

CONCURSO



CANSAT

2014





UNAM
Dr. José Narro Robles
Rector

Dr. Eduardo Bárzana García
Secretario General

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Secretario Administrativo

Dr. Francisco José Trigo Tavera
Secretario de Desarrollo Institucional

Lic. Enrique Balp Díaz
Secretario de Servicios a la Comunidad

Lic. Luis Raúl González Pérez
Abogado General

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz
Coordinador de la Investigación Científica

Renato Dávalos López
Director General de Comunicación Social

COMITÉ DIRECTIVO

Dr. Eduardo Bárzana García
Secretario General

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz
Coordinador de la Investigación Científica

Dra Estela Morales Campos
Coordinadora de Humanidades

Jaime Martuscelli Quintana
Coordinador de Innovación Científica y Desarrollo

Dra. Blanca Mendoza Ortega
Coordinadora Técnica

ÍNDICE

Concurso Universitario de Cansat.....	5
Relevancia del Curso/Concurso Universitario Cansat.....	7
Aportaciones del Concurso Cansat.....	9
Misiones	
Covector.....	12
Akbal.....	42
Xaman Ek.....	96
Daídalos.....	108
Graviton.....	119
Itzamna.....	135
Lunarsat.....	142
Agradecimientos.....	178

CONCURSO UNIVERSITARIO DE CANSAT

La Red Universitaria del Espacio (RUE), llevó a cabo el día 25 de enero del presente, un concurso CANSAT dirigido a estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) cursando los dos últimos semestres de la licenciatura o los dos primeros semestres de los posgrados de Ingeniería, Física, Química, Matemáticas, así como de otras áreas que pudieran ser afines a la actividad de desarrollo de tecnología espacial. Esta actividad pretendió motivar la participación de los estudiantes para iniciarse en las actividades espaciales con este tipo de concursos que han tomado gran auge entre los jóvenes de diferentes países. Prueba de ello son los campeonatos CANSAT, que se celebran en países tales como EE.UU., Japón, Países Bajos.

Un CANSAT es una simulación de un satélite real, integrado dentro del volumen y forma de una lata de refresco. El desafío para los estudiantes fue incorporar todos los subsistemas principales que se encuentran en un satélite, tales como, el generador de potencia, sensores, y sistemas de comunicación dentro de un volumen mínimo. Para este concurso, los CANSAT se lanzaron desde una altura de varios cientos de metros mediante un helicóptero pequeño, siendo este el momento en que su misión empezó: llevar a cabo un experimento científico y lograr un aterrizaje seguro. Los estudiantes fueron responsables de todos los aspectos: seleccionar los objetivos de la misión, diseñar el CANSAT, integrar los componentes, probarlos y analizar los datos recibidos.

Este documento recopila las misiones de los siete equipos finalistas. Las misiones muestran la gran inventiva e ingenio de los equipos y la enorme motivación que desplegaron durante la construcción de su satélite.

Este es el primer concurso universitario de CANSAT que se realiza en nuestro país y es un gran orgullo que la UNAM, a través de la RUE, sea la pionera en su realización.

Blanca Mendoza
Coordinadora Técnica de la Red Universitaria del Espacio

Febrero, 2014.

RELEVANCIA DEL CURSO/CONCURSO UNIVERSITARIO CANSAT

Hoy día la tecnología espacial está al alcance de todos. Su desarrollo desde la década de los cincuentas ha sido vertiginoso y muy fructífero para el ser humano. Nuestra universidad ha participado activamente tanto en el desarrollo científico como tecnológico de esta área, que en los últimos años ha tomado cada vez más ímpetu. Por ello, es indispensable estar a la vanguardia en educación espacial. El curso/concurso organizado por la Red Universitaria del Espacio (RUE) superó las expectativas y demostró la capacidad educativa que tiene la UNAM para potenciar este tipo de mecanismos en la enseñanza. El curso sobre construcción de satélites enlatados (CANSAT, por sus siglas en inglés) fue organizado e impartido por profesores universitarios en la UNAM. Durante el mismo, sesenta y cuatro estudiantes pudieron entender de forma práctica el proceso de fabricación, integración y operación de un pequeño satélite.

La etapa final del concurso CANSAT se realizó el día 25 de enero en Chapa de Mota, Estado de México, y a ella llegaron ocho de los 29 equipos inscritos originalmente. Las misiones preparadas por los estudiantes fueron creativas y originales, y a través de controladores digitales y sensores electrónicos lograron comunicar información de manera autónoma a una estación terrestre. De esta forma, el objetivo principal de este concurso, la enseñanza práctica de tecnología y ciencias espaciales, fue plenamente alcanzado.

La RUE tiene la convicción de seguir fortaleciendo los proyectos universitarios en materia espacial y de permitir a las nuevas generaciones tener al alcance las mejores herramientas y métodos para la enseñanza.

Alejandro Farah
Profesor del Curso CanSat y
Presidente del Jurado del Concurso CanSat.

Febrero, 2014.

APORTACIONES DEL CONCURSO CANSAT

Este concurso organizado por la RUE ofrece la oportunidad de adentrarse en un proyecto de tecnología espacial que se realiza en poco tiempo y con recursos económicos asequibles, lo que permite que este tipo de experiencias estén disponibles para un amplio rango de estudiantes que deseen profundizar en este tema.

Los tipos de misiones que se pueden implementar son muy variados, desde mediciones atmosféricas, reconocimiento de la vegetación de cierta zona, predicción del clima, etcétera. Estos proyectos además de proporcionar una introducción a la tecnología espacial, tienen el potencial de intervenir en otros campos del conocimiento de gran importancia, fomentar el trabajo en equipo, generar una sinergia multidisciplinaria, y enfrentarse a problemas de diseño y construcción que se tienen que resolver en tiempos cortos, dejando así una experiencia de la realización de pequeños satélites.

Marco Antonio Olvera López
Ricardo Granados Alfaro

**Profesores del Curso Cansat y
Jurados del Concurso CANSAT**

Febrero, 2014.



COVECTOR

PRIMER
LUGAR
del
Concurso

COVECTOR

Integrantes

JesúsGarcía • AlejandroMosqueda

Asesor

Victor Lopez

Introducción

La competencia CanSat es una competencia de diseñar-construir-volar que provee a los equipos participantes con la experiencia del ciclo de vida de un sistema aeroespacial. La competencia de CanSat está diseñada para reflejar en pequeña escala un programa aeroespacial típico, e incluye todos los aspectos de un programa aeroespacial desde la revisión del diseño preliminar, hasta la revisión después de la misión. La misión y sus requisitos están diseñados para reflejar varios aspectos de las misiones del mundo real, incluyendo requisitos de telemetría, comunicaciones y operaciones autónomas.

La siguiente figura muestra el sistema SkyCrane de la NASA, un sistema para ingresar a una atmosfera planetaria un vehículo científico como el Curiosity. Las misiones de los concursos CanSat tratan de recrear a escala misiones reales como esta.



Objetivo Científico

Detectar el estado de la vegetación a gran escala es de la mayor importancia para los humanos en la actualidad. Por ejemplo, debido al impacto que tiene para la economía y la sobrevivencia humana, diferentes instituciones en el mundo están altamente interesadas en determinar la salud de su agricultura para asegurar cosechas productivas. También ante los efectos adversos de fenómenos meteorológicos es muy importante poder determinar rápidamente la extensión de los daños causados. Adicionalmente, para algunas instituciones es fundamental determinar el avance de la deforestación, y para otras determinar cosechas ilegales, o problemas de erosión del subsuelo. Para lograr todo lo anterior frecuentemente se recurre a técnicas de percepción remota satelital, que llevan sofisticados y costosos instrumentos de captura de imágenes en amplias regiones del espectro electromagnético.

Como consecuencia y percibiendo el potencial de estas técnicas, nuestro equipo decide tomar la responsabilidad de recrear una misión de percepción remota para evaluar la salud de la vegetación en la zona de acampada del municipio de Chapa de Mota, estado de México.

El OBJETIVO concreto de la misión es:

Tomar imágenes infrarrojas para su posterior procesamiento y determinación de las zonas donde la salud de la vegetación está sana y dónde requiere atención

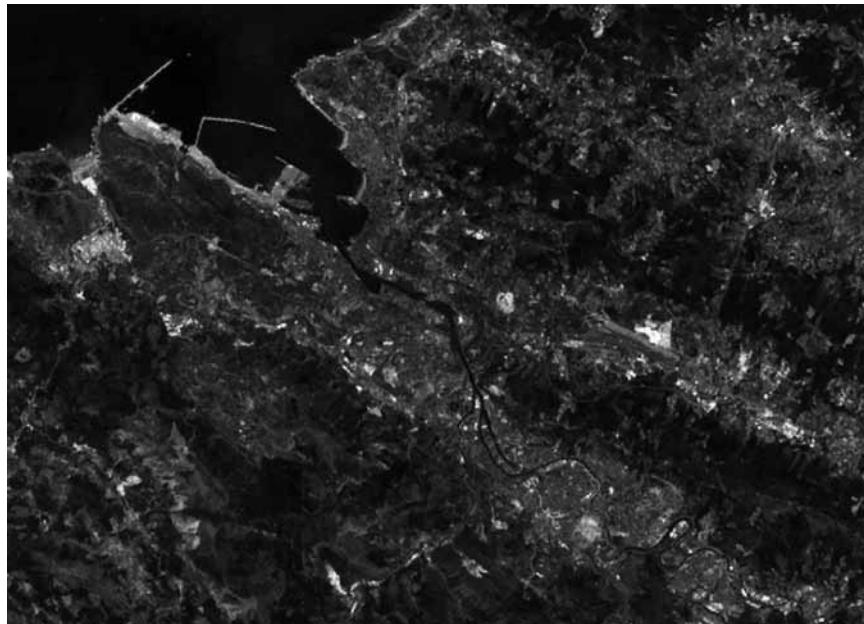
Adicionalmente se tomará la telemetría del instrumento como es datos de GPS, aceleración y orientación e indicador de batería, además de lo usual temperatura, altura y presión



Cabe mencionar la importancia para la UNAM de estas técnicas de evaluación de la vegetación, porque a través del **Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agro Silvo Pastoril CEIEPASP de la Facultad de Medicina Veterinaria de la UNAM**, localizado en Chapa de Mota, se organizan desde hace muchos

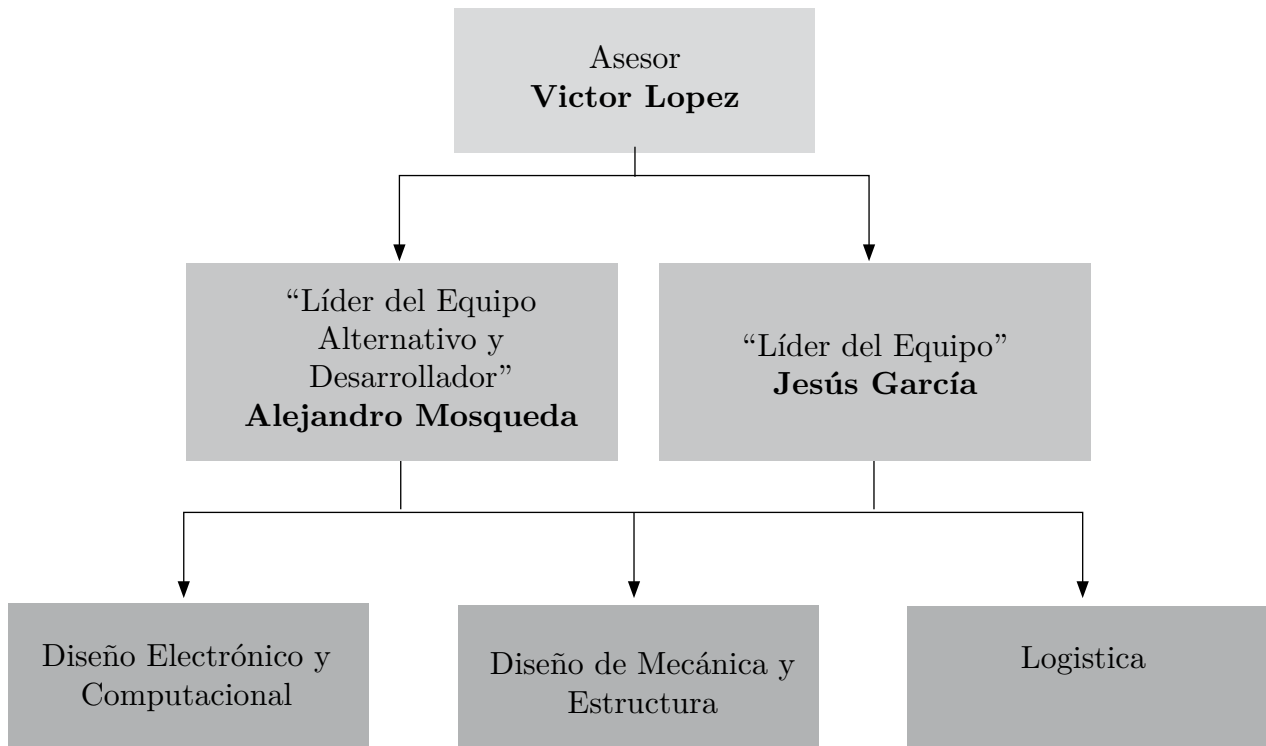
años jornadas de reforestación en las montañas aledañas al pueblo, que son llevadas a cabo por estudiantes y profesores universitarios. Contar con un metodología certera para evaluar este esfuerzo puede resultar muy conveniente para la comunidad universitaria.

Por otra parte, un problema que existe con las imágenes disponibles de satélite tomadas por organizaciones internacionales en áreas rurales de México, es que las imágenes satelitales no siempre son actualizadas hasta en dos o tres años, y por ser tomadas a gran altura, no dan el detalle local necesario y de utilidad para los pobladores. Esto en contraste con las imágenes que puede dar un sistema parecido a CANSAT como el que se propone.



Organización del equipo

No.	Nombre	Grado	Cargo	Contacto
1	Victor Lopez	Ingeniero Eléctrico Eléctronico	Asesor	victorlopez@fi-b.unam.mx
2	Jesús García	Ingeniero en Telecomunicaciones	Líder del Equipo	albertogarcia@fi-b.unam.mx
3	Alejandro Mosqueda	Ingeniero en Telecomunicaciones	Líder del Equi- po Alternativo y Desarrollador	alexmov@fi-b.unam.mx



Acrónimos

- A -- Análisis
- D -- Demostrar
- I -- Inspección
- P -- Prueba
- SYS -- Requerimientos del Sistema General
- SSR -- Requerimientos del Sistema de Sensores
- CMD -- Comunicación y Manejo de Datos.
- SCT -- Sistema de Control en Tierra.

1. Sistemas de Información General Especificaciones del Cansat:

RESUMEN DE LA MISIÓN

ESPECIFICACIONES DEL CANSAT:

- Las dimensiones y forma máximas del CANSAT, una vez ensamblado, no deberán exceder a las equivalentes del cilindro de una lata de refresco de 355 mililitros.
- La antena de telecomunicación puede colocarse fuera del CANSAT y su dimensión máxima debe ser menor que la dimensión más grande de la lata.

- No deberá tener componentes peligrosos o explosivos.
- El peso máximo del CANSAT ensamblado, incluyendo la batería y la antena, no deberá ser mayor a 370 gramos.
- No deberá tener paracaídas.
- El ancho de banda será asignado por los organizadores después del registro a la convocatoria. Es motivo de descalificación si la electrónica de transmisión utilizada genera interferencias con las demás.

MISIÓN:

Captura de imágenes de la superficie terrestre y telemetría durante el descenso que simula el reingreso a la atmosfera de un vehículo espacial que contiene una carga frágil.

REQUERIMIENTOS DE LA MISIÓN:

- El equipo deberá estar dividido en al menos dos unidades, una para el lanzamiento del CANSAT y otra para la recepción de datos del satélite.
- El CANSAT SOLO DEBE TRANSMITIR INFORMACIÓN.
- El CANSAT deberá resistir el impacto de aterrizaje.
- Los equipos deben hacer pruebas previas de comunicación en tierra.

OBJETIVOS DE LA MISIÓN:

- Adquirir imágenes de la superficie terrestre en alta definición (objetivo científico), asegurando estabilidad durante el vuelo y sistemas de compensación de movimiento.
- Enviar cada 3 segundos la información de telemetría (al menos altitud, presión y temperatura) a la estación terrena durante el trayecto de vuelo.
- Predecir la posición del CANSAT mediante GPS y el sensor de presión.
- Medición de la batería restante del CANSAT.
- La caída del CANSAT deberá ser contemplada para transmitir a una altura de poco más de 500 m sobre el nivel del piso

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

ID	REQUERIMIENTO	JUSTIFICACIÓN	PRIORIDAD	BASADO EN	APLICADO EN	VM			
						A	I	P	D
SYS-01	La masa total del CANSAT, ensamblado con batería y antena no debe ser mayor a 370 g.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno					
SYS-02	Las dimensiones del CANSAT, ensamblado, no deberán exceder a las equivalentes del cilindro de una lata de refresco de 355 mililitros.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno					
SYS-03	La antena de telecomunicación puede estar fuera del CANSAT, dimensión máxima menor a la dimensión más grande de la lata.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno	CMD-01				
SYS-04	El CANSAT no deberá tener componentes peligrosos o explosivos.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno					
SYS-05	No deberá tener paracaidas	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno	SCT-01				
SYS-06	El equipo deberá estar dividido en al menos dos unidades, una para el lanzamiento del CanSat y otra para la recepción de datos del satélite.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno					
SYS-07	El CANSAT deberá resistir el impacto de aterrizaje.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno					
SYS-08	El CANSAT solo debe transmitir información.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno	CMD-03				
SYS-09	Adquirir imágenes de la superficie terrestre en alta definición (objetivo científico), asegurando estabilidad durante el vuelo y sistemas de compensación de movimiento.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno	CMD-06				
SYS-10	La caída del CANSAT deberá ser contemplada para transmitir a una altura de poco más de 500 m sobre el nivel del piso.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno	CMD-09				
SYS-11	Enviar cada 2 segundos aproximadamente la información de telemetría (al menos altitud, presión y temperatura) a la estación terrena durante el trayecto de vuelo.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno	SSR-01				

2. Descripción técnica del desarrollo y diseño del Cansat

2.1 DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE SENSORES

Tabla de sensores

Tipo de Sensor	Modelo	Utilidad	Aplicación
Temperatura y presión	BMP085	Adquisición de datos de temperatura y presión.	Para la carga útil
Acelerómetro en tres ejes y sensor giroscopio	MPU6050	Estabilidad y mediciones de ángulo de descenso de carga útil.	Para la carga útil
GPS	MTK3339	Adquisición de datos de Altitud	Para la carga útil

Requerimientos del subsistema de sensores

ID	REQUERIMIENTO	JUSTIFICACIÓN	PRIORIDAD	BASADO EN	APLICADO EN	VM			
						A	I	P	D
SSR-01	La masa total del CANSAT, ensamblado con batería y antena no debe ser mayor a 370 g.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno					

Sensor de Altitud

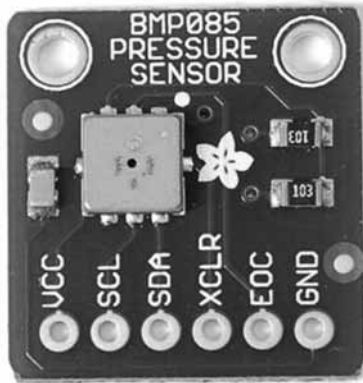


	MTK3339 GPS	Sensor Barométrico BMP085
Aplicable para:	Medición directa de GPS	Medición indirecta calculada desde datos de presión en la carga útil.

Modelo	Voltaje de Alimentación.	Consumo de Corriente	Precio	Peso	Aplicado para
MTK3339	Entre 3 V y 5.5 V	Abajo de 25 mA	\$39.95 dlls	8.5 g	Carga útil

Sensor de Temperatura de Aire

Temperatura Alta y Precisión de presión barométrica.					
Modelo	Voltaje de alimentación	Consumo de corriente	Precio	Peso	Aplicado para
BMP085	Entre 1.8 V y 3.6 V	Abajo de 5uA	\$10.60 dlls	1 g	Carga útil



Consumo de Energía Ultra-Bajo, abajo de 3uA
Rango de Presión
300 hPa a 1100 hPa
Rango de Operación de Temperatura
-40°C a +85°C
Paquete LCC 5 x 5 x 1.2 mm ³
Interface I2C

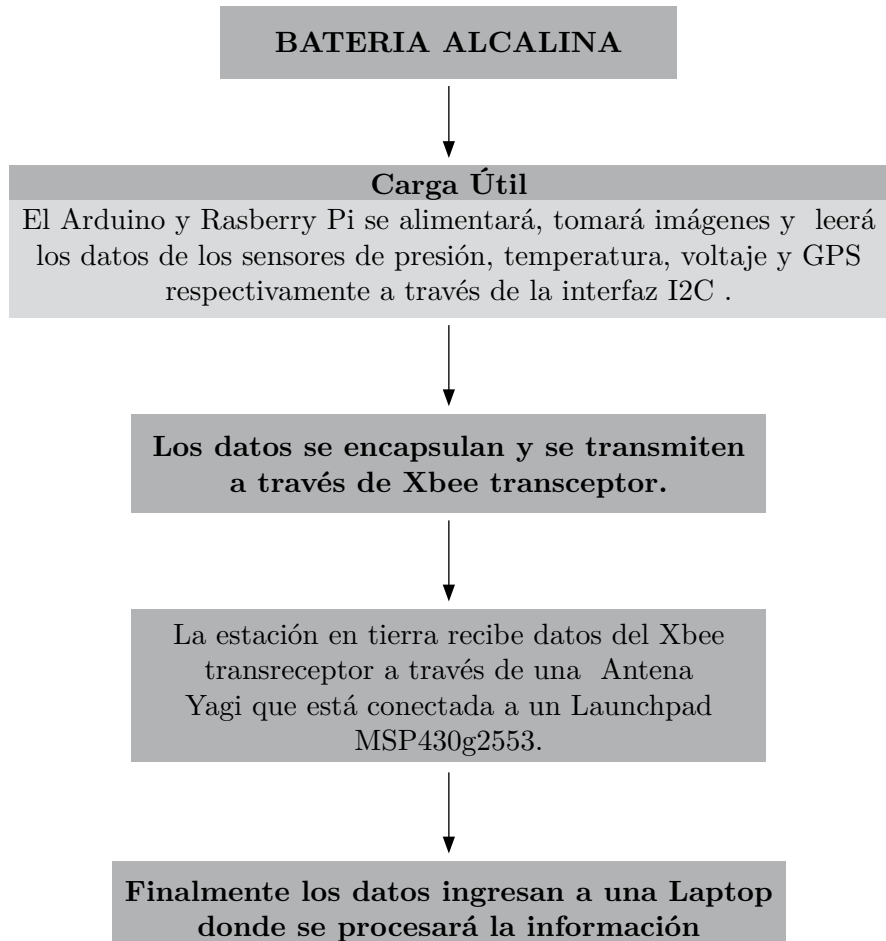
Sensor Acelerómetro de 3 Ejes

Modelo	Voltaje de alimentación	Descripción	Tamaño	Interface	Aplicado para	Precio
MPU6050	3.3 V	Giroscopio de 3 ejes y un acelerómetro de 3 ejes	4x4x0.9 mm	I2C	Carga útil	\$2.95 dlls



2.2 COMUNICACIÓN Y MANEJO DE DATOS (CMD) DISEÑO DE SUBSISTEMAS

Información General (CDM)



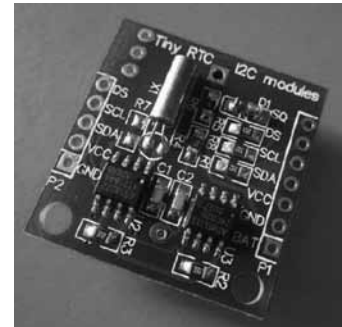
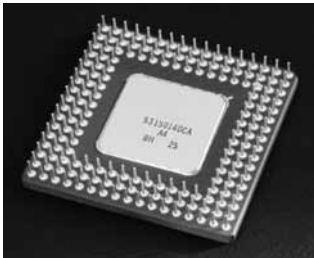
Requerimientos CDM

ID	REQUERIMIENTO	JUSTIFICACIÓN	PRIORIDAD	BASADO EN	APLICADO EN	VM			
						A	I	P	D
CMD-01	La antena de telecomunicación puede estar fuera del CANSAT, dimensión máxima menor a la dimensión más grande de la lata.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	SYS-03					
CMD-02	Es motivo de descalificación si la electrónica de transmisión utilizada genera interferencias con las demás	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno					
CMD-03	El CANSAT solo debe transmitir información.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	SYS-08					
CMD-04	Realizar pruebas previas de comunicación en tierra.	Requerimiento Base de la Misión	MEDIA	Ninguno	SCT-02				
CMD-05	Predecir la posición del Cansat mediante GPS y el sensor de presión.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno					
CMD-06	Adquirir imágenes de la superficie terrestre en alta definición (objetivo científico), asegurando estabilidad durante el vuelo y sistemas de compensación de movimiento.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	SYS-09					
CMD-07	Enviar cada 2 segundos aproximadamente la información de telemetría (al menos altitud, presión y temperatura) a la estación terrena durante el trayecto de vuelo.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	SYS-11, SSR-01					
CMD-08	Medición de la batería restante del CANSAT.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	Ninguno					
CMD-09	La caída del CANSAT deberá ser contemplada para transmitir a una altura de poco más de 500 m sobre el nivel del piso.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	SYS-10					

