, su alcance es menor al igual que se precio que es de 101 euros sin IVA.

Luego, las placas que se anclan a los módulos de radio de largo alcance son de la serie Digi XBee SX, siendo la de la base la versión PRO, y se llaman XB9X-DMRS-001 y XBP9X-DMRS-001, respectivamente. Estas placas de color azul oscuro pesan alrededor de 3 gramos, trabajan en una frecuencia de entre 902 MHz y 928 MHz. Poseen una velocidad de datos RF media de 110 kb/s. El alcance que permiten para la transmisión de datos es de un máximo de 14,5 kilómetros para el módulo Digi XBee SX, y de 105 kilómetros para el Digi XBee PRO SX. Las dimensiones de ambas placas son iguales, miden 33,8 milímetros de altura por 22,1 milímetros de ancho y 3,2 milímetros de profundidad, recopilado del manual de usuario de las placas de la página web de DigiKey. La placa que no es PRO tiene un valor en el mercado de 44,27 euros, mientras que la PRO tiene un valor de 103,70 euros (DigiKey, s. f.).

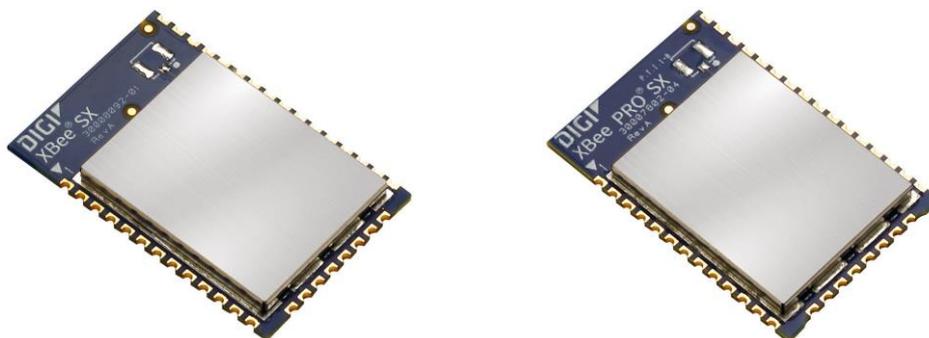


Figura 29a, 29b: Placas del módulo de radio XB9X-DMRS-001 y XBP9X-DMRS-001 (DIGI, s. f.).  
(<https://www.digi.com/products/models/xb9x-dmrs-001>)  
(<https://www.digi.com/products/models/xbp9x-dmrs-001>)

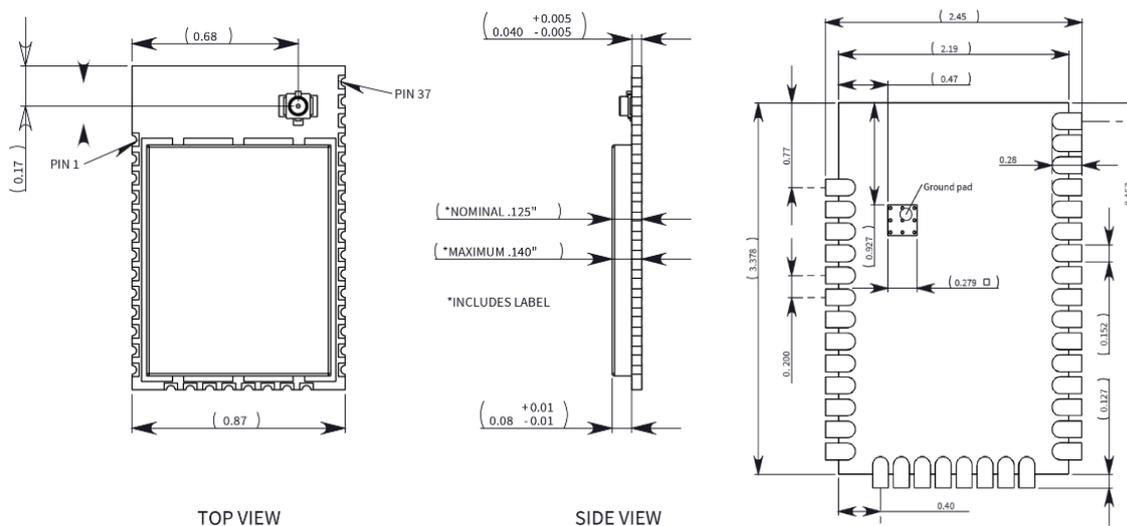


Figura 30a, 30b: Dimensiones placas del módulo de radio XB9X-DMRS-001 y XBP9X-DMRS-001 [24a en pulgadas, 24b en centímetros] (Xbee®/Xbee-PRO SX RF Module User Guide, 2019). (<https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90001477.pdf>)

Por otra parte, las antenas de radio que usa el dispositivo GA-01 son de tipo dipolo de alta ganancia IP52 a prueba de polvo para módulos de radio LR y XLR, por lo que son compatibles con ambos módulos. Plegada, la antena mide 172 milímetros de alto y 38 milímetros de ancho, y conector SMA macho para conectarse al módulo de radio (ArduSimple, s. f.). Esta tiene un precio de 15 euros, sin aplicar los impuestos.

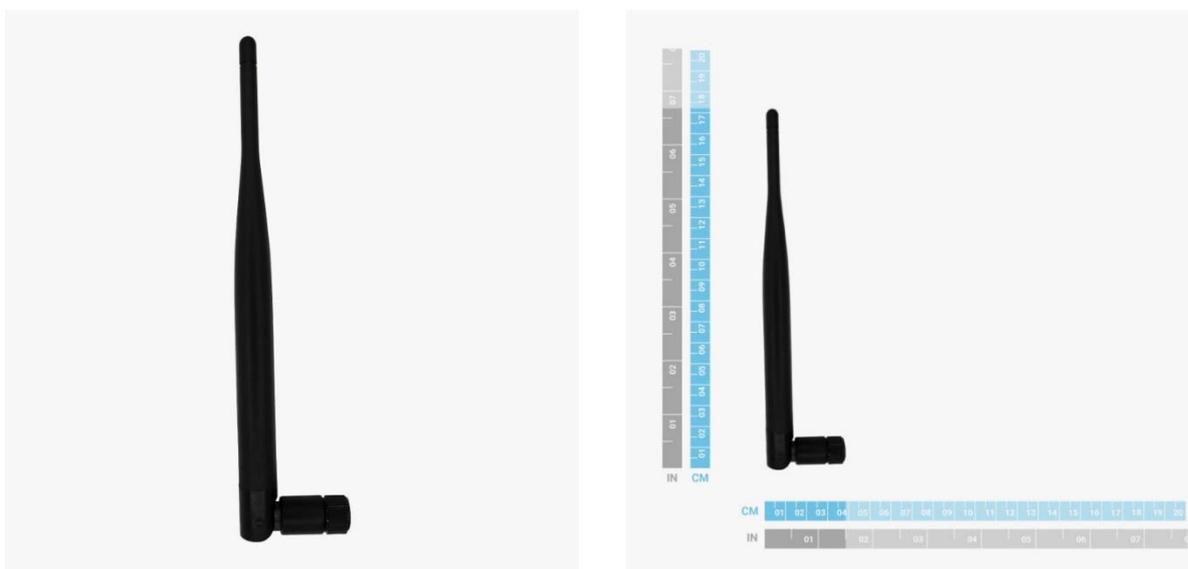


Figura 31a, 31b: Antena de radio XLR y LR que usa el GA-01 y sus dimensiones (ArduSimple, s. f.). (<https://www.ardusimple.com/product/dipole-antenna-for-lr-xlr/>)

- **Circuito de alimentación.** El circuito, a grandes rasgos, lo comprenden varios componentes: una batería, un interruptor, un puerto de alimentación de la batería y el cableado que une estos elementos con el resto del dispositivo. Este circuito se encarga de suministrar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento adecuado del dispositivo, garantizando así su continuidad operativa y la precisión de las mediciones de ubicación proporcionadas.

Dada la importancia crítica de la precisión y la fiabilidad en las operaciones de posicionamiento en tiempo real, el diseño y la implementación del circuito de alimentación deben ser cuidadosamente considerados y ejecutados. Factores como la eficiencia energética, la gestión térmica y la protección contra fallos eléctricos son aspectos clave que deben abordarse en el diseño de este tipo de circuitos, con el fin de garantizar un rendimiento óptimo y una vida útil prolongada del dispositivo GNSS de posicionamiento cinemático satelital preciso en tiempo real.

Es importante añadir que el circuito de alimentación constituye un elemento fundamental en la arquitectura electrónica del dispositivo, proporcionando la energía necesaria para su funcionamiento continuo, y contribuyendo así a la precisión y la integridad de las mediciones de ubicación que se requiere proporcionar.

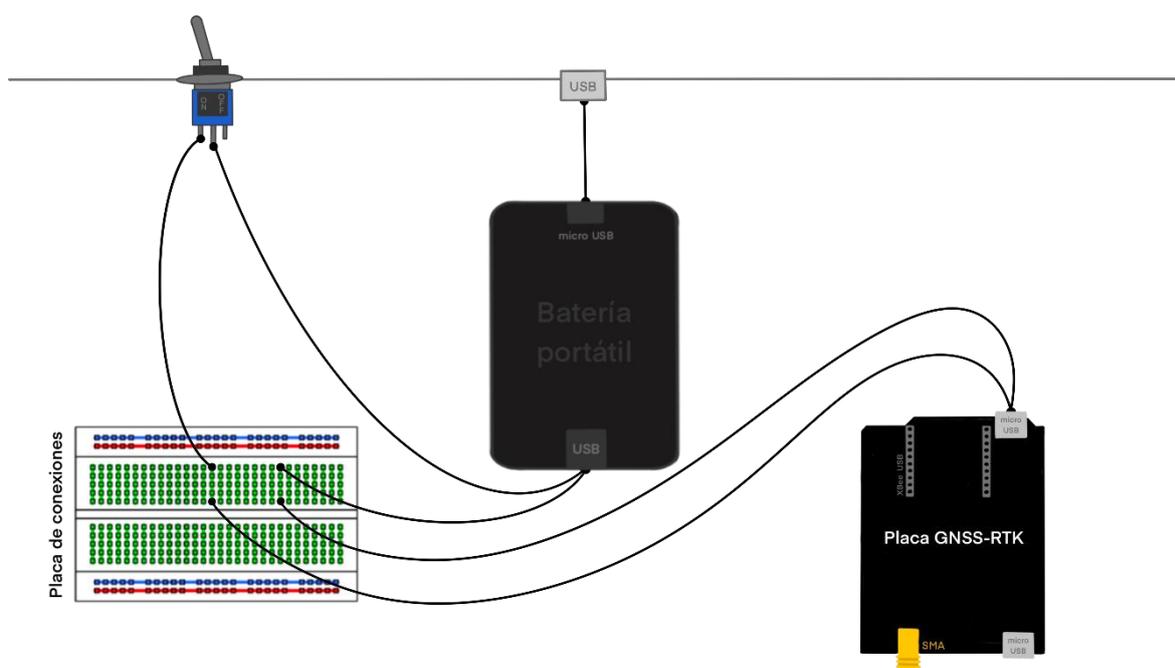


Figura 32: Esquema de conexiones del circuito de alimentación del GA-01.

En cuanto al dispositivo de posicionamiento GA-01, el circuito de alimentación está compuesto por una batería portátil recargable, de 5 voltios y 10 Ah de capacidad, que se encarga de alimentar a todo el circuito y la cual está conectada directamente con la placa GNSS-RTK a través del puerto USB que esta posee y conectada también a una de las salidas del interruptor de cola de rata, que enciende todo el sistema.

Para alimentar la batería portátil hacen uso de un puerto USB hembra que se encuentra en uno de los laterales de la carcasa, tanto del rover como de la base. De esta manera no es necesario abrir la carcasa para recargar la batería. Este puerto USB exterior está protegido con un recubrimiento de plástico a modo de tapón y de esta manera hacerlo estanco y que el agua no pueda penetrar en el circuito y dañarlo. El puerto USB hembra externo se conecta a la batería con un cable que posee un extremo USB macho y en el otro micro USB macho. Luego, el otro puerto hembra USB que posee la batería se conecta a la terminación de en medio del interruptor del circuito y a la placa de conexiones, entonces de este puerto salen dos cables. El que llega a la placa de conexiones luego se conecta desde la placa de conexiones con la placa GNSS-RTK por el puerto micro USB que esta última posee.

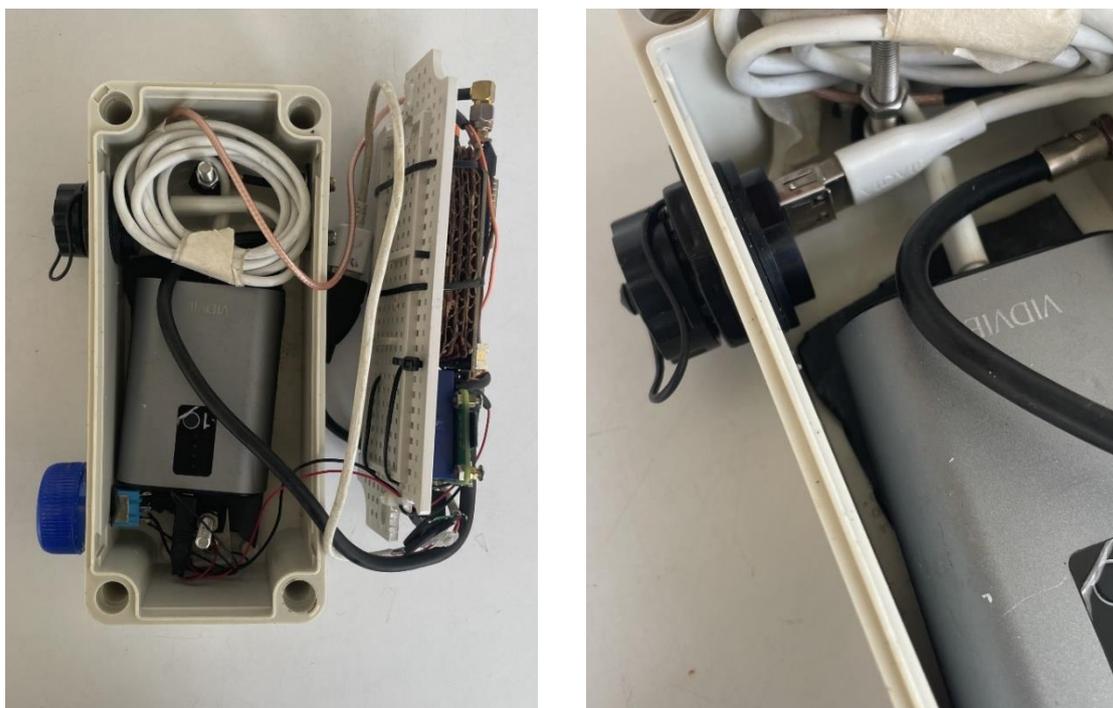


Figura 33a, 33b: Batería portátil y puerto USB de carga de la batería del GA-01.

Luego, también cuenta con un interruptor de tipo cola de rata, mencionado anteriormente, situado también en la parte lateral exterior de la carcasa del *rover* y de la base. Este interruptor acciona todo el circuito y permite el paso de corriente a través de este. El interruptor está cubierto por un cuello de botella junto con su tapón, de esta manera se mantiene hermético y protegido de golpes y líquidos externos.

En cuanto a las conexiones del interruptor, está conectado desde la salida del medio directamente a la batería y desde una de las salidas laterales a la placa de conexiones o protoboard, desde dónde sale otro cable hacia la placa GNSS-RTK y que entra, junto con el cable que viene anteriormente de la batería, por el puerto micro USB.

El tipo de interruptor de cola de rata usado por el dispositivo GA-01 se puede encontrar en el mercado por un precio de entre 1 euro y 50 céntimos de euro.



Figura 34: Interruptor del dispositivo GA-01.



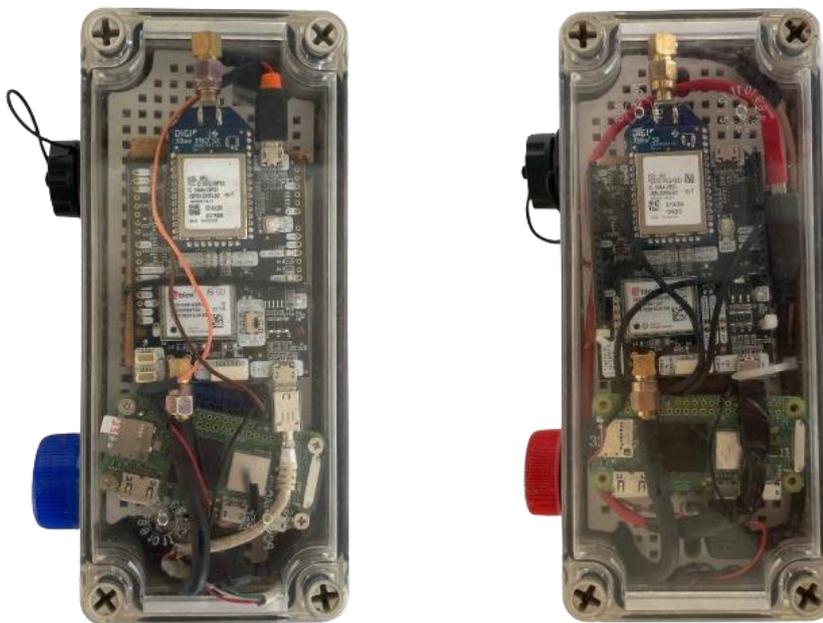
Figura 35: Interruptor cola de rata (Mexbit.s. f.).  
(<https://emexbit.com/product/switch-cola-de-rata-mini-3-pines/>)

En referencia al cableado que el dispositivo GA-01 emplea, se han realizado diversos empalmes y se han creado cables uniendo terminaciones al resto del cuerpo. Pero son un total de seis cables o conexiones diferentes en forma de cable, las que unen los diferentes

puertos de salida y entrada con la batería, el interruptor, la placa de conexiones y la placa GNSS-RTK.

- **Carcasa.** Esta es una pieza fundamental en todo el conjunto de elementos que comprenden el dispositivo GA-01 pero también cualquier otro dispositivo GNSS de posicionamiento en tiempo real. Todos los elementos electrónicos, mencionados anteriormente en esta lista, se disponen y protegen en una carcasa.

En lo que se refiere a los dispositivos completos de tipo GNSS-RTK que se encuentran en el mercado, la carcasa que mantiene protegidos todos los componentes electrónicos dentro, la antena y la pantalla están todos ensamblados en una sola pieza. Esta carcasa debe ser estanca y mantener todos los componentes electrónicos, el circuito y su cableado totalmente fuera del alcance de cualquier líquido, a la vez que debe proteger a estos de cualquier peligro externo como golpes, cambios de temperatura bruscos u otros que puedan existir.



*Figura 36a, 36b: Carcasa de la base y el rover del dispositivo GA-01.*

La carcasa utilizada en el dispositivo GA-01 es una caja de conexiones impermeable IP67 para monitoreo al aire libre con cubierta transparente de plástico ABS. Esta caja posee

una goma en la tapa la cual hace que sea impermeable al agua y que se mantenga sellada. La caja del dispositivo GA-01 tiene unas dimensiones de 130 milímetros de alto por 80 milímetros de ancho y 70 milímetros de profundidad. Teniendo al tapa de arriba transparente, lo que hace posible que se puedan ver los componentes que guarda en su interior. La tapa es sellada con cuatro tornillos de plástico que son colocados en las cuatro esquinas. En internet existen muchas disponibles, siendo las más baratas de la página AliExpress por un coste de 7,81 euros sin contar los gastos de envío.



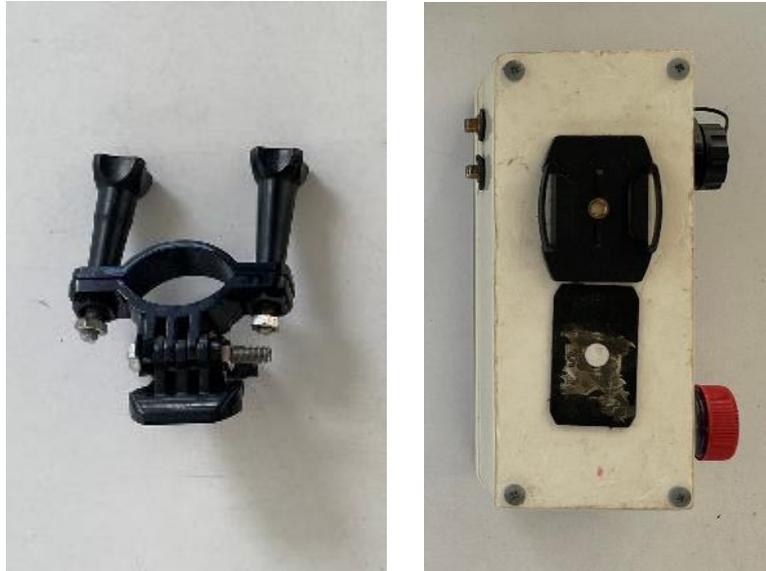
Figura 37a, 37b: Caja de conexiones impermeable del GA-01 (AliExpress, s. f.).  
 ([https://es.aliexpress.com/item/?src=ibdm\\_d03p0558e02r02&sk=&aff\\_platfor m=&aff\\_trace\\_key=&af=&cv=&cn=&dp=](https://es.aliexpress.com/item/?src=ibdm_d03p0558e02r02&sk=&aff_platfor m=&aff_trace_key=&af=&cv=&cn=&dp=))

Hasta aquí los elementos del hardware que ambas estaciones comparten. A continuación, se exponen los elementos del hardware que también conforman la base o el *rover*, pero que en este caso no son idénticos en ambas estaciones. Los elementos son:

- **Sistema de ensamblaje.** El sistema por el cual las carcasas de ambas de las dos estaciones se sostienen en el jalón correspondiente.

En el caso de la estación móvil o *rover*, este ensamblado se realiza mediante una serie de piezas que conforman un aplique propio de una cámara deportiva. Formado por dos piezas esencialmente: una que es el aplique que se agarra al jalón con ayuda de dos

tornillos con tuerca y con los que queda completamente ajustado, y luego el aplique que se pega a la parte posterior de la carcasa.



*Figura 38a, 38b: Sistema de ensamblaje de la carcasa del rover.*

Por otro lado, en el caso de la carcasa de la estación base, esta consigue sostenerse al jalón con ayuda de una cinta de amarre. La sujeción de la carcasa de la base es más inestable que la del *rover* pero ambas son soluciones muy poco estables en términos técnicos.

- **Otros elementos.** El *rover* tiene tres cables que realizan el envío de correcciones de la placa de la Raspberry Pi a la placa GNSS-RTK: un cable GND, un cable IOREF y un cable RX1. Estos cables no se encuentran en la estación fija o estación base.

#### 4.1.2.2. SOFTWARE DEL DISPOSITIVO GA-01

Por otro lado, los elementos que componen la parte del software del dispositivo GA-01 son:

- **Software de la Raspberry Pi (*rover*).** En la Raspberry Pi se debe instalar un sistema operativo para que este pueda ejecutar el programa para la recolección de datos de

posición. En el caso del dispositivo GA-01 se ha optado por utilizar el sistema operativo Linux. Por otro lado, el programa para la recolección de información sobre la posición a calcular ha sido creado por José Ramón Martínez Batlle. Este software puede registrar datos de posición y la hora a la que han sido tomados y emplea un código sencillo con una interfaz dónde se observa el código de programación en blanco sobre el fondo negro. El programa genera el archivo de texto sin formato (.txt) con todos los datos recolectados en el tiempo en el que se le ha mandado en el momento.



Figura 39: Interfaz del programa de registro de posición.

- **Software de la Raspberry Pi (base).** En el caso de la base, el software que se utiliza para el cálculo de los datos es un programa llamada RTK Base. El programa RTK Base permite gestionar la estación base con un ordenador monoplaca, como una Raspberry Pi. Es un programa que ofrece un nivel de precisión de posición alto y es el que genera el archivo de texto sin formato (.txt) que recoge los datos de las posiciones que se requieren calcular.

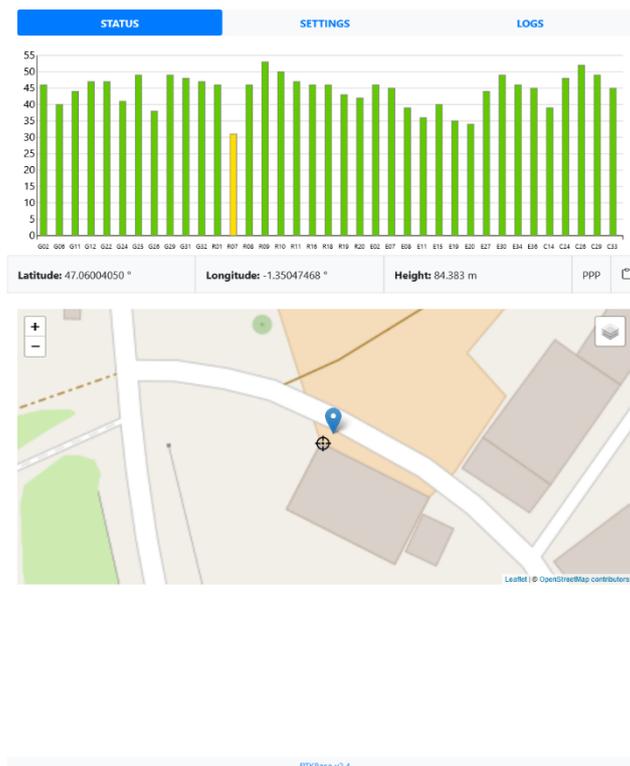


Figura 40: Interfaz del programa RTK Base (Stefal, 2024).  
(<https://github.com/Stefal/rtkbase>)

- **Software del teléfono.** En este grupo que conforma el software del teléfono se encuentra el sistema operativo del teléfono, una aplicación llamada Network Analyzer y otra aplicación de escritorio llamada RealVNC Viewer. El sistema operativo del teléfono en el caso del dispositivo GA-01 es Android.

La aplicación Network Analyzer se utiliza para escanear las redes de área local o LAN (Local Area Network). En el dispositivo GA-01 se utiliza con la finalidad de encontrar la señal de la Raspberry Pi del *rover* una vez se ha encendido.

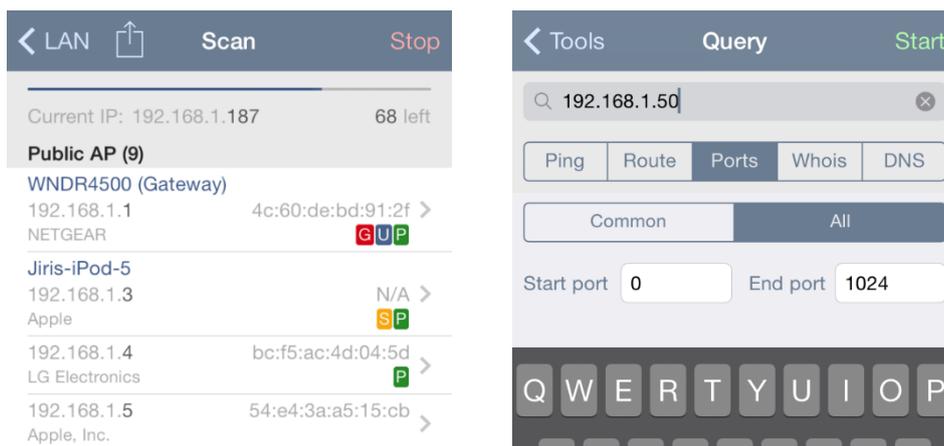


Figura 41a, 41b: Interfaz de la aplicación Network Analyzer (Techet, s. f.).  
(<https://techet.net/netanalyzer/>)

Por otro lado, la aplicación RealVNC Viewer utiliza un sistema de conexión remota que permite ver el escritorio de un sistema, a través de la red, en otro equipo. En el caso del dispositivo GA-01, se utiliza para ejecutar el sistema operativo de la Raspberry Pi del rover en la pantalla del teléfono móvil.

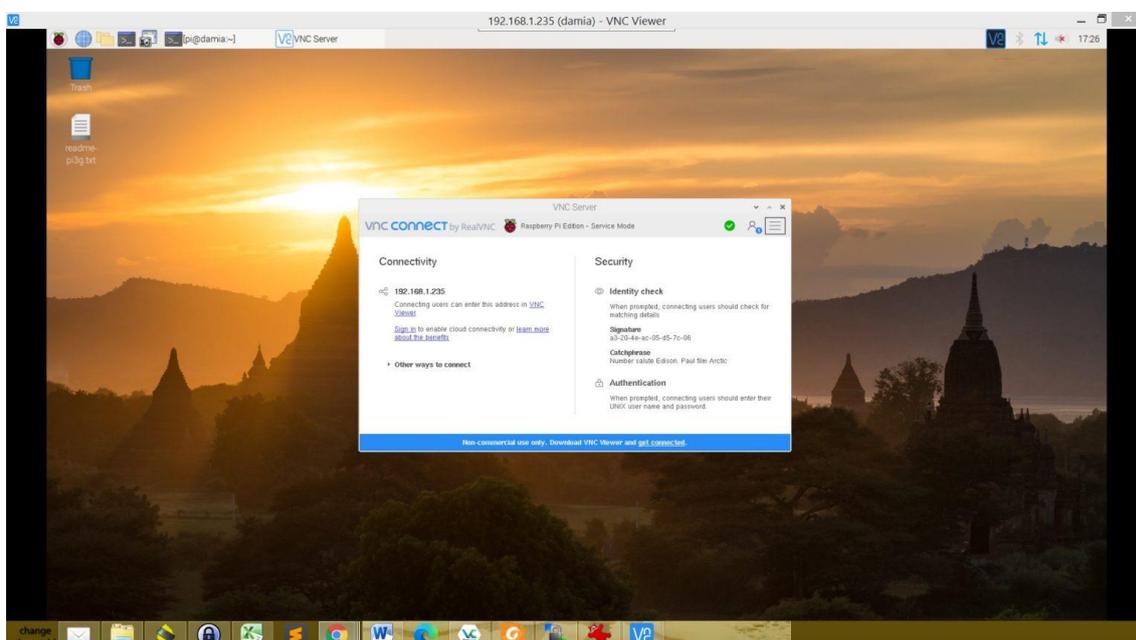


Figura 42: Escritorio de la Raspberry Pi visualizado a través de RealVNC Viewer (Berry, 2020).  
(<https://picockpit.com/raspberry-pi/es/como-utilizar-realvnc-en-un-escritorio-remoto-de-frambuesa-pi-2/>)

#### 4.1.3. MONTAJE Y PROCESO OBTENCIÓN DE DATOS DEL DISPOSITIVO GA-01

A continuación, se procede a explicar el proceso de montaje y obtención de datos del dispositivo GA-01. El montaje del complejo dispositivo se separa en diferentes pasos que se deben seguir para completar su correcta puesta a punto. Tanto la base como el rover tiene el mismo proceso de montaje, lo único que los diferencia en el GA-01 es el método por el cual se ensambla la carcasa que contiene todo el cableado y conjunto de placas funcionales al jalón central. Esto se explicará más detalladamente a continuación.

##### Paso 1. Ajuste de una de las antenas y ajuste del jalón.

Antes de colocar nada, es conveniente describir la manera en la que todos los componentes son trasladados a la zona en la que se quiera realizar el estudio de campo. Los jalones son transportados en fundas protectoras mientras que el resto de elementos son guardados en una mochila, la cual Guakía Ambiente lleva consigo todos los días que tiene que recoger datos.



*Figura 43a, 43b: Transporte de los componentes del dispositivo GA-01.*

Se saca uno de los jalones de sus fundas y una de las antenas y se enrosca la antena sobre el jalón central tal y como se muestra en las fotografías de abajo.



Figura 44a, 44b, 44c: Jalón del rover y colocación de la antena sobre este.

Después de esto, se procede al ajuste del jalón central con la antena colocada. Se sube el jalón central y se ajusta con el medidor numérico en centímetros que tiene grafiado en uno de sus costados a 2 metros.



Figura 45a, 45b: Ajuste del jalón y medidor numérico del costado del jalón central.

**Paso 2A.** Colocación de la carcasa de la base sobre el jalón.

Para la colocación de la carcasa de la base sobre el jalón central, Guakía Ambiente utiliza unas cintas que enrollan alrededor de la carcasa y el jalón y que se ajustan con fuerza sobre el jalón. Aun así, este método deja la carcasa bastante suelta e inestable pero completamente funcional pese a esto.



*Figura 46a, 46b, 46c, 46d: Ajuste de la cinta y la carcasa sobre el jalón.*

**Paso 2B.** Colocación de la carcasa del rover sobre el jalón.

El dispositivo GA-01 utiliza una serie de accesorios propios de una cámara deportiva que funcionan como aplique para colocar la carcasa sobre el jalón central. Se coloca el aplique de cámara deportiva alrededor del jalón central, ajustándolo con la tuerca que este trae.



Figura 47a, 47b, 47c: Ajuste del aplique de la cámara deportiva al jalón central.

Una vez colocada esta pieza, entonces se coloca la carcasa del rover a este accesorio. Como se puede observar en las imágenes, el aplique de cámara deportiva ya va pegado a la cara posterior de la carcasa.

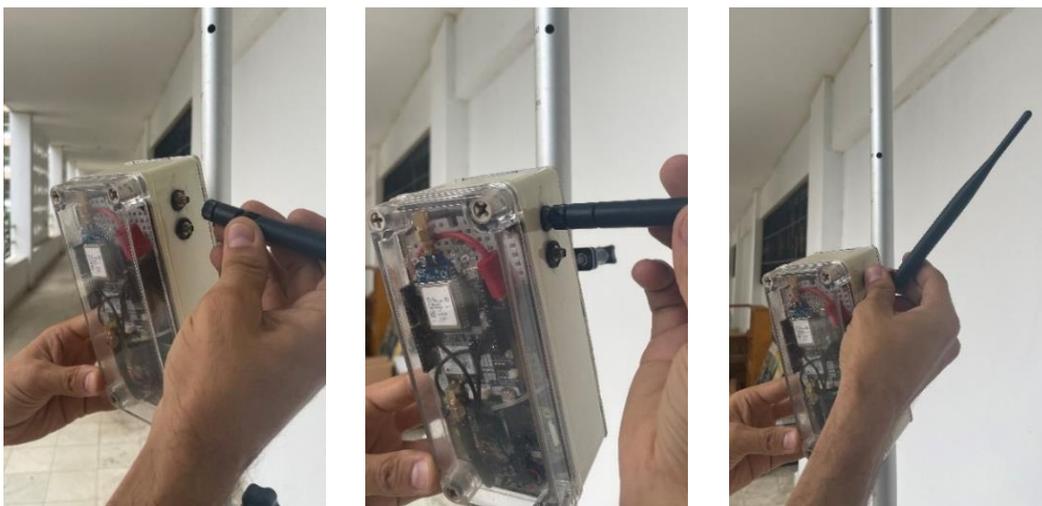


Figura 48a, 48b, 48c: Ajuste de la carcasa del rover sobre el aplique de cámara deportiva.

Como se observa en las imágenes anteriores, la carcasa no queda completamente paralela al plano del jalón central, esta queda inclinada hacia abajo.

### Paso 3. Ensamblaje de las antenas de radio y cableado de la antenna superior.

Después de la colocación de la carcasa del *rover* sobre el jalón, entonces se enrosca la antena del módulo de radio a la rosca superior que se encuentra en uno de los costados de la carcasa del *rover*. Esta antena es enroscada y después se coloca de manera que hace un ángulo recto y queda completamente paralela al plano del costado de la carcasa.



*Figura 49a, 49b, 49c: Ensamblaje de la antena de radio sobre la carcasa del rover.*

A continuación, se coloca el cable de la antena superior, que previamente se ha enroscado al jalón central en la parte superior de este. El cable desde la rosca de la parte lateral de la carcasa del *rover* a la rosca que la antena tiene en la parte inferior.



*Figura 50a, 50b, 50c, 50d: Ensamblaje del cable de comunicación de la antena superior.*

De manera que después de colocar este cable, se debe ajustar el conjunto de jalones pequeños para que estén ajustados al plano del suelo y no experimenten ningún tipo de inclinación. Esto se realiza en el punto dónde se quieren recoger los datos. Es importante añadir, que esto se realiza una vez colocado todo el peso que van a soportar los jalones ya que este peso ejerce una fuerza sobre el jalón central y lo desequilibra.



*Figura 51a, 51b, 51c: Ajuste de los jalones pequeños sobre el plano del suelo del rover y la base.*

Una vez ajustado esto, el dispositivo estaría listo para encenderlo y empezar a funcionar. El dispositivo de la base que se ha montado primero es el que se colocará en un lugar dónde se quedará fijo durante toda la duración del proceso de recolección de datos para el estudio que se requiera realizar. Mientras que el dispositivo de jalones, antenas, cable y carcasa que conforman el *rover* es el que se moverá a las diferentes posiciones las cuales se quiere sacar su ubicación exacta.



Figura 52a, 52b: Dispositivo del rover y dispositivo de la base ya ensamblados.

#### Paso 4. Encendido y recolección de datos.

Como se ha explicado anteriormente, antes de mover el *rover* a la posición que se desee, es necesario encender ambos dispositivos. En este paso entonces se procede a encender el dispositivo accionando el interruptor que ambas carcasas tienen en el costado izquierdo el cual se ha protegido de agua y golpes con un tapón y su rosca. Este tapón es azul en la base y rojo en el *rover*, pudiendo diferenciar así ambas carcasas.

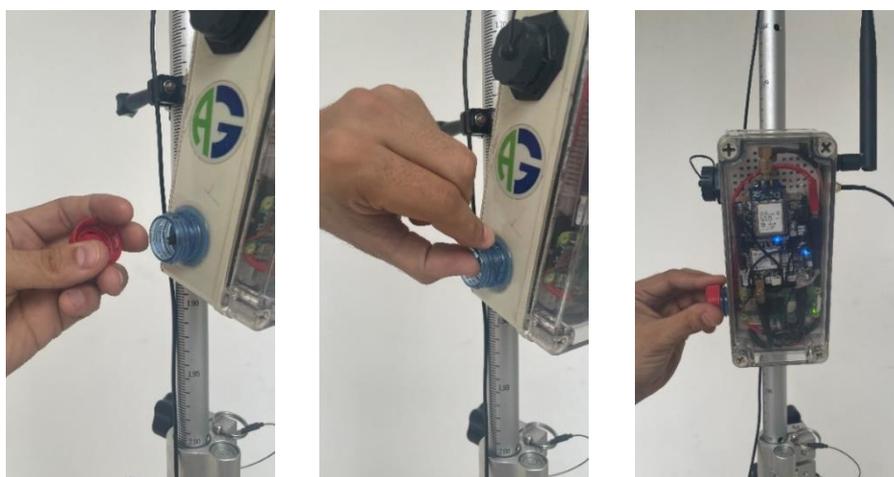


Figura 53a, 53b, 53c: Acción del interruptor de la carcasa del rover.

Después de encender los dos dispositivos, se encenderán una serie de ledes. Uno de estos es azul e indica si está realizando RTK o no. Y los ledes de radio, los cuales depende de si es la base o el *rover* se encenderá el que indica que manda señales o el que indica que las recibe.

Una vez encendido el circuito de la carcasa, es momento de recolectar datos y para ello es necesario configurar el *rover*. Para configurar esto se usa el teléfono móvil. Primero, con ayuda de la aplicación Network Analyzer se escanean todas las redes de área local para encontrar la señal de la Raspberry Pi del *rover*. Una vez el teléfono móvil encuentra esta señal, se copia la dirección IP de la Raspberry Pi y se abre otra aplicación del teléfono móvil.



*Figura 54: Ledes encendidos de la placa rtk2base del rover.*

Entonces, se abre Real VNC Viewer que permite ejecutar el sistema operativo de la Raspberry Pi en el teléfono móvil, y este utilizarlo de pantalla, como si fuera una pantalla de ordenador. Con la dirección IP copiada, se pega en Real NVC Viewer para poder ejecutar el sistema operativo de la Raspberry Pi, en el caso del GA-01 es Linux, como se ha explicado anteriormente. Entonces se encuentran con un escritorio de ordenador en la pantalla del teléfono móvil.

