

DESARROLLO DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO

AUTOR: PÉREZ ARANDA, ALEJANDRO

TUTOR: BONILLA FERNANDEZ, D. ANTONIO

INSTITUTO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

LAS FUENTEZUELAS

JAÉN

GRADO EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICOS

AÑO 2024

Agradecimientos

“A mi tutor Don Antonio Bonilla Fernández y a Don José Miguel Martínez Belda, como profesor de gestión de proyectos, por haber resuelto mis dudas y haber sido mi guía durante la redacción de mi proyecto.

A mi familia y amigos que han sido un gran apoyo moral, ofreciéndome todo el ánimo, ayuda y cariño para solventar las diversas adversidades en el transcurso de este año.

Finalmente, mis agradecimientos al IES Las Fuentezuelas y en concreto al Departamento de Electrónica, que siempre me han apoyado en todos mis proyectos y me ha ayudado a crecer tanto a nivel personal como profesional.

A todos ellos, gracias.”

ÍNDICE

1. MEMORIA.....	11
1. Antecedentes y orígenes.....	12
2. Objeto del proyecto.....	13
3. Estudios Previos.	14
3.1. Estudios genéricos relativos al diseño de un satélite meteorológico.	14
3.1.1. Satélite Meteorológico: definición y componentes.	14
3.1.2. Satélites meteorológicos: captación de datos.	15
3.1.3. Satélite meteorológico: envío y recepción de datos.....	16
3.1.4. Análisis de condicionantes.	17
3.2. Estudio relativo a su puesta en órbita.....	17
4. Descripción de las necesidades.....	18
4.1. Necesidades estructurales.	18
4.2. Necesidades de captación de datos.	19
4.2.1. Captación de Temperatura.....	19
4.2.2. Captación de rotación y aceleración.	20
4.2.3. Captación de radiación solar.	21
4.2.4. Detección de fuego.	22
4.2.4.1. Protocolo de actuación.	22
4.2.5. Extracción de oxígeno.	23
4.3. Necesidades de alimentación.	24
4.4. Necesidades de comunicación.	24
4.4.1. Características del módulo de comunicación.....	24
4.5. Necesidades del lanzamiento.....	25
4.6. Necesidades de configuración.	26
4.6.1. Modo de configuración.	26
5. Descripción general.....	27
5.1. Características Generales.	28
5.2. Plan de construcción.	28
2. PLANOS.....	31
1. General.....	32
2. Diseño Base.	33
3. Diseño Lateral.....	34
4. Diseño Cubierta.....	35
5. Diseño Tornillería.	36

6.	Diagrama de Bloques.....	37
7.	Esquema Eléctrico: Módulo de Control.....	38
8.	Esquema Eléctrico: Módulo de Sensores.....	39
9.	Esquema Eléctrico: Módulo de Alimentación.....	40
10.	Esquema Eléctrico: Módulo de Recepción.....	41
3.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	44
	Pliego de condiciones generales.....	45
1.	Disposiciones generales.....	45
1.1.	Objeto del proyecto.....	45
Art 1.1.1.	45	
Art 2.1.1.	45	
1.1.1. Régimen Jurídico.....	45	
Art 1.1.2.	45	
Art 2.1.2.	45	
Art 3.1.2.	45	
1.2.	Ejecución del proyecto.....	47
1.2.1.	Ejecución.....	47
Art 1.2.1.	47	
Art 2.2.1.	47	
Art 3.2.1.	47	
1.2.2.	Propiedad de los trabajos realizados.....	47
Art 1.2.2.	47	
Art 2.2.2.	47	
Art 3.2.2.	48	
1.3.	Responsabilidades.....	48
Art. 1.3.	48	
Art. 2.3.	48	
Art. 3.3.	48	
	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	49
2.	Disposiciones generales.....	49
2.1.	Plataforma de desarrollo.....	49
2.1.1.	Arduino.....	49
2.1.1.1.	Características de Arduino.....	49
2.1.1.1.1.	Arduino IDE.....	50
2.2.	Condicionamiento del sistema de captación.....	50
2.2.1.	Características del sistema de captación.....	50

2.2.1.1. Módulo de Comunicación.....	51
2.2.1.1.1. Configuración del módulo de comunicación LoRa E32-900T30d receptor.	51
2.2.1.1.2. Interfaz USB-TTL.....	52
2.3. Condicionantes del sistema emisor meteorológico.....	52
2.3.1. Características del sistema emisor meteorológico.....	53
2.3.1.1. Módulo de comunicación.....	53
2.3.1.1.1. Características del módulo de comunicación.	53
2.3.1.1.2. Configuración del módulo de comunicación LoRa E32-900T30d receptor.	53
2.3.1.2. Sensor de Temperatura.....	54
2.3.1.2.1. Características del sensor de temperatura.	54
2.3.1.2.2. Configuración de los sensores de temperatura.	55
2.3.1.3. Sensor control de orientación.....	55
2.3.1.3.1. Características del módulo de control de orientación.	56
2.3.1.3.2. Configuración del módulo de control de orientación.	56
2.3.1.4. Sensor detector de cantidad lumínica.	56
2.3.1.4.1. Características del sensor detector de cantidad lumínica.	57
2.3.1.4.2. Configuración del sensor detector de cantidad lumínica.	57
2.3.1.5. Sensor detector de fuego.....	58
2.3.1.5.1. Características del sensor detector de fuego.....	58
2.3.1.5.2. Configuración del sensor detector de fuego.....	58
2.3.1.6. Plan de actuación.	59
2.3.1.6.1. Actuadores en el módulo del sistema emisor meteorológico.	59
2.3.1.7. Leds indicadores de error.....	59
2.3.1.7.1. Características de los leds.	60
2.3.1.7.2. Configuración de los leds.	60
2.3.1.8. Ventilador.....	60
2.3.1.8.1. Características del ventilador.....	60
2.3.1.8.2. Configuración del ventilador.....	61
2.3.2. Características del sistema de alimentación.....	61
2.3.2.1. Características de los paneles fotovoltaicos.	61
2.3.2.2. Características de las baterías LiPo.	61
2.3.2.3. Características del módulo TP4056.....	62
2.3.2.3.1. Conexionado del sistema de alimentación.	62
2.4. Condicionantes del sistema de cableado.....	63

2.4.1. Características del cableado de cobre	63
2.4.2. Asignación de colores al cableado	64
2.5. Condicionantes estructurales.....	65
2.5.1. Características del aluminio espacial	65
2.5.2. Características del Ácido Poliláctico (PLA).	66
2.6. Condicionantes del montaje.	66
2.6.1. Montaje estructural.	67
2.6.2. Cargado del software.	67
2.7. Otros condicionantes a tener en cuenta.....	67
2.7.1. Tubo termo retráctil.....	68
2.7.2. Soldadura.	68
2.7.3. Elemento de sujeción y anclaje.....	68
2.7.3.1. Pegamento, resinas y puntos de unión.....	68
2.7.3.2. Tornillería.	68
2.7.3.3. Instrumentación.....	68
2.7.3.4. Órbita y altitud.	69
4. PRESUPUESTO	72
1. Cuadro de Descompuestos.	74
2. Presupuesto y Mediciones.	80
3. Resumen de Presupuesto.....	84
5. ANEXOS	86
ANEXO I: EL SATÉLITE Y SU PUESTA EN ÓRBITA.....	89
ANEXO II: ONDAS DE TELECOMUNICACIONES.....	103
ANEXO III: PROGRAMACIÓN BASADA EN ARDUINO	113
ANEXO IV: MANUAL DE MONTAJE.....	131
6. Bibliografía:	148
 Figura 1: PARTES DE UN SATÉLITE.....	14
Figura 2: SISTEMA TDRS	16
Figura 3: CONEXIONADO DHT11	19
Figura 4: CONEXIONADO MPU6050.....	20
Figura 5: RADIACIÓN SOLAR.....	21
Figura 6: CONEXIONADO LDR.....	21
Figura 7: CONEXIONADO LDR PLIEGO	57
Figura 8: CONEXIONADO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	62

Resumen.

La evolución de la tecnología, especialmente en el ámbito de las telecomunicaciones, ha experimentado un progreso significativo a lo largo de las décadas. Desde los primeros días de la comunicación por cable hasta la actualidad, donde la conectividad inalámbrica y los satélites desempeñan un papel crucial, hemos presenciado una transformación radical.

En particular, los satélites han revolucionado las telecomunicaciones al permitir la transmisión de datos a larga distancia de manera eficiente. Estos dispositivos en órbita han mejorado la conectividad global, posibilitando la comunicación instantánea, el acceso a la información y el desarrollo de tecnologías emergentes como el Internet de las cosas (IoT).

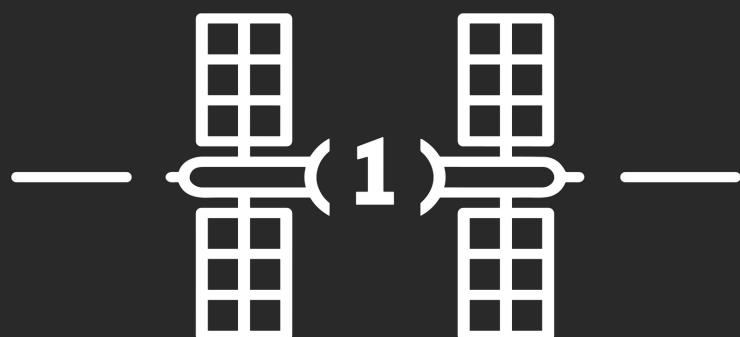
En este contexto, los CubeSats han emergido como una innovación clave. Estas pequeñas y económicas plataformas satelitales están ganando popularidad debido a su tamaño reducido y costos accesibles. Aunque inicialmente diseñados para fines educativos y de investigación, los CubeSats están encontrando aplicaciones prácticas en áreas como la observación de la Tierra, la monitorización del clima y la experimentación tecnológica.

La importancia de fomentar la creación de CubeSats radica en su capacidad para democratizar el acceso al espacio. Al alentar a la gente a participar en la construcción y lanzamiento de estos pequeños satélites, se promueve la innovación y la participación ciudadana en el espacio. Esto no solo impulsa la investigación y el desarrollo tecnológico, sino que también crea oportunidades para la educación y la colaboración internacional.

En resumen, la evolución de la tecnología en las telecomunicaciones, respaldada por el uso de satélites, ha transformado la forma en que nos conectamos a nivel global. La adopción creciente de CubeSats destaca una nueva fase en la exploración espacial, abriendo puertas para la participación de la comunidad y subrayando la importancia de inspirar a las personas a contribuir activamente a esta emocionante frontera tecnológica.

ARDU-SAT

MEMORIA



1. Antecedentes y orígenes.

En la época actual, en la que se está en un cambio constante y en el que la carrera espacial está sentando precedentes, todas las naciones quieren llegar al espacio, así como entidades privadas. Y, es por ello, que nace la “moda” de los CubeSats, en la cual se estudian y se desarrollan satélites de bajo costo y bajo tamaño.

Los CubeSats son una forma específica de satélites pequeños estandarizados. Su origen se remonta a principios de la década de 2000 en la Universidad de California, PolySat, junto con la Universidad de Stanford. El primer CubeSat fue lanzado en 2003. La idea principal detrás de los CubeSats era hacer la exploración espacial más accesible para instituciones académicas y pequeñas empresas al estandarizar el diseño y reducir los costos.

Un CubeSat es un pequeño satélite cúbico con dimensiones estándar de 10x10x10 centímetros y un peso de no más de 1 kilogramo. Pueden ser agrupados para formar configuraciones más grandes según las necesidades del proyecto. A pesar de su tamaño reducido, los CubeSats han demostrado ser útiles para misiones científicas, educativas y tecnológicas.

La popularidad de los CubeSats ha crecido significativamente debido a su relativo bajo costo y a la oportunidad que brindan a organizaciones más pequeñas de participar en actividades espaciales. Su flexibilidad y capacidad para aprovechar lanzamientos compartidos han contribuido a su adopción generalizada en la comunidad espacial.

2. Objeto del proyecto.

Este proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un diseño de un CubeSats, satélite meteorológico de bajo costo de fabricación y mantenimiento, permitiendo este, el estudio de diferentes datos atmosféricos de las diferentes fases de la atmósfera, allá por donde pase este.

Obteniendo estos valores para un estudio científico posterior, y poder comprender el funcionamiento y comportamiento de los diferentes agentes atmosféricos que nos rodean.

Además, uno de los objetivos, es el desarrollo de un producto educativo, por el cual se pretende, que durante la fabricación, construcción y programación del mismo se aprenda, se adquiera conocimiento científico, así como el aprendizaje del desarrollo estructural mediante impresión 3D, viendo el comportamiento del mismo en el espacio.

En definitiva, los objetivos de este producto es la accesibilidad a la construcción de un satélite meteorológico, un CubeSats, así como a la adquisición de conocimiento de programación y científico, siendo un producto económico y educativo.

3. Estudios Previos.

3.1. Estudios genéricos relativos al diseño de un satélite meteorológico.

3.1.1. Satélite Meteorológico: definición y componentes.

Un satélite puede adquirir dos definiciones principales, siendo este un cuerpo opaco que solo brilla por la luz reflejada del sol y gira alrededor de un planeta, o bien, un vehículo espacial, tripulado o no, que se coloca en órbita alrededor de la Tierra o de otro astro, y que lleva aparatos apropiados para recoger información y transmitirla. Adquiriendo el término Satélite Artificial.

Un satélite meteorológico, comparte componentes principales, con un satélite de otro tipo, como pueden ser los de telecomunicaciones; dicho satélite está compuesto por los siguientes componentes (Fig.1): módulo de comunicaciones, módulo de alimentación, módulo de sensores, módulo de refrigeración y el módulo estructural.

- **Módulo de comunicaciones:** compuesto principalmente por la antena emisora y la antena receptora de datos, en este caso, un módulo de conmutación de comunicación, permitiendo la emisión y recepción de la señal por una misma antena.
- **Módulo de alimentación:** formado por dos baterías LiPo, un sistema de carga en caso de carga necesaria en tierra y paneles de alimentación solar, para la obtención de alimentación ininterrumpida.
- **Módulo de sensores:** compuesto por todos los componentes encargados de la recolección de datos, como pueden ser sensores de temperatura, sensores de aire, fuego, y un largo etcétera, pudiendo variar estos según la función final.
- **Módulo de refrigeración:** compuesto por un ventilador actuador en el momento del alcance de temperatura máximo fijado en el interior de la cubierta, estando cerrado herméticamente y aplicando un sistema de refrigeración mediante una placa de frío.
- **Módulo estructural:** conformado por la estructura diseñada en 3D, ajustándose a la normativa

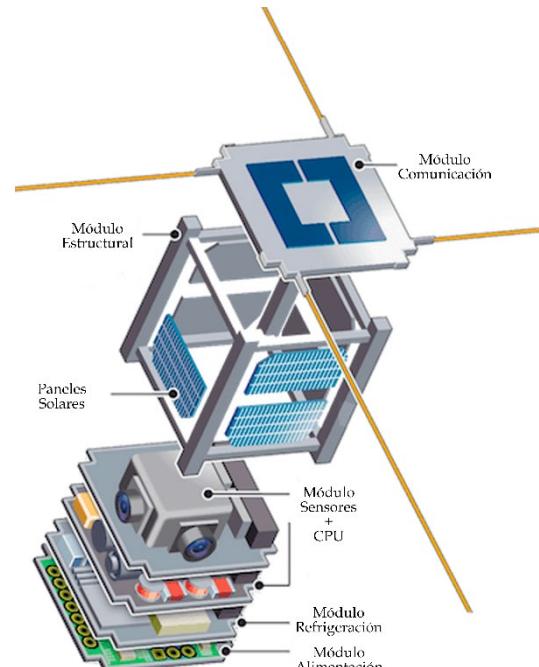


Figura 1: PARTES DE UN SATÉLITE

3.1.2. Satélites meteorológicos: captación de datos.

Los satélites meteorológicos están equipados con una serie de sensores que capturan datos sobre la Tierra y la atmósfera, así como del entorno que los rodea. Algunos de los sensores más comunes incluyen:

- **Imagen de satélite:** Cámaras que capturan imágenes visibles e infrarrojas de la Tierra. Estas imágenes permiten visualizar nubes, patrones climáticos, temperaturas de la superficie y otros fenómenos visibles desde el espacio.
- **Radiómetros:** estos permiten detectar la radiación electromagnética en diferentes longitudes de onda, lo que ayuda a medir la temperatura de la superficie, la cobertura de nubes y otros datos relacionados con la energía radiante.
- **Radares:** emiten pulsos microondas y miden la energía reflejada para crear imágenes de la precipitación, lo que es esencial para prever lluvias, tormentas y otros eventos climáticos relacionados con el agua.
- **Radiómetros de microondas:** a diferencia de los radiómetros, estos son exclusivos para detectar la radiación de microondas emitida por la Tierra y la atmósfera, lo que permite medir la humedad atmosférica y la temperatura de diferentes altitudes.
- **Espectrómetros:** encargados de analizar la luz solar reflejada y emitida por la Tierra para determinar la composición química de la atmósfera y la superficie terrestre.
- **Otros sensores:** en este apartado, nos encontramos acelerómetros, módulos de posicionamiento y diversos sensores encargados del control y seguridad del propio sistema y del módulo estructural completo.

3.1.3. Satélite meteorológico: envío y recepción de datos.

Los datos son captados por los diversos sensores y sistemas de captación, como se han indicado en el punto 4.1.2., estos son procesados por la unidad central de control y una vez que se encuentran procesados, estos son enviados a la Tierra a través de señales de radio o microondas. Las estaciones terrestres reciben los datos para su posterior análisis.

Otro método de transmisión de datos, es utilizando el sistema Tracking and Data Relay Satellite System, o como es conocido, sistema TDRS. Este está conformado por una gran cantidad de satélites de seguimiento y retransmisión de datos, que se lanzaron en la de los 80 y los 90, y que actualmente utiliza la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, del español, NASA; para la disponibilidad del uso de internet por parte de la Estación Espacial Internacional (ISS).

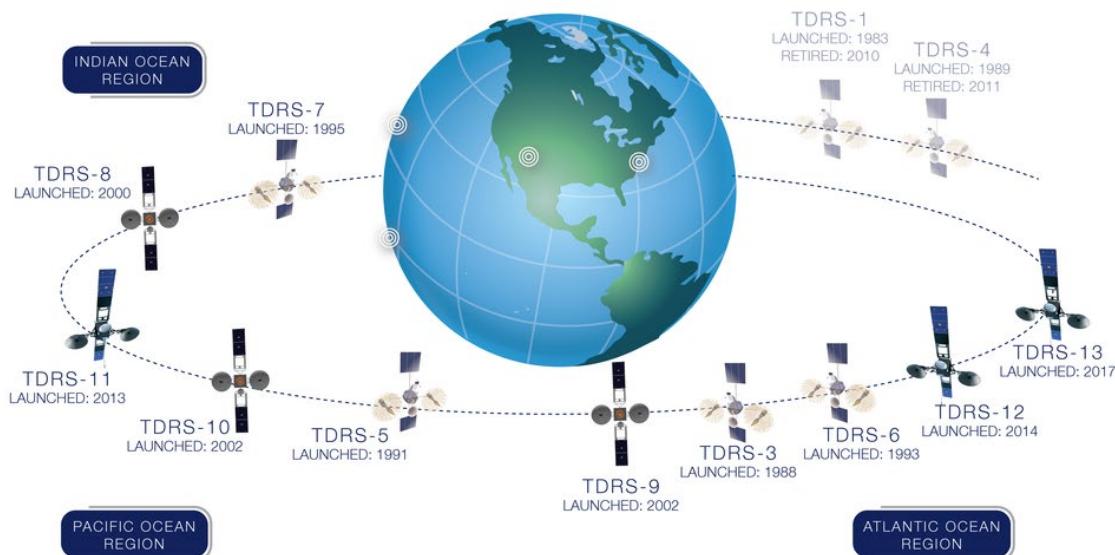


Figura 2: SISTEMA TDRS

Por consiguiente, para minimizar costes, y uno de los mayores costos de este proyecto, es el módulo de transmisión de datos, se utilizará un módulo de transmisión de datos de menor alcance, más económico, que conectará con este sistema TDRS en una órbita más baja, permitiendo así amplificar el nivel de salida y de datos por parte de nuestro satélite utilizando los recursos existentes en el espacio y en las comunicaciones.

3.1.4. Análisis de condicionantes.

Los condicionantes son características del diseño que no dependen de los objetivos del proyecto o de las necesidades del usuario, si no que vienen dados de forma inmediata por la definición del proyecto.

En el proyecto de la construcción de un satélite meteorológico se establecen los siguientes condicionantes:

- **Presupuesto:** al igual que en cualquier proyecto, la parte económica es la más importante para su desarrollo, en este caso, el presupuesto definirá la cantidad de sensores, así como el tamaño y el funcionamiento de dicho satélite.
- **Tamaño y peso:** este proyecto se rige mediante la fabricación mediante la denominación "U", siendo este un valor de "10 X 10 X 10 cm". Este debe de ajustarse a los estándares para evitar compatibilidad con los lanzadores. Cuanto mayor número de "U" posea, más costoso será este, lo que llevará consigo un aumento del peso, un aumento de la carga útil y un aumento de tecnología.
- **Licencias y regulaciones:** la construcción de un satélite meteorológico puede estar sujeta a regulaciones y restricciones gubernamentales y pueden requerir de licencias específicas.

3.2. Estudio relativo a su puesta en órbita.

En relación a los estudios relativos para su puesta en órbita, no es necesario la realización de ningún modelo de lanzamiento, ya que este irá en una etapa modular de lanzadores en la cual se encuentre diversos CubeSats, haciendo que dicha misión espacial salga de manera más económica.

En caso de querer realizar una etapa de potencia y añadirla al este proyecto, requiriendo de una estructura de 2U o 4U, se dejan las fórmulas necesarias para su peso, velocidad de escape y otros parámetros para su puesta en órbita en el Anexo II.

En el caso de este proyecto, esto no es necesario, ya que se encargará una empresa aeronáutica externa, encargada de misiones espaciales en relación a CubeSats.

4. Descripción de las necesidades.

A continuación, se nombrarán y se definirán aquellas necesidades de las cuales está compuesta la construcción y desarrollo de dicho satélite, desde la base, siendo estas medias, composiciones, etc...., hasta la estructura interna de sensores y configuración de los mismos.

4.1. Necesidades estructurales.

Para realizar la base, el elemento sólido, por el cual estarán protegidos todos los elementos internos, y este, estará expuesto al exterior en su totalidad, deben de tenerse en cuenta varios factores, como son:

- Temperatura y Humedad exterior.
- Presión Atmosférica.
- Exposición a partículas de radiactivas.

Es por ello, que uno de los materiales más utilizados en la industria aeronáutica es el aluminio espacial, pero este es de coste elevado, y es por ello que optaremos por una fabricación de dicho satélite en Ácido Polilactico, o como es comúnmente conocido, PLA.

Así es, estará fabricado mediante una impresora 3D, permitiéndonos así estudiar el comportamiento del mismo en el espacio, y, a su vez, estaremos recopilando datos meteorológicos, junto a un ahorro considerativo debido a la sustitución de estos materiales.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que es un satélite Cubesat, por lo que este debe de ajustarse a unas normativas y a unas medidas preestablecidas, siendo estas medidas de 10x10x10 centímetros, formando un cubo perfecto, el cual se adapta a módulos de lanzamiento prefabricados. Esto se ajusta a la normativa **ESA PSS-01-212**, por la que se regulan los CubeSats.

Atendiendo a estas necesidades, se opta por la colocación de una placa de desarrollo Arduino Uno, ya que esta se adapta a las medidas para su correcta inserción, así como a un número de entradas y salidas dentro del rango permitido para la elaboración y desarrollo del proyecto.

4.2. Necesidades de captación de datos.

A la hora de la recepción de datos, en el mercado existen multitud de elementos y sensores que se encargan de estas funciones, unos con más precisión que otros, otros que tienen un coste más elevado, pero siempre tienen en común una cosa, y la recepción y medición de datos. Y es por ello, que es muy importante saber escoger el tipo y modelo de sensor.

Tras el estudio de diversos sensores en el mercado, he optado por los indicados a continuación debido a que los he empleado en proyectos anteriores y me han dado resultados muy buenos, asimismo, he probado otros sensores, los cuales he salido descontento con su uso, por lo que me quedo con los siguientes:

4.2.1. Captación de Temperatura.

Para la recogida de datos de temperatura, se ha optado por un sensor de temperatura y humedad DHT11, se podía haber optado por un sensor DHT22, pero este incrementaba el precio del proyecto y la variación de datos que ofrecía era mínima, siendo esta de tan solo 2 décimas tanto en humedad relativa como en temperatura.

Este sensor DHT11, tiene las siguientes características:

Voltaje de Operación:	Rango de medición de temperatura:
3V – 5V DC	-10 a 50 °C
Precisión de medición de temperatura:	Resolución de Temperatura:
+/- 2.0 °C	0.1 °C
Rango de medición de humedad:	Precisión de medición de humedad:
20% a 90%	4% RH
Resolución Humedad:	Tiempo de sensado:
1% RH	2 seg

Este sensor DHT11, posee tres pines de conexionado, uno que conecta el voltaje positivo, otro que tiene un conexionado a tierra y finalmente el conexionado de datos, siendo este una entrada digital al Arduino Uno R3.

A continuación, se muestra el esquema de conexionado:

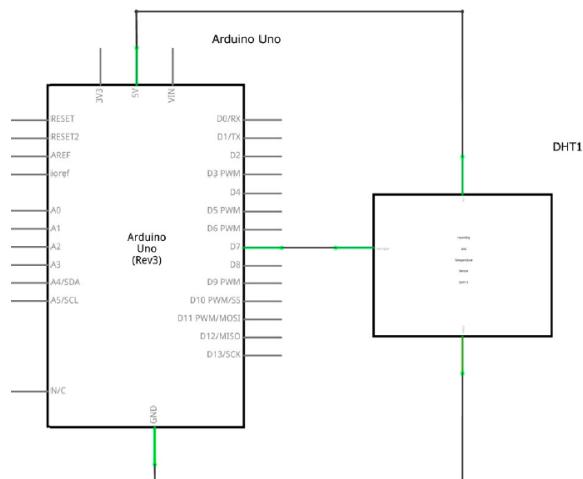


Figura 3: CONEXIONADO DHT11

4.2.2. Captación de rotación y aceleración.

Recibir datos acerca de la rotación y la aceleración a la que es sometida dicho satélite, son valores numéricos importantes, debido a que estos nos permitirán calcular la posición en la que se encuentra, su ángulo de desfase en relación a su posición inicial, y multitud de datos los cuales permiten un gran estudio.

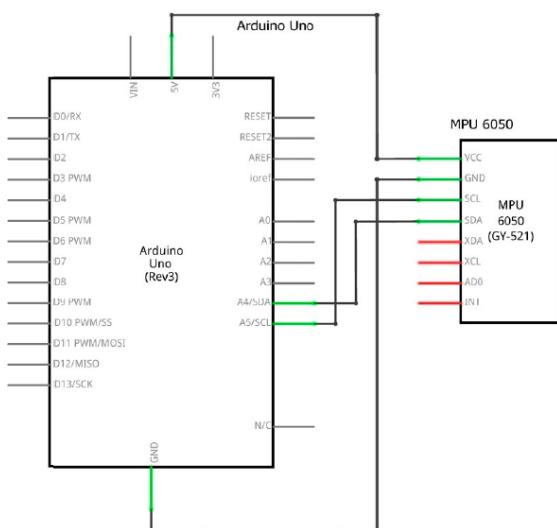
A diferencia de otros sensores, el sensor empleado, MPU-6050, nos permite obtener ambos datos a partir de un solo sensor, ya que otros simplemente miden uno de los valores, siendo por supuesto más fiables y precisos. Debido al elevado coste de estos y a la falta de puertos en la placa de desarrollo, se opta por esta fácil solución.

Dicho sensor, MPU-6050, incorpora las siguientes características:

Voltaje de Alimentación:	Grados de libertad:
3V – 5V DC	6 (3 acelerómetro + 3 giroscopio)
Rango acelerómetro (medida ajustable):	Sensibilidad del giroscopio:
(+-)2g, (++)4g, (++)8g y (++)16g	131 LSBs/dps
Rango giroscopio (medida ajustable):	Interfaz:
(+-)250 dps, (++)500 dps, (++) 1000 dps y (++)2000 dps	I2C

Del mismo modo, este módulo tiene el siguiente conexionado, el cual debe de seguirse para su correcto funcionamiento:

Pin sensor MPU-6050	Pin Arduino-Uno-R3
VCC	3.3V DC
GND	GND
SDA	A4
SCL	A5



Esquema de conexionado a continuación, hay que tener en cuenta que, para la correcta comunicación, el conexionado A4 y A5 tienen que ir a sus correspondientes uniones, siendo SDA y SCL en ese orden, mostrado en la tabla anterior.

Figura 4: CONEXIONADO MPU6050

4.2.3. Captación de radiación solar.

Solo una fracción de la potencia total emitida por el sol incide sobre un objeto en el espacio, que se encuentra a cierta distancia del sol. La radiación solar es la densidad de potencia incidente en un objeto debido a la iluminación del sol.