Procesador y memoria

Modelo	Voltaje de alimentación	Consumo de corriente	Memoria Flash [kB]	Precio	Peso
Msp430g2553	De 1.8 a 3.6V	Modo Activo 230uA Mode en Espera 0.5uA Modo Apagado 0.1uA	16	\$1.58	23 g

Microcontrolador	Voltage de Entrada [v]	Corriente (mA por pin)	Frecuencia de Reloj	Memoria Flash [kB]	EEPROM	Precio
ATMega 128	5 V	40 mA	16 MHz	32	1024	\$10.98

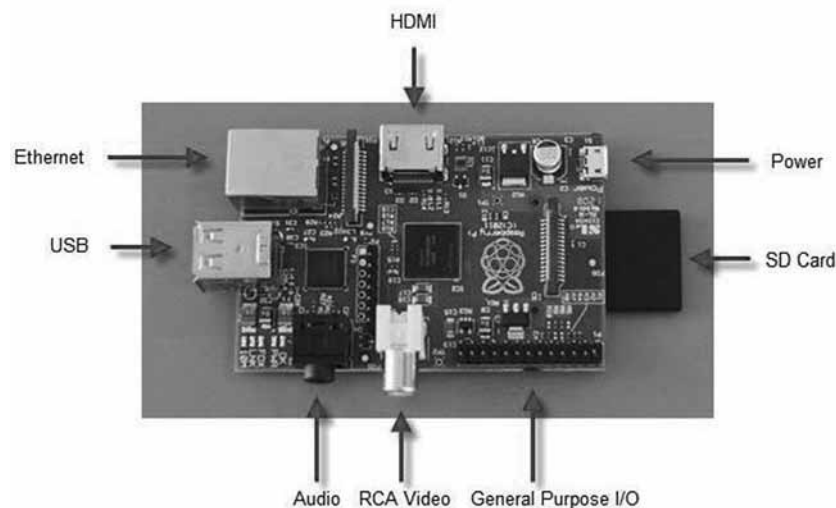


Reloj en tiempo real

Modelo de Reloj en tiempo real	Consumo de energía en la batería de reserva.	Consumo de Voltaje	Interfa- ce Serial	Descripción	Precio
DS1307	Menos de 500 nA	5 V	I2C	El DS1307 tiene un circuito de detección de energía que detecta fallos en el suministro de energía y cambia automáticamente la fuente de reserva.	\$9.00

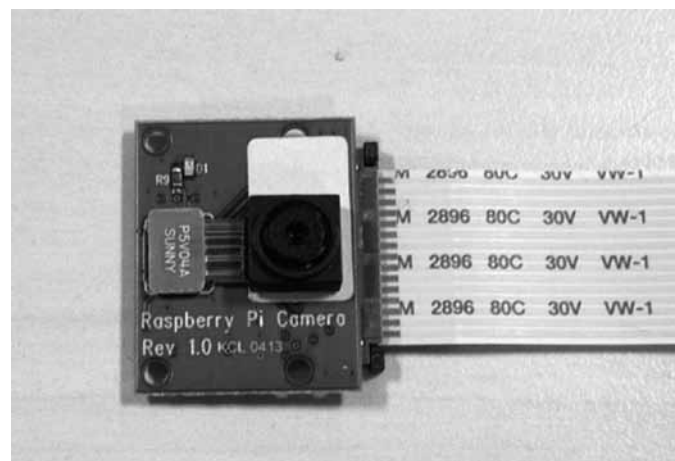
Computadora Raspberry PI

La computadora Raspberry (frambuesa) Pi es un ordenador del tamaño de una tarjeta de crédito. Fue desarrollada en Inglaterra por la fundación Raspberry Pi con la finalidad de promover la enseñanza del cómputo básico en las escuelas. La Raspberry Pi fue lanzada en 2012 y tiene un chip Broadcom BCM2835 que incluye un procesador ARM a 700 MHz, RAM de 512MB o 256MB y una unidad gráfica de procesamiento. Tiene puerto USB, Ethernet y otro de entrada y salida. No tiene disco duro, pero usa una tarjeta de memoria de estado sólido para el almacenamiento y configuración persistente. Soporta teclados, ratones, adaptadores wifi y videocámaras web genéricas. No contiene sistema de reloj de tiempo real. Soporta el sistema operativo linux y los lenguajes de programación Perl, C, Python y Java. Con ella pudimos lograr la captura de imágenes para su posterior procesamiento, los resultados se verán más adelante.



Cámara Infrarroja Raspberry PI

- 5 megapíxeles con lente focal fija,
- HD 1080 líneas
- \$ 25.00 dls

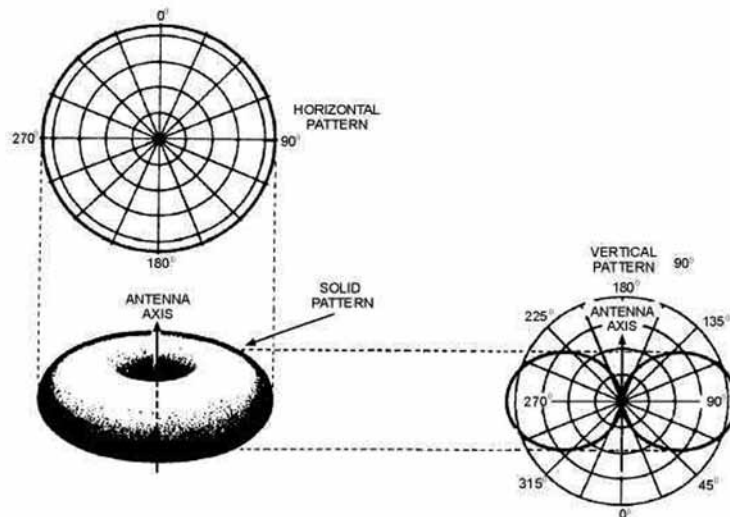


Antena Aérea

Requerimientos de selección de Antena:

- Antena de carga útil debe tener una frecuencia de resonancia de 920 MHz .
- Ganancia debe estar cerca o mejor que 2,15 dBi.
- Conector SMA RP.
- $\frac{1}{2}$ dipolo

El Rango de la antena y patrón de radiación es:

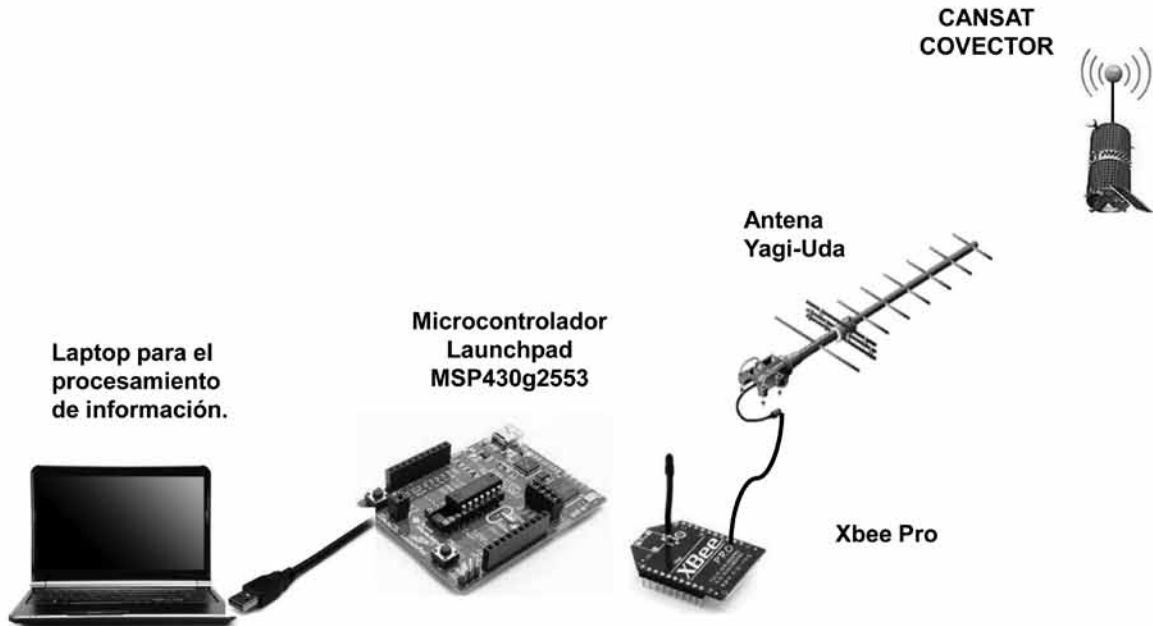


Configuración de Radio

- Banda ISM de 900 MHz
- Digi International Módulos XBee Pro S1
- Potencia de transmisión 18 dBm (63 mW).
- Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura compensada (OQPSK).
- Codificación de Espectro Ensanchado en Secuencia Discreta.
- Tasa de datos de RF 250 kbps
- Tasa de datos de la interfaz 57.6 kbps
- Configurado en modo Xbee API
- PAN ID configurada para reducir interferencia
- Configurado para 802.15.4 sin paquetes ACK

2.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL EN TIERRA (SCT)

Sistema de control en tierra



Requerimientos SCT

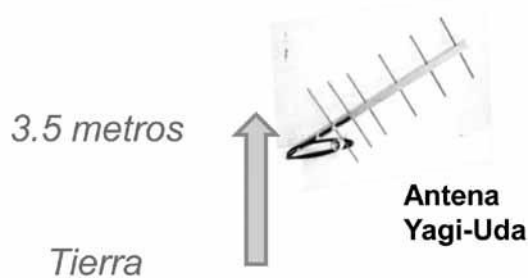
ID	REQUERIMIENTO	JUSTIFICACIÓN	PRIORIDAD	BASADO EN	APLICADO EN	VM			
						A	I	P	D
SCT-01	El equipo deberá estar dividido en al menos dos unidades, una para el lanzamiento del CanSat y otra para la recepción de datos del satélite.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	SYS-06					
SCT-02	Realizar pruebas previas de comunicación en tierra.	Requerimiento Base de la Misión	MEDIA	CMD-04					
SCT-03	Enviar cada 2 segundos aproximadamente la información de telemetría (al menos altitud, presión y temperatura) a la estación terrena durante el trayecto de vuelo.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	SYS-11, SSR-01					

Antena SCT

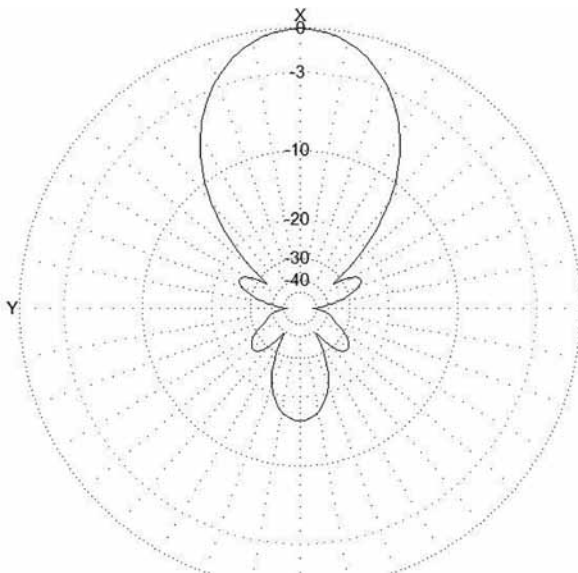
La Antena que se utilizó para recibir datos en tierra fue una Yagi-Uda, cabe destacar que se utilizaron materiales reciclados para su elaboración con lo cual no generó gasto.

Antena	Tipo	Precio	Ganancia [dB]	Frecuencia [MHz]	SWR	Radiation Direction
Diseñada por el equipo Covector	Yagi.Uda	- -	18.2	920	1.1	---

La antena Yagi se ubicó a una distancia de aproximadamente 3,5 m sobre el suelo mientras capturó la telemetría enviada por el CANSAT.



El diseño de la Antena tiene los siguientes diagramas de radiación



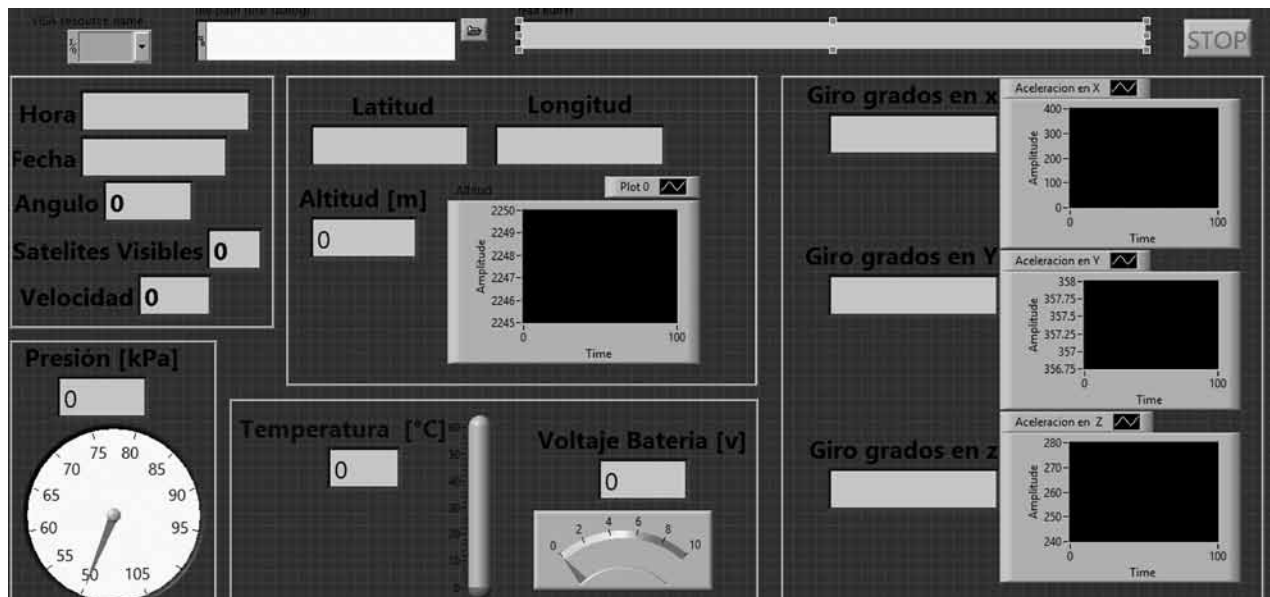
Ga : 18.2 dBi = 0 dB (Horizontal polarization)
 F/B: 15.47 dB; Rear: Azim. 120 deg, Elev. 60 deg
 Freq: 920.000 MHz
 Z: 47.830 + j5.982 Ohm
 SWR: 1.1 (50.0 Ohm),
 Elev: 4.0 deg (Real GND :3.50 m height)

Software SCT

El programa utilizado para visualizar los datos obtenidos fue Labview dado que se aprovecharon los buenos conocimientos adquiridos durante el Curso de CANSAT en Agosto pasado.



A continuación se muestra la extensa interfaz desarrollada en Labview.



Como se puede observar en la imagen la interfaz puede mostrar los siguientes datos:

- Hora
- Fecha
- Ángulo
- Satélites Visibles
- Velocidad
- Presión*
- Longitud
- Latitud
- Altitud (Con gráfica en tiempo real)
- Temperatura*
- Voltaje*
- Giro grados en X*
- Giro grados en Y*
- Giro grados en Z*

* Vista con imagen en tiempo real.

2.4 SUBSISTEMA DE POTENCIA ELÉCTRICA

Requerimientos SPE

ID	REQUERIMIENTO	JUSTIFICACIÓN	PRIORIDAD	BASADO EN	APLICADO EN	VM			
						A	I	P	D
SPE-01	La masa total del CANSAT, ensamblado con batería y antena no debe ser mayor a 370 g.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	SYS-01					
SPE-02	Medición de la batería restante del CANSAT.	Requerimiento Base de la Misión	ALTA	CMD-08					

3. Análisis de la información recibida por el Cansat durante su caída.

Mediciones obtenidas durante la prueba CanSat:

1. Voltaje de la batería
2. Temperatura
3. Presión
4. Lecturas del Sensor GPS
 - Hora
 - Fecha
 - Latitud
 - Longitud
 - Velocidad
 - Angulo
 - Satélites
5. Mediciones del Sensor Acelerómetro
 - Aceleración en el eje x
 - Aceleración en el eje y
 - Aceleración en el eje z
 - Giro en x
 - Giro en y
 - Giro en z
6. Altitud calculada a partir de la presión.
7. Tomas aéreas del terreno a través de una cámara en el CanSat.

Mediciones de Presión

Presión inicial en tierra [kPa]	74743
Presión Máxima [kPa]	70132
Presión final [kPa]	74498
Tiempo total [seg]	110

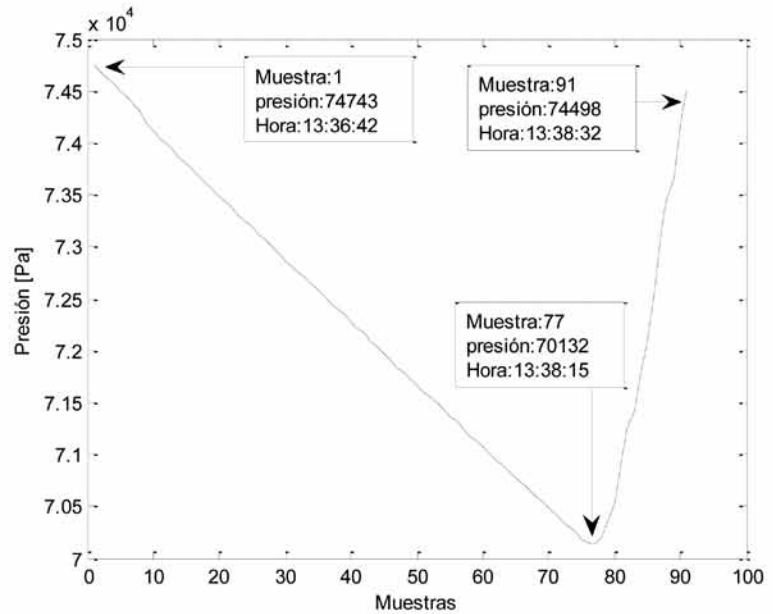
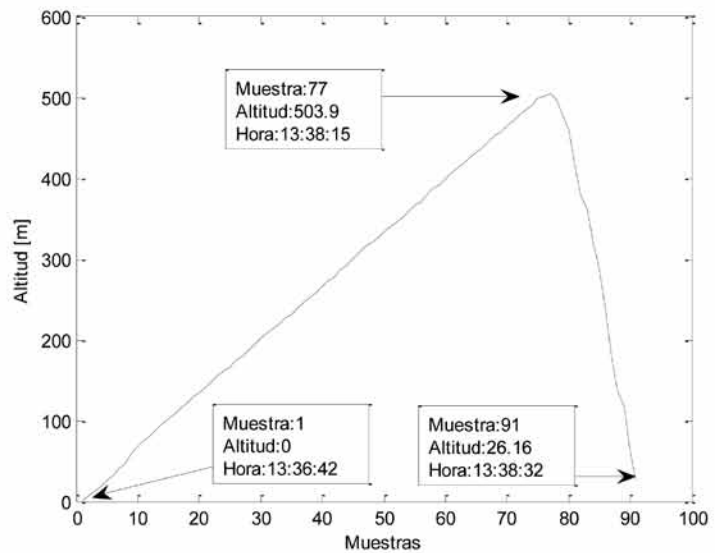


Tabla 1.

Gráfica 1. muestras de presión tomadas durante la misión CanSat, al aumentar la altura hay una disminución en presión. Y viceversa.

Altitud Calculada en Función de la Presión

Altitud inicial relativa al suelo [m]	0
Altitud máxima relativa al suelo [m]	503.9
Altitud final relativa al suelo [m]	26.16
Tiempo total de (Ascenso y descenso) [seg]	110
Tiempo de caída (descenso) en [seg]	17



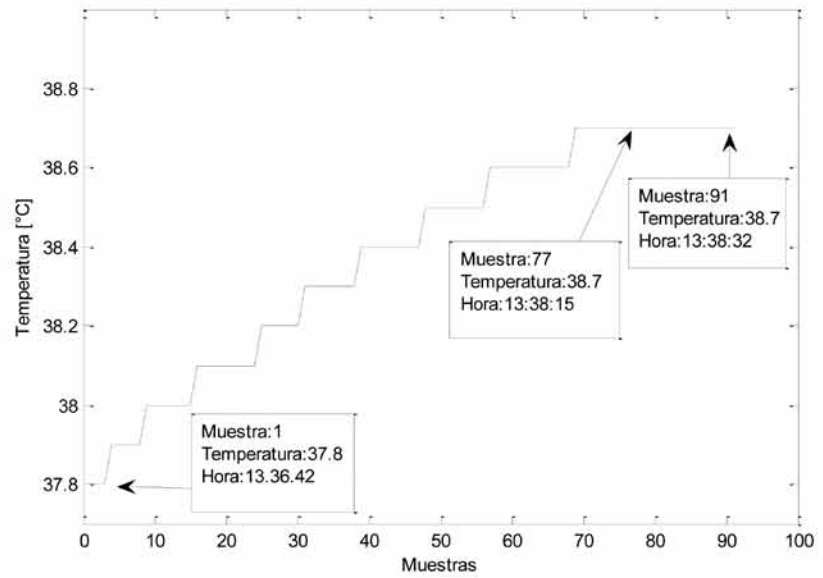
Gráfica 2. Altitud calculada en función de la presión, se alcanza aproximadamente 500 metros de altura.

Nota: La hora fue adecuada a la ciudad de México y tiene un formato hr:min:seg.

Mediciones de Temperatura

Temperatura inicial [°C]	37.8
Temperatura a máxima altura [°C]	38.7
Temperatura final [°C]	38.7
Tiempo total [seg]	110

Tabla 3.

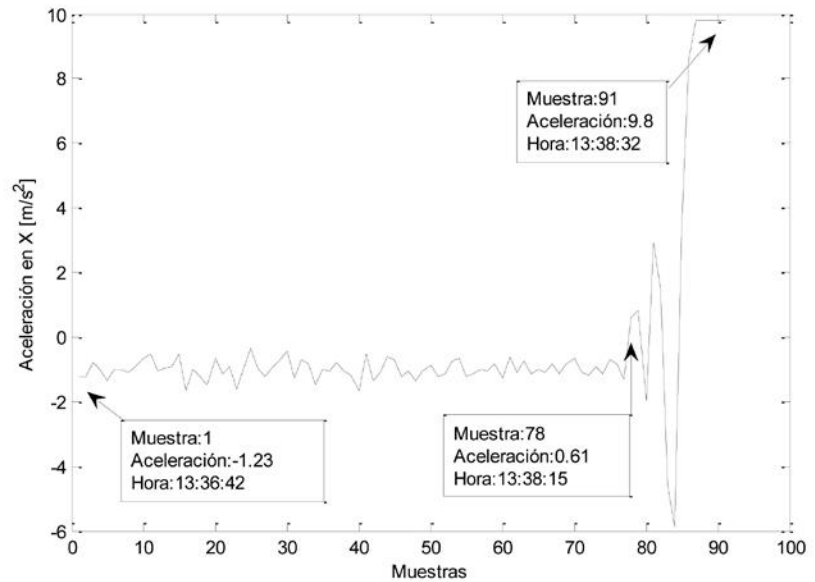
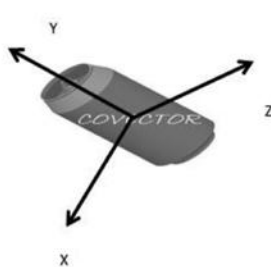


Grafica 3. muestras de temperatura tomadas durante la misión CanSat.

Mediciones de Aceleración en el eje x

Aceleración inicial [m/s ²]	-1.23
Aceleración a máxima altura [m/s ²]	0.61
Aceleración final [m/s ²]	9.8
Tiempo total [seg]	110

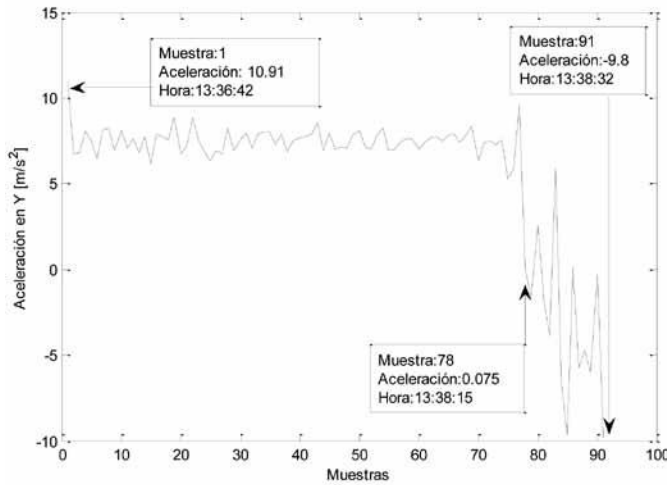
Tabla 4.



Grafica 4. muestras de aceleración en el eje x tomadas durante la misión CanSat.

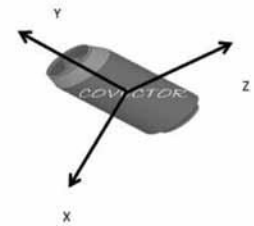
Grafica 4. muestras de aceleración en el eje x tomadas durante la misión CanSat

Medición de Aceleración en el eje y



Aceleración inicial [m/s ²]	10.91
Aceleración a máxima altura [m/s ²]	0.075
Aceleración final [m/s ²]	-9.8
Tiempo total [seg]	110

Tabla 5.



Grafica 5. muestras de aceleración en el eje y tomadas durante la misión CanSat .