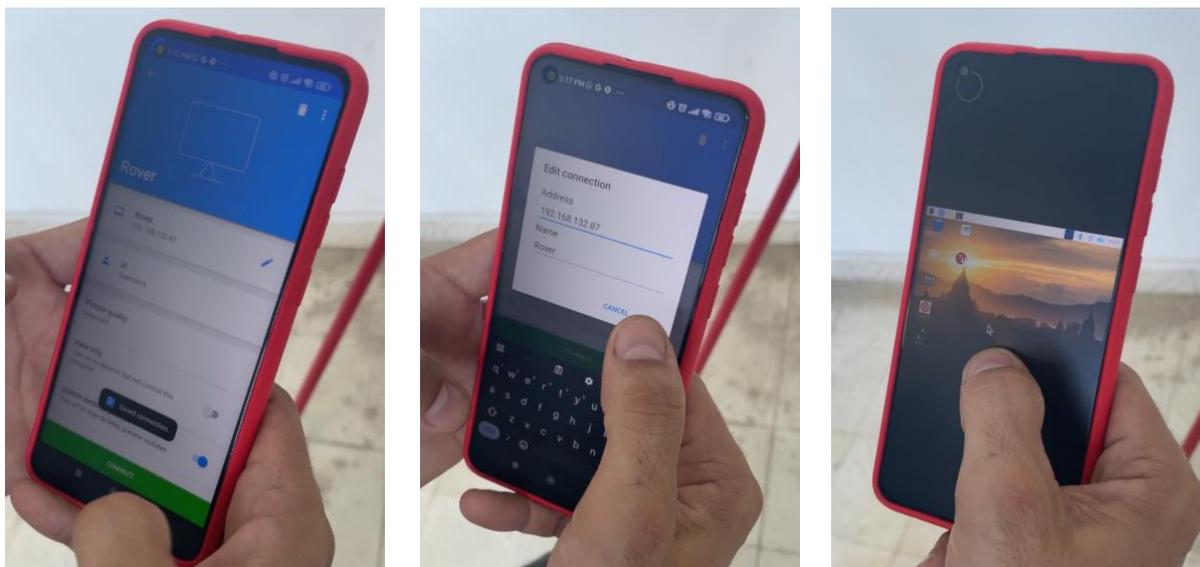


Figura 55a, 55b, 55c: Interfaz aplicación RVNC Viewer y escritorio remoto de la Raspberry Pi del rover.

En este escritorio se encuentra la aplicación que José Ramón creó para la recolección de datos de posición. En este software básico simplemente hay que escribir un número del 1 al 4 para mandarle lo que se requiere de ella. Pulsando el número 2, la aplicación empezará a recoger soluciones, es decir, datos concretos de las posiciones del rovery que están siendo corregidos por la base en tiempo real. El intercambio de datos entre la base y el rover se realiza por radio, como previamente se ha explicado. Esta aplicación entonces recoge en tiempo real todos los datos que está analizando en un archivo de texto sin formato o .txt que se guarda en la tarjeta de memoria de la Raspberry Pi. Cuando se decide parar de recoger datos, se pulsa el número 4 y deja de recoger datos.

Por último, para realizar la transferencia de estos archivos fuera de la Raspberry Pi, se debe extraer la tarjeta de memoria micro SIM anclada a la Raspberry Pi y, usando un adaptador de tarjetas conectarlo al ordenador. Es entonces, una vez transferidos todos los archivos al ordenador, cuando se analizan los datos recogidos y se establece un punto concreto para cada posición que se quería calcular.



#### 4.1.4. NORMATIVA DEL DISPOSITIVO GA-01

En la actualidad, en la República Dominicana, en cuanto a la normativa que se aplica sobre los dispositivos de posicionamiento cinemático satelital preciso en tiempo real no es mucha la información que se encuentra. Para entender esta situación, es necesario tener en cuenta que este país no tenía una red pública de estaciones GNSS hasta hace apenas un par de años (Martínez Batlle, 2024). Es por el poco tiempo que este tipo de dispositivos llevan activos en el país por lo que no existe una serie larga de reglamentos y normativas aplicables a estos.

Con todo esto, a continuación, se expone las normas de carácter general que afectan al dispositivo GA-01.

<b>CÓDIGO</b>	DT-DNMC Levantamientos Parcelarios 2023 (Lineamientos para la ejecución de levantamientos parcelarios y georreferenciación).
<b>CONTENIDO</b>	Se expone un glosario de términos técnicos acerca de los dispositivos para la ejecución de levantamientos parcelarios y georreferenciación como definición de receptor base, <i>rover</i> o GNSS.  Definición de levantamientos parcelarios con receptores GNSS en modalidad RTK y sus dos sub-modalidades.

Tabla 1: Normativa del dispositivo GA-01.

<b>CÓDIGO</b>	Guía para la Georreferenciación Parcelaria. Versión 1.11. de la Jurisdicción Inmobiliaria de la República Dominicana.
<b>CONTENIDO</b>	Guía explicativa sobre el procedimiento para la georreferenciación de puntos geográficos, así como el tiempo de cada sesión dependiendo del tipo de receptor y los cálculos que se deben realizar en el post proceso.

*Tabla 2: Normativa del dispositivo GA-01.*

<b>CÓDIGO</b>	Guía de instalación y operación de Estaciones GNSS – Marzo 2023 “Asistencia técnica para el desarrollo de la Normativa y guía de procedimientos de la modernización de la infraestructura geodésica de la República Dominicana” de IDERD (Infraestructura de Datos Espaciales de la República Dominicana).
<b>CONTENIDO</b>	Guía detallada de los procedimientos de instalación de la red Geodésica Activa para la República Dominicana, siguiendo los estándares geodésicos internacionales IGS (International GNSS Service) y SIRGAS (Sistema de Referencia Geodésico para las Américas) para la materialización y densificación de marcos geodésicos modernos. Contiene un listado de componentes básicos de un receptor GNSS genérico, al igual que conocer en profundidad la disposición de los datos que se recogen.

*Tabla 3: Normativa del dispositivo GA-01.*

<b>CÓDIGO</b>	<p>Normativa para la modernización de la Infraestructura Geodésica – Marzo 2023</p> <p>“Asistencia técnica para el desarrollo de la Normativa y guía de procedimientos de la modernización de la infraestructura geodésica de la República Dominicana” de IDERD (Infraestructura de Datos Espaciales de la República Dominicana).</p>
<b>CONTENIDO</b>	<p>Se establecen unas pautas sobre el tipo de posicionamiento GNSS que realizan dispositivos como el GA-01. También pautas para la observación GNSS con equipo doble frecuencia en terreno.</p>

*Tabla 4: Normativa del dispositivo GA-01.*

Cabe mencionar que dentro de estos documentos recogidos se pueden encontrar leyes y artículos sobre normativa dominicana que se aplica a la georreferenciación de parcelas.

Por otro lado también, visto desde el lado del usuario, la ONG Guakía Ambiente, por ejemplo, no cumplen con estándares para estaciones GNSS en toda regla ya que no hacen uso de un radomo, que es un recubrimiento de una antena que permite su protección frente a factores externos, principalmente climáticos, sin que afecte a sus propiedades electromagnéticas (Antonio Farto, 2018). El dispositivo GA-01 tampoco cuenta con una antena de tipo *choke ring* de triple banda. Estos dos elementos se consideran “sugeridos”. Pero la base del GA-01 es móvil, y no fija, por lo que no hay mayor problema si no se aplican estos elementos en el dispositivo.

## 4.2. ERGONOMÍA DEL DISPOSITIVO GA-01

En este apartado se analiza la ergonomía del dispositivo GA-01 actual a través de imágenes en las que se muestra la manipulación del aparato para después sacar conclusiones acerca de las medidas y formas idóneas que debe tener el rediseño para cumplir en plenitud con su función. Después de esto, también se estudiarán los datos antropométricos de la población dominicana para acomodar las medidas de la población, tanto para hombres como para mujeres, a las medidas con las cuales se desarrollará el producto final. La ergonomía es esencial para obtener el mejor de los resultados en el proceso de rediseño.



Figura 57: Fotomontaje del manejo del dispositivo GA-01.

En este fotomontaje, que expone diferentes imágenes del equipo de la ONG Guakía Ambiente y del PPS manejando el dispositivo GA-01, se puede observar las diferentes partes antropológicas del usuario que se deben exponer para el análisis de la ergonomía del dispositivo. Las partes del cuerpo del usuario que más intervienen en el manejo del aparato para su montaje son las manos y sus brazos. El usuario se posiciona de pie frente al dispositivo y hace uso del movimiento de los codos y las rodillas que flexionándolos el usuario logra completar con el ensamblaje de todos los componentes. Así como la posición y movimiento de su cadera es crucial a la hora de colocar los elementos.

Actualmente, no existe ningún estudio de la población de República Dominicana con datos antropométricos de la población adulta de este país y que sea de libre acceso. Existen varios documentos que recogen información acerca de las medidas antropológicas de la población infantil de este país, como el titulado “Atlas Antropométrico de la Población Escolar Dominicana de 6 a 13 años” realizado conjuntamente por el Ministerio De Educación de la República Dominicana (MINERD), el Instituto De Evaluación e Investigación de la Calidad Educativa (IDEICE) y la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). O, por ejemplo, una tesis realizada por una alumna de la Universidad Nacional Pedro Enríquez Ureña (UNPHU) titulado “Estado Nutricional de acuerdo con las Medidas Antropométricas y Bioquímicas en Niños de 1-5 Años que Asisten a la Unidad de Nutrición Pediátrica del Hospital Juan Pablo Pina, San Cristóbal, septiembre-noviembre 2017” el cual se apoya en datos antropométricos de la población infantil de San Cristóbal de entre 1 y 5 años.

Bien, en cuanto al estudio de las medidas de la población adulta dominicana, se ha encontrado que el día 28 de enero de 2016, el Volumen 39 de la revista INTEC (Instituto Tecnológico de Santo Domingo) publicó un artículo en el que se anunciaba el inicio de recolección de datos acerca de la población dominicana económicamente activa para establecer una normativa que se aplique en el diseño de espacios de trabajo, mobiliario del espacio de trabajo y otros usos. Sin embargo, los resultados de dicho estudio no se encuentran en la nube para su acceso. Tampoco se sabe si finalmente el estudio se ha realizado.

Por otro lado, se ha encontrado un documento con medidas antropométricas de algunos países de Hispanoamérica recabadas por Rosalío Ávila Chaurand, investigador del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño, de la Universidad de Guadalajara, México. Rosalío junto con sus equipo de trabajo, han realizado una serie de investigaciones antropométricas que se exponen en la obra llamada “Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana”, en el que se estudia a la población de diferentes países como México, Cuba, Colombia, Chile y Venezuela. Comprobando y cruzando los datos numéricos de las medidas de los países que recoge este documento, se llega a la conclusión de que las medidas difieren apenas milímetros entre países.

Para demostrar esto, se puede comprobar que la estatura media de la población cubana femenina de entre 18 y 29 años es de 158,6 centímetros y en Colombia es de 156,9 centímetros. Por ejemplo, la altura media de ojos de la población masculina mexicana de entre 19 y 24 años es de 159,5 centímetros, y en Colombia es de 159,1 centímetros para los varones de entre 20 y 39 años. Si continuamos comparando los datos de las diferentes tablas expuestas en el documento, queda comprobado que las diferencias métricas entre países son ínfimas y que no alteraría de forma notable el resultado de nuestro estudio ergonómico para el rediseño de la carcasa del GA-01 aplicado en la República Dominicana.

A parte de datos provenientes de estudios que investigan a países de Centro América y Sudamérica, para el rediseño de la carcasa que este trabajo tiene como finalidad, se procede a estudiar también las medidas antropométricas de la población universitaria y activa de España. Para esto se analiza el artículo de fondo titulado “Datos antropométricos de la población laboral española. Informe de resultados.” Recogidos por Antonio Carmona Benjumea del Centro Nacional de Medios de Protección (CNMP) de Sevilla y el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). Examinando los datos que en este documento se exponen, se puede comprobar que las medidas antropológicas de la población española distan de las medidas de la población latinoamericana que el documento que anteriormente se ha expuesto recoge. Se observa que, por ejemplo, la altura de los hombros media de la población laboral española femenina es de 132,009 centímetros y la de la población de trabajadoras industriales mexicanas de entre 18 y 65 años es de 129,1 centímetros. La longitud media de la mano de la población laboral

española masculina es de 18,818 centímetros mientras que en México esta media es de 17,1 centímetros. Se observa entonces que las diferencias métricas son de centímetros.

Entonces, con estos datos analizados y comparados, se llega a la conclusión de que es más correcto utilizar las medidas sacadas de la población Latinoamericana, ya que por proximidad se acercarán más a las que se puedan encontrar en la República Dominicana. A continuación, se extienden los principios a considerar para el rediseño del dispositivo, cuyo término y definición se ha sacado del documento “Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana”:

- **Estatura.** Distancia vertical máxima desde el piso al vértex.
- **Altura alcance vertical máximo.** Es la distancia vertical medida desde el suelo al extremo distal del dedo medio de la mano derecha estando la extremidad superior estirada lo mayor posible y sin molestia.
- **Altura de los ojos.** Es la distancia vertical medida desde el piso hasta la hendidura que se forma entre los ojos estando el sujeto en posición estándar erecta.
- **Altura acromial del hombro.** Es la distancia vertical desde el piso, medida hasta el proceso acromial, estando el sujeto en posición estándar erecta.
- **Altura cresta ilíaca medial.** Es la distancia vertical desde el piso al reborde superior de la cresta ilíaca a nivel de la línea axilar media estando el sujeto en posición estándar erecta.
- **Largura del alcance lateral de la extremidad superior.** Es la distancia máxima medida desde el centro del cuerpo estando la extremidad superior derecha extendida horizontalmente de forma lateral hasta la parte anterior de una barra de asimiento.

- **Largura del alcance anterior de la extremidad superior.** Es la distancia máxima medida desde la parte posterior de la espalda estando la extremidad superior derecha extendida hasta la parte anterior de la barra de asiento.
- **Largura de la mano.** Es la distancia medida entre la muñeca y la parte más distal del dedo medio de la mano.
- **Largura de la palma de la mano.** Es la distancia medida entre la muñeca y la unión de los dedos dos y tres de la mano derecha.
- **Anchura de la mano.** Es la distancia máxima medida desde las protuberancias distales de los metacarpos dos y cinco.
- **Diámetro de agarre de mano.** Diámetro interior que se puede asir con el dedo pulgar y el dedo medio, al nivel más ancho de un cono (Lino Carmenate Milián, Federico Alejandro Moncada Chévez, Engels Waldemar Borjas Leiva, 2014).

Con esto, a continuación, se exponen las diferentes medidas que se utilizan como referencia para el estudio antropométrico de la población dominicana en edad laboral. En las siguientes tablas, la primera columna es el término al que dichos dígitos hace referencia, la segunda el país del que proviene la muestra, la tercera la media de la medida y la cuarta la desviación típica. En cuanto a la disposición de las filas, la fila superior hace referencia a la muestra masculina y la inferior a la muestra femenina de esa medida. Todas las medidas de la tabla recogen los datos de personas con edades de entre 18 y 60 años, aunque si en las tablas de dónde se sacan estos datos se divide este grupo en subgrupos de edad, se toma la muestra. Todas las medidas se encuentran en centímetros.

<b>TÉRMINO</b>	<b>PAÍS</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESVIACIÓN TÍPICA</b>
Estatura	Colombia	170,1	6,52
	Cuba	158,6	6,3
Altura alcance vertical máximo	Colombia	214,8	8,81
		196,2	8,08
Altura de los ojos	Colombia	159,1	6,63
	México	147,8	6,1
Altura acromial del hombro	México	139,5	5,9
	Cuba	129,2	5,8
Altura cresta ilíaca medial	Colombia	101,6	4,78
		93,4	4,25
Largura del alcance lateral de la extremidad superior	Colombia	77,4	3,51
	México	71,6	3,6
Largura del alcance anterior de la extremidad superior	Colombia	71,4	3,39
	México	68,6	3,24
Largura de la mano	Colombia	18,3	0,90
		16,6	0,78
Largura de la palma de la mano	Colombia	10,3	0,56
		9,2	0,50
Anchura de la mano	Colombia	8,3	0,39
		7,4	0,37
Diámetro de agarre de mano	México	4,4	3,63
	México	3,9	3

Tabla 5: Tabla antropométrica de medidas de Latinoamérica.

### 4.3. REQUERIMIENTOS DEL REDISEÑO

Una vez expuesta la realidad en la que se ha trabajado, y detallada la instrumentación que componen los dispositivos, en este apartado se exponen los requerimientos que el rediseño que el presente trabajo plantea debe resolver. Para llegar a los requerimientos primero se deben exponer los problemas que tanto la ONG Guakía Ambiente, el Programa de Pequeños Subsidios del PNUD y José Ramón Martínez Batlle han encontrado durante el uso del dispositivo GA-01. Así mismo, mis anotaciones personales durante todo el proceso permitirán completar el listado de requerimientos.

En los siguientes puntos se extiende la lista de los problemas que los usuarios del dispositivo GA-01 se han encontrado y que se han podido recolectar hablando con estas personas. Estos problemas se dividen en dos categorías; los problemas que afectan a la optimización y/o montaje del dispositivo, y los que repercuten sobre la experiencia de usuario. Los primeros son problemas que se han encontrado a lo largo del proceso de montaje y ensamblaje del dispositivo y también son problemas que se deben considerar para optimizar el rediseño resultante de este trabajo. Mientras que el otro grupo recoge todos los problemas encontrados cuando el usuario interactúa con el dispositivo, es decir, en la experiencia de usuario.

A continuación, se expone la lista de problemas que afectan a la optimización y/o montaje del dispositivo GA-01:

1. Batería muy voluminosa y cableado muy aparatoso.
2. La conexión del smartphone a la Raspberry es muy compleja.
3. Los cables de la antena son muy gordos, lo que hace que sea más pesado y el volumen del interior de la caja mayor. Además, la mayoría de los cables que realizan las conexiones dentro de la carcasa están haciendo muchos dobleces y tensiones que pueden dañarlos.

4. La conexión de tipo *On The Go* es muy compleja y ocupa mucho espacio en el interior de la carcasa. Esta es la conexión de la placa Raspberry Pi a la placa GNSS, a través de una conexión de micro USB macho a USB hembra.
5. El modo de ensamblaje de las placas que sostienen el sistema electrónico dentro de la carcasa, actualmente estas se sujetan con bridas.
6. Las conexiones de cables rectos ocupan más espacio que las terminaciones en codo.

Ahora, he aquí el listado de la problemática que afecta a la experiencia del usuario:

1. No se ve el LED que notifica el nivel de carga de la batería, porque la batería se encuentra en la parte oculta de la carcasa. Por lo tanto, no se sabe el nivel de batería, si está cargada al 100% o no.
2. El peso de la carcasa GA-01.
3. El ensamble de ambas carcasas a sus respectivos jalones. Con las actuales soluciones del GA-01 no queda la carcasa bien fijada en el sitio dónde debe ir.
4. Como la carcasa se acopla a un lateral del jalón, en ambos receptores, existe una alta probabilidad de imprecisiones en la toma de datos. Ejerce mucho peso hacia un lado, lo cual puede influir en la precisión de las medidas. Esto es importante cuando son mediciones en estudios científicos, de movimientos del suelo en masa, cuando son movimientos muy ligeros y pequeños.
5. La posición de la carcasa con respecto al jalón hace que toda la estructura sea inestable y más probable que vuelque. La carcasa ejerce una fuerza lateral sobre el conjunto del jalón y el trípode y la hace inestable.
6. En la placa GNSS-RTK del dispositivo, la cual tiene 2 ledes de radio y 2 ledes GNSS. De este cuarteto de ledes, es importante el led NO RTK, se debería ver por fuera ya que es el que se enciende si no está conectado a ningún RTK. Actualmente este LED se puede ver gracias a las caras transparentes de las actuales carcasas que usa el dispositivo GA-01.
7. La conexión USB normal de carga de la actual batería ocupa mucho espacio y obliga a comprar un cable doble macho USB normal.

8. El interruptor que enciende y apaga el dispositivo está tapado con un tapón y una rosca, esto logra que sea estanco y no entre el agua y esté protegido de golpes, pero se pierde mucho tiempo desenroscando y enroscando el tapón y está no está correctamente impermeabilizado por dentro.

Después de esto, una vez listados los problemas que se han encontrado en el montaje y uso del dispositivo GA-01, y teniendo presente el objetivo del presente trabajo el cual se centra en el rediseño de la carcasa de este dispositivo para optimizar su uso, se procede a listar los requerimientos que esta deberá cumplir. Seguidamente, se encuentra la lista de requerimientos:

- **Bajo costo.** Armar un equipo completo con la carcasa estanca no debería superar los 200 dólares, sin impuestos incluidos. Por lo tanto, la carcasa en sí debería costar apenas 10 a 20 dólares producirla.

- Capacidad para acoger una batería que dé autonomía de por lo menos 8 horas. En general, una batería de 6 Ah sería ideal, aunque las marcas comerciales venden sus equipos con baterías de sólo 3 a 4 Ah. Para el **reemplazo de baterías** lo ideal sería reservar un compartimento para la liberación desde fuera, facilitando así el reemplazo.

- Preferiblemente, la carcasa debería ser **enroscable en la parte superior del jalón**, los cuales suelen tener un tornillo 5/8 11". El hecho de que se acople el tope superior del jalón tiene como ventaja que sólo sería necesario llevar al terreno un único componente, pues la antena iría incorporada dentro de la carcasa.

- En cuanto al peso del dispositivo completo, lo normal es que sean ligeramente más pesados que los comerciales. Los comerciales suelen pesar alrededor de 1 kilogramo, siendo la mayor parte atribuible a la batería. La carcasa debe añadir muy poco peso.

- Capacidad de **soportar caídas y agua**. La carcasa debe ser resistente a fuerzas externas y golpes además de estanca a los líquidos.

- La carcasa debería considerar espacio para colocar un **dispositivo de comunicación por radio**. Son componentes pequeños, pero lo importante sería reservar el espacio para ellos y planificar el puerto de colocación de antena, un puerto SMA.

- Espacio para **circuito de carga**. Este aspecto, asociado con la batería, es importante. Estos circuitos se calientan mucho, sobre todo cuando se permiten cargas rápidas, de más de 1 Amperio. Por supuesto, es necesario planificar el puerto para carga de la batería de tipo USB-C.

- **Interruptor**. Elegir un interruptor que mejor se adecúe a las necesidades planteadas. En el mundo DIY, los de tipo *latch* son comunes. No obstante, lo importante es que garantice la estanqueidad de la carcasa y por tanto la protección de los componentes de su interior. Otra opción serían los de tipo *touch* (Martínez Batlle, 2024).

- **Varios LED o pantalla**, al menos para indicar los estados básicos como son encendido, tipo de posición RTK, coordenadas, entre otros.

#### 4.4. DEFINICIÓN DEL USUARIO OBJETIVO

A continuación, se exponen los diferentes usuarios para los que el presente rediseño de la carcasa del dispositivo GA-01 será de gran utilidad. El objetivo de este trabajo final es entonces llegar a un resultado que cumpla con las necesidades de los grupos de personas que a continuación se exponen:

- Asociaciones de base o comunitarias (organización comunitaria de base, OCB).
- Organizaciones No Gubernamentales ambientalistas con estudios ambientales en defensa de la naturaleza con poca financiación y quieren ser lo más independientes posibles.
- Estudiantes universitarios.
- Investigadores científicos lo cual tiene muchas limitaciones de presupuesto la mayoría de las veces. Muchas veces tienen que encargar estos estudios a otras empresas, lo cual aumenta el presupuesto. En algunos de estos casos es importante la precisión submilimétrica como los estudios en el ámbito de la geofísica.
- El perfil de usuario/a final es "persona con necesidades en la medición y navegación precisa, como pueden ser agrimensores/as, topógrafos/as, geógrafos/as, geólogos/as, agrónomos/as, agricultores/as dedicados a la agricultura de precisión, geodestas, cartógrafos/a y fotogrametristas, con conocimientos muy básicos de electrónica".

## 4.5. ANÁLISIS DE MERCADO

En el presente apartado se exponen los productos y dispositivos salidos de la búsqueda en el mercado con la finalidad de analizar los artefactos actuales y las tendencias que pueden ser aplicables al rediseño de la carcasa del dispositivo GA-01. Para eso, este segmento se ha dividido en dos grupos que catalizan mejor la información recogida. Mientras en el primero se exponen productos relevantes del campo de la geolocalización y dispositivos que utilizan tecnología GNSS, el segundo recoge soluciones que pueden ser adaptables a la problemática que este rediseño enfrenta.

### 4.5.1. PRODUCTOS EN EL MERCADO

#### A. SparkFun RTK Facet

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (\$)
SparkFun	136 x 146 x 80	583	699.95



Figura 58a, 58b, 58c, 58d, 58e: Carcasa del SparkFun RTK Facet (Core Electronics, s. f.).  
(<https://core-electronics.com.au/sparkfun-rtk-facet.html>)

En la página definen el producto como un set destinado para usuarios básicos con el que se consiguen resultados del grado de centímetros. Además de al conectar el teléfono a la faceta RTK a través de Bluetooth, el teléfono puede actuar como enlace de radio para proporcionar datos de corrección, así como recibir la salida NMEA del dispositivo (SparkFun Electronics, s. f.). Dentro de la carcasa se encuentra la antena L1/L2 y todo el entramado de componentes que logren que funcione. En la parte frontal de la carcasa en forma de hexágono se encuentra la pantalla OLED rectangular y un botón de encendido/apagado y configuración, y que muestra el estado de la batería, precisión de posición, satélites disponibles, registro de datos, etc. Esta carcasa está incluida en el set, ya que la carcasa no se vende por separado. El set incluye la carcasa, el estuche de transporte, un adaptador de rosca de antena, un cargador de pared, un cable USB a USB-C y un par de componentes más.

## VENTAJAS

Resulta interesante el diseño cerrado IP53 contra polvo y salpicaduras de agua, su forma hexagonal y la manera de anexionarse con el resto del dispositivo. Juntando la antena y el resto de los componentes electrónicos de un dispositivo GNSS con tecnología RTK, como es el caso del SparkFun RTK Facet, se consigue mayor protección y optimización del dispositivo.

### B. FJD Trion V1 Series

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (€)
FJ Dynamic	Ø 162 x 86	1000	5365,47



Figura 59a, 59b: FJD Trion V1 Series (AliExpress, s. f.).  
 ([https://es.aliexpress.com/item/?src=ibdm\\_d03p0558e02r02&sk=&aff\\_platform=&aff\\_trace\\_key=&af=&cv=&cn=&dp=](https://es.aliexpress.com/item/?src=ibdm_d03p0558e02r02&sk=&aff_platform=&aff_trace_key=&af=&cv=&cn=&dp=))

Esta carcasa de dispositivo RTK GNSS de la marca FJ Dynamic es algo más grande que la anterior, pero también guarda dentro de sí una batería más potente. Este dispositivo tiene posee una batería de 6700mAh con una duración de hasta 15 horas. Esta también se conecta a través de Bluetooth. A diferencia del dispositivo anterior, esta carcasa no posee una pantalla OLED dónde muestre la información necesaria, sin embargo, lo hace de manera eficiente utilizando solo una serie de cuatro ledes de color verde que tiene en la parte frontal del cilindro.

Por otro lado, posee un único botón de encendido y apagado que se encuentra en la parte inferior de la carcasa, recubierto con una capa de goma que lo protege de agentes líquidos externos. Este dispositivo es estanco al polvo y al agua, cuando se sumerge en agua de hasta 1 metro durante un máximo de 30 minutos, ya que posee la clasificación IP67.

## VENTAJAS

Ahora bien, de este producto es interesante destacar su forma ergonómica, totalmente circular, sin ningún tipo de esquinas, la cual se adapta muy bien a la forma de la antena de la parte superior. Además, al no tener pantalla, el espacio en su interior podrá albergar mejor el resto de los componentes estrictamente necesarios para su funcionamiento, probando así que tener una pantalla no es necesario para su óptimo funcionamiento.

## C. MTZ68P

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (\$)
Toknav	-	600	1,159

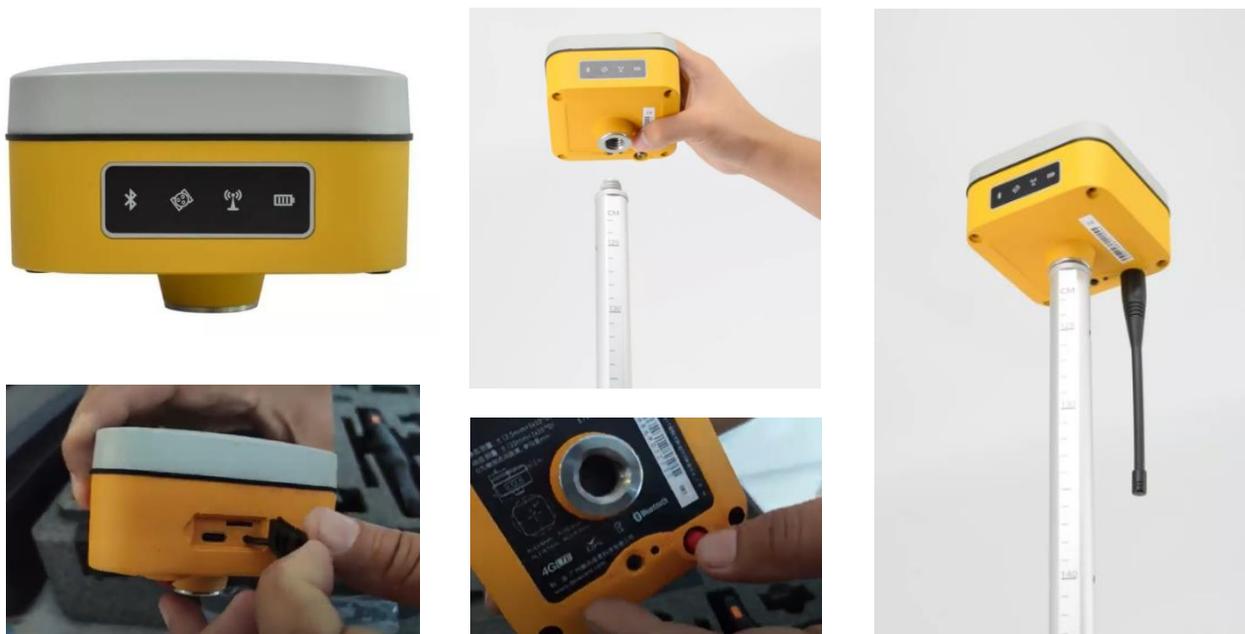


Figura 60a, 60b, 60c, 60d, 60e: MTZ68P de la marca Toknav (Mercado Libre, s. f.).  
 ([https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-952238627-receptor-gnss-toknav-gps-no-leica-topcon-promark-trimble-rtk-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-952238627-receptor-gnss-toknav-gps-no-leica-topcon-promark-trimble-rtk-_JM))

El modelo MTZ68P de dispositivo RTK con geolocalización GNSS de la marca Toknav otorga información de posicionamiento a nivel centimétrico. Además, incorpora una batería de litio de alta capacidad con ultra larga duración. En cuanto a los materiales de la carcasa, está hecha de una aleación de magnesio, en línea con los requisitos de diseño IP65, siendo seguro y fiable (MTZ Ingeniería, 2024). También, posee un puerto USB-C a través del cual se carga la batería que se encuentra en el interior de la carcasa. Este puerto se encuentra en la parte posterior cubierto por una tapa de goma que lo protege de líquidos y de caídas. No tiene ninguna pantalla pero si posee cuatro símbolos que representan las notificaciones que el usuario debe saber al usar el producto, estos se iluminan cuando el aparato es encendido presionando el botón de color rojo que se encuentra en la parte inferior de la carcasa.

## VENTAJAS

La forma, casi cuadrada, con las esquinas suavizadas hace que esta carcasa sea atractiva visualmente, y también que su almacenamiento en su maletín correspondiente sea fácil. También, su forma la hace más sencilla de agarrar para ensamblarla al jalón. No posee ninguna pantalla, lo cual economiza el espacio del interior de la carcasa y da lugar a una batería de mayor capacidad o a albergar todo lo necesario de manera eficiente.

### D. Hiper SR

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (\$)
Topcon	150 x 150 x 64	850	-



Figura 61a, 61b, 61c: Topcon Hiper SR (ToppTOPO, s. f.).  
(<https://topptopo.dk/wp-content/uploads/2024/05/ToppTOPO-Topcon-Hiper-SR-GNSS-modtager-brochure.pdf>)

Este diseño de carcasa de la marca Topcon posee una combinación innovadora de ingeniería compacta y ligera dentro de un forma hermética al medio ambiente, garantizada para resistir una caída de hormigón de 2 metros (Topcon, 2017). La batería que posee tiene una duración de hasta 20 horas de 5000mAh. Los botones de las notificaciones se encuentran en la parte frontal y estos se iluminan una vez encendido el dispositivo. La carcasa está hecha de una aleación de magnesio y con una clasificación de IP67 que la hace impermeable al agua y la protege del polvo externo. Posee además tres puertos: una serial, a través del cual se alimenta al dispositivo y se realiza la comunicación de datos; otro de tipo USB, y el de la conexión de la antena. Estos puertos se encuentran en la parte inferior de la carcasa.

## VENTAJAS

Aspectos llamativos y que resultan interesantes de esta propuesta de dispositivo, son su forma y la combinación de botones junto con ledes. La forma cuadrada suavizada y fina es muy ergonómica para su manipulación. Opta por extender más en el plano horizontal que en el vertical y consigue ser muy fina. Luego, al utilizar goma translúcida en los botones logra que estos puedan tener un LED que pueda otorgar información adicional sobre la información del símbolo grabado en la goma del botón.

### E. Hiper HR

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (\$)
Topcon	115 x 115 x 132	1172	21,500



Figura 62a, 62b: Topcon Hiper HR (RMS Geoespacial, s. f.).  
 (<https://rmsgeoespacial.com/producto/sistema-gnss-rtk-topcon-hiper-hr-con-fc-500/>)



Figura 62c: Topcon Hiper HR (ToppTOPO, s.f.).  
 (<https://topptopo.dk/wp-content/uploads/2024/05/ToppTOPO-Topcon-Hiper-HR-GNSS-modtager-brochure.pdf>)

Esta carcasa, a diferencia de la carcasa Hiper SR de la misma marca, es más alta pero menos ancha que la otra. En esta, el puerto de la antena se posiciona en la parte superior, justo en el centro del dispositivo. Luego, posee cuatro puertos en la parte frontal,

formando un pequeño ángulo que los protege de la caída de líquidos sobre la carcasa. Estos son los de la conexión de la antena GNSS, una conexión USB, la conexión de antena celular externa y el de alimentación; mientras que en la parte posterior tiene un conector serie, protegido con una tapa que lo protege de líquidos externos. La batería que posee es de 5200mAh con una duración de 9 horas. También, en la parte frontal posee una serie de símbolos que otorgan la información necesaria al usuario cuando el dispositivo está encendido. Estos se iluminan con ledes. Junto a estos se encuentra el botón de goma de encendido y apagado. La carcasa es robusta y hecha de una aleación de magnesio con diseño ambiental IP67 resistente al agua (Topcon, 2024).

## VENTAJAS

De este diseño más compacto, destaca la elección de la distribución de los botones y diferentes puertos que posee alrededor de la carcasa. Posicionando la antena en la parte superior, los puertos divididos entre parte frontal y parte posterior y la serie numerosa de símbolos acompañados de sus respectivos ledes para mostrar su estado. También, de los puertos que posee solo uno de ellos, el serie, está protegido con una tapa. De esta carcasa, la forma que posee destaca por ser más parecida a un cubo compacto, siendo prácticamente igual de ancha que de alta, y teniendo también los lados suavizados sin poseer ninguna esquina.

### F. U5

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (€)
UFO	Ø 157 x 74	940	4.280,52



Figura 63a, 63b, 63c, 63d: UFO U5 (Haodiok, s. f.).  
 (<https://www.haodiok.com/ufo-u5-gnss-differential-receiver-professional-gps-rtk-de-doble-frecuencia-product/>)

Este ejemplo de carcasa de dispositivo RTK con tecnología GNSS podría clasificarse dentro de las carcasas más finas de este primer apartado del análisis de mercado del proyecto. Con solo 74 milímetros de altura y con un diámetro de 157 milímetros es de las más pequeñas que se han encontrado en el mercado. La batería interior tiene una capacidad de 6800 mAh con una independencia de 10 horas y media en las que el dispositivo puede estar funcionando sin problema. En cuanto a botones, solo posee uno que es el de encendido y apagado del aparato el cual se encuentra en la parte inferior del disco. Luego posee varios puertos los cuales están protegidos con una tapa de goma; dónde se inserta la tarjeta SIM, el puerto USB-C y el puerto de la antena, el cual tiene un tapón con un pequeño filamento que evita que el tapón se pierda y que siempre cuelgue de la carcasa cuando se conecte la antena. Luego, no posee ninguna pantalla, sino cuatro indicadores de estado, siendo uno de estos el del estado de alimentación. Esto lo logra gracias a la implementación de cuatro ledes diferentes en fila. Luego, la carcasa tiene el certificado de protección IP67; resistente al agua y al polvo y protegido de inmersiones temporales hasta 1m de profundidad (Haodiok, s. f.).

## VENTAJAS

A subrayar de esta alternativa está la economización de puertos de la carcasa, así como la distribución de estos. Teniendo el puerto de la antena en la parte inferior, así como el compartimento para la tarjeta SIM. Luego, el puerto USB-C se encuentra en la parte posterior. También, la ausencia de pantalla, utilizando solo cuatro ledes para las notificaciones justas y necesarias. Su forma de disco se adapta mejor a la forma de la antena que el GA-01 posee, por lo que la hace más ergonómica.

### G. B5

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (\$)
CHC	Ø 119 x 85	730	1,300



Figura 64a, 64b, 64c, 64d: CHC B5 (Made-in-China, s. f.).  
 ([https://es.made-in-china.com/co\\_haodiok/product\\_Chc-B5-GPS-Rtk-Base-Station-Cheap-Price-Survey-equipment-Gnss-Receiver-Rtk\\_yseessirsg.html](https://es.made-in-china.com/co_haodiok/product_Chc-B5-GPS-Rtk-Base-Station-Cheap-Price-Survey-equipment-Gnss-Receiver-Rtk_yseessirsg.html))

La carcasa del dispositivo B5 de la marca CHC es una propuesta compacta de dispositivo receptor GNSS RTK. Su cuerpo está hecho de aleación de magnesio AZ91D. Con protección resistente al agua y al polvo IP68 y IK08 de protección a choques. Posee una batería de 6800 mAh con independencia de hasta 15 horas en las que puede estar funcionando. Esta batería permite su alimentación a través de un puerto USB. Posee

también un puerto de antena UHF externo, que se encuentra en el centro de superficie superior. Además de un puerto de tipo USB-C que sirve como soporte de carga, fuente de alimentación y descarga de datos (Made-in-China, 2024). En la parte frontal, junto al botón de encendido y apagado, se encuentra la pantalla LCD HD de 5,5" pulgadas, dónde se muestran las diferentes notificaciones para el usuario.

## VENTAJAS

De esta carcasa, es conveniente señalar que los puertos se encuentran tapados por una tapa en la parte trasera que los protege del agua, del polvo y de los golpes. Por otro lado, la posición de la antena de radio en el plano superior es práctica, pero en cuanto al rediseño de la carcasa del dispositivo usado por la ONG Guakía Ambiente, sería algo difícil de implementar.

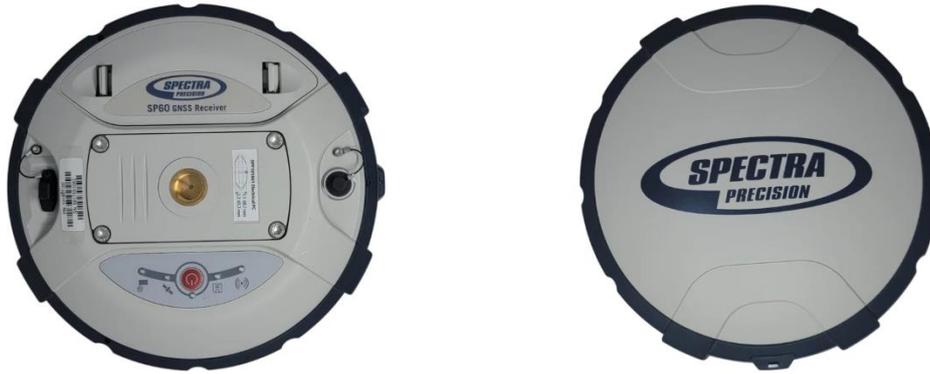
### H. SP60

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (\$)
Spectra Precision	Ø 210 x 70	930 (sin batería)	6,900



Figura 65a, 65b: SP60 (RMS Geoespacial, s. f.).

(<https://rmsgeoespacial.com/producto/sistema-rover-gnss-sp60-l1l2-gnss-rtk-kit-uhf-410-430-colector-t41/>)



Figuras 65c, 65d: SP60 (9JA TOOLS & EQUIPMENT, s. f.).  
 (<https://www.9jatoools.com/products/new-spectra-precision-geospatial-sp60-gnss-base-or-rover-rtk-receiver>)

El modelo SP60 de carcasa de dispositivo RTK con tecnología GNSS tiene forma de disco, y como todos los anteriores, se acopla al jalón central, con un mecanismo de tipo tornillo-tuerca, donde se gira la carcasa sobre el jalón y queda ensamblado. En el plano inferior del disco, posee un botón de encendido y apagado en rojo y cuatro ledes, a ambos lados de este, que notifican seguimiento, Bluetooth, grabación y operaciones de radio (BMP Renta, 2024). Posee también tres puertos de comunicación: USB, serial y de alimentación. Todos estos puertos se encuentran en el plano inferior del disco protegidos con una tapa que pende de una pequeña cuerda para que esta no se extravíe. La carcasa tiene el certificado IP67 de protección al agua y al polvo. Y, la batería es de 2.600mAh que otorga al dispositivo de una independencia de entre 8 y 10 horas de funcionamiento.

