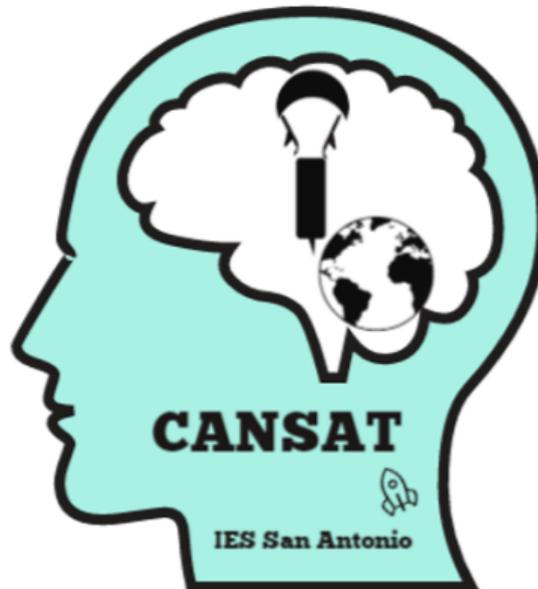


# Matemáticas en una lata: Proyecto Cansat



**LOS INVESTIGADORES  
DEL IES SAN ANTONIO**



**Alicia Prieto Martín  
Vanessa Sánchez Canales**

**CENTRO: I.E.S. San Antonio (Bollullos del  
Condado)  
Huelva**

## 1. INTRODUCCIÓN: Matemáticas por ordenador.

### 1.1 Organización

Desde hace dos años, el I.E.S San Antonio, centro de Enseñanza Secundaria Obligatoria de Bollullos del Condado (Huelva), participa en los proyectos STEAM: Investigación Aeroespacial Aplicada al Aula y Computación y Robótica de la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía.

Además, desde el Departamento de Matemáticas, en este centro se oferta para los alumnos de **4º de E.S.O. la asignatura optativa llamada “Matemáticas por ordenador”**, cuyo objetivo fundamental es acercar al alumnado una visión no sólo más práctica sino también mucho más tangible en la que la pregunta recurrente que todos los docentes de matemáticas hemos sufrido alguna vez: “¿Y eso para qué sirve?, no tiene ningún tipo de cabida.

Es por ello por lo que en este curso, desde esta asignatura y gracias a dichos proyectos, hemos participado y logrado quedar entre los cinco primeros premios de la comunidad autónoma de Andalucía en el Concurso Internacional CanSat organizado por ESERO (European Space Education Resource Office).

Ahora bien, ¿en qué consiste y cuál es el objetivo de este reto?

### 1.2 Objetivos de la misión

**La misión secundaria de nuestro CanSat consiste en valorar si el planeta al que llega nuestro satélite puede o no albergar vida en él.** Mediante una serie de sensores que detallaremos más adelante, el CanSat será capaz de medir la humedad, la temperatura y la presión atmosférica.

Los valores de las variables de la misión primaria (temperatura y presión) son esenciales a la hora de encontrar planetas potencialmente habitables. Además, **como misión secundaria hemos elegido medir la humedad** ya que cuando nuestro satélite llegue a la atmósfera de un planeta, será esencial que detecte la cantidad de vapor de agua que hay en ella para saber si puede ser habitable, y esa cantidad de vapor de agua es lo que mide el porcentaje de humedad.

Por tanto, a partir de estos datos **se podrá determinar si el planeta es apto para la vida o no.** El sistema de comunicaciones está basado en transmisión por radiofrecuencia y los datos se reciben en tiempo real.

## 2. Matemáticas en el interior del CanSat: lógica y pensamiento computacional.

### 2.1 Esquema de la misión.

Los elementos clave para que nuestro CanSat pueda realizar sus misiones son la **placa Arduino Uno**, el **sensor de presión MPX4115A**, el **sensor de temperatura y humedad DHT11**, el **módulo de comunicación por radiofrecuencia APC220**, el **módulo de control de vuelo y GPS GY-NEO6MV2** y una antena Yagi para amplificar la señal y poder recibir los datos en la estación de tierra en tiempo real.

Estos componentes se muestran de forma esquemática en el siguiente diagrama de bloques:

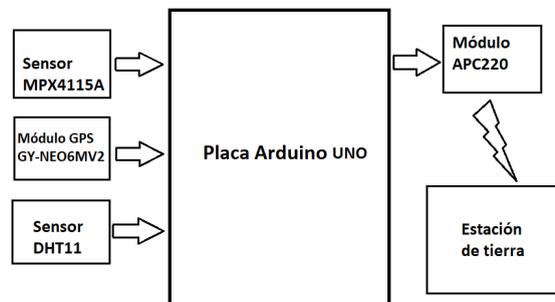


Imagen 1: Diagrama de flujo

### 2.2 Proyecto científico.

Gracias a estos sensores, **el CanSat recogerá antes, durante y después de su lanzamiento los valores de la temperatura, presión y humedad** con el objetivo de saber si el planeta en el que aterrice es potencialmente habitable o no. Además, gracias al módulo GPS GY-NEO6MV2, podemos saber la ubicación de nuestro satélite en todo momento y de esta forma, recuperarlo fácilmente una vez aterrice.