Para calcular la intensidad de la radiación solar H_0 , medida en W/m^2 , es:

$$H_0 = \frac{R_{\text{sol}}^2}{D^2}$$

Donde:

- H_{sol} es la densidad de potencia en la superficie del Sol.
- R_{sol} es el radio del sol en metros.
- D es la distancia desde el sol en metros.

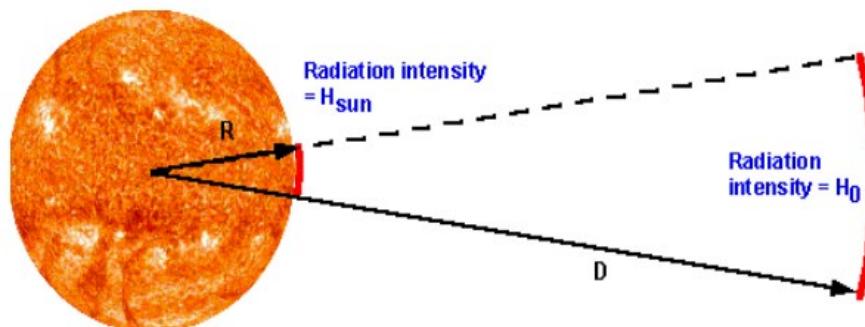
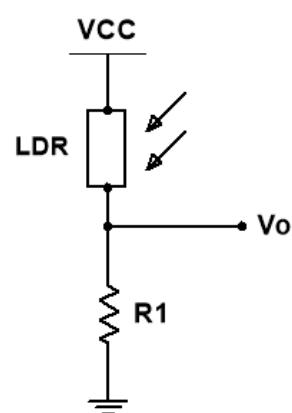


Figura 5: RADIACIÓN SOLAR

Para ello, utilizaremos los medidores de luz LDR, siendo esta una fotorresistencia encargada de medir la luz solar radiada, aplicando este componente analógico, instalaremos dos de ellos en nuestro satélite, permitiéndonos realizar un valor medio de la cantidad solar a la que está expuesto. Quedando de la siguiente manera:

Pin Fotorresistencia LDR:	Pin Arduino-Uno-R3:
Conexionado mostrado a continuación	A0
Conexionado mostrado a continuación	A1



Pero esta fotorresistencia, al ser un componente electrónico analógico, requiere de un conexionado especial, mostrando a continuación esquema de conexión y cableado de conexión.

Sensor Detector Luz		
Patilla Izquierda	Verde	-
Patilla Derecha	Rojo	+
Patilla Resistencia	Amarillo	Analog (0)
Patilla Izquierda	Verde	-
Patilla Derecha	Rojo	+
Patilla Resistencia	Amarillo	Analog (1)

Figura 6: CONEXIONADO LDR

4.2.4. Detección de fuego.

Un sobrecalentamiento, un pequeño cortocircuito o una rotura de conexionado dentro del satélite, puede provocar un incendio en su interior, y este a su vez, provocar daños mayores.

Es por ello que se instala el módulo de detección de fuego, para que, en el momento de producirse una llama, este salte y active el protocolo de actuación, previamente configurado.

El módulo de detección de llama, detecta la radiación que envía la llama, el fotoeléctrico convierte la señal de intensidad radiante de la llama en una señal de tensión y esta se procesará en el microcontrolador.

El sensor de detección de llama que vamos a emplear posee los parámetros técnicos:

Voltaje Operacional:	Rango de Detección:
3.3V – 5V DC	60 grados
Salidas:	Chip:
Digital / Analógica (más común)	LM393
Sensibilidad:	Respuesta:
Ajustable	Rápida
Distancia de sensado:	
50 cm	

Por consiguiente, queda conexionado de la siguiente manera:

<i>Sensor Detector Llama</i>		
Vcc	Rojo	+
GND	Verde	-
Pin Datos	Amarillo	Analog (2)

4.2.4.1. Protocolo de actuación.

El protocolo de actuación consiste en la realización de una serie de medidas de contingencia para evitar la expansión del posible fuego provocado en el interior del satélite, para ello, se configurará de manera automática que si salta el FIRE, se activará una ventilación forzada para extraer todo el oxígeno posible de dicho satélite, ahogando así al fuego, del mismo modo se apagará la unidad central hasta que se dé por extinguido el fuego, reiniciando el sistema y realizando una evaluación de daños.

El conexionado del ventilador extractor se mostrarán en el apartado 4.2.5.

4.2.5. Extracción de oxígeno.

Para que un incendio sea efectivo, o algo comience a arder, se necesitan de dos factores fundamentales como son un elemento que produzca una reacción capaz de dar energía, en forma de calor, y oxígeno. Y, es por ello, que, si a este le eliminamos el oxígeno, dicho fuego comenzará a apagarse por falta de combustible.

Para aplicar esta teoría, utilizaremos un ventilador, el cual tiene las siguientes características técnicas:

Ancho:	Profundidad:
80 mm	80 mm
Altura:	Peso:
25 mm	60 g
Diámetro del ventilador:	Tiempo para fallos:
8 cm	5000 h
Voltaje:	Intensidad Nominal:
5V – 12V DC	0,12 A
Velocidad de rotación:	Flujo de aire:
1800 rpm	30,5 cfm

Asimismo, tiene un conexionado, que no es complejo, todo lo contrario, tiene un conexionado sencillo, siendo el siguiente:

Cable del Ventilador:	Pin Arduino Uno R3:
Positivo (+)	7 (Pin digital D7)
Negativo (-)	GND

4.3. Necesidades de alimentación.

El satélite ARDU-SAT, estará alimentado principalmente por batería de litio, las cuales serán cargadas mediante paneles fotovoltaicos, haciendo así que su vida útil sea un poco mayor. Pero, realmente no es que carguen las baterías, si no que se utilizará la energía solar recibida en vez de la batería, utilizando alimentación de la misma solo cuando sea realmente necesaria.

Los paneles solares, deben de tener unos requisitos técnicos mínimos, los cuales son los siguientes:

Tensión:	Intensidad:
1.5V	S/E
Temperatura Operativa Mínima:	Temperatura Operativa Máxima:
-20 °C	60 °C

Realizando un conexionado en serie entre módulos del mismo lateral, y una vez conectados en serie, estos se conectarán en paralelo al módulo central, aumentando así el voltaje y la intensidad. Dicho esquema de conexionado puede verse en el apartado de planos o en el pliego de condiciones, apartado correspondiente a los paneles fotovoltaicos.

Por consiguiente, estas unidades de carga van conectadas a un módulo encargado de gestionar la energía recibida, denominado TP4056, el cuál derivará principalmente la energía de paneles solares al módulo central, y si requiere de más energía, la obtendrá de las baterías.

4.4. Necesidades de comunicación.

Para la transmisión de datos de este proyecto, se utilizarán dos módulos de comunicación vía radio denominados LoRa E32-900T30d, los cuales trabajan en las frecuencias legales. Para evitar un mayor costo en antenas y sistemas de comunicación, este módulo se conectará al sistema TDRS, Tracking and Data Relay Satellite System, el cual es una red de satélites repetidores existentes de los cuales, uno de sus mayores utilizadores es la NASA, para enviar conexión a internet a la Estación Espacial.

Es por ello, que esta solución abarataría costes y permitiría realizar el satélite de un tamaño más pequeño, ya que en tierra se puede conectar con una antena receptora capaz de conectarse a este sistema. Que, en nuestro caso, será otro módulo LoRa E32 900T30d.

4.4.1. Características del módulo de comunicación.

El módulo de comunicación debe de estar configurado con los mismos parámetros que tenga la antena en ese momento, permitiendo así un conexionado válido, los cuales, dichos parámetros, para ambos módulos de emisión y recepción, quedan configurados tal que así:

UartRate:	Parity:
9600 bps	8N1
AirRate:	Power:
2400	30 dBm
FEC:	Fixed mode:
Disable	Disable
WOR timing:	IO mode:
250 ms	PushPull
Address:	Channel:
3	6

Por consiguiente, los módulos de comunicación pueden variar, pero tendrán que tener si o si unos requisitos mínimos, quedando estipulados los empleados en este proyecto, ya que, con otros módulos y diversas características, no puedo asegurar el correcto funcionamiento, por tanto, dicho requisitos son:

Modelo:	Chip:
E32-900T30d	SX1276
Voltaje de trabajo:	Voltaje de comunicación TTL:
3.3V – 5.2V DC	3.3V DC
Potencia de transmisión:	Sensibilidad de recepción:
21 – 30 dBm	-120 dBm
Alcance:	Buffer datos en transmisión:
8km + ganancia antena	512 bytes
Modulación:	Interfaz:
LoRa	UART
Rango de Temperatura:	Dimensiones:
-40°C +- 80°C	43 x 24 mm + conector 12.5 mm

Finalmente, el verdadero funcionamiento sería:

- Uso mi estación en tierra para conectarme a la red de repetidores del TDRS.
- Los repetidores TDRS emiten con mayor potencia, debido a que son satélites profesionales y de costes millonarios.
- Uso el satélite para conectarme a la red TDRS y poder enviar los datos.

4.5. Necesidades del lanzamiento.

El lanzamiento se realizará por parte de una empresa externa aeronáutica, debido a los permisos y coste elevados, como se muestran en el Presupuesto. Una solución factible sería la conversión de este proyecto en un globo científico meteorológico, permitiendo la recogida de datos para futuros estudios.

4.6. Necesidades de configuración.

Llegados al final del estudio y del montaje del satélite ARDU-SAT, necesitamos una de las partes fundamentales, y es el código necesario para que el microcontrolador, en nuestro caso, el Arduino Uno R3, interprete todos los sensores y sea capaz de recopilar la información de dichos sensores, realizando actuaciones en caso de que sea necesario, como es en el protocolo de actuación o en las indicaciones Leds.

4.6.1. Modo de configuración.

La configuración de dicho controlador, es realizada mediante el IDE de Arduino, y con la utilización de una serie de librerías, las cuales son las siguientes:

LIBRERIAS	
Sensor Temperatura:	<DHT.h>
Comunicación:	<LoRa.h>
Sensor Posición:	<<MPU6050.h>
Comunicación Serie:	<Wire.h>

Con la aplicación de estas librerías, y el cargado del código tal como se muestra en el Anexo III, Programación Basada en Arduino, tendremos completo la fabricación del satélite ARDU-SAT.

5. Descripción general.

La realización de este proyecto, ha seguido una serie de pasos, los cuales son fundamentales seguirlos para su correcto desarrollo y funcionamiento, dichos pasos a seguir se muestran a continuación y se desarrolla:

- 1) En primer lugar, para la fabricación y desarrollo del satélite ARDU-SAT, deberemos de irnos a un software de diseño CAD, el cual nos permita trazar el modelo que tenemos previamente diseñado en papel. En mi caso, al ser un CubeSat, ya venía predefinida la forma y las medidas, pudiendo adaptar la estética exterior e interior del mismo.
- 2) Tras tener diseñado el ARDU-SAT, se procede al montaje de los componentes electrónicos, haciendo una red estructurada con los mismo, para luego poder colocarlos en cualquier lugar, previamente, en un boceto, se sitúan, para ver la cantidad necesaria de material que es necesaria.
- 3) Tras tener todos los componentes soldados, se colocan los paneles solares en los laterales, para poder introducir los paneles laterales recubiertos de aislante térmico, para protegerlos así de las temperaturas.
- 4) Con estos paneles insertados, solo queda introducir el módulo central con los sensores y actuadores en el interior de dicho ARDU-SAT, quedando la configuración interna de libre configuración, pero que, en mi caso, irá situado en el centro del mismo para evitar posibles problemas de centro de masa y de distribución de pesos.
- 5) Una vez tenemos todos los componentes y conexionado, procedemos al cargado del código necesario para el correcto funcionamiento del mismo.
- 6) Teniendo el código cargado... podemos proceder al cerrado del ARDU-SAT mediante la tapadera con ocho aberturas para tornillería de métrica 5 con su avellanado correspondiente.

5.1. Características Generales.

A continuación, muestro las características técnicas que posee el ARDU-SAT en la finalización de su montaje y desarrollo:

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
NOMBRE:	ARDU-SAT
MODELO:	ARDU-SAT-MG01
Ref:	AS-MG01
Desarrollador:	ALEJANDRO PÉREZ ARANDA
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Voltaje de Entrada:	12 VDC
Voltaje de Salida:	
Intensidad por Pin:	20 mA
Intensidad por Pin a 3.3V:	50 mA
Puertos Digitales:	13
Puertos Digitales en uso:	9
Puertos Analógicos:	6
Puertos Analógicos en uso:	5
SRAM:	2 Kb
EPROM:	1 Kb
Memoria Flash:	32 Kb
Velocidad del Reloj:	16 MHz

5.2. Plan de construcción.

Para el desarrollo y construcción, o ensamblado, se han requerido de un plan de actuación para su correcta construcción, dando como resultado un funcionamiento y un resultado estructural óptimo. Dicho plan de actuación se resume de la siguiente manera:

1) Materiales necesarios para el correcto ensamblado:

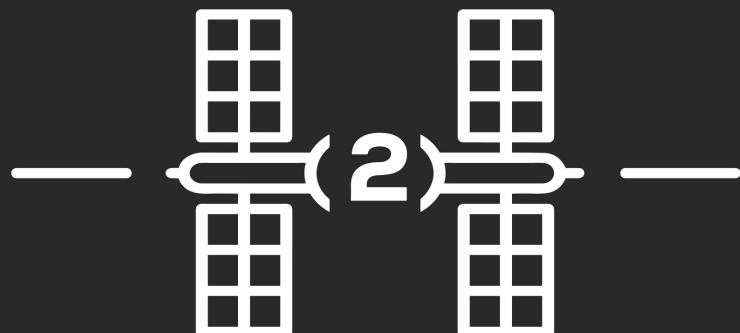
- Paneles de madera, contrachapada para el recubrimiento de los paneles.
- Aislante térmico para los paneles contrachapados, recubriendo ambas partes del panel, sellándolo al vacío.
- Resina epoxi para el correcto pegado de los paneles contrachapados, así como el pegado de los paneles estructurales de dicho satélite.

2) Procedimiento de ensamblado:

- Para un correcto ensamblado del satélite, se deberá de consulta el anexo número 4, “Manual de montaje”, donde se especificará paso a paso dicho procedimiento.

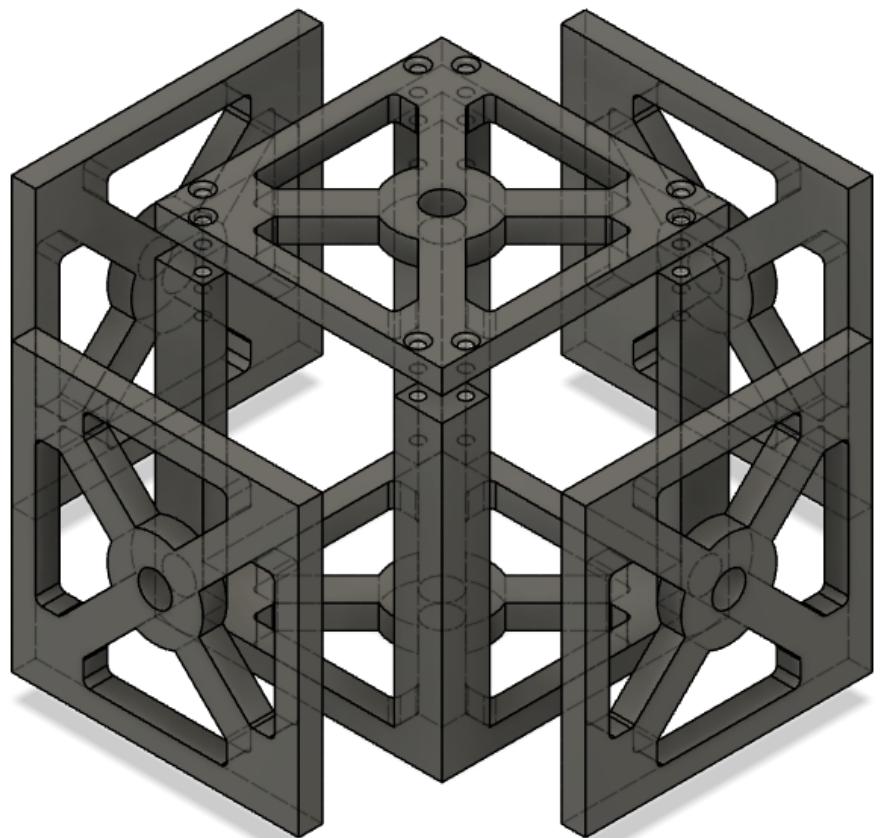
ARDU-SAT

PLANOS

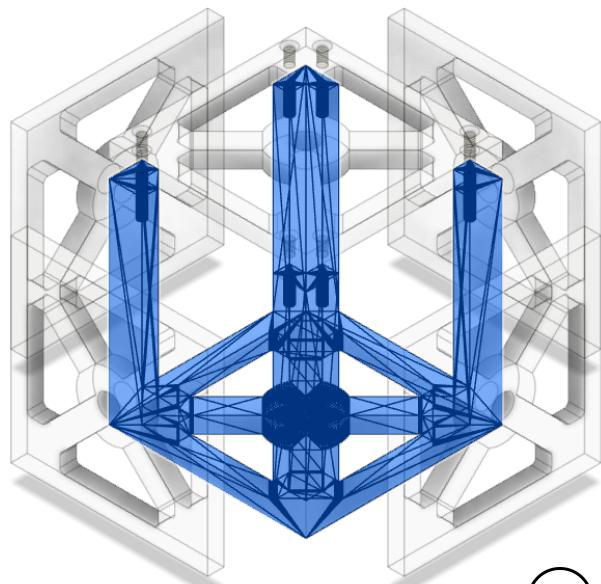


XAUEN

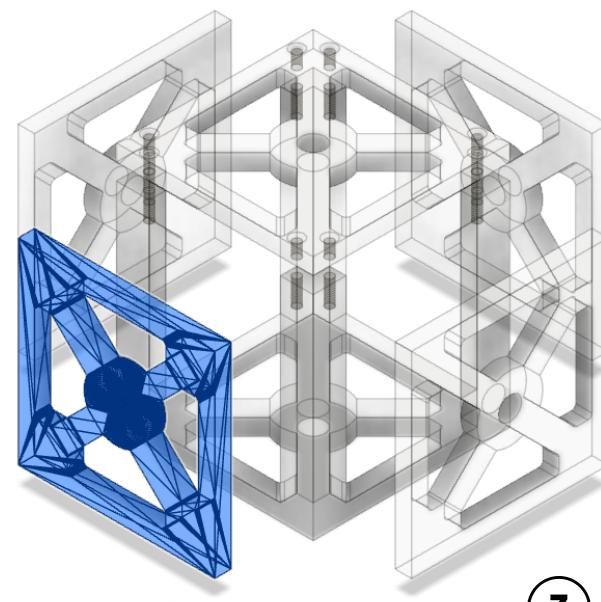
ARDUINO Y ESPACIO EN UNA SOLA MISION



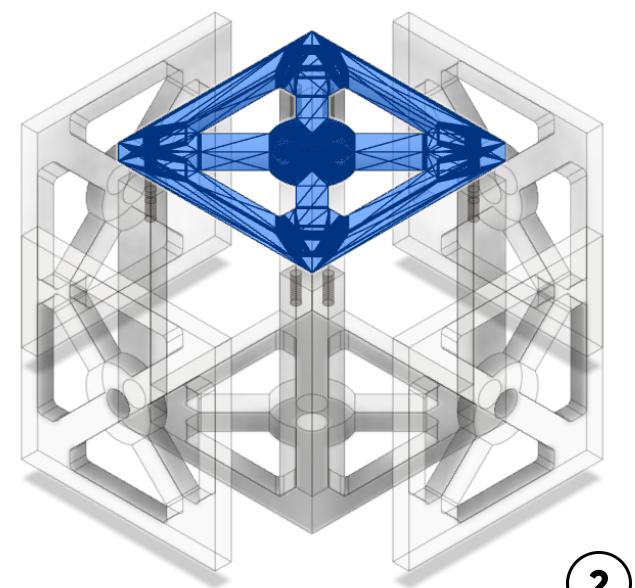
ITEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CNT.
1	PLANO_BASE	Estructura del satélite.	1
2	PLANO_LATERAL	Formación de los laterales.	4
3	PLANO_CUBIERTA	Cierre del Satélite.	1
4	PLANO_TORNILLOS	Cierre y acoplamiento.	8



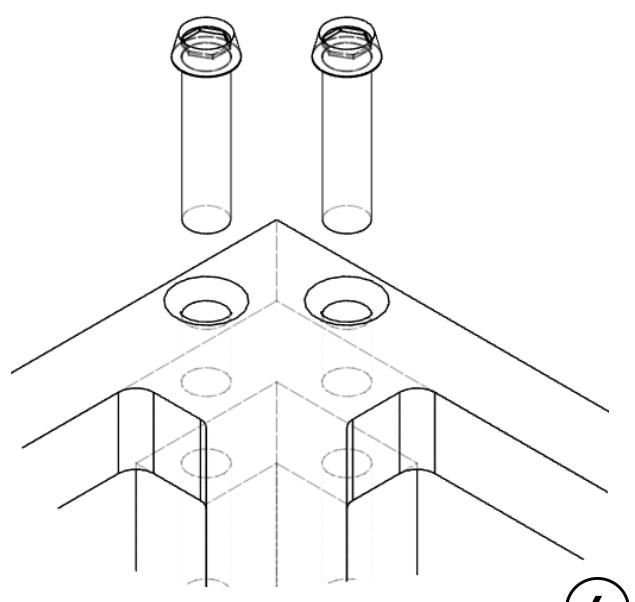
1



3



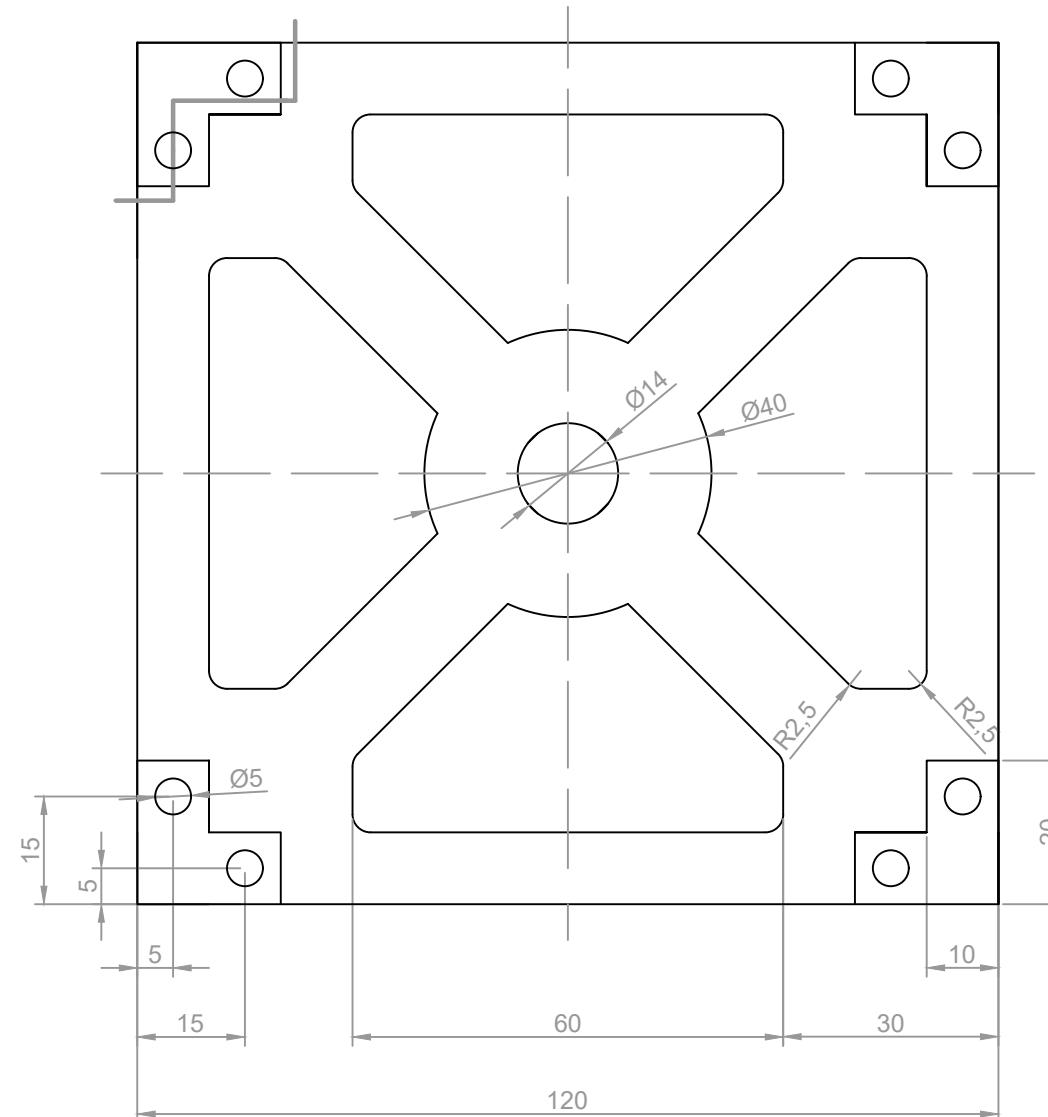
2



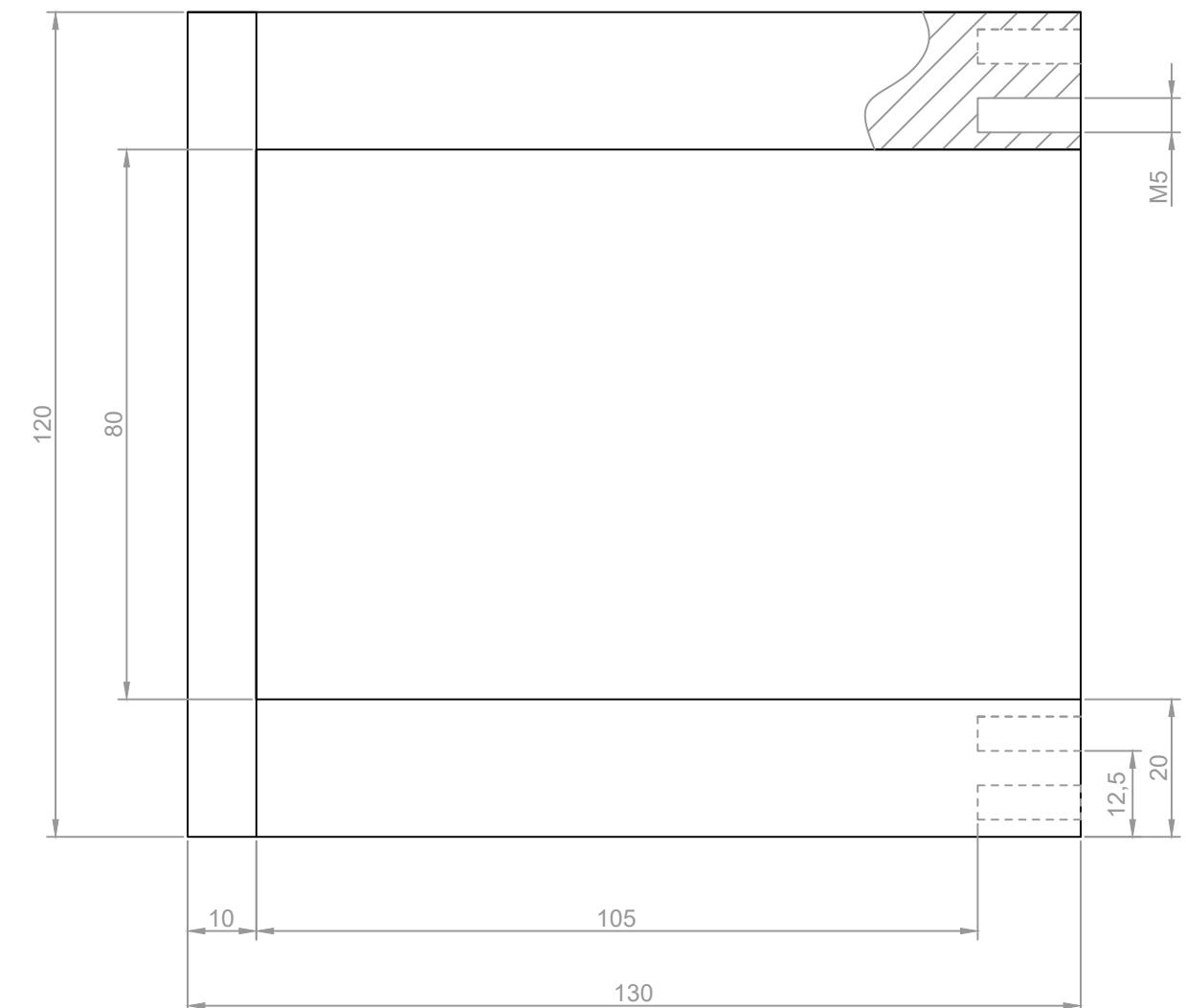
4

	Fecha:	Nombre:	Firmas	XAUEN
Dibujado:	24/10/23	Alejandro Pérez Aranda		
Comprobado:	08/12/23	Antonio Bonilla Fernández		
Escala:	1:1 PLANO_BASE			Número: 01
				Revisión: 2.1
				Sustituido por: 1.1

Vista: PLANTA



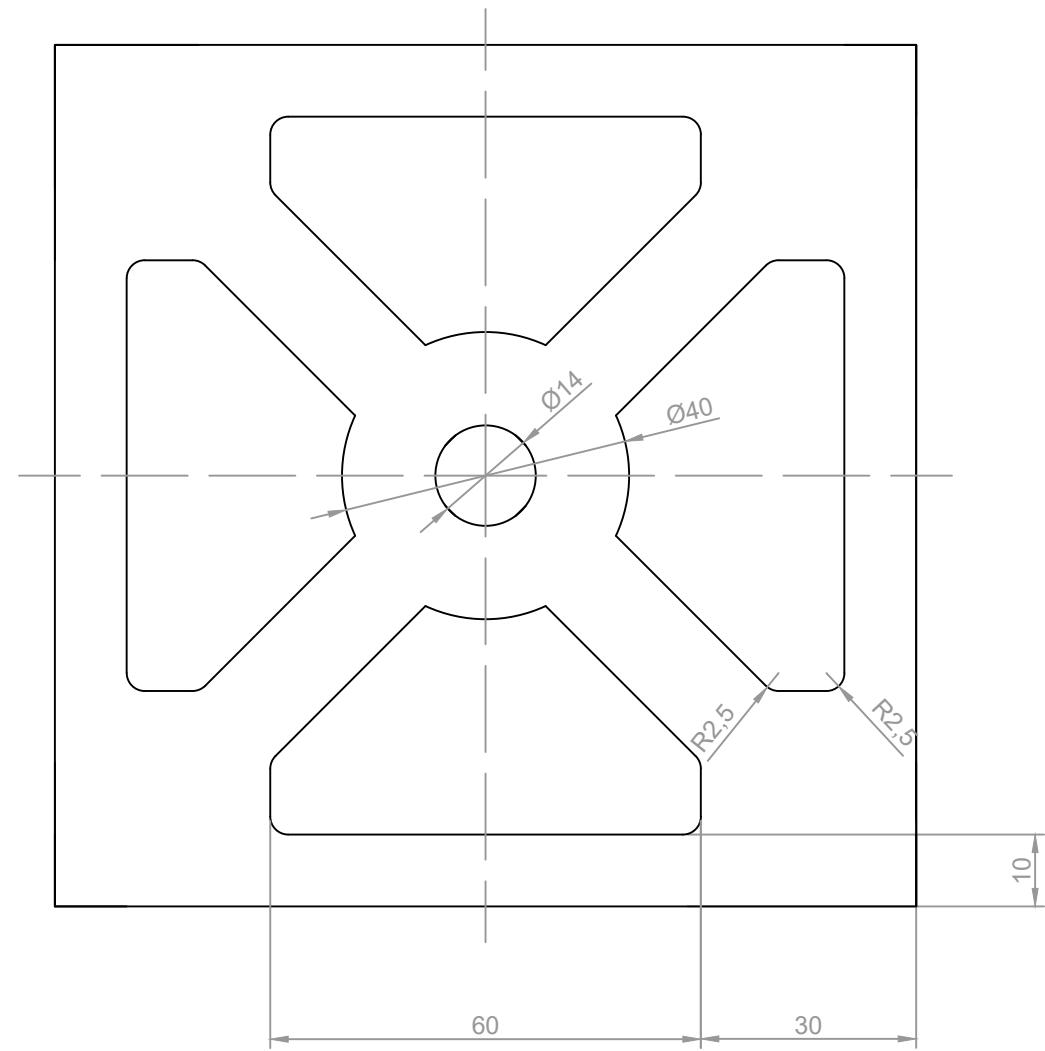
Vista: ALZADO // PERFIL (*)



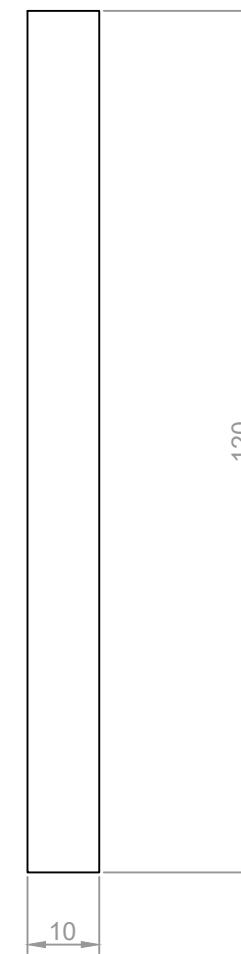
(*) La vista de Alzado y Perfil es la misma, ya que dicha figura cumple estas propiedades.

