

Este sistema ayudará a estabilizar a Quetzal-1

Es fundamental que el primer satélite nacional esté estabilizado en órbita para que cumpla con una de sus misiones: **captar imágenes de la Tierra con su cámara.**

Por Equipo Proyecto CubeSat*
satelite@uvg.edu.gt

El submódulo de control y determinación de actitud de Quetzal-1, satélite que se construye en la Universidad del Valle de Guatemala y que será lanzado en el 2019, se encarga de estabilizar y de establecer la orientación de este en órbita. Su objetivo es que la cámara que transporta el satélite pueda tomar imágenes únicamente cuando el lente de esta esté direccionado hacia la Tierra.

Los componentes que conforman este submódulo son un imán, barras de histéresis, unidad de mediciones inerciales (giroscopio y magnetómetro) y fotodiodos. En este espacio se detalla la función de cada uno de ellos.

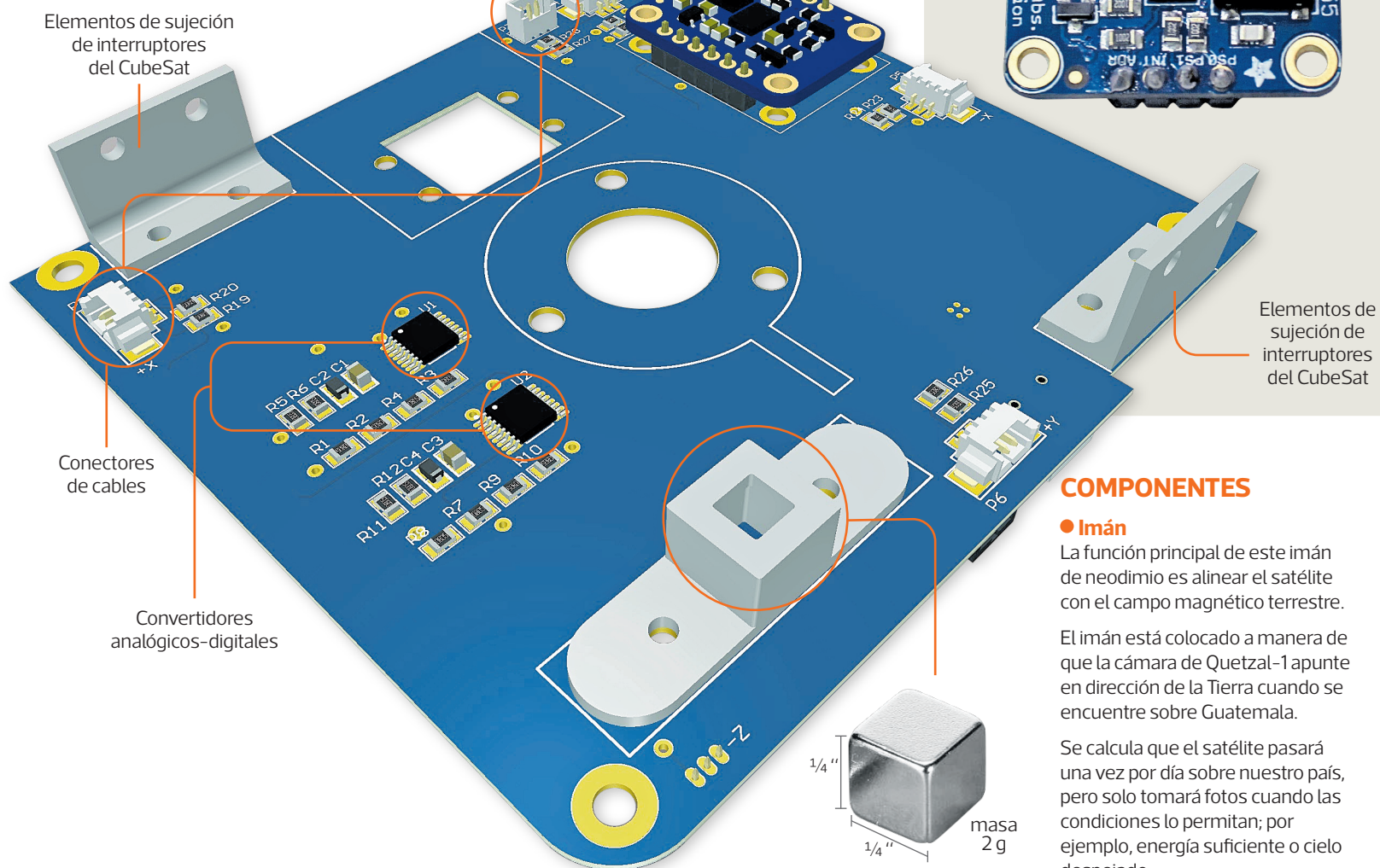
También se describe el filtro de Kalman, que se estudia en cursos de sistemas de control a nivel de grado de maestría, y es uno de los retos más grandes del desarrollo de Quetzal-1, pues es un algoritmo matemáticamente complejo.