Por tanto, si el planeta pudiera albergar vida, esperamos obtener unos valores similares a los de nuestro planeta Tierra. Si por el contrario los valores que recibimos en nuestra estación de tierra no son los esperados, significa que el planeta al que nuestro satélite ha llegado no reúne las condiciones necesarias para que este hecho ocurra.

Por ejemplo, si en nuestra estación de tierra recibimos un valor de nuestra misión secundaria (porcentaje de humedad) del 3%, significa que prácticamente la cantidad de vapor de agua es inexistente y sin agua es imposible el desarrollo de vida.

## 2.3 Diseño mecánico

En la estructura de nuestro satélite podemos distinguir entre los componentes externos que

lo forman y los componentes internos. A continuación vamos a detallar y mostrar cada uno de ellos:

### **Componentes externos:**

- **Carcasa:** Estructura cilíndrica de PLA (de radio 3,3 cm y altura 12 cm), la cual hemos diseñado usando Tinkercad e impreso en la impresora 3D de nuestro instituto.
- **Interruptor:** Palanca exterior cuya función es poder encender y apagar nuestro CanSat sin necesidad de abrir la carcasa.
- **Paracaídas:** Ripstop impermeable cortado de forma hexagonal, de 20 cm de lado.
- **Cuerdas paracaídas:** Cordón de nylon de 4mm de diámetro y resistente al desgarró.

### **Componentes internos:**

- **Placa Arduino Uno:** Es el microcontrolador de nuestro CanSat programado con lenguaje Arduino IDE. Consta de 14 pines digitales y 6 pines analógicos.
- **Placa prototipo PCB para arduino:** Es la placa en la que hemos colocado y soldado todos los sensores y componentes, fijando ésta sobre la placa Arduino Uno.
- **Sensor MPX4115A:** Es un sensor de presión que consta de seis pines.
- **Sensor DHT11:** Es un sensor de temperatura y humedad de alta fiabilidad y estabilidad debido a su señal digital calibrada.
- **Módulo APC220:** Es un transmisor inalámbrico de radiofrecuencia que opera entre las frecuencias 418-455 Mhz. En nuestro caso, hace de transmisor de los datos desde el CanSat a la estación base, en la que tenemos colocada una antena Yagi como receptora.
- **Módulo de control de vuelo y gps GY NEO6MV2:** Es un controlador de vuelo y gps que nos da las coordenadas de localización de nuestro CanSat en tiempo real y que, por tanto, nos servirá también para poder recuperarlo fácilmente una vez aterrice.

- **Cables:** Son los que transmiten la corriente eléctrica desde la placa a los sensores.
- **Fuente de alimentación:** Es una pila de 9V que se puede encender y apagar sin necesidad de abrir el CanSat usando el interruptor exterior de éste.
- **Separadores:** Pequeñas tablas de madera que separan los demás componentes interiores y hacen que éstos no puedan moverse ni soltarse.
- **Lastre:** Pieza de granito que hemos fijado dentro de un compartimento interior para que la masa del CanSat llegue a ser de 340 gramos.

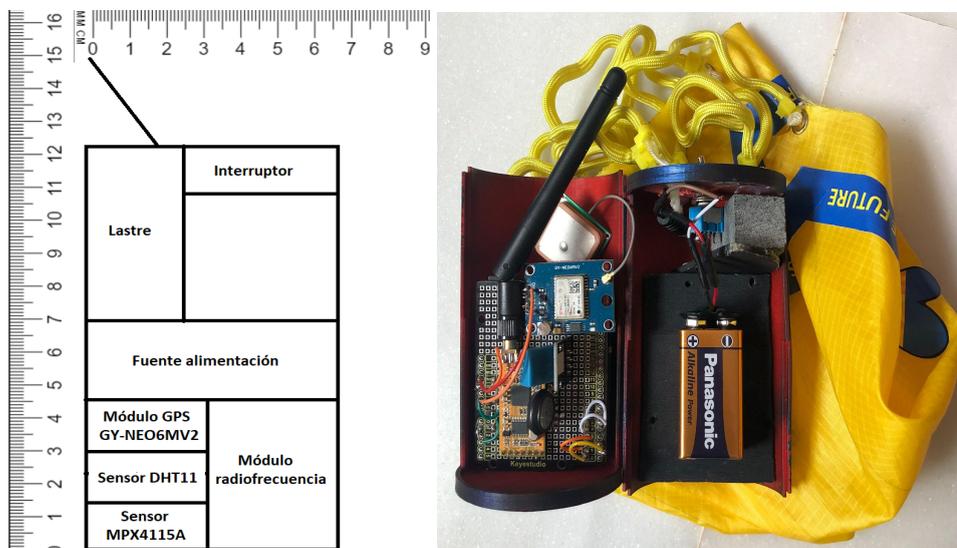


Imagen 2: Esquema mecánico

## 2.4 Diseño eléctrico

Hemos realizado el diseño eléctrico utilizando el programa Fritzing, tal y como muestran los siguientes esquemas de nuestro circuito:

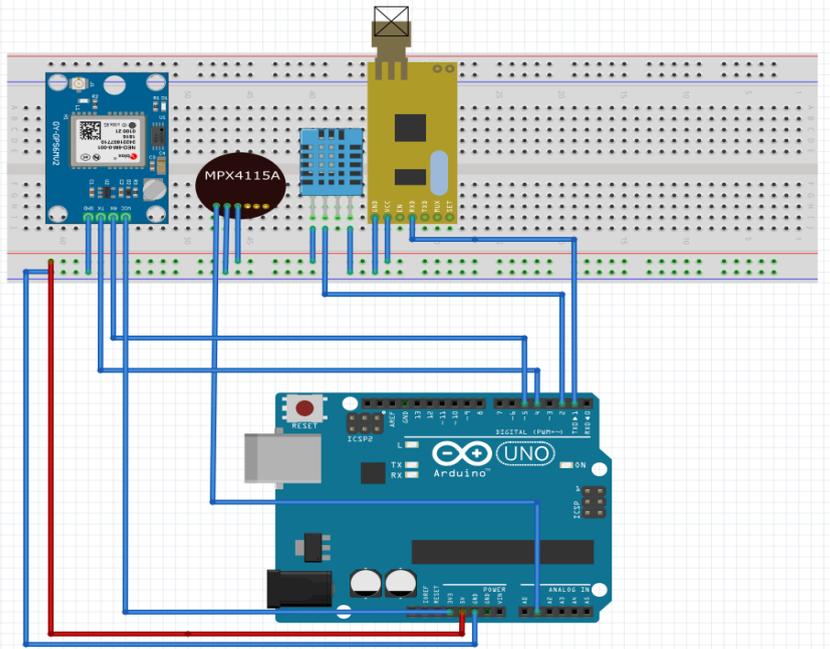


Imagen 3: Esquema circuito electrónico 1

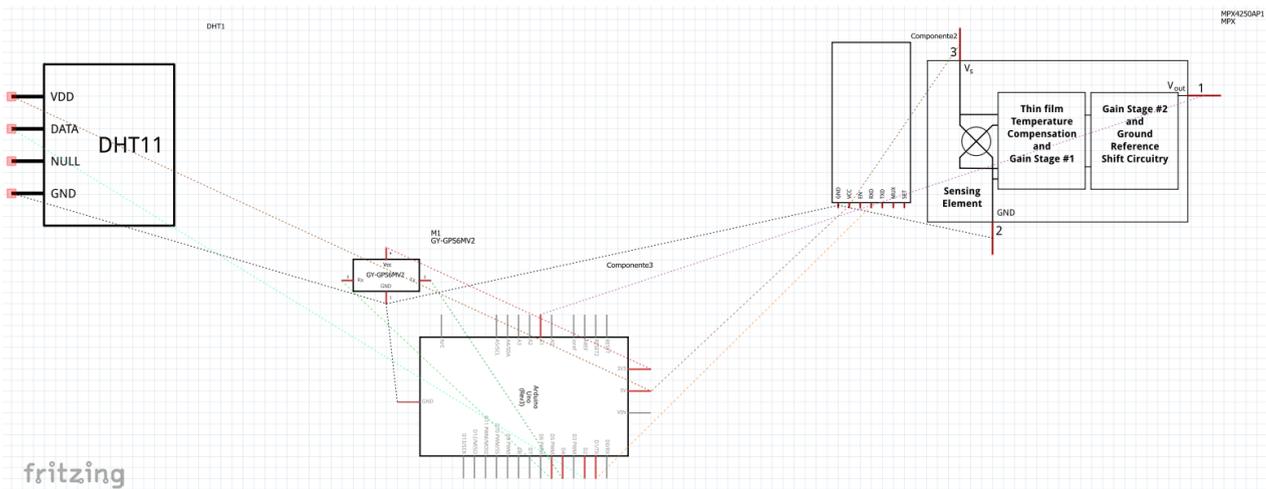


Imagen 4: Esquema circuito electrónico 2

## 2.5 Software.

El software usado para programar nuestro CanSat es el software libre de **Arduino LCC**.

Aquí aparecen por tanto de forma natural y esencial las **matemáticas**, y no solo porque tal y como puede verse en la imagen de una parte de este código (se mostrará en la comunicación) se necesitan hacer operaciones matemáticas para calcular dichos parámetros, sino porque el hecho en sí de programar es una aplicación directa de la lógica matemática.

Además, también se ha trabajado la interpretación de los resultados obtenidos, Por ejemplo, si en nuestra estación de tierra recibimos un valor del porcentaje de humedad del 3%, significa que prácticamente la cantidad de vapor de agua es inexistente y sin agua es imposible el desarrollo de vida.

De esta forma, el alumnado ha podido comprender la necesidad, el significado y la importancia del cálculo matemático en diferentes ámbitos científicos, como son, en este caso, la biología, la física y química y el medio ambiente.

Para la comunicación con la estación de tierra a partir del módulo de transmisión por radiofrecuencia que se encuentra en el interior del Cansat, conectamos una **antena Yagi** a la estación.

Una vez tenemos conectada la antena al ordenador, usamos el programa **RF-Magic** (for APC220x v1.2A) y seleccionamos la frecuencia de **434 Mhz**, abrimos el puerto correspondiente y, a través del programa **Serial Port Utility (SPU)**, recibimos los dos valores de la misión primaria y el de la misión secundaria una vez por segundo. Además, también recibimos las coordenadas de la ubicación de nuestro satélite.