	Fecha:	Nombre:	Firmas	XAUEN
Dibujado:	24/10/23	Alejandro Pérez Aranda		
Comprobado:	18/12/23	Antonio Bonilla Fernández		
Escala:	1:1 PLANO_BASE			
		Número: 02		
		Revisión: 2.1		
		Sustituido por: 1.1		

Vista: PLANTA



Vista: PERFIL

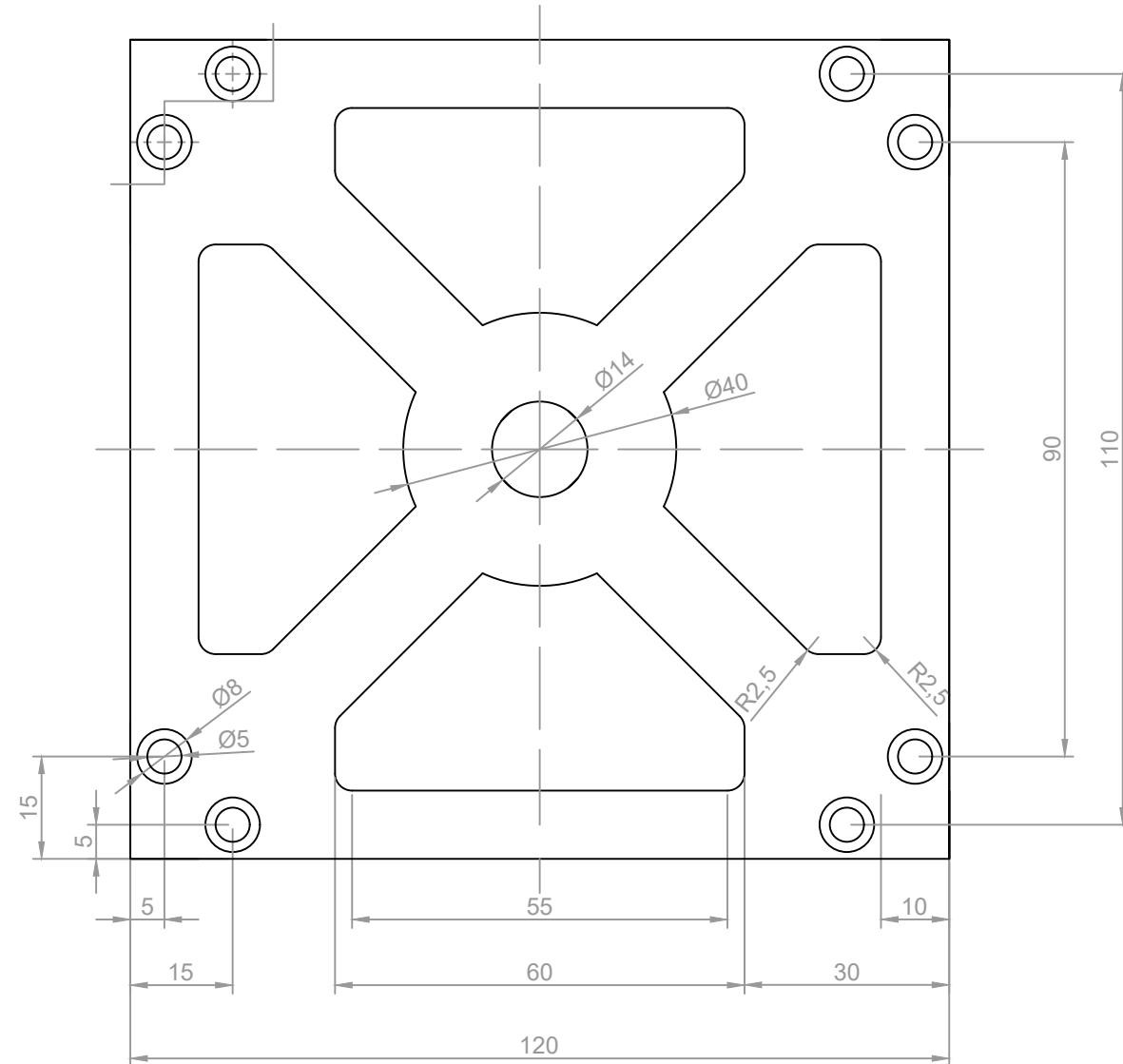


Vista: ALZADO



	Fecha:	Nombre:	Firmas	XAUEN
Dibujado:	24/10/23	Alejandro Pérez Aranda		
Comprobado:	08/12/23	Antonio Bonilla Fernández		
Escala:	1:1			Número: 03 Revisión: 2.3 Sustituido por: 1.3

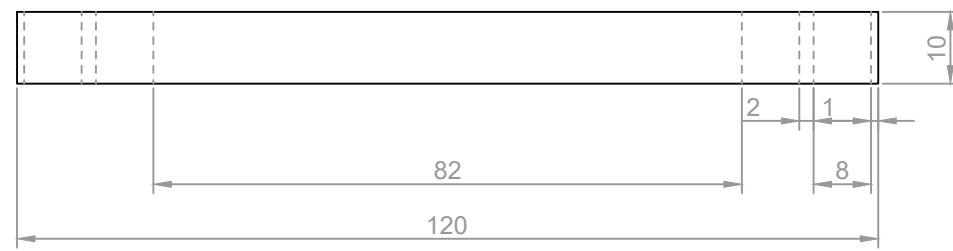
Vista: PLANTA



Vista: PERFIL



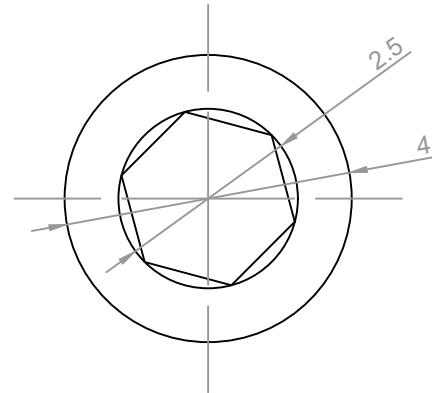
Vista: ALZADO



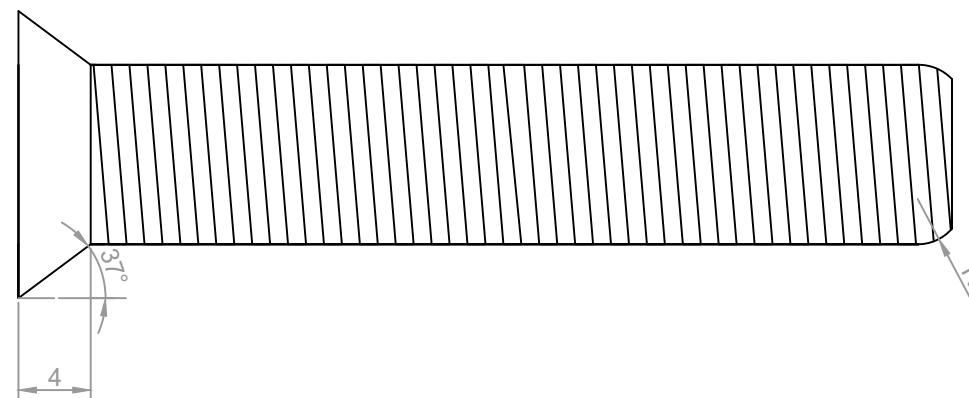
	Fecha:	Nombre:	Firmas
Dibujado:	24/10/23	Alejandro Pérez Aranda	
Comprobado:	18/12/23	Antonio Bonilla Fernández	
Escala:	1:1		
PLANO_CUBIERTA		Número: 04	
		Revisión: 2.2	
		Sustituido por: 1.2	

XAUEN

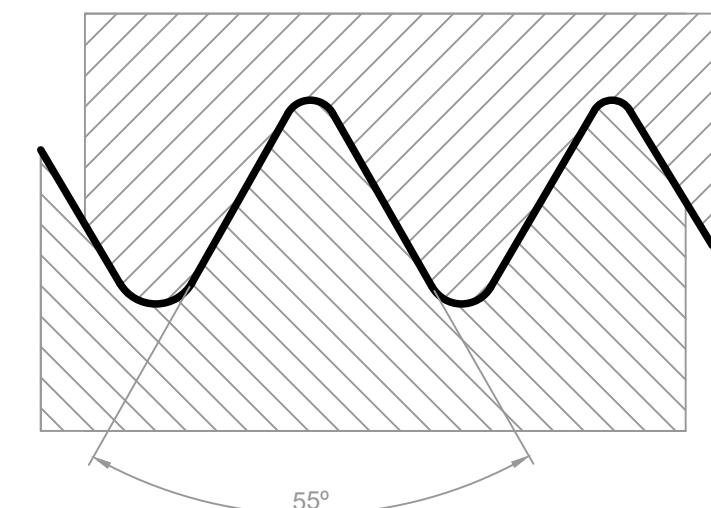
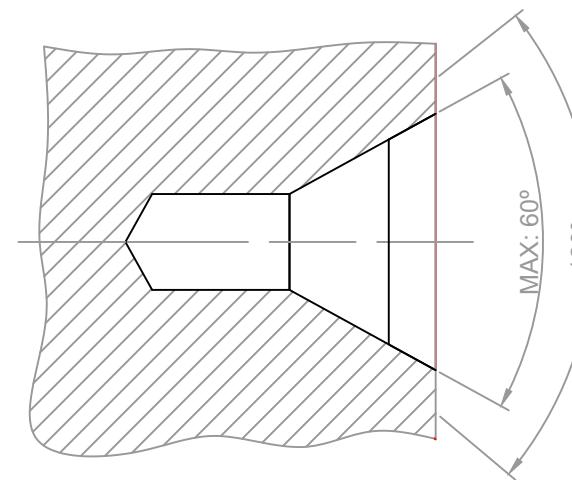
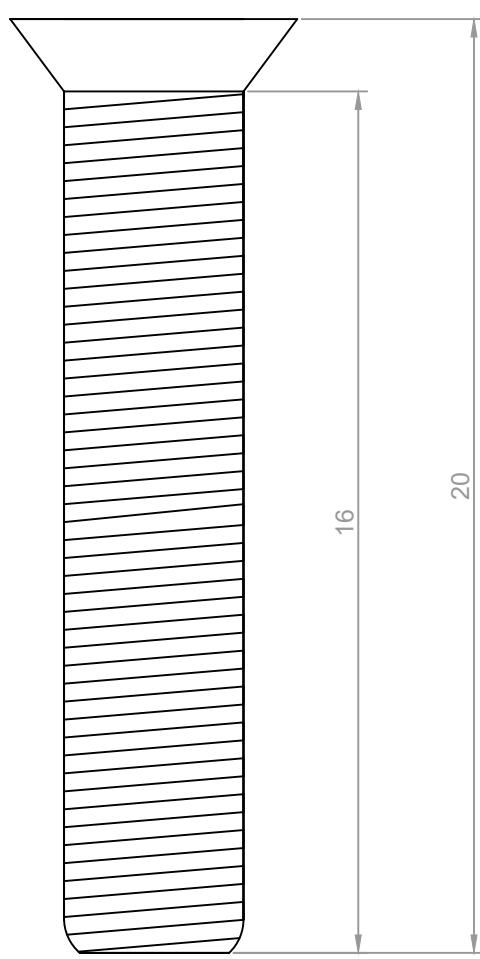
Vista: PLANTA



Vista: PERFIL



Vista: ALZADO



	Fecha:	Nombre:	Firmas
Dibujado:	24/10/23	Alejandro Pérez Aranda	
Comprobado:	08/12/23	Antonio Bonilla Fernández	
Escala:	5:1 PLANO_TORNILLOS		
		Número: 05	
		Revisión: 2.4	
		Sustituido por: 1.4	

XAUEN

A

A

B

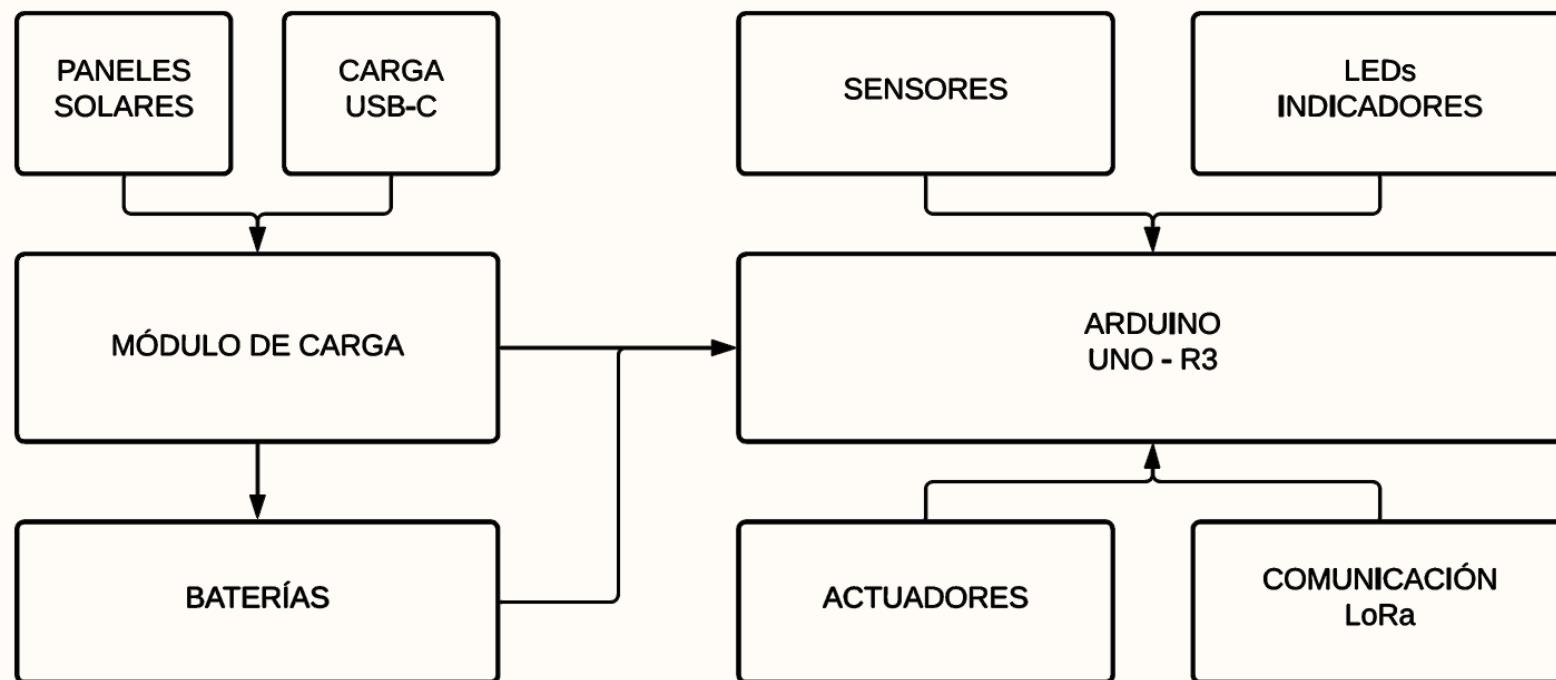
B

C

C

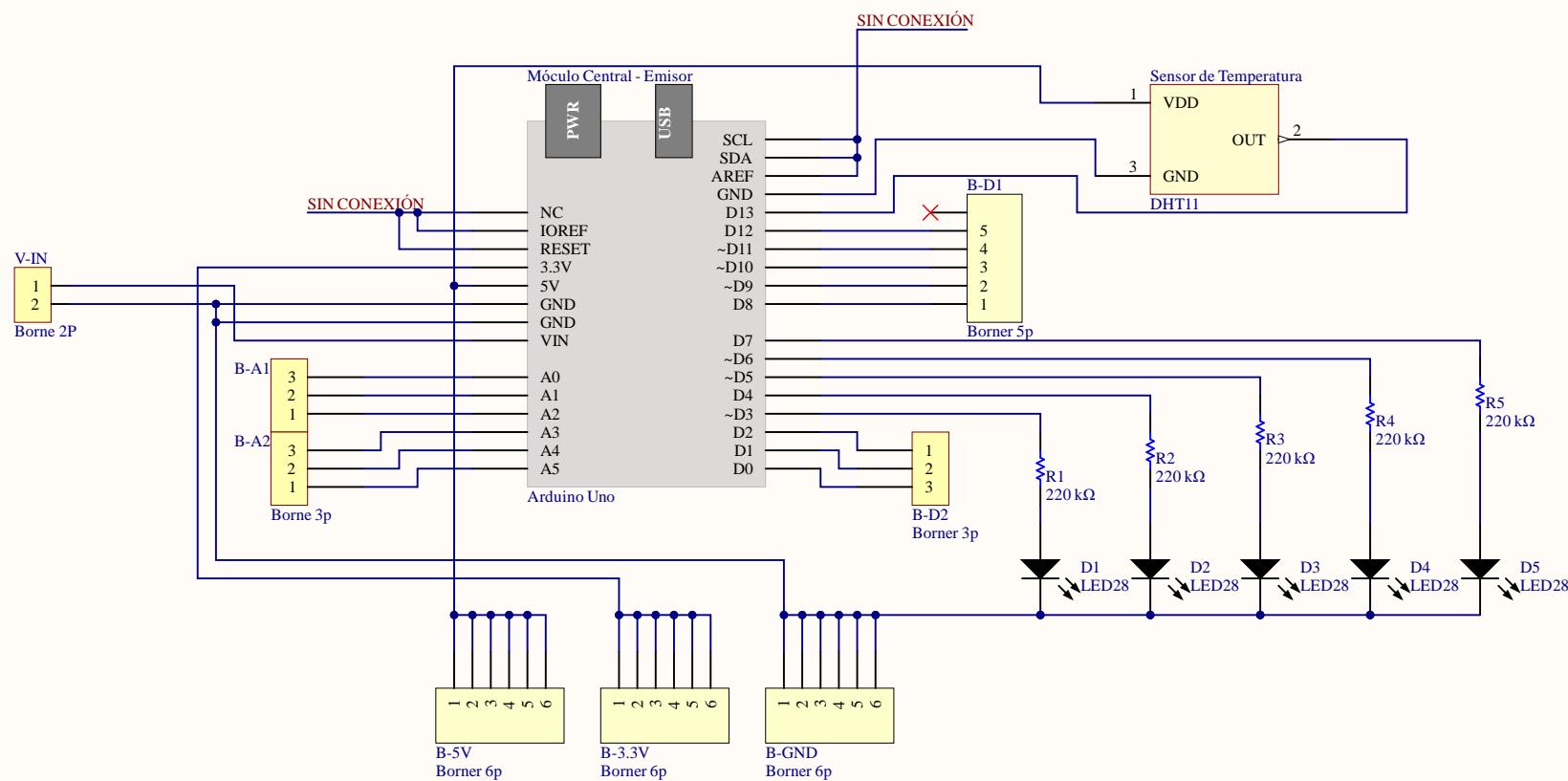
D

D



Title DIAGRAMA_DE_BLOQUES		
Size A4	Number AS-EE-01	Revisión: REV-1 19/12/23
Date: 12/19/2023	Página: 1 / 5	
File: ARDUSAT-DIAGRAMA.SchDoc	Dibujado Por:	Alejandro Pérez Aranda

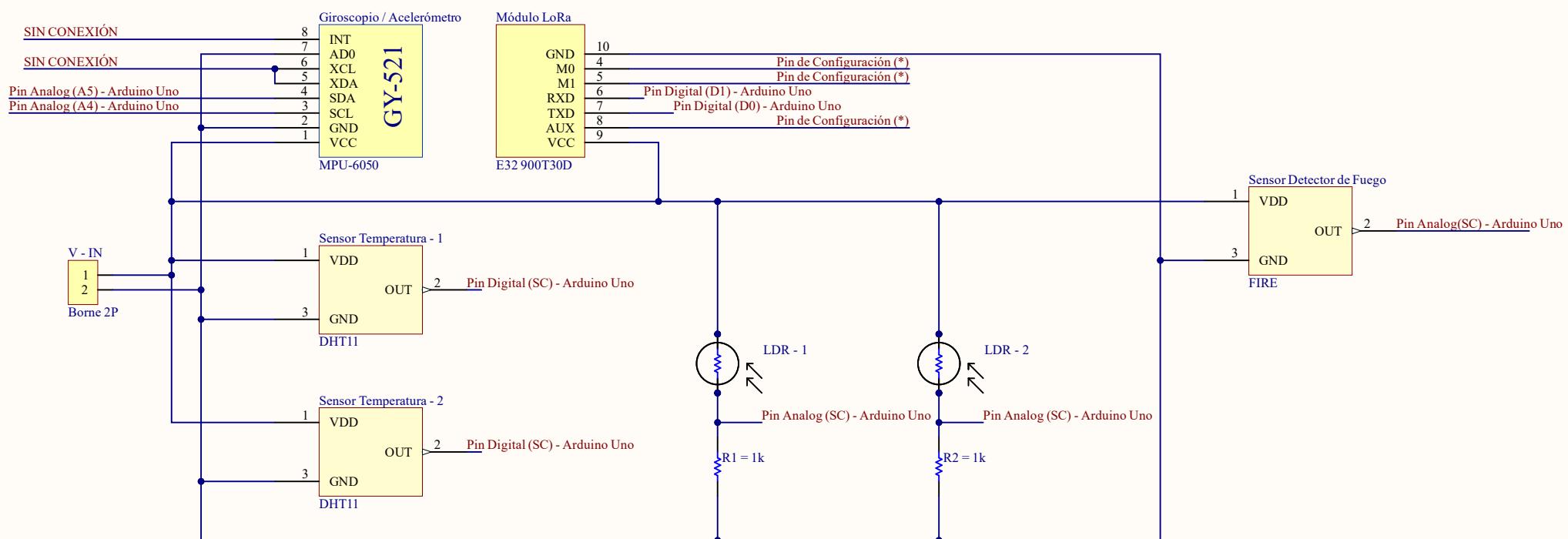
A



Título: ESQUEMA_ELÉCTRICO_MÓDULO_CONTROL		Revisión: REV-1 19/12/23
Tamaño: A4	Número: AS-EE-02	
Fecha: 12/19/2023	Página: 2 / 5	
Archivo: ARDUSAT-EEMC.SchDoc	Realizado Por: Alejandro Pérez Aranda	

A

10



(SC) Según Configuración

Estando estos asignados // definidos, por el código.

(*) Especial Atención: Pin de Configuración

Uso necesario del software E-BYTE, para los módulos de comunicación.