Medición de Aceleración en el eje z

Aceleración inicial [m/s ²]	-4.91
Aceleración a máxima altura [m/s ²]	-0.63
Aceleración final [m/s ²]	-4.617
Tiempo total [seg]	110

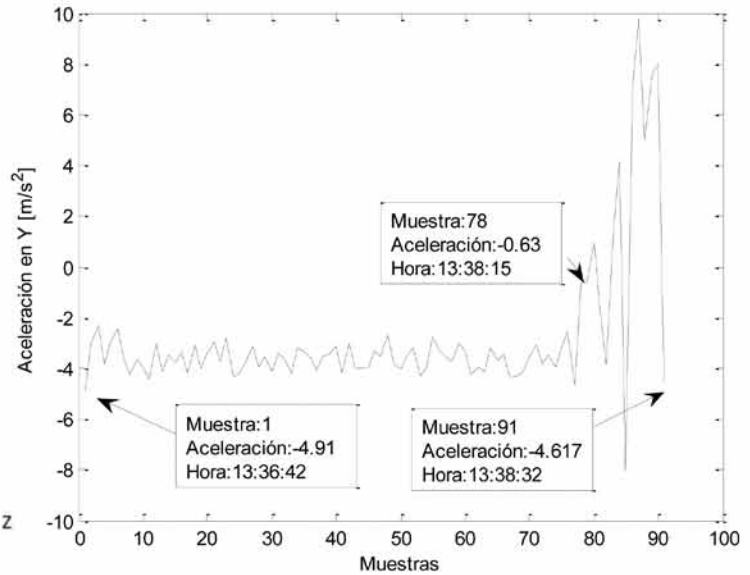
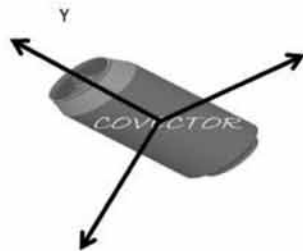


Tabla 6.

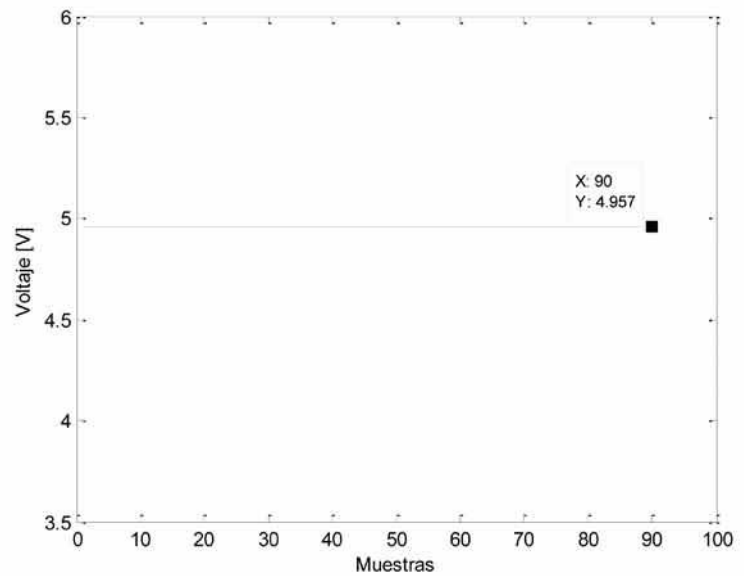


Grafica 6. muestras de aceleración en el eje z tomadas durante la misión CanSat.

Monitoreo del Suministro del Voltaje de la Batería durante la Misión

Voltaje inicial [V]	4.957
Voltaje a máxima altura [V]	4.957
Voltaje final [V]	4.957
Tiempo total [seg]	110

Tabla 7.



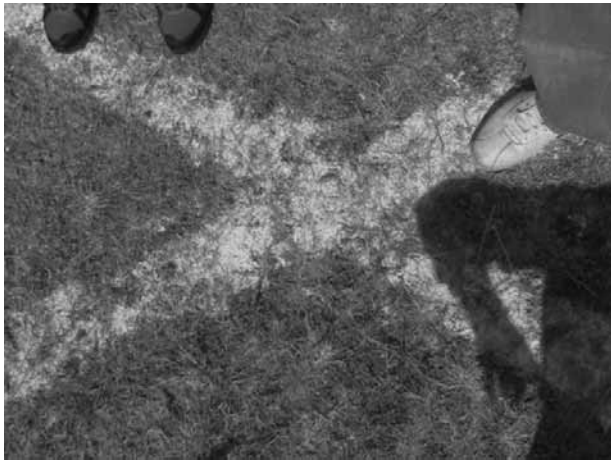
Gráfica 1. muestras del voltaje de la batería tomadas durante la misión CanSat .

Tabla 8

	Fecha	Latitud	Longitud	Velocidad	Angulo	Altitud	# Satélites
Hora inicial de 13:36:42	25/01/2014	1948.4151N	9930.8574W	0.56	130.51	2640	5
Hora a máxima altura: 13:38:15	25/01/2014	1948.5363N	9930.8710W	4.06	2.39	2640	5
Hora de impacto: 13:38:32	25/01/2014	1948.3916N	9930.8505W	36.34	170.22	2640	5

Como se puede observar en la tabla 8, no se pudieron obtener lecturas del GPS durante la misión, esto se debió a que la estructura metálica del “drone” bloqueo el GPS.

Algunas de las imágenes tomadas por la cámara del CanSat cada 3 segundos a partir del ascenso.



Técnica de Procesamiento Digital de Imágenes NDVI

NDVI son la siglas en inglés para el índice normalizado de vegetación diferenciada. Es un método para visualizar la cantidad de luz infrarroja reflejada por la vegetación. En este se comparan radios de luz azul y roja absorbidos, contra luz verde e infrarroja reflejada. Pueden ser usados para evaluar la salud de la vegetación y son una instantánea de cuanto fotosíntesis está ocurriendo, lo que a su vez es muy útil para evaluar la salud de la vegetación o su estado.

La expresión matemática del índice NDVI está dada por:

$$\frac{IR - (\text{Rojo Verde Azul})}{IR + (\text{Rojo Verde Azul})}$$

NDVI es una razón que trata de enfatizar la fotosíntesis mientras se filtra el brillo solar. La ecuación anterior se ejecuta píxel por píxel usando datos de imagen de una foto infrarroja y una foto visible.

Los resultados pueden ser fácilmente coloreados para hacer las áreas de alta fotosíntesis más claras, y para posteriormente examinar la salud de las plantas.

Es posible notar que los troncos, la tierra, rocas y el pasto seco tienen valores muy bajos de NDVI porque no son fotosintéticos. En cambio las plantas sanas tienen un coeficiente entre 0.1 y 0.9. No se debe confundir esta técnica con imágenes térmicas, lo que corresponde a otro tipo de procesamiento.

Procedimiento para el Análisis de las imágenes tomadas por la cámara Cansat

Se capturan las fotos de una cámara ordinaria a la que se le haya removido el filtro infrarrojo. Como se desea tener exclusivamente el canal infrarrojo, se deben remover los canales visibles. Esto alternativamente puede hacerse durante la captura con filtros o con una cámara adicional dentro del CANSAT. Sin embargo, esto hubiese incrementado los costos y masa totales. Por lo que se opta por procesar la imagen removiendo la parte visible usando una imagen del software Google Earth, ver Foto 2.

Entonces en la Foto 3 se observa exclusivamente la instantánea en infrarrojo derivada de las dos anteriores. Con esta última y la expresión matemática del NDVI se calcula el índice para cada píxel, ver Foto 4. Por último se le asigna un mapa de color para resaltar los estados de la vegetación que se desean conocer, Foto 5

Imagen obtenida por el cansat para su posterior procesamiento



Foto 1. Captura visible e infrarroja del campamento en Chapa de Mota, México, realizada por el CANSAT

Imagen para realizar el procedimiento anteriormente mencionado



Foto. 2. Foto en región exclusivamente visible tomada por satélite y descargada de Google Earth.



Foto 3. Foto exclusivamente infrarroja procesada de las dos anteriores. Se aprecian algunos colores que representan aberraciones por la falta de alineación perfecta entre ambas fotos.



Foto 4. Índice normalizado de vegetación diferenciada.

Resultados en las imágenes obtenidas por el cansat para su posterior procesamiento

En las fotos 4 y 5 es posible observar resaltadas las regiones cercanas al campamento con vegetación sana y otras sin vegetación o muerta. Las zonas de alta fotosíntesis están oscuras porque absorben la radiación infrarroja. Por otra parte los caminos y zonas con vegetación muerta o con poco nivel de fotosíntesis son más claras o rojizas. Por ejemplo los pastos del campamento aparecen con un tono claro pero no tanto como en los caminos donde no hay actividad de la vegetación. En las figuras se observan algunas aberraciones representadas con colores diferentes que son producto de la falta de alineación perfecta entre la foto del CANSAT y de Google Earth. Para el observador cuidadoso puede observar que los autobuses de la UNAM aparecen en negro como si absorbieran radiación infrarroja, pero esto evidentemente no es correcto. Sin embargo es explicable por que en la foto de Google Earth no aparecen y en la del cansat si, lo que genera un error numérico.

Imágenes cansat antes y después



Antes



Después

4. Conclusiones

- Se logró el objetivo de diseñar y construir un sistema CANSAT de percepción remota autónomo.
- Se logró con éxito capturar imágenes en el espectro infrarrojo para su posterior procesamiento digital de imágenes en la modalidad de evaluación del coeficiente del índice normalizado de vegetación diferenciada.
- Se envió en tiempo real la telemetría del sistema, GPS, aceleración, posición y nivel de batería
- Se diseñó un sistema de antena de alta ganancia para la comunicación con el CANSAT con materiales reciclados.
- Se programó un panel de instrumentación por computadora de los datos capturados que funcionó durante el ascenso y descenso del CANSAT.
- Aún y cuando la masa del CANSAT era de las mayores, después del impacto, todos los subsistemas del mismo sobrevivieron la caída dentro del contenedor. Se interrumpió la transmisión porque se desconectaron los cables de alimentación, pero los sistemas fueron probados de nuevo y están en funcionamiento.



- A partir de las muestras del sensor de presión y aceleración se pudo concluir que el CanSat tardó 93 segundos en ascender y 17 segundos en descender hasta impactar el suelo.
- El sensor bmp085 tiene una sensibilidad y confiabilidad aceptable, ya que la altitud calculada es muy cercana a la altitud propuesta por los jueces del concurso.
- En las muestras obtenidas por el acelerómetro se pudo concluir que el CanSat impactó el suelo con el eje x apuntando hacia el plano terrestre.

5. Posibles aplicaciones comerciales.

- Comercialmente este sistema tiene un valor de mercado alto en la rama de servicios de evaluación de la vegetación agrícola y forestal, e inclusive en zonas no rurales para la detección del avance de la mancha urbana y los asentamientos irregulares.



Referencia:

- <https://www.agronomy.org/publications/jeq/articles/36/3/832>



AKBAL

SEGUNDO
LUGAR
del
Concurso

AKBAL

Integrantes

Hernández López Victor • Ríos Pérez Arturo • Sánchez Balanzar Juan Carlos

Asesor

Ing. Miguel Ángel Alcarado Zaragoza

Objetivo de la misión:

- Diseñar, ensamblar y validar de un prototipo de CanSat, considerando que éste no debe ser mayor a 370 gramos de peso y con dimensiones físicas no mayores a 11.5 x 6.6 cm.
- Instrumentar el CanSat con los siguientes sensores: acelerómetro, giroscopio, altitud, presión y temperatura.
- Diseñar una estructura de la manera que resista el impacto de la caída, y que además su electrónica (tarjetas electrónicas y componentes) sea lo más ligera posible.
- Desarrollar una tarjeta de potencia que permita sensar la corriente que se le demanda a las baterías en todo momento para con ello monitorear el consumo que tienen el sistema de control y comunicación del CanSat.
- Desarrollar una interfaz gráfica amigable, en la cual se pueda de manera fácil y clara, leer las variables medidas por el sistema de control y medición.
- Desarrollar un CanSat de tal manera que su costo sea mínimo.

Las siguientes imágenes muestran un esquema en general de la arquitectura del CanSat.

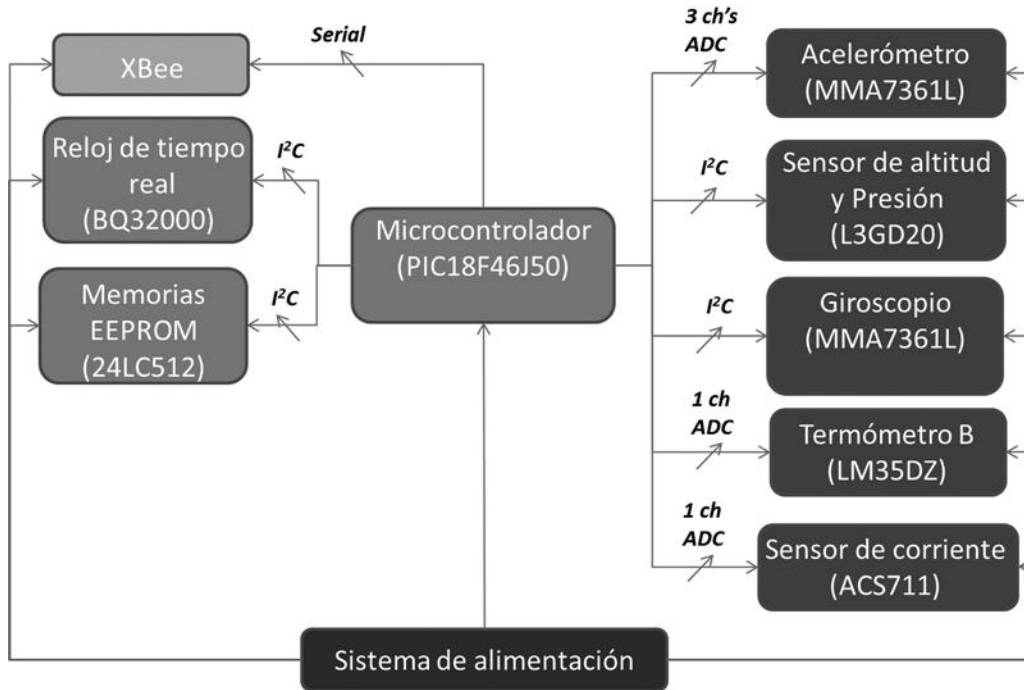


Figura 2: Diagrama a bloques del CanSat Akbal

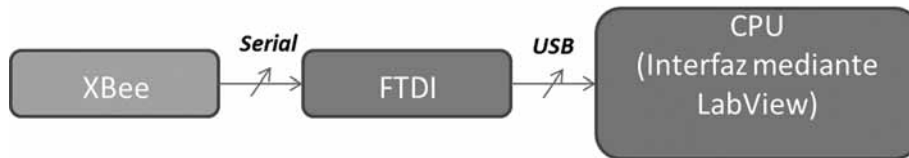


Figura 3: Diagrama a bloques de la estación de recepción en tierra

Hardware del CanSat Akbal

A continuación se describe que integran el CanSat Akbal:

1. Subsistema de computadora a bordo y sensores

1. microcontrolador (μC)

El microcontrolador utilizado en el CanSat Akbal es un PIC18F46J50 de Microchip, algunas características son:

- i. MCU - 8 bits
- iii. Tamaño de memoria de programa (FLASH): 64KB
- iv. Tamaño de memoria de datos (RAM): 4 KB
- v. Voltaje de operación: 2V a 2.75V, 2.15V a 3.6V
- vi. 13 ADC-10 bits de resolución
- vii. Interfaz: EUSART, I2C, SPI

3. Reloj de tiempo real - RTC

El RTC (Real Time Clock) utilizado en el CanSat Akbal como referencia de tiempo del sensado de variables físicas es el BQ32000 de Texas Instruments (TI), algunas características son:

- i. Voltaje de operación: 3.3V
- ii. Interfaz: I2C

Los RTC por sus siglas en inglés (real-time clock) es un dispositivo digital creado para llevar registro del tiempo en un sistema computarizado, incluso si el sistema es apagado. El RTC-BQ32000 es un dispositivo que trabaja con 100 μA y 3 – 3.3 volts de entrada. El BQ32000 tiene un ajuste de calibración programable de -63 ppm a 126 ppm¹

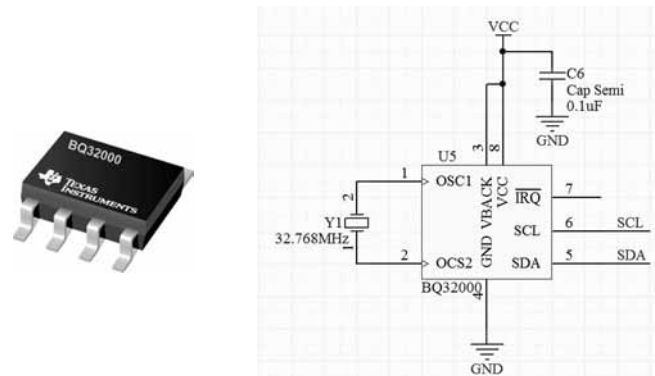


Figura 6: RTC-BQ32000 y diagrama de conexión

4. Sensor de temperatura

El sensor de temperatura utilizado en el CanSat Akbal es el LM335 de TI, algunas características son:

- i. Calibración directamente en grados Kelvin
- ii. Rango de operación: -40°C a 100°C
- iii. Grado de precisión: 1°C
- iv. Relación de +10mV/K

A pesar de que el voltaje de salida de este sensor está en unidades Kelvin, se ha elegido por encima del LM35DZ, debido a su precio, ya que un posible daño en el sensor era un menor costo a la hora de remplazarlo.

Para obtener la medición en grados Celsius, en el código se ha realizado una operación de conversión, la cual está dada por:

$$\text{Temperatura } (^{\circ}\text{C}) = \text{Temperatura } (\text{K}) - 273.15$$

¹Partes por millón (ppm): es la unidad de medida con la que se evalúa la concentración.

5. Sensor de altitud y presión

El sensor de temperatura utilizado en el CanSat Akbal es el MPL3115A2 de Freescale, algunas características son:

- i. Presión en Pascales - 20 bits de resolución
- ii. Altitud (msnm) - 20 bits de resolución
- iii. Temperatura (°C) - 12 bits de resolución
- iv. Voltaje de operación: 3.6V
- v. Interfaz: I2C

El Sensor MPL3115A2 es un sensor de presión y altitud MEMS².

Se utilizó el sensor MPL3115A2 ante sus homólogos en el mercado, por su simplicidad y precio. Además de que proporciona los datos de interés sobre solo un bus de salida.

El MPL3115A2 proporciona la presión de alta precisión y los datos de altitud con capacidad de velocidad de muestreo variable. Las salidas de los sensores son digitalizadas por una alta resolución de 24 bits ADC y transmitidas a través de I2C.

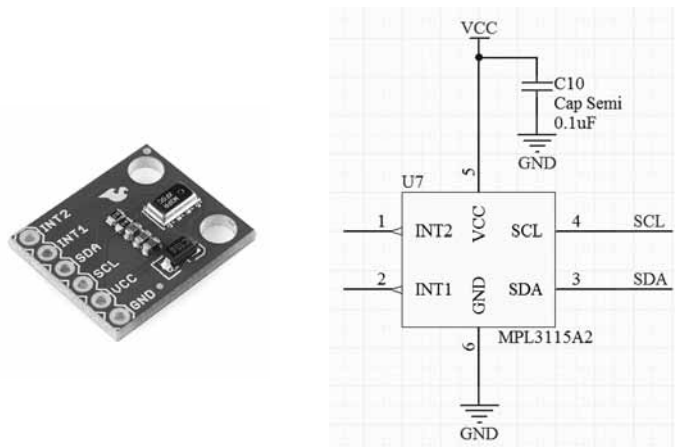


Figura 9: MPL3115A2 y diagrama de conexión

Para Akbal se utilizó el sensor MPL3115A2 mediante una Breakout comercializada por Sparkfun, ya que no se contó con el equipo adecuado para soldar el tipo de encapsulado que posee el sensor.

²Sistemas Micro-Electro-Mecánicos

6. Giroscopio

El giroscopio utilizado en el CanSat Akbal es el L3GD20 de STMicroelectronics, algunas características son:

- i. Interfaz: I2C/SPI
- ii. 16 bits de resolución
- iii. Rango de sensibilidad: $\pm 250^\circ/\text{s}$, $\pm 500^\circ/\text{s}$, o $\pm 2000^\circ/\text{s}$
- iv. Voltaje de operación: 2.5 a 5.5V

Giroscopio: Dispositivo que gira alrededor de un eje y que puede tomar cualquier dirección, por lo que tiene grandes aplicaciones en orientación y estabilidad de buques, piloto automático de aviones, etcétera.

El giroscopio L3GD20 proporciona un amplio conjunto de rangos programables por el usuario, desde ± 250 a ± 2000 dps. Este modelo también ofrece una salida de datos de 16 bit y con una comunicación I2C.

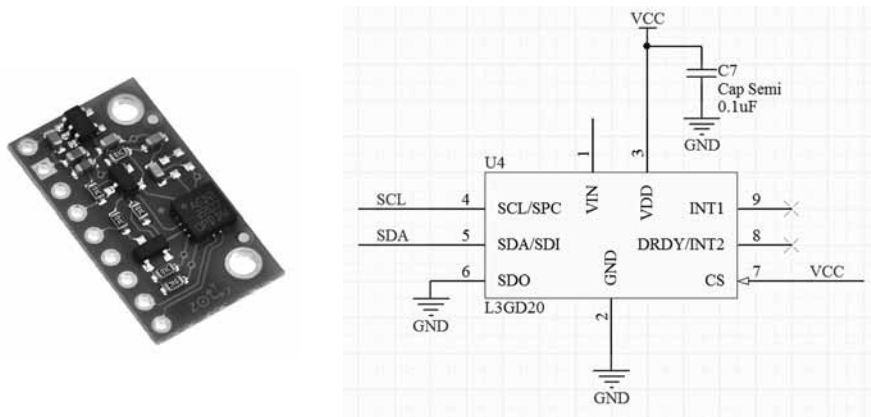


Figura 10: L3GD20 y diagrama de conexión

Para el CanSat Akbal se utilizó el sensor L3GD20 en una Breakout comercializada por Polulo, ya que no se contó con el equipo adecuado para soldar el tipo de encapsulado que posee el sensor.

6. Acelerómetro

El acelerómetro utilizado en el CanSat Akbal es el MMA7361L de Freescale, algunas características son:

- i. Alta sensibilidad: 800mV/g a 1.5g
- ii. Voltaje de operación: 3.3 a 5V
- iii. Interfaz analógica

Un acelerómetro es un instrumento para medir la aceleración de un objeto al que va unido, lo hace midiendo respecto a una masa inercial interna.

La utilización del acelerómetro MMA7361L era porque se contaba con ello. Así no se gastaría más en la implementación del circuito.

El Acelerómetro MEMS de 3 ejes MMA7361L, con sensibilidad ajustable a +/-1.5g o +/-6g. Integra a su vez filtro pasa bajos de un polo en cada una de sus salidas que son transmitidas vía I2C.

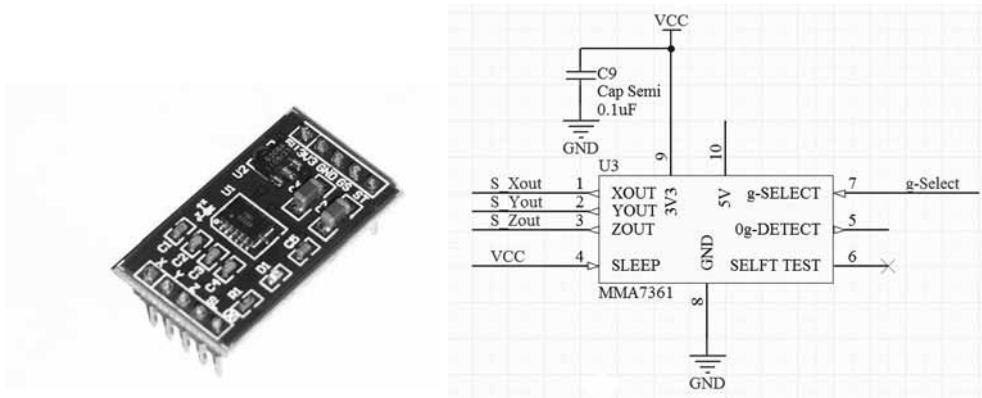


Figura 11: Esquemático de conexión del MMA7361L

Para el CanSat Akbal se utilizó el sensor MMA7361L en una Breakout comercializada por LC STUDIO, ya que no se contó con el equipo adecuado para soldar el tipo de encapsulado que posee el sensor.

2. Subsistema de comunicaciones

El subsistema de comunicaciones esta compuesto por un módulo de radiofrecuencia que utiliza la banda de los 900 MHz llamado XBee-PRO® 900HP, algunas características son:

- i. Alcance en línea de vista de 24km con antena de alta ganancia
- ii. Alcance en línea de vista de 9.6km con antena dipolo
- iii. Bajos voltajes de operación
- iv. Modos de operación en bajo voltaje
- v. Interfaz: serial



Figura 12: XBee-PRO® 900HP

Descripción de la configuración de los módulos Xbee Pro S3b

La programación de los módulos de comunicación inalámbricos Xbee se llevó a cabo con el programa X-CTU. Dentro de este programa se configuraron los siguientes parámetros:

1. PAN ID
2. DH
3. DL

El PAN ID debe ser un número de 4 dígitos, este número puede ser cualquiera pero igual entre el receptor y emisor. Gracias a esto no tendremos interferencias con otros módulos que se encuentren cerca. Para poder configurar los módulos XBee es necesario saber los códigos de SH y SL tanto como del receptor y emisor. Estos se pueden saber al momento de leer el dispositivo con el programa X-CTU que los da por default. Para que los módulos XBee se comuniquen es necesario especificarle los parámetros DH y DL. El parámetro DH es el mismo que el SH pero cambia con el DL, ya que dependiendo si es el emisor o receptor, el DL tendrá que llevar los códigos del SL de su homologo, es decir si se está configurando al emisor en la parte del parámetro DL tendremos que escribir el código SL del receptor y viceversa. Y con estos pasos los módulos XBee ya tendrán comunicación entre ellos.