El diagrama de flujo de la programación sería el que muestra la siguiente imagen:

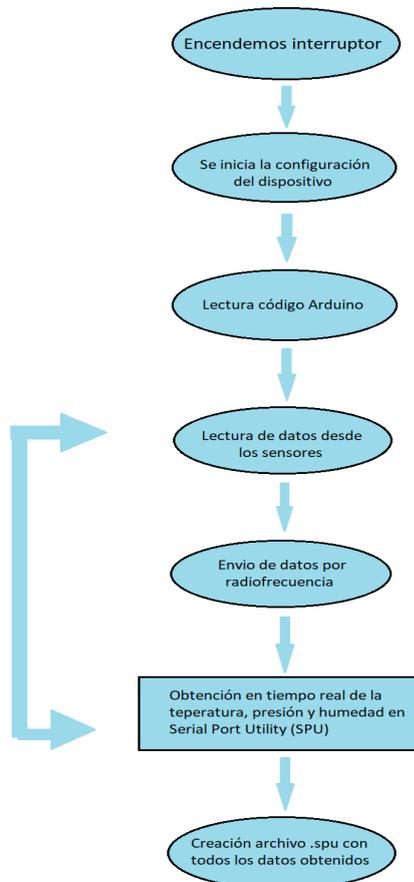


Imagen 5: Flujo de la programación

## 2.6 Sistema de recuperación

Para poder recuperar nuestro CanSat una vez éste aterrice en la superficie, hemos usado el **módulo GPS GY-NEO6MV2**. Gracias a él, recibimos la **latitud y longitud** a la que se encuentra el CanSat una vez por segundo, durante todo el lanzamiento, vuelo y aterrizaje. Por tanto, una vez que éste toque tierra, poniendo dichas coordenadas en Google Maps, podremos conocer su ubicación exacta y así recuperarlo fácilmente. Además, hemos usado colores llamativos tanto para el paracaídas (amarillo fluorescente) como para la carcasa (azul-lila metalizado), tal y como puede verse en la siguientes imágenes:



Imágenes 6 y 7: Colores del Cansat

Gracias al uso de estos colores, nos resultará fácil no perderlo de vista durante toda su caída hasta el momento en el que éste toque tierra.

## 2.7 Estación de tierra

Nuestra estación de tierra recibe los datos en **Serial Port Utility** una vez por segundo, antes, durante y después de su lanzamiento. Para garantizar la recepción de estos valores durante todo momento, nuestra estación tiene conectada una antena Yagi de radiofrecuencia que amplifica la señal.

Una vez finalizada la recepción de datos, se crea un archivo de extensión .spu donde éstos son almacenados para poder ser analizados. Si dichos valores son similares a los de nuestro planeta Tierra, podríamos concluir que nuestro satélite ha llegado a un planeta potencialmente habitable. Si por el contrario, éstos distan bastante de los de nuestro planeta, es decir, si por ejemplo, obtenemos unos valores de temperatura de 200°, en dicho planeta no podrá existir vida.

A continuación se muestra una imagen con el archivo de una de las **pruebas de recepción de datos** en el monitor de nuestra estación de tierra.

