

Carga útil de percepción remota a bordo de CubeSats para la obtención de índices de vegetación (“NDVI”): Modelo de ingeniería.

Jorge Prado-Morales y Jorge Prado-Molina

Instituto de Geografía

Universidad Nacional Autónoma de México

jpradom9@comunidad.unam.mx, jprado@igg.unam.mx

Resumen.

Se presenta el diseño, fabricación y pruebas de funcionamiento en Tierra, de un modelo de ingeniería de una carga útil con capacidad de adquisición de imágenes para la determinación del índice de vegetación de diferencia normalizada (“NDVI”), el cual estima la cantidad y salud de la vegetación. El instrumento fue diseñado para operar en órbita baja @ 500 km, con un tamaño de imagen de 72.57 x 55.83 km y una resolución de 28 m/píxel, en las bandas: roja e infrarroja. Fue fabricado con componentes comerciales por lo que no es apto para vuelo, hasta que se hagan las pruebas de calificación.

Introducción.

La obtención del “NDVI” está basado en la espectroscopia de reflectancia del proceso de fotosíntesis. El pigmento de clorofila en una planta sana absorbe la mayor parte de luz roja visible (630-670 nm), mientras que su estructura celular, refleja la mayor parte del infrarrojo cercano (850-880 nm), por lo que la relación entre estas bandas indica la cantidad de clorofila ligada a la actividad fotosintética de dicha planta. La determinación de este índice esta dado por:

$$NDVI = \frac{IR \text{ Cercano} - \text{Rojo}}{IR \text{ Cercano} + \text{Rojo}} \quad (1)$$

Este índice, define valores de -1.0 a 1.0, donde:

- Valores negativos indican presencia de nubes, agua y nieve.
- Valores negativos (cercaos a 0) corresponden a rocas y suelo descubierto.
- Valores pequeños (menores a 0,1) muestran áreas sin rocas, arena o nieve.
- Valores moderados (entre 0,2 a 0,3) representan arbustos y praderas,
- Valores grandes (entre 0,6 a 0,8) indican bosques templados y tropicales.

Diseño de carga útil.

Los requerimientos del instrumento están determinados por la misión satelital, en este caso se considera la medición del índice de vegetación a través de un nanosatellite CubeSat de media resolución (menor a 100m/píxel) y un ancho de barrido de hasta 100 km, en una órbita baja @500km.

Se plantea la técnica de adquisición de imagen a través de barrido con un sensor bidimensional apuntado al nadir, así pues, cuando el satélite recorre su trayectoria, captura imágenes generando una franja cuyo tamaño depende de la capacidad de telemetría abordo. Las características del sensor (tamaño de píxel y número de elementos de la matriz) y del sistema óptico seleccionado (distancia focal), se muestran en la figura 1.

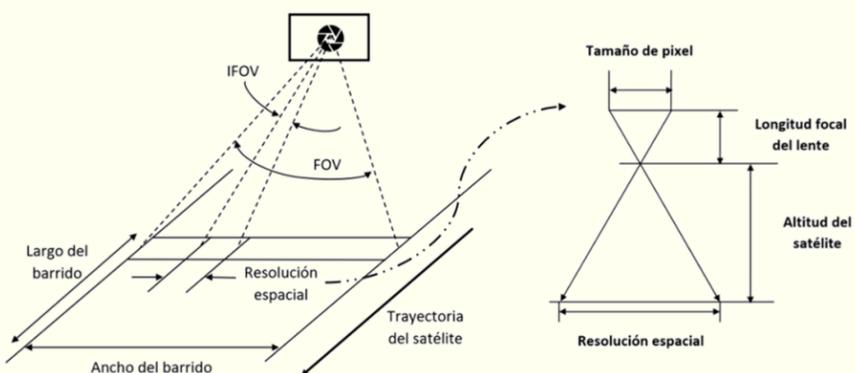


Figura 1. Esquema de cámara abordo de satélite.

Haciendo uso de la siguiente ecuación es posible obtener la resolución espacial:

$$Resolución \text{ espacial} = \frac{Altitud * \text{Tamaño de píxel}}{Longitud \text{ focal}} [m] \quad (2)$$

El ancho y el alto del barrido se obtienen con la expresión:

$$\text{Tamaño de barrido} = Resolución \text{ espacial} * No. \text{ píxeles sensor} [m] \quad (3)$$

La velocidad de disparo se calcula con base al tiempo que tarda una proyección del terreno en pasar a un píxel del sensor a la velocidad del satélite y está dada por:

$$V_{disparo} = \frac{Resolución \text{ espacial}}{V_{satélite}} [s] \quad (4)$$

Con este dato es posible obtener la estabilización del satélite usando:

$$Estabilización = \frac{0.1 * IFOV}{V_{disparo}} [°/s] \quad (5)$$

Hardware.