El equipo del Proyecto CubeSat agradece a la Universidad de Colorado en Boulder por facilitar las barras de histéresis, y a Era & Relmo por proveer el alambre de cobre para construir la Jaula de Helmholtz.

*Dan Álvarez, Diego Rodríguez, Elías Sánchez, Julio Rodríguez, Ronaldo Macz, Joel González, Jorge Tezén y Pablo Arellano, Facultad de Ingeniería e Instituto de Investigaciones de UVG

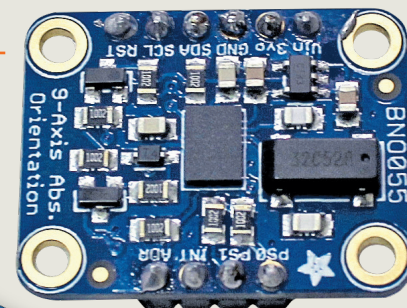
Cómo se orienta el CubeSat

El submódulo de control y determinación de actitud se encarga de estabilizar el satélite durante su órbita para evitar que gire de forma descontrolada. También permite conocer su orientación, para establecer a qué dirección se encuentra apuntando el lente de la cámara.



● Unidad de mediciones inerciales

Es un dispositivo electrónico con tres sensores: un acelerómetro, un giroscopio y un magnetómetro. Es capaz de identificar el movimiento de un objeto en tres dimensiones.



COMPONENTES

● Imán

La función principal de este imán de neodimio es alinear el satélite con el campo magnético terrestre.

El imán está colocado a manera de que la cámara de Quetzal-1 apunte en dirección de la Tierra cuando se encuentre sobre Guatemala.

Se calcula que el satélite pasará una vez por día sobre nuestro país, pero solo tomará fotos cuando las condiciones lo permitan; por ejemplo, energía suficiente o cielo despejado.



● **Barras de histéresis**

Son dos barras hechas de un material ferromagnético conocido como HYMU 80®, que es una aleación de níquel, hierro y molibdeno.

Constituyen la mano derecha del imán. Si solo se colocara este, se obtendría un sistema que nunca se estabilizaría y oscilaría de manera permanente alrededor del campo magnético terrestre. Las barras introducen cierto tipo de fricción.

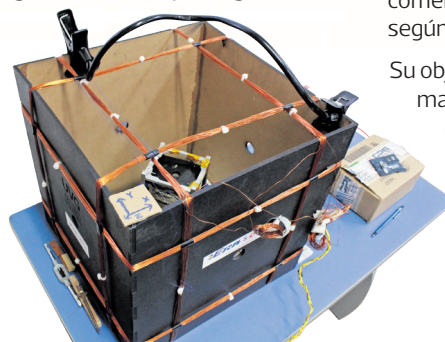
● **Filtro de Kalman**

Es un algoritmo empleado en proyectos espaciales, introducido, por primera vez en 1960, por el científico de origen húngaro Rudolf Kalman.

Este filtro busca calcular el estado de un sistema. En el caso de Quetzal-1, este sistema es la orientación relativa del satélite, dadas ciertas variables de entrada y cierta dinámica conocida. Su robustez y uso extendido se deben a su extraordinaria habilidad para filtrar distorsiones y producir mediciones exactas.