Título:	<u>ESQUEMA ELÉCTRICO MÓDULO SENSORES</u>		
Tamaño:	Número:	Revisión:	
A4	AS-EE-03	REV-1	19/12/23
Fecha:	12/19/2023	Página:	3 / 5
Archivo:	ARDUSAT-EFMSS SchDoc	Dibujado Por: Alejandro Pérez Arancibia	

A

A

B

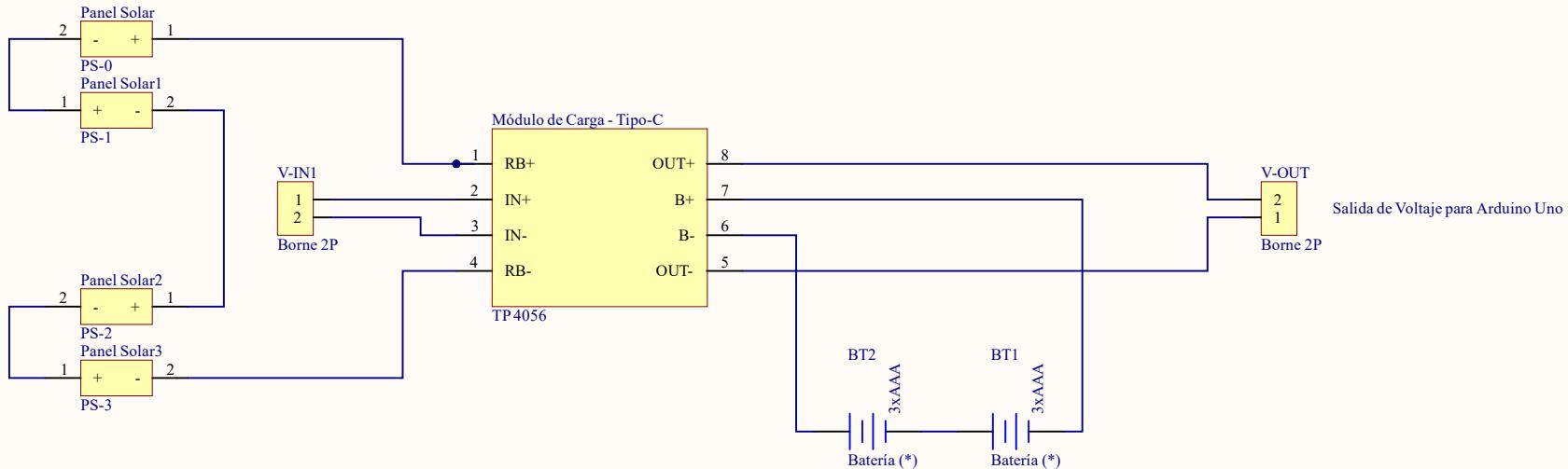
B

C

C

D

D

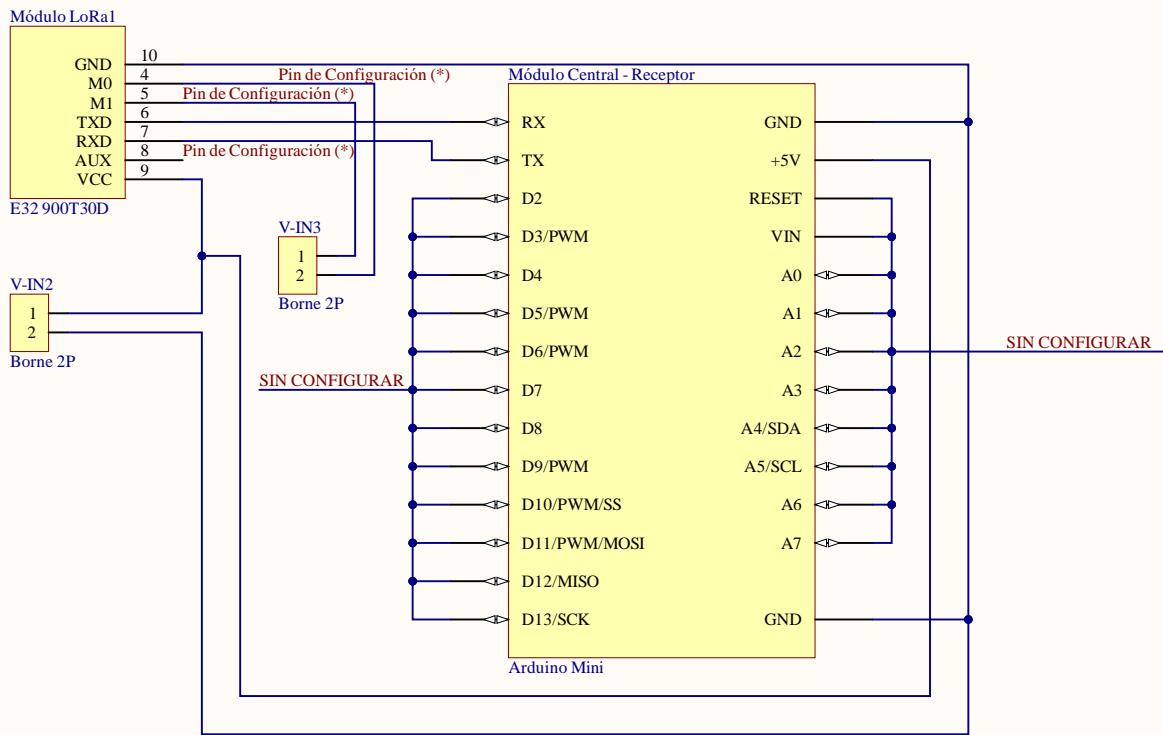


(*) Las Baterías pueden ser sustituidas por Baterías LiPo.

Esto NO afectará al correcto funcionamiento y desarrollo.

Título: ESQUEMA ELÉCTRICO MÓDULO ALIMENTACIÓN		
Tamaño: A4	Número: AS-EE-04	Revisión REV-1 19/12/23
Fecha: 12/19/2023	Página: 4 / 5	
Archivo: ARDUSAT-EEME.SchDoc	Dibujado Por: Alejandro Pérez Aranda	

A



(*) Especial Atención: Pin de Configuración

Uso necesario del software E-BYTE, para los módulos de comunicación.

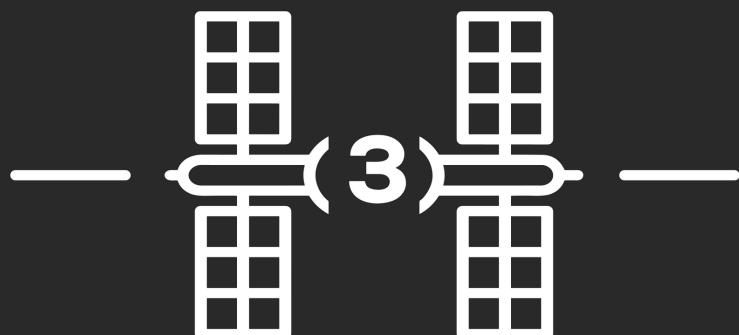
Uso de Arduino-Mini

Título:
ESQUEMA_ELÉCTRICO_MÓDULO_RECEPCIÓN

Tamaño:	Número:	Revisión:
A4	AS-EE-05	REV-1 19/12/23
Fecha:	12/19/2023	Página:
Archivo:	ARDUSAT-EEMR.SchDoc	Dibujado Por:
	5 / 5	Alejandro Pérez Aranda

ARDU-SAT

**PLIEGO
DE
CONDICIONES**



Pliego de condiciones generales.

1. Disposiciones generales.

1.1. Objeto del proyecto.

Art 1.1.1. Desarrollo y elaboración de un satélite meteorológico basado en la placa de desarrollo Arduino, contando con la emisión y recepción de datos obtenidos mediante varios sensores digitales y analógicos, del mismo modo incorporará un protocolo de actuación en caso de incidente, junto con sus indicadores.

Art 2.1.1. Las especificaciones técnicas del desarrollo y fabricación de este satélite quedan descritas y reflejadas de forma expresa en el Pliego de Condiciones Técnicas (Punto 2).

1.1.1. Régimen Jurídico.

Art 1.1.2. La realización de este proyecto no estará sujeto a ninguna normativa de régimen jurídico, por lo que queda nombrado como proyecto de código abierto (“**Open Source**”), pudiendo hacer uso cualquiera de las personas que utilicen este modelo como base, pero siempre bajo la responsabilidad de cada uno. Quedando, por el presente, exento de toda responsabilidad y/o culpa el presente autor del proyecto.

Art 2.1.2. Tanto el presente pliego de condiciones como el pliego de condiciones técnicas se entenderán como complementarios el uno del otro. Salvo que se incluya un contrato de por medio, prevaleciendo este contrato sobre este pliego de condiciones.

Art 3.1.2. En la ejecución de la actividad objeto, deberá/n tener presente la realización de su trabajo las normas nacionales e internacionales, aplicables a la actividad de pequeñas misiones espaciales contenidas durante el periodo de programación 2023-2024, contenidas en los siguientes textos:

LEY 14/2014 DE 24 DE JULIO, sobre la realización de actividades espaciales en el estado español.

Orden PRE/2877/2012 DE 13 DE DICIEMBRE, orden presidencial en la que se autorizan las misiones y actividades de índole espacial en el estado español.

Reglamento General de Protección de Datos (RGPD).

Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales (**LOPDGDD**).

ESA PSS-01-212, en la que se desarrollan las normativas y características básicas para el estudio, planificación y desarrollo de un observador espacial, denominado Cubesat, el cuál puede utilizarse como observador, para la realización de misiones interplanetarias, para pruebas de sistemas en órbita o investigaciones biomédicas entre otras.

ESA P-SP-100, normativa estipulada por la Agencia Espacial Europea (ESA) en la que se definen los parámetros, características y funciones de las pequeñas misiones espaciales, así como de los requerimientos legales y administrativos.

ECSS-Q-ST-60-15, normativa de la ESA, Agencia Espacial Europea, en la que se incluyen las normativas empleadas ECSS-Q-ST-60-15C y ECSS-Q-ST-60-13C, donde se incorporan las características técnicas y legales, de los materiales espaciales a emplear al igual que los componentes eléctricos y electrónicos.

ECSS-E-ST-10C, aplicando la normativa europea en la que se definen los parámetros y elementos de la ingeniería de sistemas.

ECSS-E-ST-15C, estipulando la gestión de configuración de los elementos y de los dispositivos según lo marca esta normativa de la Agencia Espacial Europea (ESA).

ECSS-E-ST-31C, por la que se asignan los parámetros de diseño y verificación del software aplicado y utilizado en los montajes espaciales. Estipulado por la Agencia Espacial Europea.

ECSS-E-ST-20-07C, configuración y aplicación de parámetros de telemetría y telecomando en el desarrollo de elementos y sistemas aeroespaciales y aeronáuticos, estipulado por esta norma según la Agencia Espacial Europea (ESA).

ECSS-Q-ST-80C, inspección, verificación y prueba de los sistemas y comprobación de los componentes que constituyen el dispositivo, aplicando la norma ECSS-Q-ST-80-04C según la Agencia Espacial Europea (ESA).

Normalización **ISO 10012**, Sistemas de gestión de las mediciones — Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición

Normalización **ISO 31000 y 21500**, Gestión del riesgo y proyectos — Directrices.

1.2. Ejecución del proyecto.

1.2.1. Ejecución.

Art 1.2.1. La realización de este proyecto se realizará con estricta sujeción a los documentos contractuales y demás datos básicos que definen y condicionan la prestación objeto.

Art 2.2.1. El personal ajeno, persona que quiera realizar este proyecto por cuenta ajena, queda obligada a aportar los equipos técnicos y materiales, así como los medios auxiliares, humanos y materiales; todo ello en número y grado preciso para la realización del objeto del pliego a satisfacción. Quedando el autor de este proyecto exento de facilitar cualquier documentación o bases.

Art 3.2.1. El personal ajeno a la realización de este proyecto, personal que realice este proyecto, estará obligada a mantener el más estricto secreto profesional y confidencialidad al respecto, en el caso de recibir datos por parte del autor de este proyecto, para facilitar la ayuda en los cálculos, desarrollo y elaboración. Así como cumplir diligentemente el deber de guardia y custodia que sobre los mismos impone la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal (RGPD).

Asimismo, la persona encargada de realizar este proyecto, por cuenta ajena, se compromete expresamente a adoptar las medidas necesarias de índole técnica y organizativa que garanticen la seguridad de los datos de carácter personal a los que tenga acceso y a evitar su alteración, pérdida, tratamiento y acceso no autorizado, habida cuenta del estado de la tecnología, la naturaleza de los datos almacenados y los riesgos a que estén expuestos, ya provengan de la acción humana o del medio físico o natural, debiéndose ajustar en todo momento a lo dispuesto sobre este extremo en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal así como en las normas complementarias que la desarrollen.

1.2.2. Propiedad de los trabajos realizados.

Art 1.2.2. El resultado de la reproducción de este proyecto será de carácter para el reproductor del mismo.

Art 2.2.2. En consecuencia, los trabajos de reproducción, basados o inspirados en este, deberán de contener, de carácter obligatorio, una mención específica, debido a la labor, estudio y desarrollo del mismo, quedando de la siguiente manera:

Proyecto: ARDUSAT – MG01

Autor: ALEJANDRO PÉREZ ARANDA

Art 3.2.2. en incumplimiento del *Artículo 2.2.2.*, al reproductor de esta obra, se le aplicará el código penal español, pudiendo llegar al penal de cárcel por el incumplimiento del pliego de condiciones, sujeto este a las posibles penas.

1.3. Responsabilidades.

Art. 1.3. Este documento, es meramente formativo y de índole educativa, es por ello que la realización de este proyecto por parte de cualquier individuo y/o empresa, queda bajo su propia responsabilidad, quedando exenta de todas las acusaciones y cargos posibles mi propia persona, así como este proyecto.

Art. 2.3. Accidentes de Trabajo, siendo de obligado cumplimiento el **Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo**, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad a nivel personal, denominándolo EPI, equipo de protección individual, uso obligatorio tanto directa como indirectamente,

Asimismo, es de obligado cumplimiento la **Ley 31/1995 de 8 de noviembre**, por la que se establecen las características y trámites administrativos sobre la prevención de riesgos laborales.

Art. 3.3. Daños y perjuicios a terceros siendo el desarrollador, persona, empresa o entidad, será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia, malinterpretación de la documentación o descuido, sobrevinieran tanto en bienes materiales como bienes inmateriales. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de ejecución.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que puedan ocasionarse frente a terceros como consecuencia de la elaboración y desarrollo de este proyecto, incluso los que produzca por omisión o negligencia del personal a su cargo.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de “**Todo riesgo**”, suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de estos.

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.

2. Disposiciones generales.

Para la elaboración de un satélite basado en Arduino, aplicaremos la ley de actividades espaciales de España, siendo esta la **Ley 14/2014 de 24 de julio**, por la que se regulan todas las actividades de índole espacial en el reino de España. Asimismo, aplicaremos la Orden **PRE/2877/2012 de 13 de diciembre** por la que se autorizan las misiones espaciales en el reino de España.

2.1. Plataforma de desarrollo.

Según la aplicación de la **Ley ESA PSS-01-212**, por la que se regula la fabricación, elaboración y desarrollo de cubesat, satélites de bajo costo, aplicaremos como elemento central de control la placa de desarrollo Arduino, en concreto el Arduino Uno R3, pudiéndose utilizar otra placa de desarrollo de características iguales o superiores.

2.1.1. Arduino.

Arduino es una plataforma de hardware y software de código abierto que se utiliza para el desarrollo de proyectos electrónicos, ya que posee una gran comunidad tras su espalda. Consiste en una placa de circuito impreso con un microcontrolador y un entorno de desarrollo que facilita la programación y la interacción con componentes electrónicos externos.

2.1.1.1. Características de Arduino.

Voltaje Funcional:	Rango de Entrada:
5V DC	7V – 12V DC
Límite Máximo de Entrada:	Pines E/S Digitales:
6V – 20V DC	14 (6 de ellos, salida PWM)
Pines Analógicos:	Corriente continua por Pin:
6 pines	20 mA
Corriente CC para 3.3V por Pin:	Memoria Flash:
50 mA	32 Kb (ATmega328P) – 0.5 Kb usada por el gestor de arranque (bootloader)
SRAM:	EPROM:
2 Kb	1 Kb
Velocidad del Reloj:	Microcontrolador:
16 MHz	ATmega328-P

Estas son las características mínimas que deberá tener la placa de desarrollo a utilizar, debido a que están sujetas al cumplimiento de la normativa **ECSS-Q-ST-60-13C**, por la que se ponen a disposición las diferentes características de los componentes electrónicos de acuerdo con la normativa **ECSS-Q-ST-60-13**, por la que regula el ámbito tecnológico de los cubesat, a su vez, se aplica la norma **ISO 9001** por la que se regula el control de calidad.

Finalmente, se aplica lo estipulado en la norma **ECSS-E-ST-10C**, por la que se regula la ingeniería de sistemas, incluyendo los sistemas de control.

2.1.1.1.1. Arduino IDE.

En aplicación de la norma **ECSS-E-ST-10C**, por la que se regula la utilización de ingeniería de sistemas, a su vez, la aplicación de la **norma ECSS-E-ST-15C**, por la que se procede a la gestión de configuración de la placa de control y situada en el módulo central del satélite, se aplicará, la normativa **ECSS-E-ST-31C**, por la que se verifica el diseño y la utilización del software, en este caso Arduino IDE, desarrollado por la misma empresa diseñadora y desarrolladora de las placas de desarrollo, sujetos a la norma **ISO 14001** de gestión ambiental, a la norma **ISO 10012** por la que se obtiene precisión y calidad en la fabricación, la norma **ISO 31000** de gestiones de riesgo, la norma **ISO 45001**, por la que aplica la seguridad y la salud en el trabajo y, finalmente el cumplimiento de dicho software del Reglamento General de Protección de Datos (**RGPD**) y de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales (**LOPDGDD**).

2.2. Condicionamiento del sistema de captación.

El sistema de captación, según lo estipulado en la norma **ESA P-SP-100**, por la que se regulan pequeñas misiones espaciales, así como con el cumplimiento de la norma **ISO 14908**, de interconexión de sistemas y la norma **ISO 9001** de gestión de calidad. El sistema de captación estará formado por un módulo de comunicación bidireccional basado en un chip SX1276 y un USB con interfaz TTL, para comunicar el módulo emisor y receptor con el puerto serie.

2.2.1. Características del sistema de captación.

El sistema de captación, está compuesto por los elementos definidos en el punto 2.2., estos componentes son recomendados, nunca de carácter obligatorio, pero la elaboración y desarrollo de este proyecto, ha sido con un resultado óptimo.

2.2.1.1. Módulo de Comunicación.

Para la comunicación se utilizará un módulo de comunicación bidireccional, en concreto, utilizaremos la tecnología LoRa, el módulo E32-900T30d, pudiendo ser este módulo completamente sustituible por otro que brinde un funcionamiento igual o superior y que mantenga la forma de configuración, así como sus características en valor de mínimo.

Modelo:	Chip:
E32-900T30d	SX1276
Voltaje de trabajo:	Voltaje de comunicación TTL:
3.3V – 5.2V DC	3.3V DC
Potencia de transmisión:	Sensibilidad de recepción:
21 – 30 dBm	-120 dBm
Alcance:	Buffer datos en transmisión:
8km + ganancia antena	512 bytes
Modulación:	Interfaz:
LoRa	UART
Rango de Temperatura:	Dimensiones:
-40°C +- 80°C	43 x 24 mm + conector 12.5 mm

En caso de no utilizar una red de repetidores, se recomienda modificar el módulo de comunicación por otro más potente, en mi caso como se va a utilizar la red TDRS tanto a nivel de tierra como a nivel orbital, con este módulo nos es más que suficiente.

2.2.1.1.1. Configuración del módulo de comunicación LoRa E32-900T30d receptor.

Este módulo de comunicación requiere de una configuración, utilizando la interfaz USB-TTL, es por ello, que, para un correcto funcionamiento, aplicaremos los siguientes parámetros al módulo:

UartRate:	Parity:
9600 bps	8N1
AirRate:	Power:
2400	30 dBm
FEC:	Fixed mode:
Disable	Disable
WOR timing:	IO mode:
250 ms	PushPull
Address:	Channel:
3	6

A su vez, hay que tener que la versión del módulo se corresponda con la siguiente: 7393—3-12, a su vez, deberá de cumplir la ***Orden ETU/1033/2017 de 25 de octubre***, por la que se aprueba el cuadro nacional de atribución de frecuencias, teniendo que estar la frecuencia de utilización del módulo en el rango de 862 – 868 MHz, según está estipulado en esta orden ETU, y de conformidad con la Decisión ***ECC/DEC 15/05***.

2.2.1.1.2. Interfaz USB-TTL.

Para comunicar el módulo de comunicación LoRa E32-900T30d con el puerto serie del equipo para su posterior lectura y procesado de datos, se utilizará una interfaz de usuario TTL, la cual permite la comunicación con conversión e interpretación. Conexionado para su correcto funcionamiento, en el apartado de planos eléctricos, donde se mostrará el conexionado del mismo.

Se utilizará cualquier interfaz que disponga de la Tecnología TTL (Lógica Transistor – Transistor Lógico), que posea las siguientes características:

Chip Principal:	Definición del Husillo:
FTDI FT232RL	CTS, RTS, RXD, TXD, GND, VCC
Salida VCC:	Interfaz USB:
3.3V – 5V	2.0
Velocidad Máxima:	Sistemas Operativos:
921600 bps	Windows – Linux - Mac

2.3. Condicionantes del sistema emisor meteorológico.

El sistema de captación, según lo estipulado en la norma ***ESA P-SP-100***, por la que se regulan pequeñas misiones espaciales, así como con el cumplimiento de la norma ***ISO 14908***, de interconexión de sistemas. Es sistema de captación estará formado por un módulo de comunicación bidireccional basado en un chip SX1276, así como varios sensores, formado por tres sensores DHT11, dos sensores LDR, un sensor MPU y un sensor Fire.

A su vez, se aplican varios actuadores como son leds, los cuales nos indican que módulo no funciona o no proporciona la información de manera correcta, finalmente se instala un ventilador para la refrigeración del sistema interno, conformado por una unidad central de control, siendo este un Arduino Uno R3.

2.3.1. Características del sistema emisor meteorológico.

El sistema de captación, está compuesto por los elementos definidos en el *punto 2.3.*, estos componentes son recomendados, nunca de carácter obligatorio, pero la elaboración y desarrollo de este proyecto, ha sido con un resultado óptimo.

2.3.1.1. Módulo de comunicación.

Para la comunicación se utilizará un módulo de comunicación bidireccional, en concreto, utilizaremos la tecnología LoRa, el módulo E32-900T30d, pudiendo ser este módulo completamente sustituible por otro que brinde un funcionamiento igual o superior y que mantenga la forma de configuración, así como sus características en valor de mínimo.

2.3.1.1.1. Características del módulo de comunicación.

Modelo:	Chip:
E32-900T30d	SX1276
Voltaje de trabajo:	Voltaje de comunicación TTL:
3.3V – 5.2V DC	3.3V DC
Potencia de transmisión:	Sensibilidad de recepción:
21 – 30 dBm	-120 dBm
Alcance:	Buffer datos en transmisión:
8km + ganancia antena	512 bytes
Modulación:	Interfaz:
LoRa	UART
Rango de Temperatura:	Dimensiones:
-40°C +- 80°C	43 x 24 mm + conector 12.5 mm

2.3.1.1.2. Configuración del módulo de comunicación LoRa E32-900T30d receptor.

Este módulo de comunicación requiere de una configuración, utilizando la interfaz USB-TTL, es por ello, que, para un correcto funcionamiento, aplicaremos los siguientes parámetros al módulo:

UartRate:	Parity:
9600 bps	8N1
AirRate:	Power:
2400	30 dBm
FEC:	Fixed mode:
Disable	Disable
WOR timing:	IO mode:
250 ms	PushPull
Address:	Channel:
3	6

A su vez, hay que tener que la versión del módulo se corresponda con la siguiente: 7393—3-12, a su vez, deberá de cumplir la ***Orden ETU/1033/2017 de 25 de octubre***, por la que se aprueba el cuadro nacional de atribución de frecuencias, teniendo que estar la frecuencia de utilización del módulo en el rango de 862 – 868 MHz, según está estipulado en esta ***orden ETU***, y de conformidad con la Decisión ***ECC/DEC 15/05***.

2.3.1.2. Sensor de Temperatura.

Según la norma ***ECSS-Q-ST-60-15C***, por la que se regulan los materiales espaciales, en complementación con la norma ***ESA PSS-01-212***, por la que se regulan los cubesat. Se establecen como medidores de temperatura los sensores denominados DHT11 y DHT22, ya que estos incorporan una lectura de temperatura y humedad, brindando un encapsulado funcional fuera de los parámetros comunes de presión atmosféricos.

En este caso, el funcionamiento óptimo utilizado para la realización de este proyecto ha sido empleando el sensor de temperatura y humedad DHT11, ya que tiene un bajo coste y a su vez brinda unos valores de temperatura y humedad casi exactos, con breves variaciones.

Dicho sensor de temperatura posee las siguientes características, por lo que, nuevamente, este elemento puede ser sustituible por otro que cumpla con las mismas condiciones a nivel electrónico como legal y administrativo.

2.3.1.2.1. Características del sensor de temperatura.

El sensor de temperatura DHT11, deberá de cumplir con las siguientes características, en ningún momento se decidirá acerca de una marca en concreto, ya que lo únicamente importante es la ficha técnica del mismo, cumpliendo los siguientes parámetros y características:

Voltaje de Operación:	Rango de medición de temperatura:
3V – 5V DC	-10 a 50°C
Precisión de medición de temperatura:	Resolución de Temperatura:
+- 2.0 °C	0.1 °C
Rango de medición de humedad:	Precisión de medición de humedad:
20% a 90%	4% RH
Resolución Humedad:	Tiempo de sensado:
1% RH	2 seg

2.3.1.2.2. Configuración de los sensores de temperatura.

El sensor de temperatura, requiere de una entrada Digital en el microcontrolador, por lo que quedarán establecidos los pines digitales del microcontrolador, Arduino Uno R3, de la siguiente manera:

Pin Digital:	Sensor:	Variable:
10	DHT11	Temp_Int
9	DHT11	Temp_Ext
8	DHT11	Hum_Ext

Las variables quedan definidas en la tabla anterior, ya que en los pines 9 y 8, correspondientes a los sensores DHT11 exteriores, se realiza un cálculo medio de temperatura, así como de humedad, mientras que en el interno solo interesa conocer la temperatura que hay, para activar el sistema de refrigeración.

Asimismo, este módulo requiere de la implantación de una librería a la hora de su programación, denominándose esta: <DHT.h>, pudiéndose encontrar en el repositorio final.

2.3.1.3. Sensor control de orientación.

Un sistema de control de orientación es muy importante para un satélite, debido a que este proporciona datos en tiempo real acerca de la aceleración y la rotación a la que se está sometiendo, lo que puede ayudar al estudio posterior tras la recogida de datos.

Es por ello que se utilizará la unidad de medición inercial de seis grados de libertad, pues combina un acelerómetro de 3 ejes y un giroscopio de 3 ejes, denominado MPU6050.

Este sensor es utilizado de acuerdo a lo estipulado en la norma **ECSS-E-ST-20-07C**, por la que quedan estipulados los parámetros y usos de telemetría y telemando, así como la aplicación de la norma **ISO 14908**, por la que se conforma el interconexiónado de sistemas.

2.3.1.3.1. Características del módulo de control de orientación.

El módulo empleado para el control de orientación no debe de ser de ninguna marca en específico, como ya se ha mencionado anteriormente, pero este deberá de cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

Voltaje de Alimentación:	Grados de libertad:
3V – 5V DC	6 (3 acelerómetro + 3 giroscopio)
Rango acelerómetro (medida ajustable):	Sensibilidad del giroscopio:
(+/-)2g, (+/-)4g, (+/-)8g y (+/-)16g	131 LSBs/dps
Rango giroscopio (medida ajustable):	Interfaz:
(+/-)250 dps, (+/-)500 dps, (+/-) 1000 dps y (+/-)2000 dps	I2C

2.3.1.3.2. Configuración del módulo de control de orientación.

El módulo MPU-6050 emplea una tecnología de interfaz denominada I2C, esta utiliza dos líneas, en el modo estándar, rápido y rápido plus. Permite controlar otros dispositivos utilizando la línea de reloj, denominada SCL y la otra línea de datos, denominada SDA.

Este incorpora varios pines y es por ello que instalaremos única y exclusivamente los pines de alimentación y comunicación I2C operativos. Por lo que la configuración en nuestro microcontrolador Arduino Uno R3, queda de la siguiente manera:

Pin sensor MPU-6050	Pin Arduino-Uno-R3
VCC	3.3V DC
GND	GND
SDA	A4
SCL	A5

2.3.1.4. Sensor detector de cantidad lumínica.

Conocer la cantidad de luz a la que se somete un cuerpo es importante, debido a que esta puede hacer que la temperatura aumente del mismo debido a su composición, estructura, formación o peso, por lo que son datos a tener en cuenta para próximas misiones.

Para ello se emplearán dos fotorresistencias, denominados LDR, siendo estas dos componentes electrónicos que se utilizan como sensores de luz, viiniendo su nombre de “resistencia dependiente de la luz”.

2.3.1.4.1. Características del sensor detector de cantidad lumínica.

Las fotorresistencias deben de cumplir los siguientes parámetros:

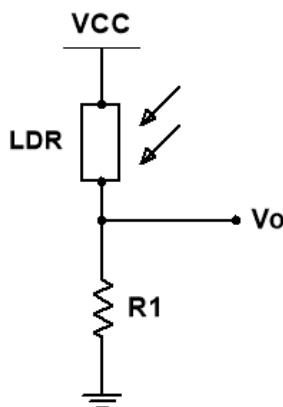
Parámetro	Condiciones	Min.	Typ.	Max.	Unidad
Célula resistiva	100 lux 10 lux	- -	400g	- -	Ω $k\Omega$
Resistencia en oscuridad	-	1.01	-	-	$M\Omega$
Capacidad en oscuridad	-	-	3.5	-	pF
Tiempo de levantado	100 lux 10 lux	- -	2.8 18	- -	ms ms
Tiempo de vaciado	100 lux 10 lux	- -	48 120	- -	ms ms

2.3.1.4.2. Configuración del sensor detector de cantidad lumínica.

Estos elementos, a diferencia de los anteriores utilizados, requieren de una entrada analógica, siendo esta una magnitud que puede tomar cualquier valor dentro de un intervalo $-V_{cc}$ y $+V_{cc}$.

Es por ello que para ello utilizaremos los pines analógicos de nuestra placa de desarrollo Arduino Uno R3, quedando los pines de la siguiente manera:

Pin Fotorresistencia LDR:	Pin Arduino-Uno-R3:
Conexionado mostrado a continuación	A0
Conexionado mostrado a continuación	A1



Se utilizará la aplicación de este esquema electrónico para el correcto funcionamiento de la fotorresistencia, siendo V_o la entrada al pin correspondiente del Arduino Uno R3.

Por otro lado, la resistencia a instalar junto a la fotorresistencia deberá de ser de entre 100 y 330 Ω , siendo recomendable el uso de una resistencia de 220 Ω .

Figura 7: CONEXIONADO LDR PLIEGO

2.3.1.5. Sensor detector de fuego.

El uso continuo de los sistemas y componentes electrónicos, puede provocar la fisura y/o rotura de algunos de los componentes principales o de corriente, pudiendo estos provocar un corte del suministro eléctrico o un cortocircuito, provocando el inicio en llamas del sistema físico, por lo que para ello se instalará un sistema detector de fuego, el cual al ser activado se ejecutará un plan de actuación.

El sensor de fuego está sujeto a la norma **ESA PSS-01-212**, por la que se regula la construcción de cubesat, así como la norma **ECSS-Q-ST-60 15C** y **ECSS-Q-ST-60-13C**, por la que se regulan los materiales espaciales y los componentes electrónicos correspondientemente. Por otro lado, se aplica la norma **ECSS-E-ST-10C**, de ingeniería de sistemas y la norma **ECSS-E-ST-32C**, por la que se regulan la gestión de riesgos.