## VENTAJAS

De este diseño de carcasa cabe destacar la distribución de sus puertos y botones, así como la protección de estos. También prescinde de pantalla y utiliza solo cinco ledes para las distintas notificaciones que debe saber el usuario. Su forma de disco, la hace tremendamente ergonómica a la vez que se adecúa bastante a la forma de la antena.

## I. Abrazadera de poste GNSS

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (€)
XMSJ	-	-	16,79



Figura 66a, 66b, 66c, 66d: XMSJ abrazadera de poste GNSS (AliExpress, s. f.).  
<https://es.aliexpress.com/item/1005005298986202.html>

Este es un ejemplo de abrazadera que se puede encontrar en AliExpress el cual tiene una pinza con que se acopla al jalón central y se ajusta a este con un tornillo de palometa. Esta pinza va acompañada de una brújula. Y luego, posee otra abrazadera para el dispositivo móvil con pantalla, el cual se ajusta a este dispositivo con otro tornillo de palometa. El material del que está hecha esta abrazadera es aluminio anodizado y los tornillos son inoxidable, lo que hace que todo el conjunto sea resistente a la corrosión.

### VENTAJAS

Este tipo de dispositivo para acoplar el teléfono, en el caso del dispositivo GA-01, es interesante destacar la manera en la que se utiliza el sistema del tornillo palometa para ajustarlo al jalón central o, en su defecto, al trípode. También, la posibilidad de poder acoplar los dos sistemas de pinzas y que se sujeten el uno al otro es destacable.

## J. Abrazadera de poste con soporte universal

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (€)
ELECTRICAL	-	-	14,17



Figura 67a, 67b, 67c: ELECTRICAL abrazadera de poste con soporte universal (AliExpress, s. f.).  
(<https://es.aliexpress.com/item/1005005380671624.html>)

Esta abrazadera, a diferencia de la anterior, posee también un acople en forma de abrazadera de pinza que se ajusta con un sistema de tornillo de palometa al jalón central. Sin embargo, la abrazadera cambia su diseño y se parece más al mecanismo de una pinza de dos brazos. Luego, el acople de móvil es algo diferente al diseño anterior, ya que no hace uso de un sistema de tornillo de tipo palometa para ajustar el dispositivo móvil. En este caso, tiene dos brazos extensibles.

### VENTAJAS

A destacar de este dispositivo es el uso de la abrazadera de tipo pinza con el ajuste de tronillo palometa y el giro del acople del teléfono móvil, para poder ponerlo en vertical u horizontal.

## K. Soporte plano de manual de cuaderno

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (€)
oeny	-	-	30,80

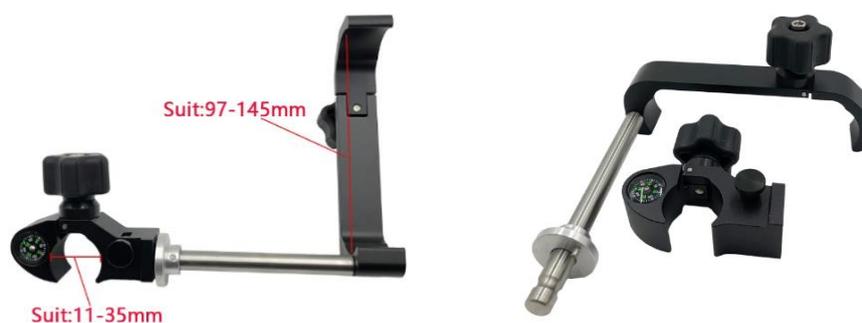


Figura 68a, 68b: oeny soporte plano de manual de cuaderno (AliExpress, s. f.).  
(<https://es.aliexpress.com/item/1991882175.html>)

Este soporte, también utiliza un sistema de tornillo de palometa para ajustar todo el aparato al jalón central del dispositivo. Sin embargo, difiere de las alternativas anteriores en que el soporte para el dispositivo móvil que funcione de pantalla se encuentra algo más separado del jalón central. Esta abrazadera para el soporte móvil también utiliza un tornillo de palometa que se atornilla y se desatornilla para ajustarlo. Los tornillos son inoxidable, resistentes a la corrosión y el resto de la abrazadera está hecha de aluminio anodizado.

### VENTAJAS

Como en los dispositivos de abrazaderas anteriores, resulta muy útil el uso de tornillos de palometa ya que son ergonómicos al movimiento de la mano además de que no es necesaria ningún tipo de herramienta para ajustarlos.

#### 4.5.2. SOLUCIONES ADAPTABLES AL PROBLEMA

Este segundo apartado del análisis de mercado para el rediseño de la carcasa estanca del dispositivo GA-01 se centra en la búsqueda de objetos, sistemas y otras soluciones que pueden resultar interesantes de aplicar en el rediseño pero que no pertenecen necesariamente al campo de los dispositivos RTK con tecnología GNSS. Aquí se presentan soluciones atractivas que típicamente se clasifican dentro de otros campos que no es al que pertenece originariamente el dispositivo de estudio de este proyecto.

##### A. Soporte de cámara de acción para bicicleta

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (€)
QIMEI-SHOP	20-32 (mango de manillar)	170	14,99



Figura 69a, 69b, 69c: Soporte de cámara de acción para bicicleta (Amazon, s. f.).  
(<https://www.amazon.es/Bicicleta-Rotaci%C3%B3n-360%C2%B0Soporte-Deportiva-Motocicleta/dp/B09J2NFK2P>)

Este tipo de soportes de cámaras deportivas destinados a manillares, ya sea de bicicletas o de motocicletas, hacen uso de un sistema de pinza con tornillos de palometa, en este caso de cabeza pequeña. De esta manera queda fijo en el tubo del manillar. Y el ensamble a la cámara es de tipo tornillo quedando así completamente fijado. Este soporte

en concreto soporta una carga de hasta 1500 gramos y está hecho de una aleación de aluminio, siendo antideslizante y ajustable.

## VENTAJAS

Es significativo destacar de este producto el sistema del que hace uso para ser ensamblado a los manillares, de tipo pinza ajustable con tornillos. Además, el método por el cual la cámara se queda anclada al resto del entramado de piezas, usando un tornillo de palometa, la deja fija si se ajusta al máximo.

### B. Clip de pinza de cangrejo para motocicleta (GP-HBM-001)

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (€)
TELESIN	8 x 5 x 5	290	32,99



Figura 70a, 70b, 70c: TELESIN clip de pinza de cangrejo para motocicleta (Amazon, s. f.).  
(<https://acortar.link/l4SU9v>)

Un soporte de ajuste de tipo pinza de cangrejo, como este, se utiliza también para manillares y barandillas de todo tipo. Este tiene menos piezas que el ejemplar A, y el ajuste de la pinza sobre la superficie deseada se realiza con un solo tornillo de palometa. En cuanto al material del que está hecho, es aleación de aluminio, lo que la hace muy resistente a la corrosión por agentes externos como agua o polvo. Sin embargo, este diseño

posee dos piezas con esferas que permiten el giro de la cámara 360° grados. El ensamble a la cámara es el usado por todas las cámaras deportivas.

## VENTAJAS

De esta propuesta resulta interesante señalar que la pinza solo utiliza un solo tornillo de palometa, a diferencia de otros ejemplos que utilizan una más. Y la versatilidad de la pinza, ya que es adaptable a cilindros de entre 9 milímetros y 38 milímetros de diámetro.

### C. Soporte giratorio para manillar

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (€)
TELESIN	15,5 x 7,2 x 3,4	130	21,99



Figura 71a, 71b: TELESIN soporte giratorio para manillar (Amazon, s. f.).  
(<https://acortar.link/mr26jo>)

Este soporte es de la misma marca que el analizado anteriormente, pero tiene una pinza algo diferente. El sistema de agarre que utiliza esta pinza utiliza también un tornillo, pero este tornillo cruza a ambos extremos de la pinza, es decir, ajusta uno de los lados contra el otro, pero se ajusta desde el lado contrario, tal y como se observa en la imagen.

Además, su peso es menor que el analizado en el punto anterior, aunque se ha empleado el mismo material para ambos.

## VENTAJAS

Resulta interesante destacar de este producto el sistema utilizado para ajustar la pinza. Un sistema que, en cámaras deportivas, no se ve comúnmente en el mercado, pero que resulta muy efectivo dejando la cámara extremadamente fija al manillar u objeto donde se quiera colocar.

### D. Adaptador de abrazadera de trípode de liberación rápida

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (€)
24hshop	15 x 105	170	15,95



Figura 72a, 72b: Adaptador de abrazadera de trípode de liberación rápida (24hshop, s. f.).  
(<https://www.24hshop.dk/fritid-og-legetoj/fototilbehor/ovrige-kameratilbehor/quick-release-tripod-clamp-adapter-til-manfrotto>)

Analizando otro tipo de piezas del mundo de la fotografía, en el mercado se encuentran adaptadores de abrazadera de liberación rápida para trípodes, como este que en concreto utiliza un tornillo de cámara de 1/4 con placa rápida que sustituye al Manfrotto 200PL-14. Estas piezas están hechas de aluminio, lo que las hace más resistentes a golpes y a efectos meteorológicos y otro tipo de líquidos.

## VENTAJAS

Cabe resaltar de esta propuesta el sistema de ensamblaje de la placa (sujeta a la cámara) al soporte (ajustado al trípode). Para conseguir que el acoplamiento sea rápido, así como su desacoplamiento, utiliza un sistema de palanca que se ajusta y se desajusta para que la placa quede fija sobre el soporte.



Figura 73a, 73b, 73c: Kupo KS-CB02 Quick Release Conector Rápido de Placa 200PL (Tripodes.cl, s. f.).  
(<https://www.tripodes.cl/kupo-ks-cb02-quick-release-conector-rapido-de-placa-200pl>)

Adaptadores de este tipo hay muchos en el mercado, es un tipo de conjunción que se usa en el campo de los trípodes para cámaras, desde deportivas a réflex. Como este otro modelo KS-CB02 de la marca Kupo, de aluminio también, pero algo más pesado. Asimismo, su precio es algo mayor que el anterior.

### E. 035+264 super-lamp pack

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (€)
Manfrotto	13-55 (mango de manillar)	410	24,79



Figura 74a, 74b, 74c: Manfrotto 035+264 Super Clamp Pack (Thomann Gmbg, s. f.).  
([https://www.thomann.ae/manfrotto\\_035264\\_super\\_clamp\\_pack.htm](https://www.thomann.ae/manfrotto_035264_super_clamp_pack.htm))

Esta pinza es una abrazadera universal del estilo *super-clamp* para tubos o chapas planas destinada a focos de luces para estudios fotográficos u otros usos del estilo. Es un método de sujeción que utiliza un tornillo de espiga y una manivela que se gira hasta quedarse completamente apretada.

## VENTAJAS

Conviene señalar de esta propuesta el método de ajuste de la pinza, ya que utiliza tanto un tornillo muy parecido a los de tipo palometa como una manivela para conseguir que se quede totalmente fija a la superficie deseada.

### F. Quick action baby clamp 5/8 PIN

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (€)
Avenger	20-52 (mango de manillar)	900	133

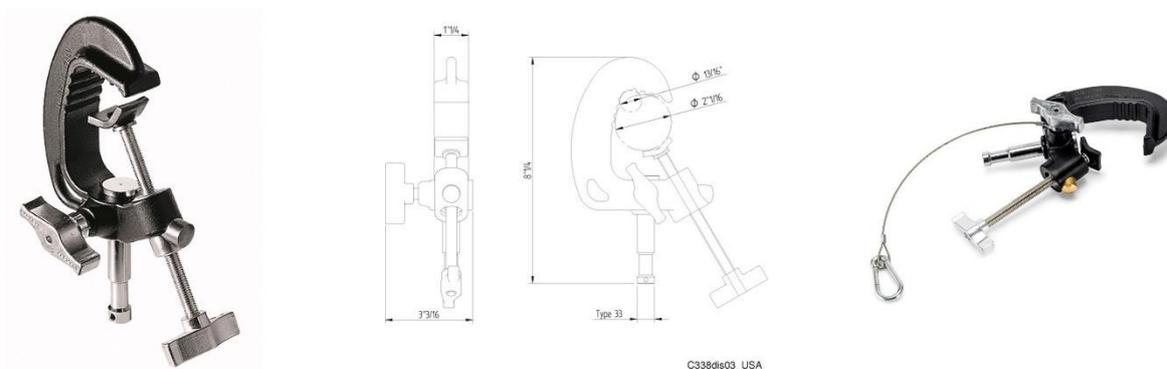


Figura 75a, 75b, 75c: Avenger quick action baby clamp 5/8 PIN (Manfrotto, s. f.).  
(<https://www.manfrotto.com/global/quick-action-baby-clamp-with-16-mm-pin-c338/>)

Esta es una pinza de acción rápida pequeña, que es usada en el campo de la fotografía para fijar luces y fuentes de iluminación fotográfico, pero también se puede usar para sujetar decorados o paneles, por ejemplo. Esta pinza puede soportar cargas de hasta 50 kilogramos. Para ajustar la pinza utiliza un sistema de tornillo y abrazadera, esta ocupa tres cuartas partes de la circunferencia, con lo que se consigue una sujeción muy fuerte.

## VENTAJAS

Es notable mencionar de este producto que el método usado para sujetar el soporte de iluminación o lo que se quiera sujetar, consigue ser muy fuerte sin tener que emplear una gran cantidad de material para lograrlo.

### G. Maleta sumergible

MARCA	DIMENSIONES (mm)	PESO (g)	PRECIO (€)
PELI	347,5 x 294,9 x 146,1	2000	170,68



Figura 76a, 76b: PELI 1400 Maleta sumergible (Amazon, s. f.).  
(<https://www.amazon.es/PELI-sumergible-transportar-instrumentos-capacidad/dp/B000M47J8A?th=1>)

Otro tipo de productos que no entran dentro del campo de los dispositivos con fines de geolocalización son cualquier tipo de maleta o carcasa sumergible. Este maletín de la marca PELI de polipropileno con un cierre magnético y una válvula de compensación automática. Esta válvula reduce la presión del aire, impide que entre agua en el interior y facilita la apertura de la maleta. La maleta tiene el nivel de protección IP67, lo que significa que es estanca al polvo y al agua hasta una profundidad de 1 metro durante treinta minutos. La tapa se ajusta perfectamente al cuerpo mediante un anillo de sellado de polímero que actúa como junta estanca. Además de incorporar cierres de doble recorrido fáciles de abrir y las bisagras y las asas incorporan pernos de acero inoxidable como refuerzo.

En el mercado, existen muchos tipos de maletines y cajas con cierres parecidos que consiguen que el interior no se moje ni se dañe. Algunos otros cierres son los de clip, usando juntas de gomas o junta tórica, otros hecho de poliuretano polipropileno que los hacen impermeables o incluso que tienen tapas que se sellan al resto del cuerpo.

## VENTAJAS

Es interesante subrayar de este producto el tipo de cierre que mantiene el interior totalmente fuera del alcance de cualquier líquido en el que se pueda sumergir el maletín. Esto lo logra juntando los diferentes métodos que usa; la válvula de presión, el cierre magnético y las juntas de goma que aprietan con fuerza la tapa y el cuerpo. Estos sistemas de cierre que consiguen que la carcasa sea completamente estanca se pueden aplicar a cualquier tipo de caja.



Figura 77a, 77b, 77c: Caja de herramientas Xcase y caja impermeable DAUZ (Amazon, s. f.).  
 (<https://acortar.link/EgUBXl>)  
 (<https://www.amazon.com/-/es/almacenamiento-impermeable-prueba-sellada-actividades/dp/B0CKS36M95>)

## H. Caja de conexiones subacuática



Figura 78a, 78b: Caja de conexiones impermeable Walfront (Amazon, s. f.).  
(<https://www.amazon.com/-/es/conexiones-impermeable-pl%C3%A1stico-subacu%C3%A1tica-el%C3%A9ctricas/dp/B087D6SCFL>)

Una caja de conexiones subacuática se utiliza para circuitos que deben estar totalmente alejados de líquidos u otro tipo de agente externo como el polvo. Para mantener el cableado fuera del líquido, la caja de plástico se ajusta con tornillos y con ayuda de una goma que sella ambas partes. De esta manera queda completamente cerrado a prueba de cualquier agente externo como los mencionados anteriormente. El método del que hace uso para conseguir que sea una carcasa estanca es el mismo que el mostrado en algunos productos expuestos en este análisis de mercado.



Figura 79: Kit vulcanizado conexiones subacuáticas AstralPool (Piscinas Ferromar, s. f.).  
(<https://www.piscinasferromar.com/kit-vulcanizado-conexiones-subacuaticas-astralpool.html>)

En adición a esto, también se puede llenar el hueco de la caja de conexiones con resina que posteriormente se solidifica y atrapa y aíslan completamente las conexiones dentro de ella, evitando así su contacto con el agua o el polvo. Este procedimiento se realiza con un kit vulcanizado de conexiones subacuáticos como el de la marca AstralPool.

## **VENTAJAS**

De este producto es relevante señalar el tipo de técnica que emplea para que la carcasa se mantenga estanca e impasible a cualquier líquido o intervención externa. Utilizando nada más que una goma que recorre todo el borde de la caja dónde se posará la tapa y una serie de tornillos que aprietan la tapa superior contra el resto de la caja, se consigue un envoltorio impermeable.

## 4.6. CONCLUSIONES

Después de analizar el mercado actual con el fin de examinar las diferentes alternativas que existen para realizar el mejor rediseño de la carcasa estanca del dispositivo GA-01, en el presente apartado se procede a exponer las conclusiones a las que se ha llegado analizando todos los productos presentados.

Para empezar, en primer lugar, resulta interesante destacar todas las formas que existen de mantener los componentes y conexiones del interior de la carcasa totalmente fuera del alcance de líquidos y polvo. Teniendo como referencia el objeto del que se parte y la distribución de los componentes del dispositivo GA-01 en el espacio, es esencial determinar el tipo de ensamblaje que la carcasa tendrá para lograr que sea estanca. De todos estos productos, y con el conocimiento que he adquirido experimentando con el dispositivo GA-01, resulta de interés el ensamblaje que usa una goma para realizar presión entre una tapa y otra. Si a este sistema se le suma un método de enganche del tipo pinza con tornillo de palometa, de esta manera la carcasa quedará completamente fija en su sitio y al componente del que se quiera que se sostenga.

En segundo lugar, de los objetos analizados en el primer apartado del análisis de mercado, muchos coinciden en tener los puertos protegidos con alguna tapa de goma que con presión queda fija en la superficie de la carcasa en cuestión. Es importante no olvidar que los puertos y los botones deben también ser estancos o estar protegidos de alguna forma de los líquidos y golpes. El problema de los puertos también se puede solucionar colocándolos en la parte inferior. Teniendo en cuenta esto, y sabiendo que el rediseño no añadirá más componentes a los actuales y economizará el espacio de la carcasa para mantener solo lo esencial para su funcionamiento, como hasta ahora, se puede prescindir de una pantalla incrustada en la carcasa y simplemente con una serie de luces LED se podrá notificar al usuario de lo que debe ser informado. En total se van a implementar tres unidades de ledes para informar de lo esencial, siendo uno para la notificar si el dispositivo está apagado o encendido, otro para la disponibilidad RTK, y un tercero para el nivel de

batería. Este último parpadeará en caso de estado de batería bajo, para anunciar que se debe cargar el dispositivo inmediatamente.

A su vez, veo conveniente jugar con diferentes texturas del material que sean antideslizantes para hacer fácil el agarre de la carcasa, así como todo el proceso de montaje de esta para conformar el dispositivo GA-01. Esto se podría lograr utilizando algún material con algo más de resistencia y más rugoso al tacto, algo más parecido a la goma. Este material también absorbe de buena manera los golpes. Haciendo uso de este tipo de material se conseguiría solucionar varios desafíos a los que se enfrenta el rediseño.

Es necesario señalar que para llegar al rediseño óptimo de la carcasa se puede jugar con el proceso de montaje. Tal y como se ha mostrado en el proceso de montaje del dispositivo GA-01, no es necesario para que funcione correctamente montar primero la antena y posteriormente la carcasa con tal de que quede fija.

En cuanto al resto de apartados previos al análisis de mercado de este proyecto, se concluye que lo idóneo para el rediseño de la carcasa es que se pueda acoplar a la antena GNSS. De esta manera, como se ha analizado en los requerimientos del rediseño de la carcasa, solo se necesita transportar un solo componente al lugar dónde se vaya a instalar el dispositivo para la medición ya que la antena estaría integrada con la carcasa.

**5/**

**PLANTEAMIENTO  
CONCEPTUAL**

## 5.1. DESARROLLO GRÁFICO

Para empezar a concretar el rediseño de la carcasa del dispositivo GA-01, primero se procede a realizar una serie de bocetos sobre papel para definir su apariencia, incluyendo formas y texturas, así como algunos detalles clave que hay que concretar, partiendo de los requisitos que se han mencionado anteriormente.

En esta fase, se señala con flechas las partes clave de cada propuesta y de cada dibujo. En los siguientes dibujos se tiene como referencia las medidas del dispositivo GA-01, de los jalones, las antenas, los diferentes puertos, etc.

Las formas iniciales que en este apartado se exponen pueden ser alteradas conforme avance el proyecto, hasta que se llegue a la versión final.

De este proceso de bocetado, se eligen tres alternativas diferentes que se analizan posteriormente y entre las cuales se encuentra la solución adoptada.

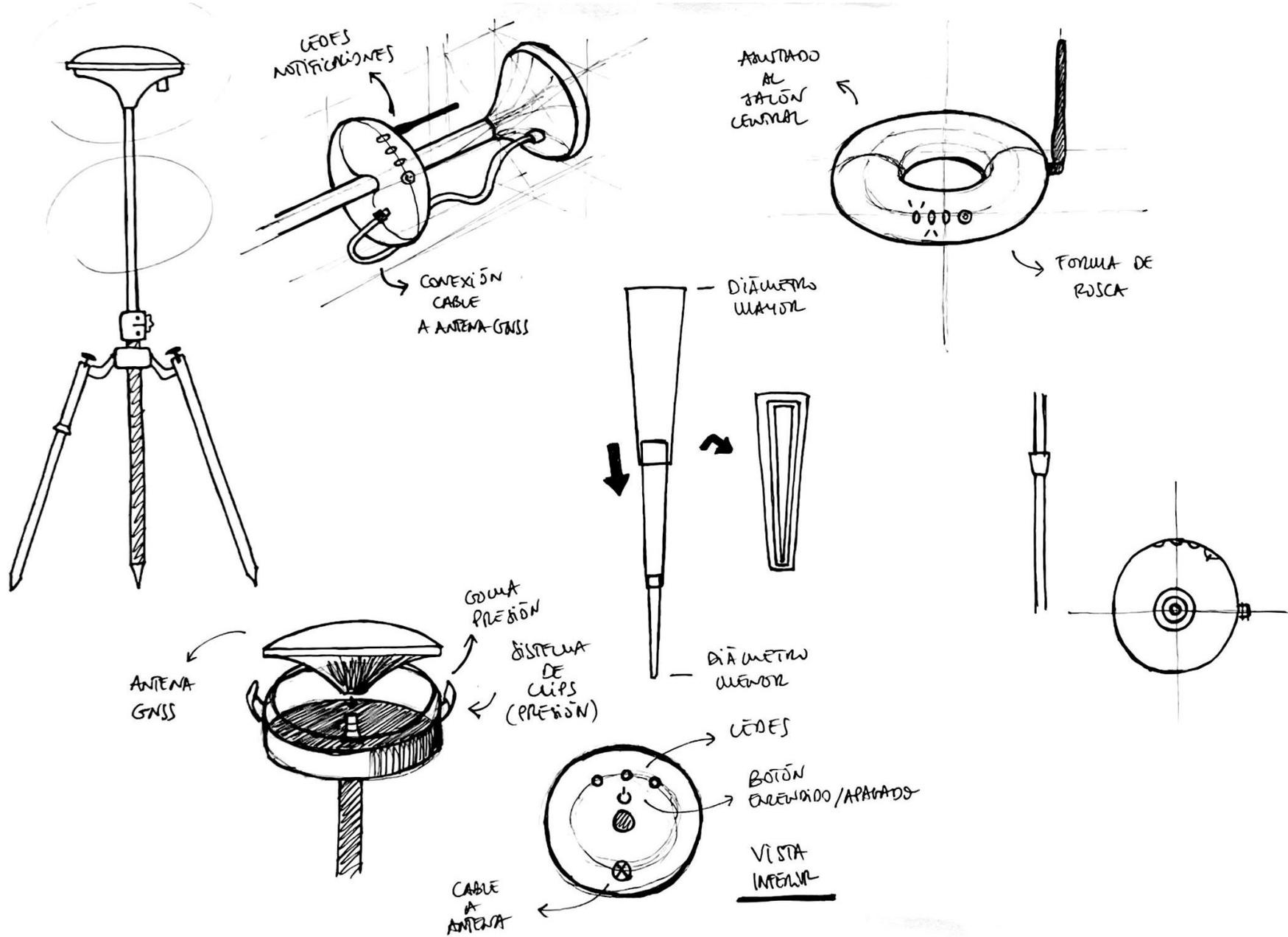


Figura 80: Bocetos I.

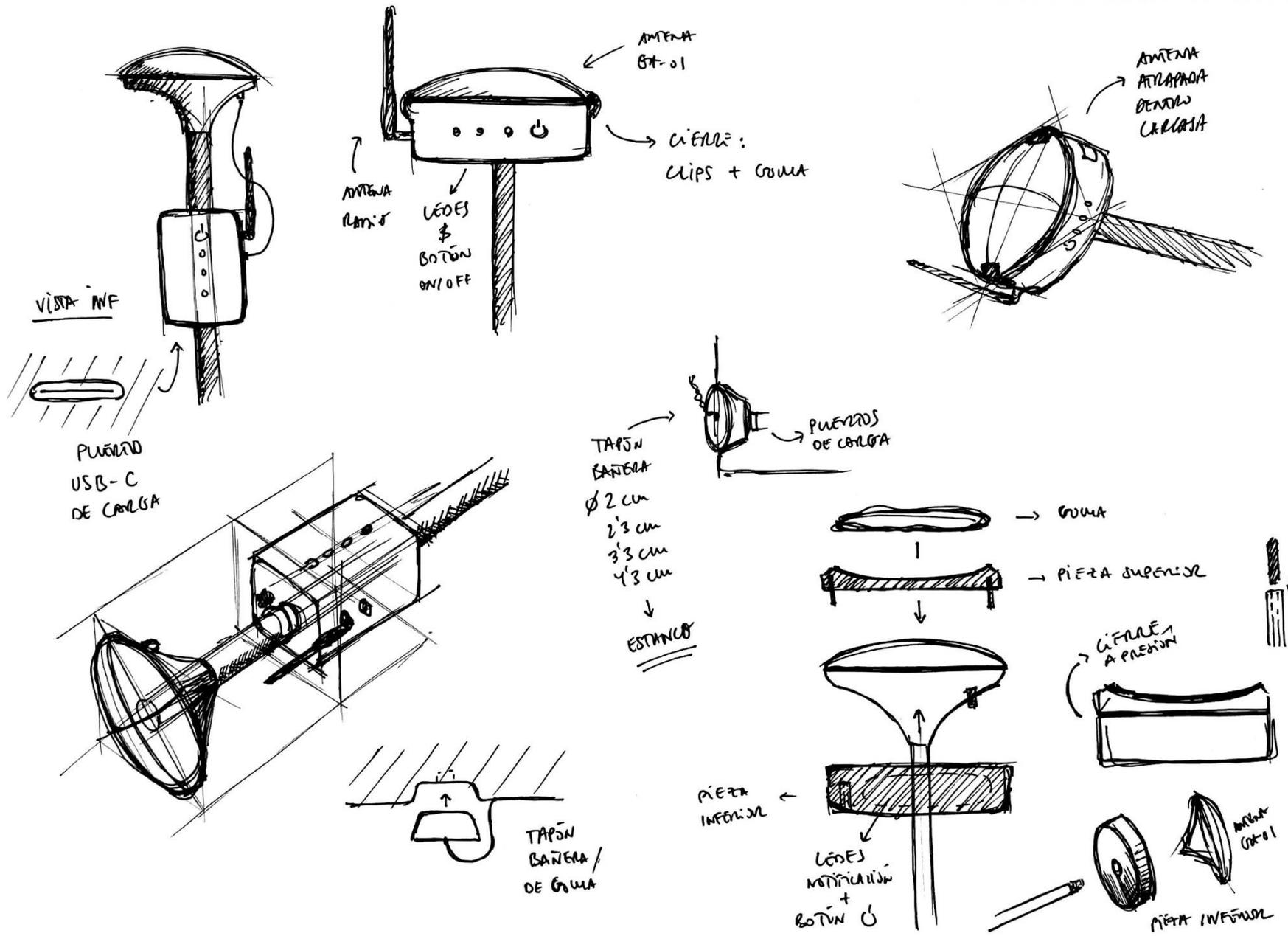


Figura 81: Bocetos II.

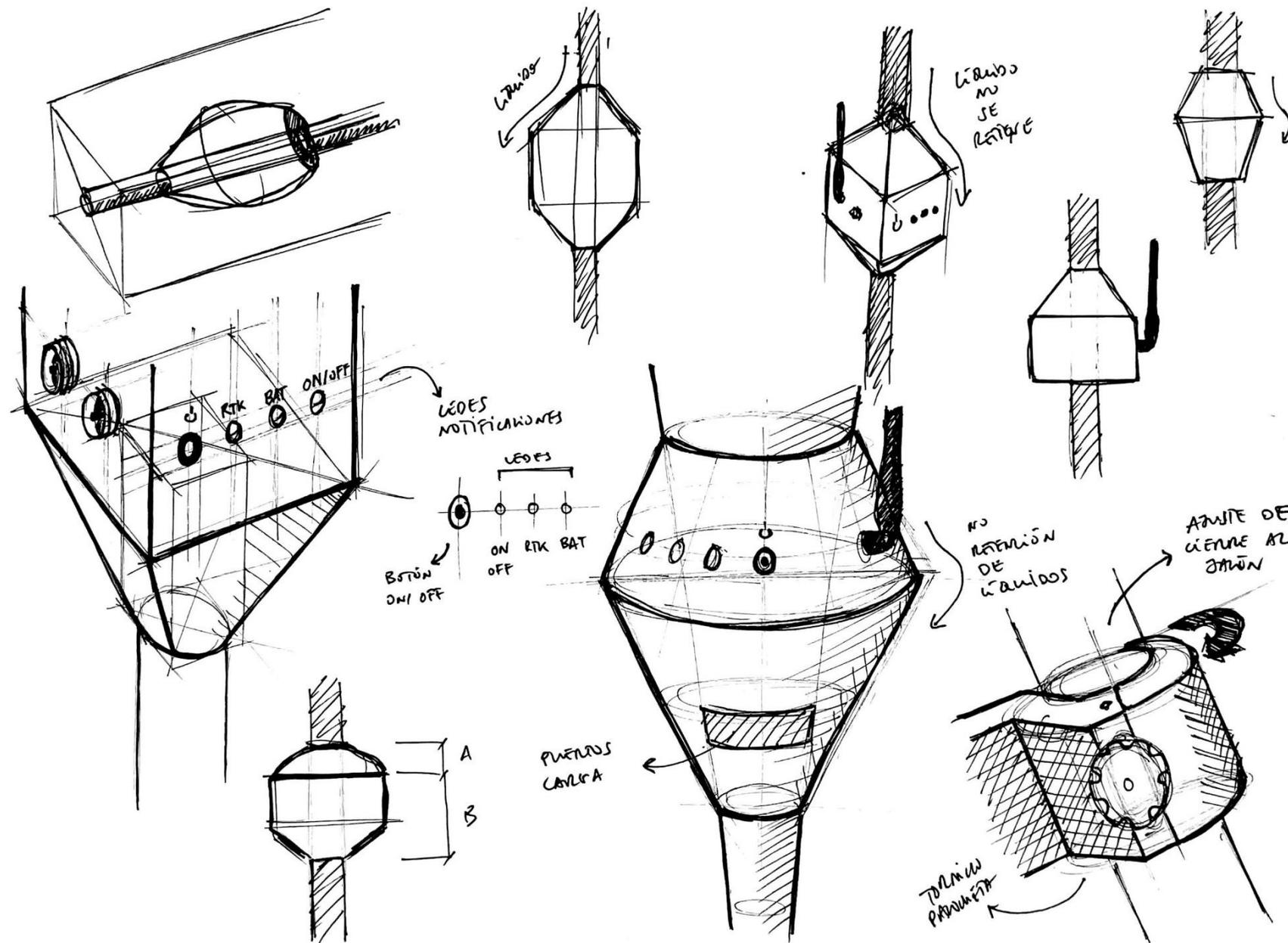


Figura 82: Bocetos III.

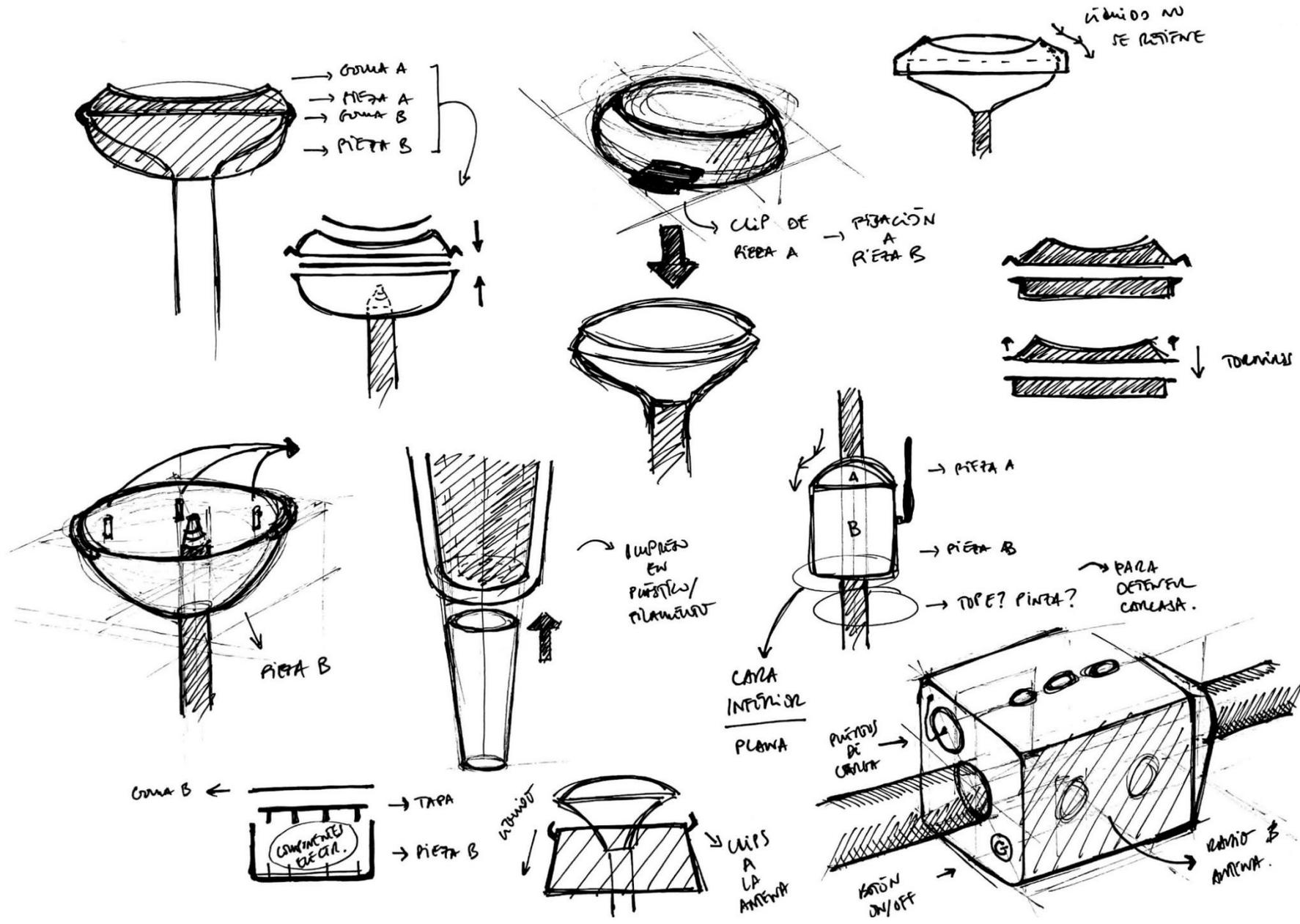


Figura 83: Bocetos IV.

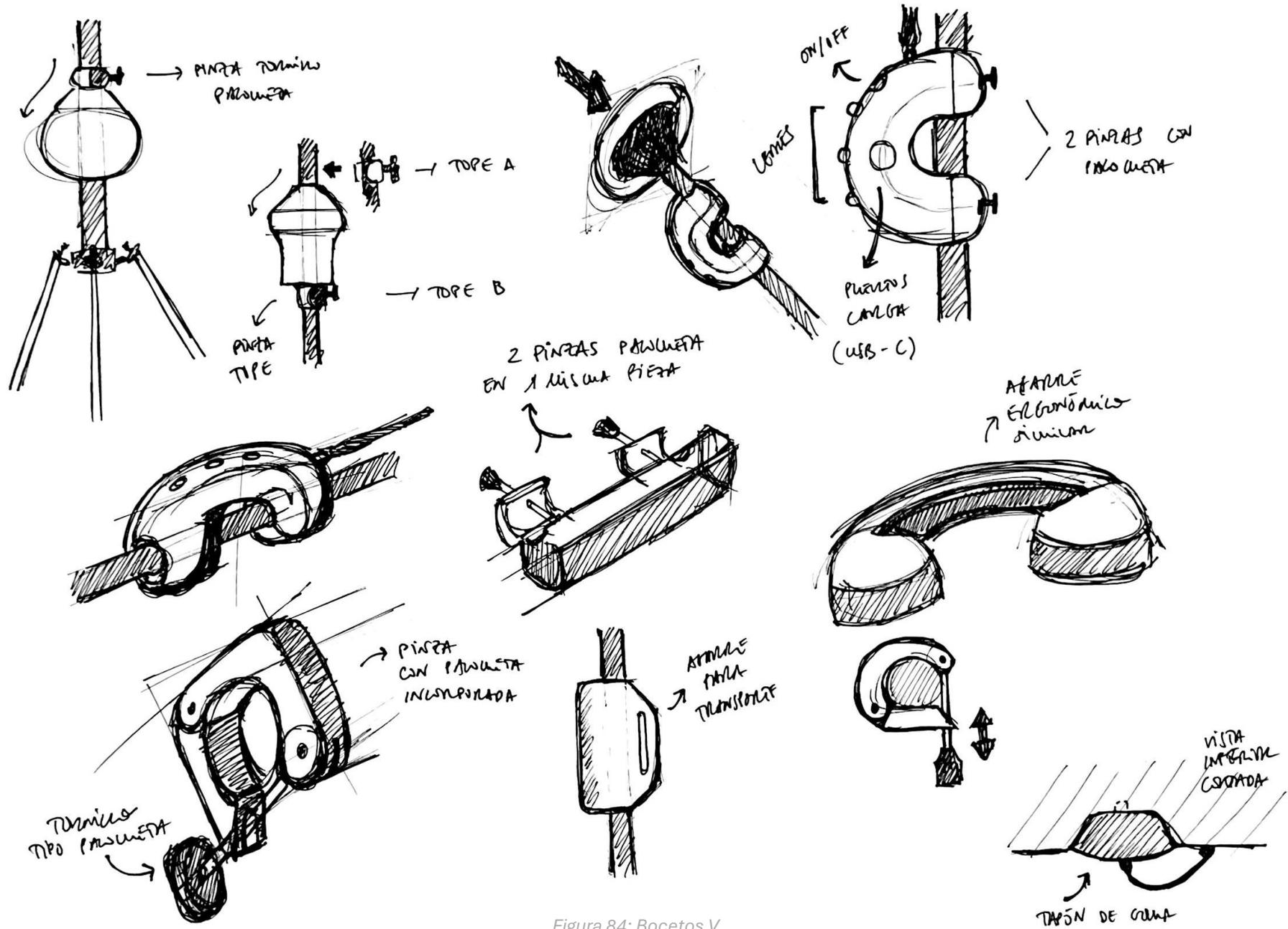


Figura 84: Bocetos V.