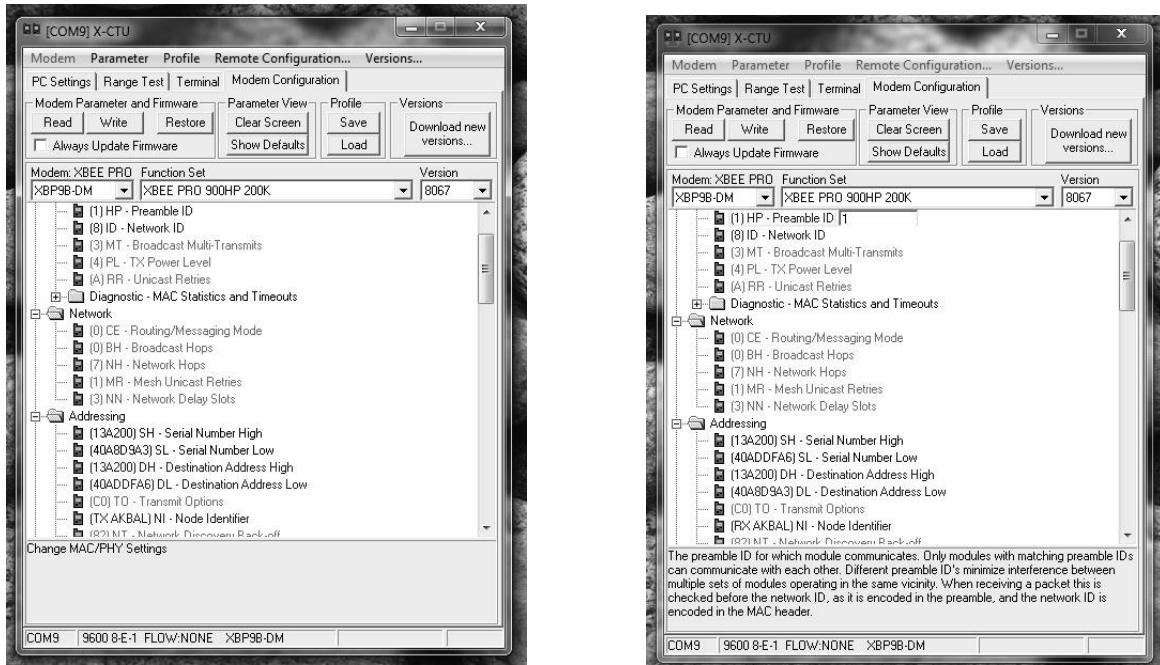


Figura 13: Ventanas de configuración de los XBee Tx y Rx mediante el X-CTU

3. Subsistema de potencia

La etapa de potencia consiste en un par de pilas de litio que se reciclaron de celulares ya defectuosos y un regulador a 3.3V. Ya que los circuitos que integran la parte de transmisión de datos y sensado, trabajan con un voltaje mínimo de 3.3 volts de entrada y este par de baterías nos proporcionan 3.6 volts y 100 mA de salida.

Se optó por esta opción por su tamaño compacto y ligereza. Además de que son fáciles de recargar y por su gran eficiencia en el suministro de energía.



Figura 14: Batería litio

Firmware del CanSat Akbal

El firmware del CanSat Akbal y que esta contenido en el microcontrolador PIC18F46J50 se desarrolló en lenguaje C, utilizando el compilador C18 y la interfaz de desarrollo MPLAB v8.87.

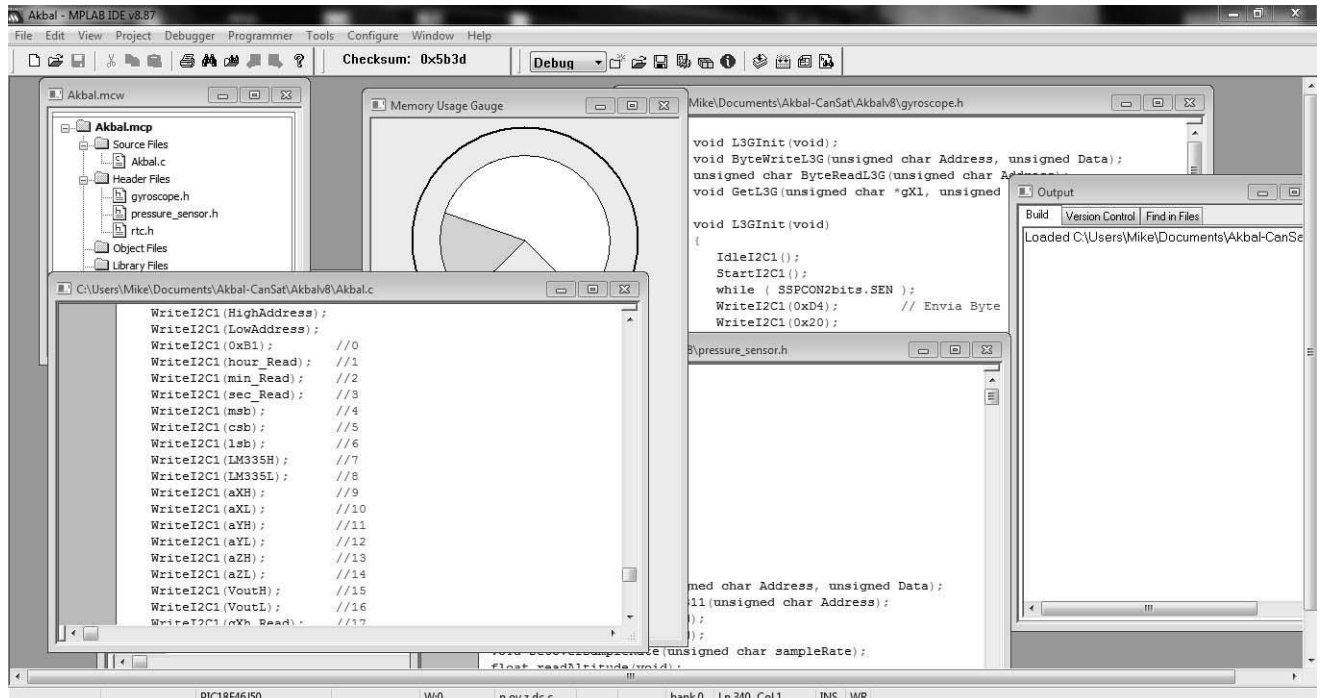


Figura 15: Desarrollo del firmware de Akbal en MPLAB

El firmware de Akbal consiste grosso modo en la adquisición de datos de sensores y enviarlos mediante la EUSART de manera serial, además se les agregó una referencia de tiempo mediante el RTC y se almacenaron en una memoria EEPROM para su recolección después del vuelo.

El diagrama de flujo de Akbal se encuentran en el *Anexo 1*.

Pruebas de validación

✓ Pruebas de validación en Proteus

Las primeras pruebas de validación del firmware del CanSat Akbal se realizaron en el software de simulación Proteus, el cual puede simular el PIC18F46J50, el RTC, el LM335, la memoria EEPROM y la comunicación serial mediante la UART.

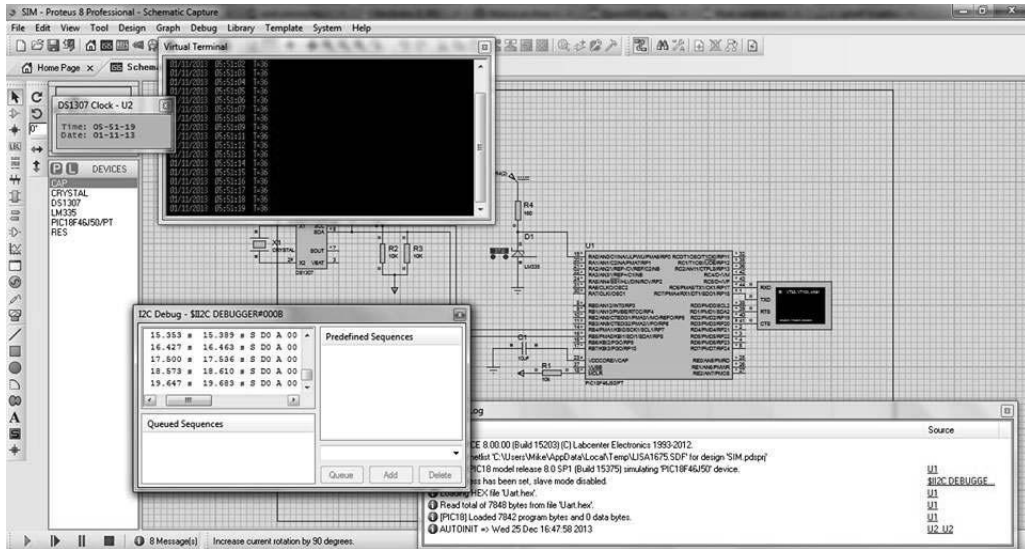


Figura 16: Simulación en Proteus: PIC18F46J50, RTC, LM335 y UART

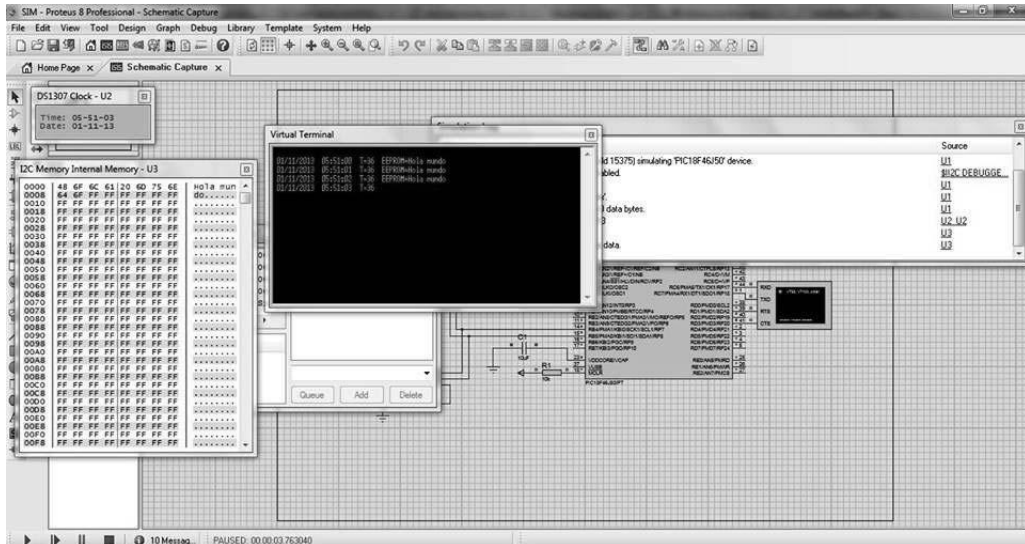


Figura 17: Simulación en Proteus: PIC18F46J50, RTC, LM335, UART y memoria EEPROM

✓ Pruebas de validación físicas

Una vez probado la arquitectura en Proteus con la limitante de no poder simular los sensores de aceleración y giroscopio, se ha procedido a validarla mediante pruebas en protoboard, es por ello que se ha tenido que hacer una tarjeta impresa para poder usar el microcontrolador en dicha tarjeta, puesto que éste integrado es de montaje superficial. Los componentes montados en protoboard son los siguientes:

- i. Microcontrolador PIC18F46J50
- ii. Memoria EEPROM 24LC512
- iii. Reloj de tiempo real BQ32000
- iv. Sensor de temperatura LM335
- v. Sensor de presión y altitud MPL3115A2
- vi. Giroscopio L3GD20
- vii. Acelerómetro MMA7361L
- viii. Transceptor MAX233

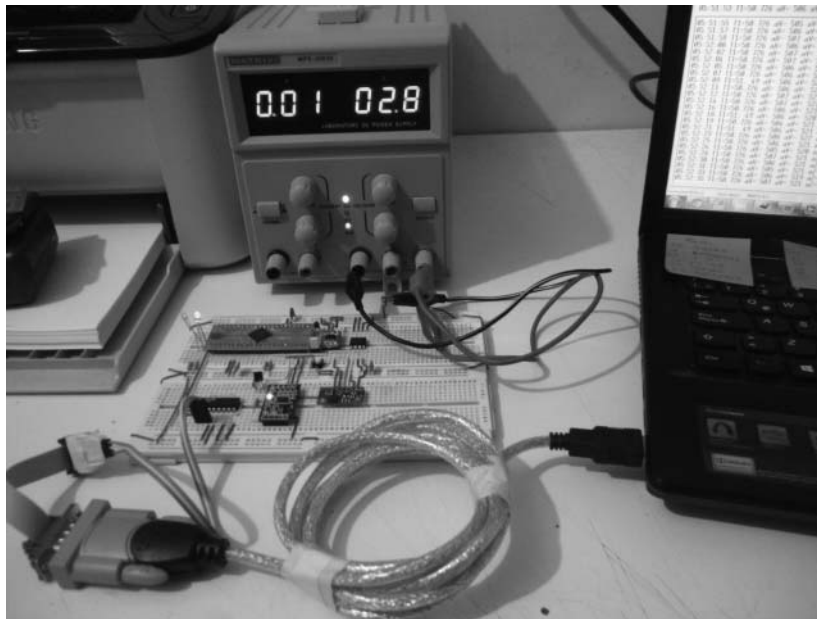


Figura 18: Sistema en protoboard, fuente de alimentación, PC y comunicación alámbrica

En este primer circuito la verificación de que las lecturas de los sensores, así como la lectura del reloj y su correcto funcionamiento, se hace mediante el envío de datos por parte del microcontrolador vía serial hacia el MAX233, el cual a su vez ajusta los niveles lógicos de las señales para finalmente ser convertidas por el cable convertidor serial-USB.

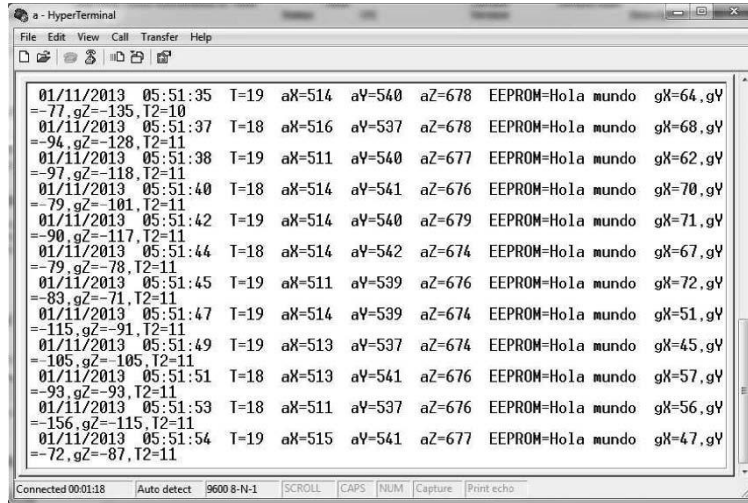


Figura 19: Recepción de datos en PC mediante comunicación alámbrica, visualización datos por Hyperterminal

Una vez efectuada la anterior prueba y garantizado que existía un correcto envío de datos de forma serial entre el microcontrolador y la computadora de vía alámbrica, se procedió a realizar esta misma comunicación, sin embargo ahora usando los XBee para poder garantizar que existe una comunicación inalámbrica entre equipos.

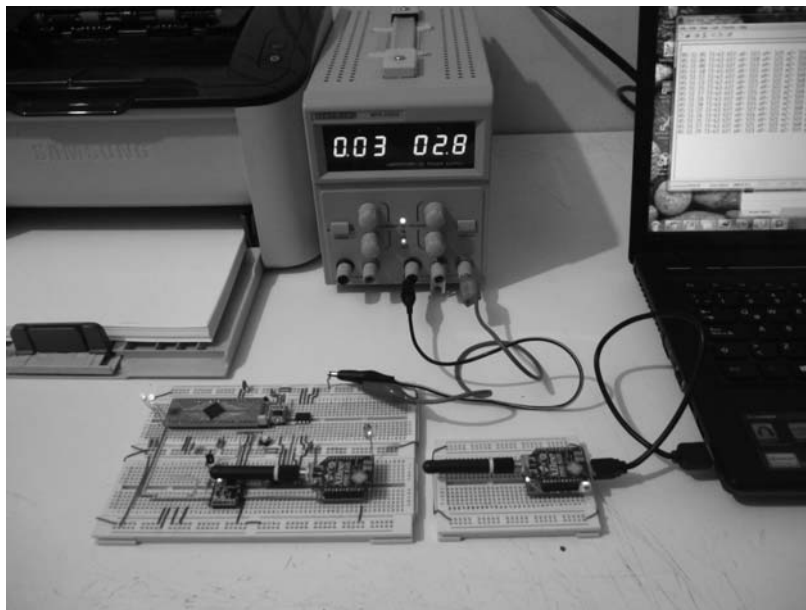


Figura 20: Sistema en protoboard, fuente de alimentación, PC y comunicación inalámbrica

Finalmente, al adquirir el sensor de altitud y presión se ha realizado la medición de cuanto corriente consume el circuito en su totalidad para de ahí estimar si las baterías con las que se cuenta servirán.

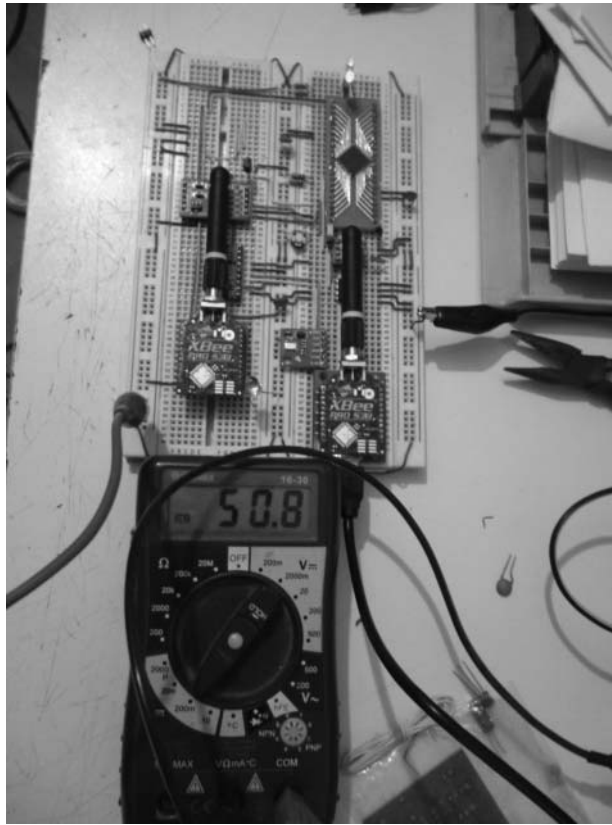


Figura 21: Medición de corriente en el CanSat

Construcción del CanSat Akbal

1. Diseño del PCB (Printed Circuit Board)

Una vez definida la arquitectura a emplear para el CanSat y validado el sistema en una tarjeta de prototipo (protoboard), se ha elaborado el esquemático en *Altium Designer Winter 09*, el cual es un programa de diseño de tarjetas electrónicas; o mejor dicho PCB por sus siglas en inglés. Es con este paquete de diseño, con el que se ha diseñado las PCB's de potencia, computadora a bordo y sensores, y comunicaciones, cuidando diversos aspectos mecánicos como la forma, dimensión y barrenos necesarios para: armado y sujetar algunos componentes electrónicos, además de respetar los criterios de diseño de PCB. Dos de los parámetros que igual se cuidaron para el trazado de las pistas son:

- i. El grosor de las pistas, ya que la herramienta para su fabricación puede hacer un desbastado de 0.2mm, por lo que la dimensión de una pista nos debe permitir en caso de ser necesario hacer un corte de material entre un *pad* y otro *pad* con un paso de 1mm y una pista que atraviese entre estos.

- ii. El uso de vías, ya que no se cuenta con maquinaria que permita la elaboración de *through hole*; el cual representa un depósito de cobre en un orificio para que tanto en una y en otra capa de cobre haya conexión, se ha tenido que emplear vías y algunas *pads* de componentes poder hacer la conexión entre capas.

Debido a que la forma de las PCBs, iba a definir en gran medida la estructura mecánica a realizar, se determinó que cada uno de los sistemas debía ir en una tarjeta electrónica de forma circular, que respetará las dimensiones de la lata, y con ello tener una estructura apilable y robusta. Los esquemáticos del CanSat Akbal se encuentran en el **Anexo 2**. Finalmente, se muestra a continuación el resultado del diseño, medidas y la distribución de los componentes que tienen cada sistema:

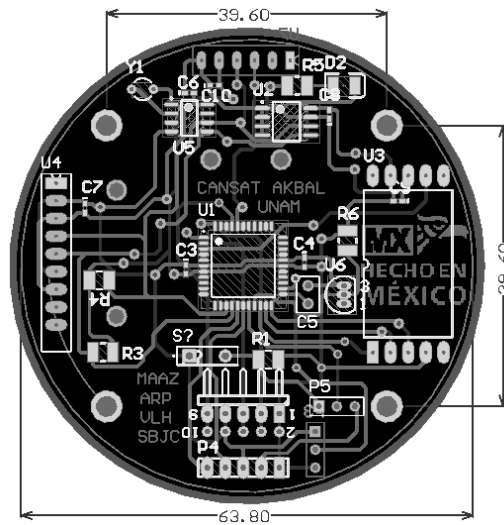


Figura 22: PCB del subsistema: computadora a bordo y sensores

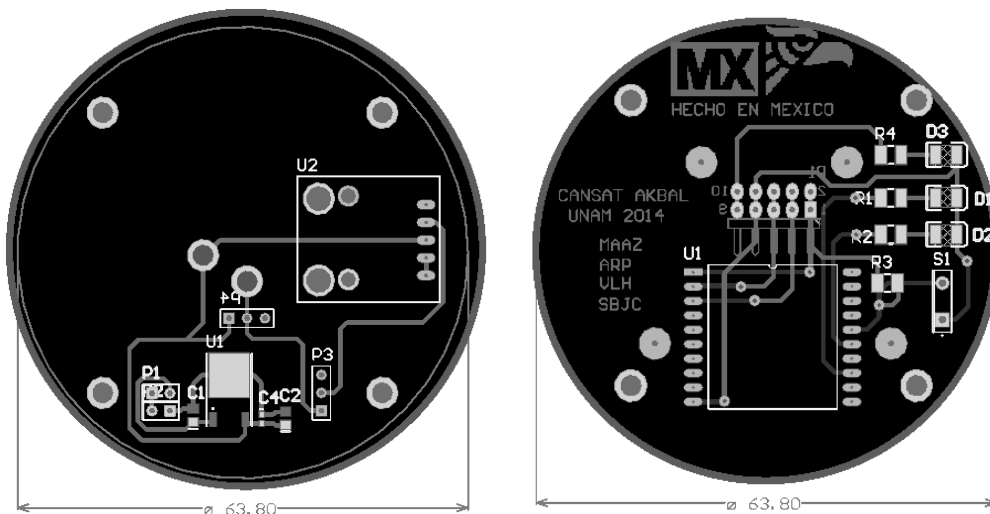


Figura 23: PCB del subsistema de potencia y PCB del subsistema de comunicaciones

2. Fabricación de las PCBs

El proceso de fabricación de las PCB's, se realizó mediante el uso de equipo especializado para ello se empleó el *Auto Lab* de la empresa MITS Electronics. Este equipo se encuentra en la UNAM por lo que se realizó la gestión y solicitud de su utilización a la Coordinación de Instrumentación del Instituto de Ingeniería (IIUNAM), accediendo a ello ya que uno de los integrantes del equipo ha realizado su servicio social y durante su estancia trabajó con dicho equipo.