2.3.1.5.1. Características del sensor detector de fuego.

El sensor de fuego, al igual que el resto de componentes, no se tiene uno en específico, pero aquel que seleccionemos debe de brindarnos una seguridad mínima y una gran fiabilidad, y es por ello que debe de cumplir los siguientes parámetros:

Voltaje Operacional:	Rango de Detección:
3.3V – 5V DC	60 grados
Salidas:	Chip:
Digital / Analógica (más común)	LM393
Sensibilidad:	Respuesta:
Ajustable	Rápida
Distancia de sensado:	
50 cm	

2.3.1.5.2. Configuración del sensor detector de fuego.

Este, al igual que las fotorresistencias, utiliza entradas analógicas, aunque se puede utilizar una entrada digital para medir humedad, pero en este caso como solo vamos a utilizar el sensor para detectar fuego, instalaremos el equipo en nuestro microcontrolador de la siguiente manera:

Pin Sensor Fire:	Pin Arduino Uno R3:
VCC	5V
GND	GND
D0	A3

2.3.1.6. Plan de actuación.

En caso de producirse un cortocircuito, o cualquier factor debido a un agente externo o interno, provocando fuego o daños estructurales por sobrecalentamiento, el sistema deberá de tener un plan de actuación que contemple los siguientes puntos:

- Apagado automático del sistema cuando se supere una temperatura interna superior a 30 grados centígrados, para proteger los componentes electrónicos internos, encendiendo el sistema de refrigeración de manera automática.
- En caso de fuego, apagar por completo el sistema de forma automática, y ejecutar la extracción de aire hacia el exterior, intentando dejar sin oxígeno el módulo interior. Y ejecutar la orden de alerta para los leds actuadores, indicando una alerta.

2.3.1.6.1. Actuadores en el módulo del sistema emisor meteorológico.

Tras el desarrollo de los componentes y características del módulo emisor meteorológico, a este se le agregan una serie de elementos, los cuales permiten un mayor funcionamiento y mantenimiento. En este caso, de acuerdo a la orden **ECSS-E-ST-32C** por la que se establece el control de la gestión de riesgos, se instalarán leds indicativos de error en caso del funcionamiento erróneo por uno de los sensores, para así saber cuál debe de ser sustituido, del mismo modo, se instalará un ventilador para el sistema para el plan de actuación, como ha sido indicado en el punto 2.3.1.6.

2.3.1.7. Leds indicadores de error.

Los leds indicadores de error estarán instalados por cada uno de los módulos existentes, por los que habrá tantos leds como módulos haya, quedando de la siguiente manera:

LEDs	
Led1	DHT11 – INTERIOR
Led 2	DHT11 – EXTERIOR x2
Led 3	LDR x2 + Fire (entradas analógicas)
Led 4	MPU
Led 5	Módulo de comunicación

2.3.1.7.1. Características de los leds.

Los leds, deberán de cumplir los siguientes requisitos técnicos:

Potencia:	Ángulo de apertura:
0.3 W	160º
Color:	Alimentación:
Rojo	3.3V – 5V DC
Diámetro:	
12 mm	

2.3.1.7.2. Configuración de los leds.

Los leds deberán de ser colocados en las salidas digitales del microcontrolador Arduino Uno R3, sumándole una resistencia obligatoria de 220Ω para evitar el quemado del mismo.

Por lo tanto, la adjudicación de pines queda de la siguiente manera:

Led:	Pin Arduino Uno R3:
1	6
2	5
3	4
4	3
5	2

2.3.1.8. Ventilador.

Como bien se ha indicado anteriormente, este será utilizado para aquellos casos mencionados en el *apartado 2.3.1.5.3*, el cual se corresponde al plan de actuación del proyecto.

2.3.1.8.1. Características del ventilador.

Se instalará un único ventilador, el cual deberá de tener como mínimo, las siguientes características:

Ancho:	Profundidad:
80 mm	80 mm
Altura:	Peso:
25 mm	60 g
Diámetro del ventilador:	Tiempo para fallos:
8 cm	5000 h
Voltaje:	Intensidad Nominal:
5V – 12V DC	0,12 A
Velocidad de rotación:	Flujo de aire:
1800 rpm	30,5 cfm

2.3.1.8.2. Configuración del ventilador.

El ventilador, requerirá de una salida digital, por lo que esta será instalada en los pines digitales de nuestro microcontrolador Arduino Uno R3 o similar, quedando de la siguiente manera:

Cable del Ventilador:	Pin Arduino Uno R3:
Positivo (+)	7 (Pin digital D7)
Negativo (-)	GND

2.3.2. Características del sistema de alimentación.

El sistema de alimentación estará configurado según la normativa **ISO 14908** por la que se regulan el interconexión de sistemas, así como la normativa **ESA PSS-01-212**, en la que se recoge todo lo relacionado con la construcción de CubeSats.

Dicho sistema de alimentación estará conformado por ocho paneles solares, dos baterías Li-Po de almacenaje y finalmente y módulo de control y gestión de corriente eléctrica.

2.3.2.1. Características de los paneles fotovoltaicos.

Los paneles fotovoltaicos a instalar, para que se adecuen al correcto funcionamiento del satélite, así como a los requisitos mínimos necesarios, quedan establecidos como los siguientes:

Tensión:	Intensidad:
1.5V	S/E
Temperatura Operativa Mínima:	Temperatura Operativa Máxima:
-20 °C	60 °C

El conexionado se realizará en serie entre paneles solares, obteniendo el doble de tensión en cada lateral del satélite, y luego se unirán en paralelo para mantener la tensión y aumentar la intensidad total.

2.3.2.2. Características de las baterías LiPo.

Para darle durabilidad al satélite, incorporaremos dos baterías LiPo en el satélite, haciendo que estas de energía a dicho satélite cuando la energía captada por los paneles fotovoltaicos no sea la óptima y necesaria. Y, para ello, utilizaremos baterías que posean las siguientes características técnicas, realizando un conexionado en serie.

Tensión Nominal:	Intensidad:
3.7 V	820 mAh
Potencia:	3 Wh

2.3.2.3. Características del módulo TP4056.

El módulo TP4056 será utilizado para regular la carga de las baterías, así como la entrada de alimentación al satélite, permitiendo aplicar primero la entrada de paneles fotovoltaicos y en caso de reserva, utilizar las baterías.

Dicho módulo posee las siguientes características técnicas, pudiendo utilizar otro módulo de especificaciones iguales o superiores.

Voltaje:	Corriente de Carga Programable:
4 a 8 VDC	1000 mA
Preajuste Automático:	Recarga Automática:
4.2 VDC	SÍ
Carga Directa por USB:	MOSFET Adicional:
Baterías Li-Po	NO

2.3.2.3.1. Conexión del sistema de alimentación.

A continuación, se muestra un esquema del conexiónado de todo el módulo de alimentación, siendo este afectado en caso de sustituir algunos de los componentes utilizados en dicho proyecto, quedando bajo responsabilidad de cada uno de ellos.

Se adjunta un regulador de tensión, siendo este opcional en caso de producir más tensión e intensidad de la necesaria.

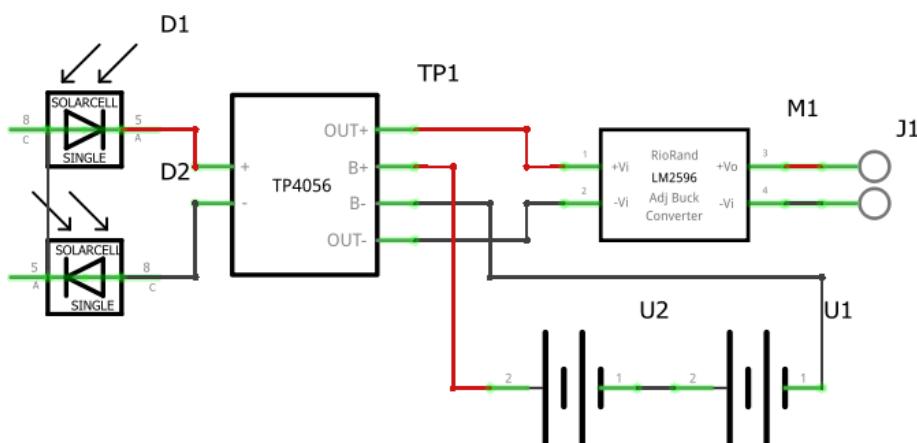


Figura 8: CONEXIÓN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

2.4. Condicionantes del sistema de cableado.

Según lo estipulado en la normativa ***ESA PSS-01-212***, por la que se regula la construcción de cubesat, así como las normativas ***ECSS-Q-ST-60-15C***, ***ECSS-Q-ST-60-13C*** y ***ECSS-E-ST-10C***, por la que se regulan los materiales espaciales, los componentes electrónicos y la ingeniería de sistemas, correspondientemente, se utilizará un cableado de aluminio o de cobre, que cumpla con las características pertinentes. Además, estos deben cumplir la normativa ***UNE-EN-50265-2-1*** por la que se estipula la no propagación de la llama.

Las características de los cables de aluminio y cobre mostrados a continuación, son características mínimas, por lo que servirán de base, pudiendo poner siempre elementos conductores que mantengan esas características mínimas, o superiores.

2.4.1. Características del cableado de cobre.

Conductor de cobre:	Diámetro total:
1 mm // 2 mm	2.8 mm
Sección de cable:	Corriente máxima:
>= 0,43 mm ²	6 A
Material Aislante:	Temperatura:
PVC	-10°C / 60°C

El color del cableado para cada componente estará definido en el punto 2.4.3. debido al cumplimiento de la norma ***ISO 14908*** y la norma ***ISO 21500*** por la que se regulan los interconexiónado de sistemas y la orientación y conceptos de los procesos relacionados con la dirección y gestión de proyectos, la normalización del mismo.

2.4.2. Asignación de colores al cableado.

Según el cumplimiento de la norma **ISO 14908** por la que se estipula la regulación del interconexión de sistemas, así como la norma **ISO 21500** por la que obtenemos la normalización de los proyectos, el cableado en su completa conformidad quedan estipulados de la siguiente manera:

Elemento	Color	Pin
Sensor DHT11 Interior		
Pin +	Rojo	+
Pin -	Marrón	-
Pin Datos	Naranja	Digital (11)
Sensores DHT11 Exteriores		
Vcc	Rojo	+
GND	Marrón	-
Pin Datos	Naranja	Digital (10)
Vcc	Rojo	+
GND	Marrón	-
Pin Datos	Naranja	Digital (9)
Sensor Detector Luz		
Patilla Izquierda	Verde	-
Patilla Derecha	Rojo	+
Patilla Resistencia	Amarillo	Analog (0)
Patilla Izquierda	Verde	-
Patilla Derecha	Rojo	+
Patilla Resistencia	Amarillo	Analog (1)
Sensor Detector Llama		
Vcc	Rojo	+
GND	Verde	-
Pin Datos	Amarillo	Analog (2)
Sensor Movimiento MPU-6050		
Vcc	Blanco	+
GND	Negro	-
SCL	Verde	Analog (5)
SDA	Amarillo	Analog (4)
Leds Indicadores		
Led 1 - Vcc	Blanco	Digital (6)
Led 1 - GND	Negro	-
Led 2 - Vcc	Blanco	Digital (5)
Led 2 - GND	Negro	-
Led 3 - Vcc	Blanco	Digital (4)
Led 3 - GND	Negro	-
Led 4 - Vcc	Blanco	Digital (3)
Led 4 - GND	Negro	-
Led 5 - Vcc	Blanco	Digital (2)
Led 5 - GND	Marrón	-

Sistema de Ventilación		
Vcc	Blanco	Digital (8)
GND	Gris	-
Módulo de comunicación LoRa		
Vcc	Morado	+
GND	Azul	-
TX	Verde	Digital (RX)
RX	Amarillo	Digital (TX)

(-) = Símbolo negativo, conectado a tierra.

(+) = Símbolo positivo, conectado a la parte positiva de la corriente eléctrica.

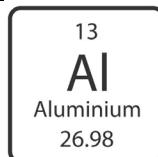
Digital (x) = conexión al pin x, digital de la placa de desarrollo Arduino.

Analog (x) = conexión al pin x, analógico de la placa de desarrollo Arduino.

2.5. Condicionantes estructurales.

Para el desarrollo de este satélite, al igual que para la realización de otro producto, deben de seguirse algunas normas estructurales básicas, mas concretamente en este tipo de proyectos debido a que dicha estructura estará sometida a diversos efectos gravitacionales. Y es por ello que se recomienda el uso de aluminio espacial con las siguientes características, pero para abaratar costes, se puede realizar la estructura de PLA o ácido Poliláctico, el cual reúne con una serie de características idóneas para soportar diversos fenómenos espaciales y atmosféricos.

2.5.1. Características del aluminio espacial.

Aluminio Espacial (AW2024-601)	
PROPIEDADES	
Norma UNE:	L-3140 / 38.314
Densidad:	2.8 g/cm ³
Estado de tratamiento:	T-351
Carga de Rotura:	420 – 435 N/mm ²
Limite Elástico:	285 – 290 N/mm ²
Dureza:	120 Brinell
Punto de Fusión:	500 – 640 °C

En caso de utilizar el aluminio espacial para la realización del proyecto, estas son las características técnicas mínimas que debe de tener dicho aluminio, a su vez, hay que tener el valor del peso de dicho producto con este material, para que este no se vea influido en los cálculos realizados.

2.5.2. Características del Ácido Poliláctico (PLA).

El desarrollo de Cubesat, o de pequeños satélites aún no está desarrollado en un gran porcentaje, por lo que no sabremos a ciencia cierta el verdadero comportamiento de este material en espacio espacial, así como su comportamiento en presiones atmosféricas diferentes.

Por lo que es importante que a la hora de imprimir con impresora 3D estas piezas, estas tengan una impresión interna en forma de **"Hexágono"**, permitiendo así una fuerza estructural mayor, debido a la repartición de cargas del mismo.

Del mismo modo, el ácido Poliláctico debe de tener las siguientes características:

Ácido Poliláctico (PLA)	
PROPIEDADES	
Densidad:	1,24 g/cm ³
Límite Elástico:	3309 MPa
Resistencia a Compresión:	66 MPa
Resistencia a Flexión:	485 MPa
Temperatura de Deformación:	55 oC
Elongación:	3%

Este material es económico, debido a que la impresión en 3D tiene un bajo costo, aunque se podía haber optado por resina o por corte CNC en aluminio aeroespacial, siendo esta última la mejor opción. Aunque con la opción del ácido Poliláctico, se obtienen grandes resultados.

2.6. Condicionantes del montaje.

Todo elemento requiere de un proceso de configuración y de montaje, es por ello que, para la realización de este satélite, se aplicarán una serie de pasos, los cuales deben de seguirse en el mismo orden, debido a que un montaje inadecuado, puede afectar directa o indirectamente al correcto funcionamiento del mismo.

Estos pasos, en cumplimiento de la normativa ***ESA PSS-01-212***, por la que se regulan las construcciones de cubesat, al igual que en cumplimiento de la normativa ***ECSS-E-ST-15C***, en regulación de la gestión de configuración y en ordenanza con las normativas ***ECSS-E-ST-20-80C*** y ***ECSS-Q-ST-80-04C*** por las que se inspecciona, se verifica y se prueba el sistema y la estructura, como la calificación de los componentes.

Los pasos del montaje pueden verse en el Anexo IV, "Manual de Montaje", aunque se desarrollan a continuación de forma más técnica.

2.6.1. Montaje estructural.

- 1) En primer lugar, estableceremos los paneles laterales, con las placas solares ya colocadas en sus respectivas posiciones, así como el recubrimiento térmico necesario para la refracción de las diferentes radiaciones.
- 2) Tras la colocación de los paneles solares y los paneles térmicos en los laterales del cuerpo, procederemos a pegar los paneles térmicos en la base y en el cierre superior.
- 3) Una vez finalizada la colocación de paneles térmicos, se procede a la colocación de los diferentes sensores, dejando el cableado en el interior.
- 4) Una vez colocados los sensores, se procede a la colocación del sistema de ventilación.
- 5) Con el sistema de ventilación colocado, se introduce el “cerebro”, el Arduino Uno R3, con los sensores incorporados y se ancla mediante el sistema de roscado de cobre.
- 6) Con el “cerebro” sujeto, se procede al conexionado y carga del código (**2.6.2.**).
- 7) Con el código cargado, se procede al cierre mediante la tapadera con el panel térmico, y roscado por ocho tornillos de métrica M5 de 20 mm de longitud.

2.6.2. Cargado del software.

Para un correcto funcionamiento del satélite, se debe introducir el código proporcionado, por lo que para ello se seguirán los siguientes pasos:

- 1) Descargar el código a través del repositorio oficial:
<https://github.com/alejandroperez9/ARDUSAT>
- 2) Una vez descargado el código desde el repositorio, se procederá a abrir el código emisor en Arduino IDE. ***CUIDADO: TENER LAS LIBRERÍAS INSTALADAS CORRECTAMENTE***
- 3) Abierto en Arduino IDE y conectado mediante el puerto serie, procedemos a verificar y cargar el código.
- 4) Finalmente, tras cargarlo y conectar el emisor, obtendremos una conexión estable.

2.7. Otros condicionantes a tener en cuenta.

Los proyectos tienen elementos que pasan desapercibidos, pero de no ser por ellos, dicho proyecto podría sufrir errores de forma directa o de forma indirecta, es por ello que hay que tener los siguientes elementos en cuenta para la realización de este proyecto.

2.7.1. Tubo termo retráctil.

La utilización de los tubos termo retráctiles es muy importante, debido a que estos permiten “sellar” la correcta soldadura entre los diferentes componentes del satélite. Haciendo que este reduzca sus pérdidas, así como permitiendo la eliminación de posibles cortocircuitos, y por tanto la producción de fallos lógicos y electrónicos.

2.7.2. Soldadura.

La soldadura no es un elemento como tal, pero es un proceso de unión de elementos muy importante, es por ello que se debe de seguir un estricto protocolo de soldadura para así obtener una soldadura limpia y perfecta, evitando posibles roturas de esta o el cortocircuito con otros elementos electrónicos.

2.7.3. Elemento de sujeción y anclaje.

2.7.3.1. Pegamento, resinas y puntos de unión.

Para la colocación de los paneles térmicos, se aplicarán pegamentos basados en resinas, para así no dañar el ácido Poliláctico de este, pero en caso de utilizar aluminio espacial, se podrá aplicar la unión por soldadura, ya que este los permitiría. Si se usa otro material, se deberá de estudiar la composición de los pegamentos y resinas para ver si afectan a la estructura molecular del mismo.

2.7.3.2. Tornillería.

Para este proyecto, se utilizará exclusivamente tornillería de métrica M5, con una longitud de 20 mm, permitiendo así la unión de la parte superior con el resto del cuerpo. Esta unión deberá de estar conformada por un cilindro avellanado, permitiendo así el cierre y sellado de dicho satélite.

Por otro lado, se utilizará tornillería estándar para la colocación de elevadores y sujeteciones de latón en la placa de desarrollo de Arduino y en su interior.

2.7.3.3. Instrumentación.

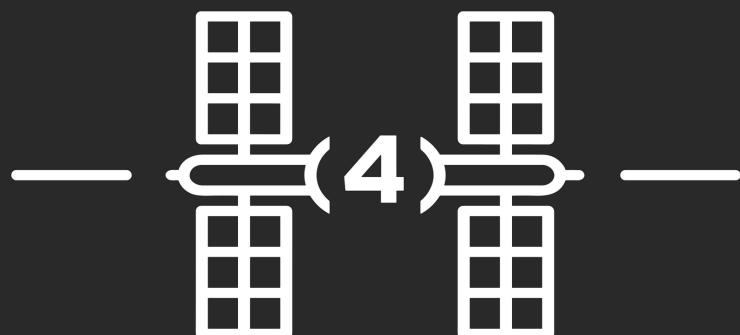
El satélite deberá de estar equipado con instrumentos de mediciones, así como sensores remotos, en los que incluimos, detectores de temperatura y humedad, lectores de capacidad de luz emitida / radiada, sensores internos de temperatura y alerta de aviso y sensores de movimiento para la aceleración y el giroscopio del mismo, permitiendo estos un cálculo y un estudio de datos posterior en la estación base.

2.7.3.4. Órbita y altitud.

El satélite deberá ser diseñado para operar en una órbita geoestacionaria con la altitud de 35786 kilómetros de distancia, para conectarse al sistema TDRS (Tracking and Data Relay Satellite System). Esta órbita y conectividad, permitirá una cobertura global y facilitará la observación periódica de diversas regiones geográficas.

ARDU-SAT

PRESUPUESTO



CUADRO DE DESCOMPUESTOS

DESARROLLO DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO.

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 01 DISEÑO Y MODELADO 3D					
01.01	UD	ESBOZADO Y TRAZABILIDAD DISEÑO Y MODELADO 3D: PARTE ENCARGADA DEL DESARROLLO MEDIANTE SOFTWARE DE LOS PLANOS NECESARIOS, ASÍ COMO EL MODELADO 3D CORRESPONDIENTE AL MISMO PARA LA CORRECTA VISUALIZACIÓN Y CUMPLIMENTACIÓN DE LA NORMATIVA DE ESTÁNDARES DE CUBESATS.			
MO001	4,000 Hr	MANO DE OBRA TÉCNICO SUPERIOR	12,00	48,00	
		Mano de obra.....		48,00	
		TOTAL PARTIDA		48,00	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y OCHO EUROS

01.02	UD	DISEÑO DE PLANO 2D DISEÑO DE PLANO 2D: DESARROLLO Y TRAZADO DE LOS PLANOS CORRESPONDENTES AL SATÉLITE, UTILIZANDO SOFTWARE BASADO EN CAD, PARA LA TRAZABILIDAD DE LÍNEAS, ASÍ COMO ACOTACIÓN DE LOS MISMOS.			
MO001	7,000 Hr	MANO DE OBRA TÉCNICO SUPERIOR	12,00	84,00	
MAQ001	1,000 Hr	SOFTWARE EN EQUIPO + GASTOS DERIVADOS.	10,00	10,00	
		Mano de obra.....		84,00	
		Maquinaria.....		10,00	
		TOTAL PARTIDA		94,00	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVENTA Y CUATRO EUROS

01.03	UD	ELABORACIÓN 3D ELABORACIÓN 3D: DESARROLLO DEL MODELADO Y LEVANTAMIENTO DEL SATÉLITE EN 3 DIMENSIONES, PARA VER LA PREVIA VISUALIZACIÓN DEL ARDU-SAT-MG01 PREVIO A SU DESARROLLO FÍSICO.			
MO001	16,000 Hr	MANO DE OBRA TÉCNICO SUPERIOR	12,00	192,00	
MAQ001	1,000 Hr	SOFTWARE EN EQUIPO + GASTOS DERIVADOS.	10,00	10,00	
		Mano de obra.....		192,00	
		Maquinaria.....		10,00	
		TOTAL PARTIDA		202,00	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS DOS EUROS

01.04	UD	CORRECIÓN DE ERRORES CORRECCIÓN DE ERRORES: SOLUCIONAR POSIBLES FALLOS TÉCNICOS O DE DIBUJO SURGIDOS A LO LARGO DEL DESARROLLO DEL SATÉLITE, ASÍ COMO ADAPTACIONES ESTRUCTURALES NECESARIAS.			
MO001	2,000 Hr	MANO DE OBRA TÉCNICO SUPERIOR	12,00	24,00	
MAQ001	2,000 Hr	SOFTWARE EN EQUIPO + GASTOS DERIVADOS.	10,00	20,00	
		Mano de obra.....		24,00	
		Maquinaria.....		20,00	
		TOTAL PARTIDA		44,00	

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y CUATRO EUROS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

DESARROLLO DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO.

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 02 CONSTRUCCIÓN DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO, ARDU-SAT-MG01						
02.01	UD	IMPRESIÓN DEL MODELO 3D	IMPRESIÓN DEL MODELO 3D: MANO DE OBRA NECESARIA PARA LA CORRECTA APLICACIÓN E IMPRESIÓN DEL MODELO 3D A REALIZAR, ASÍ COMO LA PROPIA IMPRESIÓN, INCLUYENDO GASTOS DE LUZ Y MANTENIMIENTO.			
M0001	1,000	Hr	MANO DE OBRA TÉCNICO SUPERIOR	12,00	12,00	
MAQ002	28,000	m	IMPRESIÓN DE FILAMENTO COLOR NEGRO	0,50	14,00	
				Mano de obra.....		12,00
				Maquinaria.....		14,00
				TOTAL PARTIDA.....		26,00
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTISEIS EUROS						
02.02	UD	MÓDULO DE CARGA	MÓDULO DE CARGA: CONFORMADO POR OCHO PANELES FOTOVOLTAICOS DE 1,5V Y 0,65W DE POTENCIA, ENCARGADOS DE OBTENER ENERGÍA PROCEDENTE DE LA LUZ SOLAR. ESTA ENERGÍA ES CONTROLADA POR EL CONTROLADOR DE CARGA TP4056, EL CUAL PERMITE ALIMENTAR LAS SALIDAS PRINCIPALMENTE MEDIANTE LA ENERGÍA OBTENIDA POR DICHOS PANELES, Y, CUANDO SE REQUIERA DE MAS, ESTA ENERGÍA SE OBTENDRÁ DE LAS DOS BATERÍAS Li-Po DE 3,7V Y 2000 mAH INSTALADAS EN EL MÓDULO DE CARGA.			
MAT001	8,000	UD	PANEL SOLAR. DIMENSIONES 53x30 MM. CARACTERISTICAS 1.5V Y 0,65W.	1,76	14,08	
MAT002	1,000	UD	REGULADOR DE VOLTAJE LM7805 CON CAPACIDAD DE +5V Y 1.5A.	1,87	1,87	
MAT003	1,000	UD	MODULO DE CARGA TP4056 CON PROTECCIÓN DUAL.	1,49	1,49	
MAT004	2,000	UD	BATERÍA Li-Po RECARGABLES DE 3,7V Y 2000 mAH, CONEXIÓN JST.	3,53	7,06	
MAT005	10,000	UD	TUBO TERMORETRACTIL	0,06	0,60	
M0001	1,000	Hr	MANO DE OBRA TÉCNICO SUPERIOR	12,00	12,00	
U016	1,000	UD	SOLDADURA DEL SISTEMA	20,00	20,00	
U017	1,000	UD	CABLEADO DE COBRE // ALUMINIO	5,60	5,60	
AUX001	5,000	UD	MATERIAL AUXILIAR	0,15	0,75	
				Mano de obra.....		28,80
				Maquinaria.....		8,00
				Materiales		26,65
				TOTAL PARTIDA.....		63,45
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SESENTA Y TRES EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS						
02.03	UD	MÓDULO DE SENsoRES	MÓDULO DE SENsoRES: ENCARGADO DE LA RECEPCIÓN DE DATOS Y DEL PROCESADO DE LOS MISMOS, UTILIZANDO SENsoRES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DHT 11, SITUADOS EN EL INTERIOR Y EN EL EXTERIOR DEL ARDU-SAT-MG01, ASÍ COMO SENsoRES ANALÓGICOS PARA DETECTAR POSIBLES INCENDIOS Y SENsoRES DE LECTURA DE CAPTACIÓN DE LUZ SOLAR. FINALMENTE SE INCLUYE UN ACELERÓMETRO Y GIROSCOPIO DE 6 GRADOS DE LIBERTAD.			
MAT008	3,000	UD	SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DHT11.	1,11	3,33	
MAT009	1,000	UD	GIROSCOPIO Y ACELERÓMETRO MPU6050 DE 6 EJES DE LIBERTAD.	7,89	7,89	
MAT010	1,000	UD	SENSOR DETECTOR DE LLAMA.	3,10	3,10	
MAT011	2,000	UD	FOTORRESISTENCIA, LDR DE LECTURA ANALÓGICA.	0,65	1,30	
MAT012	1,000	UD	SHIELD PARA ARDUINO DE FACIL CONEXIONADO.	9,67	9,67	
MAT005	20,000	UD	TUBO TERMORETRACTIL	0,06	1,20	
M0001	1,500	Hr	MANO DE OBRA TÉCNICO SUPERIOR	12,00	18,00	
U016	1,000	UD	SOLDADURA DEL SISTEMA	20,00	20,00	
MAT013	12,000	UD	SOPORTES DE BRONCES PARA ANCLADO Y SUJECCION.	0,20	2,40	
U017	1,000	UD	CABLEADO DE COBRE // ALUMINIO	5,60	5,60	
AUX001	5,000	UD	MATERIAL AUXILIAR	0,15	0,75	
				Mano de obra.....		34,80
				Maquinaria.....		8,00
				Materiales		30,44
				TOTAL PARTIDA.....		73,24
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y TRES EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS						

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

DESARROLLO DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO.