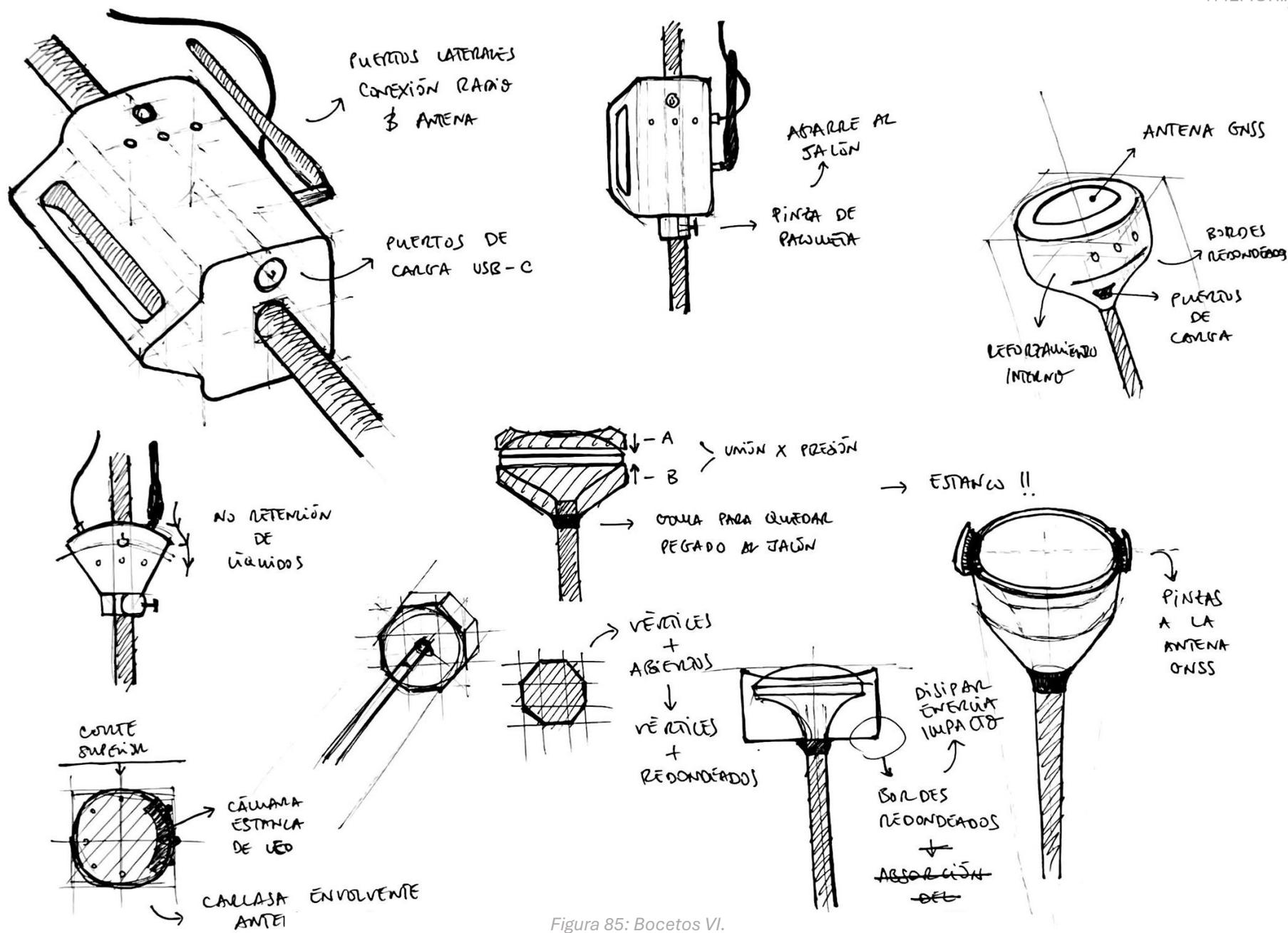


Figura 85: Bocetos VI.

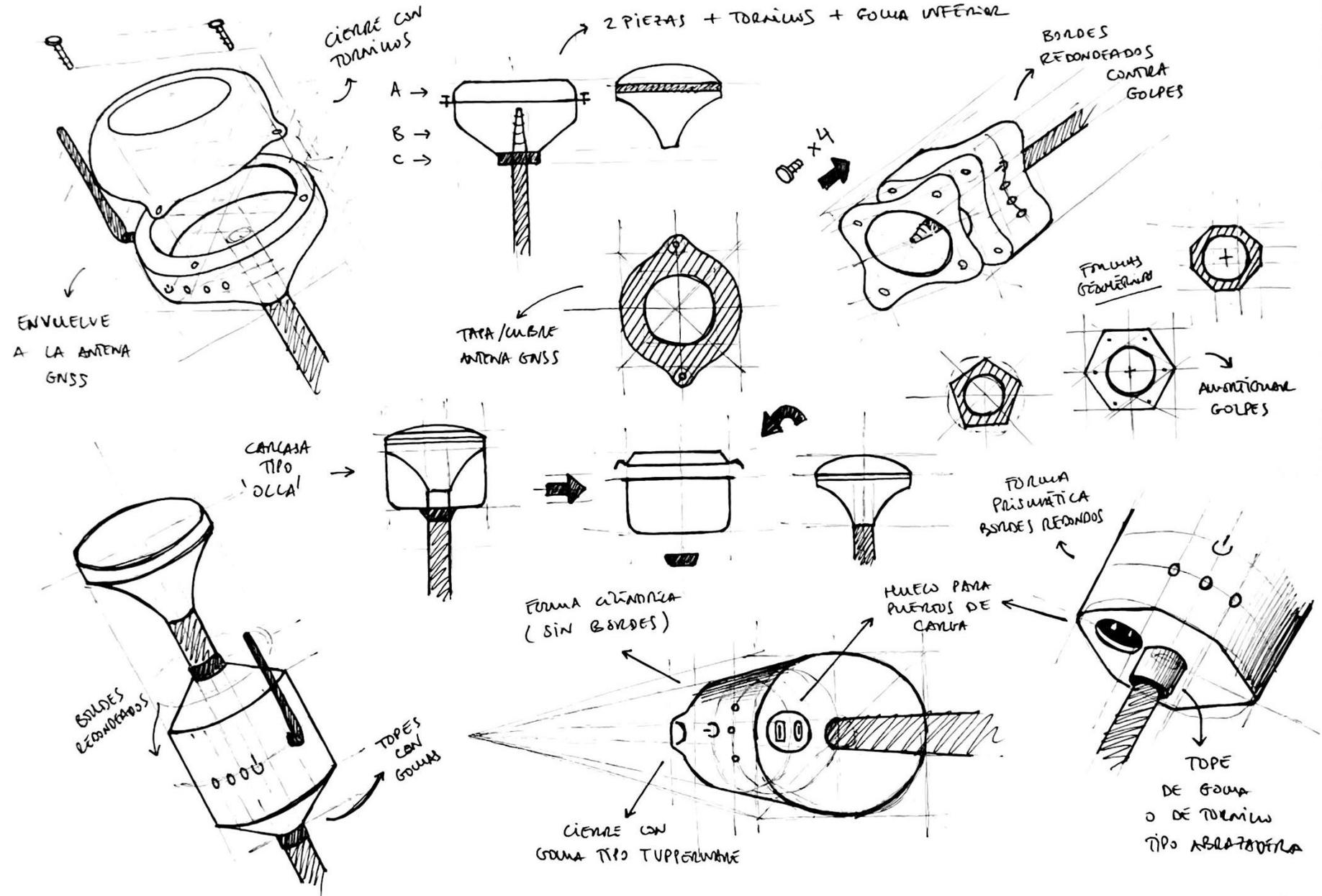


Figura 86 Bocetos VII.

## 5.2. ALTERNATIVA 1

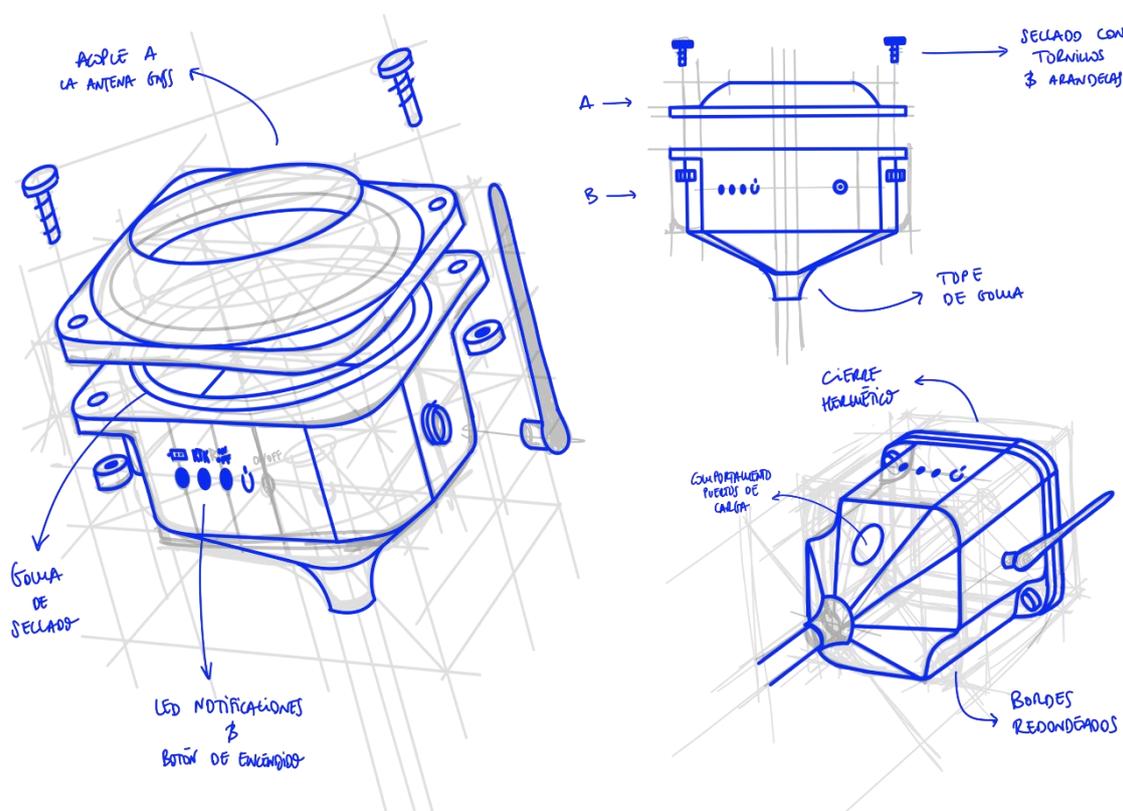


Figura 87: Alternativa 1.

Esta propuesta presenta una forma de carcasa envolvente en la antena GNSS y formada por dos piezas principales que se cierran herméticamente ayudándose de tornillos de palometa y sellado con gomas. La pieza A se coloca por encima de la antena GNSS, acoplándose perfectamente a su forma gracias a la goma que corre por el borde interior de la pieza. La antena queda atrapada dentro ya que la pieza A es sellada a la pieza B. La carcasa tiene forma de prisma rectangular con los bordes redondeados para amortiguar las caídas que pueda sufrir durante su manejo. La cara inferior de la pieza B no es recta ya que tiene un poco de ángulo, ajustándose al diámetro cilíndrico del jalón. En la parte inferior tiene otra goma que realiza la función de tope y que hace que la carcasa quede firme en el jalón. Luego, los puertos de carga se encuentran en la cara inferior de la pieza B en un pequeño hueco. El puerto para la antena del módulo de radiofrecuencia está en uno de los laterales de la pieza B. Para asegurar el cierre de ambas piezas se pueden utilizar de dos a cuatro tornillos de palometa que pasan a través de los orificios de la pieza A hasta la pieza B.

### 5.3. ALTERNATIVA 2

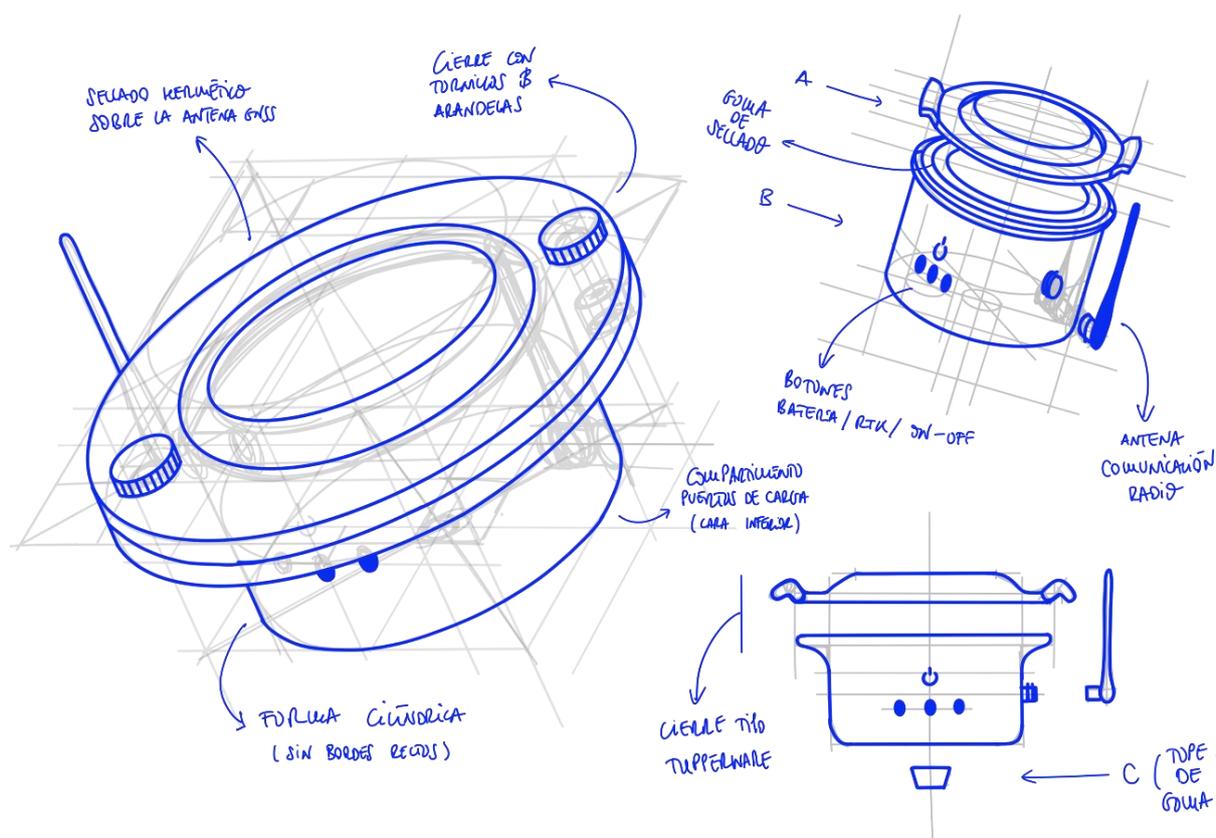


Figura 88: Alternativa 2.

Esta otra idea presenta un diseño de carcasa envolvente para la antena GNSS, compuesta por dos piezas, las cuales quedan selladas utilizando un cierre a presión gracias a las diferentes pinzas que posee y a una goma que recorre todo el borde interior de la pieza superior. Como en la anterior propuesta, la pieza A queda por encima de la antena GNSS, mientras que la pieza B se encuentra por debajo. La carcasa tiene forma cilíndrica y la cara inferior de la pieza B es totalmente recta. También posee una pequeña goma en la parte inferior para que la carcasa no resbale por el jalón. Como en la anterior, la carcasa se acopla al jalón con la rosca que posee la antena. Para fijar ambas piezas, se puede emplear un cierre tipo Tupperware con dos solapas o un par de tornillos con una superficie de amortiguación, como en la alternativa anterior. El botón de encendido y apagado del dispositivo está en la parte frontal y justo por debajo de este los tres ledes de notificación. Los puertos de carga están en la cara inferior de la pieza B, en un pequeño hueco que se desvela quitando el tapón que los protege. Y, el puerto para la antena del módulo de comunicación por radio se encuentra en uno de los laterales.

## 5.4. ALTERNATIVA 3

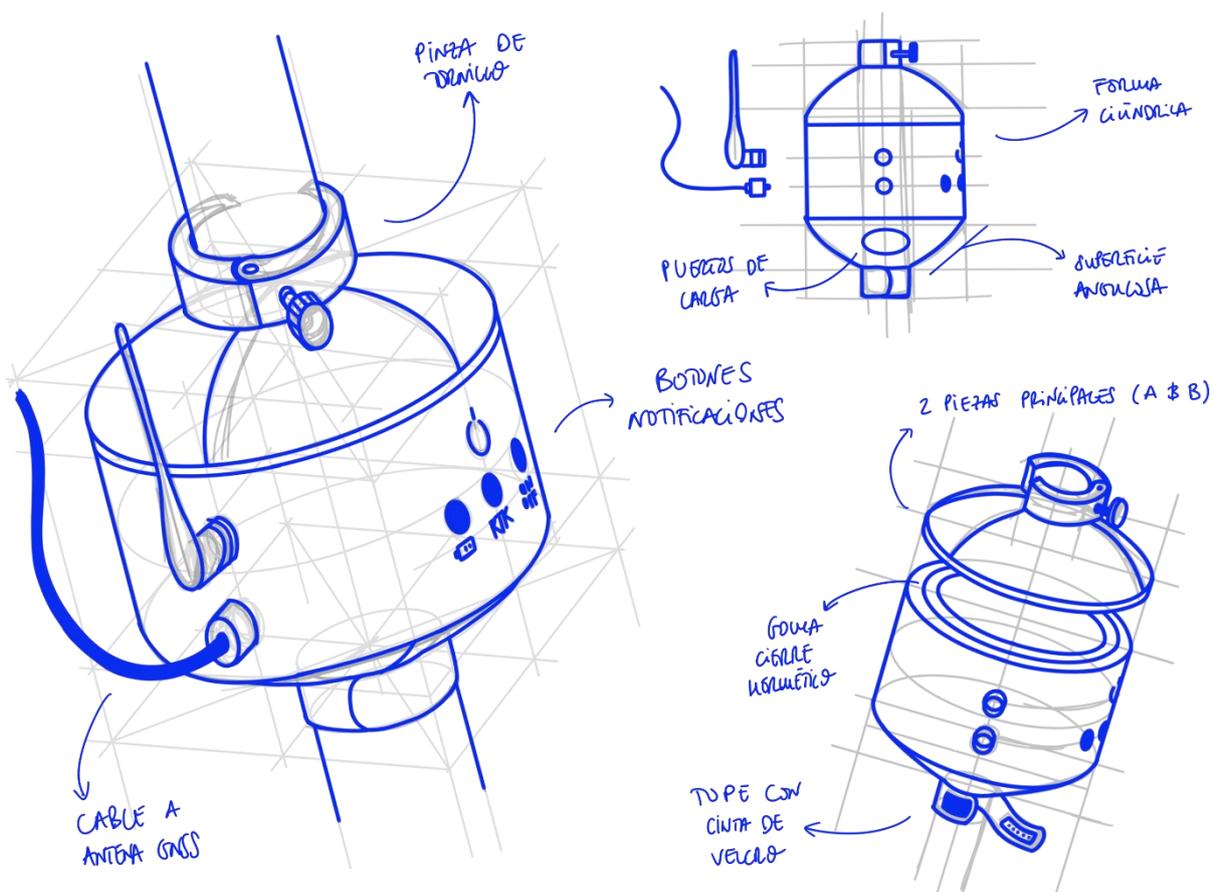


Figura 89: Alternativa 3.

Este diseño difiere de los anteriores debido a que no contiene en su interior a la antena GNSS. Aquí, la carcasa queda entre el trípode de jalones y la antena GNSS, a media altura acoplada al jalón principal. Esta propuesta de carcasa se acoplaría al conjunto pasando por su hueco central el jalón principal, y ajustándolo a este gracias a la pinza ajustable con un tornillo que posee y al velcro en la parte inferior. La carcasa tiene forma de cilindro, con algo de inclinación en ambos extremos, y dividida en dos piezas (la tapa y el contenedor) para poder integrar todo el mecanismo electrónico en el interior.

La distribución de los diferentes puertos es similar a la de las alternativas anteriores, con los puertos de carga en la parte inferior protegidos por un tapón con goma y el puerto de la antena de radiofrecuencia en uno de los laterales. El botón que activa todo el aparato está al frente y rodeado por los tres ledes de notificación.

## 5.5. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Una vez descritas las tres propuestas que se contemplan, se procede a la evaluación de estas. El objetivo final de esta valoración es seleccionar la mejor alternativa en base a una serie de criterios. Para ello, se aplicarán un par de metodologías de selección diferentes: la regla de la mayoría y la matriz de valoración.

El primer paso para llevar a cabo estas técnicas de evaluación de alternativas es definir una serie de criterios que se van a analizar. En este caso, los criterios a tener en cuenta serán los siguientes:

- **C1. Resistencia.** Se debe analizar la resiliencia a golpes y a agentes climáticos para comprobar su durabilidad en el terreno.
- **C2. Peso.** Este se debe tener en cuenta, ya que, a la hora de transportarlo, este proceso no se debe complicar por dicho atributo. Además, de que un peso alto puede desestabilizar el trípode del dispositivo.
- **C3. Capacidad.** Debe ser capaz de integrar en su interior todos los elementos electrónicos y placas que forman el dispositivo sin ningún problema.
- **C4. Instalación.** La simplicidad y rapidez con que se puede instalar la carcasa al resto del dispositivo GA-01.
- **C5. Mantenimiento.** Es necesario que exista un acceso fácil y seguro a los componentes internos para poder manipular estos cuando se necesite.
- **C6. Eficiencia del sellado.** El sistema que sella la carcasa debe ser eficaz y complementar la impermeabilidad del conjunto.
- **C7. Producción por impresión.** La facilidad con la que las piezas que sean impresas podrán ser producidas.
- **C8. Estética.** El producto final ha de ser atractivo para el usuario sin perder el total de su funcionalidad.

Ahora, la regla de la mayoría entra dentro del grupo de análisis multicriterio cualitativa y se basa en la creación de una matriz comparativa. En esta se comparan cada una de las alternativas (A) entre ellas para así elegir cuál cumple mejor cada uno de los criterios (C) que se han determinado.

		CRITERIOS DE SELECCIÓN								
ALTERNATIVAS		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	RESULTADO
	A1-A2	A2	A2	A1	A2	A2	A1	A1	A2	A2 > A1
	A1-A3	A3	A3	A3	A1	A1	A3	A1	A3	A3 > A1
	A2-A3	A3	A2	A3	A2	A2	A2	A2	A3	A2 > A3

Tabla 6: Matriz comparativa con la Regla de la Mayoría

Después de aplicar esta metodología, se puede concluir que la mejor opción entre las tres alternativas existentes es la número 2.

Luego, con la matriz de valoración se comparan cruzando cada una de las alternativas existentes con cada uno de los criterios que se han determinado en base a los requerimientos anteriormente expuestos. Para ello se crea un sistema de valores, comprendidos del 0 al 10, siendo el valor más alto el más positivo. Siendo la última columna una ponderación de todos los elementos de la tabla, lo que ofrece una comparación más exacta.

		CRITERIOS DE SELECCIÓN								
ALTERNATIVAS		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	RESULTADO
	A1	5	6	8	6	6	7	7	6	6,37
	A2	8	8	7	9	9	9	8	9	8,37
	A3	7	4	9	4	5	6	5	4	5,5

Tabla 7: Matriz comparativa de valoración.

Esta metodología determina que la alternativa mejor valorada es la Alternativa 2. Es la que mejor prestaciones ofrece, con una valoración de 8,37 sobre 10.

Las estimaciones que se exponen en las metodologías de valoración anteriores se han dado en base a una estimación a partir de los dibujos y bocetos y de la idea detrás de cada uno de estos. Se han ponderado según una estimación de su rendimiento en la experimentación y a la hora de su puesta en funcionamiento en trabajo de campo.

Realizadas estas dos metodologías, se concluye entonces que la alternativa óptima para el rediseño de la carcasa del dispositivo GA-01 es la Alternativa 2, puesto que en ambos métodos ha salido ganando.

**6/**

# **SOLUCIÓN ADOPTADA**

El rediseño de la carcasa elegido se ha bautizado como GA-02, siendo este el sucesor del primer dispositivo llamado GA-01. Con esta propuesta de carcasa se solucionan los problemas encontrados durante las experiencias en las que se ha usado el dispositivo GA-01. Este nuevo diseño se prevé que sea de larga duración y pueda implementarse también por otras organizaciones y usuarios en un futuro.

En cuanto a la apariencia física, mantiene una forma cilíndrica con bordes redondeados, más ancha que larga, que cubre a la antena GNSS y que mantiene en su interior todo el complejo circuito de componentes que hacen que funcione. La forma cilíndrica mantiene una superficie continua y curva que ayuda a distribuir la energía del impacto de manera más uniforme. Esto reduce la probabilidad de que un impacto del dispositivo cause daño significativo. También esta forma de cilindro achatado tiene menor resistencia al viento y otras condiciones atmosféricas adversas, lo que puede ser beneficioso en entornos con fuertes precipitaciones y vientos.

Este cilindro hueco está compuesto por una tapa superior, que se coloca encima de la antena GNSS y que se acopla perfectamente a su borde, y un recipiente inferior, que es donde se colocan la batería, las diferentes placas, los cables, los puertos de carga, los ledes y el interruptor, entre otros. Estas dos piezas de plástico se cierran herméticamente gracias a una goma de sellado que se coloca sobre el borde de ambas y gracias a un par de juegos de tornillos y tuercas que aseguran este cierre. En la cara inferior se encuentran los puertos de carga cubiertos con un tapón de goma. Se encuentran en la parte inferior ya que de esta forma se protegen de la lluvia y se cubren con un tapón de goma que entra con fuerza en el hueco para cubrir los puertos.

En uno de los laterales del recipiente inferior se alinean el interruptor y los ledes de notificación. En el lado opuesto se encuentra el puerto SMA para la conexión de la antena del módulo de radio. Luego, para el ajuste de la carcasa al jalón central, el recipiente inferior tiene un hueco circular en la superficie inferior por dónde se hace pasar el jalón y el extremo de este se ajusta a la rosca de la antena GNSS. Y, con una goma bordeando el hueco, se ajusta al diámetro del jalón.

## 6.1. RENDERIZADO DEL MODELO 3D



*Figura 90: Render de conjunto del dispositivo GA-02.*



*Figura 91: Render de la vista frontal del dispositivo GA-02.*



Figura 92: Render de la vista inferior del dispositivo GA-02.

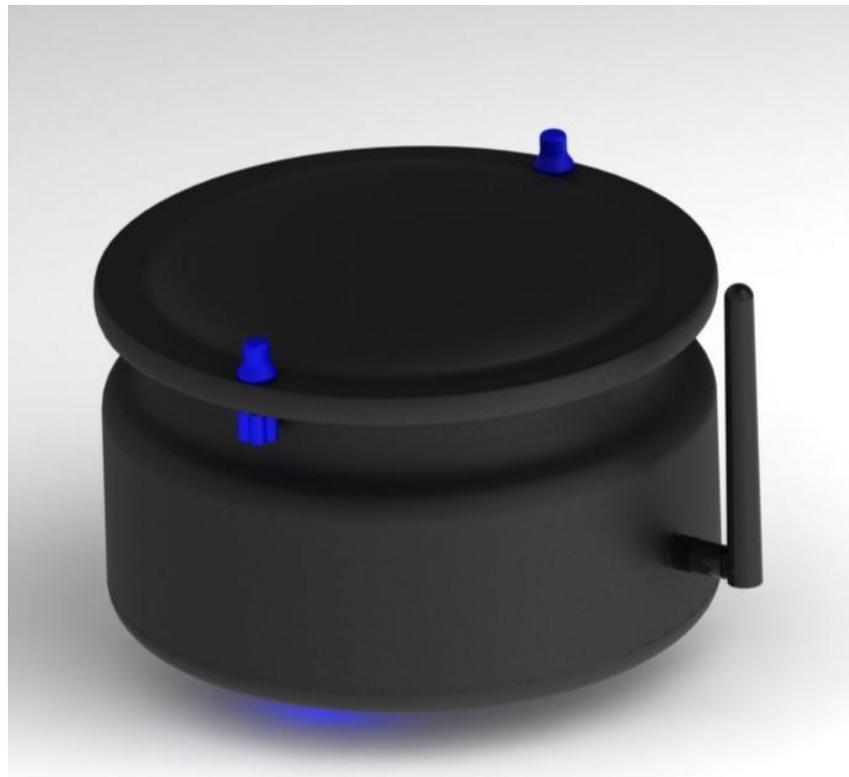


Figura 93: Render de la vista posterior del dispositivo GA-02.

## 6.2. IMPRESIÓN 3D DEL PROTOTIPO



*Figura 94: Todas las piezas del prototipo de la carcasa del dispositivo GA-02.*



*Figura 95: Vista de planta con la tapa abierta del prototipo montado.*



*Figura 96: Prototipo montado de la carcasa del dispositivo GA-02.*



*Figura 97: Vista de planta del prototipo montado de la carcasa del dispositivo GA-02.*



*Figura 98: Vista inferior del prototipo montado de la carcasa del dispositivo GA-02.*



*Figura 99: Vista interior del prototipo del recipiente inferior.*



*Figura 100: Juego de tornillo y tuerca del prototipo.*



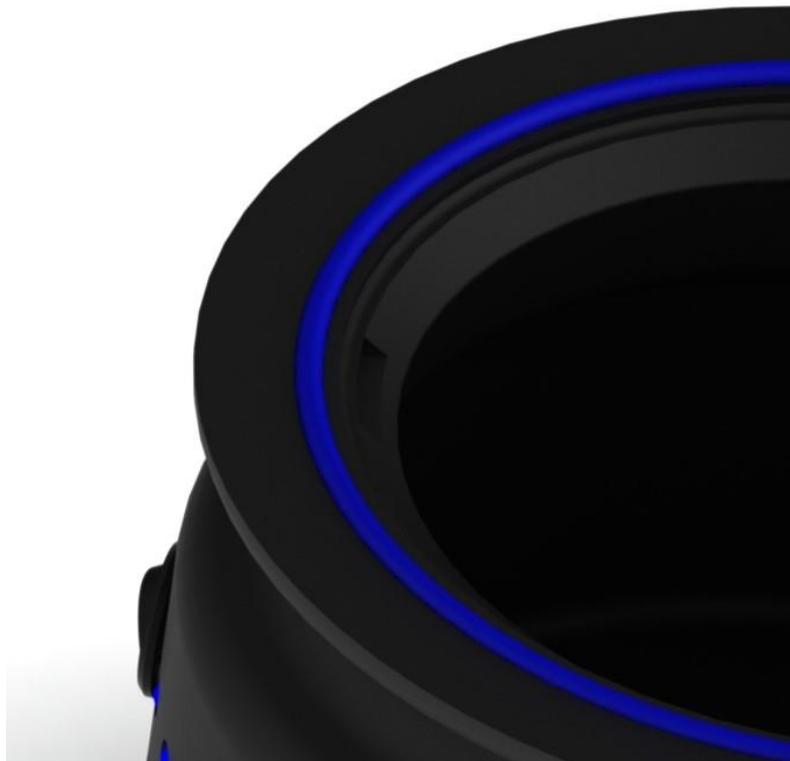
*Figura 101: Detalle del juego de tornillo y tuerca del prototipo.*

**7/**

# **DESCRIPCIÓN DE SOLUCIONES TÉCNICAS**

Decidido el diseño final de la carcasa para el dispositivo GA-02, se procede a detallar los aspectos técnicos como son la ejecución de los cierres, los métodos de amortiguación y la inclusión de dos materiales diferentes para las piezas diseñadas.

Para mantener cerrada la carcasa, así como protegida de factores externos a la vez que estanca de líquidos, se ha optado por un cierre hermético empleando una goma de sellado entre ambas tapas, la tapa superior y el recipiente inferior, de plástico que envuelven a la antena GNSS. La función principal de la goma de sellado o junta tórica, que se coloca en el canal del borde del recipiente inferior, es la de crear una barrera hermética cuando las dos piezas de plástico se juntan, evitando la entrada de líquidos y polvo. Tanto la pieza de plástico superior como la inferior tienen un ligero rail que les recorre todo el borde dónde se posiciona la goma.



*Figura 102: Render de detalle de la goma superior sobre el recipiente inferior.*

Luego, para asegurar este método de sellado de la carcasa, se emplean dos pares de juegos de tornillo y arandela o tuerca, que aseguran la tapa superior al recipiente inferior. Se ha optado por emplear el mínimo número de juegos de tornillos y tuercas con el fin de

minimizar al máximo el peso del conjunto. Esto debido a que, cuando el dispositivo esté operando, se va a posicionar a una altura de metro y medio sobre el suelo y de esta forma se podrá evitar algunas caídas producidas por la desestabilización del conjunto de jalón principal y el trípode. Los tornillos se aprietan manualmente ya que facilita su montaje y desmontaje sin tener que emplear ningún tipo de herramienta concreta para ello.

Entonces, se emplean un par de tornillos y arandelas, colocados en línea a lados opuestos de los bordes de ambas piezas de plástico, para así garantizar la presión uniforme sobre la goma de sellado. Las arandelas, que funcionan también de amortiguadoras, se colocan en la parte del tornillo que desborda por debajo y distribuyen la fuerza del tornillo de manera uniforme y evitan daños en el plástico de la tapa superior y el recipiente inferior. Estas aseguran el cierre del tornillo y las dos piezas mencionadas. No se deben apretar al máximo estos tornillos y tuercas para no dañar el plástico o deformar la goma de sellado.



*Figura 103: Render de detalle del juego de tornillo y tuerca.*

Estos dos métodos aseguran entonces un sellado completamente hermético sobre la antena GNSS y el resto de los componentes electrónicos del dispositivo de posicionamiento en tiempo real GA-02. Este método es beneficioso y el más útil en este

caso ya que asegura la protección contra líquidos con la goma de sellado creando una barrera efectiva que previene la entrada de agua y otros líquidos, protegiendo todos los componentes del interior.

Además, ofrece una gran resistencia a impactos, manteniendo una construcción robusta, y con el uso de tornillos y arandelas que aseguran que la carcasa permanezca cerrada incluso en caso de caídas, reduciendo el riesgo de daños internos. Asegura también la durabilidad de la carcasa, ya que los materiales plásticos empleados en la tapa y el recipiente de la carcasa y la goma, junto con el diseño bien ajustado, proporcionan una solución duradera y fiable para la protección de los componentes electrónicos más sensibles.

Para el interruptor del dispositivo se ha optado por un interruptor de tipo Rocker de dos posiciones. Se elige este tipo de interruptor por varios factores como la facilidad de uso, siendo intuitivos y fáciles de operar, incluso con guantes o en condiciones adversas, proporcionando una clara sensación táctil al cambiar de posición. La durabilidad y resistencia de estos son otros aspectos cruciales. Los interruptores de tipo Rocker están sellados lo que les hace ser resistentes al agua y al polvo, es decir, están diseñados para ser usados en entornos exteriores dónde se requiere protección adicional contra estos elementos, y esto lo hace idóneo para la carcasa del dispositivo GA-02. Incluso si poseen o no sellos de gomas o juntas especiales, mantienen la carcasa hermética.

Luego, en términos de fiabilidad operativa, los interruptores de tipo Rocker son conocidos por su longevidad y consistencia, asegurando que el circuito electrónico funcione correctamente en todo momento. Mantienen su posición de manera segura, evitando cambios accidentales debido a vibraciones o golpes. Su diseño de dos posiciones es claro y reduce la posibilidad de errores operativos.

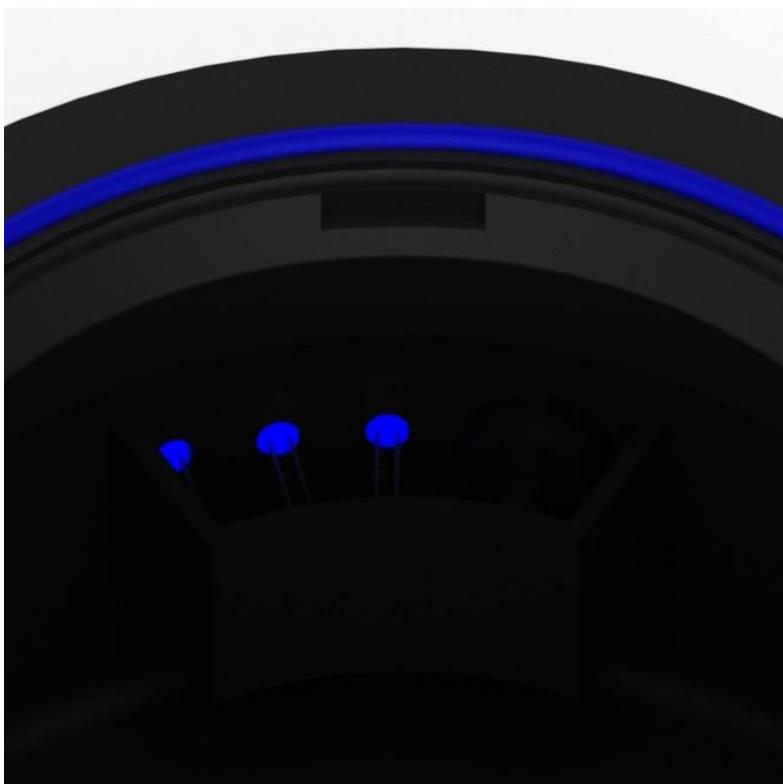


*Figura 104: Render de detalle de los ledes de notificación y el interruptor.*

Y, para añadir, desde una perspectiva estética, estos contribuyen a una apariencia profesional y funcional de la carcasa. Usar este tipo de interruptor añade un punto de profesionalidad al acabado de la carcasa del dispositivo GA-02.

Sumado a la implementación de este tipo concreto de interruptor, se emplean tres ledes de color azul para señalar solo tres notificaciones al usuario, las más esenciales para el funcionamiento del dispositivo. De izquierda a derecha, el primero es el que señala si el dispositivo está encendido o apagado, encendiéndose cuando esté encendido y apagándose cuando no esté funcionando. El segundo muestra entonces cuando haya RTK disponible, encendiéndose cuando sí que haya RTK y manteniéndose apagado si no lo hay. Por último, el tercero notifica el nivel de batería y si esta debe ser cargada. Si se encuentra apagado la batería está suficientemente recargada. En estado de parpadeo notifica que queda poca batería y debe ser recargada. Y si está encendido es que está recargando la batería.

Las conexiones de los tres ledes y el interruptor con el resto del circuito se realizan dentro de un pequeño cajón que se ha creado en el lateral interior dónde estos se encuentran. Este pequeño cajón se llena con resina para conexiones subacuáticas. A falta de esta, se puede usar cualquier otro material plástico espeso que mantenga las conexiones funcionando y cerrar cualquier hueco por el que pueda entrar el agua y otros factores externos.



*Figura 105: Render de detalle del cajón de conexiones en el interior del recipiente inferior.*

En el lateral opuesto a la línea de ledes e interruptor, se encuentra el puerto SMA para la conexión de la antena del módulo de radio. Esta antena, después de ser enchufada al SMA se pliega hacia arriba. Colocando el puerto en esta posición no estorba al interruptor y los ledes de notificaciones, y además, se respeta la posición que tenían estos componentes tenían en el dispositivo GA-01.



*Figura 106: Render de detalle de la conexión SMA de la antena del módulo de radio.*

Luego, los puertos de recarga de la batería y transferencia de datos, un puerto USB de tipo C y un puerto UB, respectivamente, se encuentran en la cara inferior del recipiente. Se sitúan aquí porque corren menos riesgo y se protegen de precipitaciones directas. También, estudiando el análisis de mercado, se observa que en dispositivos similares predomina la localización de estos puertos de carga en la parte inferior.

A parte de ser colocados en este sitio, son cubiertos por un tapón de goma. Este tapón de goma está producido en un material flexible para que así quede completamente encajado en el hueco y complete su función. Con este tapón se consigue proteger de cualquier factor externo a los puertos de carga y asegurar su correcta funcionalidad.



*Figura 107: Render de detalle de los puertos de carga y la goma inferior de ajuste.*

Esta nueva carcasa está diseñada para ser colocada en la parte superior del jalón central, ajustándose a este a través de la tuerca de ajuste que el jalón y la antena GNSS poseen. De esta manera, la carcasa queda totalmente estabilizada en lo alto del jalón, protegiendo todos los componentes que se encuentran en su interior. Así, se aprovecha el sistema de tuerca y tornillo que estas dos piezas poseen y no requiere la realización de un sistema de ajuste aditivo. Aprovechando así el duro material en el que está hecho este ajuste y asegurando su durabilidad en el tiempo.

Con todo, esta solución está producida en dos tipos de materiales, el principal siendo plástico ABS, de propiedades rígidas y resistentes. Con este material se ha producido la tapa superior y el recipiente inferior. Mientras que el resto de las piezas, todas en color azul en las imágenes de los render, están confeccionadas en resina, de características más flexibles y elásticas. Estas piezas funcionan como sellado o ajuste a otras piezas y es por eso por lo que se requiere que posean este tipo de características.