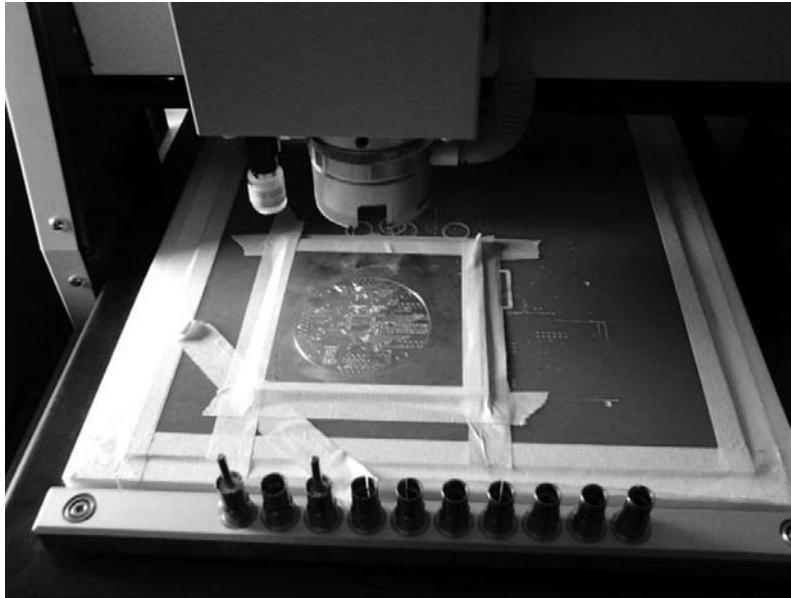


Figura 24: Fabricación de las PCBs en la máquina CNC del IIUNAM

Una de las PCB finalizada se muestra a continuación:

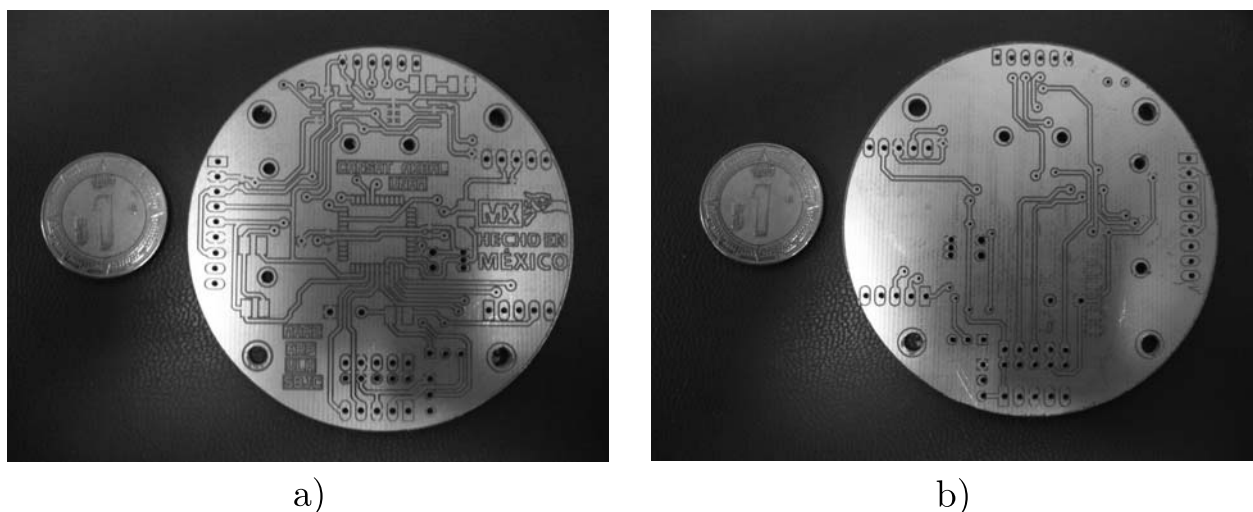


Figura 25: PCB del subsistema de computadora a bordo y sensores fabricada. a) *Top layer*
b) *Bottom layer*

El aspecto final de las PCBs después del montaje de componentes se muestra en las siguientes imágenes:

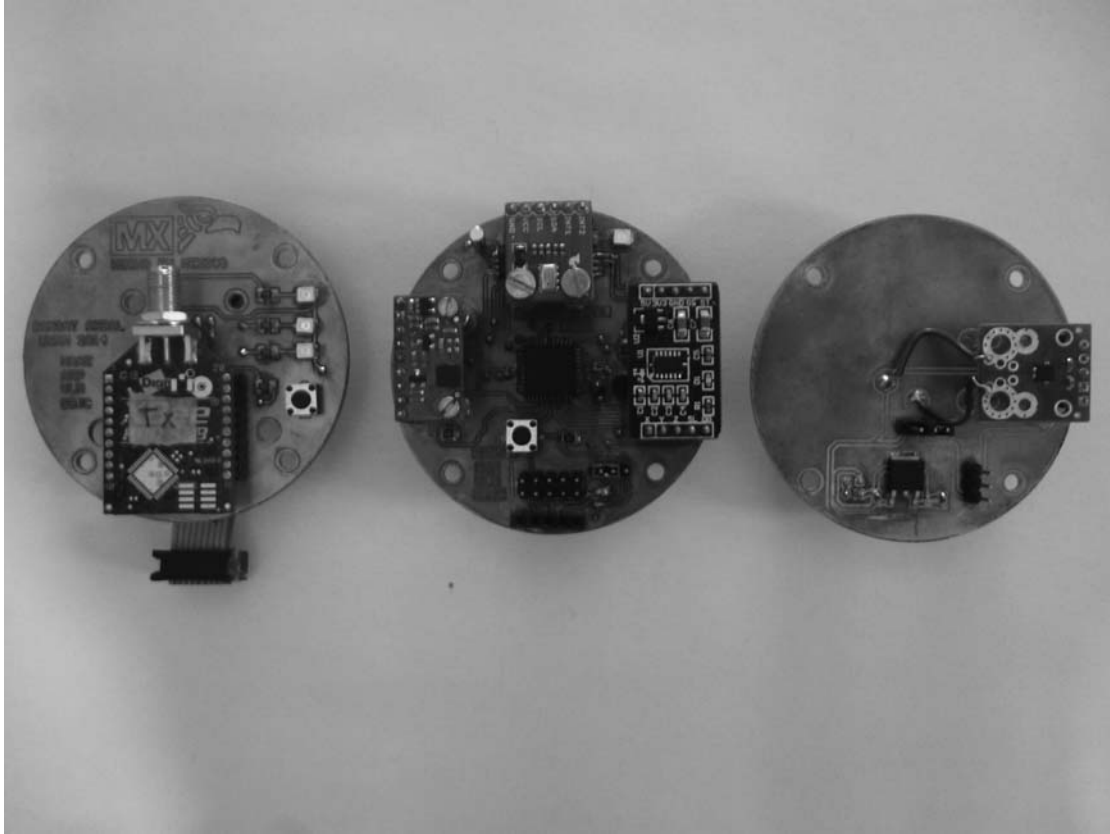


Figura 26: PCBs de los subsistemas de comunicaciones, computadora a bordo y sensores, y potencia

3. Estructura mecánica

Uno de los procesos importantes para el desarrollo del CanSat, es el que comprende el diseño, construcción y armado del mismo. Como se mencionó con anterioridad, las PCB's tendrán una forma circular, por lo que la estructura del prototipo estará compuesta principalmente por discos que contienen la electrónica, así como otros que protegerán a ésta. A continuación se muestra un esquema en 3D (realizado en *Altium Designer* y *Solid Edge V18*) de la parte electrónica y la disposición que tendrán.

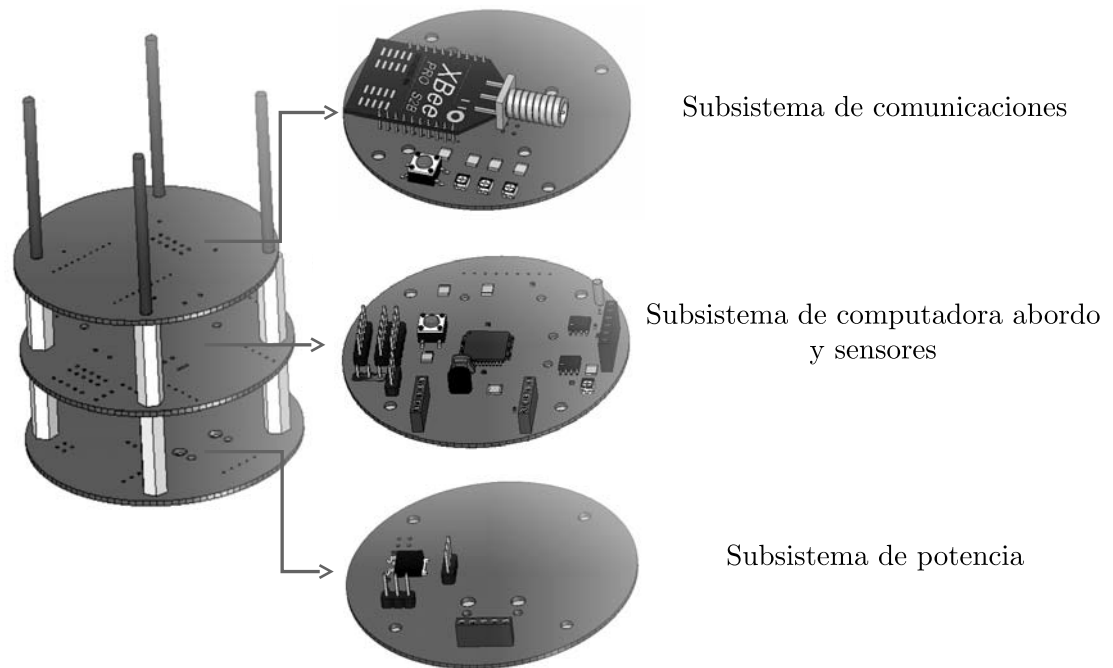


Figura 27: Boceto de la estructura y disposición de las PCBs realizado en *Solid Edge V18*

Para esta primer propuesta de la disposición de la electrónica del CanSat, se ha contemplado la utilización de espárragos, para brindar rigidez ya que con esto, una sola varilla roscada atravesará desde la parte superior a la inferior en cada uno de los cuatro barrenos hechos, mientras que la separación de cada uno de los niveles se ha contemplado con espaciadores de nylon de forma hexagonal, los cuales en el mercado nacional cuentan con la peculiaridad de contar con cuerda interna brindando con ello poder ejercer presión en cada una de las PCBs.

4. Integración

La integración del CanSat se muestra a continuación, en la cual se obtuvieron dos propuestas de prototipo

✓ Primera propuesta

En esta propuesta la utilización de espárragos no fue posible ya que nuestro proveedor no contaba con éste en un material que no elevará nuestros costos, por lo que se usaron dos tornillos de 3mm de 5cm de largo por cada lado.



Figura 28: Primer prototipo del CanSat Akbal

De este prototipo se hizo la medición de su masa dando como resultado $132.0 [g]$.

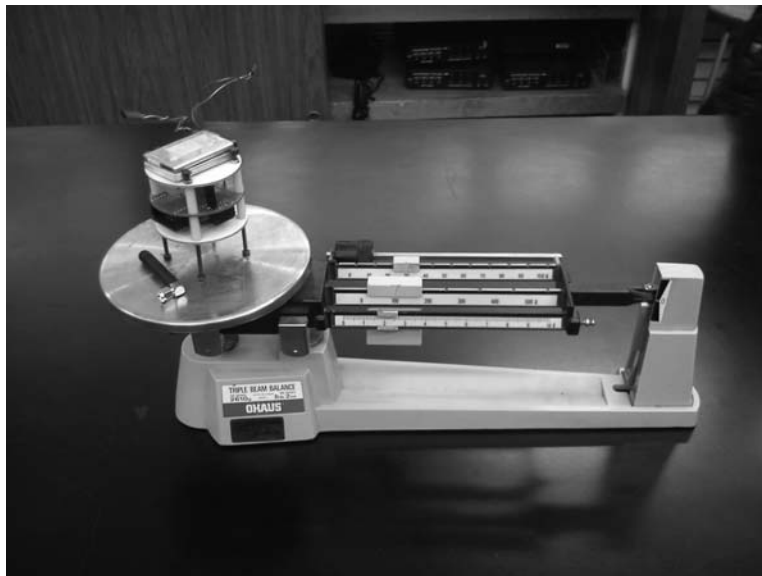


Figura 29: Primer prototipo del CanSat Akbal en báscula

✓Segunda propuesta

Este prototipo se cuenta ya con los espárragos hechos de latón de 12cm de largo y primeramente se realizó el montaje de la electrónica y su correspondiente pesaje, para saber cuánto se tenía de libertad para aumentar en el peso. Dando esta medición de 147.9 [g]

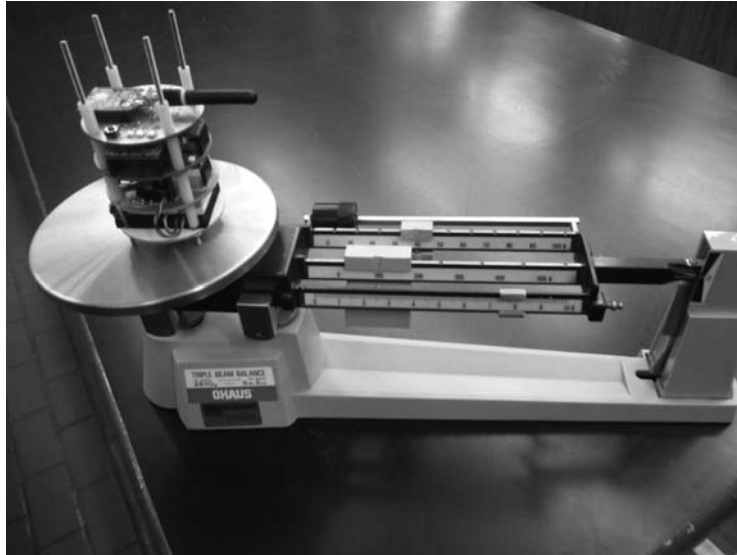


Figura 30: Segundo prototipo del CanSat Akbal en báscula. Laboratorio de mecánica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

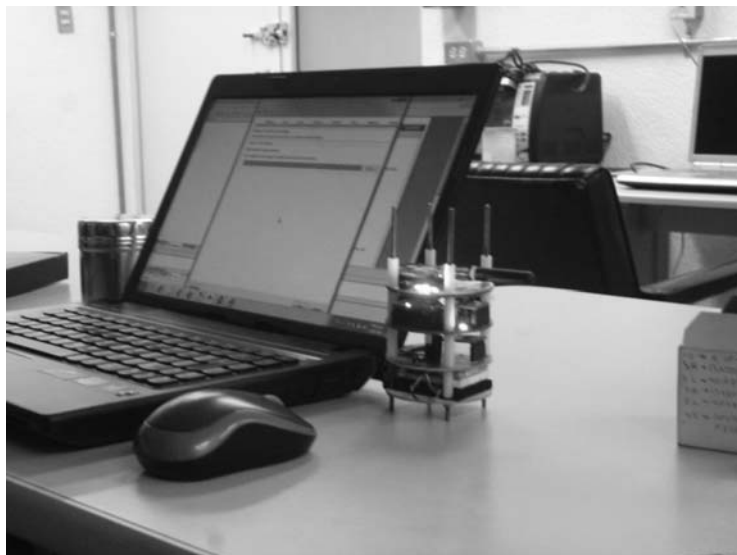


Figura 31: Segundo prototipo del CanSat Akbal en operación

Como resultado de esta medición, al equipo nos permitió definir como se emplearía el espacio sobrante y como se protegería al equipo electrónico, es por ello que se hicieron discos con láminas de aluminio de 3mm de grosor, para que estos formaran las tapas del CanSat, además de una tercera para reforzar la protección.

Para el ensamble además de las tuercas, se usaron rondanas de presión. Este tipo de rondana es un disco con un corte en uno de sus lados, lo cual la convierte prácticamente en un resorte, por lo que al apretar la rondana contra la tuerca y el elemento a sujetar, se ejerce un efecto similar al de comprimir un resorte, el cual por naturaleza tiene a expandirse. La tensión o fuerza de la roldana hará que aumente la fuerza de rozamiento entre los hilos de la tuerca y el tornillo, lo que resulta en una mejor sujeción.

Sumado a la protección que brinda el aluminio como tapas, se colocaron 4 esponjas rígidas para minimizar el efecto del impacto, este tipo de esponjas son las empleadas para transportar circuitos integrados mediante paquetería, por lo que fueron rescatadas de algunos pedidos que se realizaron con anterioridad y reusadas para este proyecto. Una de estas esponjas ha sido colocada en la parte más baja, para que el impacto en caso de ser en esa cara, no recayera completamente en los tornillos y pudiera ocasionar un daño en la estructura.

Es así como se muestra en las siguientes imágenes, el prototipo finalmente armado y el cómo es que quedó la estructura del CanSat Akbal



Figura 32: Vista frontal y lateral del CanSat Akbal

Protección externa

La parte externa del sistema de aterrizaje consiste en un cilindro de cartón corrugado que cubre por completo el cuerpo principal del CanSat, con esto se busca amortiguar la caída en las partes laterales del CanSat.

Cabe mencionar que esta parte del sistema de aterrizaje no tiene precio alguno ya que es de cartón corrugado reciclado. Este tipo de cartón puede ser encontrado en diversas tiendas de autoservicio como basura.



Figura 33: Protección externa del CanSat Akbal



Figura 34: CanSat Akbal totalmente integrado

Interfaz gráfica

Dada la necesidad de automatización del proceso de recepción, procesamiento, visualización y almacenamiento de las lecturas de realizadas por el CanSat, se realizó una interfaz gráfica de usuario (GUI) mediante LabVIEW, la cual permite al usuario monitorear el comportamiento de las variables establecidas para el proyecto.

La conexión para la recepción de datos vía inalámbrica se ha efectuado mediante un XBee conectado a un FTDI, el cual a su vez se conecta mediante un cable USB a la computadora. A continuación se explicará cada una de las funciones con las que cuenta la aplicación generada en LabVIEW.



Figura 35: GUI en LabVIEW para la visualización y almacenamiento de datos de Akbal

En la figura 35 es posible apreciar los bloques que integran la GUI de Akbal. Para explicar cada una de estas, se ha decidido seccionarlas de la siguiente forma:

- a) Comunicación serial
- b) Visualización de variables físicas
 - i. Lecturas del acelerómetro
 - ii. Lecturas del giroscopio
 - iii. Lecturas de temperatura
 - iv. Lecturas de altitud, presión y monitoreo de corriente

a) Comunicación serial

Etapa en la cual se visualiza la correcta comunicación tanto entre el XBee receptor y la computadora, como la comunicación con el CanSat. Además de que entre funciones están: el control de la ejecución de la aplicación y el almacenamiento de datos.

Puerto COM al cual se conecta el FTDI y debe ser seleccionado antes de ejecutar la aplicación para que la comunicación se pueda efectuar correctamente

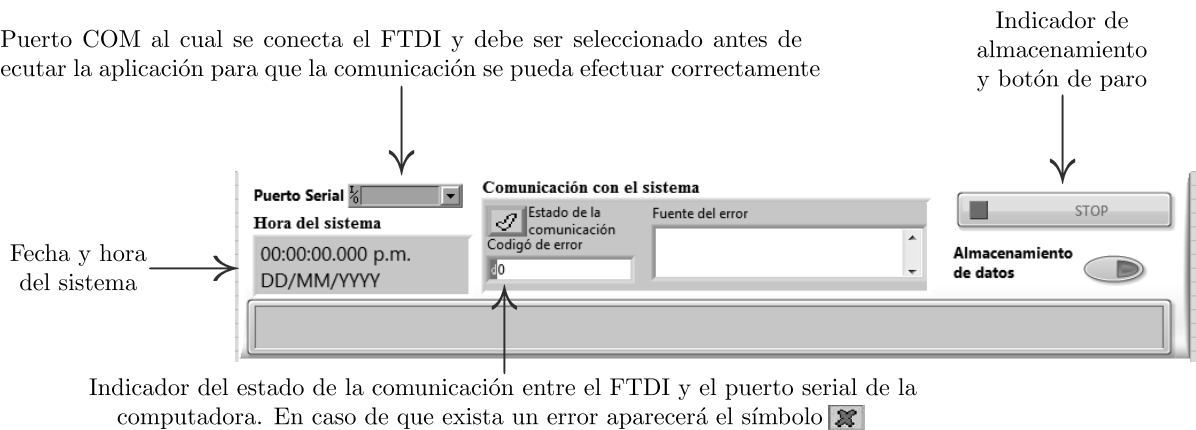


Figura 36: Bloque de “comunicación serial” en la GUI de Akbal

Error de comunicación

La siguiente figura, permite al lector ver la apariencia que tendrán los diversos bloques que conforman la etapa de comunicación cuando ésta ha fallado. En este caso la falla se debe a que el FTDI no se encuentra conectado a la computadora.

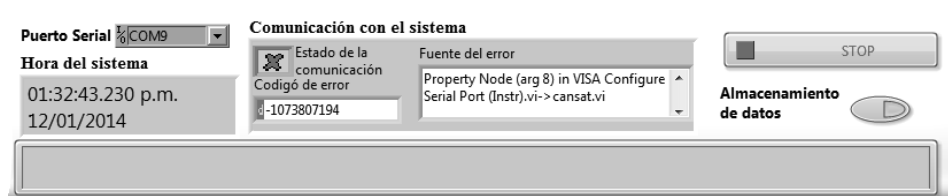


Figura 37: Error de comunicación

b) Visualización de variables físicas

En esta etapa se estará desglosando las lecturas recibidas por la computadora de manera serial, por lo que se han desplegado gráficas, así como elementos para la visualización tanto de manera gráfica como numérica.

i. Lecturas del acelerómetro

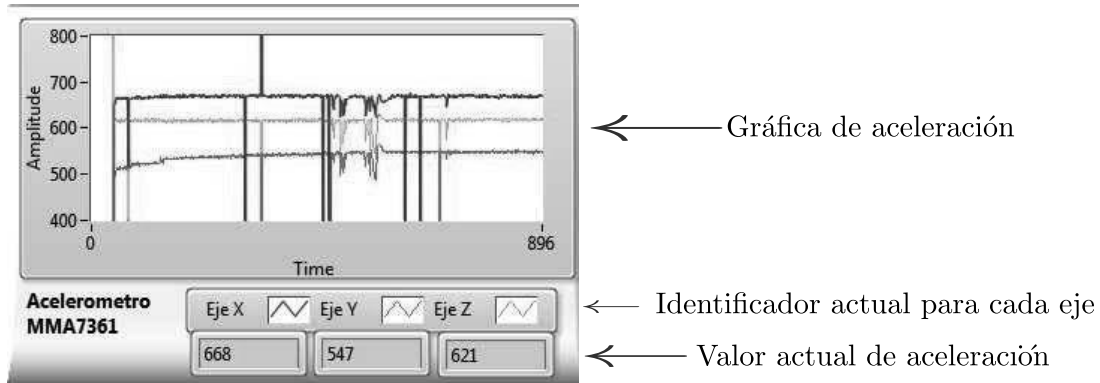


Figura 38: Bloque de “lectura del acelerómetro” en la GUI de Akbal

ii. Lecturas del giroscopio

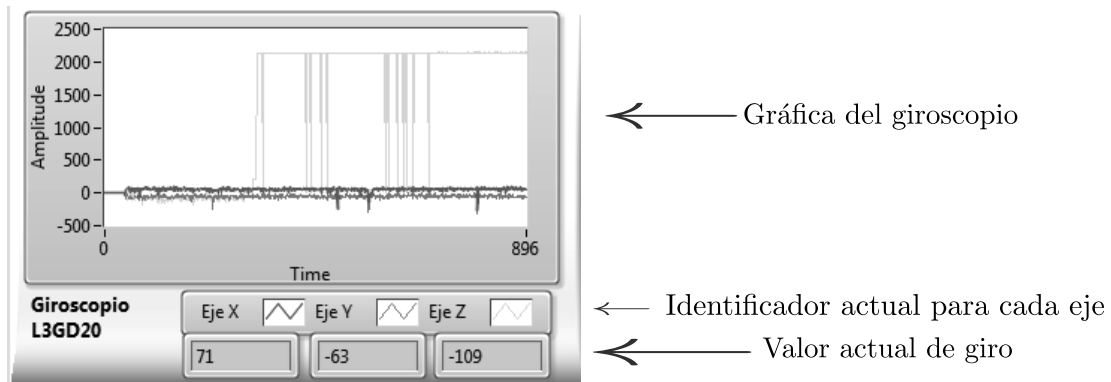
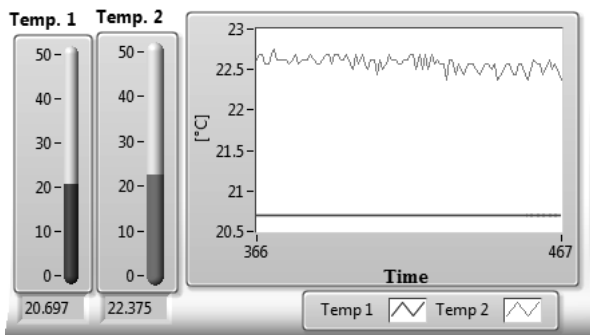


Figura 39: Bloque de “lectura del giroscopio” en la GUI de Akbal

iii. Lecturas de temperatura

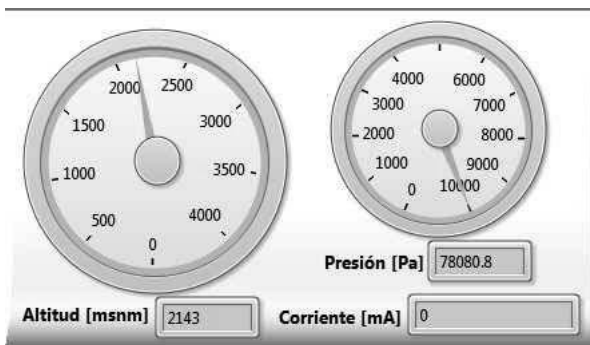


Se disponen de dos sensores de temperatura en el CanSat, por lo que se ha distinguido en color azul al LM335 y en color rojo al sensor que se contiene en el MPL3115

Además de contar con el histograma, se cuenta con un visualizador en forma de termómetro para que el usuario asimile de mejor manera la temperatura

Figura 40: Bloque de “lectura de temperatura” en la GUI de Akbal

iv. Lectura de presión, altitud y corriente



En este bloque se visualiza la presión, la altitud y corriente. Se disponen de dos visualizadores en forma de reloj.

Figura 41: Bloque de “lectura de presión, altitud y corriente” en la GUI de Akbal

Archivo de salida

Una de las características con la que cuenta la aplicación, es la capacidad de guardar las lecturas que se registran en los medidores, es decir, se genera un archivo, en el cual se van guardando los siguientes datos: hora del CanSat, temperaturas, presión, altitud, corriente y las lecturas del acelerómetro y giroscopio.