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
02.04	UD	MÓDULO DE ACTUACIÓN MÓDULO DE ACTUACIÓN: ENCARGADO DE MOSTRAR LOS ERRORES MEDIANTE LOS 5 LEDS INCORPORADOS, PARA UNA REPARACIÓN MAS FACIL Y SENCILLA. POR OTRO LADO, ENCONTRAMOS EL VENTILADOR DE EXTRACCIÓN DE OXÍGENO, EL CUAL PERMITE QUE EN EL MOMENTO QUE SE PRODUZCA UNA LLAMA DE FUEGO Y SEA DETECTADA, ESTE COMENZARÁ LA EXTRACCIÓN, DEJANDO AL FUEGO SIN OXÍGENO Y EVITANDO UN DAÑO MAYOR.			
MAT015	5,000	LED INDICADOR DE ERROR, COLOR ROJO.	0,18	0,90	
MAT016	1,000	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN DE OXÍGENO DE PRESIÓN MEDIA.	7,89	7,89	
MO001	0,200	Hr MANO DE OBRA TÉCNICO SUPERIOR	12,00	2,40	
MAT005	12,000	UD TUBO TERMORETRACTIL	0,06	0,72	
U016	0,500	UD SOLDADURA DEL SISTEMA	20,00	10,00	
MAT017	5,000	UD RESISTENCIAS DE VALORES OHMNICOS ENTRE 1 Y 1M DE OHMNIOS	0,08	0,40	
AUX001	5,000	UD MATERIAL AUXILIAR	0,15	0,75	
		Mano de obra.....	8,40		
		Maquinaria.....	4,00		
		Materiales.....	10,66		
		TOTAL PARTIDA.....	23,06		
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTITRES EUROS con SEIS CÉNTIMOS					
02.05	UD	MÓDULO CENTRAL DE COMPUTACIÓN MÓDULLO CENTRAL DE COMPUTACIÓN: ENCARGADO DE REALIZAR TODOS LOS PROCESOS DE SENsoRES Y ACTUADORES MEDIANTE UN ÓRDEN LÓGICO PREVIAMENTE ESTABLECIDOS MEDIANTE UN CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN BASADO EN C#. LA MANO DE OBRA NO INCLUYE EL MONTAJE DE TODOS LOS COMPONENTES,DEBIDO A QUE SE ESTABLECEN EN OTRA UNIDAD DIFERENTE.			
MAT018	1,000	UD ARDUINO UNO R3, CON CHIP ATMEGA-328P.	14,00	14,00	
MO001	0,200	Hr MANO DE OBRA TÉCNICO SUPERIOR	12,00	2,40	
U018	1,000	UD CÓDIGO DE EMISIÓN.	78,00	78,00	
AUX001	5,000	UD MATERIAL AUXILIAR	0,15	0,75	
		Mano de obra.....	70,40		
		Maquinaria.....	10,00		
		Materiales.....	14,75		
		TOTAL PARTIDA.....	95,15		
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVENTA Y CINCO EUROS con QUINCE CÉNTIMOS					
02.06	UD	MÓDULO DE COMUNICACIÓN MÓDULO DE COMUNICACIÓN: COMPUESTO POR EL MÓDULO DE COMUNICACIÓN LoRa E32-900T30d, EL CUAL DEBE DE SER CONFIGURADO MEDIANTE UNA INTERFAZ TTL-USB, APLICANDOLES LOS PARÁMETROS NECESARIOS PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO.			
U012	1,000	UD MÓDULO DE COMUNICACIÓN LoRa.	19,99	19,99	
MO001	0,500	Hr MANO DE OBRA TÉCNICO SUPERIOR	12,00	6,00	
U017	0,500	UD CABLEADO DE COBRE // ALUMINIO	5,60	2,80	
U016	0,500	UD SOLDADURA DEL SISTEMA	20,00	10,00	
AUX001	5,000	UD MATERIAL AUXILIAR	0,15	0,75	
		Mano de obra.....	20,40		
		Maquinaria.....	4,00		
		Materiales.....	15,14		
		TOTAL PARTIDA.....	39,54		
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y NUEVE EUROS con CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS					
02.07	UD	ENSAMBLADO DEL ARDU-SAT-MG01. MONTAJE DE TODAS LAS PIEZAS DEL ARDU-SAT-01, TERMINANDO DE REALIZAR LAS SOLDADURAS Y DE COLOCAR LOS TUBOS TERMORETRACTILES PERTINENTES, DANDO POR FINALIZADA EL MONTAJE DEL SATÉLITE.			
MO001	1,000	Hr MANO DE OBRA TÉCNICO SUPERIOR	12,00	12,00	
AUX001	5,000	UD MATERIAL AUXILIAR	0,15	0,75	
MAT014	8,000	UD TORNILLOS MÉTRICA 5, M5, 200 MM LARGO.	0,63	5,04	
		Mano de obra.....	12,00		
		Materiales.....	5,79		
		TOTAL PARTIDA.....	17,79		
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS					

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

DESARROLLO DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO.

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 03 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN						
03.01	UD	MÓDULO DE COMUNICACIÓN LoRa.	MÓDULO DE CONFIGURACIÓN LoRa: USO DE LA INTERFAZ TTL-USB PARA LA CORRECTA APLICACIÓN DE PARÁMETROS, PERMITIENDO ASÍ EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL MISMO.			
MAT019	1,000	UD	MÓDULO DE COMUNICACIÓN LoRa E32-900T30d.	7,99	7,99	
MAT020	1,000	UD	ANTENA DE EMISIÓN // RECEPCIÓN OMNIDIRECCIONAL.	6,00	6,00	
MO003	0,500	Hr	CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO DE COMUNICACIÓN	12,00	6,00	
			Mano de obra.....		6,00	
			Materiales		13,99	
			TOTAL PARTIDA.....			19,99

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECINUEVE EUROS con NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

DESARROLLO DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO.

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 04 LANZAMIENTO Y PUESTA EN ÓRBITA						
04.01		UD	CONTROL DE CALIDAD REALIZADO POR EMPRESA EXTERNA.			
CCEXT001	1,000	UD	CONTROL DE CALIDAD	2.000,00	2.000,00	
			Mano de obra.....		2.000,00	
			TOTAL PARTIDA			2.000,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL EUROS

04.02		UD	LANZAMIENTO A ÓRBITA REALIZADO POR EMPRESA EXTERNA.			
CCEX002	1,000	UD	LANZAMIENTO A ÓRBITA	55.000,00	55.000,00	
			Mano de obra.....		55.000,00	
			TOTAL PARTIDA			55.000,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y CINCO MIL EUROS

04.03		UD	GLOBO CIENTÍFICO METEOROLÓGICO.			
CCEX003	1,000	UD	GLOBO CIENTÍFICO	1.500,00	1.500,00	
			Mano de obra.....		1.500,00	
			TOTAL PARTIDA			1.500,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL QUINIENTOS EUROS

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

DESARROLLO DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO CAP01 DISEÑO Y MODELADO 3D									
U001	UD ESBOZADO Y TRAZABILIDAD DISEÑO Y MODELADO 3D: PARTE ENCARGADA DEL DESARROLLO MEDIANTE SOFTWARE DE LOS PLANOS NECESARIOS, ASÍ COMO EL MODELADO 3D CORRESPONDIENTE AL MISMO PARA LA CORRECTA VISUALIZACIÓN Y CUMPLIMENTACIÓN DE LA NORMATIVA DE ESTÁNDARES DE CUBESATS.						1,00	48,00	48,00
U002	UD DISEÑO DE PLANO 2D DISEÑO DE PLANO 2D: DESARROLLO Y TRAZADO DE LOS PLANOS CORRESPONDENTES AL SATÉLITE, UTILIZANDO SOFTWARE BASADO EN CAD, PARA LA TRAZABILIDAD DE LÍNEAS, ASÍ COMO ACOTACIÓN DE LOS MISMOS.						1,00	94,00	94,00
U003	UD ELABORACIÓN 3D ELABORACIÓN 3D: DESARROLLO DEL MODELADO Y LEVANTAMIENTO DEL SATÉLITE EN 3 DIMENSIONES, PARA VER LA PREVIA VISUALIZACIÓN DEL ARDU-SAT-MG01 PREVIO A SU DESARROLLO FÍSICO.						1,00	202,00	202,00
U004	UD CORRECIÓN DE ERRORES CORRECCIÓN DE ERRORES: SOLUCIONAR POSIBLES FALLOS TÉCNICOS O DE DIBUJO SURGIDOS A LO LARGO DEL DESARROLLO DEL SATÉLITE, ASÍ COMO ADAPTACIONES ESTRUCTURALES NECESARIAS.						1,00	44,00	44,00
TOTAL CAPÍTULO CAP01 DISEÑO Y MODELADO 3D									388,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

DESARROLLO DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO CAP02 CONSTRUCCIÓN DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO, ARDU-SAT-MG01									
U005	UD IMPRESIÓN DEL MODELO 3D								
	IMPRESIÓN DEL MODELO 3D: MANO DE OBRA NECESARIA PARA LA CORRECTA APLICACIÓN E IMPRESIÓN DEL MODELO 3D A REALIZAR, ASÍ COMO LA PROPIA IMPRESIÓN, INCLUYENDO GASTOS DE LUZ Y MANTENIMIENTO.						1,00	26,00	26,00
U006	UD MÓDULO DE CARGA								
	MÓDULO DE CARGA: CONFORMADO POR OCHO PANELES FOTOVOLTAICOS DE 1,5V Y 0,65W DE POTENCIA, ENCARGADOS DE OBTENER ENERGÍA PROCEDENTE DE LA LUZ SOLAR. ESTA ENERGÍA ES CONTROLADA POR EL CONTROLADOR DE CARGA TP4056, EL CUAL PERMITE ALIMENTAR LAS SALIDAS PRINCIPALMENTE MEDIANTE LA ENERGÍA OBTENIDA POR DICHOS PANELES, Y, CUANDO SE REQUIERA DE MAS, ESTA ENERGÍA SE OBTENDRÁ DE LAS DOS BATERÍAS Li-Po DE 3,7V Y 2000 mAH INSTALADAS EN EL MÓDULO DE CARGA.						1,00	63,45	63,45
U007	UD MÓDULO DE SENsoRES								
	MÓDULO DE SENsoRES: ENCARGADO DE LA RECEPCIÓN DE DATOS Y DEL PROCESADO DE LOS MISMOS, UTILIZANDO SENsoRES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DHT 11, SITUADOS EN EL INTERIOR Y EN EL EXTERIOR DEL ARDU-SAT-MG01, ASÍ COMO SENsoRES ANALÓGICOS PARA DETECTAR POSIBLES INCENDIOS Y SENsoRES DE LECTURA DE CAPTACIÓN DE LUZ SOLAR. FINALMENTE SE INCLUYE UN ACELERÓMETRO Y GIROSCOPIO DE 6 GRADOS DE LIBERTAD.						1,00	73,24	73,24
U008	UD MÓDULO DE ACTUACIÓN								
	MÓDULO DE ACTUACIÓN: ENCARGADO DE MOSTRAR LOS ERRORES MEDIANTE LOS 5 LEDS INCORPORADOS, PARA UNA REPARACIÓN MAS FACIL Y SENCILLA. POR OTRO LADO, ENCONTRAMOS EL VENTILADOR DE EXTRACCIÓN DE OXÍGENO, EL CUAL PERMITE QUE EN EL MOMENTO QUE SE PRODUZCA UNA LLAMA DE FUEGO Y SEA DETECTADA, ESTE COMENZARÁ LA EXTRACCIÓN, DEJANDO AL FUEGO SIN OXÍGENO Y EVITANDO UN DAÑO MAYOR.						1,00	23,06	23,06
U009	UD MÓDULO CENTRAL DE COMPUTACIÓN								
	MÓDULO CENTRAL DE COMPUTACIÓN: ENCARGADO DE REALIZAR TODOS LOS PROCESOS DE SENsoRES Y ACTUADORES MEDIANTE UN ÓRDEN LÓGICO PREVIAMENTE ESTABLECIDOS MEDIANTE UN CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN BASADO EN C#. LA MANO DE OBRA NO INCLUYE EL MONTAJE DE TODOS LOS COMPONENTES, DEBIDO A QUE SE ESTABLECEN EN OTRA UNIDAD DIFERENTE.						1,00	95,15	95,15
U010	UD MÓDULO DE COMUNICACIÓN								
	MÓDULO DE COMUNICACIÓN: COMPUESTO POR EL MÓDULO DE COMUNICACIÓN LoRa E32-900T30d, EL CUAL DEBE DE SER CONFIGURADO MEDIANTE UNA INTERFAZ TTL-USB, APlicANDOLES LOS PARÁMETROS NECESARIOS PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO.						1,00	39,54	39,54
U011	UD ENSAMBLADO DEL ARDU-SAT-MG01.								
	MONTAJE DE TODAS LAS PIEZAS DEL ARDU-SAT-01, TERMINANDO DE REALIZAR LAS SOLDADURAS Y DE COLOCAR LOS TUBOS TERMORETRACTILES PERTINENTES, DANDO POR FINALIZADA EL MONTAJE DEL SATÉLITE.						1,00	17,79	17,79
	TOTAL CAPÍTULO CAP02 CONSTRUCCIÓN DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO, ARDU-SAT-MG01.....								338,23

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

DESARROLLO DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO CAP03 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN									
U012	UD MÓDULO DE COMUNICACIÓN LoRa.								
	MÓDULO DE CONFIGURACIÓN LoRa: USO DE LA INTERFAZ TTL-USB PARA LA CORRECTA APLICACIÓN DE PARÁMETROS, PERMITIENDO ASÍ EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL MISMO.								
							1,00	19,99	19,99
MO001	Hr MANO DE OBRA TÉCNICO SUPERIOR								
							0,50	12,00	6,00
MAQ004	UD INTERFAZ TTL-USB PERMANENTE								
							1,00	12,00	12,00
AUX001	UD MATERIAL AUXILIAR								
							5,00	0,15	0,75
TOTAL CAPÍTULO CAP03 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN.....									38,74

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

DESARROLLO DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO.

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO CAP04 LANZAMIENTO Y PUESTA EN ÓRBITA									
U013	UD CONTROL DE CALIDAD REALIZADO POR EMPRESA EXTERNA.						1,00	2.000,00	2.000,00
U014	UD LANZAMIENTO A ÓRBITA REALIZADO POR EMPRESA EXTERNA.						1,00	55.000,00	55.000,00
	TOTAL CAPÍTULO CAP04 LANZAMIENTO Y PUESTA EN ÓRBITA.....							57.000,00	
	TOTAL.....								57.764,97

RESUMEN DE PRESUPUESTO

DESARROLLO DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO.

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS	%
CAP01	DISEÑO Y MODELADO 3D.....	388,00	0,67
CAP02	CONSTRUCCIÓN DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO, ARDU-SAT-MG01.....	338,23	0,59
	CONSTRUCCIÓN DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO, ARDU-SAT-MG01: IMPRESIÓN DE LAS PIEZAS 3D PARA EL POSTERIOR MONTAJE DE TODO EL EQUIPO DE ALIMENTACIÓN, CAPTACIÓN DE DATOS, COMPUTACIÓN Y PROCESADO DE DATOS Y DE EMISIÓN DE DICHOS DATOS, UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA DE LOS SATÉLITES TDRS, PERMITIENDO REALIZAR CUBESATS MÁS PEQUEÑOS.		
CAP03	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN.....	38,74	0,07
	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN: DISPOSITIVO SITUADO EN TIERRA, PERMITIENDO EL CONEXIONADO AL SISTEMA TDRS PARA LA COMUNICACIÓN CON EL ARDU-SAT-MG01. UTILIZANDO LA INTERFAZ TTL-USB, ADAPTANDO LA INTERFAZ DE COMUNICACIÓN AL PUERTO SERIE DEL ARDUINO IDE.		
CAP04	LANZAMIENTO Y PUESTA EN ÓRBITA.....	57.000,00	98,68
	LANZAMIENTO Y PUESTA EN ÓRBITA: FINALIZADO EL MONTAJE, SE PROCEDE A LA REALIZACIÓN DE UN CONTROL DE CALIDAD DE TODO EL EQUIPO Y SISTEMA MONTADO, TRAS SUPERARLO, SE PROCEDE AL LANZAMIENTO DE DICHO SATÉLITE ARDU-SAT-MG01, SIENDO ESTE UN CUBESAT. AMBOS REQUISITOS, CONTROL DE CALIDAD Y LANZAMIENTO, SON REALIZADOS POR EMPRESAS EXTERNAS, POR LO QUE LOS PRECIOS PODRÍAN VARIAR.		
		TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	57.764,97
		19,00% GG + BI.....	10.975,34
		16,00% I.V.A.....	10.998,45
		TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	79.738,77
		TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	79.738,77

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de SETENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS con SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS

JAÉN, a 6 DE DICIEMBRE DE 2023.

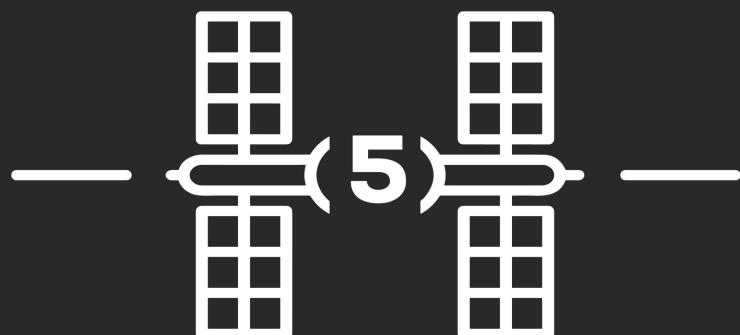
El promotor

La dirección facultativa

ALEJANDRO

ARDU-SAT

ANEXOS





ANEXO I

EL SATÉLITE Y SU PUESTA EN ÓRBITA.

TFG

GRADO EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICOS

AUTOR: PÉREZ ARANDA, ALEJANDRO

TUTOR: BONILLA FERNÁNDEZ, D. ANTONIO

IES LAS FUENTEZUELAS

AÑO 2024

Tabla de contenido

1.	El Satélite.....	89
1.1.	Contexto Histórico.....	89
1.2.	¿Qué es un satélite?.....	90
1.2.1.	¿Cómo funciona un satélite?.....	90
1.2.2.	Partes de un satélite.....	91
1.3.	Tipos de satélites.....	92
2.	Puesta en órbita.	93
2.1.	Cálculo de la masa y tamaño del satélite.....	94
a)	Cálculo de masa.....	94
b)	Cálculo de tamaño.....	94
2.2.	Selección de la órbita.	94
a)	Tipos de órbitas.....	94
b)	Cálculo de la velocidad orbital.	95
3.	Diseño de la órbita de lanzamiento.	96
a)	Velocidad de escape.....	96
b)	Inclinación orbital.....	96
4.	Consultas.	97
	 Figura 1: PARTES DE UN SATÉLITE.....	91
	Figura 2: TIPOS DE ÓRBITAS	95
	Figura 3: EQUILIBRIO ORBITAL	95
	Figura 4: VELOCIDAD DE ESCAPE.....	96
	Figura 5: INCLINACIÓN ORBITAL	96

1. El Satélite.

Antes del comienzo del desarrollo, debemos de responder a algunas preguntas básicas, y a otras un poco más científicas, para así poder comprender el correcto funcionamiento y utilidades que tienen los satélites.

1.1. Contexto Histórico.

En la década de 1930, Alemania fue la precursora de la idea de ir al espacio, con los famosos cohetes V1 y V2 de fabricación alemana, siendo así los precursores de los lanzadores espaciales, o como se conoce en la jerga más común, de los cohetes. Pero años más tarde, con la finalización de la II Guerra Mundial, en 1945, una parte de los equipos alemanes, de los precursores, fueron camino de la Unión Soviética, y otra gran parte a los Estados Unidos de América, quedando la iniciativa alemana en un segundo plano.

Fue, finalmente, en el 1957, un 4 de octubre, cuando la Unión Soviética, lanza el primer cohete, llamado “Sputnik 1”, siendo el primer satélite artificial lanzado con gran mérito, ya que, por el entonces, la Unión Soviética no contaba con equipo ni instrumentos computacionales de cálculo. Esto, sumado a la Guerra Fría, dio lugar al comienzo de la denominada “Carrera Espacial”.

¿Un ruso creó el satélite?

Pues bien, respondiendo a esta pregunta, es un sí y un no, ya que como bien he comentado anteriormente, fue la unión de diferentes científicos y personas de gran coeficiente intelectual, siendo en representación rusa, Konstantin Tsiolkovsky; representando a Norteamérica, Robert Goddard y en representación alemana, nos encontramos con Hermann Oberth.

1.2. ¿Qué es un satélite?

Bien, para la realización del proyecto: “Construcción de un satélite basado en Arduino”, debemos de saber, antes de nada, que es un satélite.

Según la Real Academia Española (RAE), un satélite puede ser un cuerpo celeste opaco que gira alrededor de un planeta primario. Por otro lado, puede ser un elemento puesto en órbita alrededor de la tierra con fines científicos, militares o para las comunicaciones.

Sabiendo esto, centraré este primer anexo en los satélites artificiales puestos en órbita para diversas funcionalidades, y en concreto, para las telecomunicaciones y las científicas.

1.2.1. ¿Cómo funciona un satélite?

Un satélite tiene un funcionamiento complejo, el cual se puede explicar de la siguiente manera:

Un satélite para las telecomunicaciones, es un repetidor que está situado en una órbita terrestre, esta recibe las señales que han sido enviadas por la estación terrestre y las retransmite a otros satélites o las devuelve a los receptores u otras estaciones terrestres que actúan como receptores de señal.

En el caso de los satélites meteorológicos, su funcionamiento consta de la obtención de datos térmicos y datos relacionados con la meteorología, y este la envía a una estación terrestre.

Podemos encontrar dos tipos de satélites:

- **Satélites Pasivos:** solo realizan la función de reflejar la señal recibida sin llevar a cabo ninguna otra tarea.
- **Satélites Activos:** amplifican la señal recibida antes de emitirla hacia la tierra o hacia otro satélite.

1.2.2. Partes de un satélite.

Un satélite puede tener diversas formas y diversos tamaños, pero todos comparte una gran mayoría de elementos, estando divididos en módulos, encontramos:

Módulo de comunicación: formado por las antenas emisoras y receptoras.

Módulo de alimentación: dicho módulo permite a dicho satélite, la obtención de suministro eléctrico, estando formado por paneles solares y por baterías.

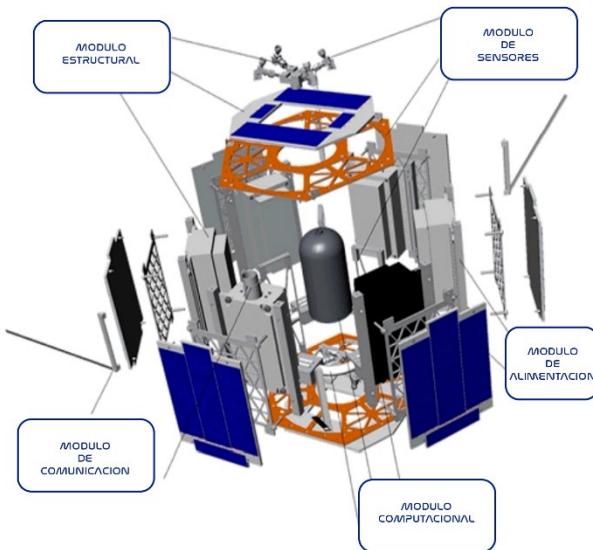


Figura 1: PARTES DE UN SATÉLITE

Muchos de los satélites que se envían al espacio, están dotados de cámaras y sensores científicos, a veces, estos están apuntando hacia la tierra para así poder recoger datos sobre la tierra, la temperatura, el agua, etc...., pero otras muchas veces apunta hacia el espacio, para así recoger datos sobre el sistema solar.

1.3. Tipos de satélites.

Los satélites no fueron diseñados para una única función, sino para varias, y es por ello que encontramos diversos tipos de satélites artificiales, como pueden ser:

- **Satélites de observación:** dedicados para las labores astronómicas o de geolocalización.
- **Satélites de telecomunicaciones:** como bien indica su nombre, permite realizar las labores pertinentes a las telecomunicaciones, como puede ser televisión, comunicación, etc.
- **Satélites meteorológicos:** permite conocer de manera constante la información acerca del clima, condiciones atmosféricas u otros detalles importantes de cartografía sin fines militares.
- **Satélites de navegación:** utilizados por el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
- **Satélites de reconocimiento:** denominados satélites espías, empleados con fines militares o de inteligencia.
- **Satélites Astronómicos:** sirven como telescopios en órbita para así poder observar regiones del espacio exterior.

2. Puesta en órbita.

En ámbitos generales, un satélite es colocado en órbita mediante el lanzamiento de un cohete, y este tras la llegada a un punto previamente calculado, suelta dicho satélite artificial y este se ajusta a la órbita de forma periódica.

Para la puesta en órbita de un satélite, hay que tener en cuenta varios factores y realizar una serie de pasos:

1) Cálculo de la Masa y el Tamaño del satélite:

- a. Determinar la masa del satélite, que dependerá de sus instrumentos y equipos de a bordo.
- b. Calculas las dimensiones del satélite para garantizar un equilibrio adecuado entre la estabilidad y la maniobrabilidad.

2) Selección de la órbita:

- a. En ese caso, el uso de la órbita geoestacionaria, siendo esta una órbita que se encuentra a 35.765 km sobre la superficie de la Tierra.
- b. Cálculo de la Velocidad orbital requerida para mantener una órbita geoestacionaria utilizando la tercera ley de Kepler: $V = \sqrt{GM/R}$, donde V es la velocidad, G es la constante gravitacional de la Tierra, M es la masa de la Tierra y R es la distancia desde el centro de la Tierra a la órbita deseada.

3) Diseño de la Trayectoria de lanzamiento:

- a. Cálculo de la velocidad de escape necesaria para llevar el satélite a la órbita geoestacionaria.
- b. Determinar la inclinación orbital requerida, que es cero grados para una órbita geoestacionaria ecuatorial.
- c. Calcular la velocidad de lanzamiento y dirección necesaria para alcanzar la órbita geoestacionaria.

4) Lanzamiento del satélite:

- a. Este será lanzado mediante un transbordador espacial para asegurar que el satélite está en la posición correcta.

5) Maniobras de corrección y mantenimiento:

- a. El satélite deberá realizar correcciones periódicas mediante su sistema de autopropulsión.

2.1. Cálculo de la masa y tamaño del satélite.

a) Cálculo de masa.

Para realizar el cálculo de la masa, procederemos al montaje del mismo, y una vez finalizados los procesos de montaje, soldadura y configuración, procederemos a introducir dicho satélite en una báscula de gran precisión, mostrando así la masa total del satélite. Otra alternativa, es el peso individual de cada material y componente procediendo así, a la suma de dichos elementos y materiales.

b) Cálculo de tamaño.

Para el tamaño del satélite, no hay problema alguno, debido a que los modelos han sido diseñados mediante equipos vectoriales y computacionales, por lo que estos de forma automática, te ofrecen el valor del tamaño de tu modelo. Pero en caso de querer hacer el cálculo de manera manual, mediremos **Alto x Ancho x Profundidad** y tendremos el volumen de este satélite en cm³ o en otra medida, pero Volumen = medida cúbica.

2.2. Selección de la órbita.

a) Tipos de órbitas.

Los satélites orbitan a diferentes alturas, velocidades y trayectorias, encontrando la órbita geoestacionaria (GEO) y la órbita polar como las órbitas más comunes.

- **Satélites LEO** (Órbita Terrestre Baja): órbita comprendida entre los 160-2000 km y permite obtener datos geológicos sobre placas tectónicas.
- **Satélites MEO** (Órbita Terrestre Media): órbita comprendida entre los 10000 km, y su principal uso es destinado para las comunicaciones de telefonía y televisión, y mediciones de experimentos espaciales.
- **Satélites HEO** (Órbita Terrestre Alta): es una órbita elíptica, no circular, utilizados para cartografiar la Tierra, debido a su ángulo de detección.
- **Satélites GEO** (Órbita Geoestacionaria): tiene una velocidad igual que a la de la tierra, estando a una distancia fija de 35800 km y su uso es destinado a emisiones de telefonía y televisión, así como datos a larga distancia y difusión de datos meteorológicos.
- **Satélite Polar**: los satélites polares son aquellos que poseen una órbita de inclinación cercana a los 90 grados y que pasa por ambas regiones polares.

Ahora bien, surge la pregunta: ¿Por qué los satélites no chocan entre sí?

Esto tiene una respuesta muy sencilla, y aunque no chocan entre sí, podría suceder, como ya sucedió en el año 2009 cuando un satélite ruso y americano, colisionaron, pero los satélites no chocan entre sí debido a que hay grandes agencias detrás de cada lanzamiento y colocación del mismo, así como organizaciones internacionales, encontrando la NASA a nivel americano o la ESA a nivel europeo.

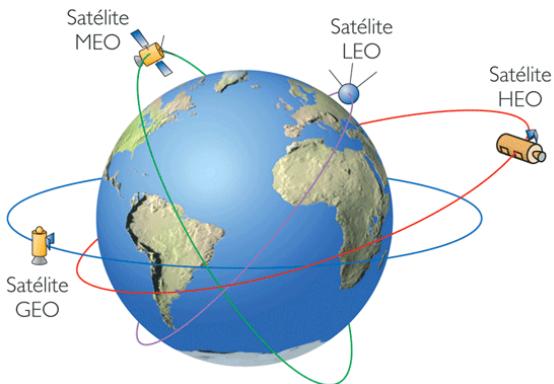
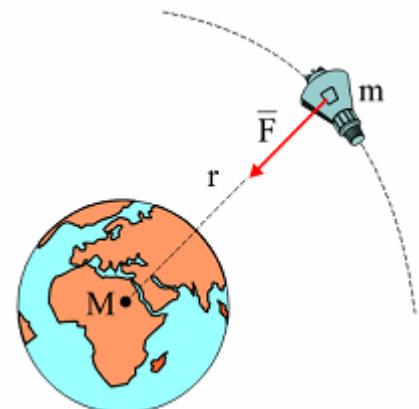


Figura 2: TIPOS DE ÓRBITAS

b) Cálculo de la velocidad orbital.