La carga útil contempla el uso de un par de cámaras con sensores de tecnología CMOS asociadas a ópticas con distancia focal de 25 mm, a las cuales se les agregaron filtros paso-banda para la detección de luz roja (650 nm) y el infrarrojo cercano (852 nm) con un ancho de banda de 10 nm en ambos casos.

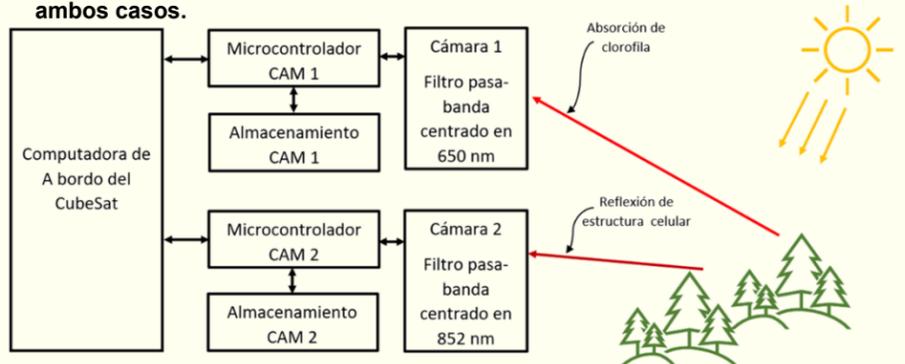


Figura 2. Diagrama a bloques del sistema de percepción remota.

Cada cámara cuenta con un microcontrolador para su comando, almacenamiento de imágenes en memoria externa y comunicación con la computadora de abordo. La carga útil fue diseñada con el menor volumen posible, por lo que todo el conjunto se encuentra alojado en una tarjeta con BUS y factor de forma PC/104, muy común en nanosatélites CubeSat, las tarjetas fueron diseñadas bajo las normas IPC.

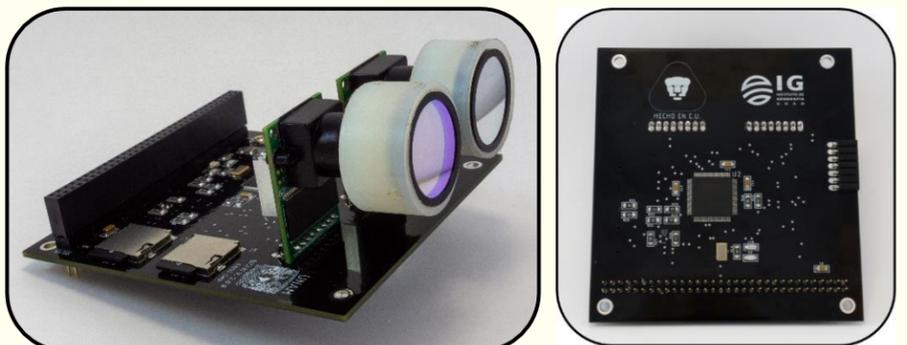


Figura 3. Carga útil para medición de NDVI fabricado en el Instituto de Geografía, UNAM

Resultados y Conclusiones.

Haciendo uso de las ecuaciones (2) – (4) se obtiene la caracterización de la carga útil propuesta en este trabajo para una órbita @ 500 km.

Tabla 1. Caracterización de la carga útil.

Altura de órbita	Resolución espacial	Ancho de barrido	Largo de barrido	Velocidad de disparo
500 km	28 m/píxel	72.57 km	55.83 km	3.67 s*10 ⁻³



Figura 4. Prueba de captura de imágenes en bandas de rojo (izquierda) e infrarrojo (derecha). La escena muestra: coníferas, un árbol frutal, naturaleza muerta, nubes y cielo abierto. La imagen en rojo muestra la vegetación en un tono más oscuro, demostrando la absorción de la vegetación de esta longitud de onda. La imagen en Infrarrojo muestra un mayor brillo en la vegetación, comportamiento esperado en vegetación con clorofila.