Por último, cabe añadir, que esta solución tiene en cuenta la carencia de ciertos recursos que la organización no gubernamental Guakía Ambiente, otras organizaciones del estilo o incluso, que estudiantes y gente interesada en desarrollar este tipo de dispositivos de manera individual pueden tener. Algunas de las piezas como los tornillos, tuercas, las gomas de sellado y ajuste, y el tapón, pueden ser perfectamente intercambiables por otros materiales y objetos que puedan ser de más fácil acceso que el de imprimirlos en 3D con una impresora que sea compatible con el material flexible requerido.

**8/**

# **CONCLUSIONES**

## 8.1. CONCLUSIONES TÉCNICAS Y HUMANAS

En cuanto a conclusiones técnicas de esta memoria, se encuentra la optimización de la funcionalidad. Todas las pruebas y evaluaciones realizadas durante el transcurso del proyecto han confirmado que las mejoras técnicas implementadas en el actual dispositivo GA-01 han optimizado significativamente su funcionalidad. La precisión en la obtención de datos y la robustez del dispositivo se han incrementado gracias a la integración de nuevos componentes electrónicos y un rediseño de la carcasa muy necesario, así como alguna implementación en el sistema interno, que minimiza la interferencia y maximiza la eficiencia operativa.

Siguiendo este hilo, en cuanto a la resistencia y durabilidad de la solución otorgada, gracias al análisis de mercado y el estudio del dispositivo GA-01, de su actuación en el exterior y su interacción con el usuario, se demuestra que el nuevo diseño del dispositivo es mucho más resistente a condiciones extremas, como humedad y golpes. La utilización de una nueva carcasa estanca, protegida con resina y sellos de goma, garantiza la protección de los componentes internos frente a líquidos y polvo, lo que extiende la vida útil del dispositivo GA-02 y asegura un rendimiento constante y fiable en cualquier entorno.

Por otro lado, se concluye también que el rediseño de la carcasa del dispositivo GA-01 ha resultado en una notable mejora en la usabilidad del producto. Los usuarios de este ahora pueden manejar y montar el dispositivo con mayor facilidad, gracias a la incorporación de materiales ergonómicos y texturas antideslizantes que aseguran un agarre firme y seguro, incluso en condiciones adversas. Estos cambios han sido fundamentales para aumentar la satisfacción del usuario y reducir el riesgo de errores durante su uso.

Y, conviene añadir en estas conclusiones, el impacto social y educativo que el rediseño del receptor GNSS GA-01 ha provocado. La simplificación del interfaz del dispositivo, mediante el uso de indicadores LED en lugar de una pantalla, permite también que personas con diferentes niveles de conocimiento técnico puedan operar el GA-01 sin dificultades. Este enfoque inclusivo facilitará su adopción en el caso de ser usado por

personas de comunidades rurales de la República Dominicana y en proyectos de ONG Guakía Ambiente y el Programa de Pequeños Subsidios del PNUD, ampliando el impacto positivo del dispositivo en términos de accesibilidad y educación tecnológica.

## 8.2. FUTURAS LÍNEAS DE ACTUACIÓN

Debido a que, durante la realización de este proyecto, no se ha llegado a probar el nacimiento del dispositivo GA-02 en la República Dominicana junto a la ONG Guakía Ambiente y el PPS del PNUD, es conveniente establecer unas líneas de actuación que se deberán llevar a cabo en un futuro.

Para implementar la nueva carcasa diseñada y las pequeñas mejoras del circuito interno del dispositivo receptor GNSS GA-01 en suelo dominicano, es crucial realizar una serie de pruebas de campo para asegurar que las modificaciones cumplen con los requerimientos operativos en condiciones reales. Estas pruebas deben ser llevadas a cabo por los profesionales capacitados que hacen uso del dispositivo diariamente, quienes viven en la República Dominicana y son los encargados de realizar las mediciones y evaluaciones que se requieren en los distintos entornos del país. Las pruebas deben enfocarse en verificar la durabilidad de la carcasa y la eficiencia del nuevo circuito en la recolección de datos precisos. También, sería conveniente probar el producto con otro tipo de usuarios tales como estudiantes universitarios o gente que vive en las comunidades donde estas organizaciones trabajan, para así testear los cambios en personas que se interesan por conocer más acerca de esta área de conocimiento y personas menos conocedoras de la materia.

Además, en cuanto a la impresión en 3D del nuevo diseño de la carcasa, se necesitaría de otro estudiante, que esté siendo beneficiario de la beca de cooperación de la UPV en aquellas organizaciones, para ser el encargado de guiar el trabajo de impresión y pasar el conocimiento necesaria en la República Dominicana. Teniendo así a una persona conocedora de la funcionalidad de la impresión en 3D y viviendo, de primera mano, cómo estas organizaciones hacen uso del dispositivo para su toma de datos en el campo. Así, si se tuviera que hacer cualquier modificación sobre el primer rediseño de este dispositivo, esta persona sería la encargada de dirigir, elaborar y transmitir dichos convenientes cambios, hasta llegar al producto óptimo.

Finalmente, es importante considerar la adaptación del dispositivo a las normativas y estándares locales de georreferenciación y posicionamiento satelital. Esto implica revisar y, de ser necesario, modificar el diseño del dispositivo GA-02 para cumplir con los requisitos establecidos por las autoridades dominicanas en cuanto a precisión, durabilidad y seguridad. Además, sería de interés, preparar materiales educativos y de capacitación para asegurar que los usuarios locales, que no han utilizado este tipo de aparato con anterioridad, operen el dispositivo de manera efectiva y segura. Esta preparación garantizará una implementación exitosa y sostenible del dispositivo en el contexto de las organizaciones y personas que operan en la República Dominicana.

# REFERENCIAS

5 Minute Modules (Director). (2016, abril 18). 5 Minute Modules—NTRIP, RTK and Base Stations [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=R0Hry5kR1jY>

Ardusimple (Director). (2022, agosto 23). What is GNSS/RTK technology and how does it work? [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=k49sUW7vkY4>

Benjumea, A. C. (s. f.). Datos antropométricos de la población laboral española.

berry, raspi. (2020, noviembre 21). Cómo utilizar RealVNC en una Raspberry Pi (escritorio remoto). PiCockpit. <https://picockpit.com/raspberry-pi/es/como-utilizar-realvnc-en-un-escritorio-remoto-de-frambuesa-pi-2/>

BOE.es—DOUE-L-2021-81052 Reglamento de Ejecución (UE) 2021/1228 de la Comisión de 16 de julio de 2021 por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2016/799 en lo que respecta a los requisitos para la construcción, ensayo, instalación, funcionamiento y reparación de los tacógrafos inteligentes y de sus componentes. (s. f.). <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2021-81052>

Caja de conexiones impermeable IP67 para monitoreo al aire libre, cubierta transparente, carcasa impermeable, caja de sellado de plástico ABS - AliExpress. (s. f.).

[aliexpress.com](https://www.aliexpress.com).

[https://es.aliexpress.com/item/?src=ibdm\\_d03p0558e02r02&sk=&aff\\_platform=&aff\\_trace\\_key=&af=&cv=&cn=&dp=](https://es.aliexpress.com/item/?src=ibdm_d03p0558e02r02&sk=&aff_platform=&aff_trace_key=&af=&cv=&cn=&dp=)

Calibrated Survey GNSS Multiband antenna (IP67). (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/calibrated-survey-gnss-multiband-antenna-ip67/>

Chaurand, R. Á., León, L. R. P., & Muñoz, E. L. G. (s. f.). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana.

Cómo funciona el RTK | RTK Modules. (s. f.).

<https://emlid.com/reach/es/tutorials/basics/rtk-introduction/>

Conoce el receptor RTK y sus funciones – Toposervis. (s. f.).

<https://toposervis.com/conoce-el-receptor-rtk-y-sus-funciones/>

Dipole antenna for LR/XLR radio. (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/dipole-antenna-for-lr-xlr/>

El sistema de clasificación IP. (2014, julio 28). B·LED - Blog.

<https://www.barcelonaed.com/blog/informacion-led/el-sistema-de-clasificacion-ip/>

Emlid (Director). (2022, febrero 24). How RTK works [Video recording].

<https://www.youtube.com/watch?v=ieearzWTCZw>

Geocom. (s. f.). Posicionamiento RTK: Recomendaciones y cuidados. Geocom.

<https://www.geocom.cl/blogs/news/posicionamiento-rtk-recomendaciones-y-cuidados>

GNSS RTK | Serratopos. (s. f.). Serratopos2024. <https://www.serratopos.mx/gnss-rtk>

INTEC hacia el Futuro -IF- 2da edición by Instituto Tecnológico de Santo Domingo—Issuu. (2016, enero 28). [https://issuu.com/intecrd/docs/if-2da\\_ed\\_low\\_res\\_final](https://issuu.com/intecrd/docs/if-2da_ed_low_res_final)

International, R. & S. (s. f.). Tests de receptores GNSS conformes con la directiva RED

2014/53/EU, artículo 3.2. [https://www.rohde-schwarz.com/es/aplicaciones/tests-de-receptores-gnss-conformes-con-la-directiva-red-2014-53-eu-art-culo-3-2-ficha-de-aplicacion\\_56279-455182.html](https://www.rohde-schwarz.com/es/aplicaciones/tests-de-receptores-gnss-conformes-con-la-directiva-red-2014-53-eu-art-culo-3-2-ficha-de-aplicacion_56279-455182.html)

Jalón 2.57M Position Fibra Carbono Telescópico GNSS. (s. f.). BMP Renta.

<https://bmprenta.cl/producto/jalon-position-fibra-carbono-telescopico-para-gps/>

Jalón Telescópico de Aluminio Geotech 4.6 m tuercas de ajuste tipo leica—Cotiza en BMP

Renta.cl. (s. f.). BMP Renta. <https://bmprenta.cl/producto/jalon-telescopico-de-aluminio-geotech-4-6-m-tuercas-de-ajuste-tipo-leica/>

Jalón Telescópico de Aluminio Geotech 4.6 m—Cotiza en BMP Renta.cl. (s. f.). BMP Renta.

<https://bmprenta.cl/producto/jalon-telescopico-de-aluminio-geotech-4-6-m/>

Medidas Antropometricas | PDF. (s. f.). Scribd.

<https://es.scribd.com/presentation/410589443/Medidas-Antropometricas-1>

Nathan, A. (2023, diciembre 14). How to Build Your Own RTK Base Station (& Is It Worth It?)

[2024]. Point One Navigation. <https://pointonnav.com/news/is-build-your-own-rtk-really-worth-it/>

Network Analyzer App. (s. f.). <https://techet.net/netanalyzer/>

Orden APA/899/2018, de 23 de agosto, por la que se modifica la Orden APA/3660/2003, de

22 de diciembre, por la que se regula en España el sistema de localización de

buques pesqueros vía satélite y por la que se establecen las bases reguladoras de

las ayudas para la adquisición e instalación de los sistemas de localización de

buques pesqueros, Pub. L. No. Orden APA/899/2018, BOE-A-2018-11979 85876

(2018). <https://www.boe.es/eli/es/o/2018/08/23/apa899>

Placas receptoras de GNSS para múltiples constelaciones -. (s. f.).

<https://www.comunicacionesinalambricashoy.com/placas-receptoras-de-gnss-para-multiples-constelaciones/>

Race Technology Knowledge Base | RTKBASE / RTKBASESoftware. (s. f.). [https://www.race-](https://www.race-technology.com/wiki/index.php/RTKBASE/RTKBASESoftware)

[technology.com/wiki/index.php/RTKBASE/RTKBASESoftware](https://www.race-technology.com/wiki/index.php/RTKBASE/RTKBASESoftware)

¿Qué es el GNSS? - Tecnología++. (s. f.).

<https://blogs.uoc.edu/informatica/auge-del-gnss/>

¿Qué es el RTK y cómo funciona? – DSP Analytic. (s. f.).

[https://dspanalytic.com/inspeccion-aerea/inspeccion\\_rtk/](https://dspanalytic.com/inspeccion-aerea/inspeccion_rtk/)

¿Qué es GNSS RTK y cómo funciona? (s. f.). [https://gpsgeometer.com/es/blog/what-is-](https://gpsgeometer.com/es/blog/what-is-gnss-rtk-and-how-does-it-work)

[gnss-rtk-and-how-does-it-work](https://gpsgeometer.com/es/blog/what-is-gnss-rtk-and-how-does-it-work)

¿Qué es y cómo funciona GNSS? (s. f.). Diseño de plataformas de rastreo satelital.

<https://gpstotal.org/es/gps/gnss>

Quintanilla García, I. (2013, marzo 9). Universitat Politècnica de València - UPV (Director).

Sistemas de posicionamiento y navegación por satélite GNSS | 14/35 | UPV [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=lfIX4qh1CUA>

Radio module eXtra Long Range (XLR). (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/radio-module-extra-long-range/>

Radio module Long Range (LR). (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/radio-module-long-range/>

Radomo. (s. f.).

<https://www.unedbarbastro.es/exposicionesHistorial/concursoVisionCiencia/catalogo/18.htm>

Raspberry Pi Zero 2 W (Wireless) • RaspberryPi.dk. (s. f.). RaspberryPi.Dk.

<https://raspberrypi.dk/en/product/raspberry-pi-zero-2-w/>

Receptor de geoposicionamiento en placa GNSS-RTK L1/L5. (s. f.).

<https://www.comunicacionesinalambricashoy.com/receptor-de-geoposicionamiento-en-formato-placa-gnss-rtk-l1-l5/>

Riche, A. (2024, enero 12). CentipedeRTK ou la naissance d'un géocommun -.

<https://cartocite.fr/centipedertk-ou-la-naissance-dun-geocommun/>

RTK applications. (s. f.-a). ArduSimple. [https://www.ardusimple.com/rtk\\_applications/](https://www.ardusimple.com/rtk_applications/)

RTK Applications: Research and Development. (s. f.-b). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/research-and-development/>

RTK en detalle. (s. f.). ArduSimple. <https://www.ardusimple.es/rtk-explained/>

Stefal. (2024). Stefal/rtkbase [Python]. <https://github.com/Stefal/rtkbase> (Obra original publicada en 2019)

Switch Cola De Rata Azul Mini 3 Pines. (s. f.). Mexbit. <https://emexbit.com/product/switch-cola-de-rata-mini-3-pines/>

TNC/SMA-2.5 JC Antenna—Cable-adaptador | macho,SMA,TNC; 2,5m | TME - Elektroniiikka komponentit. (s. f.). [https://www.tme.eu/es/details/tnc\\_sma-2.5/antenas-gps/jc-antenna/](https://www.tme.eu/es/details/tnc_sma-2.5/antenas-gps/jc-antenna/)

Tripod for surveying pole. (s. f.). ArduSimple. <https://www.ardusimple.com/product/tripod-for-surveying-pole/>

Uso de medidas antropometricas para el diseño unisersidad autonoma de santo domingo uasd—Uso de—Studocu. (s. f.).

<https://www.studocu.com/latam/document/universidad-autonoma-de-santo-domingo/interiores/uso-de-medidas-antropometricas-para-el-diseno-unisersidad-autonoma-de-santo-domingo-uasd/18370118>

Valeirón, J. L., Mejía, J. C., Valenzuela, V. G., Moreno, M. M. C., Martínez, C. P., Acosta, J. Á., Cruz, F. J. M., Armesto, D., Segura, L. E., Salcedo, Y. R. O., & Arias, N. M. (s. f.). Atlas antropométrico de la población escolar dominicana de 6 a 13 años de edad.

XB9X-DMRS-001. (s. f.). Digi-Key Electronics.

<https://www.digikey.com/en/products/detail/digi/XB9X-DMRS-001/5972741>

XB9X-DMRS-001—XBee SX, 20 mW, DigiMesh, Point to Multipoint, SMT, RF Pad, North America | Digi International. (s. f.). <https://www.digi.com/products/models/xb9x-dmrs-001>

XBee®/XBee-PRO SX RF Module User Guide. (s. f.).

<https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90001477.pdf>

XBP9X-DMRS-001. (s. f.). Digi-Key Electronics.

<https://www.digikey.com/en/products/detail/digi/XBP9X-DMRS-001/5972743>

XBP9X-DMRS-001—XBee-PRO SX, 1W, DigiMesh, Point to Multipoint, SMT, RF Pad, North America | Digi International. (s. f.). <https://www.digi.com/products/models/xbp9x-dmrs-001>

# **ANEXOS**

## ANEXO I. MEMORIA FINAL PROGRAMA MERIDIES



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ÀREA DE COOPERACIÓ AL  
DESENVOLUPAMENT

### MEMORIA FINAL: Programa MERIDIES - Cooperación

Título de las prácticas (País): Producción de audiovisuales de iniciativas comunitarias ambientales, y/o apoyo informático (República Dominicana)

Autor/a: Clara Gascón Jiménez

Tutor/a de la UPV: Begoña Sáiz Mauleón

Titulación: Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto

Institución contraparte: Programa de Pequeños Subsidios del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (PPS) de la ONU

Palabras clave (máx.5): Audiovisuales, fotografía, diseño gráfico, redes sociales, comunicación

Fechas de realización: 21-08-2023 al 21-01-2024

Àrea de Cooperació al Desenvolupament  
Universitat Politècnica de València  
Edifici 6G. Camí de Vera, s/n. 46022 València  
Tel. +34 96 387 78 98, ext. 77898 • Fax +34 96 387 78 99, ext. 77899  
ccd@upvnet.upv.es

[www.accd.upv.es](http://www.accd.upv.es)

**VLC/  
CAMPUS**  
VALENCIA, INTERNATIONAL  
CAMPUS OF EXCELLENCE





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**ÀREA DE COOPERACIÓ AL  
DESENVOLUPAMENT**

RESUMEN del trabajo realizado (máximo 3 páginas).

Resumen (máximo 300 palabras):

Como estudiante en prácticas de cooperación en el Programa de Pequeños Subsidios de la República Dominicana he preparado audiovisuales y fotografías de las distintas salidas que se han realizado a las comunidades en las que se está trabajando también de la mano de la ONG Guakía Ambiente.

Allí he realizado fotografías y vídeos de lo que se está haciendo para luego pasarlo al ordenador, editarlo e implementarlo en las respectivas redes sociales, tanto del PPS como de Guakía Ambiente. Realizando foto historias y publicaciones en las redes sociales con los textos y guiones que me otorgan para cada una de las salidas. Todo el material fotográfico y audiovisual que realizo lo he subido posteriormente al One Drive.

En estos meses, he realizado diversos carteles para unas rutas de senderismo en el centro del país, de tipo fauna y flora. También, he diseñado toda la cartelería y folletos para la inauguración de una hidroeléctrica comunitaria. Sumado a esto, he realizado el diseño y la confección de las camisetas, así como un logo de una organización que ha trabajado con el PPS.

Normalmente, he trabajado por mi cuenta, pero en ciertos proyectos lo hacía con mi compañera, la chica de la Beca Cooperera, y con el ingeniero forestal de aquí dándole apoyo en todo lo que él carece de conocimiento en cuanto al diseño gráfico, edición de fotografía y vídeos y redes sociales.

Àrea de Cooperació al Desenvolupament  
Universitat Politècnica de València  
Edifici 6G. Camí de Vera, s/n, 46022 València  
Tel. +34 96 387 78 98, ext. 77898 • Fax +34 96 387 78 99, ext. 77899  
ccd@upvnet.upv.es

[www.accd.upv.es](http://www.accd.upv.es)

**VLC/**  
**CAMPUS**  
VALENCIA, INTERNATIONAL  
CAMPUS OF EXCELLENCE





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**ÀREA DE COOPERACIÓ AL  
DESENVOLUPAMENT**

**Introducción (Justificación, antecedentes, objetivos):**

El Programa de Pequeños Subsidios (PPS) del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) surge en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992, con el objetivo de conciliar el desarrollo social y económico con la protección del medio ambiente global, mediante acciones locales implementadas por las comunidades.

En República Dominicana el PPS lleva trabajando en eso desde 1993, con más de 500 iniciativas comunitarias con impactos en el medio ambiente global. El valor del voluntario es uno de los principios que rigen las intervenciones del programa. Los voluntarios apoyan las acciones del PPS, todos los pasantes tienen un rol importante, siendo el programa ese espacio donde prestar ayuda. Es por ello que el PPS ha firmado muchos memorandos de colaboración con numerosas identidades académicas, donde muchos jóvenes han sido acogidos y han desarrollado trabajos en diferentes áreas.

A través del acompañamiento y apoyo del PPS en las comunidades, se están generando experiencias exitosas que son necesarias de documentar de una manera visual y de fácil difusión y así promover su escalamiento y replicación, también debido al auge de las redes sociales y los medios audiovisuales. Y por limitaciones de recursos humanos, esta es una tarea que ha quedado pendiente.

En estas prácticas, yo como estudiante pasante me he involucrado en la preparación de audiovisuales y producción de fotografías de buena calidad, así como apoyo en el diseño de otros recursos como cartelería y diseño de camisetas, entre otros. Estas sirven para difundir las exitosas experiencias para la gestión ambiental en la República Dominicana.

Los objetivos que he tenido a mi cargo durante la estancia han sido:

- Planificación y preparación de guiones para la producción de vídeos promocionales y documentarios de proyectos.
- Preparación de audiovisuales y foto historias de los diversos proyectos que actualmente está apoyando el PPS.
- Visitas de campo junto con el resto del equipo a los proyectos para documentarlos realizando fotografías y vídeos.
- Participación de forma activa en las actividades promocionales del PPS.
- Asegurar que todo el material audiovisual creado está disponible en archivo digital para su posterior edición y almacenaje.
- Dar apoyo en la producción de materiales promocionales del PPS, sobre todo en redes sociales.
- Preparación de foto historias, publicaciones y vídeos en las redes sociales.

Àrea de Cooperació al Desenvolupament  
Universitat Politècnica de València  
Edifici 6G. Camí de Vera, s/n, 46022 València  
Tel. +34 96 387 78 98, ext. 77898 • Fax +34 96 387 78 99, ext. 77899  
ccd@upvnet.upv.es

[www.accd.upv.es](http://www.accd.upv.es)

**VLC/  
CAMPUS**  
VALENCIA, INTERNATIONAL  
CAMPUS OF EXCELLENCE





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**ÀREA DE COOPERACIÓ AL  
DESENVOLUPAMENT**

**Desarrollo:**

Durante los cinco meses que he estado trabajando en el PPS, he realizado fotografías durante todas las salidas que he realizado con el programa a los diferentes proyectos que se están llevando a cabo. Estas salidas van desde varias a visitas a comunidades dónde se ha implementado una micro hidroeléctrica como El Palero, La Cidra, El Vallecito, La Yuca, Los Naranjos, El Jengibre y La Bocaina, entre otras. Allí normalmente nos asegurábamos de que todo estuviera funcionando correctamente y tomábamos medidas para un estudio que estaba realizando mi compañera. También visitas a El Seibo, dónde se están realizando varios proyectos, uno de ellos de construcción de viviendas y otro de construcción de una bomba de agua para la comunidad. Otros viajes y salidas, han sido simplemente salidas para reunirse con la comunidad y tratar temas sobre futuros proyectos o simplemente realizar un seguimiento con el PPS y con la ONG Guakia Ambiente, la cual trabaja mano a mano con el PPS. También, he atendido a las diferentes reuniones y eventos que han tenido lugar en la oficina, siendo mi papel el de documentarlo todo. Y la realización de un par de vídeos promocionales y también documentativos sobre un par de proyectos en los que el PPS ha dado su apoyo. Estas fotografías y vídeos posteriormente las editaba usando programas como Lightroom y Photoshop. Para luego publicarlas en las redes sociales en forma de publicaciones y foto historias. Todas las fotografías y vídeos que tomaba los almacenaba en el One Drive que usa el PPS y la ONG Guakia Ambiente para archivarlas or fecha y tenerlas disponibles si se tuvieran que usar para cualquier otro fin.

Por otro lado, he dado mi apoyo también en otros aspectos en cuanto al diseño. He realizado varios cartel les para unos rutes de senderisme que se encuentran en el complejo ecoturístico del río Blanco en Bonao, carteles del tipo fauna y flora. También, he diseñado toda la cartelería y folletos para la inauguración de una hidroeléctrica comunitaria en El Palero que tuvo lugar en diciembre de 2023. Dónde también tuve que diseñar el logo del Consejo para el Desarrollo Comunitario de El Palero (CODECOPA), el cual no tenía ninguno hasta entonces. Sumado a esto, he realizado el diseño y la confección de las camisetas para los guías turísticos de la Asociación de Guías Lomas de Blanco (ASOGUILOB) para el Complejo Ecoturístico de Blanco en Bonao.

He gestionado por mi cuenta el manejo de redes sociales en cuanto a contenido y posts que se suben a Instagram y Facebook. Preparo las publicaciones con sus fotos y textos en Canva y posteriormente, a través de Meta Manager, programo las distintas publicaciones para las semanas venideras. Para organizar los posts y los diferentes días usaba una hoja Excel dónde exponía todo lo que contenía cada post y luego lo copiaba a Mega Manager.

Durante todos los proyectos y tareas he contado con el apoyo de mis compañeros de la oficina. He tenido libertad creativa dentro de las bases que me otorgaban para que siguiera.

Àrea de Cooperació al Desenvolupament  
Universitat Politècnica de València  
Edifici 6G. Camí de Vera, s/n, 46022 València  
Tel. +34 96 387 78 98, ext. 77898 • Fax +34 96 387 78 99, ext. 77899  
ccd@upvnet.upv.es

[www.accd.upv.es](http://www.accd.upv.es)

**VLC/**  
**CAMPUS**  
VALENCIA, INTERNATIONAL  
CAMPUS OF EXCELLENCE





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**ÀREA DE COOPERACIÓ AL  
DESENVOLUPAMENT**

**Resultados/ Conclusiones:**

Las tareas que he realizado tienen mucha relación con los estudios universitarios que he adquirido en el grado de Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Productos. En cuanto a diseño gráfico y fotografía, es algo que he aprendido y perfeccionado durante la carrera y que he podido ponerlo en práctica de una manera que también está ayudando a comunidades que quizá no podrían acceder a este tipo de servicios que da el Programa de Pequeños de Subsidios.

Además, el ambiente de trabajo siempre ha invitado a nuevas ideas y aportaciones que se puedan hacer para mejorar y modernizar los procesos y resultados. Lo cual me ha resultado algo super innovador, ya que permite que todos podamos aportar conocimientos y abrir nuevos caminos que quizá no se habían planteado.

En estas prácticas, he podido poner en práctica y llevar al campo mi gusto por la fotografía y mejorar la técnica, así como la edición de fotos. Además de esto, también he aprendido muchas cosas de otros campos que se alejan de mi grado pero que en algunos casos tienen mucha relación. He aprendido acerca de la técnica de cortar bambú y trabajarlo para realizar muebles, utensilios y otros muchos objetos. También los diferentes procesos de plantación y recogida de café y cacao, para posteriormente poder hacer los carteles en materia conocida. He aprendido también acerca de los diferentes especies de animales que viven en República Dominicana, así como las especies de plantas, flores y árboles que habitan estos paisajes. He podido conocer también un poco de la situación que se vive en el país en la actualidad.

Alejándonos de lo aprendido en cuanto a nuevo conocimiento adquirido, también he aprendido a trabajar en una organización con un ambiente de trabajo algo familiar como lo es el Programa de Pequeños Subsidios del PNUD, trabajando con gente que están dispuestos a ayudar en cualquier situación. He podido aprender de su generosidad y su motivación para seguir mejorando la vida de las personas que viven en esas comunidades. Algo que creo que es muy enriquecedor para cualquier persona que lo pueda vivir de primera mano.

Àrea de Cooperació al Desenvolupament  
Universitat Politècnica de València  
Edifici 6G. Camí de Vera, s/n, 46022 València  
Tel. +34 96 387 78 98, ext. 77898 • Fax +34 96 387 78 99, ext. 77899  
ccd@upvnet.upv.es

[www.accd.upv.es](http://www.accd.upv.es)

**VLC/**  
**CAMPUS**  
VALENCIA, INTERNATIONAL  
CAMPUS OF EXCELLENCE



## ANEXO II. PÓSTER PROGRAMA MERIDIES

# PROGRAMA DE PEQUEÑOS SUBSIDIOS DEL FONDO PARA EL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL (PPS)

REPÚBLICA DOMINICANA

claragascon10@gmail.com\Clara Gascón

Begoña Sáiz/bsaizma@ega.upv.es



El trabajo del **Programa de Pequeños Subsidios** y la **ONG Guakía Ambiente** se fundamenta en el desarrollo sostenible y consiste en el empoderamiento de las comunidades de la isla que ocupa República Dominicana y Haití.

Estas dos entidades tienen como fin fomentar la capacitación técnica y educación ambiental de las comunidades bajo el "aprender haciendo". Cumpliendo esto a través de **microhidroeléctricas**, **fotovoltaicas** y **talleres**, entre otros.

### Desarrollo de la pasantía:

Mi trabajo durante la pasantía se ha centrado en la **labor comunicativa** desde la realización de videos promocionales hasta fotografías de todos los proyectos visitados.

También, ha consistido en dar apoyo en **diseño gráfico** con diferentes fines, como cartelera, folletos y diseño de serigrafía en camisetas.

Además de la **gestión de redes sociales** de ambas entidades, editando todo el material fotográfico y programando las publicaciones semanalmente.





**/PLIEGO DE  
CONDICIONES**



## ÍNDICE

1/ OBJETO Y ALCANCE .....	174
2/ MARCO NORMATIVO .....	176
3/ CONDICIONES TÉCNICAS .....	179
3.1. Condiciones técnicas de los materiales, características y condiciones del suministro .....	181
3.1.1. Piezas comerciales .....	181
3.1.2. Piezas diseñadas .....	202
3.1.3. Materia prima .....	206
3.2. Condiciones técnicas de la fabricación y montaje .....	213
3.2.1. Requisitos de fabricación .....	213
3.2.2. Requisitos de montaje .....	216
3.2.2.1. Montaje de la carcasa .....	216
3.2.2.2. Montaje del circuito .....	220
BIBLIOGRAFÍA .....	225

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Jalón telescópico (BMP Renta Ltda., s.f.) .....	181
Figura 2: Trípode para jalón telescópico (ArduSimple, s. f.).....	182
Figura 3: Antena multibanda GNSS y cable coaxial TNC-SMA (ArduSimple, s. f.) .....	183
Figura 4: Placa simpleRTK2B Pro (ArduSimple, s. f.) .....	184
Figura 5: Placa Raspberry Pi Zero 2 W (RaspberryPi.dk, s. f.).....	185
Figura 6a, 6b: Módulo de radio de largo alcance LR y XLR que usa el GA-01 y sus dimensiones (ArduSimple, s. f.) .....	186
Figura 7a, 7b: Placas del módulo de radio XB9X-DMRS-001 y XBP9X-DMRS-001 (DIGI, s. f.) .....	187
Figura 8: Antena para módulo de radio (ArduSimple, s. f.) .....	188
Figura 9: Cable coaxial SMA (Boobrie, s.f.).....	189
Figura 10: Batería de iones de litio de 6Ah (Sparkfun, s.f.).....	190
Figura 11: Cargador y elevador de batería de litio (Sparkfun, s.f.).....	192
Figura 12: Cable de montaje USB-C a micro USB (Kiwi Electronics, s.f.).....	193
Figura 13: Interruptor redondo basculante (Autozoco, s.f.) .....	194
Figura 14: LED azul (DigiKey, s.f.).....	195
Figura 15: Resistencia (DigiKey, s.f.) .....	196
Figura 16: Cable de conexiones (DigiKey, s.f.) .....	197
Figura 17: Protoboard (Adafruit, s.f.) .....	198
Figura 18: Gel de estanqueidad (Obramat, s.f.).....	199
Figura 19: Enchufe cargador USB (Amazon, s. f.).....	200
Figura 20: Tarjeta de memoria microSD (Reichelt, s.f.) .....	201
Figura 21: Tapa superior.....	202
Figura 22: Recipiente inferior. ....	202
Figura 23: Tornillo.....	203
Figura 24: Tuerca.....	203
Figura 25: Goma superior. ....	204
Figura 25: Goma superior. ....	204
Figura 26: Goma inferior. ....	204
Figura 27: Tapón.....	205
Figura 28: Explosionado piezas diseñadas. ....	206
Figura 29: Filamento de ABS (Smart Materials 3D, s. f.) .....	207
Figura 30: Esquema de la composición química del ABS (Textos Científicos, 2005).....	208
Figura 31: Clear Resin V5 1L (Form Labs, s. f.).....	209

Figura 32: Piezas impresas con la resina Clear (Formlabs, s. f.). .....	210
Figura 33: Todas las piezas de la carcasa impresas en 3D. ....	216
Figura 34: Impresión en 3D de la tapa de la carcasa. ....	217
Figura 35: Juego de tornillos y tuercas impresas en 3D de la carcasa.....	217
Figura 36: Interior del recipiente inferior impreso en 3D de la carcasa. ....	218
Figura 37: Vista inferior del recipiente inferior impreso en 3D de la carcasa. ....	218
Figura 38a, 38b: Colocación de la goma superior sobre el recipiente inferior. ....	218
Figura 39a, 39b: Colocación del tapón y la goma inferior en el recipiente inferior. ....	219
Figura 40a, 40b: Colocación de los tornillos y tuercas para ajustar la tapa sobre el recipiente. ....	219
Figura 41: Esquema de circuito del dispositivo GA-02 .....	230

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Normativa aplicada a la carcasa del dispositivo GA-02. ....	178
--	-----



**1/**

# **OBJETO Y ALCANCE**

El proyecto llevado a cabo, se centra en el rediseño e impresión en 3D de la carcasa estanca del receptor GNSS GA-01 DIY para el posicionamiento y la navegación cinemática satelital en tiempo real. Se realiza un rediseño óptimo que mezcla soluciones formales, estéticas y funcionales sin que estas desfavorezcan la función principal del dispositivo ni sean un obstáculo en el transcurso de su funcionamiento.

Inicialmente, este rediseño propone una carcasa estanca como sucesora y mejora de la actual carcasa del dispositivo GA-01, actualmente utilizado por el equipo que conforma la ONG Guakía Ambiente y el Programa de Pequeños Subsidios del PNUD de la República Dominicana. Este proyecto ha evolucionado también en posibles vías de actuación futuras y posibles aplicaciones de otras organizaciones y usuarios objetivo en beneficio del pueblo dominicano.

El siguiente pliego de condiciones define y recoge los aspectos legales, requisitos técnicos que deben cumplirse, procesos de fabricación empleados y consideraciones de diseño esenciales para crear la carcasa estanca del dispositivo GA-02.

Este documento representa el Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos. Está avalado por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y Diseño Industrial (ETSIADI) y el Centro de Cooperación al Desarrollo (CCD) de la Universitat Politècnica de València (UPV), así como la ONG Guakía Ambiente y el Programa de Pequeños Subsidios del PNUD de la República Dominicana.

En caso de incongruencia documental, prevalece lo indicado en el presente pliego de condiciones.

**2/**

# **MARCO NORMATIVO**

Como ya se ha analizado en el apartado que recoge la normativa acerca del dispositivo GA-01, la información sobre normas y leyes que afectan a los dispositivos de posicionamiento cinemático satelital preciso en tiempo real en la República Dominicana es poca. Esto se debe al poco tiempo que este tipo de aparatos y la red de estaciones GNSS pública llevan activos en el país. Igualmente, las pocas normas expuestas en el apartado 4.1.4. *Normativa del dispositivo GA-01* de este proyecto, se aplica de igual manera al dispositivo GA-02.

Por ello, en este pliego se expone toda la normativa específica que se ha encontrado, sin repetir anterior información, que afecta al rediseño de la carcasa estanca del receptor GNSS GA-02. Estas normativas y estándares sirven como referencia para abordar aspectos del nuevo diseño relacionados con la seguridad, la ergonomía y la accesibilidad en otros campos. Y que, aunque, estas normas no puedan ser directamente aplicables a la carcasa del dispositivo GA-02 que se está desarrollando, pueden ser adaptables para establecer un marco de referencia y garantizar la creación de un producto final óptimo y funcional.

Considerando esta aclaración, se ha establecido el siguiente marco normativo:

<b>CAMPO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>TÍTULO</b>
Medición	COPANT 1681	Evaluación de modelo y aprobación de modelo OIML D-19:1988
	COPANT-ISO 10012	Sistemas de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición.
Seguridad	IEC 60529	Grados de protección de contenedores.
	Decreto Núm. 522-06	Seguridad y salud en el trabajo.
Calidad y durabilidad	COPANT-ISO 9001	Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.
Materiales	COPANT 1710	Aparatos Electrodomésticos y Similares. Seguridad. Parte 1: Requisitos Generales.
Gestión ambiental	NORDOM/ISO 14001	Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.

*Tabla 1: Normativa aplicada a la carcasa del dispositivo GA-02.*

**3/**

# **CONDICIONES TÉCNICAS**

En este apartado se tratan las condiciones técnicas de los materiales, de fabricación y montaje del rediseño de la carcasa del dispositivo GA-01.

Asimismo, se describen de forma precisa distintos aspectos de los materiales empleados en la producción de esta como las propiedades mecánicas y térmicas, composición química y algunos de los usos más comunes. Además, se especifican los procesos que se llevan a cabo para la obtención de las distintas piezas diseñadas para la carcasa.

### **3.1. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES, CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DEL SUMINISTRO**

#### **3.1.1. PIEZAS COMERCIALES**

Siguiendo el modelo profesional, en este pliego de condiciones se exponen todas las piezas comerciales necesarias para el funcionamiento de la carcasa y, por ende, del dispositivo GA-02, siendo este el sucesor del dispositivo GA-01. Se tiene en cuenta que el dispositivo GA-02 lo forman dos estaciones; la base y la móvil. Las unidades expuestas de son para montar dos estaciones.

A continuación, se exponen las piezas comerciales que se han designado con una C mayúscula y posteriormente un número siguiendo un orden ascendente.

**C01 / JALÓN TELESCÓPICO**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
BMP Renta Ltda.	Aluminio	4,5 m (5/8"-11 UNF)	77,90 €	M003062	2



Figura 1: Jalón telescópico (BMP Renta Ltda., s.f.)  
 (<https://bmprenta.cl/producto/jalon-telescopico-de-aluminio-geotech-4-6-m/>)

**Función.** Los jalones se usan para marcar puntos fijos en los levantamientos topográficos a realizar, trazar alineaciones, determinar bases y señalar puntos específicos en el terreno.

**Descripción.** Soporte central de metal ligero en forma cilíndrica que se fija al suelo y sostiene los demás componentes. El jalón es extensible para proporcionar la altura necesaria para la medición, que debe ser igual en ambas estaciones para garantizar que los cálculos se realicen a la misma altura y los datos puedan cruzarse sin problemas. Además, cuenta con una niveleta esférica que actúa como nivelador, asegurando la perpendicularidad con respecto al suelo y manteniendo la estructura recta.

**C02 / TRÍPODE**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
ArduSimple	Aluminio	1,3-2,2 m	199 €	AS-ACC-SURVEYTRIPOD-00	2

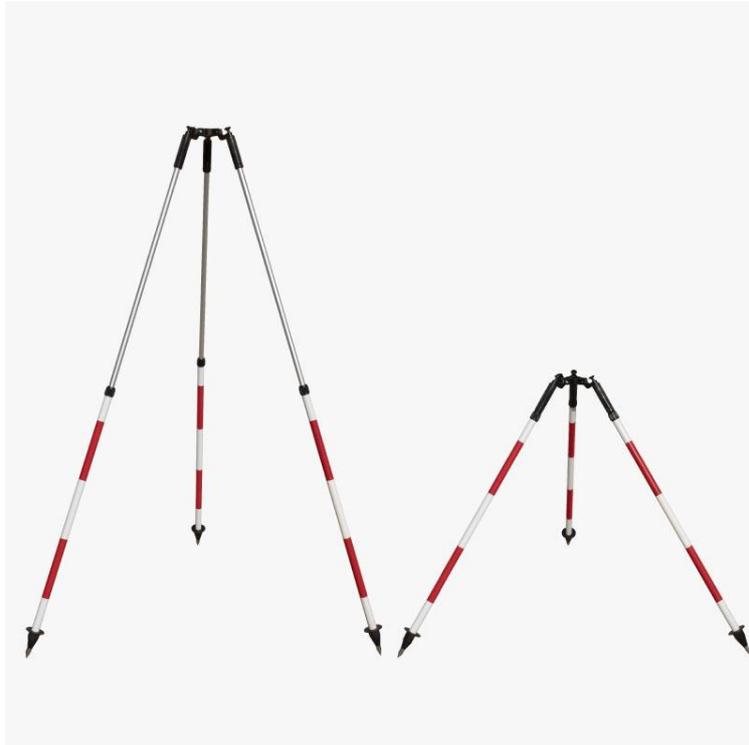


Figura 2: Trípode para jalón telescópico (ArduSimple, s. f.).  
 (<https://www.ardusimple.com/product/tripod-for-surveying-pole/>)

**Función.** El trípode proporciona estabilidad y soporte durante las mediciones topográficas que se realicen, sosteniendo al jalón telescópico central, anclándose firmemente al suelo.