● **Jaula de Helmholtz**

Es una caja de 40 cm de cada lado, con dos bobinas de alambre de cobre calibre 22 en cada eje (en total son seis bobinas), que juntas generan un campo magnético



controlable en su centro geométrico.

El campo magnético es controlado por fuentes de corriente que permiten variar la corriente por cada par de bobinas, según lo requiera el usuario.

Su objetivo es producir campos magnéticos similares a los encontrados en la órbita en que se encontrará Quetzal-1, para determinar el correcto funcionamiento del sistema de estabilización.

El acelerómetro mide aceleración. De colocarlo estático sobre una mesa, por ejemplo, mediría la aceleración gravitacional que experimentamos en Tierra (9.8 m/s²; es decir, 9.8 metros sobre segundo al cuadrado, que es la aceleración que la fuerza de la gravedad provoca en los objetos que se encuentran en la Tierra.

El giroscopio mide velocidad rotacional en tres ejes, por lo que puede identificar la velocidad de giro del satélite en órbita.

El magnetómetro mide el campo magnético. Es una brújula digital, capaz de identificar la dirección del campo magnético en tres ejes.

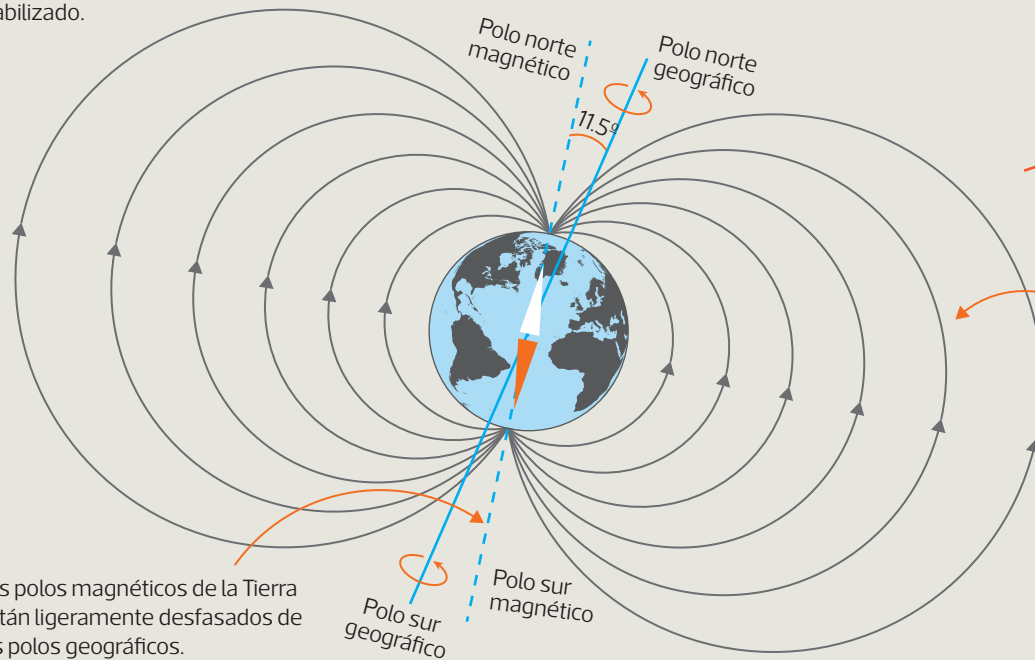
Quetzal-1 utilizará solo el giroscopio y el magnetómetro. El acelerómetro no se usará ya que no es necesario conocer las aceleraciones que experimentará el CubeSat para determinar su orientación.