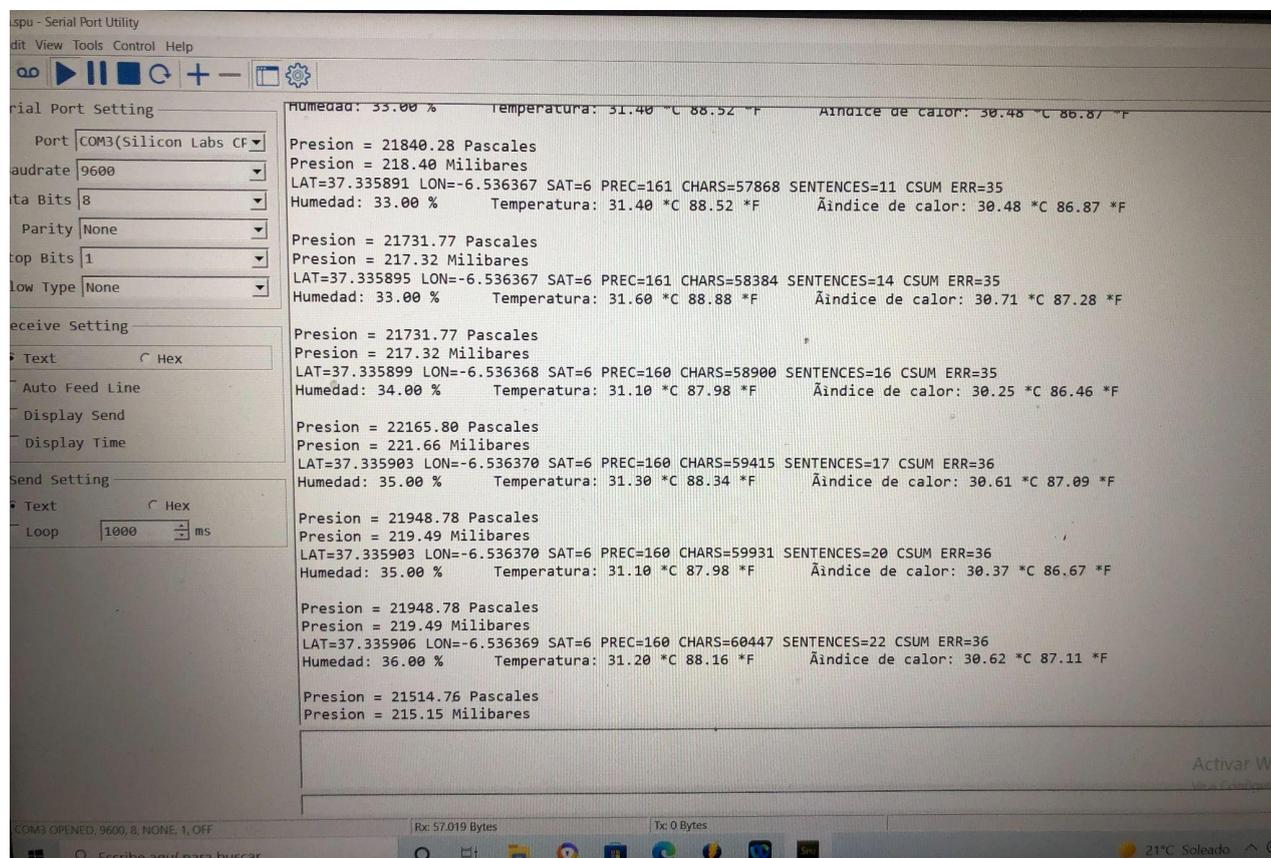


Imagen 9: Recepción datos en la estación de tierra

### 3. Matemáticas en la carcasa del CanSat: Geometría con Tinkercad e impresión 3D.

Dentro de los criterios de evaluación de la asignatura de matemáticas, tanto en la enseñanza secundaria como en el bachillerato, se encuentra la comprensión de la geometría que podemos ver, es decir en 2 dimensiones y 3 dimensiones.

Sin embargo, en numerosas ocasiones, nos quedamos en el mundo plano de la pizarra al explicar y ver esta rama de las matemáticas en lugar de aprovechar al máximo el hecho de poder imaginar, diseñar, modelar y crear físicamente estos objetos geométricos.

En este proyecto, es esto precisamente esto lo que hemos querido llevar a cabo, ¿Cómo? Diseñando y creando una carcasa para nuestro CanSat usando la aplicación Tinkercad e imprimiéndola posteriormente usando el programa Cura y a través de una impresora 3-D.

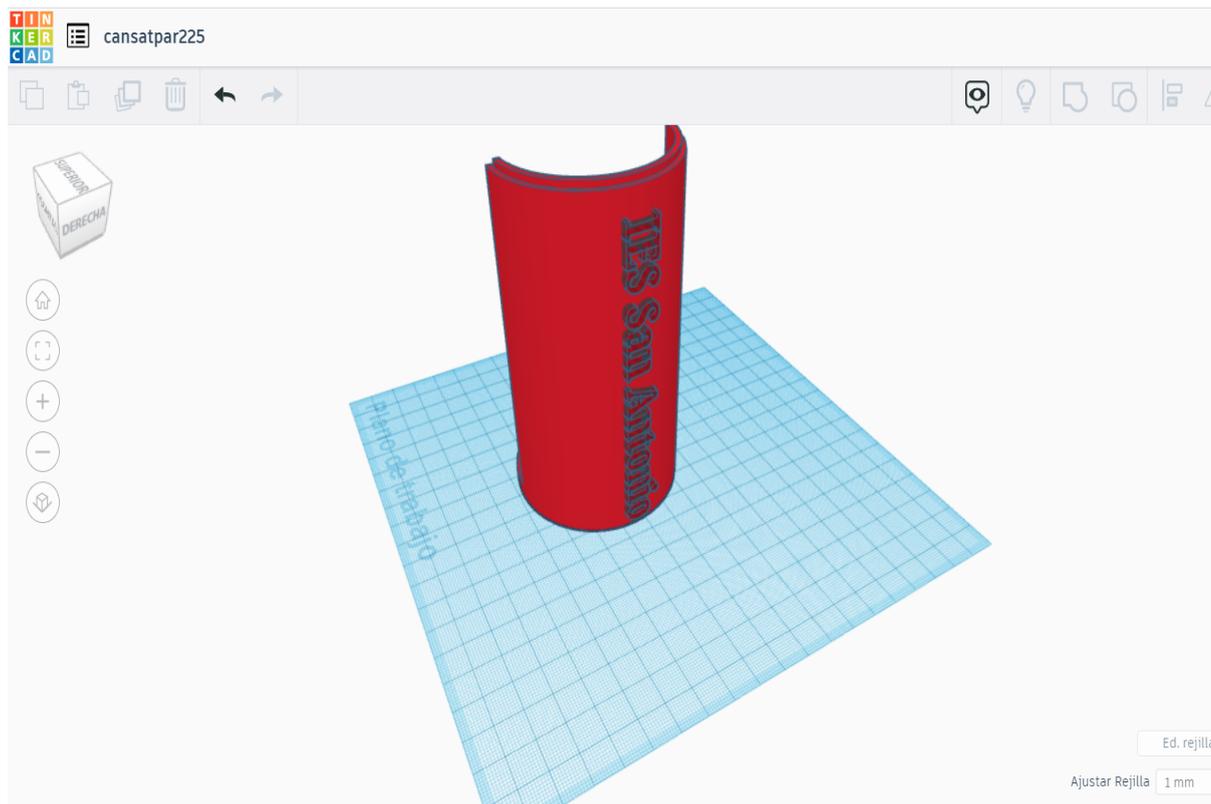


Imagen 2: Diseño de la carcasa en Tinkercad.