**Descripción.** Sistema de soportes de aluminio con tres patas telescópicas que sostienen el jalón en el centro y se fijan a la superficie de medición para proporcionar estabilidad. Estos soportes cuentan con una abrazadera de liberación con el pulgar que permite extender las patas del trípode y ajustar adecuadamente el conjunto al plano de la superficie de medición.

**C03 / ANTENA MULTIBANDA GNSS Y CABLE COAXIAL TNC-SMA**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
ArduSimple	ABS	152 x 62 mm (5/8"-11 UNF)	149 €	AS-ANT2B-CAL- L1L2-15SMA-00	2
	Cobre	1,5 m			



Figura 3: Antena multibanda GNSS y cable coaxial TNC-SMA (ArduSimple, s. f.).  
(<https://www.ardusimple.com/product/calibrated-survey-gnss-multiband-antenna-ip67/>)

**Función.** La antena multibanda GNSS proporciona señales de alta precisión a los receptores RTK para realizar mediciones geoespaciales precisas. La función del cable es la de conectar la antena con la placa GNSS-RTK.

**Descripción.** Es una antena externa de alta precisión, calibrada específicamente para receptores RTK. Dispone de un anillo de gel resistente a los golpes, lo que también la hace impermeable, y está equipada con una conexión TNC hembra para integrarse con el resto del circuito. Luego, el cable tiene una terminación TNC macho, que se conecta a la antena, y la otra terminación es SMA macho que se conecta con la placa GNSS-RTK.

**C04 / PLACA SIMPLERTK2B PRO**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
ArduSimple	FR4	52 x 75 mm	226 €	AS-RTK2B-PROF9P-L1L2-NH-00	2



Figura 4: Placa simpleRTK2B Pro (ArduSimple, s. f.).  
(<https://www.ardusimple.com/product/simplertk2b-pro/>)

**Función.** Esta placa realiza la función de recibir y procesar las señales de tipo GNSS. También de procesar y elaborar los datos de corrección.

**Descripción.** Esta placa es un receptor de geoposicionamiento en forma de placa de circuito impreso (PCB), que integra un módulo de alta precisión receptor de señales GNSS. Esta placa recibe las señales GNSS de la antena GNSS a través del conector SMA hembra que posee. Cuenta también con doble conector USB de tipo C y una serie de ledes que notifican la existencia de RTK o radio, entre otros. Además, esta placa tiene un zócalo de expansión tipo XBee de alta potencia para conectar el módulo de radio.

**C05 / PLACA RASPBERRY PI ZERO 2 W**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
RaspberryPi.dk	FR4	65 x 30 mm	19,97 €	KIT-Zero2W	2

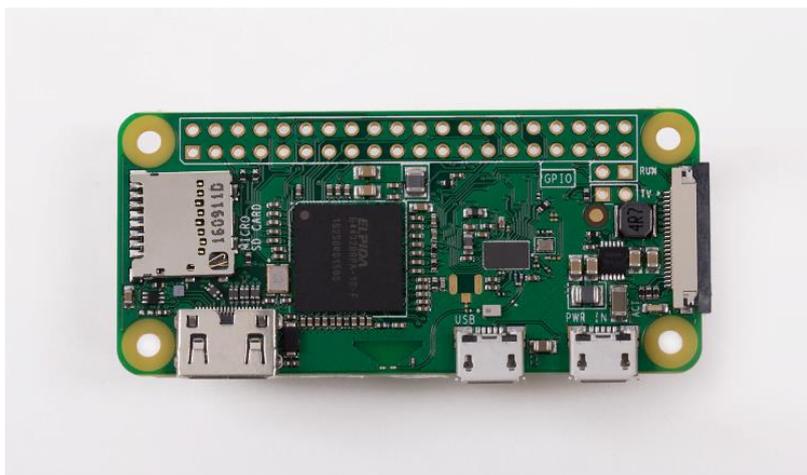


Figura 5: Placa Raspberry Pi Zero 2 W (RaspberryPi.dk, s. f.).  
(<https://raspberrypi.dk/en/product/raspberry-pi-zero-2-w/>)

**Función.** La placa Raspberry Pi Zero 2 W actúa como el núcleo computacional que recibe, procesa y analiza los datos GNSS en tiempo real, permitiendo el posicionamiento y la navegación cinemática satelital. Con esta placa es posible utilizar la aplicación específica de escritorio para la recogida de datos.

**Descripción.** Esta placa es una computadora monoplaca (SBC), a la que se le instala el sistema operativo Raspberry Pi OS. Esta placa corre una aplicación denominada BashRTKStation para la recogida de datos en el *rover*, operada desde la consola terminal, basada en RTKLib, la cual ha sido creada por José Ramón Martínez Batlle, profesor de geografía de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). En el caso de la base, la aplicación a usar es RTKBase.

En concreto, esta placa posee conectividad Wifi y Bluetooth, y una capacidad de 512 MB de RAM. Además de un puerto mini HDMI, un puerto micro USB *On-The-Go* y un puerto micro USB de alimentación.

**C06 / MÓDULO DE RADIO****C061 / MÓDULO LR Y XLR**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
ArduSimple	FR4	25 x 52 mm	101 €	AS-XBEE-LR-EU-SMA-01	1
			161 €	AS-XBEE-XLR-NA-SMA-01	1



Figura 6a, 6b: Módulo de radio de largo alcance LR y XLR que usa el GA-01 y sus dimensiones (ArduSimple, s. f.).

(<https://www.ardusimple.com/product/radio-module-long-range/>)

(<https://www.ardusimple.com/product/radio-module-extra-long-range/>)

**Función.** Los módulos de radio LR y XLR de ArduSimple permiten la transmisión inalámbrica de datos GNSS, entre la base y el *rover*.

**Descripción.** El módulo LR, que opera en el *rover*, ofrece un alcance de hasta 10 km, mientras que el módulo XLR, que opera en la base, extiende este alcance hasta 50 km, utilizando tecnologías avanzadas para mejorar la sensibilidad y capacidad de transmisión. Ambos módulos operan en la banda de 868/915 MHz y están diseñados para integrarse fácilmente con receptores GNSS, como el GA-02. No se requiere de dos módulos XLR, ya que en el dispositivo GA-02, el *rover* no envía señales, por lo que no hace falta que su alcance sea grande. Estos módulos se anclan a la placa GNSS simpleRTK2B Pro.

**C062 / PLACA DIGI XBEE**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
DigiKey	FR4	22,1 x 33,8 X 3,2 mm	44,27 €	XB9X-DMRS-001	1
			103,70 €	XBP9X-DMRS-001	1

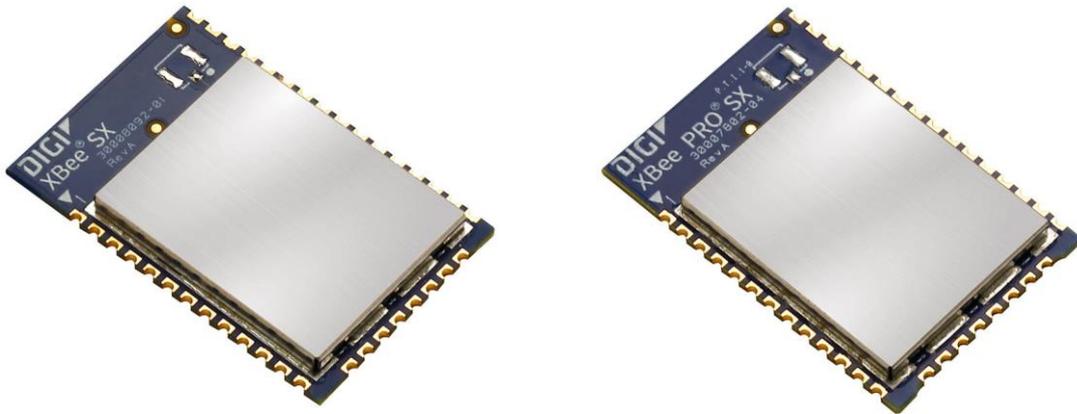


Figura 7a, 7b: Placas del módulo de radio XB9X-DMRS-001 y XBP9X-DMRS-001 (DIGI, s. f.).  
<https://www.digi.com/products/models/xb9x-dmrs-001>  
<https://www.digi.com/products/models/xbp9x-dmrs-001>

**Función.** Estas placas de radio proporcionan comunicación inalámbrica robusta y de largo alcance para transmitir datos GNSS entre la estación base y el rover.

**Descripción.** Ambas placas operan en la banda de 900 MHz, ofreciendo una comunicación fiable y de baja latencia. Teniendo una diferencia de alcance, la XBee SX es una versión estándar y proporciona un buen equilibrio entre alcance y consumo de energía, esta opera en el módulo de radio del rover. Mientras que la XBee PRO SX, una versión de mayor potencia que extiende el alcance, ideal para entornos más exigentes, opera en el de la base.

**C063 / ANTENA DE RADIO**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
ArduSimple	Cobre y ABS	38 x 172 mm	15 €	AS-ANT-DIP-WW-00SMA-00	2



*Figura 8: Antena para módulo de radio (ArduSimple, s. f.).  
(<https://www.ardusimple.com/product/dipole-antenna-for-lr-xlr/>)*

**Función.** La función de esta antena es la de amplificar la señal de radio, mejorando la recepción y transmisión de datos GNSS entre ambas estaciones que forman el dispositivo GA-02.

**Descripción.** Estas antenas están diseñadas para maximizar la eficiencia y el alcance de los módulos de radio LR y XLR, proporcionando una ganancia elevada que mejora la calidad de la señal de transmisión entre ambas bases. La misma antena es compatible con ambas placas. Esta posee un conector SMA macho para realizar la conexión con el módulo.

**C064 / CABLE COAXIAL SMA**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
Boobrie	Cobre y PTFE	150 mm	8,79 €	BY0001577	1



Figura 9: Cable coaxial SMA (Boobrie, s.f.).  
(<https://acortar.link/0z48Ge>)

**Función.** Conectar la antena de radio con el módulo de radio LR y XLR a través de la conexión SMA.

**Descripción.** Este cable de 15 centímetros de longitud, con enriquecido recubrimiento de PTFE, posee en un extremo un conector SMA hembra que se conecta con la antena de radio. Por el otro extremo, posee un conector SMA macho que se conecta con el módulo de radio LR y XLR. Se necesita una unidad ya que el distribuidor lo vende en paquetes de dos unidades, que es el total necesario para el dispositivo GA-02.

**C07 / BATERÍA DE IONES DE LITIO**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
Sparkfun	Litio	52 x 75 mm	29,84 €	PRT-13856	2



Figura 10: Batería de iones de litio de 6Ah (Sparkfun, s.f.).  
(<https://www.sparkfun.com/products/13856>)

**Función.** La función de esta batería recargable es la de alimentar al circuito proporcionando la energía eléctrica necesaria.

**Descripción.** Esta batería de iones de litio tiene una capacidad de 6000 mAh ideal para el dispositivo GA-02. Cada celda tiene una salida nominal de 3.7 V a 2000 mAh. Debido a lo compacta y pequeña que es, hace que su implementación en este dispositivo sea ideal.

**C08 / CARGADOR DE BATERÍA**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
Sparkfun	FR4	31 x 21 mm	16 €	PRT-14411	2

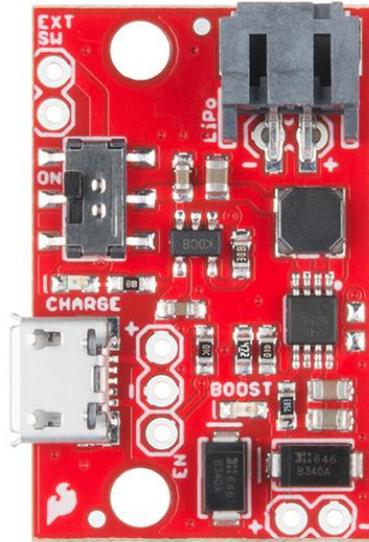


Figura 11: Cargador y elevador de batería de litio (Sparkfun, s.f.).  
(<https://www.sparkfun.com/products/14411>)

**Función.** Esta placa funciona como cargador de la batería de litio y como elevador para proporcionar una salida regulada de 5 V.

**Descripción.** Este cargador de baterías de litio recibe la energía a través de un conector micro-USB y proporciona una salida regulada de 5V con una corriente máxima de 1A. Además, incorpora un circuito elevador que permite aumentar el voltaje de la batería de 3.7 V a una salida constante de 5V. Cuenta con una conexión JST para la batería.

**C09 / CABLE USB-C A MICRO USB**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
Kiwi Electronics	Cobre y PVC	30 cm	4,08 €	KW-3069	2

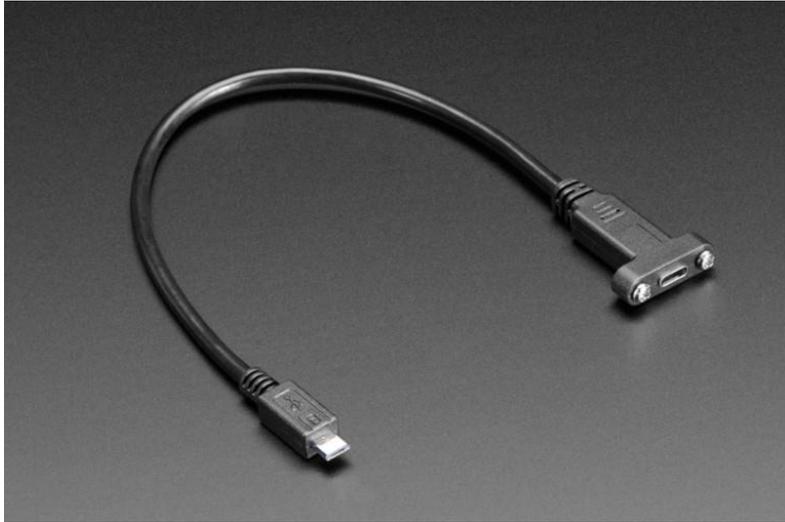


Figura 12: Cable de montaje USB-C a micro USB (Kiwi Electronics, s.f.).  
(<https://www.kiwi-electronics.com/en/panel-mount-cable-usb-c-to-micro-b-30cm-11190>)

**Función.** Permite la carga de la batería de alimentación. También la transferencia de los datos de recolección.

**Descripción.** Un extremo del cable es un conector USB de tipo C hembra y el otro es un micro USB macho. Mientras el extremo del micro USB macho se conecta a la batería a través de un puerto micro USB hembra, el otro extremo se posiciona en los límites de la carcasa para que la batería pueda ser cargada sin que sea necesario sacar la batería. Los materiales que forran al cable son de alta calidad y aseguran una transferencia eficiente y una carga segura.

**C10 / INTERRUPTOR ROCKER**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
Autozoco	Cobre y ABS	22 x 26 mm	1,95 €	00886	2



Figura 13: Interruptor redondo basculante (Autozoco, s.f.).  
 (<https://www.autozoco.com/interruptor-redondo-basculante-con-cable-de-2-vias-onoff-6a-negro>)

**Función.** Actúa como puerta ante el paso de la corriente, abre y cierra el circuito eléctrico. Con sus posiciones controla el encendido y apagado de la base y del *rover*, respectivamente.

**Descripción.** Su cilíndrico diseño robusto y su capacidad de manejo de la corriente aseguran una conexión fiable y duradera, esencial en este tipo de aparatos. Fabricado con una carcasa de plástico resistente y contactos de metal conductivo, es un interruptor fácil de instalar y operar, proporcionando un control eficiente del dispositivo GNSS y su protección contra agentes externos.

**C11 / LED AZUL**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
DigiKey	Epoxi y Cobre	5 x 8,95 mm	0,24 €	732-5015-ND	6



Figura 14: LED azul (DigiKey, s.f.).  
 (<https://www.digikey.es/es/products/detail/würth-elektronik/151051BS04000/4490009>)

**Función.** La función de los ledes es la de emitir luz azul cuando se les aplica corriente eléctrica. En el caso del dispositivo GA-02, actúan como indicadores visuales de tres variables específicas, señalizando diferentes estados operativos.

**Descripción.** Fabricados con un chip de nitruro de galio (GaN) y una carcasa de resina epoxi, ofrecen durabilidad y claridad en la emisión de luz azul a un coste monetario bajo. Con una cabeza de 5 milímetros de diámetro, tienen el tamaño indicado para la función que en este dispositivo desempeñan.

**C12 / RESISTENCIA**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
DigiKey	Cobre y cerámica	2,40 x 6,30 mm	0,09 €	MFR-25FTE52-330R	6

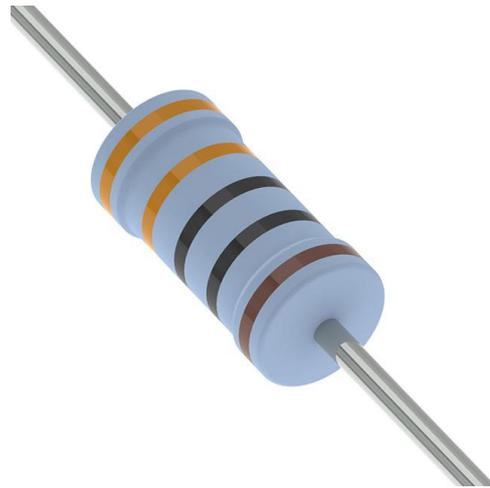


Figura 15: Resistencia (DigiKey, s.f.).  
 (<https://www.digikey.es/es/products/detail/yageo/MFR-25FTE52-330R/9140099>)

**Función.** Estas resistencias limitan la corriente que pasa a través de los ledes, protegiéndolos de daños debidos al exceso de corriente. Estas resistencias, colocadas correctamente, hacen que los ledes se enciendan cuando el interruptor está en posición de encendido.

**Descripción.** Poseen una película metálica de 330 ohmios, con una tolerancia del 1% y una potencia nominal de 0.25W (1/4W). Estas resistencias presentan un encapsulado axial estándar que facilita su integración en circuitos impresos. Su cuerpo está recubierto de una capa protectora que incluye bandas de colores para identificación del valor.

**C13 / CABLE DE CONEXIÓN**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
DigiKey	Cobre y PVC	76200 mm	27,93 €	1528-1745-ND	1



Figura 16: Cable de conexiones (DigiKey, s.f.).  
 (<https://www.digikey.es/es/products/detail/adafruit-industries-llc/3174/6198257>)

**Función.** Estos cables son responsables de llevar la corriente eléctrica y transmitir las señales eléctricas de forma eficiente. Conducen la electricidad desde una fuente de energía hacia un dispositivo o entre diferentes componentes eléctricos, manteniendo una resistencia baja y minimizando la pérdida de señal durante el proceso.

**Descripción.** Están hechos con un cable de cobre y generalmente están recubiertos con una capa aislante que puede ser de varios materiales como PVC u otros termoplásticos. Esta capa protectora sirve para resguardar el conductor de cobre y prevenir cortocircuitos. Normalmente, el aislante está codificado por colores para facilitar la identificación de los cables y asegurar una conexión adecuada.

**C14 / PROTOBOARD**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
Adafruit	Níquel y ABS	45 x 35 mm	3,50 €	65	2

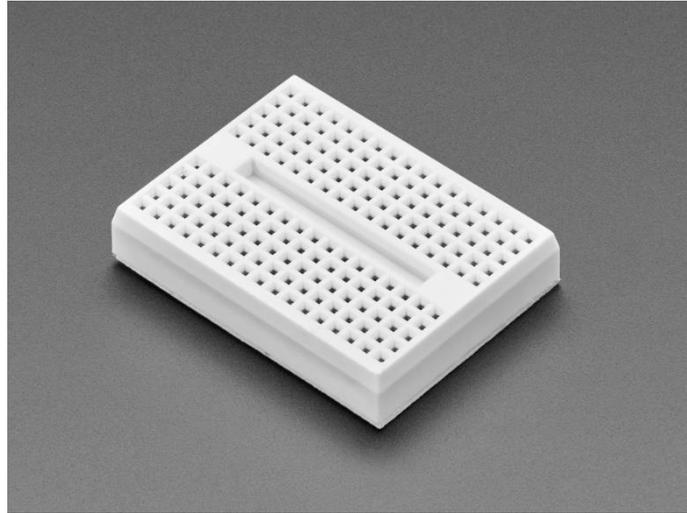


Figura 17: Protoboard (Adafruit, s.f.).  
 (<https://www.adafruit.com/product/65>)

**Función.** Una protoboard permite el montaje y prueba rápida del circuito electrónico interno sin necesidad de soldadura. Facilita la modificación del diseño del circuito de manera sencilla.

**Descripción.** Este tipo de placa está compuesta por una base de plástico con múltiples orificios, organizados en filas y columnas. En su interior, cuenta con clips de metal que actúan como conectores para los componentes insertados. Es reutilizable, permitiendo a los usuarios ajustar y reconfigurar sus circuitos tantas veces como sea necesario.

**C15 / GEL DE ESTANQUEIDAD**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
Obramat	Gel	2 x 150 ml	17,50 €	10318112	1



*Figura 18: Gel de estanqueidad (Obramat, s.f.).  
(<https://www.obramat.es/gel-estanqueidad-210-gramos-10318112.html>)*

**Función.** Estos botes de gel de estanqueidad bicomponente para conexiones subacuáticas cumple la función de alejar el cableado de los ledes y el interruptor fuera del alcance de líquidos. Rellenando todos los huecos que haya y asegurando las conexiones.

**Descripción.** Con este gel se rellena el pequeño cajón que se encuentra en el interior de uno de los laterales del recipiente inferior. Una vez establecidas las conexiones de los ledes y el interruptor se vierte que posteriormente se solidifica para cerrar así todos los huecos invisibles a la vista que puedan existir. Este gel puede ser sustituido por resina epoxi también, ya que desempeña la misma función.

**C16 / CARGADOR DE SMARTPHONE**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
Mijun	Cobre y ABS	150 cm	9,98 €	Mijun USB-C	1



Figura 19: Enchufe cargador USB (Amazon, s. f.).  
(<https://acortar.link/fme7jJ>)

**Función.** Cargar el receptor GNSS GA-02 a través del puerto de carga USB-C. Tanto la batería de la estación base como la del rover.

**Descripción.** Este cargador es un cargador de móvil común con una salida de 9 voltios y un cable de una longitud de 150 centímetros. Hecho de ABS, el recubrimiento, y de cobre. Se puede utilizar este cargador o, también un cargador con salida en USB normal, como el que actualmente poseen en la organización para recargar el dispositivo GA-01.

**C17 / TARJETA DE MEMORIA MICROSD**

DISTRIBUIDOR	MATERIALES	DIMENSIONES	PRECIO	N.º REF.	UD.
Reichelt	Silicio y ABS	15 x 11 x 1 mm	3,76 €	MR 958	2



*Figura 20: Tarjeta de memoria microSD (Reichelt, s.f.).  
(<https://www.reichelt.com/es/es/tarjeta-de-memoria-microsdhc-de-16-gb-mediange-class-10-con-mr-958-p305475.html>)*

**Función.** La función de esta tarjeta de memoria micro es la de almacenar toda la información del sistema operativo de la placa Raspberry Pi Zero 2 W y, por ende, todas las hojas de datos recolectados por el dispositivo GA-02.

**Descripción.** Esta tarjeta SD va dentro del lector de tarjetas que la placa Raspberry Pi Zero 2 W posee. Mediante esta se obtienen todas las hojas de datos de la información recogida durante el tiempo en el que el receptor ha estado funcionando.

### 3.1.2. PIEZAS DISEÑADAS

#### D01 / TAPA SUPERIOR

<b>MATERIALES</b>	ABS
<b>DIMENSIONES</b>	Ø 189 x 25 mm
<b>UD.</b>	2



Figura 21: Tapa superior.

**Función.** Cubrir la antena GNSS y tapar el recipiente inferior protegiendo los componentes del circuito que se encuentran dentro de esta.

**Descripción.** Esta pieza impresa en PLA se acopla perfectamente al borde de la antena GNSS. Posee dos orificios en lados opuestos del borde para los tornillos.

#### D02 / RECIPIENTE INFERIOR

<b>MATERIALES</b>	ABS
<b>DIMENSIONES</b>	Ø 191 x 107 mm
<b>UD.</b>	2



Figura 22: Recipiente inferior.

**Función.** Contener todos los elementos electrónicos que forman el circuito y protegerlos de factores externos como líquidos y golpes.

**Descripción.** Este recipiente conforma la pieza más grande e importante de la carcasa ya que se trata del recipiente principal, dentro del cual se colocan todos los componentes electrónicos. Se cierra con la tapa superior encima y se ajusta a esta con la goma superior y el juego de tornillos y tuercas.

**D03 / TORNILLO**

<b>MATERIALES</b>	Resina
<b>DIMENSIONES</b>	M7 x 22 mm
<b>UD.</b>	4

**Función.** Este tornillo funciona como ajuste entre la tapa superior y el recipiente inferior con la ayuda de su respectiva tuerca y la goma de sellado superior.



Figura 23: Tornillo.

**Descripción.** Este tornillo con una tolerancia de M7 tiene un cabezal especialmente diseñado para que se ajuste con las manos y no haga falta herramientas específicas para cumplir esa tarea.

**D04 / TUERCA**

<b>MATERIALES</b>	Resina
<b>DIMENSIONES</b>	M7 x 10 mm
<b>UD.</b>	4

**Función.** La tuerca acompaña al tornillo en la función de ajustar la tapa superior al recipiente inferior.

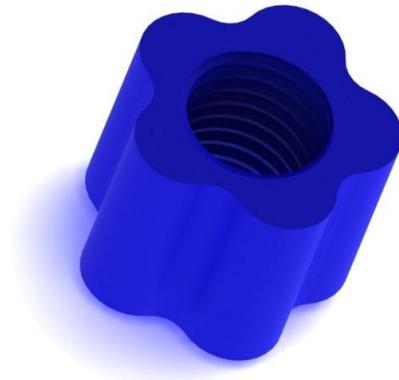
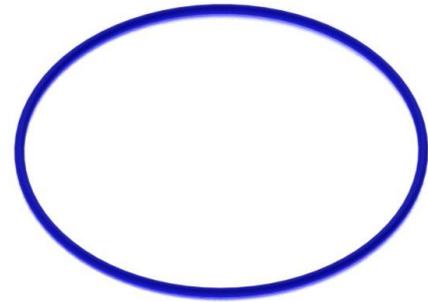


Figura 24: Tuerca.

**Descripción.** Esta tuerca tiene una forma que recuerda a la de una flor para mejorar el agarre con la mano. EL juego de tornillo y tuerca se ha ideado para ajustarse sin necesidad de otras herramientas más que las manos.

**D05 / GOMA SUPERIOR**

<b>MATERIALES</b>	Resina
<b>DIMENSIONES</b>	Ø 163,7 x 4 mm
<b>UD.</b>	2

*Figura 25: Goma superior.*

**Función.** Esta goma de sellado asegura el cierre de la tapa superior y el recipiente inferior, para mantener la carcasa completamente estanca.

**Descripción.** Esta goma, impresa en un material más flexible, se ajusta perfectamente al rail que se encuentra tanto en el borde de la tapa superior como el del recipiente inferior. Así queda ajustando ambas piezas, ayudándose también del juego de tornillos y tuercas.

**D06 / GOMA INFERIOR**

<b>MATERIALES</b>	Resina
<b>DIMENSIONES</b>	Ø 37,16 x 8 mm
<b>UD.</b>	2

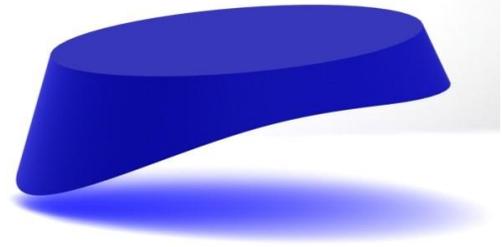
*Figura 26: Goma inferior.*

**Función.** Esta pequeña goma se ajusta al diámetro del jalón central, de manera que la carcasa se quede firme en su posición.

**Descripción.** Se trata de una arandela circular impresa en material flexible de manera que se pueda ajustar firmemente al jalón central del dispositivo. Se sitúa en un pequeño entrante centrado en la parte inferior del recipiente inferior.

**D07 / TAPÓN**

<b>MATERIALES</b>	Resina
<b>DIMENSIONES</b>	Ø 34 x 4,5 mm
<b>UD.</b>	2

*Figura 27: Tapón.*

**Función.** Este tapón es el encargado de proteger el puerto de carga de agentes externos.

**Descripción.** Impreso en un material más flexible y moldeable, se ajusta perfectamente al hueco entrante del recipiente inferior dónde se encuentra el puerto de carga.

### 3.1.3. MATERIA PRIMA



Figura 28: Explosionado piezas diseñadas.

#### A) ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO

En cuanto a la materia prima empleada en las piezas diseñadas, haciendo referencia a la imagen anterior, las piezas en color negro, que corresponden a las piezas D01 y D02, están fabricadas en Acrilonitrilo Butadieno Estireno, de Smart Materials 3D, conocido también como ABS.

## PROPIEDADES

El Acrilonitrilo Butadieno Estireno, conocido comercialmente en Smart Materials 3D como Smartfil ABS, es un material polimérico destacado por su resistencia y durabilidad. Este filamento soporta altas temperaturas y se puede mecanizar fácilmente, además de ser soluble en acetona, lo que facilita su post-procesado. Su capacidad para ser reciclado y pintado lo hace ideal para una variedad de aplicaciones, que incluyen desde objetos domésticos hasta piezas industriales y componentes en la industria automotriz. Su densidad es de  $1,04 \text{ g/cm}^3$  según la norma ASTM D792.

En términos de propiedades mecánicas, el ABS muestra una considerable resistencia. La resistencia a la tracción en el plano XY es de 32,9 MPa y en el plano ZX es de 12,5 MPa. Además, su resistencia a la flexión es de 68,1 MPa en el plano XY y 20,7 MPa en el plano ZX, con un módulo de flexión de 2245,9 MPa y 140,8 MPa respectivamente.



*Figura 29: Filamento de ABS (Smart Materials 3D, s. f.).  
([https://www.smartmaterials3d.com/en/abs-filament#/2-size-m\\_750g/26-shoes\\_size-175mm/97-colour-antracite](https://www.smartmaterials3d.com/en/abs-filament#/2-size-m_750g/26-shoes_size-175mm/97-colour-antracite))*

En cuanto a sus propiedades térmicas, el ABS tiene una temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) de  $104 \text{ }^\circ\text{C}$  y una temperatura VICAT B de  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ . Su temperatura de deflexión térmica es de  $99 \text{ }^\circ\text{C}$ , lo que demuestra su capacidad para mantener la integridad estructural bajo condiciones de calor. En cuanto a la impresión 3D, se recomienda una temperatura de impresión entre  $230$  y  $250 \text{ }^\circ\text{C}$ , y una temperatura de cama entre  $90$  y  $110 \text{ }^\circ\text{C}$ , con una velocidad de impresión de  $30$  a  $50 \text{ mm/s}$  y un ventilador de capa al  $0$ - $20\%$ .

## COMPOSICIÓN QUÍMICA

Este material se compone principalmente de tres monómeros: acrilonitrilo, butadieno y estireno. El acrilonitrilo proporciona resistencia química y rigidez, el butadieno aporta tenacidad y resistencia al impacto, mientras que el estireno contribuye con la facilidad de procesamiento y la calidad de acabado superficial. Esta combinación de componentes le confiere al ABS una mezcla única de propiedades mecánicas y térmicas, haciéndolo ideal para diversas aplicaciones industriales y domésticas. La proporción específica de estos monómeros puede variar, ajustándose según las necesidades particulares de rendimiento y fabricación.

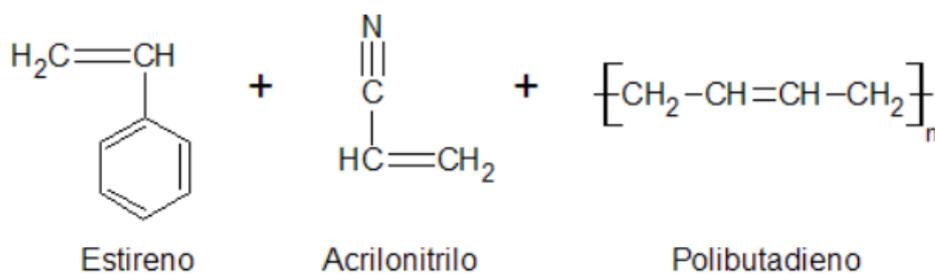


Figura 30: Esquema de la composición química del ABS (Textos Científicos, 2005).  
(<https://www.textoscientificos.com/polimeros/abs>)

## USOS COMUNES

En cuanto a las aplicaciones que ese material tiene, se pueden encontrar juguetes, bienes de consumo, teléfonos, cascos de seguridad, en términos generales. Luego, en los automóviles se puede encontrar en los paneles interiores para puertas, pilares, tapicería de asientos, rejillas, tableros de mandos y carcasas para espejos. En electrodomésticos también se usa, como en carcasas de electrodomésticos de cocina, carcasas de aspiradoras, paneles de control o productos de línea blanca. Y luego, utilizando el método de extrusión, se encuentran chapados, platos de ducha, techos para tractores, cantos de mobiliario, revestimientos de neveras y equipaje.

## B) RESINA

Otro material utilizado para la fabricación de las piezas en impresión 3D, es la resina Clear de Formlabs. En total, cinco de las piezas diseñadas han sido producidas en este material. Para que sean reconocibles se han determinado en color azul en los render demostrativos del producto, siendo estas las piezas con denominación D03, D04, D05, D06 y D07.

### PROPIEDADES

La resina Clear, de la marca Formlabs, es un material de uso general excepcionalmente clara y neutra en color, diseñada para aplicaciones donde la transparencia es fundamental. Esta resina ofrece un equilibrio óptimo entre la velocidad de impresión, la alta precisión dimensional y una apariencia lista para presentación.



*Figura 31: Clear Resin V5 1L (Form Labs, s. f.).  
(<https://formlabs.com/es/store/materials/clear-resin/>)*

En cuanto a sus propiedades mecánicas, la resina Clear ofrece una resistencia a la tracción que varía desde 46 MPa en estado verde hasta 60 MPa después de una post-curación de 15 minutos a 60 °C. El módulo de tracción también mejora significativamente

tras la post-curación, alcanzando hasta 2750 MPa. En términos de propiedades flexibles, la resina presenta una resistencia a la flexión de hasta 105 MPa y un módulo de flexión de 2700 MPa. Estas características mecánicas, combinadas con un alargamiento a la rotura de hasta 13% en estado verde, hacen de esta resina una opción robusta para diversas aplicaciones industriales.

Las propiedades térmicas de la resina Clear también son destacables, con una temperatura de deflexión térmica de hasta 74 °C a 0,45 MPa después de una post-curación adecuada. Además, su compatibilidad con varios solventes y su baja absorción de peso tras la inmersión en diferentes líquidos aseguran su integridad y durabilidad en distintas condiciones de uso.

En resumen, esta resina no solo proporciona una transparencia superior y una superficie de alta calidad, sino que también garantiza resistencia mecánica y estabilidad térmica, haciéndola versátil para una amplia gama de aplicaciones, desde prototipos ópticos hasta dispositivos fluidos y herramientas rápidas.



Figura 32: Piezas impresas con la resina Clear (Formlabs, s. f.).  
(<https://formlabs.com/es/store/materials/clear-resin/>)

## COMPOSICIÓN QUÍMICA

En cuanto a la composición química de este material, es una mezcla que incluye varios componentes clave. Uno de los ingredientes principales es el 7,7,9 (o 7,9,9)-trimetil-4,13-dioxo-3,14-dioxa-5,12-diazahexadecano-1,16-diil bismetacrilato, que constituye entre el 55% y el 75% del peso total de la resina. Este compuesto es clasificado como sensibilizador de la piel categoría 1 y peligro acuático crónico categoría 2, lo que significa que puede causar reacciones alérgicas en la piel y es tóxico para el medio acuático a largo plazo. Además, la resina contiene ácido metacrílico, monoéster con propano-1,2-diol en una proporción del 15% al 25%, el cual es un sensibilizador de la piel categoría 1 y causa irritación ocular categoría 2.

Otro componente importante de la resina Clear de Formlabs es el óxido de difenil (2,4,6-trimetilbenzoil) fosfina, presente en menos del 0,9%. Este compuesto es clasificado como tóxico para la reproducción categoría 2 y peligro acuático crónico categoría 2, lo que implica riesgos tanto para la salud humana en términos de efectos reproductivos como para el medio ambiente acuático.

## USOS COMUNES

Esta resina se utiliza comúnmente en aplicaciones que requieren alta transparencia y precisión, siendo uno de sus principales usos la creación de prototipos y modelos conceptuales. Esto incluye la producción de componentes ópticos como lentes y cubiertas transparentes, así como piezas para dispositivos médicos y dentales que necesitan una visualización precisa de su estructura interna. La resina también se emplea en la fabricación de componentes electrónicos y carcasas que requieren una buena combinación de rigidez y detalle fino.

Otro uso destacado de este material es en la visualización de ensamblajes complejos y fluidos, permitiendo a los ingenieros y diseñadores observar el flujo y la interacción de las partes internas. Además, debido a su alta calidad de superficie y su

capacidad para ser pulida hasta alcanzar una transparencia casi óptica, la resina de estas características es ideal para crear modelos de exhibición y piezas finales que necesitan una apariencia profesional y acabados estéticos.

## **3.2. CONDICIONES TÉCNICAS DE LA FABRICACIÓN Y MONTAJE**

### **3.2.1. REQUISITOS DE FABRICACIÓN DE LA CARCASA DEL GA-02**

Como todas las piezas que forman la carcasa del dispositivo GA-02 se realizan mediante impresión 3D, se procede a explicar de qué manera es dicho proceso de fabricación. A continuación, se exponen una serie de pasos a seguir para conseguir la producción de estas piezas en impresión 3D:

1. El proceso comienza con la creación de un diseño de la carcasa del dispositivo GA-02 al que se llega mediante un análisis y estudio de la carcasa del GA-01. Acompañado también de un proceso de bocetado que tiene en cuenta la ergonomía y piezas que se van a mantener en el rediseño.

2. Con esto, se procede al modelo en 3D de todas las piezas, mediante un software de modelado, en este caso SolidWorks.

3. Después de que todas las piezas que conforman la carcasa hayan sido modeladas y definidas, es primordial guardarlas en un formato compatible con las impresoras 3D que se van a utilizar, como el formato STL.

Siempre es recomendable realizar una copia en otro formato, que pueda ser reconocido por cualquier software de modelado 3D, y guardarlo. Esto se recomienda por si se tuvieran editar posteriormente para realizar modificaciones o ajustes, en caso necesario.

4. A continuación, lo siguiente a realizar es comprimir los archivos que comprenden las piezas modeladas en un único archivo que se envía a al técnico de impresión, quien será el responsable de imprimir las piezas en 3D.

5. Una vez que el técnico tiene las piezas, este las estudia y realiza un presupuesto sobre estas del coste final. Después, cuando el presupuesto se acepta, se da comienzo a la impresión en 3D.

6. Para empezar con la impresión de las piezas en 3D, el técnico elige y ajusta las impresoras que se adaptan de manera óptima a las características de las piezas de la carcasa para lograr la mejor calidad.

En este proceso de ajuste se incluye la calibración de las máquinas, la carga de materiales (en este caso de ABS y resina) y la configuración de ciertos criterios a tener en cuenta, como la temperatura a la que tiene que estar la boquilla o los ajustes de la plataforma de la impresión, entre otros.

7. Con todo esto configurado y la impresora lista para empezar, se inicia el proceso. En este caso, el técnico es la persona que supervisará que todo el proceso se lleve a cabo de manera correcta.

8. Algunas impresoras requieren de procesos posteriores de impresión, como es el caso de la impresión en resina. La cual requiere de un proceso de post-curación al finalizar la impresión. Este paso también es realizado por el técnico o los técnicos a cargo de la impresión, quienes deben asegurar el cumplimiento de todos los pasos que cada tipo de impresión requiere.

9. Cuando la impresión y los procesos posteriores requeridos han finalizado, el técnico se encarga de hacer un control de calidad. Este control de calidad consiste en inspeccionar las piezas ya impresas con el fin de determinar que no existen defectos evidentes. También se realiza la medición de las dimensiones clave de las piezas con el objetivo de asegurar que todas cumplen con las especificaciones.

10. Cuando todo esto ya se ha cumplido, en ciertos casos, las piezas salen de la impresora con necesidad de un acabado adicional, como la extracción de los soportes o el lijado y pulido para mejorar su aspecto.

11. Para terminar, cuando todos los pasos se han cumplido, el proceso culmina con la entrega de las piezas acabadas por parte del técnico a la contraparte.

Con todo el proceso de impresión en 3D explicado, cabe mencionar que algunas de las piezas diseñadas para este proyecto pueden ser intercambiables por piezas comerciales. Esto se ha planteado debido a que, en la República Dominicana, por falta de algunos recursos como puede ser la obtención de una impresora específica para imprimir algunas de las piezas, una salida a este problema sería el reemplazo de algunas de las piezas diseñadas para ser impresas por piezas comerciales. Esta alternativa solo se contempla en el caso de que otras organizaciones o usuarios quisieran aplicar el diseño de la carcasa que en este proyecto se presenta.