“CALCULO DE LA VELOCIDAD ORBITAL”

Un satélite en órbita circular, con sistema de referencia (SR) en el centro de esta. Sobre el satélite actúa la atracción gravitatoria, cuyo módulo es:

$$F = \frac{G \cdot M \cdot m}{r^2}$$

Quedando el módulo de la aceleración de la siguiente forma:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{G \cdot M \cdot m / r^2}{m} = \frac{G \cdot M}{r^2}$$

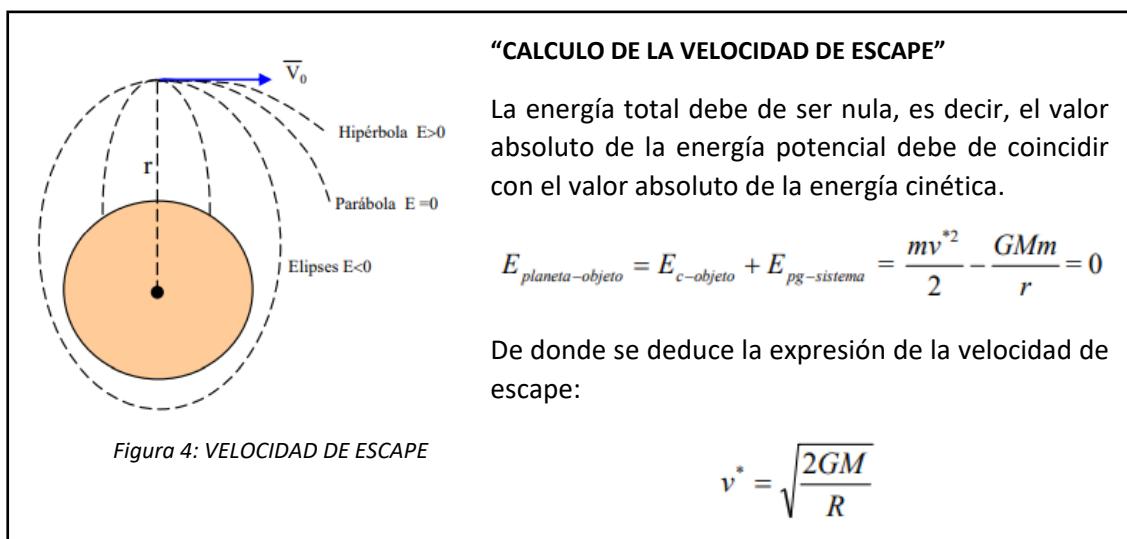
Sabiendo que es una aceleración normal, debido a que es perpendicular a la tangente, se deduce la siguiente relación entre la velocidad del satélite y el radio de la órbita:

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{G \cdot M}{r^2} \rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$

3. Diseño de la órbita de lanzamiento.

a) Velocidad de escape.

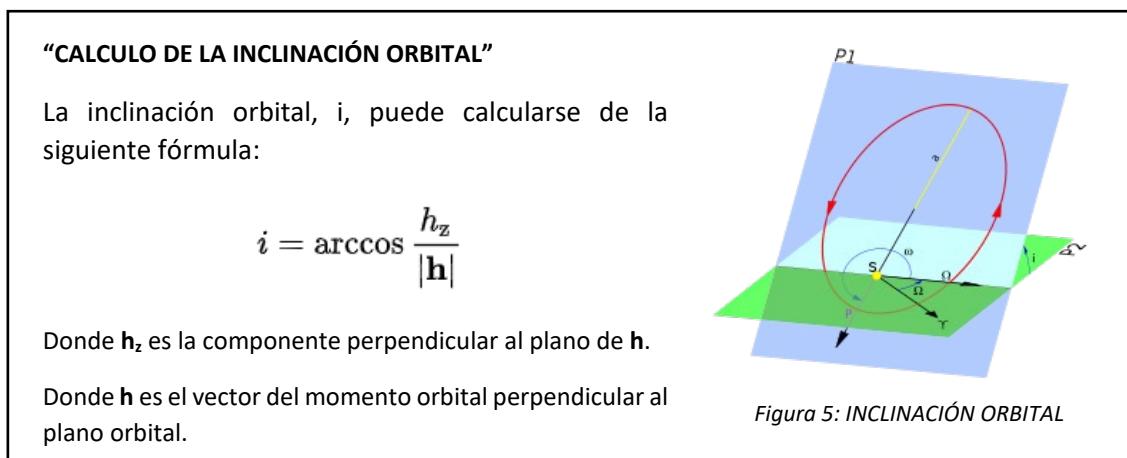
La velocidad de escape de cualquier objeto en relación con un cuerpo celeste, en este caso la Tierra, es la velocidad necesaria para lanzar dicho objeto y que no regrese a su lugar de origen.



b) Inclinación orbital.

La inclinación de las órbitas en los satélites naturales o artificiales siempre están con el punto de referencia establecido en el plano ecuatorial del planeta o del cuerpo desde el cual orbitan. Siendo el plano ecuatorial perpendicular al eje de rotación del planeta y que pasa por el centro de dicho cuerpo.

Para objetos que giran a distancias lejanas del planeta, se suele utilizar el plano de Laplace como punto de referencia.



Conocido todo el procedimiento, y mostrando los cálculos previos que puedes realizar, el resto de cálculos deberán correr a cargo de la empresa encargada del lanzamiento, al igual que la revisión de estos cálculos.

4. Consultas.

Para cualquier duda o consulta acerca de este **ANEXO I** o sobre el proyecto en general, contacte conmigo a través de los siguientes medios:

MAIL: alejandroperezaranda99@gmail.com

GITHUB: [Https://www.github.com/alejandroperez9/ARDUSAT](https://www.github.com/alejandroperez9/ARDUSAT)

Proyecto realizado por: **ALEJANDRO PÉREZ ARANDA**.

Trabajo Fin de Grado en Técnico Superior de Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos.

LINKEDIN: www.linkedin.com/in/alejandro-pérez-aranda-a91012278

GITHUB: <https://github.com/alejandroperez9>

INSTAGRAM: <https://www.instagram.com/aleejandropereez/?hl=es>





ANEXO II

ONDAS DE TELECOMUNICACIONES

TFG

GRADO EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICOS

AUTOR: PÉREZ ARANDA, ALEJANDRO

TUTOR: BONILLA FERNÁNDEZ, D. ANTONIO

IES LAS FUENTEZUELAS

AÑO 2024

Tabla de contenido

1.	Ondas de Telecomunicaciones.....	100
1.1.	Medios de transmisión.....	101
1.1.1.	Comunicación inalámbrica	101
2.	Modo de transmisión.	102
2.1.	Modulación por Amplitud (AM).	102
2.2.	Modulación por Frecuencia (FM).....	103
2.3.	Bandas de frecuencias.....	103
3.	Antenas de Transmisión y Recepción.....	104
4.	Consultas.	105
	 Figura 1: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	100
	Figura 2: ONDA PORTADORA	102
	Figura 3: MODULACIÓN POR AMPLITUD	102
	Figura 4: MODULACIÓN POR FRECUENCIA	103
	Figura 5: PARTES DE UNA ANTENA	104

1. Ondas de Telecomunicaciones.

Cuando hablamos de las telecomunicaciones, no solo hablamos de elementos conectados de manera física, o transmisiones alámbricas. Hablamos de transmisiones inalámbricas las cuales pueden realizarse mediante antenas con energía electromagnética que captan las ondas electromagnéticas, debido a que no hay un cable conductor.

Antes de continuar, ha de saberse el concepto de energía electromagnética, la cual consiste en ondas de campos eléctricos y magnéticos que se propagan a través del espacio, y se trasladan a la velocidad de la luz.

$$\lambda = \frac{c}{\gamma}$$

c = Velocidad de la Luz.
 λ = Longitud de la onda.
 γ = Frecuencia.

Según la longitud de onda electromagnética, nos encontraremos en una posición u otra del diagrama del espectro electromagnético.

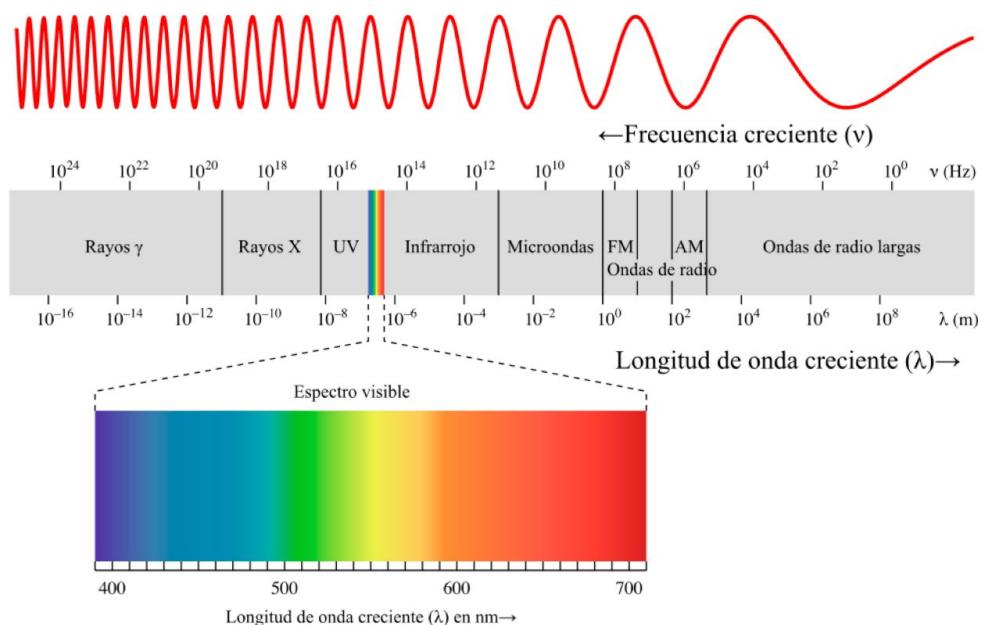


Figura 1: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

1.1. Medios de transmisión.

En el ámbito de las telecomunicaciones, existen dos métodos de comunicación, el que va a través de una red cableada, y el inalámbrico, a través de ondas electromagnéticas, es por ello, que nos centraremos en la retransmisión inalámbrica.

1.1.1. Comunicación inalámbrica.

La comunicación inalámbrica es uno de los sistemas de telecomunicaciones que transmite ondas electromagnéticas a corta y larga distancia, sin la necesidad de utilizar cables.

Ahora bien, si la antena capta la información, la dirige a un único lugar, denominado direccional y en caso de que la información sea emitida en varias direcciones, a dicha onda se le denominará onda omnidireccional; por lo que encontramos diversos medios de transmisión:

- **Ondas de radio (Radiofrecuencias):** radiación electromagnética que puede llegar a alcanzar cientos de kilómetros pero que poseen una menor energía, siendo este tipo de onda utilizado en las transmisiones de radio, televisión, telefonía, WiFi, entre un largo etcétera de sistemas de comunicación.
- **Microondas (Terrestres / Satelitales):** ondas de muy alta frecuencia, pero con una longitud de onda muy pequeña por lo que le permite tener una mayor cantidad de energía que las ondas de radio, por lo que, dicha tecnología, se utiliza para la comunicación por satélite y algunas de las tecnologías inalámbricas como son el WiFi y el Bluetooth.
- **Luz (Infrarroja / Láser):** la luz infrarroja posee una longitud de onda más larga que la luz visible pero más corta que las ondas de microondas, haciéndola “no visible” para el ojo humano; mientras que la luz láser es una forma de radiación electromagnética que se caracteriza por su alta intensidad, su dirección y su capacidad de centrarse en un punto específico, con un margen de error muy bajo.

Es por ello, que debemos de tener en cuenta el diagrama anterior, debido a que, en función de la Frecuencia, Longitud de Onda, y otros parámetros, nos encontraremos con un tipo u otra de onda.

2. Modo de transmisión.

La transmisión de información a través del espacio, hace que surja la modulación, pero, ¿qué es la modulación?

Según la RAE (Real Academia Española), la modulación es la “*Variación de la frecuencia de las ondas de acuerdo con la señal, manteniendo constante la amplitud.*”; ahora bien, este es un proceso en el cual, la información (onda moduladora) se inserta en un soporte de transmisión, el cuál es denominado onda portadora, dando como resultado, la onda modulada.

La modulación se puede realizar a dos niveles, nivel bajo o nivel alto, los cuales se explican a continuación:

- **Nivel Bajo:** la onda con la información (OM), sufre una pequeña o nula amplificación, la cual sirve para modular la salida del oscilador y la frecuencia modulada de la portadora se amplifica antes de conducirla a la antena.
- **Nivel Alto:** las oscilaciones de la onda portadora (OP), y la señal con la información (OM), se amplifican de forma independiente y la modulación se realiza justo antes de transmitir las oscilaciones a la antena.

Una onda portadora (OP) puede modularse según la amplitud (AM) o según la frecuencia (FM), cada una de estas modulaciones tiene sus características y su representación.

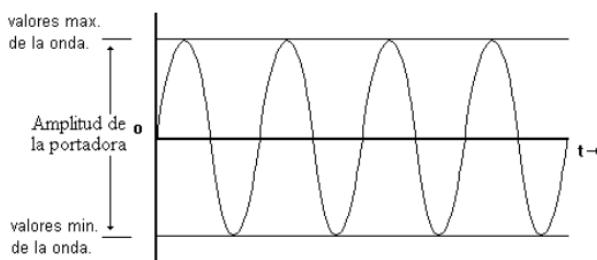


Figura 2: ONDA PORTADORA

2.1. Modulación por Amplitud (AM).

Esta modulación, se emplea cuando hay que variar la amplitud o intensidad de la onda, en función de la amplitud de la onda moduladora (OM). Esto significa que la amplitud de la información a transmitir es la que varía la amplitud de la onda portadora (OP).

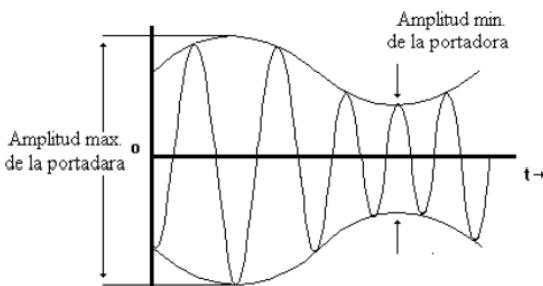


Figura 3: MODULACIÓN POR AMPLITUD

2.2. Modulación por Frecuencia (FM).

La modulación por frecuencia se emplea para variar la frecuencia de la onda portadora (OP) según la intensidad o amplitud de la onda moduladora (OM). Además, debido a los ruidos o interferencias que pueden alterar la onda, dicha información no se verá afectada, puesto que esta información es extraída de la variación de frecuencia y no de la amplitud.

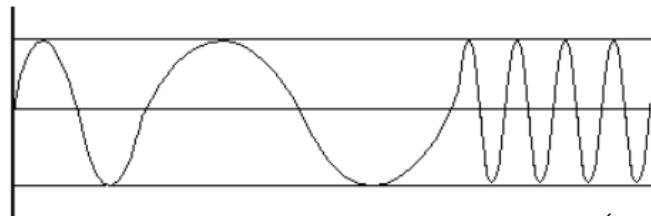


Figura 4: MODULACIÓN POR FRECUENCIA

Uno de los usos más conocidos es en la telefonía móvil o en los servicios de comunicación y televisión.

2.3. Bandas de frecuencias.

El espectro de frecuencias se ha dividido a nivel internacional, para así poder restringir algunas de dichas bandas, aunque esta clasificación no es global, ya que algunos países difieren en sus limitaciones, pero podrían aceptarse como generales.

DENOMINACIÓN	SIGLAS	MARGEN DE FRECUENCIA
Frec. Muy Bajas	VLF	3 – 30 kHz
Frec. Bajas	LF	30 – 300 kHz
Frec. Medias	MF	300 – 3000 kHz
Frec. Altas	HF	3 – 30 MHz
Frec. Muy Altas	VHF	30 – 300 MHz
Frec. Ultra Altas	UHF	300 – 3000 MHz
Frec. Super Altas	SHF	3 – 30 GHz
Frec. Extra Altas	EHF	30 – 300 GHz

Las emisoras que transmiten en FM están en torno a los 100 MHz, y la única banda que está libre para cualquier uso, como puede ser radio control y para cualquier persona, en la banda de los 27 MHz; dicha banda suele estar bastante saturada por lo que se recomienda utilizarla para montajes caseros de no más de 100 metros de longitud.

3. Antenas de Transmisión y Recepción.

Una vez, tenemos la onda radioeléctrica generada, esta debe de ser modulada y enviada por una antena, denominada emisora, la cual permite irradiar la onda portadora (OP) ya modulada al espacio en forma de ondas electromagnéticas, recibiendo estas ondas una antena en el lado opuesto denominada antena receptora.

Para que la antena resulte eficaz, suelen tener longitudes de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, o $1/8$ de la longitud de onda que transmite, es por ello, que poseen algunos parámetros que caracterizan a las antenas:

- **Potencia radiada:** es la potencia por unidad de superficie en una determinada dirección, midiéndose en watos por metro cuadrado (W/m^2)
- **Directividad:** es la relación existente entre la potencia radiada en una dirección, a una distancia, con la misma relación, pero con una antena isotrópica.
- **Ganancia:** es la relación existente entre la potencia radiada en una dirección, a una distancia, con la misma relación, pero con una antena isotrópica y potencias entregadas a la antena.
- **Polarización:** La polarización de una onda es la figura geométrica determinada por el extremo del vector que representa al campo eléctrico en función del tiempo, en una posición dada.
- **Impedancia:** se define como la relación entre la tensión y la corriente en sus terminales de entrada.

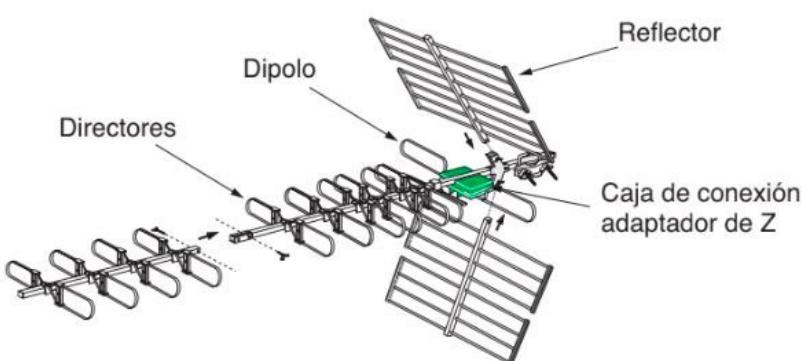


Figura 5: PARTES DE UNA ANTENA

4. Consultas.

Para cualquier duda o consulta acerca de este **ANEXO II** o sobre el proyecto en general, contacte conmigo a través de los siguientes medios:

MAIL: alejandroperezaranda99@gmail.com

GITHUB: [Https://www.github.com/alejandroperez9/ARDUSAT](https://www.github.com/alejandroperez9/ARDUSAT)



Proyecto realizado por: **ALEJANDRO PÉREZ ARANDA.**

Trabajo Fin de Grado en Técnico Superior de Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos.

LINKEDIN: www.linkedin.com/in/alejandro-pérez-aranda-a91012278

GITHUB: <https://github.com/alejandroperez9>

INSTAGRAM: <https://www.instagram.com/aleejandropereez/?hl=es>



ANEXO III

PROGRAMACIÓN BASADA EN ARDUINO

TFG

GRADO EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICOS

AUTOR: PÉREZ ARANDA, ALEJANDRO

TUTOR: BONILLA FERNÁNDEZ, D. ANTONIO

IES LAS FUENTEZUELAS

AÑO 2024

Tabla de contenido

1.	Arduino.....	110
1.1.	¿Qué es Arduino?	110
1.2.	Características y aplicaciones.....	110
2.	Código basado en Arduino – Módulos Individuales.....	111
2.1.	Código valores analógicos.....	111
2.1.1.	FIRE – Detector de llama.....	111
2.1.2.	LDR – Intensidad de luz obtenida.....	112
2.2.	Códigos valores digitales.....	113
2.2.1.	DHT – Sensor Temperatura y Humedad.....	113
2.2.2.	MPU6050 – Giroscopio y Acelerómetro.....	114
2.3.	Código del Módulo de Comunicación	115
2.3.1.	Módulo Emisor.....	115
2.3.2.	Módulo Receptor	116
	116
3.	Código basado en Arduino – Emisor.....	117
4.	Código basado en Arduino – Receptor.....	121
5.	Consultas.....	122
	Figura 1: ARDUINO UNO	110

1. Arduino.

1.1. ¿Qué es Arduino?

Arduino es una plataforma de hardware y software de código abierto diseñada para la creación de proyectos electrónicos interactivos. Está compuesta por una placa de desarrollo, como Arduino Uno o Arduino Mega, en un entorno de programación, y una comunidad activa de usuarios.

1.2. Características y aplicaciones.

Principalmente se utiliza para crear prototipos de dispositivos electrónicos y sistemas embebidos, permitiendo la creación de una amplia gama de aplicaciones.

Algunas de las características son:

- **Prototipado Rápido:** permite probar conceptos antes de invertir en el hardware personalizado.
- **Automatización del hogar:** permite crear sistema IoT.
- **Robótica:** permite la construcción de robots con diversas funciones.
- **Electrónica educativa:** siendo una herramienta para enseñar electrónica a los más pequeños.

Y un largo etcétera, abarcando el ámbito industrial y el ámbito de la agricultura, así como el ámbito médico y de la salud.

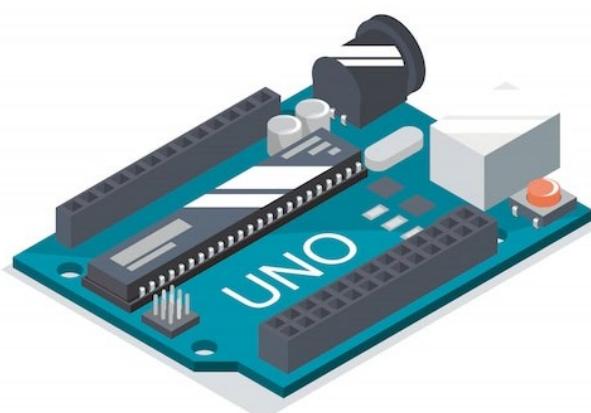


Figura 1: ARDUINO UNO

2. Código basado en Arduino – Módulos Individuales.

Conociendo que es Arduino y para que se utiliza, aplicamos su lenguaje en C# para la creación de los códigos necesarios para hacer transmitir y recibir la señal de nuestro satélite.

2.1. Código valores analógicos.

2.1.1. FIRE – Detector de llama.

```
/*GNU GENERAL PUBLIC LICENSE v3.0
REALIZACIÓN DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO
PROYECTO REALIZADO POR ALEJANDRO PÉREZ ARANDA.
https://github.com/alejandroperez9/ARDUSAT
https://linkedin.com/in/alejandro-perez-aranda-a91012278

----- LECTURA LLAMA DE FUEGO (FIRE) -----
*/
const int sensorPin = A0;

void setup(){
    Serial.begin(9600);
}

void loop(){
    int llama = analogRead(sensorPin);
    Serial.println(llama);

    if (llama < 500){
        Serial.println("Detección");
        //SE AÑADEN LAS MEDIDAS
    }

    delay(1000);
}
```

*NOTA: El código comentado se encuentra en [GITHUB](#).

Así como las librerías y recursos utilizados.

2.1.2. LDR – Intensidad de luz obtenida.

```
/*
GNU GENERAL PUBLIC LICENSE v3.0
REALIZACIÓN DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO
PROYECTO REALIZADO POR ALEJANDRO PÉREZ ARANDA.
https://github.com/alejandroperez9/ARDUSAT
https://linkedin.com/in/alejandro-perez-aranda-a91012278

----- LECTURA LDR -----
*/
void setup(){
    Serial.begin(9600);
    pinMode(A0,INPUT);
}

void loop(){
    int valorLDR = analogRead(A0);
    Serial.println(valorLDR);
}
```

*NOTA: El código comentado se encuentra en [GITHUB](#).

Así como las librerías y recursos.

2.2. Códigos valores digitales.

2.2.1. DHT – Sensor Temperatura y Humedad.

```
/*
GNU GENERAL PUBLIC LICENSE v3.0
REALIZACIÓN DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO
PROYECTO REALIZADO POR ALEJANDRO PÉREZ ARANDA.
https://github.com/alejandroperez9/ARDUSAT
https://linkedin.com/in/alejandro-perez-aranda-a91012278

----- LECTURA DHT -----
*/
#include <DHT.h>

#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup(){
    Serial.begin(9600);
    dht.begin();
}

void loop() {
    float h = dht.readHumidity();
    float t = dht.readTemperature();

    Serial.print(Temp: );
    Serial.print(t);
    Serial.print(" Hum: ");
    Serial.println(h);
}
```

*NOTA: El código comentado se encuentra en [GITHUB](#).

Así como las librerías y recursos.

2.2.2. MPU6050 – Giroscopio y Acelerómetro.

```
/*
GNU GENERAL PUBLIC LICENSE v3.0
REALIZACIÓN DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO
PROYECTO REALIZADO POR ALEJANDRO PÉREZ ARANDA.
https://github.com/alejandroperez9/ARDUSAT
https://linkedin.com/in/alejandro-perez-aranda-a91012278

----- LECTURA MPU6050 -----
*/
#include <Wire.h>
#include <MPU6050.h>

const int mpuAddress = 0x68;
MPU6050 mpu(mpuAddress);

void setup() {

    Serial.begin(9600);
    Wire.begin();
    mpu.initialize();

}

void loop() {

    int16_t ax, ay, az;
    int16_t gx, gy, gz;

    mpu.getRotation(&gx, &gy, &gz);
    mpu.getAcceleration(&ax, &ay, &az);
    // AQUÍ PUEDE AÑADIRSE LA IMPRESIÓN EN EL PUERTO SERIE DE CADA
    // VALOR.

}
```

*NOTA: El código comentado se encuentra en [GITHUB](#).

Así como las librerías y recursos.

2.3. Código del Módulo de Comunicación.

2.3.1. Módulo Emisor.

```
/*
GNU GENERAL PUBLIC LICENSE v3.0
REALIZACIÓN DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO
PROYECTO REALIZADO POR ALEJANDRO PÉREZ ARANDA.
https://github.com/alejandroperez9/ARDUSAT
https://linkedin.com/in/alejandro-perez-aranda-a91012278

----- EMISOR LoRa -----
*/
#include <LoRa.h>

void setup(){

    Serial.begin(9600);
    if (!LoRa.begin(433E6)){
        Serial.println("Error al iniciar el módulo LoRa.");
        while (1);
    }
}

void loop(){

    int PAQUETE = "VALORES A ENVIAR";

    LoRa.beginPacket();
    LoRa.print(PAQUETE);
    LoRa.endPacket();

    delay(5000);
}
```

*NOTA: El código comentado se encuentra en [GITHUB](#).

Así como las librerías y recursos.

2.3.2. Módulo Receptor.

```
/*
GNU GENERAL PUBLIC LICENSE v3.0
REALIZACIÓN DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO
PROYECTO REALIZADO POR ALEJANDRO PÉREZ ARANDA.
https://github.com/alejandroperez9/ARDUSAT
https://linkedin.com/in/alejandro-perez-aranda-a91012278

----- RECEPTOR LoRa -----
*/
#include <LoRa.h>

void setup(){

    Serial.begin(9600);
    if (!LoRa.begin(433E6)){
        Serial.println("Error al iniciar el módulo LoRa.");
        while (1);
    }
}

void loop(){

    if (LoRa.parsePacket()){
        float PAQUETE = LoRa.parseFloat();
        Serial.print("Recibido: ");
        Serial.println(PAQUETE);
    }
}
```

*NOTA: El código comentado se encuentra en [GITHUB](#).

Así como las librerías y recursos.