Para ello, partimos de la forma geométrica básica de una lata de refrescos, que no es otra que la de un cilindro, cuyas dimensiones máximas permitidas son 66 cm de radio y 115 cm de altura. A partir de ella, la dividimos en dos y la vamos creando los huecos y cavidades necesarias para que ambas partes encajen a la perfección. (Se hará una explicación práctica en la comunicación).

Una vez finalizado este objeto geométrico, para poder hacerlo real, lo exportamos como archivo .stl al programa cura, donde se puede apreciar como se imprimirá este.

Por último, exportamos el archivo de extensión .gcode a la impresora 3D Ender Creativity y logramos hacer real nuestra creación, tal y como puede visualizarse en la siguiente imagen.

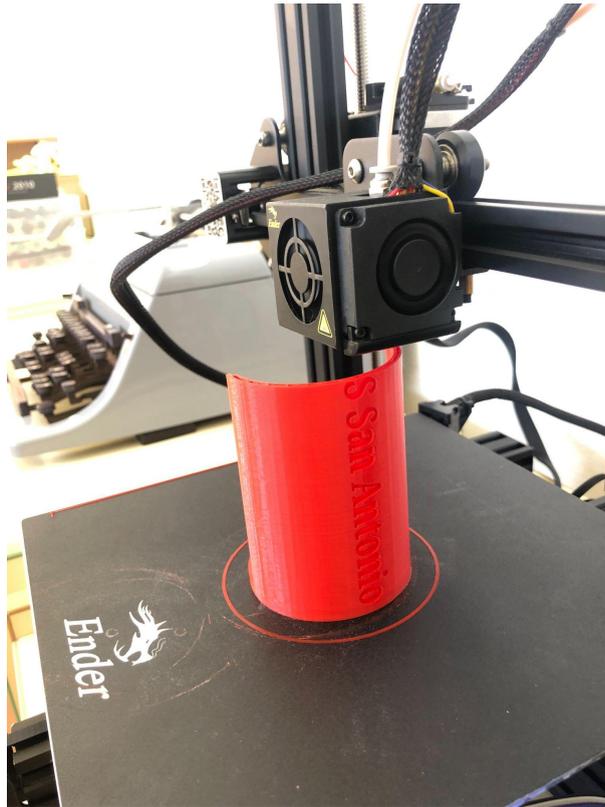


Imagen 3: Impresión de la carcasa

Por tanto, gracias a este proceso, el alumnado ha desarrollado su visión espacial, así como las distintas perspectivas, ha usado y modificado formas geométricas simples para lograr obtener una más compleja a partir de la unión de estas, logrando hacer real un objeto imaginado por ellos mismos.

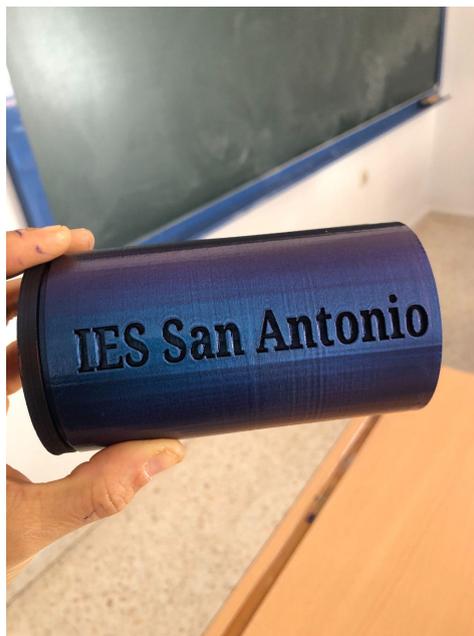


Imagen 4: Carcasa del CanSat

#### 4. Matemáticas en el lanzamiento del CanSat: Cálculo de las dimensiones del paracaídas más apropiado.

Una vez que tuvimos la carcasa lista, el siguiente paso era construir el paracaídas más apropiado para que una vez que el cohete soltara el CanSat, este fuera descendiendo a una velocidad de entre 8 y 11 m/s.

Para ello, primero hay que elegir entre todas las formas geométricas posibles (circular, rectangular, en cruz, hexagonal, etc) la que debe ser más apropiada. Tras un estudio de propiedades geométricas de todas estas figuras y leyendo (European Space Agency, 2018), decidimos que la más apropiada es el hexágono (este resultado se detallará en la comunicación)

Aquí nos encontramos por tanto con un problema en el que hay que igualar fuerzas. Por un lado, tenemos la fuerza que empuja el Cansat hacia la tierra, haciendo que este caiga en caída libre, es decir, su masa (340 gramos) por la gravedad. Para contrarrestar esta fuerza, tenemos que usar el paracaídas (considerando el coeficiente de rozamiento de éste) y la densidad del aire.

Ahora bien, para la correcta resolución de este problema, hay que resolver un sistema de ecuaciones y usar resultados como el teorema de Pitágoras y las propiedades geométricas del hexágono regular, como por ejemplo, que su lado es igual a su radio. Como además tenemos un límite superior y otro inferior de velocidad permitida, tenemos que resolverlo para cada una de estas, obteniendo así los valores del tamaño máximo y mínimo del lado del paracaídas, como puede verse en la siguiente ilustración donde se muestran en detalle todos los cálculos que realizó uno de nuestros alumnos.