Las piezas en cuestión que pueden ser intercambiadas por otras piezas comerciales son las gomas, tanto la superior como la inferior, el tapón y el juego de tornillos, todas estas impresas en resina.

### 3.2.2. REQUISITOS DE MONTAJE DEL GA-02

El proceso de montaje de la carcasa del dispositivo GA-02 se divide en el montaje del circuito de componentes electrónicos y el montaje de las piezas de la carcasa. Siguiendo el orden en que debe montarse, primero se procede a explicar el montaje de la carcasa con las piezas diseñadas e impresas en 3D, para continuar con el montaje del circuito del receptor GNSS, prestando especial atención a la conexión de los elementos añadidos al circuito en este rediseño.

#### 3.2.2.1. MONTAJE DE LA CARCASA

El primer paso para el montaje de la carcasa es la impresión, de todas las piezas diseñadas, en 3D. Las piezas diseñadas se imprimen en ABS y en resina.



Figura 33: Todas las piezas de la carcasa impresas en 3D.

Hasta llegar a las piezas finales, se realizaron diversas pruebas para determinar la manera óptima en la que debían ser impresas. Como se observa en la imagen superior, se realizaron varias impresiones del juego de tornillos y tuercas, el tapón y ambas gomas.



*Figura 34: Impresión en 3D de la tapa de la carcasa.*



*Figura 35: Juego de tornillos y tuercas impresos en 3D de la carcasa.*

A continuación, una vez elegidas las piezas definitivas, se recogen del taller de impresión y se revisan para comprobar que coincidan con las expectativas de las medidas que se han determinado antes de montar la carcasa.

En este paso, se presta especial atención a los detalles y a las zonas más determinantes dónde preservar las dimensiones exactas es de especial importancia. Como los detalles interiores del recipiente inferior, dónde está el cajón de conexiones estancas o la salida de los puertos USB que posee esta misma pieza en la parte inferior. Así como el agujero pasante del juego de tornillo y tuerca y el paso de estas mismas piezas.

También, una vez comprobadas las medidas y comprobado que son correctas, se deben quitar todos los soportes y lijar aquellas zonas que lo requieren.



*Figura 36: Interior del recipiente inferior impreso en 3D de la carcasa.*



*Figura 37: Vista inferior del recipiente inferior impreso en 3D de la carcasa.*

Seguidamente, se continúa con el ensamblaje de las piezas de la carcasa. Empezando con la colocación de la goma superior sobre el raíl que se encuentra en el borde del recipiente inferior. No es necesario usar ningún pegamento, pero se puede utilizar para asegurar que se mantenga dentro del raíl.



*Figura 38a, 38b: Colocación de la goma superior sobre el recipiente inferior.*

Después, se colocan en la cara inferior del recipiente inferior el tapón y la goma inferior. Al igual que con la goma superior, no es necesario utilizar pegamento, pero se puede emplear si se quiere fijar de manera definitiva esta pieza.



*Figura 39a, 39b: Colocación del tapón y la goma inferior en el recipiente inferior.*

Por último, se coloca la tapa superior y se comprueba que, con ayuda de los tornillos y tuercas, se puede sellar completamente la carcasa. Estos se pasan por el paso que se encuentra en el borde del recipiente inferior y se ajustan con las manos, sin necesidad de emplear herramientas específicas.



*Figura 40a, 40b: Colocación de los tornillos y tuercas para ajustar la tapa sobre el recipiente.*

### 3.2.2.2. MONTAJE DEL CIRCUITO

En cuanto al montaje del circuito del receptor GNSS GA-02, se mantiene el mismo montaje que en dispositivo GA-01, excepto por la adición de algunos elementos clave. Estos elementos se han identificado en la lista de piezas comerciales con las denominaciones C07 (batería de litio), C08 (cargador de la batería), C09 (cable USB-C a micro USB), C10 (interruptor Rocker), C11 (LED azul), C12 (resistencia) y C15 (gel de estanqueidad). Por ende, se procede a explicar el montaje de las elementos añadidos al circuito que ya se tiene, y a su vez, la forma en la que algunos elementos han sido recolocados en el rediseño, refiriéndose a la disposición que tenían en la carcasa original. Para la conexión de los cables, se utiliza una soldadora eléctrica para soldar las conexiones y los cables con ayuda de estaño.

Antes de comenzar, se recuerda que el dispositivo GA-02 posee una estación base y una estación móvil o *rover*. Ambas estaciones poseen una carcasa. En este montaje se explica el procedimiento para montar una de las estaciones, siendo el proceso idéntico en ambas.

**PASO 1.** Conexión de la batería recargable de iones de litio (C07), el cargador (C08) y el cable de montaje USB-C a micro USB (C09).

Para empezar, se prepara la batería recargable de iones de litio y el cargador de esta, ambos de la marca Sparkfun. Se conectan respetando la polaridad, positiva y negativa, donde el terminal positivo de la batería va al pin BATT IN del cargador y el terminal negativo de la batería al pin GND del cargador.

Una vez conectadas, se procede con la conexión del cable de montaje USB-C a micro USB. El extremo USB-C va en la ranura de la cara inferior del recipiente de la carcasa, mientras que el extremo micro USB del cable va al puerto hembra del cargador Sparkfun. Cabe mencionar, que también se ha decidido mantener el puerto USB hembra externo que tenía la carcasa GA-01, para la transferencia de datos o si se tuviera que cargar la batería a través de este puerto. Y se conecta el cargador de la batería a la placa protoboard.

**PASO 2.** Conexión del interruptor Rocker (C10), los ledes azules (C11), las resistencias (C12) con la protoboard (C14).

Después de esto, se conecta el interruptor tipo Rocker en el hueco del lateral del recipiente de la carcasa. Este hueco va seguido de la fila de ledes. El interruptor debe conectarse entre la salida del cargador (VOUT y GND) y la placa protoboard. Esto permitirá poder encender y apagar todo el sistema del receptor GNSS GA-02. Hay que conectar un cable (C13) desde el terminal común del interruptor a una de las filas de la protoboard.

Luego, se procede con la conexión de los ledes y sus respectivas resistencias. Se colocan las resistencias en la protoboard y se conecta el ánodo de cada LED a un extremo de cada resistencia, y el cátodo de estos a una fila común de la protoboard que estará conectada al GND del cargador de la batería.

Para distribuir la energía de la protoboard, se debe conectar un cable desde la salida positiva del interruptor a la línea positiva de la protoboard. Y, otro cable desde la salida negativa del interruptor Rocker a la línea negativa de la protoboard.

Para terminar, una vez realizadas estas conexiones correctamente, se emplea el gel de estanqueidad (C15) en el cajón interior del recipiente de la carcasa, dónde se encuentran las conexiones directas de los ledes y el interruptor Rocker. Este gel se vierte con cuidado y se deja secar durante 15 minutos a temperatura ambiente hasta que esté totalmente seco. Con esto se habrán cerrado todos los huecos invisibles a la vista por dónde pudieran entrar líquidos.

**PASO 3.** Conexión del módulo de radio (C06).

Antes de conectar la placa GNSS al resto del circuito, se debe conectar el módulo de radio a esta. Se conecta la placa de radio Digi XBee SX (C062) al módulo LR o XLR (C061), depende de si está montando la base o el rover. Una vez que estas piezas están unidas, entonces se conectan a la placa GNSS, en las monturas que esta placa posee en la parte superior.

Luego, desde el puerto SMA de la placa GNSS se conecta el cable coaxial SMA (C064). La otra salida se coloca en el orificio del recipiente inferior opuesto a los ledes y el interruptor. Este puerto SMA sobresale de la carcasa para poder conectar la antena de radio (C063) cuando el dispositivo se vaya a poner en funcionamiento en el terreno.

**PASO 4.** Conexión de la placa simpleRTK2B PRO (C04).

Se conecta la placa simpleRTK2B PRO a la protoboard. Para eso se conectan las salidas VCC y GND de la placa simpleRTK2B PRO a las líneas de alimentación correspondientes de la protoboard (positiva y negativa).

Debido a que esta conexión ya está hecha en el dispositivo original GA-01, se mantiene la que se tiene. Una conexión desde el puerto hembra micro USB de la placa GNSS a la protoboard, en las filas correspondientes, para que pueda ser conectada a los ledes y el interruptor, así como la línea de alimentación.

**PASO 5.** Conexión de la placa Raspberry Pi Zero 2 W (C05).

Una vez instalado en la tarjeta de memoria SD (C17) el sistema operativo pertinente, en el caso del dispositivo GA-02 siendo Linux, esta tarjeta es insertada en el puerto conveniente de tarjetas de la placa Raspberry Pi.

Entonces, la Raspberry Pi se conecta a la placa GNSS simpleRTK2B PRO usando un cable micro USB desde el puerto de alimentación de la Raspberry Pi hasta el puerto micro USB de la placa GNSS, respetando la conexión que actualmente se tiene en el dispositivo GA-01.

**PASO 6.** Conexión de la antena GNSS (03).

Se conecta la antena GNSS a la placa GNSS simpleRTK2B PRO, a través de cable coaxial que esta trae. La terminación TNC macho va conectada a la antena, mientras que la terminación del cable SMA macho va conectada a la salida SMA de la placa GNSS.

**PASO 7.** Cierre de la carcasa y posicionamiento en altura del jalón.

Cuando esto se ha logrado, es momento de colocar la carcasa con la antena GNSS sobre el jalón telescópico central (C01). Antes de hacer esto, se debe colocar el jalón en el trípode (C02), pero mantenerlo a una altura en la que se pueda maniobrar y colocar la carcasa de manera segura, antes de subir el jalón a la altura deseada para comenzar a medir.

Entonces, se posiciona la carcasa sobre este, y se enrosca la antena GNSS sobre el jalón. Cuando esto queda fijado, entonces se procede a cerrar la carcasa. Se posiciona la tapa superior sobre el recipiente y, ayuda de los tornillos y tuercas, se cierra la carcasa. Es entonces cuando se sube el jalón a la altura deseada y se enciende el interruptor tipo Rocker para energizar el sistema y verificar que todos los componentes funcionan como se espera.

**PASO 8.** Repetir proceso de montaje para la otra estación.

Una vez montada una de las estaciones, se procede al montaje de la otra estación. Se repiten todos los pasos, prestando especial atención a los pasos dónde las piezas son diferentes, como la conexión del módulo de radio.

**PASO 9.** Recolección de datos.

Cuando ya se han montado ambas estaciones, es momento de encender el teléfono móvil y, siguiendo los pasos que se extienden en el apartado 4.1.3. *Montaje y proceso obtención de datos del dispositivo GA-01* de la Memoria de este trabajo, se puede comenzar a utilizar el dispositivo y recolectar los datos e información convenientes que se requiere en el campo.

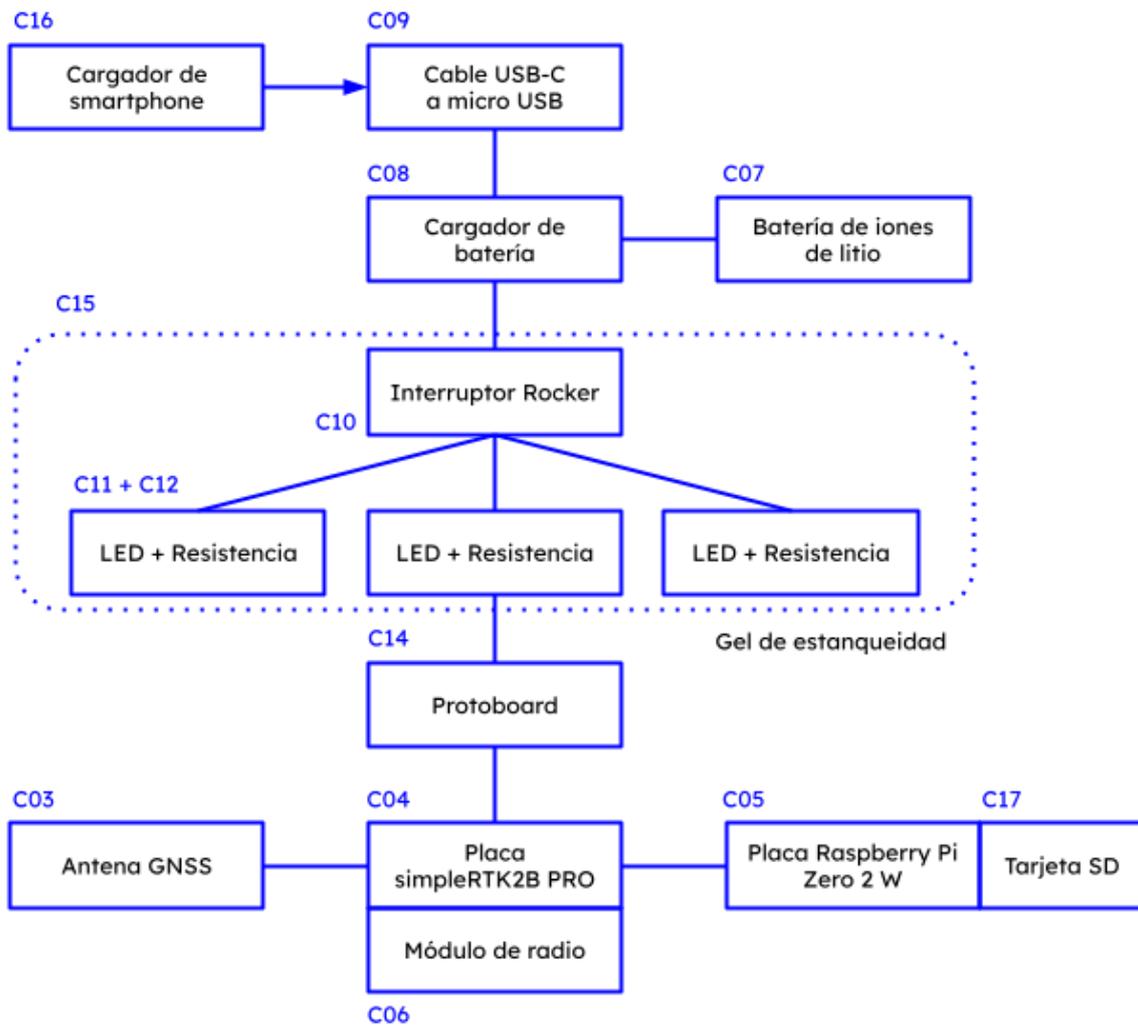


Figura 41: Esquema del circuito del dispositivo GA-02.

# **BIBLIOGRAFÍA**

151051BS04000. (s. f.). DigiKey Electronics.

<https://www.digikey.es/es/products/detail/würth-elektronik/151051BS04000/4490009>

3174. (s. f.). DigiKey Electronics. <https://www.digikey.es/es/products/detail/adafruit-industries-llc/3174/6198257>

ABS | Tipos de polímeros—Resinex. (s. f.).

<https://www.resinex.es/tipos-de-polimeros/abs.html>

Boobrie 2PCS Cable SMA Macho Hembra 15cm Cable de Antena WiFi RG316 Cable SMA

Macho a SMA Hembra Cable de Conector SMA Macho de 90 Grados Conector SMA

Hembra de Mamparo para Antena Móvil/Antena WiFi: Amazon.es: Electrónica. (s. f.).

[https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-](https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc_df_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-)

[Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc\\_df\\_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-](https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc_df_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-)

[21&linkCode=df0&hvadid=699690211662&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=116252219792](https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc_df_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-)

[49162484&hvpon=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1](https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc_df_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-)

[005545&hvtargid=pla-](https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc_df_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-)

[987329693403&psc=1&mcid=64bac82298993e0eb3867227bc4bf1be&gad\\_source=1](https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc_df_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-)

Buy ABS. (s. f.). Smart Materials 3D.

<https://www.smartmaterials3d.com/en/abs-filament>

Calibrated Survey GNSS Multiband antenna (IP67). (s. f.). ArduSimple

<https://www.ardusimple.com/product/calibrated-survey-gnss-multiband-antenna-ip67/>

Catálogo COPANT. (s. f.-a).

<https://apps.copant.org/cat/CpntNorstdView/1713?showdetail=>

Catálogo COPANT. (s. f.-b).

<https://apps.copant.org/cat/CpntNorstdView/1679?showdetail=>

Catálogo COPANT. (s. f.-c).

<https://apps.copant.org/cat/CpntNorstdView/1719?showdetail=>

Catálogo COPANT. (s. f.-d).

<https://apps.copant.org/cat/CpntNorstdView/1752?showdetail=>

Clear Resin. (s. f.). Formlabs.

<https://formlabs.com/es/store/materials/clear-resin/>

¿Conoces el Grado de protección IP, según la norma internacional IEC 60529? (s. f.).

<https://www.ineltec.es/noticias/normativa/conoces-el-grado-de-proteccion-ip-segun-la-norma-internacional-iec-60529>

Dipole antenna for LR/XLR radio. (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/dipole-antenna-for-lr-xlr/>

Enchufe Cargador USB, Cargador Rápido con Cable de Carga Rápida USB C Compatible con Samsung Galaxy S8, S9,S10,S20,S21,S22,S23 Plus

A54,A52S,A53,A34,A20,A14,A13,M54,M53, M14, M13 5G Note 8: Amazon.es:

Electrónica. (s. f.). [https://www.amazon.es/Enchufe-Cargador-R%C3%A1pido-Compatible-](https://www.amazon.es/Enchufe-Cargador-R%C3%A1pido-Compatible-Samsung/dp/B0BYK2QPD4/ref=pd_ci_mcx_pspc_dp_d_2_t_1?pd_rd_w=XX1ci&content-id=amzn1.sym.f11fe75a-7397-412e-9b90-7e09bf6f5c14&pf_rd_p=f11fe75a-7397-412e-9b90-7e09bf6f5c14&pf_rd_r=EY7QMFPMK5CW6RMMNMZ0&pd_rd_wg=5qEJ4&pd_rd_r=ba34627f-8e46-4750-9179-fb0652cbeab0&pd_rd_i=B0BYK2QPD4)

[Samsun](https://www.amazon.es/Enchufe-Cargador-R%C3%A1pido-Compatible-Samsung/dp/B0BYK2QPD4/ref=pd_ci_mcx_pspc_dp_d_2_t_1?pd_rd_w=XX1ci&content-id=amzn1.sym.f11fe75a-7397-412e-9b90-7e09bf6f5c14&pf_rd_p=f11fe75a-7397-412e-9b90-7e09bf6f5c14&pf_rd_r=EY7QMFPMK5CW6RMMNMZ0&pd_rd_wg=5qEJ4&pd_rd_r=ba34627f-8e46-4750-9179-fb0652cbeab0&pd_rd_i=B0BYK2QPD4)

[g](https://www.amazon.es/Enchufe-Cargador-R%C3%A1pido-Compatible-Samsung/dp/B0BYK2QPD4/ref=pd_ci_mcx_pspc_dp_d_2_t_1?pd_rd_w=XX1ci&content-id=amzn1.sym.f11fe75a-7397-412e-9b90-7e09bf6f5c14&pf_rd_p=f11fe75a-7397-412e-9b90-7e09bf6f5c14&pf_rd_r=EY7QMFPMK5CW6RMMNMZ0&pd_rd_wg=5qEJ4&pd_rd_r=ba34627f-8e46-4750-9179-fb0652cbeab0&pd_rd_i=B0BYK2QPD4)

GEL ESTANQUEIDAD BICOMPONENTE | Obramat (Bricomart). (s. f)

<https://www.obramat.es/gel-estanqueidad-210-gramos-10318112.html>

INDOCAL. (s. f.). <https://indocalnormas.gob.do/catalogo/ver/nordom-iso-14001-2015-sistemas-de-gesti-n-ambiental-requisitos-con-orientaci-n-para-su-uso>

Industries, A. (s. f.). Tiny Premium Breadboard.

<https://www.adafruit.com/product/65>

Interruptor Redondo Basculante ON/OFF 6A Negro | Cable 2 Vías para Coche. (s. f.).

<https://www.autozoco.com/interruptor-redondo-basculante-con-cable-de-2-vias-onoff-6a-negro>

Jalón Telescópico de Aluminio Geotech 4.6 m—Cotiza en BMP Renta.cl. (s. f.). BMP Renta.

<https://bmprenta.cl/producto/jalon-telescopico-de-aluminio-geotech-4-6-m/>

Lithium Ion Battery—6Ah—PRT-13856—SparkFun Electronics. (s. f.).

<https://www.sparkfun.com/products/13856>

matias. (2005, agosto 12). ABS [Text].

<https://www.textoscientificos.com/polimeros/abs>

MFR-25FTE52-330R. (s. f.). DigiKey Electronics.

<https://www.digikey.es/es/products/detail/yageo/MFR-25FTE52-330R/9140099>

Panel Mount Cable—USB-C to Micro-B - 30cm. (s. f.).

<https://www.kiwi-electronics.com/en/panel-mount-cable-usb-c-to-micro-b-30cm-11190>

Radio module eXtra-Long Range (XLR). (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/radio-module-extra-long-range/>

Radio module Long Range (LR). (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/radio-module-long-range/>

Raspberry Pi Zero 2 W (Wireless) • RaspberryPi.dk. (s. f.). RaspberryPi.Dk.

<https://raspberrypi.dk/en/product/raspberry-pi-zero-2-w/>

simpleRTK2B Pro. (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/simplertk2b-pro/>

SparkFun LiPo Charger/Booster—5V/1A - PRT-14411—SparkFun Electronics. (s. f.).

<https://www.sparkfun.com/products/14411>

Team (webmaster@reichelt.de), reichelt elektronik G. I. (s. f.). MR 958—Tarjeta de memoria microSDHC de 16 GB, MediaRange Class 10, con. Elektronik und Technik bei reichelt elektronik günstig bestellen.

<https://www.reichelt.com/es/es/tarjeta-de-memoria-microsdhc-de-16-gb-mediarange-class-10-con-mr-958-p305475.html>

Tripod for surveying pole. (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/tripod-for-surveying-pole/>

XB9X-DMRS-001. (s. f.). Digi-Key Electronics.

<https://www.digikey.com/en/products/detail/digi/XB9X-DMRS-001/5972741>

XBP9X-DMRS-001. (s. f.). Digi-Key Electronics.

<https://www.digikey.com/en/products/detail/digi/XBP9X-DMRS-001/5972743>

**/PRESUPUESTO**



## ÍNDICE

1/ PIEZAS COMERCIALES .....	234
2/ PIEZAS DISEÑADAS .....	258
3/ TABLA RESUMEN .....	268
BIBLIOGRAFÍA .....	271

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Presupuesto del proyecto. ....	269
---	-----



**1/**

# **PIEZAS COMERCIALES**

El presupuesto monetario de piezas comerciales, independientemente del país dónde se compren las piezas, se ha traducido a euros. También, quedan incluidos los impuestos en los costes de fabricación de cada una de las piezas, tanto en las piezas comerciales como en las piezas diseñadas de este trabajo.

Aclarado esto, a continuación, se extienden todas las piezas que se encuentran en el mercado para el montaje del dispositivo receptor GNSS GA-02.

**C01 / JALÓN TELESCÓPICO****COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Jalón telescópico

PRECIO: 77,90 €/unidad

UNIDADES: 2

**Subtotal 2** 155,80 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 155,80 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €**COSTE FABRICACIÓN = 155,80 €**

**C02 / TRÍPODE**

**COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Trípode para jalón telescópico

PRECIO: 199 €/unidad

UNIDADES: 2

**Subtotal 2** 398 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 398 €

**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €

**COSTE FABRICACIÓN = 398 €**

**C03 / ANTENA MULTIBANDA GNSS Y CABLE COAXIAL TNC-SMA**

**COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Antena multibanda GNSS y cable coaxial TNC-SMA

PRECIO: 149 €/unidad

UNIDADES: 2

**Subtotal 2** 298 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 298 €

**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €

**COSTE FABRICACIÓN = 298 €**

**C04 / PLACA SIMPLERTK2B PRO**

**COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Placa simpleRTK2B PRO

PRECIO: 226 €/unidad

UNIDADES: 2

**Subtotal 2** 452 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 452 €

**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €

**COSTE FABRICACIÓN = 452 €**

**C05 / PLACA RASPBERRY PI ZERO 2 W**

**COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Placa Raspberry Pi Zero 2 W

PRECIO: 19,97 €/unidad

UNIDADES: 2

**Subtotal 2** 39,94 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 39,94 €

**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €

**COSTE FABRICACIÓN = 39,94 €**

**C061 / MÓDULO LR****COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Módulo de radio de largo alcance LR

PRECIO: 101 €/unidad

UNIDADES: 1

**Subtotal 2** 101 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 101 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €**COSTE FABRICACIÓN = 101 €**

**C061 / MÓDULO XLR****COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Módulo de radio de largo alcance XLR

PRECIO: 161 €/unidad

UNIDADES: 1

**Subtotal 2** 161 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 161 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €**COSTE FABRICACIÓN = 161 €**

**C062 / PLACA DIGI XBEE SX****COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Placa DIGI XBee SX

PRECIO: 44,27 €/unidad

UNIDADES: 1

**Subtotal 2** 44,27 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 44,27 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €**COSTE FABRICACIÓN = 44,27 €**

**C062 / PLACA DIGI XBEE PRO SX**

**COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Placa DIGI XBee PRO SX

PRECIO: 103,70 €/unidad

UNIDADES: 1

**Subtotal 2** 103,70 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 103,70 €

**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €

**COSTE FABRICACIÓN = 103,70 €**

**C063 / ANTENA DE RADIO**

**COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Antena de radio

PRECIO: 15 €/unidad

UNIDADES: 2

**Subtotal 2** 30 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 30 €

**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €

**COSTE FABRICACIÓN = 30 €**

**C064 / CABLE COAXIAL SMA**

**COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Cable coaxial SMA

PRECIO: 8,79 € pack de 2 unidades

UNIDADES: 1

**Subtotal 2** 8,79 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 8,79 €

**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €

**COSTE FABRICACIÓN = 8,79 €**

**C07 / BATERÍA DE IONES DE LITIO**

**COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Batería recargable de iones de litio

PRECIO: 29,84 €/unidad

UNIDADES: 2

**Subtotal 2** 59,68 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 59,68 €

**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €

**COSTE FABRICACIÓN = 59,68 €**

**C08 / CARGADOR DE BATERÍA**

**COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Cargador y elevador de batería

PRECIO: 16 €/unidad

UNIDADES: 2

**Subtotal 2** 32 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 32 €

**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €

**COSTE FABRICACIÓN = 32 €**

**C09 / CABLE USB-C A MICRO USB**

**COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Cable USB-C a micro USB

PRECIO: 4,08 €/unidad

UNIDADES: 2

**Subtotal 2** 8,16 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 8,16 €

**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €

**COSTE FABRICACIÓN = 8,16 €**

**C10 / INTERRUPTOR ROCKER****COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Interruptor Rocker

PRECIO: 1,95 €/unidad

UNIDADES: 2

**Subtotal 2** 3,90 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 3,90 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €**COSTE FABRICACIÓN = 3,90 €**

**C11 / LED AZUL****COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: LED azul

PRECIO: 0,24 €/unidad

UNIDADES: 6

**Subtotal 2** 1,44 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 1,44 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €**COSTE FABRICACIÓN = 1,44 €**

**C12 / RESISTENCIA****COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Resistencia

PRECIO: 0,09 €/unidad

UNIDADES: 6

**Subtotal 2** 0,54 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 0,54 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €**COSTE FABRICACIÓN = 0,54 €**

**C13 / CABLE DE CONEXIÓN****COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Cable de conexión

PRECIO: 27,93 €/unidad

UNIDADES: 1

**Subtotal 2** 27,93 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 27,93 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €**COSTE FABRICACIÓN = 27,93 €**

**C14 / PROTOBOARD****COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Protoboard

PRECIO: 3,50 €/unidad

UNIDADES: 2

**Subtotal 2** 7 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 7 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €**COSTE FABRICACIÓN = 7 €**

**C15 / GEL DE ESTANQUEIDAD****COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Gel de estanqueidad

PRECIO: 17,50 €/unidad

UNIDADES: 1

**Subtotal 2** 17,50 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 17,50 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €**COSTE FABRICACIÓN = 17,50 €**

**C16 / CARGADOR DE SMARTPHONE****COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: cargador de smartphone

PRECIO: 9,98 €/unidad

UNIDADES: 1

**Subtotal 2** 9,98 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 9,98 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €**COSTE FABRICACIÓN = 9,98 €**

**C17 / TARJETA DE MICROSD**

**COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

PRODUCTO: Tarjeta de memoria microSD

PRECIO: 3,76 €/unidad

UNIDADES: 2

**Subtotal 2** 7,52 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 7,52 €

**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Subtotal 1** 0 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 0 €

**COSTE FABRICACIÓN = 7,52 €**

**2/**

# **PIEZAS DISEÑADAS**

En este apartado de piezas diseñadas, se debe aclarar que, para la impresión 3D de esta producto, se prevé que se utilicen impresoras que la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD) ya posee. A falta de que la universidad no posea alguna de las dos impresoras, entonces se imprimen en alguna empresa particular.

Además, debido a que este producto está ideado para ser replicado en la República Dominicana, la tasa horaria de la mano de obra directa en este presupuesto se ha determinado en base a los datos encontrados de sueldos de operarios de este país. Estos valores se han encontrado en pesos dominicanos, moneda oficial del país, y han sido traducidos a euros para este presupuesto.

Luego, en el montaje del dispositivo, se aclara que en los costes materiales se entiende que la soldadora eléctrica y su respectivo estaño para poder soldar los componentes eléctricos, y el pegamento requerido para fijar algunas de las piezas son instrumentos que ya poseen en las organizaciones, la ONG Guakía Ambiente y el Programa de Pequeños Subsidios del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo de la República Dominicana. Es por eso, que no están incluidos sus costes en el montaje de este presupuesto.

**D01 / TAPA SUPERIOR**

**COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**ABS**

SUMINISTRO: Filamento ABS Smartfil

PRECIO: 22,45 €/kg

VOLUMEN: 119947,66 mm<sup>3</sup>

MASA: 0,12235 kg

UNIDADES: 2

**Subtotal 1** 5,50 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 5,50 €

**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

**Gestión, supervisión y acabado de impresión 3D**

TIPO DE OPERARIO: Operario de primera categoría

TIEMPO DE OPERACIÓN: 3 h

TASA HORARIA: 2,50 €/h

**Subtotal 1** 7,50 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 7,50 €

**COSTE FABRICACIÓN = 13 €**

**D02 / RECIPIENTE INFERIOR****COSTE MATERIALES**

## MATERIA PRIMA

**ABS**

SUMINISTRO: Filamento ABS Smartfil

PRECIO: 22,45 €/kg

VOLUMEN: 784148,59 mm<sup>3</sup>

MASA: 0,79983 kg

UNIDADES: 2

**Subtotal 1** 35,91 €

## PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

**Subtotal 2** 0 €**TOTAL PARCIAL 1** 35,91 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

## MANO DE OBRA DIRECTA

**Gestión, supervisión y acabado de impresión 3D**

TIPO DE OPERARIO: Operario de primera categoría

TIEMPO DE OPERACIÓN: 24 h

TASA HORARIA: 2,50 €/h

**Subtotal 1** 60 €

## OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €**TOTAL PARCIAL 2** 60 €**COSTE FABRICACIÓN = 95,91 €**

**D03 / TORNILLO****COSTE MATERIALES**

## MATERIA PRIMA

**Resina**

SUMINISTRO: Clear Resin V5 (Form 4)

PRECIO: 119,79 €/L

VOLUMEN: 1614,92 mm<sup>3</sup>

MASA: 0,00192 kg

UNIDADES: 4

**Subtotal 1** 0,77 €

## PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 0,77 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

## MANO DE OBRA DIRECTA

**Gestión, supervisión y acabado de impresión 3D**

TIPO DE OPERARIO: Operario de primera categoría

TIEMPO DE OPERACIÓN: 0,42 h

TASA HORARIA: 2,50 €/h

**Subtotal 1** 1,05 €

## OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 1,05 €**COSTE FABRICACIÓN = 1,82 €**

**D04 / TUERCA****COSTE MATERIALES**

## MATERIA PRIMA

**Resina**

SUMINISTRO: Clear Resin V5 (Form 4)

PRECIO: 119,79 €/L

VOLUMEN: 653,93 mm<sup>3</sup>

MASA: 0,00078 kg

UNIDADES: 4

**Subtotal 1** 0,31 €

## PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 0,31 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

## MANO DE OBRA DIRECTA

**Gestión, supervisión y acabado de impresión 3D**

TIPO DE OPERARIO: Operario de primera categoría

TIEMPO DE OPERACIÓN: 0,42 h

TASA HORARIA: 2,50 €/h

**Subtotal 1** 1,05 €

## OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 1,05 €**COSTE FABRICACIÓN = 1,36 €**

**D05 / GOMA SUPERIOR****COSTE MATERIALES**

## MATERIA PRIMA

**Resina**

SUMINISTRO: Clear Resin V5 (Form 4)

PRECIO: 119,79 €/L

VOLUMEN: 6305,65 mm<sup>3</sup>

MASA: 0,0075 kg

UNIDADES: 2

**Subtotal 1** 1,51 €

## PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 1,51 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

## MANO DE OBRA DIRECTA

**Gestión, supervisión y acabado de impresión 3D**

TIPO DE OPERARIO: Operario de primera categoría

TIEMPO DE OPERACIÓN: 0,75 h

TASA HORARIA: 2,50 €/h

**Subtotal 1** 1,88 €

## OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 1,88 €**COSTE FABRICACIÓN = 3,39 €**

**D06 / GOMA INFERIOR****COSTE MATERIALES**

## MATERIA PRIMA

**Resina**

SUMINISTRO: Clear Resin V5 (Form 4)

PRECIO: 119,79 €/L

VOLUMEN: 4604,44 mm<sup>3</sup>

MASA: 0,00548 kg

UNIDADES: 2

**Subtotal 1** 1,10 €

## PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 1,10 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

## MANO DE OBRA DIRECTA

**Gestión, supervisión y acabado de impresión 3D**

TIPO DE OPERARIO: Operario de primera categoría

TIEMPO DE OPERACIÓN: 0,66 h

TASA HORARIA: 2,50 €/h

**Subtotal 1** 1,65 €

## OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 1,65 €**COSTE FABRICACIÓN = 2,75 €**

**D07 / TAPÓN****COSTE MATERIALES**

## MATERIA PRIMA

**Resina**

SUMINISTRO: Clear Resin V5 (Form 4)

PRECIO: 119,79 €/L

VOLUMEN: 5739,08 mm<sup>3</sup>

MASA: 0,00683 kg

UNIDADES: 2

**Subtotal 1** 1,37 €

## PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

**Subtotal 2** 0,00 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 1,37 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

## MANO DE OBRA DIRECTA

**Gestión, supervisión y acabado de impresión 3D**

TIPO DE OPERARIO: Operario de primera categoría

TIEMPO DE OPERACIÓN: 0,75 h

TASA HORARIA: 2,50 €/h

**Subtotal 1** 1,88 €

## OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 1,88 €**COSTE FABRICACIÓN = 3,25 €**

**MONTAJE****COSTE MATERIALES**

MATERIA PRIMA

**Subtotal 1** 0 €

PRODUCTOS SUBCONTRATADOS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 1** 0 €**COSTE DE LA MANO DE OBRA**

MANO DE OBRA DIRECTA

[Ensamblaje de las piezas impresas en 3D](#)

TIPO DE OPERARIO: Operario de segunda categoría

TIEMPO DE OPERACIÓN: 0,50 h

TASA HORARIA: 1,70 €/h

[Conexión de componentes electrónicos](#)

TIPO DE OPERARIO: Operario de segunda categoría

TIEMPO DE OPERACIÓN: 1,5 h

TASA HORARIA: 1,70 €/h

**Subtotal 1** 3,40 €

OPERACIONES SUBCONTRATADAS

**Subtotal 2** 0 €

---

**TOTAL PARCIAL 2** 3,40 €**COSTE FABRICACIÓN = 3,40 €**

**3/**

# **TABLA RESUMEN**

DENOMINACIÓN	COSTE MATERIAL	COSTE MANO DE OBRA	UD.	TOTAL
Jalón telescópico	77,90 €	-	2	155,80 €
Trípode	199 €	-	2	398 €
Antena GNSS y cable coaxial TNC-SMA	149 €	-	2	298 €
Placa simpleRTK2B PRO	226 €	-	2	452 €
Placa Raspberry Pi Zero 2 W	19,97 €	-	2	39,94 €
Módulo LR	101 €	-	1	101 €
Módulo XLR	161 €	-	1	161 €
Placa DIGI XBee SX	44,27 €	-	1	44,27 €
Placa DIGI XBee PRO SX	103,70 €	-	1	103,70 €
Antena de radio	15 €	-	2	30 €
Cable coaxial SMA	8,79 €	-	2	8,79 € (1)
Batería de iones de litio	29,84 €	-	2	59,68 €
Cargador de batería	16 €	-	2	32 €
Cable USB-C a micro USB	4,08 €	-	2	8,16 €
Interruptor Rocker	1,95 €	-	2	3,90 €
LED azul	0,24 €	-	6	1,44 €
Resistencia	0,09 €	-	6	0,54 €
Cable de conexión	27,93 €	-	1	27,93 €
Protoboard	3,50 €	-	2	3,50 €
Gel de estanqueidad	17,50 €	-	1	17,50 €
Cargador de smartphone	9,98 €	-	1	9,98 €
Tarjeta de memoria microSD	3,76 €	-	2	7,52 €
Tapa superior	5,50 €	7,50 €	2	13 € (2)
Recipiente inferior	35,91 €	60 €	2	95,91 €
Tornillo	0,77 €	1,05 €	4	1,82 €
Tuerca	0,31 €	1,05 €	4	1,36 €
Goma superior	1,51 €	1,88 €	2	3,39 €
Goma inferior	1,10 €	1,65 €	2	2,75 €
Tapón	1,37 €	1,88 €	2	3,25 €
Montaje	-	3,40 €	1	3,40 €
<b>TOTAL</b>				<b>2.089,53 €</b>

Tabla 1: Presupuesto del proyecto.

(1) En el caso del cable coaxial SMA, vienen en un pack de dos unidades que son las necesarias en el proyecto. Por lo que el precio total es de 8,79 € para dos unidades de esta pieza.

(2) Todas las piezas diseñadas ya han sido multiplicadas previamente por el número de unidades requeridas en el producto final. Por eso, aunque en la tabla resumen quede indicado el número de unidades de cada pieza, el coste total de esta misma tabla es el resultado de la suma del coste material y el coste de mano de obra de las piezas del apartado 2. *Piezas diseñadas* de este presupuesto.

De la tabla resumen se concluye que el coste total de la producción del dispositivo GA-02 es de 2.089,53 €. Esta cantidad traducida a pesos dominicanos, tomando como referencia que 1 peso dominicano (RD\$) es equivalente aproximadamente a 0,016 euros (€), saldría a un coste total de 130.595,63 RD\$.

En resumen, el coste total de la producción de las carcasas que forman parte del dispositivo GA-02 es de 125 €, lo que quiere decir que la producción de cada carcasa cuesta 62,50 €. Esta cantidad monetaria pasada a pesos dominicanos, si se toma como referencia la equivalencia anterior, saldría a un total de 3.906,25 RD\$ cada carcasa.

# **BIBLIOGRAFÍA**

151051BS04000. (s. f.). DigiKey Electronics.

<https://www.digikey.es/es/products/detail/würth-elektronik/151051BS04000/4490009>

3174. (s. f.). DigiKey Electronics.

<https://www.digikey.es/es/products/detail/adafruit-industries-llc/3174/6198257>

Boobrie 2PCS Cable SMA Macho Hembra 15cm Cable de Antena WiFi RG316 Cable SMA

Macho a SMA Hembra Cable de Conector SMA Macho de 90 Grados Conector SMA

Hembra de Mamparo para Antena Móvil/Antena WiFi: Amazon.es: Electrónica. (s. f.).