El archivo generado, es una hoja de cálculo en Excel, cuyo nombre estará dado de la siguiente manera:

Cansat_25-01-14.xls

Nombre Día Mes Año Extensión

La estructura que tiene el archivo es la siguiente:

Lista de materiales y costo

Tabla 2: Materiales y costos en el CanSat Akbal

No	Artículo	Cantidad	Precio (USD)	Precio (MXN)	Subtotal (MXN)
1	PIC18F46J50-I/PT*	1	4.63	71.32	71.32
2	24LC512	1		24.00	24.00
3	BQ32000*	1	2.37	36.50	36.50
4	MMA7361L*	1		160.00	160.00
5	L3GD20*	1		350.00	350.00
6	LM335*	1		9.00	9.00
7	MPL3115A2	1		250.00	250.00
8	ACS711	1		70.00	70.00
9	XBee Pro HP*	2		735.00	1470.00
10	XBee Explorer USB*	1	24.95	382.32	382.32
11	KA78RM33RTF	1		9.00	9.00
12	Cristal de cuarzo (32.768 kHz)	1		6.00	6.00
13	Microswitch push mini	2		2.00	4.00
14	LED SMD	4		2.00	8.00
15	Resistencia SMD 330	4		2.00	8.00
16	Resistencia SMD 160	1		2.00	2.00
17	Resistencia SMD 1k	2		2.00	4.00
18	Resistencia SMD 10k	2		2.00	4.00
19	Capacitor monolítico CM-1/50V	10		1.00	10.00
20	Placa fenólica 10 x 10 cm	1		9.00	9.00
21	Placa fenólica dos capas 10 x 10 cm	2		18.00	36.00
22	Header macho*	1		2.00	2.00
23	Header hembra*	1		15.00	15.00
24	Espárrago 3mm de latón	1		100.00	100.00
25	Tornillo milimétrico 2mm*	2		3.50	7.00
26	Tornillo milimétrico 3mm*	2		3.00	6.00

6	Tuerca 2mm*	2		3.00	6.00
6	Tuerca 3mm*	8		0.50	4.00
6	Separador de Nylon con cuerda* 1.6 cm	3		8.00	24.00
6	Separador de Nylon con cuerda* 2 cm	3		8.50	28.00

				<i>Total</i>	3115.14
--	--	--	--	--------------	----------------

Cabe señalar que en la anterior tabla los elementos marcados con *, son artículos y componentes que no fueron comprados para la realización del CanSat, sino que fueron adquiridos como producto de diversos proyectos desarrollados tanto de manera académica como personales a lo largo de la formación profesional, por lo que el total del gasto realizado para este proyecto fue de \$544.00 pesos.

Competencia

La competencia se realizó el día sábado 25 de enero del 2014 en Chapa de Mota, estado de México.



Figura 42: Medición de masa de Akbal el día de la competencia

El CanSat fue elevado mediante un helicóptero a una altura aproximada de 500m



Figura 43: CanSat Akbal apunto de ser elevado por el helicóptero

Posteriormente el CanSat fue liberado del helicóptero y cayó libremente transmitiendo telemetría; después del impacto Akbal continuo transmitiendo.

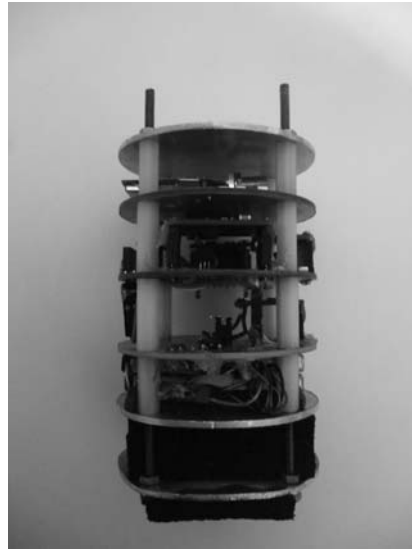


Figura 44: CanSat Akbal después de la caída

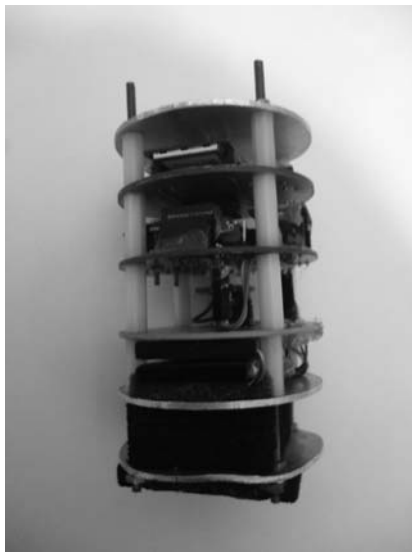
Imágenes del CanSat después de la caída



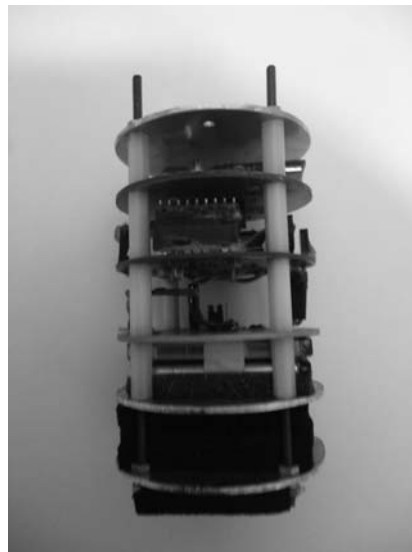
Perfil 1



Perfil 2



Perfil 3



Perfil 4

Figura 45: Perfiles del CanSat Akbal después de la caída

Estos son todos los perfiles del CanSat y nos podemos percatar de esto viendo como el XBee en la parte superior va girando. Como podemos observar los daños sufridos por el impacto de la caída son casi nulos. Excepto en el perfil 3, se muestra una pequeña deformación sobre un disco externo de aluminio.

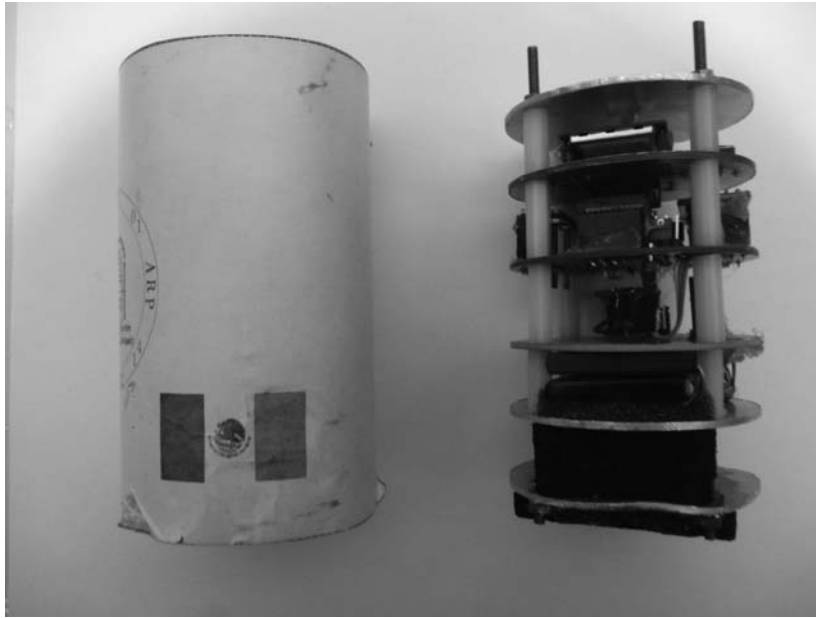


Figura 46: CanSat Akbal después de la caída

En esta imagen se puede observar mejor el daño recibido, que consiste en una pequeña deformación sobre uno de los discos de aluminio de protección. Pero cabe mencionar que su reparación puede ser de inmediata ya que solo basta con quitar las tuercas de abajo que sujetan los discos y cambiar el disco de aluminio por otro nuevo.

Pero lo más importante de todo esto es que el CanSat siguió transmitiendo datos después de su impacto con el suelo.

Recuperación de datos

Del documento “Cansat_25-01-14.xls”, que se generó el día de la pruebas de lanzamiento, se obtuvieron los datos transmitidos por el CanSat, se utilizó MATLAB® R2010 para exportar estos datos del libro de Excel. Debido a la estructura que tiene el archivo de salida. Cabe mencionar que la transmisión comenzó antes de que el CanSat comenzó el ascenso, esto para poder tener datos previos, por lo que los datos graficados corresponden a todo el tiempo de transmisión, más adelante se realizara un análisis de solo el tiempo del momento del vuelo. Otra de las anotaciones que se debe hacer sobre este archivo, es referente al tiempo en que se estuvo ejecutando y funcionando el CanSat, ya que se tiene la lectura y almacenamiento de cerca de *50 min*, mientras que para nuestro análisis hemos tomado la última media hora de éste, para finalmente centrar nuestras observaciones en las muestras obtenidas durante el vuelo.

A continuación se analizaran los datos de:

i. Altitud y presión

En la Figura 47 observamos las gráficas de altitud y presión contra muestras realizadas, tomando en cuenta los puntos señalados que aparecen en los recuadros, podemos ver el momento en el que comenzó a elevarse el CanSat que fue en “Muestra” =782 y corresponde a 12:27:45 Hrs, también observamos que el momento de la caída ocurrió en “Muestra” =839 equivalente a un tiempo de 12:29:40 Hrs. Con base en los puntos señalados anteriormente se determinó que el CanSat se elevó aproximadamente 478.375[m] y que pasaron aproximadamente 1 minuto con 55 segundos desde que el CanSat comenzó a elevarse hasta que se impactó en el suelo. Respecto al tema de presión notamos un cambio brusco en las mediciones de presión, ya que al momento del impacto el valor de presión cayó drásticamente. Una posible explicación de este hecho es que la presión atmosférica y la densidad del aire disminuyen con la altitud.

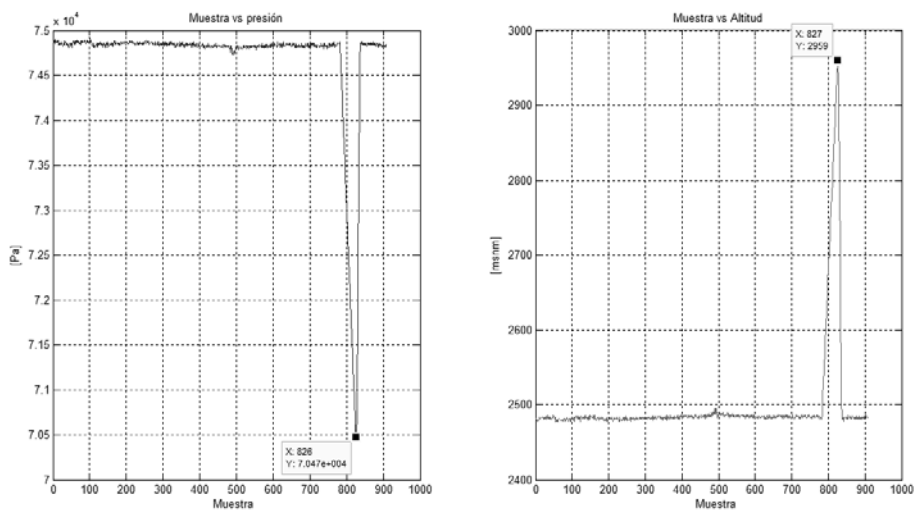


Figura 47: Datos de altitud y presión enviados por Akbal

ii. Temperatura

Se tiene instrumentado dos sensores para el CanSat, uno corresponde al sensor con el que cuenta el MPL3115 y el otro es el sensor LM335Z. En la Figura 48 se muestra la comparación de la lectura de ambos sensores, podemos notar que la mediciones tomadas por el LM335Z es menos sensible que la obtenida por el sensor integrado en el MPL3115, ya que la temperatura muestra un comportamiento ascendente a lo largo de todo el recorrido y un decremento al momento de llegar a la máxima altura alcanzada por el CanSat.

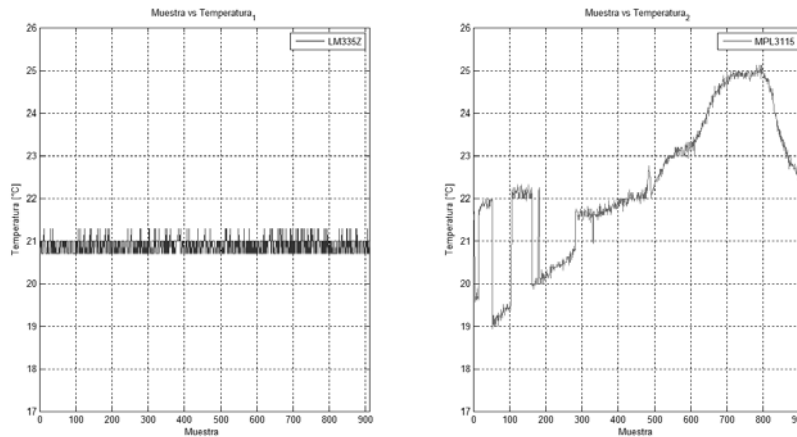


Figura 48: Datos de temperatura enviados por Akbal

iii. Acelerómetro

La Figura 49 nos muestra el comportamiento en los tres ejes (X,Y,Z) del acelerómetro, el más relevante es el eje z, ya que como podemos ver después de alcanzar el punto más alto en “Muestra”= 836; los valores de magnitud comienzan a ser negativos, lo que nos indica que sufre una aceleración en dirección opuesta a la de la gravedad.

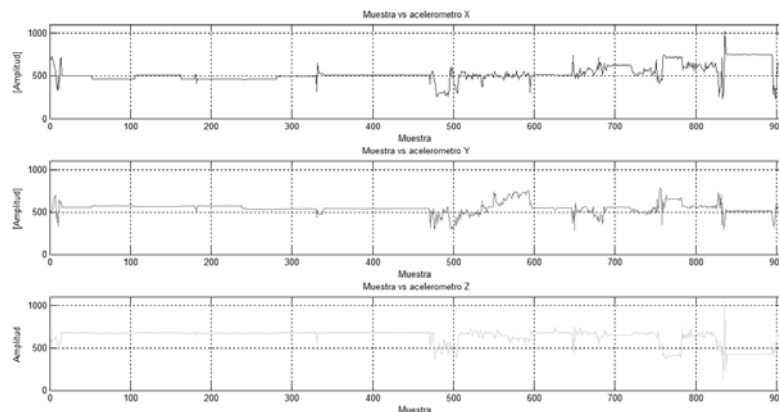


Figura 49: Datos de aceleración enviados por Akbal

iv. Giroscopio

Como se ha mencionado antes, las pruebas de transmisión se empezaron antes de que el satélite fuera levantado del suelo, por lo que se obtuvieron medidas que antes, pero al analizar la gráfica que se genera a partir de los datos nos sugiere que el giroscopio dejó de transmitir información mucho antes del punto de referencia marcado en la Figura 50 que corresponde al momento en el que se alcanza la mayor altura. Sin embargo ya que se encendió el Cansat con anticipación, se puede ver que dicho elemento sí funcionó y transmitió de manera adecuada en un cierto tiempo.

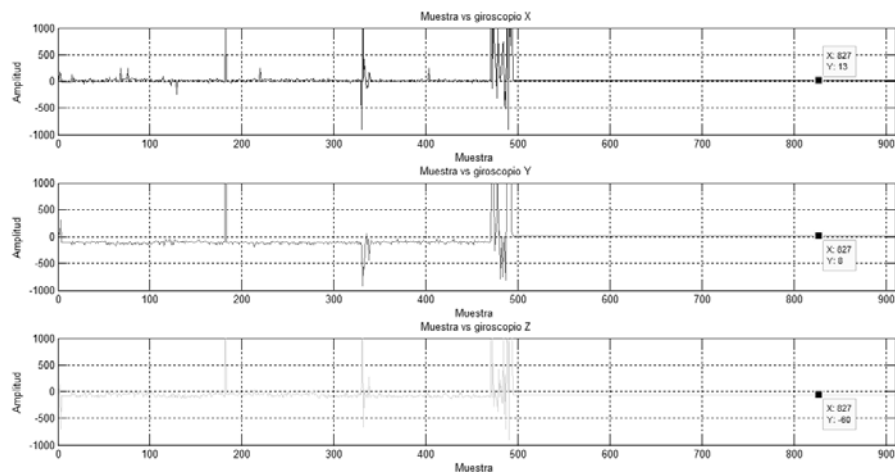


Figura 50: Datos del giroscopio enviados por Akbal

Datos en tiempo de vuelo

Para una mejor visualización de los datos obtenidos se muestra una gráfica de solo el tiempo en el que el CanSat comienza a elevarse del suelo hasta su momento en el que impacta en la tierra.

i. Altitud y presión

En la Figura 51 es evidente el correcto funcionamiento de nuestros sensores ya que se observa el aumento gradual de la altitud y con ello la disminución de la presión. Con esta gráfica es posible estimar la altura máxima alcanzada además del tiempo de vuelo de nuestro prototipo, teniendo como resultado:

Altura máxima alcanzada: 478.375[m]

Tiempo de vuelo: 115[s]

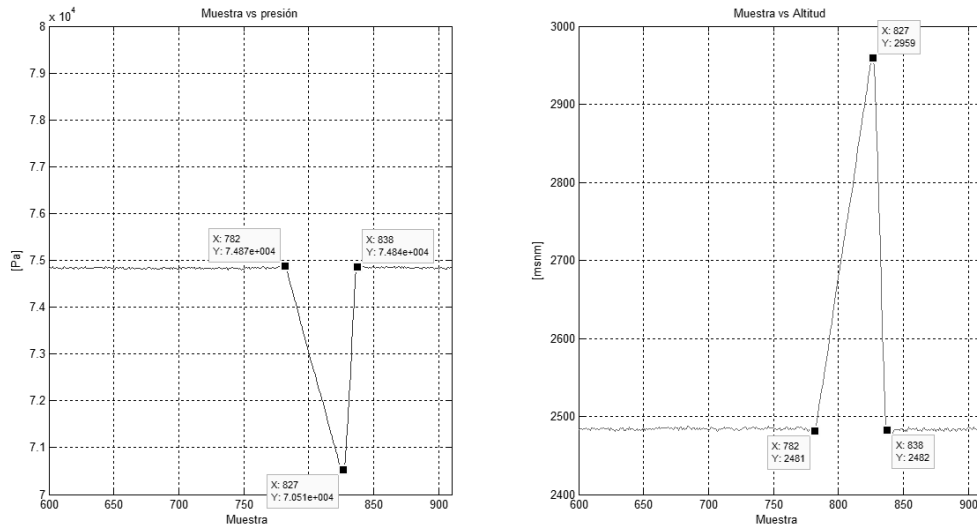


Figura 51: Datos de altitud y presión en el vuelo de Akbal

ii. Temperatura

Como se mencionó con anterioridad, se puede observar que el sensor LM335Z no presentó cambios significantes en la temperatura que medía; sin embargo, su lectura fue correcta. Respecto a la temperatura medida por el sensor MPL3115, se llega la conclusión de que a pesar de presentar un cambio gradual y en aumento de temperatura, la disminución de ésta a la altura máxima que alcanzó se debe a corrientes de aire que pudieron presentarse aquel día.

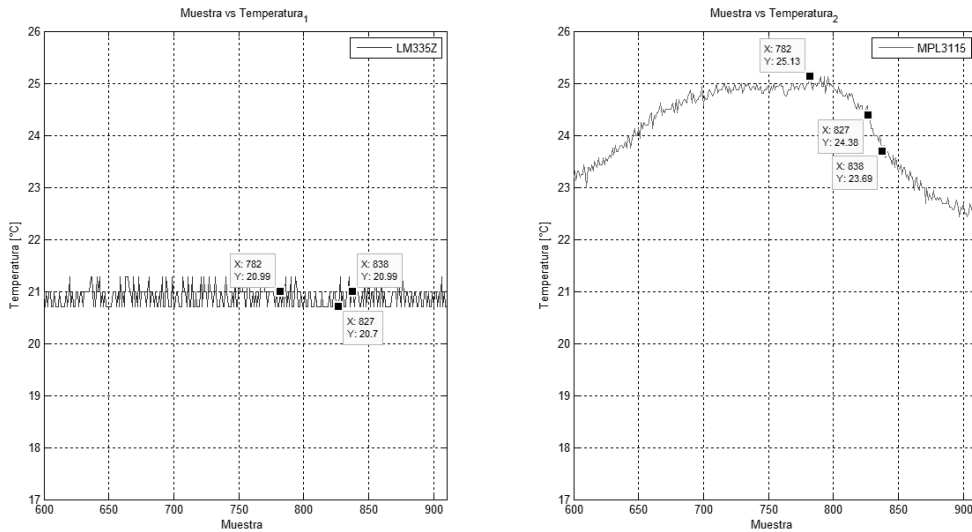


Figura 52: Datos de temperatura en el vuelo de Akbal

iii. Acelerómetro

El análisis que se puede realizar del comportamiento del acelerómetro durante el intervalo de vuelo, es posible observar que en el momento del despegue (Muestra =782), en el eje Z se experimenta un incremento en el valor medido esto debido a la fuerza con la que el vehículo empieza a elevarse y jalar al Cansat, por lo que apartir de ese punto las variaciones presentadas son debido a la elevación que experimenta el prototipo. En relación al eje X y eje Y, se observan diversas variaciones a lo largo del vuelo de ascenso, esto supone que tanto el drone y el Cansat experimentaron movimiento lateral debido a las corrientes de viento que se presentaban. El comportamiento se muestra en la Figura 53

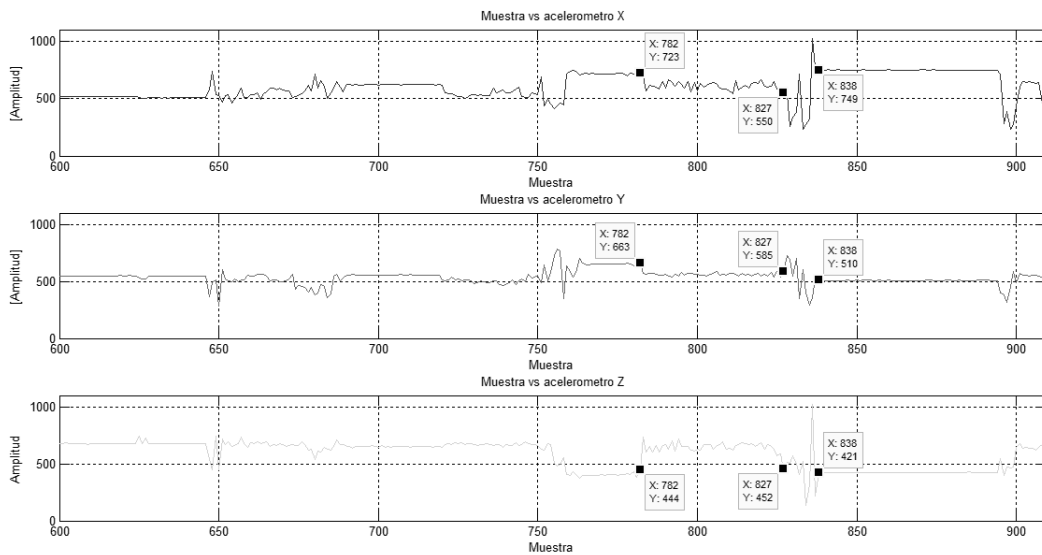


Figura 53: Datos de aceleración en el vuelo de Akbal

iv. Giroscopio

Para el momento de vuelo, no se obtuvieron lecturas correctas del giroscopio, por lo que nos es imposible hacer un análisis, sin embargo está falla se puede deber a un posible falso contacto en las pistas de la tarjeta

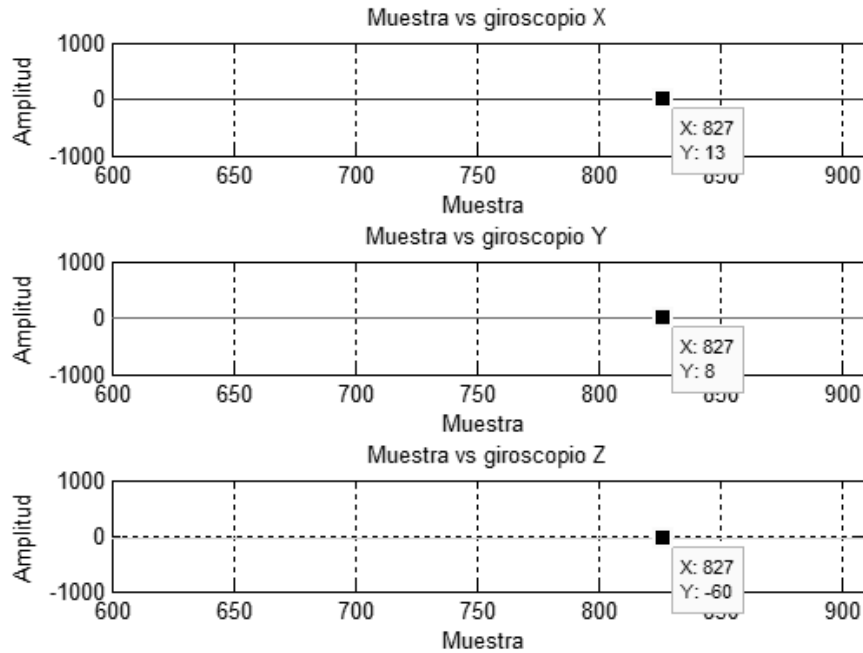


Figura 54: Datos del giroscopio en el vuelo de Akbal

Datos almacenados en memoria

Uno de los elementos considerados en el Cansat desarrollado por el equipo, ha sido la implementación de una memoria a bordo de éste, ya que ante cualquier eventualidad que pudiera haberse presentado durante la transmisión de datos, la medición de nuestras variables no debía comprometerse, por lo que su almacenamiento en una memoria para su posterior análisis garantizaba conocer las condiciones que experimento el Cansat durante el vuelo, además de que un funcionamiento tanto en el sistema de transmisión como en el de almacenamiento, nos permite hacer un comparativo para calificar la calidad de transmisión que se tiene y con ello tener un sistema redundante para la adquisición de información de estudio. La lectura de nuestra memoria abordo, se hace reprogramando el Cansat, para que haga un barrido de las localidades de memoria de la EEPROM y que su contenido sea transmitido vía inalámbrica nuevamente por el Xbee hacia la computadora y éstas sean procesadas. En la siguiente imagen se muestra los datos que son obtenidos de la memoria una vez que se ha iniciado la lectura de la memoria:

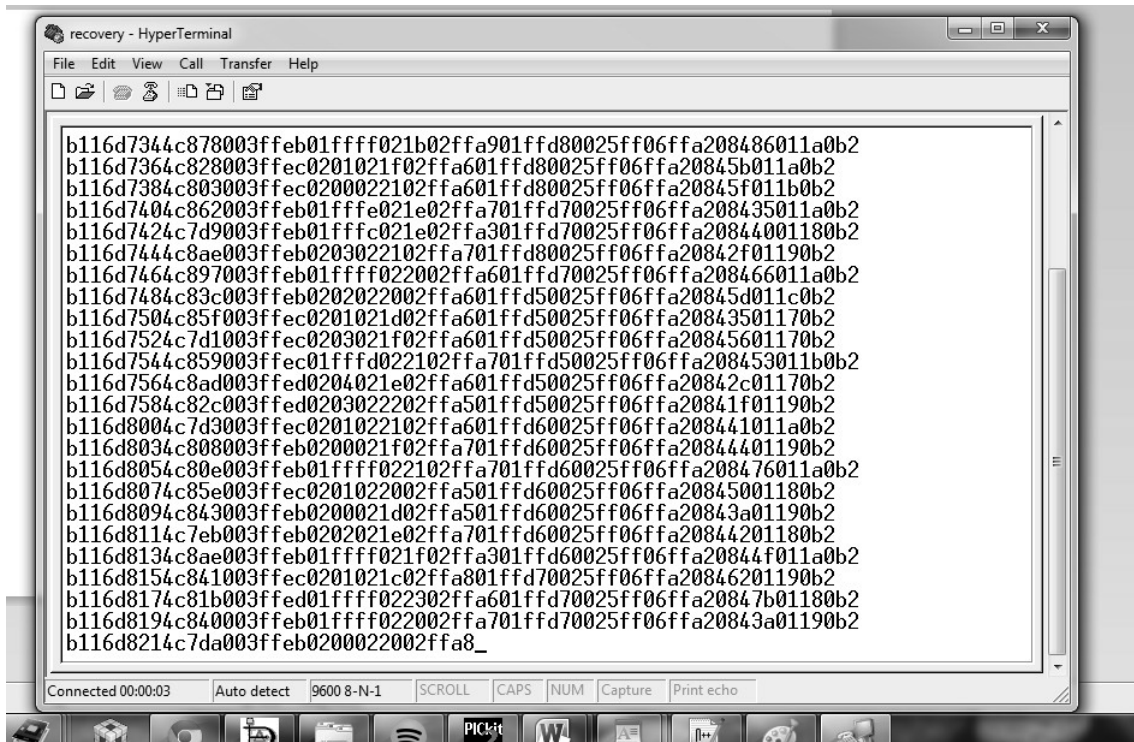


Figura 55: Recuperación de datos de memoria

Como se puede ver, los datos que contiene la memoria son bytes crudos, en donde 0xB1 es el inicio de la trama y 0xB2 es el final de trama, por lo tanto fue necesario su procesamiento, por lo cual se desarrolló una aplicación en Labview la cual genera un Excel de igual manera que en la prueba de campo.

De los datos obtenidos de este proceso de recuperación de información se han obtenido los siguientes resultados:

i. Altitud y presión

En el caso de los datos almacenados para estas dos variables, nos permite conocer el punto máximo alcanzado por el CanSat y con ello tomar ese punto de referencia para las demás gráficas y con ello realizar mejor el comparativo de datos guardados y transmitidos.

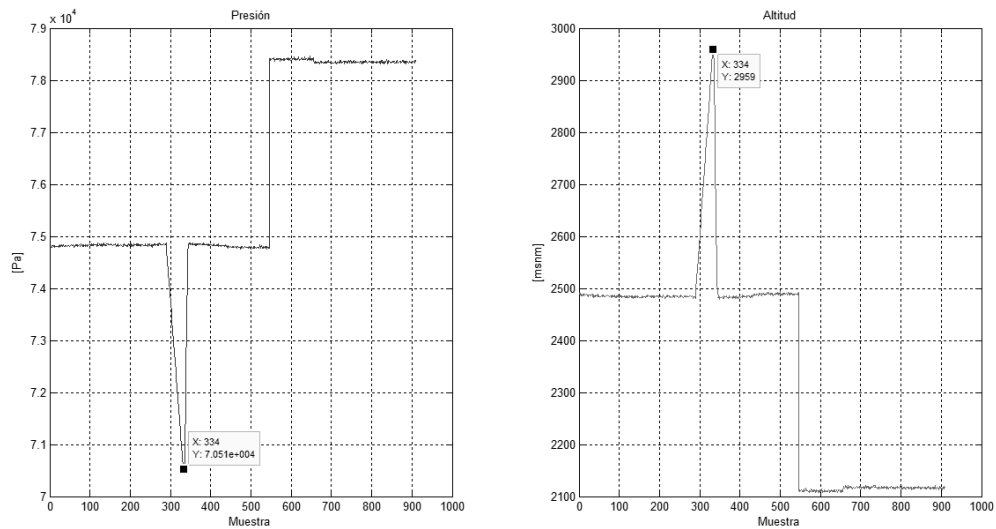


Figura 56: Datos de altitud y presión en la memoria de Akbal

ii. Temperatura

En la Figura 57, se observa un comportamiento de manera similar en la primer etapa de las muestras obtenidas al visto en los datos que se recibieron vía inalámbrica, se ha de recordar que el almacenamiento y recuperación de datos se hizo de manera tal que se va sobrescribe la memoria cuando se ha llegado al límite de localidades, por lo que en el caso de la gráfica que a continuación se muestra, se tiene que las muestras obtenidas en el intervalo 0-400 corresponden a mediciones realizadas durante nuestra prueba de campo en Chapa de Mota, mientras que los datos posteriores a 400 son mediciones que durante el desarrollo del CanSat se hicieron en laboratorio en días anteriores. Este comportamiento es similar en las diversas variables que posteriormente se mostrarán.

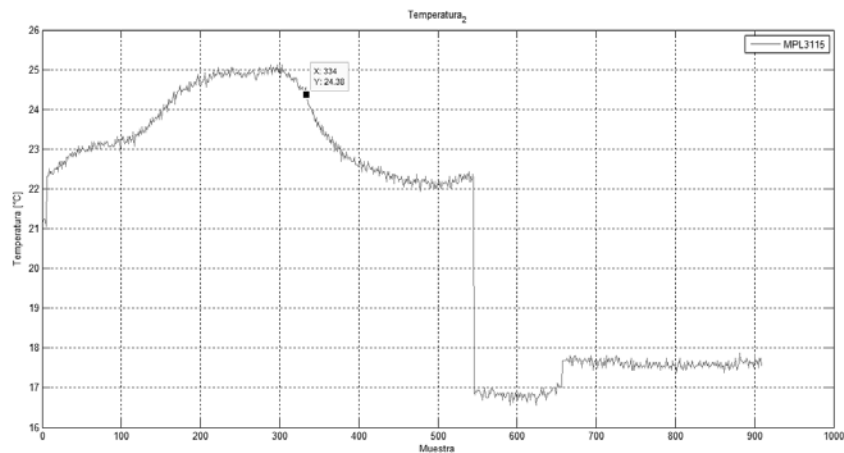


Figura 57: Datos de temperatura en la memoria de Akbal

iii. Acelerómetro

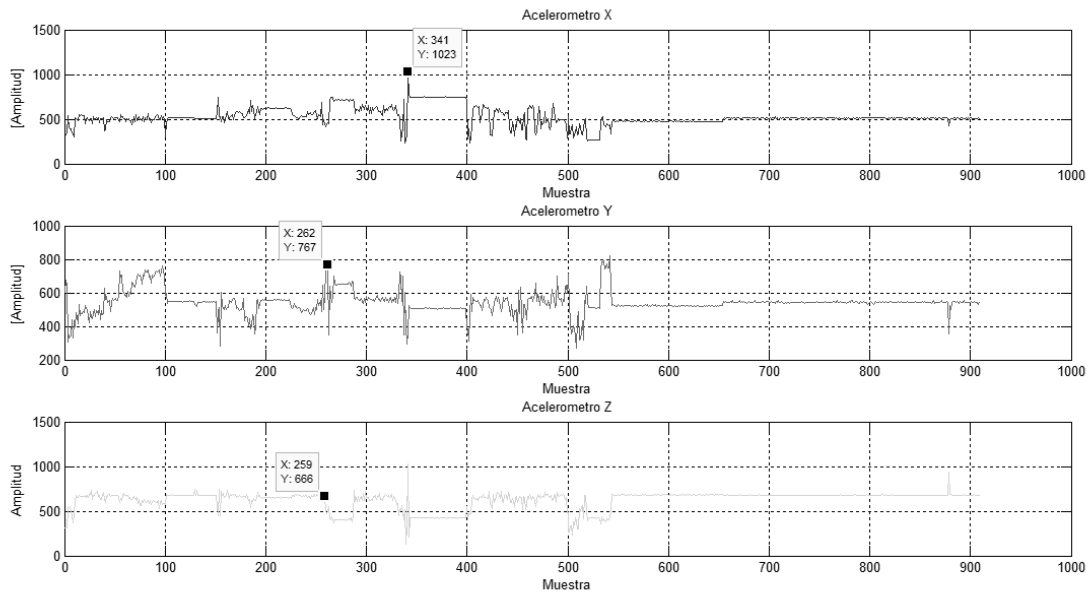


Figura 58: Datos de aceleración en la memoria de Akbal

Posibles aplicaciones comerciales

- i. Para el monitoreo de variables de la atmosfera terrestre y con esto su posible predicción en el clima.
- ii. El sistema fue diseñado para abarcar varias placas de prueba o monitoreo sobre una misma estructura. Con esto podemos implementarlo para que lleve diversas misiones como la observación de la tierra.
- iii. El incluirle una cámara para la captación de imágenes o videos sobre terrenos peligrosos para el ser humano. Zonas de desastres o plantíos por el narcotráfico.
- iv. Posible prototipo para monitoreo de ecosistemas marítimos, ya que la implementación de sensores de presión se pudiera aprovechar.

Conclusiones

Una vez realizada la prueba de lanzamiento saltan a la vista los aspectos importantes a mejorar y es que solo con la experimentación se pueden ver las carencias y virtudes que nuestro prototipo CanSat.

En lo que respecta a la parte mecánica, aunque prácticamente la estructura del canSat no sufrió un daño importante, una de las consideraciones y modificaciones que se harían a futuro sería la colocación de aletas en parte superior, simulando las que poseían las bombas. Debido a que estas aletas proveen al objeto la posibilidad de girar en su caída y garantizar que el canSat caerá de forma vertical. Sin embargo, la implementación de dicha estructura es un punto a analizar, ya que en una competencia internacional, el uso de un paracaídas es necesario para un CanSat, por lo que la activación de dicho elemento debe ser uno de los puntos primordiales, además de que los métodos de elevación y altura son diferentes a los que se experimentaron en el presente concurso.

Mientras tanto, por la parte electrónica se pueden mencionar diversos puntos a resaltar como:

- i. Espacio y peso: Como se mencionó anteriormente, gran parte de la electrónica fue reutilizada, por lo que el uso de breakout para cada sensor, resulto si bien algo útil, a futuro ese espacio sería carga y espacio mal usado, por lo que es posible reducir dicho espacio usando una tarjeta pcb que contenga la misma instrumentación con un menor costo. Esto es posible, pues en el mercado nacional hay proveedores con los cuales conseguir tarjetas electrónicas con sensor de altitud, presión, giroscopio, acelerómetro y magnetómetro, cuya comunicación es mediante el protocolo I2C, el cual en nuestro prototipo ha sido utilizado.
- ii. Diseño: El diseño de las 3 tarjetas electrónicas que componen nuestro prototipo, es propia, lo que significa para nosotros y para la UNAM un avance, ya que si bien los componentes electrónicos propiamente son extranjeros, los diseños electrónicos son nacionales lo cual puede abrir puertas para futuros proyectos y desarrollar de mejor manera la tecnología para nuestro país.
- iii. Instrumentación: Lo que se refiere a este punto no solo tiene que ver con lo obtenido en esta prueba de campo, sino también una propuesta a futuro. Nuestra instrumentación para medir las diversas variables resulto eficiente en las diversas pruebas que se hicieron con anterioridad, como se menciona antes, toda esta parte es posible reducirla en espacio y costo, lo cual a nuestro prototipo le daría un mayor espacio libre, con lo que nuestro canSat podría convertirse un pequeño proveedor de servicios para pequeños experimentos que cumplan los requerimientos de dimensiones. Lo anterior se menciona basándose en el hecho de que la integración de nuestras PCBs puede reducirse de 3 a 2 tarjetas electrónicas, con lo que un nivel quedaría disponible para el diseño de tarjetas electrónicas que tengas sensores para medir diversas variables como cantidad de hidrogeno, CO, CO2, humedad, sistema de GPS, etc.

Finalmente, haciendo mención a los datos y resultados obtenidos se tiene que nuestra transmisión ha sido eficiente, puesto que la cantidad de muestras obtenidas durante el vuelo permite describir el comportamiento que tuvo el canSat durante éste.

Se logró transmitir con éxito los datos de temperatura, aceleración, altitud y presión. Pero problemas de último momento hicieron imposible la transmisión de los datos del giroscopio L3GD20, que nos daría la orientación y sentido que tendría el CanSat. También cabe mencionar que el sensor de corriente ACS711 no transmitió los datos deseados, ya que se tuvieron problemas previos a la competencia. Pero a pesar de esto, ya que en el diseño se implementó un elemento para activar el sistema sin necesidad de dicho sensor, esto no presentó riesgo para la misión.

Anexo 1

Diagrama de flujo del firmware CanSat Akbal

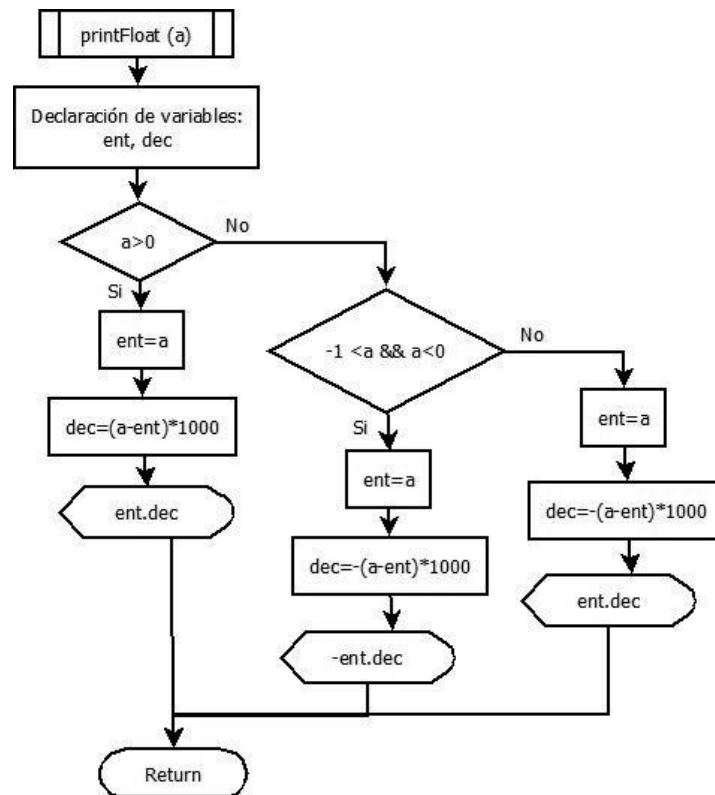


Figura 59: Diagrama de flujo para la función “imprime flotante”

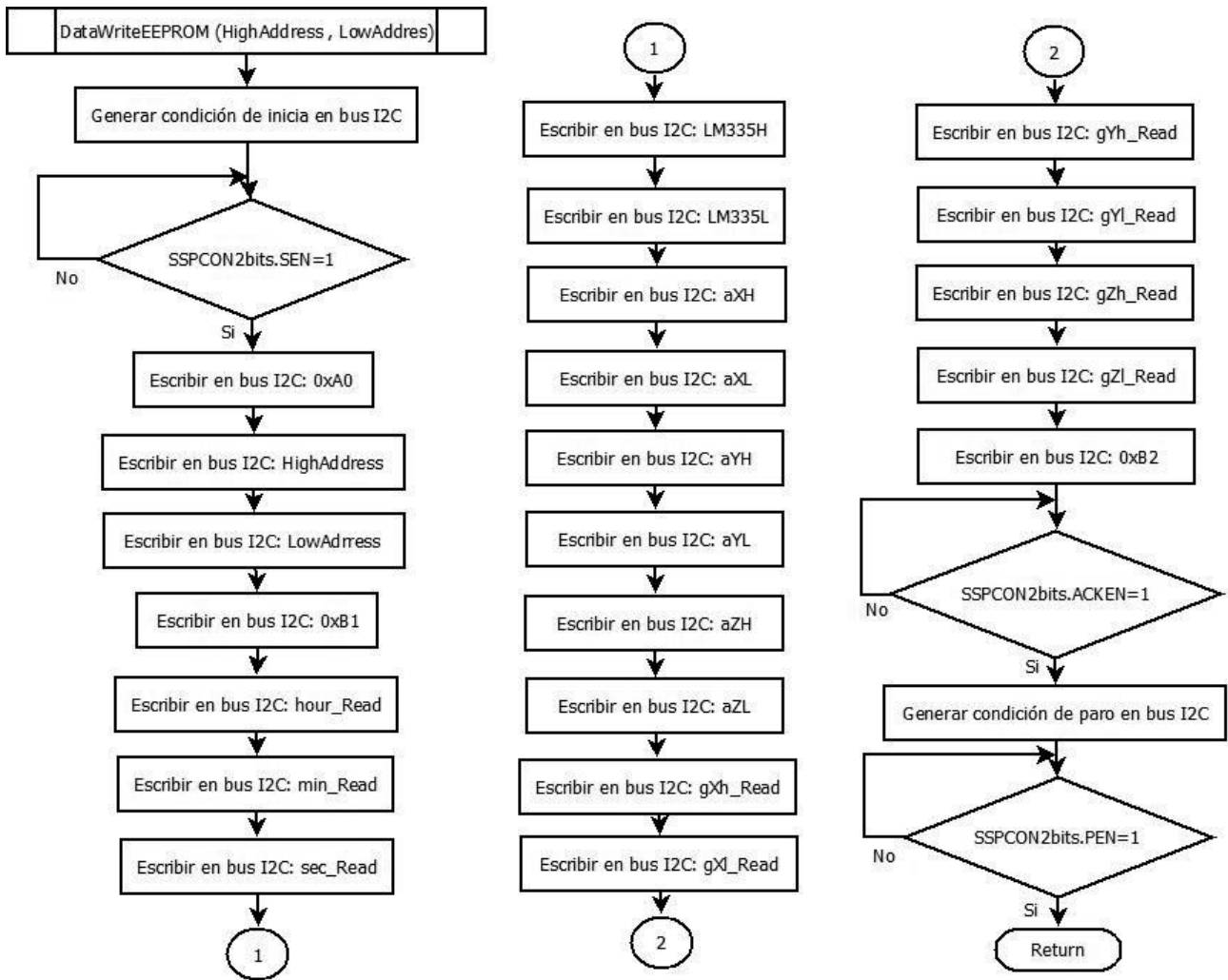


Figura 60: Diagrama de flujo para la función “escribe datos a memoria EEPROM”