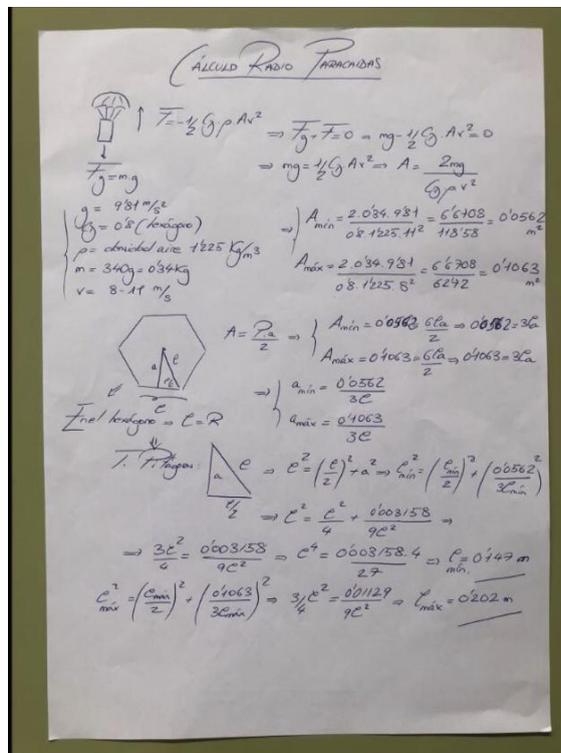


Imagen 5: Cálculos diseño paracaídas

La siguiente imagen muestra el CanSat con su paracaídas ya colocado y fijado a él.



Imagen 6: Paracaídas hexagonal

Por tanto, de nuevo nuestros alumnos concluyeron que las matemáticas son la clave del diseño y construcción del paracaídas más apropiado, al menos de forma teórica, pero, ¿qué sucederá en la práctica?

## 5. Matemáticas y éxito: ¿Una relación directa?

### 5.1. PRUEBAS REALIZADAS

**En este proyecto hemos podido verificar y comprobar si efectivamente, el uso correcto de las matemáticas en todas las fases y partes de él, nos llevaba al correcto funcionamiento de nuestro CanSat. Este punto lo consideramos realmente esencial, ya que gracias a este trabajo, nuestros alumnos pueden ver las matemáticas de una forma mucho más tangible y útil.**

Las pruebas que hemos realizado para comprobar el correcto funcionamiento de nuestro CanSat son las siguientes:

#### **-Pruebas mecánicas:**

- Comprobamos que el dispositivo electrónico funciona correctamente y que, además, cumple las dimensiones de la carcasa y, por tanto, puede colocarse dentro de ésta. En el siguiente vídeo de nuestra cuenta de Instagram se ilustran dichas comprobaciones:

<https://www.instagram.com/p/CbcAlmqgIX9/>

- Nos cercioramos de que las dimensiones de la carcasa, una vez fijada la antena del módulo APC220 en su interior, cumplen los requisitos. La altura (contando los 3 centímetros que sobresale la antena) no sobrepasa los 15 centímetros y la base mide 6,6 centímetros. En los siguientes enlaces se pueden visualizar los vídeos de nuestro canal de Youtube de dichas pruebas:

<https://www.youtube.com/watch?v=ED9yr5cTacM>

<https://www.youtube.com/watch?v=gQI5FIOMbPk>

- Comprobamos que la masa del CanSat (incluyendo el paracaídas) es de 340 gramos, siendo ésta exactamente la misma que hemos usado para el cálculo del lado de nuestro paracaídas hexagonal. Este hecho puede verse aquí:

<https://www.youtube.com/watch?v=Dwtg9wkhVOM>

#### **-Pruebas de lanzamiento:**

Probamos primero a lanzar el CanSat desde una altura de 6 metros, comprobando que el paracaídas se abre correctamente y calculando la velocidad de descenso.

<https://www.youtube.com/shorts/eLbI7dUnKrU>

Volvimos a modificar la longitud de las cuerdas para ajustar dicha velocidad y repetimos el lanzamiento desde la misma altura, comprobando que cae a unos 8-9 m/s. A continuación puede verse una de dichas pruebas:

<https://youtube.com/shorts/hmNynoMYIlc?feature=share>

Finalmente, ya que esa altura nos parecía insuficiente, realizamos una salida a la ermita de nuestro pueblo y lanzamos el CanSat desde su torre varias veces, a unos 13 metros de altura, constatando de nuevo que la velocidad está entre los márgenes permitidos y que el paracaídas se abre, como puede visualizarse aquí:

<https://youtu.be/uFyxRySsghY>

En todas las pruebas hemos dejado caer el CanSat con el paracaídas plegado y no abierto de antemano, ya que este detalle nos parecía importante para poder saber cuánto tardará en abrirse y si lo hace correctamente en el lanzamiento.