[https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc\\_df\\_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699690211662&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=11625221979249162484&hvpon=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005545&hvtargid=pla-](https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc_df_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699690211662&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=11625221979249162484&hvpon=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005545&hvtargid=pla-987329693403&pssc=1&mcid=64bac82298993e0eb3867227bc4bf1be&gad_source=1)

[987329693403&pssc=1&mcid=64bac82298993e0eb3867227bc4bf1be&gad\\_source](https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc_df_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699690211662&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=11625221979249162484&hvpon=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005545&hvtargid=pla-987329693403&pssc=1&mcid=64bac82298993e0eb3867227bc4bf1be&gad_source=1)

[=1](https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc_df_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699690211662&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=11625221979249162484&hvpon=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005545&hvtargid=pla-987329693403&pssc=1&mcid=64bac82298993e0eb3867227bc4bf1be&gad_source=1)

[=1](https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc_df_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699690211662&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=11625221979249162484&hvpon=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005545&hvtargid=pla-987329693403&pssc=1&mcid=64bac82298993e0eb3867227bc4bf1be&gad_source=1)

[=1](https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc_df_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699690211662&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=11625221979249162484&hvpon=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005545&hvtargid=pla-987329693403&pssc=1&mcid=64bac82298993e0eb3867227bc4bf1be&gad_source=1)

[=1](https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc_df_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699690211662&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=11625221979249162484&hvpon=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005545&hvtargid=pla-987329693403&pssc=1&mcid=64bac82298993e0eb3867227bc4bf1be&gad_source=1)

[=1](https://www.amazon.es/BOOBRIE-Extensi%C3%B3n-Conector-Mamparo-Antenas/dp/B08CXPWF7D/ref=asc_df_B08CXPWF7D/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699690211662&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=11625221979249162484&hvpon=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005545&hvtargid=pla-987329693403&pssc=1&mcid=64bac82298993e0eb3867227bc4bf1be&gad_source=1)

Buy ABS. (s. f.). Smart Materials 3D.

<https://www.smartmaterials3d.com/en/abs-filament>

Calibrated Survey GNSS Multiband antenna (IP67). (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/calibrated-survey-gnss-multiband-antenna-ip67/>

Clear Resin. (s. f.). Formlabs.

<https://formlabs.com/es/store/materials/clear-resin/>

Dipole antenna for LR/XLR radio. (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/dipole-antenna-for-lr-xlr/>

Enchufe Cargador USB, Cargador Rápido con Cable de Carga Rápida USB C Compatible

con Samsung Galaxy S8, S9,S10,S20,S21,S22,S23 Plus

A54,A52S,A53,A34,A20,A14,A13,M54,M53, M14, M13 5G Note 8: Amazon.es:

Electrónica. (s. f.).

[https://www.amazon.es/Enchufe-Cargador-R%C3%A1pido-Compatible-](https://www.amazon.es/Enchufe-Cargador-R%C3%A1pido-Compatible-Samsung/dp/B0BYK2QPD4/ref=pd_ci_mcx_pspc_dp_d_2_t_1?pd_rd_w=XX1ci&content-id=amzn1.sym.f11fe75a-7397-412e-9b90-7e09bf6f5c14&pf_rd_p=f11fe75a-7397-412e-9b90-)

[Samsung/dp/B0BYK2QPD4/ref=pd\\_ci\\_mcx\\_pspc\\_dp\\_d\\_2\\_t\\_1?pd\\_rd\\_w=XX1ci&cont](https://www.amazon.es/Enchufe-Cargador-R%C3%A1pido-Compatible-Samsung/dp/B0BYK2QPD4/ref=pd_ci_mcx_pspc_dp_d_2_t_1?pd_rd_w=XX1ci&content-id=amzn1.sym.f11fe75a-7397-412e-9b90-7e09bf6f5c14&pf_rd_p=f11fe75a-7397-412e-9b90-)

[ent-id=amzn1.sym.f11fe75a-7397-412e-9b90-7e09bf6f5c14&pf\\_rd\\_p=f11fe75a-](https://www.amazon.es/Enchufe-Cargador-R%C3%A1pido-Compatible-Samsung/dp/B0BYK2QPD4/ref=pd_ci_mcx_pspc_dp_d_2_t_1?pd_rd_w=XX1ci&content-id=amzn1.sym.f11fe75a-7397-412e-9b90-7e09bf6f5c14&pf_rd_p=f11fe75a-7397-412e-9b90-)

[7397-412e-9b90-](https://www.amazon.es/Enchufe-Cargador-R%C3%A1pido-Compatible-Samsung/dp/B0BYK2QPD4/ref=pd_ci_mcx_pspc_dp_d_2_t_1?pd_rd_w=XX1ci&content-id=amzn1.sym.f11fe75a-7397-412e-9b90-7e09bf6f5c14&pf_rd_p=f11fe75a-7397-412e-9b90-)

7e09bf6f5c14&pf\_rd\_r=EY7QMFPMK5CW6RMMNMZ0&pd\_rd\_wg=5qEJ4&pd\_rd\_r=b  
a34627f-8e46-4750-9179-fb0652cbeab0&pd\_rd\_i=B0BYK2QPD4

Estaño para Soldar Electronica, Alambre de Soldadura sin Plomo, Hilo Soldadura con  
Núcleo de Colofonia, Sn99,3 Cu0,7, 30g/0.8mm/1,0mm para Soldadura Eléctrica  
Componentes Electrónica Reparación: Amazon.es: Bricolaje y herramientas. (s. f.).  
[https://www.amazon.es/Electronica-Soldadura-Componentes-Electr%C3%B3nica-Reparaci%C3%B3n/dp/B0CXT5WXL2/ref=asc\\_df\\_B0CXT5WXL2/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699759258954&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=16002877504521521682&hvppone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1005455&hvtargid=pla-2299913538668&pssc=1&mcid=422695f0b8b23753b4a05b8c6ec1f0e6&gad\\_source=1](https://www.amazon.es/Electronica-Soldadura-Componentes-Electr%C3%B3nica-Reparaci%C3%B3n/dp/B0CXT5WXL2/ref=asc_df_B0CXT5WXL2/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699759258954&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=16002877504521521682&hvppone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=1005455&hvtargid=pla-2299913538668&pssc=1&mcid=422695f0b8b23753b4a05b8c6ec1f0e6&gad_source=1)

García, D. G. (2022, octubre 26). Sueldos mínimos en República Dominicana: ¿Cuál sector  
paga menos en 2022? Bloomberg Línea.  
<https://www.bloomberglinea.com/2022/09/05/sueldos-minimos-en-rep-dominicana-cual-sector-paga-menos-en-2022/>

GEL ESTANQUEIDAD BICOMPONENTE | Obramat (Bricomart). (s. f.).  
<https://www.obramat.es/gel-estanqueidad-210-gramos-10318112.html>

Industries, A. (s. f.). Tiny Premium Breadboard.  
<https://www.adafruit.com/product/65>

Interruptor Redondo Basculante ON/OFF 6A Negro | Cable 2 Vías para Coche. (s. f.).  
<https://www.autozoco.com/interruptor-redondo-basculante-con-cable-de-2-vias-onoff-6a-negro>

Jalón Telescópico de Aluminio Geotech 4.6 m—Cotiza en BMP Renta.cl. (s. f.). BMP Renta.  
<https://bmprenta.cl/producto/jalon-telescopico-de-aluminio-geotech-4-6-m/>

Lithium Ion Battery—6Ah—PRT-13856—SparkFun Electronics. (s. f.).  
<https://www.sparkfun.com/products/13856>

MFR-25FTE52-330R. (s. f.). DigiKey Electronics.  
<https://www.digikey.es/es/products/detail/yageo/MFR-25FTE52-330R/9140099>

Panel Mount Cable—USB-C to Micro-B - 30cm. (s. f.).  
<https://www.kiwi-electronics.com/en/panel-mount-cable-usb-c-to-micro-b-30cm-11190>

Radio module eXtra Long Range (XLR). (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/radio-module-extra-long-range/>

Radio module Long Range (LR). (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/radio-module-long-range/>

Raspberry Pi Zero 2 W (Wireless) • RaspberryPi.dk. (s. f.). RaspberryPi.Dk.

<https://raspberrypi.dk/en/product/raspberry-pi-zero-2-w/>

simpleRTK2B Pro. (s. f.). ArduSimple.

<https://www.ardusimple.com/product/simplertk2b-pro/>

Soldadores de Estaño SREMTCH [Upgraded] 60W Kit del Soldador de Temperatura

Ajustable 200-450°C con Interruptor ON/OFF 9 en 1 Kit, 5 Puntas, Alambre de Soldadura 10g y Soporte: Amazon.es: Bricolaje y herramientas. (s. f.).

[https://www.amazon.es/Soldadores-SREMTCH-Temperatura-Ajustable-Interruptor/dp/B09S5V2TW7/ref=asc\\_df\\_B09S5V2TW7/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699804127624&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=16649459584972473227&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005455&hvtargid=pla-1643044990790&mcid=caabf09e652034aeb3be6a8f26592297&gad\\_source=1&th=1](https://www.amazon.es/Soldadores-SREMTCH-Temperatura-Ajustable-Interruptor/dp/B09S5V2TW7/ref=asc_df_B09S5V2TW7/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699804127624&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=16649459584972473227&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005455&hvtargid=pla-1643044990790&mcid=caabf09e652034aeb3be6a8f26592297&gad_source=1&th=1)

SparkFun LiPo Charger/Booster—5V/1A - PRT-14411—SparkFun Electronics. (s. f.).

<https://www.sparkfun.com/products/14411>

Sueldo, salario Operador de impresoras 3d, República... (s. f.). Paylab - Salary survey, Compare salary, Salary data.

[https://www.paylab.com/do/salarios/periodismo-artes-graficas-y-medios-de-comunicacion/operador-de-impresoras-3d?fwd\\_lang=0](https://www.paylab.com/do/salarios/periodismo-artes-graficas-y-medios-de-comunicacion/operador-de-impresoras-3d?fwd_lang=0)

Superglue para plástico 25g—Impermeable, resistente al calor y con cierre de aguja:

Amazon.es: Bricolaje y herramientas. (s. f.).

[https://www.amazon.es/Pegamento-inst%C3%A1ntaneo-l%C3%ADquido-para-pl%C3%A1stico/dp/B09XXZB6DB/ref=asc\\_df\\_B09XXZB6DB/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699767802661&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=16257268699586990287&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005455&hvtargid=pla-](https://www.amazon.es/Pegamento-inst%C3%A1ntaneo-l%C3%ADquido-para-pl%C3%A1stico/dp/B09XXZB6DB/ref=asc_df_B09XXZB6DB/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=699767802661&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=16257268699586990287&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1005455&hvtargid=pla-)

1658672103775&pssc=1&mcid=05e628978b7b3823a42b7b8dd4a0efcb&gad\_source=1

Team (webmaster@reichelt.de), reichelt elektronik G. I. (s. f.). MR 958—Tarjeta de memoria microSDHC de 16 GB, MediaRange Class 10, con. Elektronik und Technik bei reichelt elektronik günstig bestellen.

<https://www.reichelt.com/es/es/tarjeta-de-memoria-microsdhc-de-16-gb-mediange-class-10-con-mr-958-p305475.html>

Tripod for surveying pole. (s. f.). ArduSimple. Recuperado 15 de julio de 2024, de

<https://www.ardusimple.com/product/tripod-for-surveying-pole/>

XB9X-DMRS-001. (s. f.). Digi-Key Electronics.

<https://www.digikey.com/en/products/detail/digi/XB9X-DMRS-001/5972741>

XBP9X-DMRS-001. (s. f.). Digi-Key Electronics.

<https://www.digikey.com/en/products/detail/digi/XBP9X-DMRS-001/5972743>



**/PLANOS**



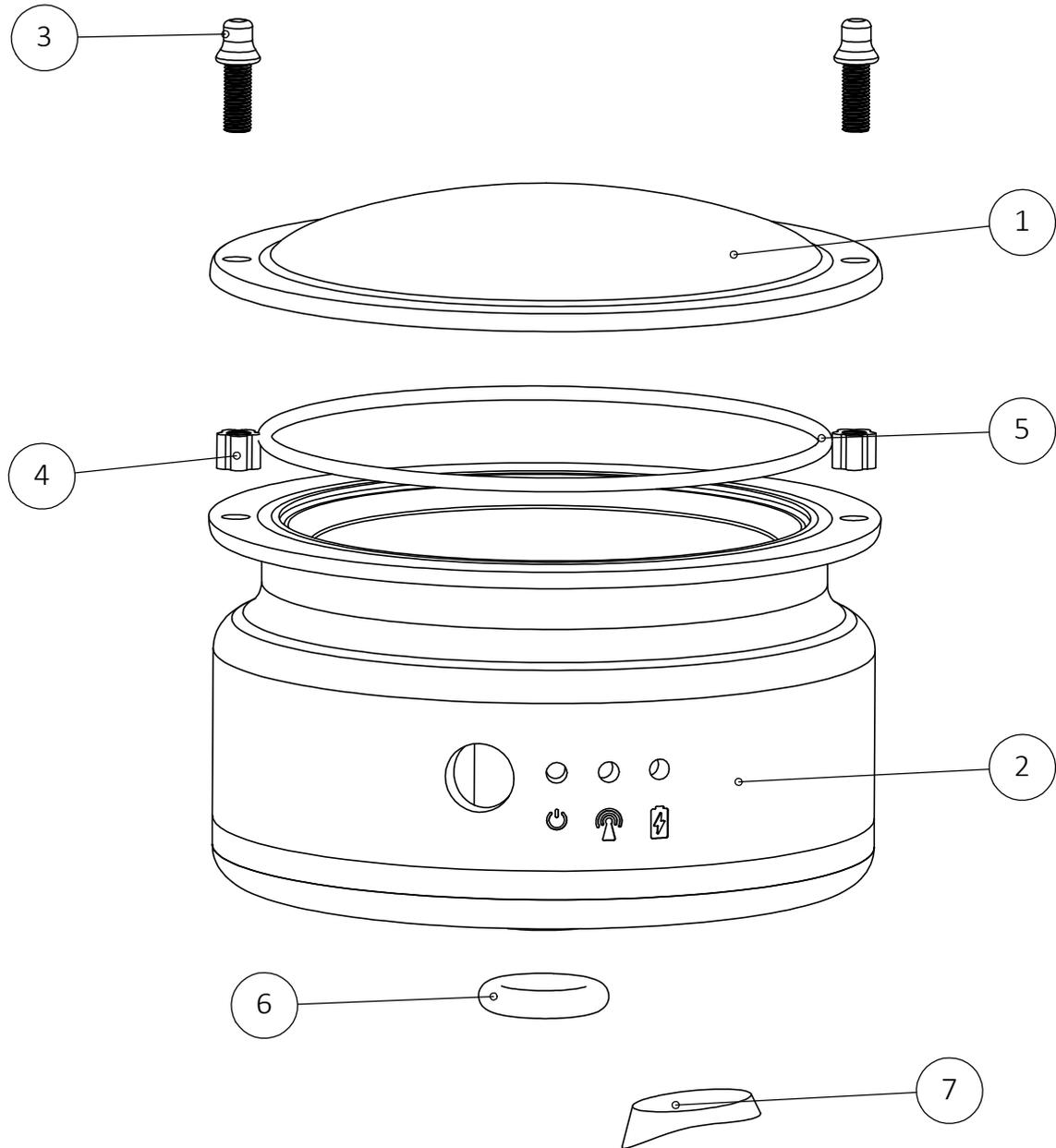
## ÍNDICE

1/ PLANO DE CONJUNTO .....	281
2/ PLANOS DE DESPIECE .....	283



**1/**

# **PLANO DE CONJUNTO**



Nº	Nombre de pieza	Uds.	Material
1	Tapa superior	2	ABS
2	Recipiente inferior	2	ABS
3	Tornillo	4	Resina
4	Tuerca	4	Resina
5	Goma superior	2	Resina
6	Goma inferior	2	Resina
7	Tapón	2	Resina

	Fecha	Nombre
Dibujado	06/2024	Clara Gascón
Comprobado	07/2024	César Iribarren



ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

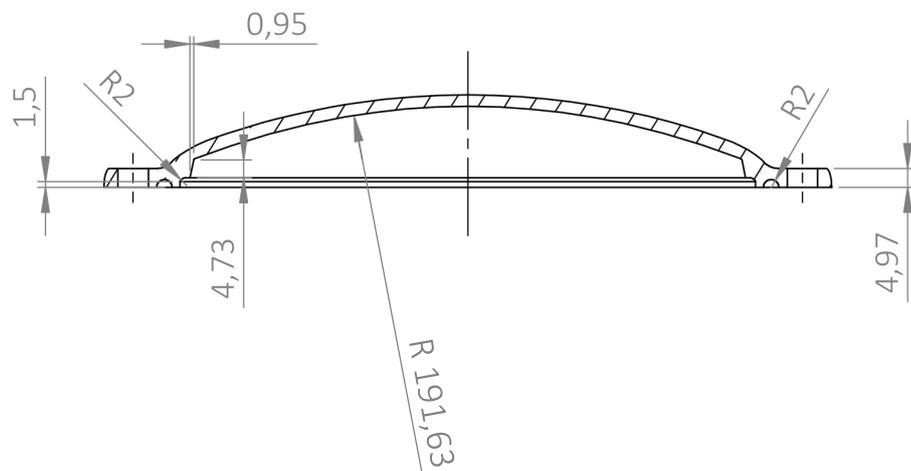
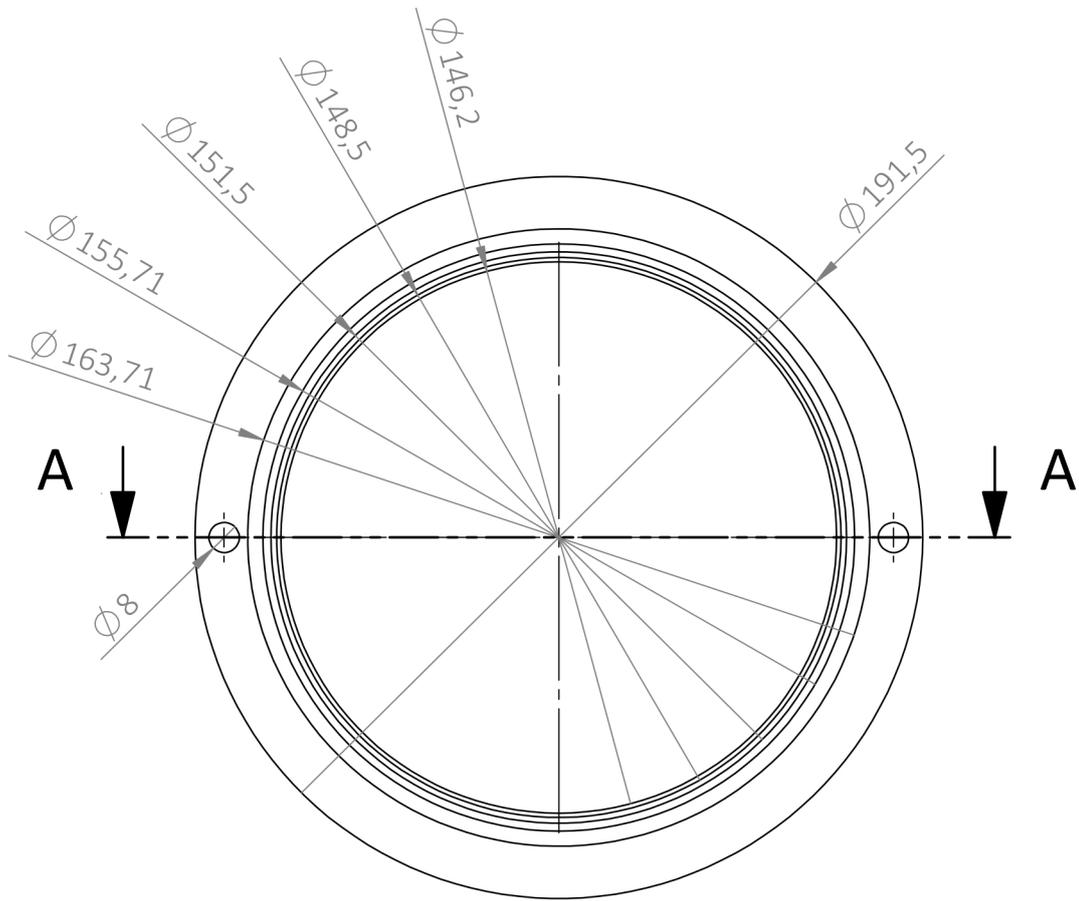
Escala

1:2

Explosionado piezas diseñadas

**2/**

# **PLANOS DE DESPIECE**



SECCIÓN A-A

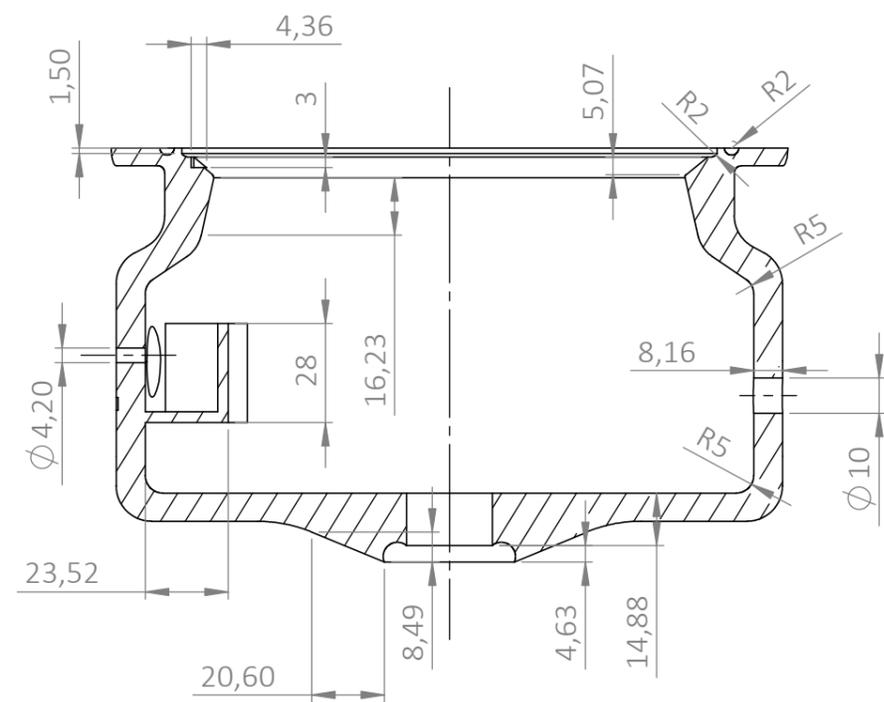
	Fecha	Nombre
Dibujado	06/2024	Clara Gascón
Comprobado	07/2024	César Iribarren
Escala	1:2	
Formato	A4	



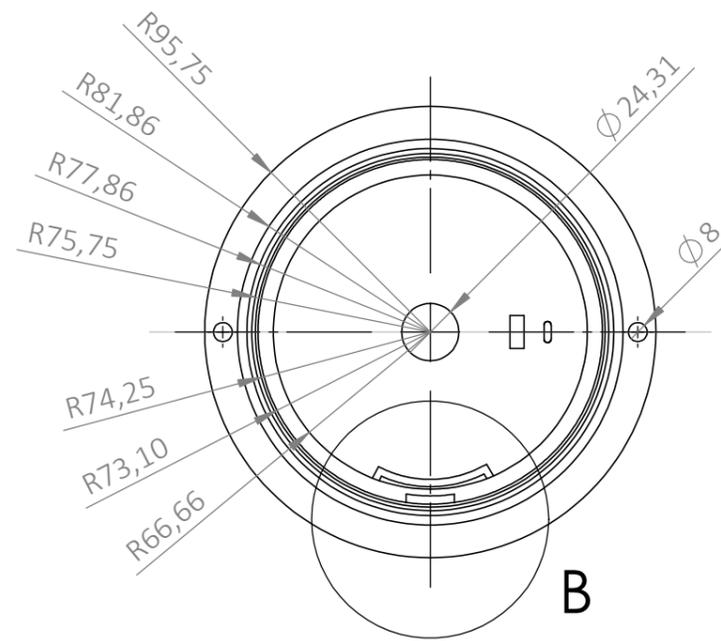
ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

Número: 1
Unidades dimensionales: mm
Material: ABS

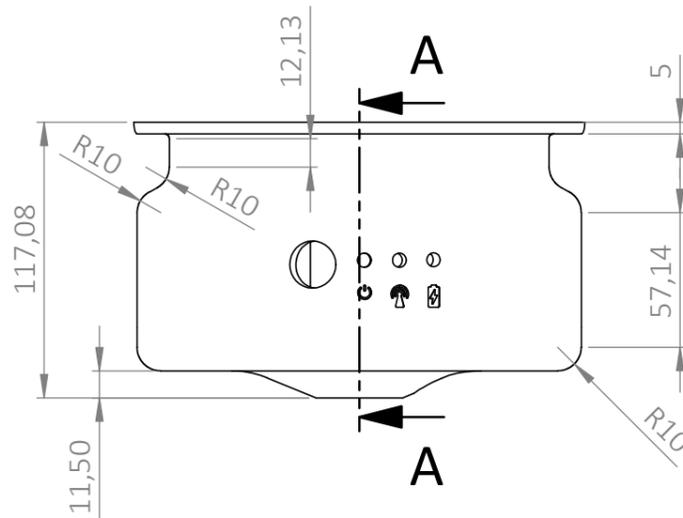
Tapa superior



**SECCIÓN A-A**  
ESCALA 1:2

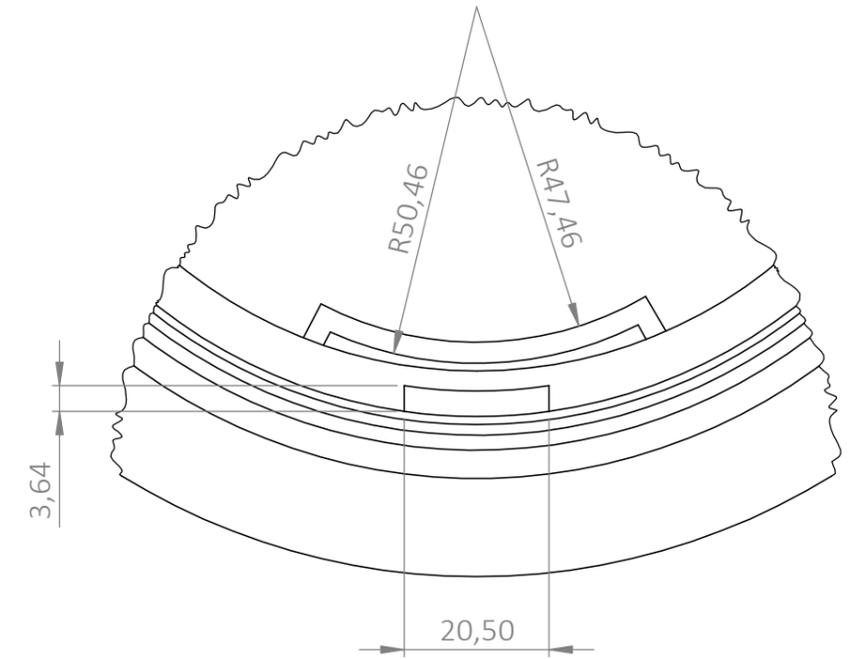
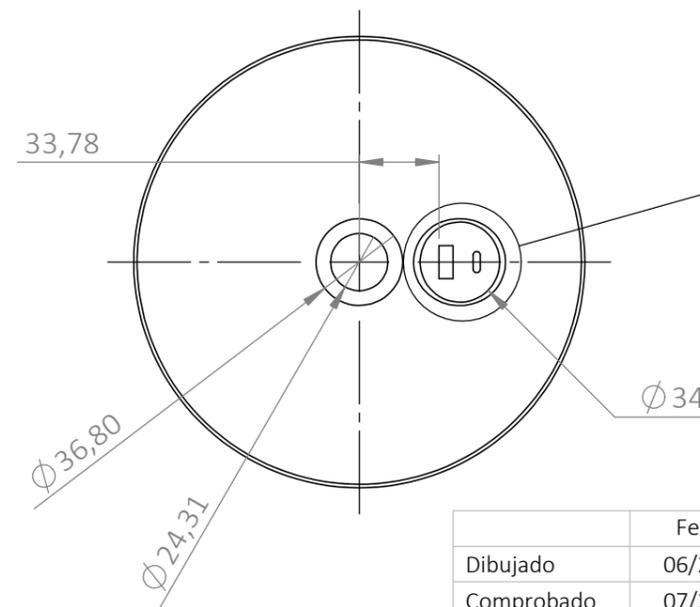


**B**

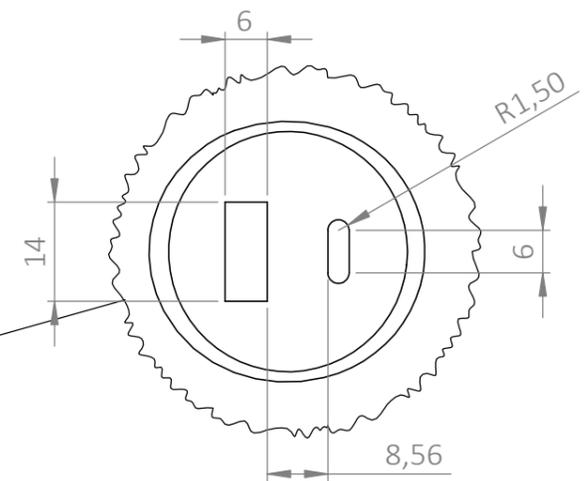


**A**

**A**



**DETALLE B**  
ESCALA 1:1



**DETALLE C**  
ESCALA 1:1

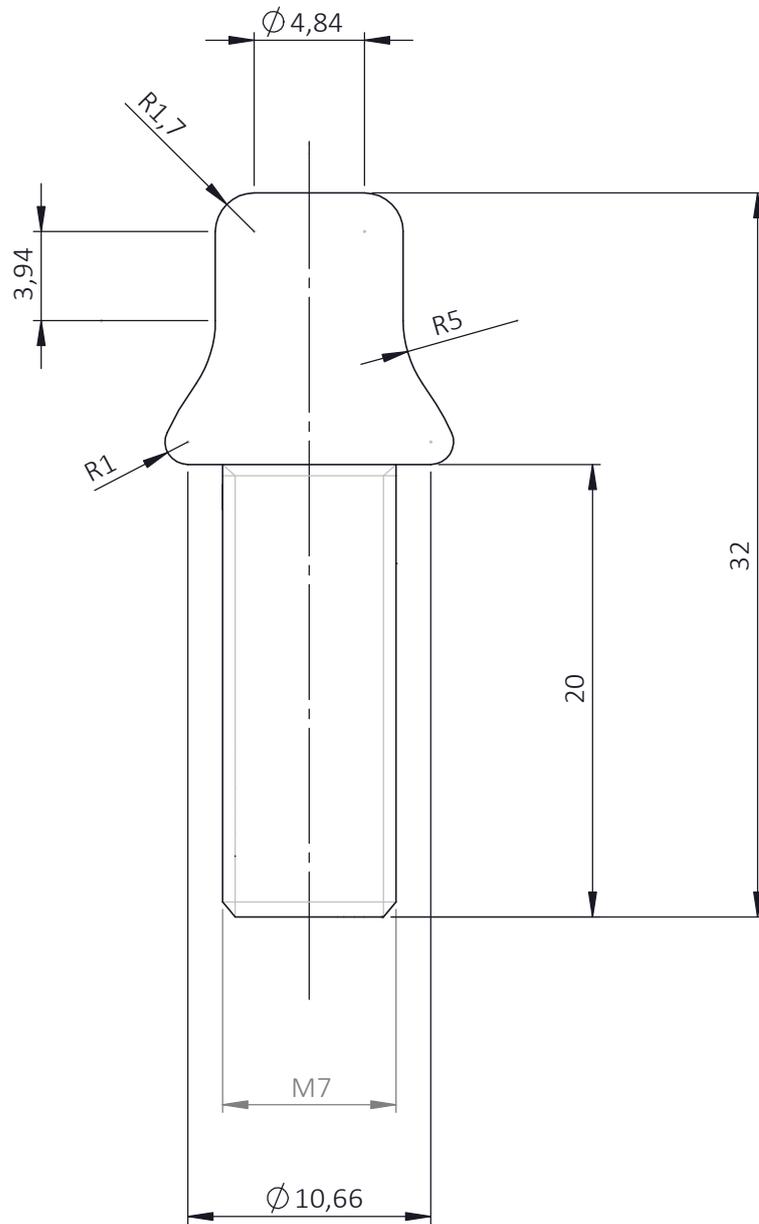
	Fecha	
Dibujado	06/2024	Clara Gascón
Comprobado	07/2024	César Iribarren
Escala	1:3	
Formato	A3	

**Recipiente inferior**

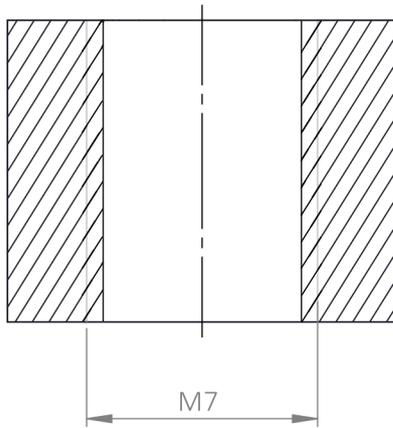


**ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial**

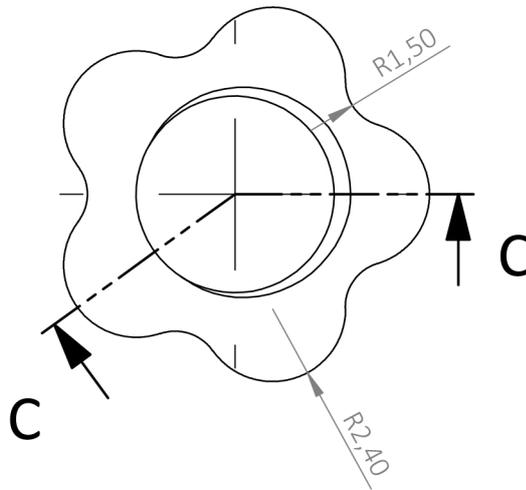
Número: 2  
Unidades dimensionales: mm  
Material: ABS



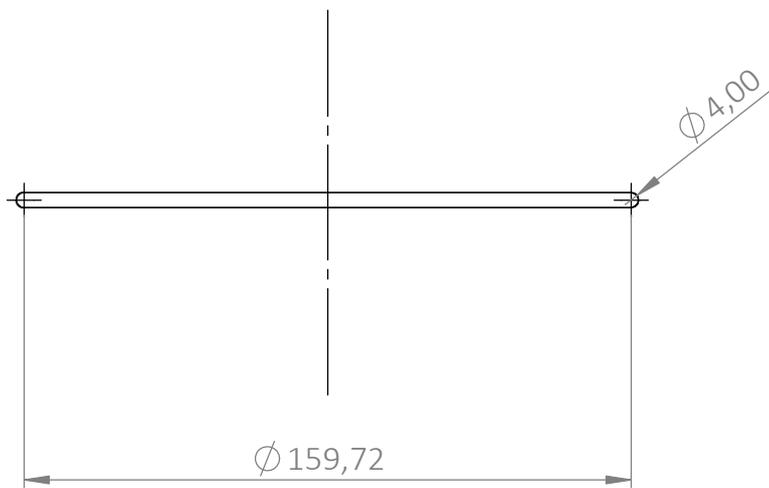
	Fecha	Nombre	 <b>ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial</b>
Dibujado	06/2024	Clara Gascón	
Comprobado	07/2024	César Iribarren	
Escala	<b>3:1</b>	<h1>Tornillo</h1>	Número: 3
Formato	<b>A4</b>		Unidades dimensionales: mm
			Material: Resina



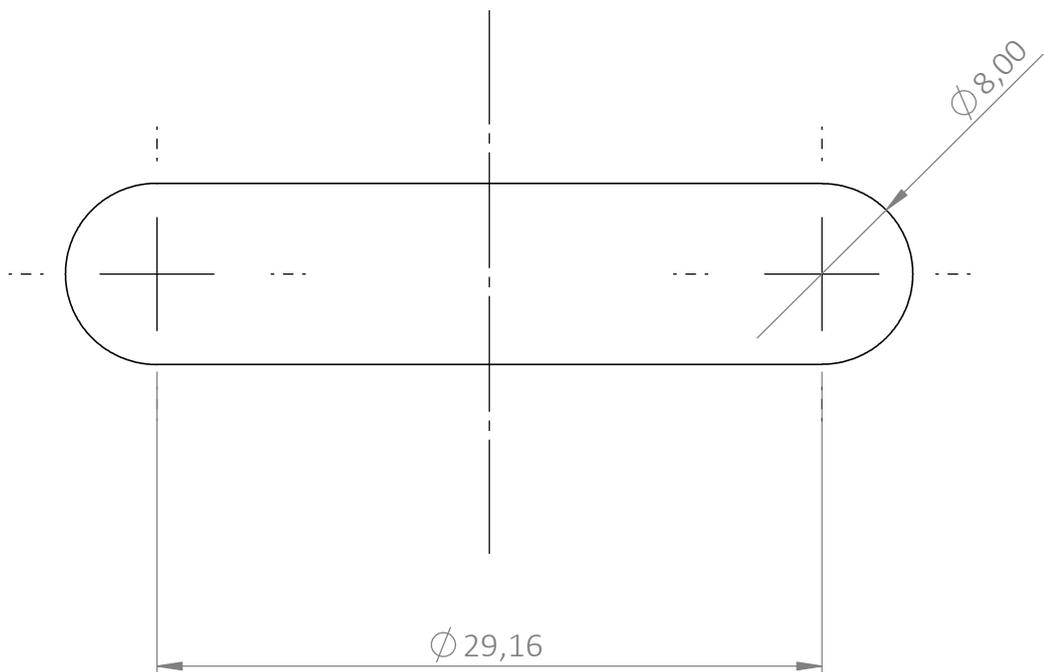
SECCIÓN C-C



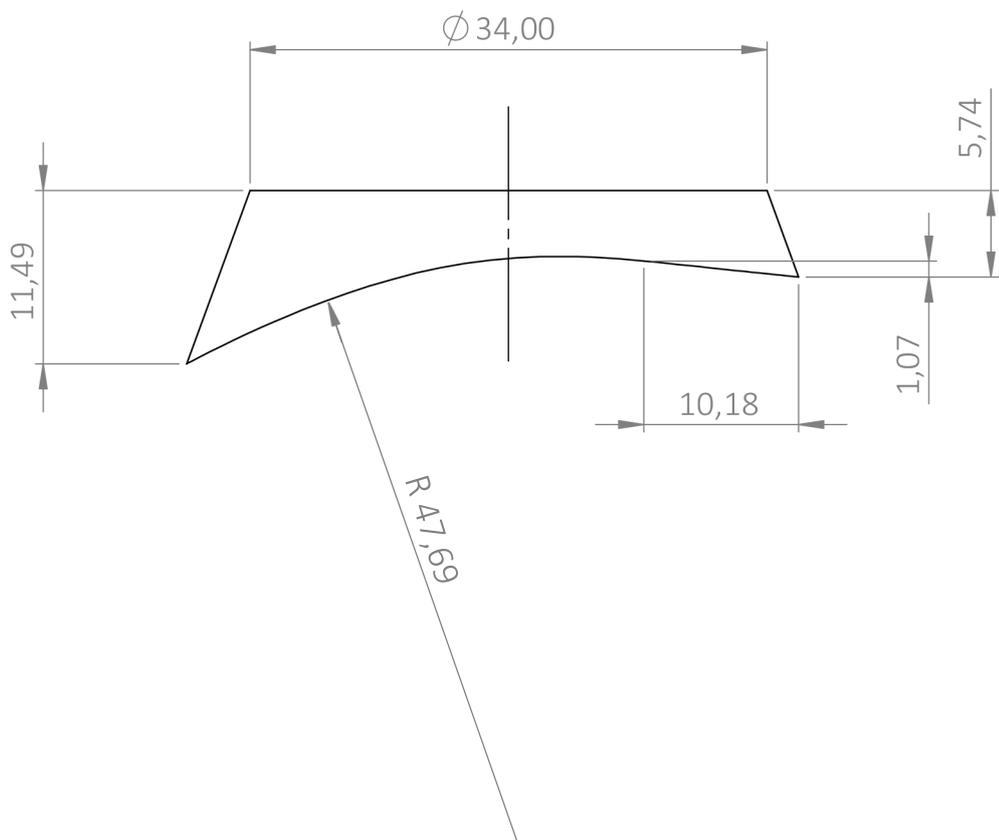
	Fecha	Nombre	 <b>ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial</b>
Dibujado	06/2024	Clara Gascón	
Comprobado	07/2024	César Iribarren	
Escala	4:1	<h1>Tuerca</h1>	Número: 4
Formato	A4		Unidades dimensionales: mm
			Material: Resina



	Fecha	Nombre	 <b>ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial</b>
Dibujado	06/2024	Clara Gascón	
Comprobado	07/2024	César Iribarren	
Escala	<b>1:2</b>	<h1>Goma superior</h1>	
Formato	<b>A4</b>		
			Número: 5
			Unidades dimensionales: mm
			Material: Resina



	Fecha	Nombre	 <b>ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial</b>
Dibujado	06/2024	Clara Gascón	
Comprobado	07/2024	César Iribarren	
Escala	<b>3:1</b>	<h1>Goma inferior</h1>	
Formato	<b>A4</b>		
			Número: 6
			Unidades dimensionales: mm
			Material: Resina



	Fecha	Nombre	 <b>ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial</b>
Dibujado	06/2024	Clara Gascón	
Comprobado	07/2024	César Iribarren	
Escala	2:1	<h1>Tapón</h1>	Número: 7
Formato	A4		Unidades dimensionales: mm
			Material: Resina