3. Código basado en Arduino – Emisor.

```
/*
GNU GENERAL PUBLIC LICENSE v3.0
REALIZACIÓN DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO
PROYECTO REALIZADO POR ALEJANDRO PÉREZ ARANDA.
https://github.com/alejandroperez9/ARDUSAT
https://linkedin.com/in/alejandro-perez-aranda-a91012278

----- EMISOR -----
*/
#include <DHT.h>
#include <LoRa.h>
#include <I2Cdev.h>
#include <MPU6050.h>
#include <Wire.h>

#define DHTPIN 12
#define DHTTYPE DHT11

#define DHTPINA 11
#define DHTTYPEA DHT11

#define DHTPINB 10
#define DHTTYPEB DHT11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
DHT dhtA(DHTPINA, DHTTYPEA);
DHT dhtB(DHTPINB, DHTTYPEB);

const int ledPIN1 = 6;
const int ledPIN2 = 5;
const int ledPIN3 = 4;
const int ledPIN4 = 3;
const int ledPIN5 = 2;

const int LDR_A = A0;
const int LDR_B = A1;
const int FUEGO = A2;

const int mpuAddress = 0x68;
MPU6050 mpu(mpuAddress);
```

```
void setup(){

    Serial.begin(9600);

    if (!LoRa.begin(433E6)){
        digitalWrite(ledPIN5, HIGH);
        while (1);
    }else{
        digitalWrite(ledPIN5, LOW);
    }

    Wire.begin();
    mpu.initialize();

    dht.begin();
    dhtA.begin();
    dhtB.begin();

    pinMode(ledPIN1, OUTPUT);
    pinMode(ledPIN2, OUTPUT);
    pinMode(ledPIN3, OUTPUT);
    pinMode(ledPIN4, OUTPUT);
    pinMode(ledPIN5, OUTPUT);

    pinMode(LDR_A, INPUT);
    pinMode(LDR_B, INPUT);
    pinMode(FUEGO, INPUT);

}

void loop(){

    int LDRA = analogRead(LDR_A);
    int LDRB = analogRead(LDR_B);

    if (isnan(LDRA) || isnan(LDRB)){
        digitalWrite(ledPIN3, HIGH);
    }else{
        digitalWrite(ledPIN3, LOW);
    }

}
```

```
int Lectura_Solar = (LDRA + LDRB)/2;
int ALERTA_FUEGO = analogRead(FUEGO);

if (ALERTA_FUEGO < 500){
    digitalWrite(ledPIN4, HIGH);
}else{
    digitalWrite(ledPIN4, LOW);
}

float Temp_Int = dht.readTemperature();

if (isnan(Temp_Int)){
    digitalWrite(ledPIN1, HIGH);
    return;
}else{
    digitalWrite(ledPIN1, LOW);
}

if (Temp_Int >= 22){
    digitalWrite(9, HIGH);
}else{
    digitalWrite(9, LOW);
}

float Temp_ExtA = dhtA.readTemperature();
float Hum_ExtA = dhtA.readHumidity();

if (isnan(Temp_ExtA) || isnan(Hum_ExtA)){
    digitalWrite(ledPIN2, HIGH);
    return;
}else{
    digitalWrite(ledPIN2, LOW);
}

float Temp_ExtB = dhtB.readTemperature();
float Hum_ExtB = dhtB.readHumidity();

if (isnan(Temp_ExtB) || isnan(Hum_ExtB)){
    digitalWrite(ledPIN2, HIGH);
    return;
}else{
    digitalWrite(ledPIN2, LOW);
}

float Temp_Ext = (Temp_ExtA + Temp_ExtB)/2;
float Hum_Ext = (Hum_ExtA + Hum_ExtB)/2;
```

```
int16_t ax, ay, az;
int16_t gx, gy, gz;

mpu.getRotation(&gx, &gy, &gz);
mpu.getAcceleration(&ax, &ay, &az);

String strV1 = String(Temp_Int, 2);
String strV2 = String(Temp_Ext, 2);
String strV3 = String(Hum_Ext, 2);
String strV4 = String(Lectura_Solar, 2);
String strV5 = String(ALERTA_FUEGO, 2);
String strax = String(ax, 2);
String stray = String(ay, 2);
String straz = String(az, 2);
String strgx = String(gx, 2);
String strgy = String(gy, 2);
String strgz = String(gz, 2);

String cadenaTransmitir = strV1 + "," + strV2 + "," + strV3 + "," +
strV4 + "," + strV5 + "," + strax + "," + stray + "," + straz + ","
+ strgx + "," + strgy + "," + strgz;

LoRa.beginPacket();
LoRa.print(cadenaTransmitir);
LoRa.endPacket();

delay(7000);

}
```

*NOTA: El código comentado se encuentra en [GITHUB](#).

Así como las librerías y recursos.

4. Código basado en Arduino – Receptor.

```
/*
GNU GENERAL PUBLIC LICENSE v3.0
REALIZACIÓN DE UN SATÉLITE METEOROLÓGICO BASADO EN ARDUINO
PROYECTO REALIZADO POR ALEJANDRO PÉREZ ARANDA.
https://github.com/alejandroperez9/ARDUSAT
https://linkedin.com/in/alejandro-perez-aranda-a91012278
----- RECEPTOR -----
*/

#include <LoRa.h>

void setup(){

    Serial.begin(9600);
    if (!LoRa.begin(433E6)){
        Serial.println("Error al iniciar el módulo LoRa.");
        while (1);
    }
}

void loop(){

    if (LoRa.parsePacket()){
        String data = LoRa.readString();
        Serial.print("Datos: ");
        Serial.println(data);

        float values[11];
        char *token = strtok(data.c_str(), ",");
        int i = 0;

        while (token != NULL && i < 11){
            values[i] = atof(token);
            Serial.print("Valor: ");
            Serial.print(i);
            Serial.print(": ");
            Serial.println(values[i]);
            token = strtok(NULL, ",");
            i++;
        }
    }
}
```

5. Consultas.

Para cualquier duda o consulta acerca de este **ANEXO III** o sobre el proyecto en general, contacte conmigo a través de los siguientes medios:

MAIL: alejandroperezaranda99@gmail.com

GITHUB: [Https://www.github.com/alejandroperez9/ARDUSAT](https://www.github.com/alejandroperez9/ARDUSAT)



Proyecto realizado por: **ALEJANDRO PÉREZ ARANDA.**

Trabajo Fin de Grado en Técnico Superior de Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos.

LINKEDIN: www.linkedin.com/in/alejandro-pérez-aranda-a91012278

GITHUB: <https://github.com/alejandroperez9>

INSTAGRAM: <https://www.instagram.com/aleejandropereez/?hl=es>



ANEXO IV

MANUAL DE MONTAJE

TFG

GRADO EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICOS

AUTOR: PÉREZ ARANDA, ALEJANDRO

TUTOR: BONILLA FERNÁNDEZ, D. ANTONIO

IES LAS FUENTEZUELAS

AÑO 2024

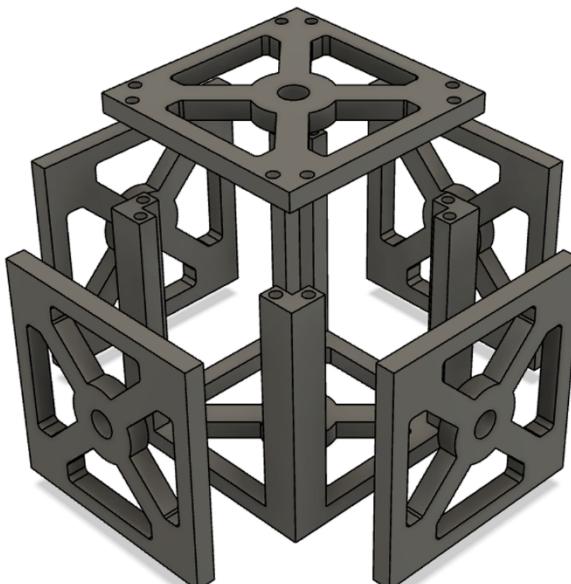
Tabla de contenido

1. Manual de Montaje.....	128
2. Consultas.....	137

1. Manual de Montaje.

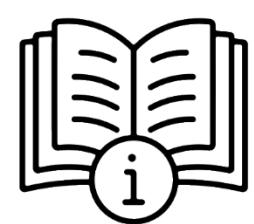
XAUEN
ARDUINO Y ESPACIO EN UNA SOLA MISIÓN

By: ALEJANDRO PEREZ ARANDA



ARDU-SAT
2023/V1

ES	Manual de Instrucciones
PT	Manual de Instruções
EN	Instructions Manual
FR	Manuel d'Instructions
DE	Handbuch





ES ESPAÑOL

ADVERTENCIA: para evitar cualquier problema a la hora del montaje, por favor siga las instrucciones de forma rigurosa.

EN ENGLISH

WARNING: to avoid any problems during assembly, please follow the instructions strictly.

DE DEUTSCH

AUHTUNG: Um Probleme bei der Montage zu vermeiden, befolgen Sie bitte genau die Anweisungen.

PT PORTUGUÊS

AVISO: para evitar problemas durante a montagem, siga rigorosamente as instruções.

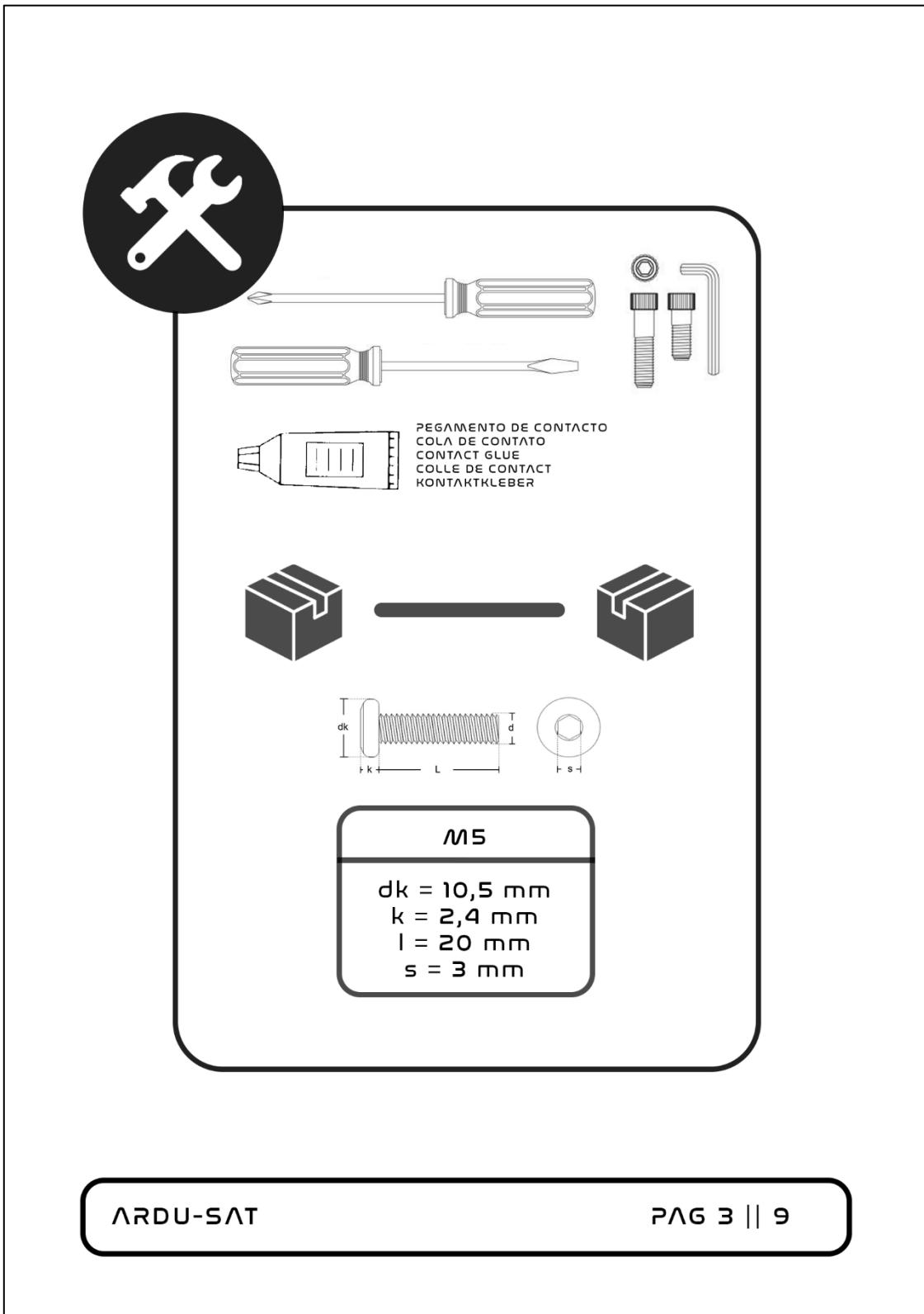
FR FRANÇAIS

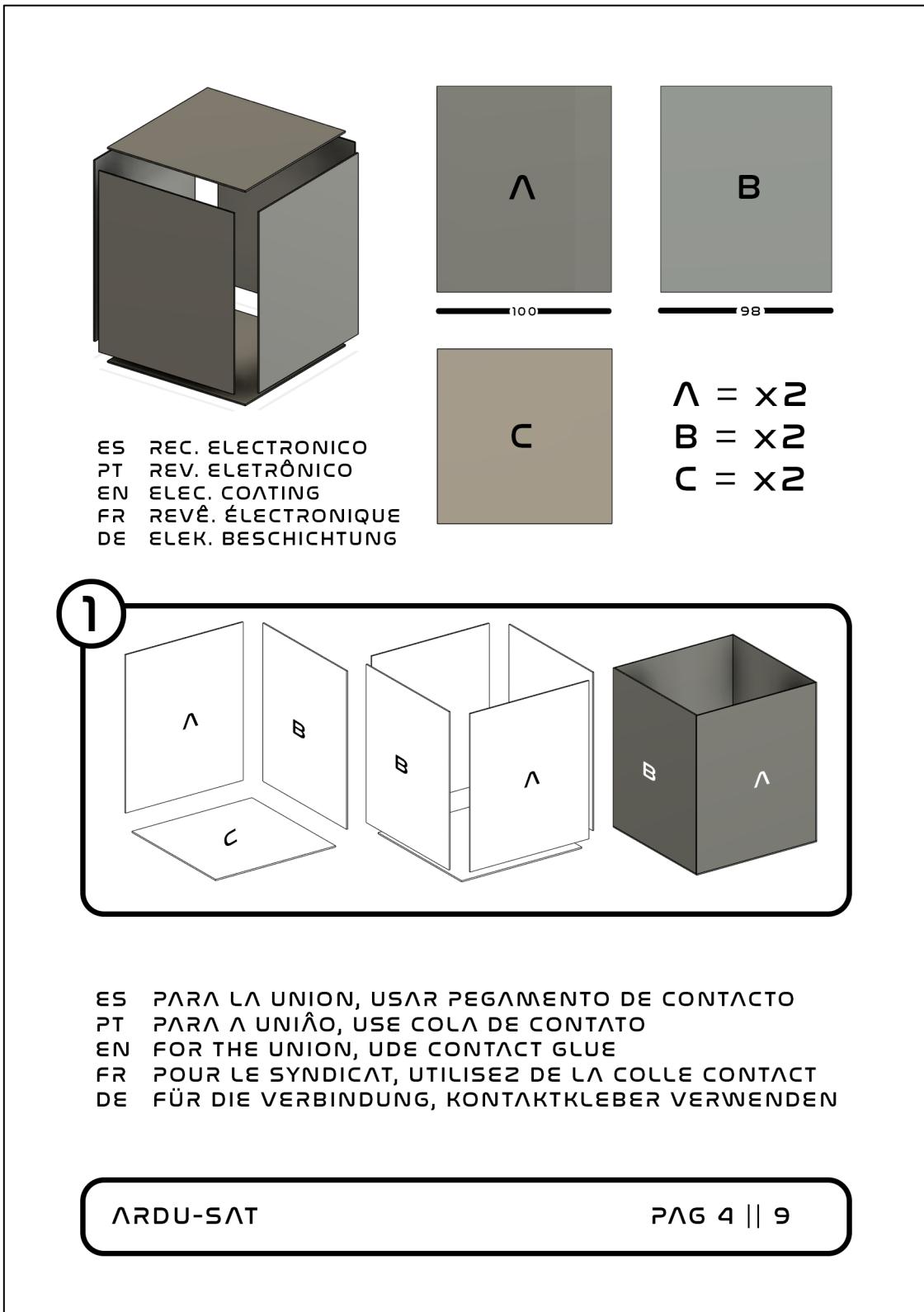
AVERTISSEMENT: pour éviter tout problème lors du montage, veuillez suivre scrupuleusement les instructions.

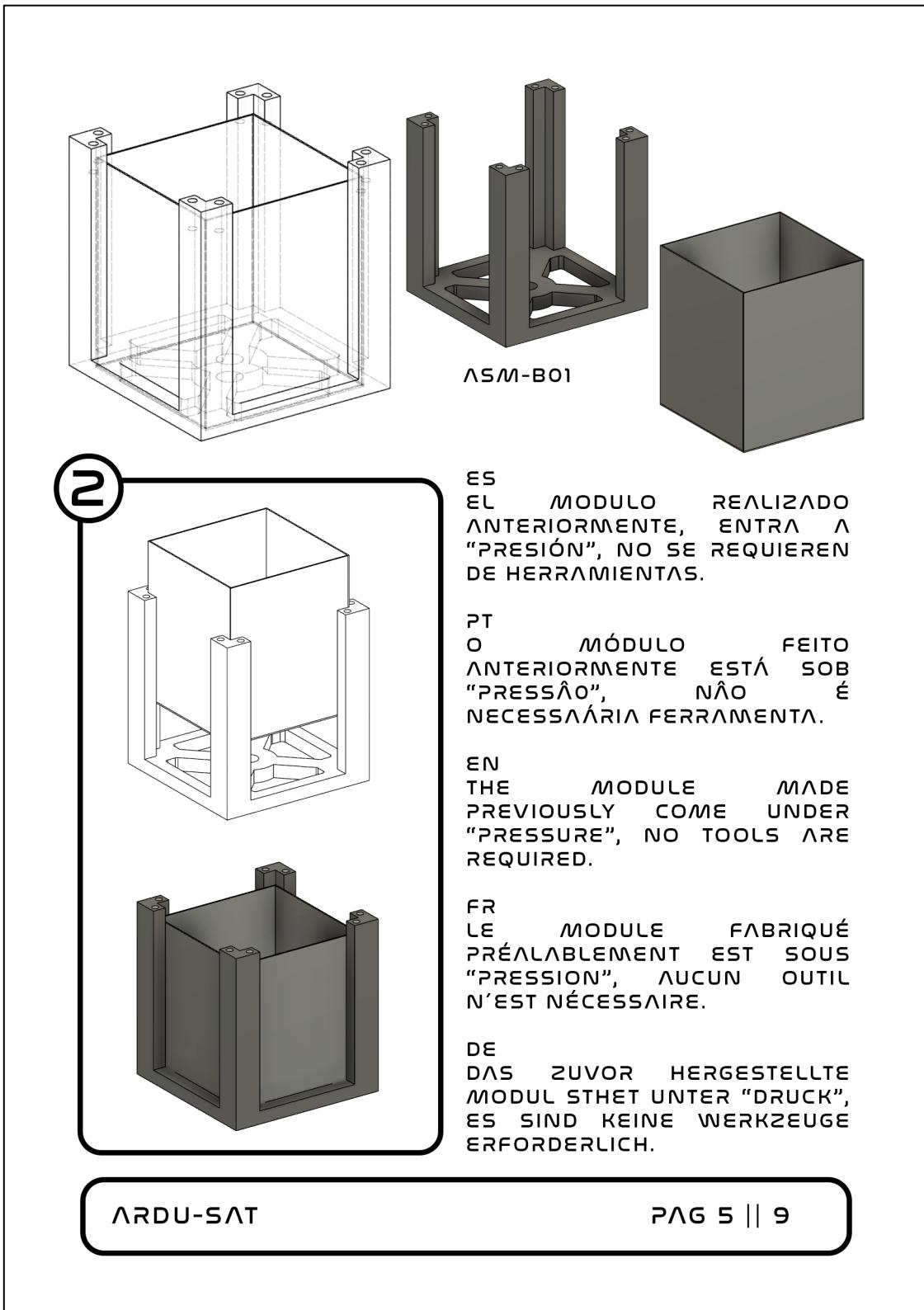
```
def _draw(self, x=0, y=0):
    width = len(self.struct[0]) * TILE_SIZE
    height = len(self.struct) * TILE_SIZE
    self.image = pygame.surface.Surface([width, height])
    self.image.set_colorkey([0, 0, 0])
    # Position and size
    self.rect = Rect(0, 0, width, height)
    self.x = x
    self.y = y
    for y, row in enumerate(self.struct):
        for x, col in enumerate(row):
            if col:
                pygame.draw.rect(
                    self.image,
                    self.color,
                    Rect(x*TILE_SIZE + 1,
                          y*TILE_SIZE + 1,
                          TILE_SIZE - 2, TILE_SIZE
                          - 2))
    self._create_mask()
```

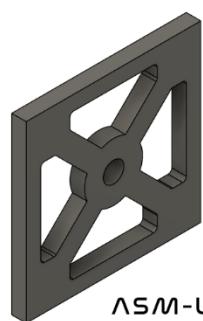
ARDU-SAT

PAG 2 || 9





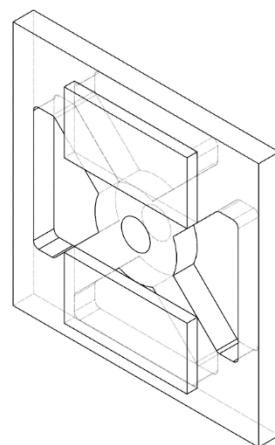




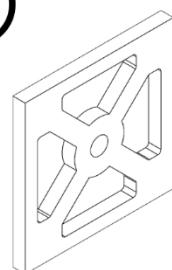
ASM-L



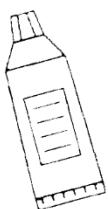
ASM-PS
x2



3



+



+



x4

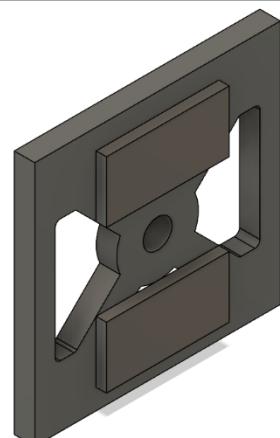
ES
REPETIR EN LOS CUATRO MÓDULOS
LATERALES.

PT
REPETIR NOS QUATRO MÓDULOS LATERAIS.

EN
REPEAT ON THE FOUR SIDE MODULES

FR
RÉPÉTEZ DANS LES QUATRE MODULES
LATERAUX.

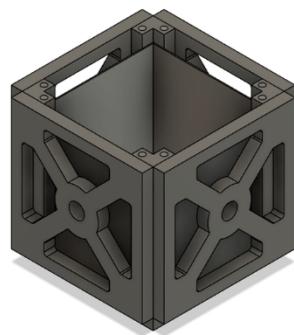
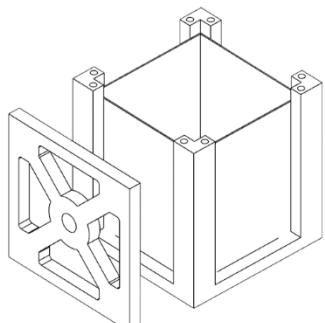
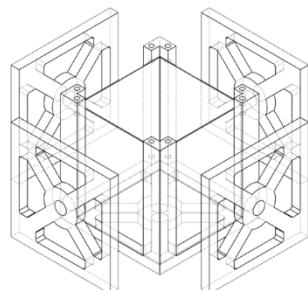
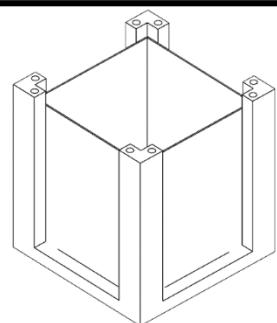
DE
WIEDERHOLEN SIE DIES IN DEN VIER
SEILICHEN MODULEN.



ARDU-SAT

PAG 6 || 9

4



ES PARA LA UNION, USAR PEGAMENTO DE CONTACTO

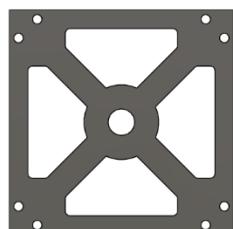
PT PARA A UNIÃO, USE COLA DE CONTATO

EN FOR THE UNION, USE CONTACT GLUE

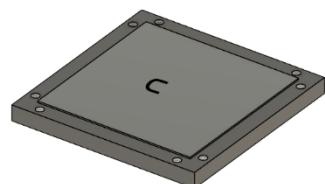
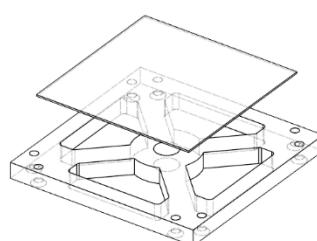
FR POUR LE SYNDICAT, UTILISEZ DE LA COLLE CONTACT

DE FÜR DIE VERBINDUNG, KONTAKTKLEBER VERWENDEN

5



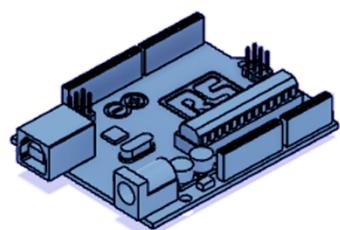
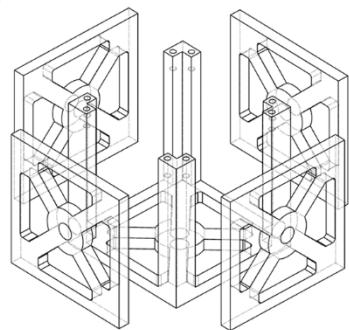
ASM-TC



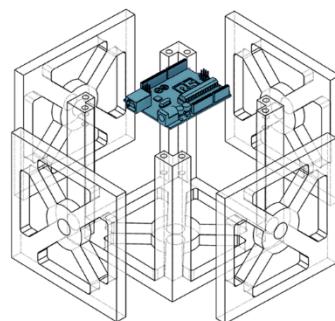
ARDU-SAT

PAG 7 || 9

6

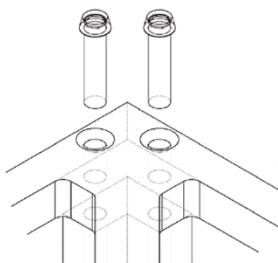
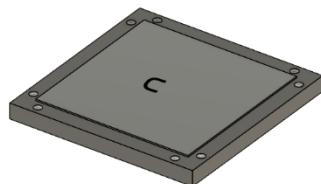


ES MONTAJE ELECTRÓNICO
PT MONTAGEM ELECTRÔNICA
EN ELECTRONIC ASSEMBLY
FR ASSEMBLAGE ÉLECTRONIQUE
DE ELEKTRONISCHE BAUGRUPPE



ES CIERRE Y FINALIZACIÓN DEL MONTAJE
PT ENCERRAMENTO E CONCLUSÃO DA MONTAGEM
EN CLOSING AND COMPLETION OF ASSEMBLY
FR CLÔTURE ET FIN DE L'ASSEMBLÉE
DE ABSCHLUSS UND ABSCHLUSS DER MONTAGE

7



8



GITHUB



Alejandro Pérez Aranda
XAUEN SPACE
ARDUSAT

ARDU-SAT

PAG 9 || 9

2. Consultas.

Para cualquier duda o consulta acerca de este **ANEXO IV** o sobre el proyecto en general, contacte conmigo a través de los siguientes medios:

MAIL: alejandroperezaranda99@gmail.com

GITHUB: [Https://www.github.com/alejandroperez9/ARDUSAT](https://www.github.com/alejandroperez9/ARDUSAT)

Proyecto realizado por: **ALEJANDRO PÉREZ ARANDA.**

Trabajo Fin de Grado en Técnico Superior de Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos.

LINKEDIN: www.linkedin.com/in/alejandro-pérez-aranda-a91012278

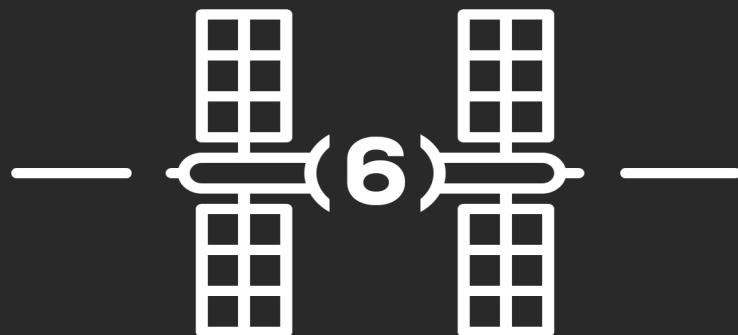
GITHUB: <https://github.com/alejandroperez9>

INSTAGRAM: <https://www.instagram.com/aleejandropereez/?hl=es>



ARDU-SAT

BIBLIOGRAFÍA



6. Bibliografía:

- Alen Space: <https://alen.space/es/guia-basica-nanosatelites/>
- Politécnica de Madrid: https://oa.upm.es/8157/1/INVE_MEM_2010_81503.pdf
- Cabildo Gran Canarias: <https://www.spegc.org/formacion-y-eventos/tecnologia-cubesat-para-la-observacion-del-medio-marino/>
- NASA: <https://www.nasa.gov/what-are-smallsats-and-cubesats/>
- AGENCIA ESPACIAL EUROPEA - ESA: https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Technology_CubeSats
- TDRS – NASA: <https://www.nasa.gov/mission/tracking-and-data-relay-satellites/>
- CANSAT – AUSTROS17: <https://austros17.es/cansat-2022/>
- EBYTE – COMUNICACIONES: <https://www.ebyte.com/en/product-view-news.aspx?id=108>
- InfoEspacial: <https://www.infoespacial.com/texto-diario/mostrar/3572586/cubesats>
- Telefónica: <https://blogthinkbig.com/cubesats-espacio-crowdfunding>
- CubeSats.org: <https://www.cubesat.org/>
- Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial - INTA: https://www.inta.es/INTA/es/blogs/copernicus/BlogEntry_1698145693441
- Bases y conceptos de proyectos realizados por los estudiantes de la universidad de Sevilla y Madrid en la rama de ingeniería aeronáutica y aeroespacial, para el desarrollo del mismo, con intensificación de búsqueda en Google y en las webs de dichas universidades.