- **Pruebas de telemetría:**

En primer lugar, comprobamos que recibíamos los datos en nuestra estación de tierra sin tener conectada la placa de Arduino a ésta, gracias a los módulos de comunicación APC220:

<https://youtu.be/mCXEc5dp1ZM>

Seguidamente, realizamos una salida al campo para probar el alcance de dichos módulos al aire libre y comprobamos que tan solo alcanzaban unos 200 metros:

<https://youtu.be/mW9SYxcjxww>

Posteriormente, conectamos una antena yagi de radiofrecuencia a la estación de tierra y volvimos a salir al campo a comprobar el alcance, llegando a una distancia de entre 800 y 900 metros sin obstáculos:

<https://youtu.be/g7yueBuiTwo>

Finalmente, para no encontrarnos ningún tipo de obstáculo, interferencia o desnivel, hemos realizado otra prueba a lo largo de la línea de costa de la playa, llegando el alcance a los 1200 metros de distancia:



### Prueba telemetría Cansat



Distancia <b>2,45 km</b>	Desnivel positivo <b>5 m</b>
Tiempo en movimiento <b>33:53</b>	Calorías <b>184 kcal</b>
Ritmo cardiaco promedio <b>100 ppm</b>	Ritmo cardiaco máximo <b>112 ppm</b>

Imágenes 11,12 y 13: Prueba de telemetría en la playa

## 5.2. Lanzamiento final.

Una vez finalizado este proyecto, nos comunicaron que estábamos entre los diez elegidos para la competición regional de Andalucía, que sería celebrada en Córdoba el 23 de abril.

Por tanto, nuestro CanSat iba a ser finalmente lanzado de verdad desde un cohete a un kilómetro de altura y podríamos comprobar, si habíamos realizado todo nuestro trabajo de forma correcta o no. O lo que es lo mismo, si las matemáticas funcionarían de verdad o por el contrario no.



Imagen 7: CanSat listo para el lanzamiento

¿Qué fue lo que sucedió?

Pues que nuestro Cansat cayó a una velocidad correcta (unos 9 m/s), midió todos los parámetros durante todo el descenso y además aterrizó en el sitio que habíamos previsto de forma exitosa (a unos 300 metros del punto desde el que se lanzó) sin sufrir ningún tipo de daño en ninguna de sus partes.

En los siguientes enlaces pueden visualizarse vídeos con dicho lanzamiento y nuestra recepción de los datos durante éste:

<https://www.instagram.com/p/CcsMsu0A6nQ/>

<https://www.instagram.com/p/CcsKopAgnMR/>

Además, gracias al módulo GPS que también le programamos, recibimos las coordenadas geográficas (latitud y longitud) exactas del lugar donde este se encontraba. Por último, mostramos en la siguiente imagen las coordenadas de su lugar de aterrizaje.

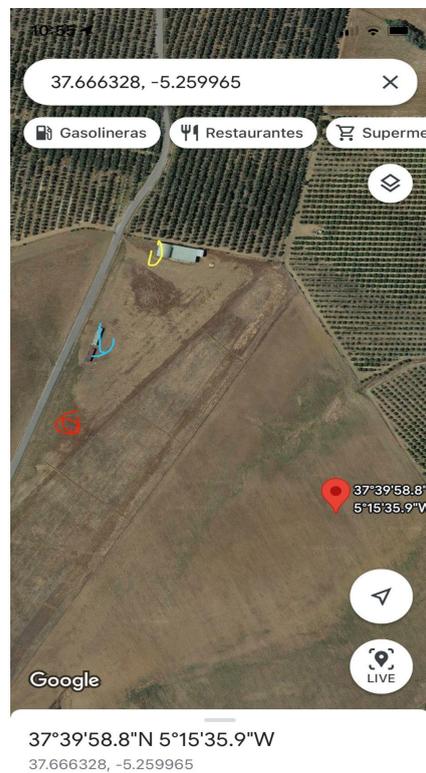


Imagen 8: Coordenadas aterrizaje

Finalmente, resultamos entre los cinco primeros clasificados de la provincia. Pero mucho más allá de la enorme alegría de este hecho, la mayor satisfacción fue ver las caras de nuestro alumnado cuando comprobaron que todo sucedió y funcionó tal y como pronosticaban las matemáticas.

Y es que, usar las matemáticas, en todas sus distintas ramas, para aplicarlas en cualquier otro ámbito científico y en la vida en general, es, sin ninguna duda, además de fascinante, garantía de éxito.

Transmitir este hecho a nuestro alumnado es totalmente esencial en nuestra profesión.

## **BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS UTILIZADOS.**

- Recursos en pdf proporcionados por ESA en el siguiente enlace:
- <https://esero.es/cansat/recursos-asociados/>
- Arduino para jóvenes y no tan jóvenes. Joan Ribas Lequerica. Editorial Anaya.

Manuales módulos APC220:

- <https://www.robotshop.com/media/files/PDF/dfrobot-apc220-manual.pdf>
- <https://beetlecraft.blogspot.com/2015/10/tutorial-apc220.html>

- Manual antena Yagi:

[https://www.rohde-schwarz.com/es/manual/manual-y-especificaciones-de-las-antenas-yagi-r-s-ha-z900-y-r-s-ha-z1900-manuales-gb1\\_78701-323332.html](https://www.rohde-schwarz.com/es/manual/manual-y-especificaciones-de-las-antenas-yagi-r-s-ha-z900-y-r-s-ha-z1900-manuales-gb1_78701-323332.html)

## **HERRAMIENTAS GRATUITAS**

### **Esquemas:**

- Dibujos de Google.
- Hoja cálculo de Google.

### **Redacción:**

- Documentos de Google.

### **Circuitos:**

- Circuitos de Tinkercad.
- Fritzing.

### **Diseño 3D:**

- Diseños de Tinkercad.

### **Impresión 3D:**

- Cura.