La información obtenida con estos sensores ayudará a establecer la orientación del satélite en órbita, así

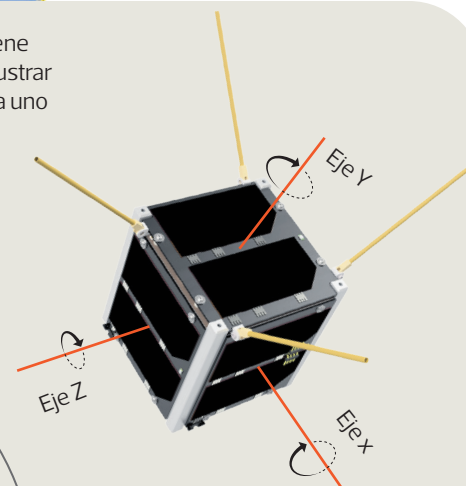
como para verificar el correcto funcionamiento del sistema de estabilización. Por ejemplo, el giroscopio debe medir valores cercanos a cero para asegurar que se ha estabilizado.

Cómo funciona el sistema de control de Quetzal-1

Al estar en órbita, el CubeSat tiene un movimiento que se puede ilustrar como rotación respecto de cada uno de los ejes (X, Y, Z)

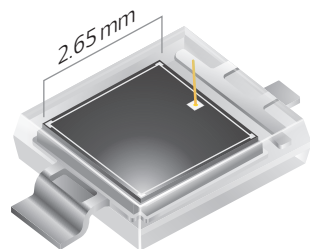


Los polos magnéticos de la Tierra están ligeramente desfasados de los polos geográficos.



El magnetómetro en el CubeSat mide la dirección de las líneas del campo magnético de la Tierra.

El Sistema de Control del CubeSat busca que el eje Y del CubeSat esté alineado con las líneas del campo magnético de la Tierra, para que la cara inferior del satélite –que tiene un agujero para que el lente de la cámara pueda tomar fotografías– apunte hacia la Tierra.



● **Fotodiodos**

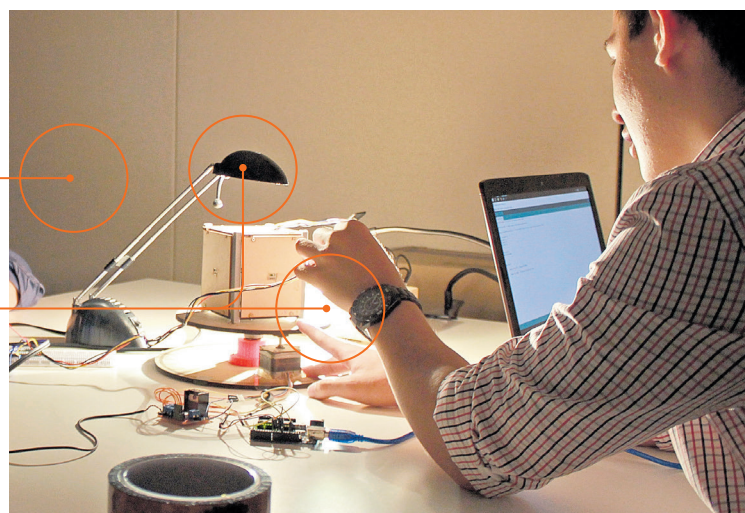
Son sensores de luz que varían su voltaje, según el ángulo de incidencia de la fuente de luz. Se encargarán de detectar las fuentes de luz que se encuentren alrededor del satélite, lo cual ayudará a determinar cuando la cámara se encuentre apuntando hacia la Tierra.

Quetzal-1 utilizará 12, dos en cada cara del satélite.

Para probar estos sensores, se utilizó una réplica del exterior de Quetzal-1, montada en una plataforma rotatoria en un ambiente oscuro.

Se expuso el cubo a la luz de dos lámparas halógenas de diferentes potencias, en rotaciones completas de la plataforma.

Se almacenaron los datos obtenidos de las pruebas para poder replicar la forma en que las fuentes de luz interactuaron con el satélite y así definir el momento cuando deba tomar una fotografía.



● **Placa electrónica**

Todos estos componentes, con excepción de los fotodiodos, irán montados en una placa en el interior del satélite, la cual proveerá los datos a la computadora central del aparato.

● **Asesores**

El desarrollo de este submódulo ha tenido el apoyo de los asesores doctor David Gerhardt, de la Universidad de Colorado en Boulder; doctor Julio Gallegos, y los másteres en Ciencias Pablo Oliva, Miguel Zea y Eduardo Álvarez, de UVG.