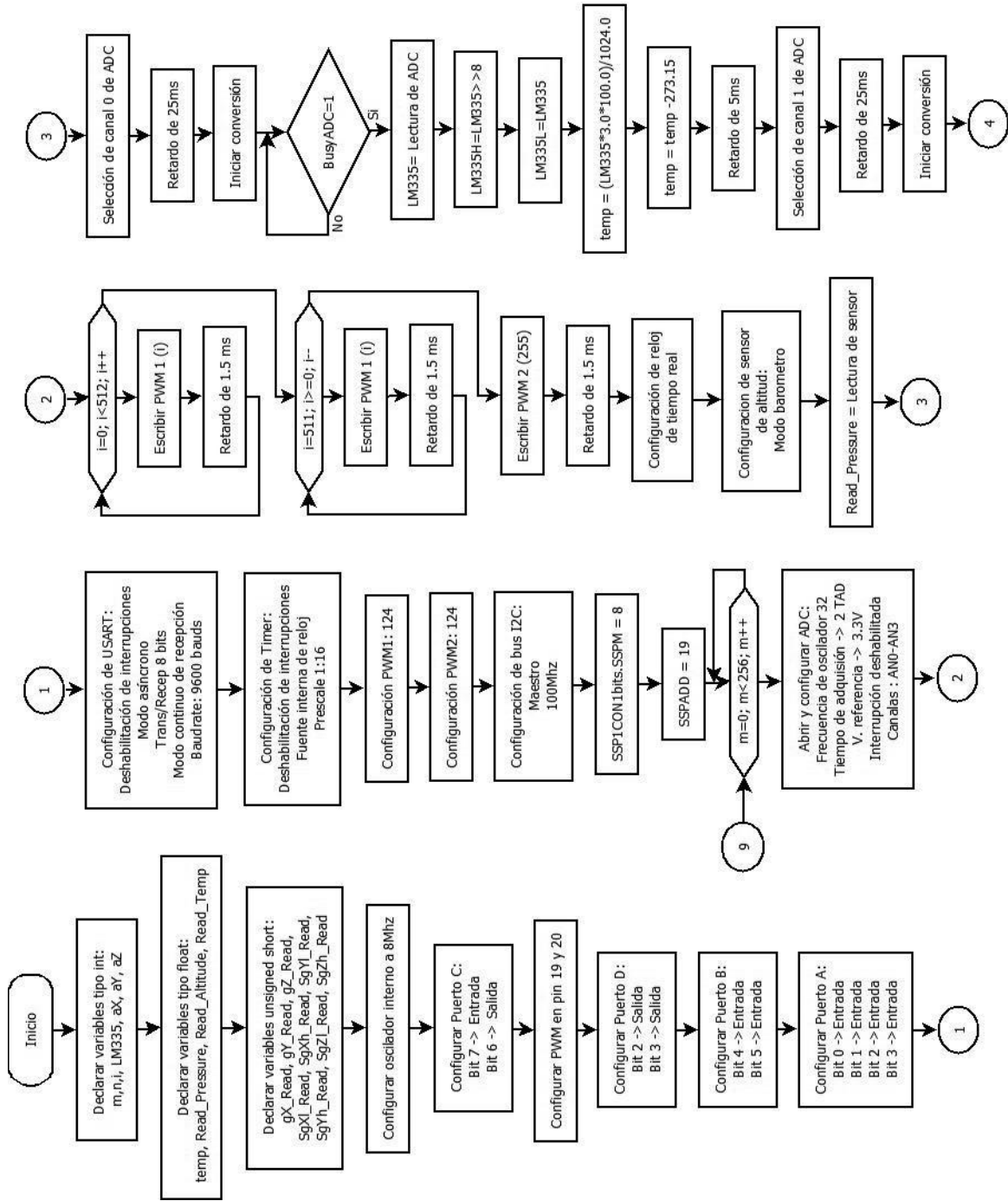


Figura 61: Diagrama de flujo del CanSat AKBal

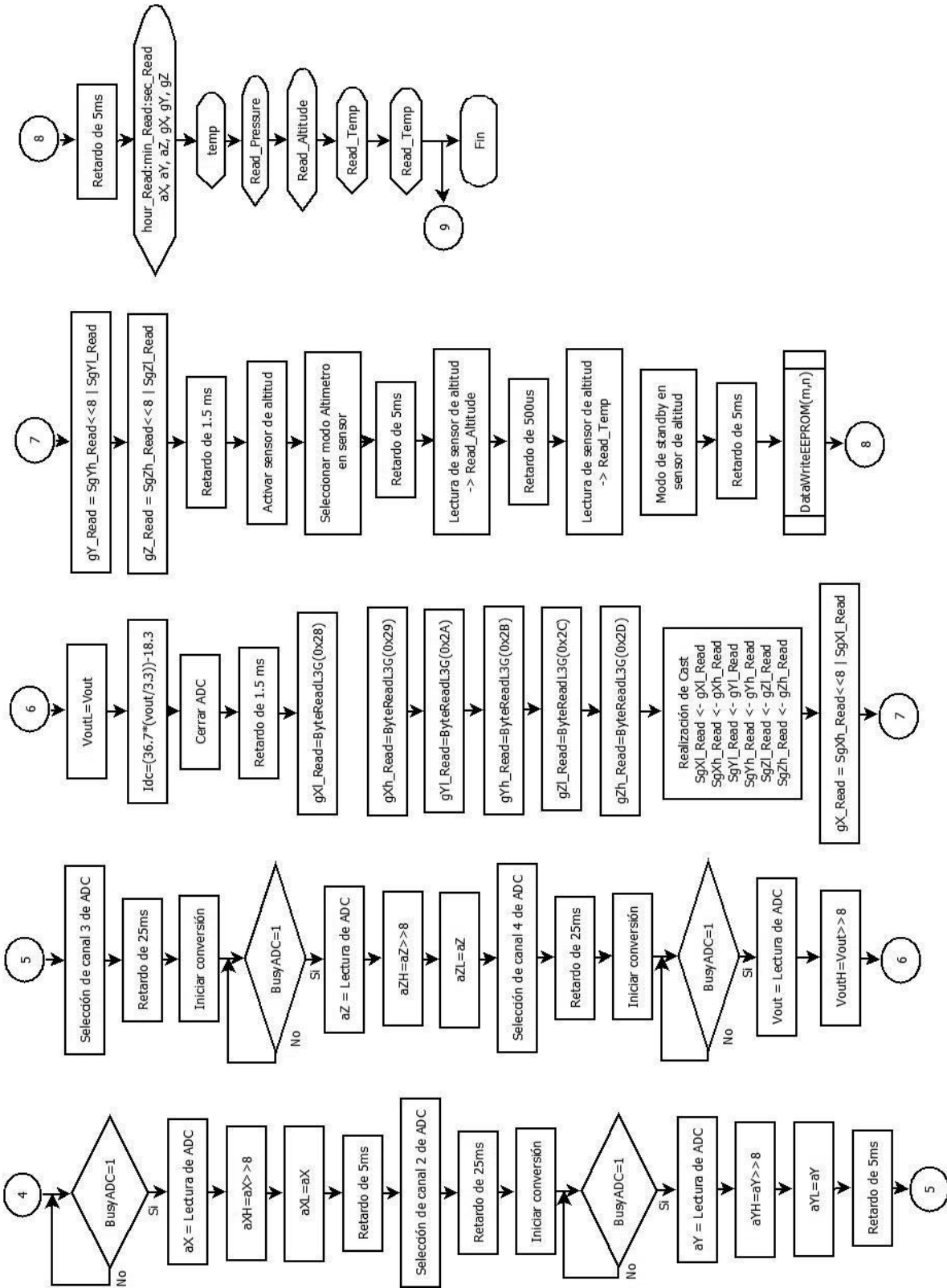
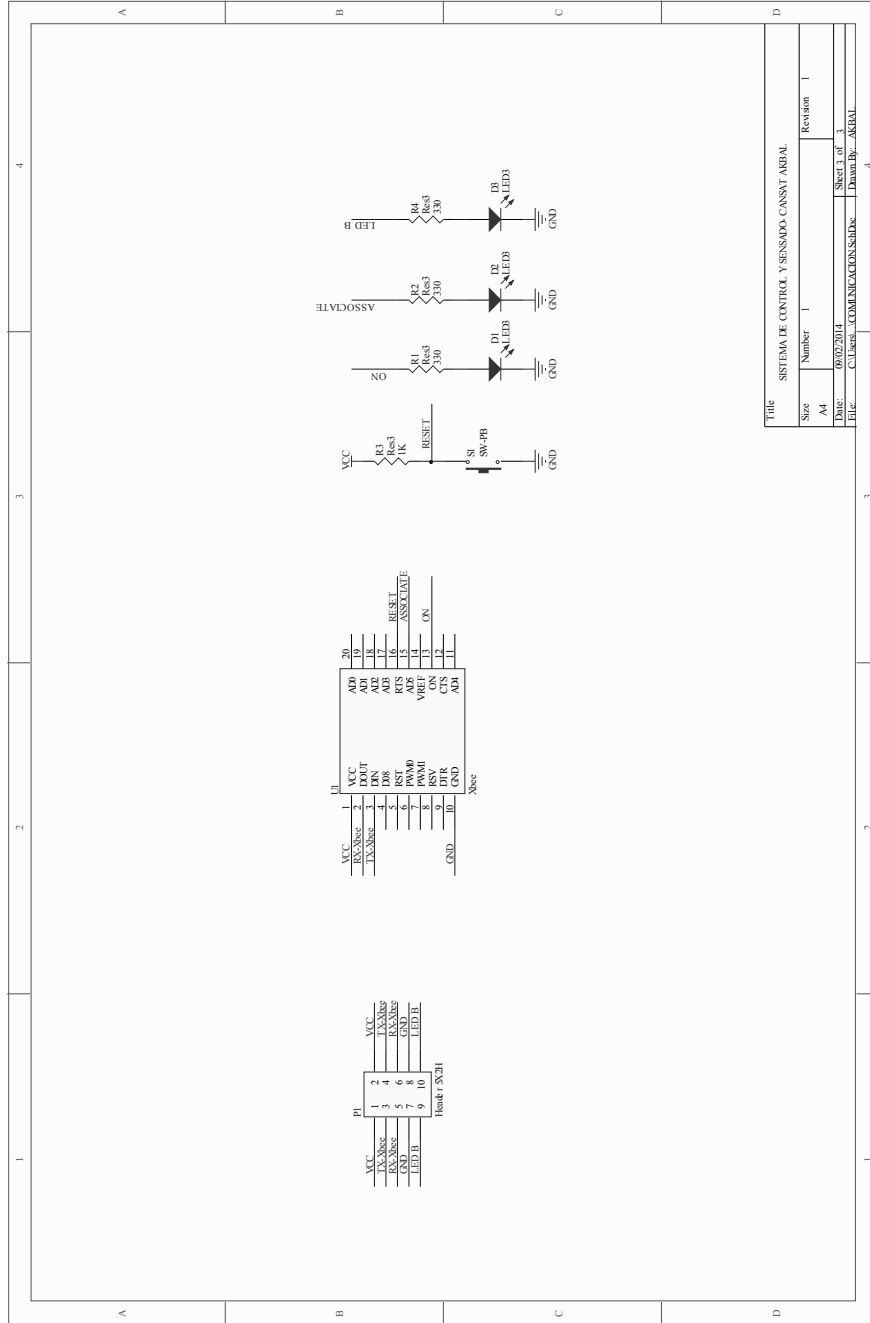


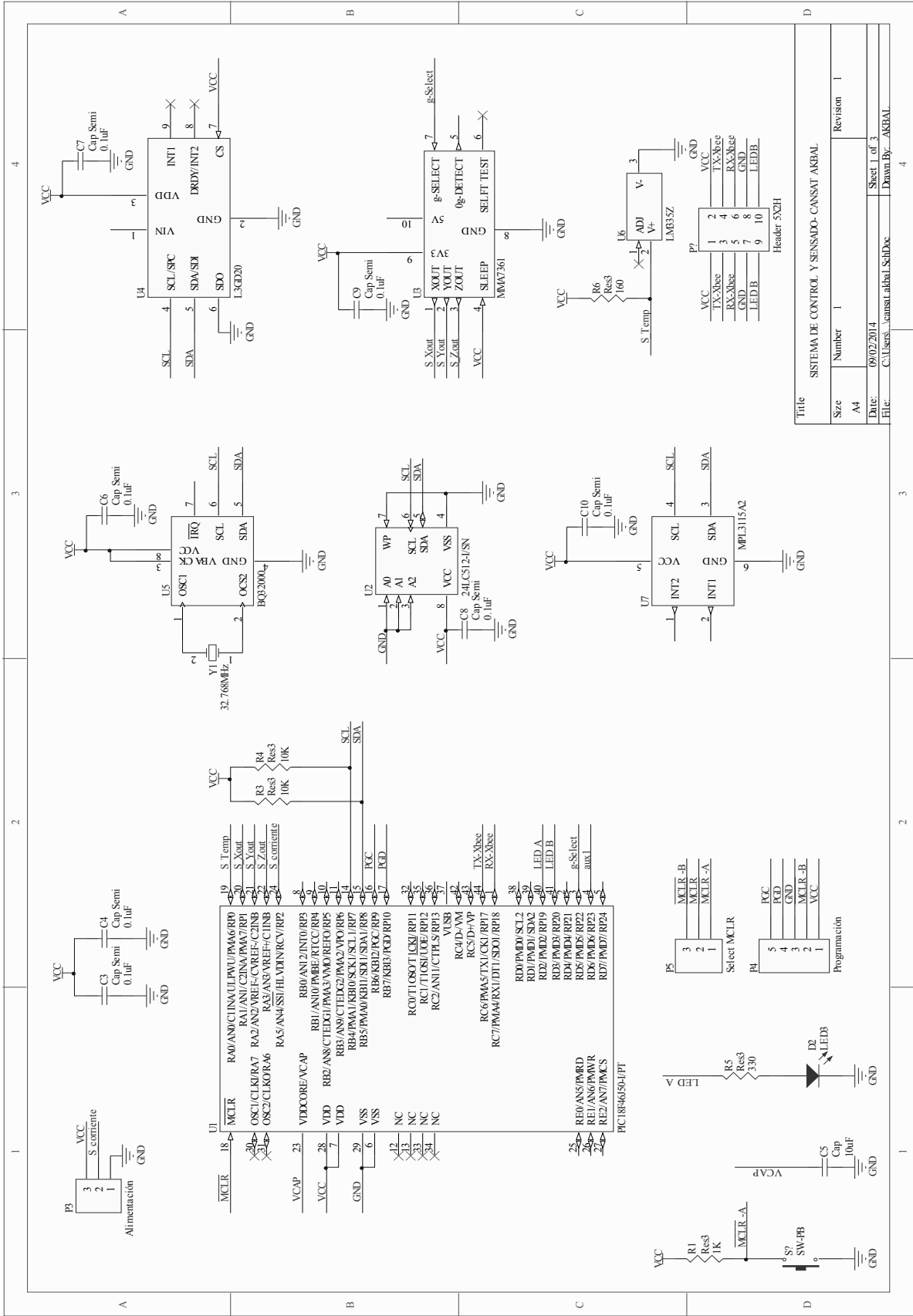
Figura 62: Diagrama de flujo del CanSat Akbal

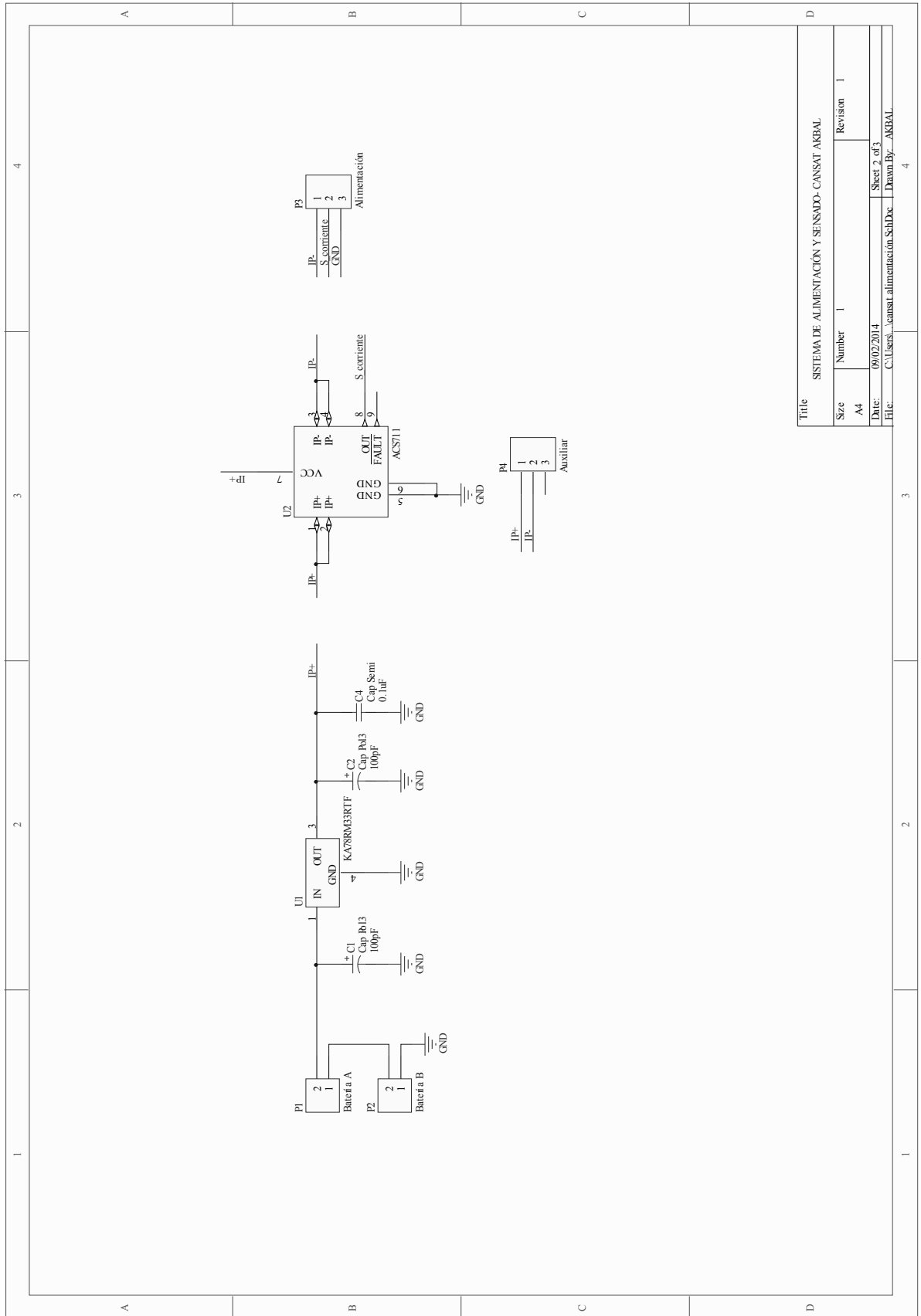
Anexo 2

Esquemáticos del CanSat Akbal



Title		SISTEMA DE CONTROL Y SENSADO CANSAT AKBAL	
Size	Number	Revision	1
A4	1		
Date	08/02/2014	Sheet 3 of	3
File	C:\Users\COMUNICACIONES\Doc	Drawn By	AKBAL





Title		SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y SENSADO - CANSAT_AKBAL	
Size	Number	Revision	1
A4	1		
Date:	09/02/2014		Sheet 2 of 3
File:	C:\Users\...cansat_alimentacion.SchDoc		Drawn By: AKBAL



XAMAN EK

TERCER
LUGAR
del
Concurso

XAMAN EK

Carlos Ignacio García Sánchez • Oscar Mérida Guzmán • José Luis Magaña
Vázquez • Marco Antonio Pérez Vázquez • Eduardo Gabriel Zamora López,

Nomenclatura

Este documento contiene palabras técnicas, cuyo significado expondremos en las siguientes líneas, con la finalidad de lograr una buena comprensión de este escrito.

CanSat; Nano satélites del tamaño de una lata convencional de soda de 375 ml.

ADC; Convertidor de una señal analógica a digital.

μC ; Micro controlador

Introducción

Las misiones realizadas por los satélites han revolucionado nuestra forma de comprender nuestro entorno así como la manera en la que nos comunicamos actualmente; astronomía, meteorología, cartografía, entre otras, da pie a diferentes tipos de satélites de acuerdo a sus propósitos y condiciones de operación.

Con el objeto de promover el desarrollo de tecnología aeroespacial entre los jóvenes universitarios, la Red universitaria del Espacio (RUE) de la UNAM realizó un concurso de un satélite tipo CanSat, cuya dinámica consistió en construir y probar un sistema para transmitir información en todo momento a una estación de monitoreo terrestre de forma inalámbrica desde medio kilómetro de distancia y resistir el impacto producido en la caída

En base a lo antes mencionado nos planteamos la siguiente misión; diseñar una estructura que contenga el sistema electrónico del CANSAT capaz de:

- Resistir el impacto provocado por una caída a poco más de 4 kilómetros de altura.
- Asegurar el funcionamiento e integridad del sistema durante todo el experimento (La carga útil deberá permanecer intacta).
- Estabilizarse en una sola orientación durante la caída de tal forma que la energía del impacto se concentre en un área determinada.
- Optimizar la recepción de datos, manteniendo la antena de transmisión paralela a su similar en la estación de monitoreo en tierra.

- Analizar la respuesta al impacto material externo del CanSat de diferentes materiales utilizados en la manufactura de impresión 3D, diseñando y simulando en software.

Descripción técnica del desarrollo y diseño del Cansat

La RUE con el fin de impulsar la participación de los estudiantes, impartió un curso para capacitar de forma básica en el diseño del CanSat, además de aportar algunos dispositivos para su implementación, dentro del material se incluían unos módulos de comunicación inalámbrica Sebe.

Como primer solución, se pensó en utilizar los Xbee¹ en modo API², sin embargo esto limita los sensores conectados a las terminales ADC que se pueden utilizar (máximo 4), esto nos llevó a dividir el sistema en dos partes; adquisición de datos y envío a la estación de monitoreo en tierra.

- Adquisición de datos

Pensando en las diferentes misiones que podría hacer un CanSat, además del tamaño y volumen especificado para el concurso, utilizamos un μ C PIC18F2550 por su capacidad de leer hasta 13 señales analógicas, almacenarlas por un periodo de tiempo y enviarlas por el puerto serial.

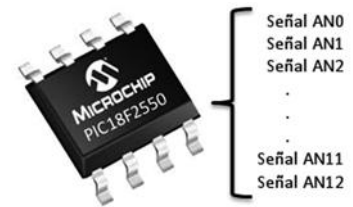


Imagen 1 Canales de conversión analógico digitales

- Transmisión de información

Por la limitación antes mencionada, se utilizó la configuración modo Transparente³, el Xbee recibe los datos en formato hexadecimal del μ C por medio de su Puerto serie y los envía a su similar ubicado en la estación de monitoreo.

CanSat Xaman Ek

Atendiendo a las especificaciones del reglamento, dimensionamos una lata estándar de refresco de 355 ml, para diseñar una *capsula escudo*⁴ que cumpliera con nuestra misión, además de la estructuración de todo el sistema electrónico embebido en la capsula.

Sistema Electrónico

Sensor	Cantidad	Sensibilidad	Alimentación
LM35 (Temperatura)	3	10(mV/°C)	5 V
MPX4115 (Presión)	1	46(mV/kPa)	5 V
GY-61 (Acelerómetro)	1	330(mV/g)	3.3 V

Tabla 1. Sensores implementados en el CanSat Xaman Ek

Opera a 2 niveles de tensión (5 V y 3.3 V), debido a que el Xbee tiene muy poca tolerancia de variación de su valor nominal (3.3 V), el voltaje fue suministrado por un arreglo serie de baterías de litio de 3.7 V a 1200 mAh cada una.

Cuenta con 3 tipos de sensores diferentes, los cuales se especifican en la Tabla 1.

¹ Módulo de comunicación inalámbrica por radio frecuencia

² Modo de operación entre dos módulos Xbee para transmitir información de forma unidireccional. Mayor información en la hoja de datos del Xbee S3 PRO.

Para una fácil recuperación del CANSAT después del impacto, se empleó un buzzer que emite un sonido intermitente segundos después de detectar el impacto.

El circuito que integra todos los dispositivos del CANSAT está diseñado en una arquitectura tipo *modular*⁵, para optimizar el volumen asignado. Este diseño elimina el uso de cables para conectar una placa con otra, las cuales tienen un núcleo compuesto principalmente por fibra de vidrio, proporcionando una rigidez estructural, reforzada por 3 tornillos de aluminio de 1 1/4 de pulgada de longitud, acompañado de sus respectivas tuercas.

La distribución de los módulos que integran todo el circuito, se diseñó en 3 niveles, seleccionando el contenido de cada uno de estos acorde a su función, costo y complejidad de manufactura. El módulo 1 corresponde a la conexión de la batería a los dos reguladores de tensión; en el módulo 2 se encuentra el sistema mínimo para que funcione el μC antes mencionado además del buzzer y el último modulo aloja el Xbee junto con el acelerómetro, cabe señalar que en cada nivel se encuentra por lo menos un sensor de temperatura.

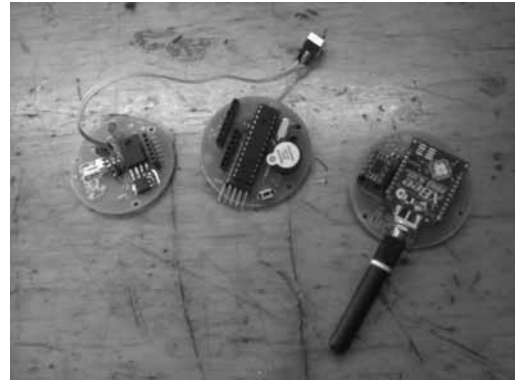


Imagen 2 Módulos que integran el sistema electrónico del CanSat Xaman Ek

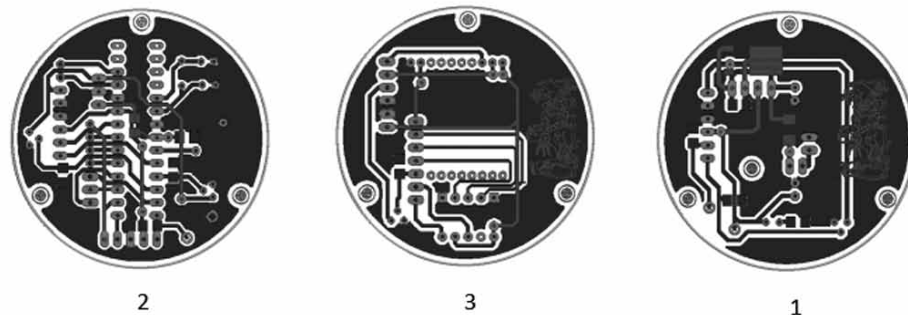


Imagen 3 Módulos que integran el sistema electrónico del Xaman Ek

El consumo corriente de todo el sistema Xaman Ek es de 100 mA, por lo que este podrá funcionar al 100 por ciento por 2:30 hrs, momento donde la tensión de la batería bajara de 7 V, después de este límite, los sensores de presión y de temperatura arrojaran lecturas erróneas por el descenso del voltaje regulado de 5 V.

Estación de monitoreo terrestre

Consta del módulo Xbee que recibe los datos de forma serial de su similar colocado en el CanSat, a dicha información le asignamos un protocolo de comunicación para diferenciar

³ Modo de operación entre módulos Xbee, en el que un módulo envía información de forma serial y se recibe en todos aquellos módulos configurados en modo transparente. Mayor información en la hoja de datos del Xbee S3 PRO.

⁴ Estructura externa del CanSat que contendrá todo el sistema electrónico.

⁵ Arquitectura modular es dividir un circuito electrónico en diferentes niveles, para que se pueda ensamblar una placa con otra para evitar el uso de cables y reducir el espacio que ocupa el circuito.

todos los datos que se pueden recibir en la estación para un posterior procesamiento. Mediante el convertidor serial/USB enviamos todos estos datos a una computadora portátil para procesarlos y mostrarlos en una interfaz gráfica programada en el software LabView, de National Instruments.

Para el intercambio de información, se configuro el puerto serial de la interfaz a 9600 baudios de igual forma que el Xbee y μ C PIC, además de especificar el tamaño del paquete a recibir.

Cada paquete se divide en cuatro bytes, los cuales se convirtieron a decimal, puesto que se reciben en hexadecimal. Posteriormente escalamos los datos acorde al factor de conversión correspondiente a cada sensor, cuantizando cada uno de la siguiente manera:

De volts a $^{\circ}$ C para el sensor de temperatura LM35

$$T = M_T \left(\frac{3.3}{1023} [V] \right) \left(\frac{1000 [mV]}{1 [V]} \right) \left(\frac{1 [^{\circ}C]}{10 [mV]} \right)$$

Donde M_T es la señal de voltaje del sensor de temperatura.

De volts a kPa para el sensor de presión MPX4115

$$P = M_P \left(\frac{3.3}{1023} [V] \right) \left(\frac{1000 [mV]}{1 [V]} \right) \left(\frac{1 [kPa]}{19.4 [mV]} \right)$$

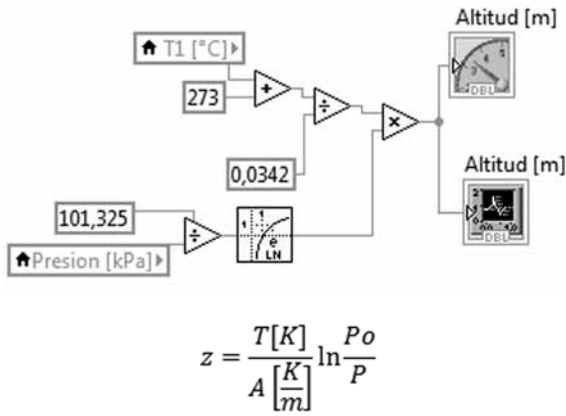
Donde M_p es la medición del sensor de presión.

Para el acelerómetro GY-63, se obtuvo la lectura de cada uno de los ejes (X, Y y Z), teniendo el mismo factor de conversión siguiente:

$$A = M_A \left(\frac{3.3}{1023} [V] \right) \left(\frac{1000 [mV]}{1 [V]} \right) \left(\frac{1 [g]}{330 [mV]} \right)$$

Donde M_A es la medición de uno de los ejes del acelerómetro.

Para calcular de la altitud se realizó en función de la temperatura y presión implementando el siguiente modelo:



Donde:

P : Presión medida en Pascales

P_0 : Presión referida al nivel del mar = 101.325[kPa]

A : Coeficiente promedio =0.0342

z : Altitud en metros

T : Temperatura en Kelvin

Cada paquete de información se recibe cada 300 milisegundos de forma automática controlada por el sistema de adquisición de datos.

Toda la información procesada se visualizó en gráficas y medidores animados en la interfaz, mostrada en la siguiente imagen

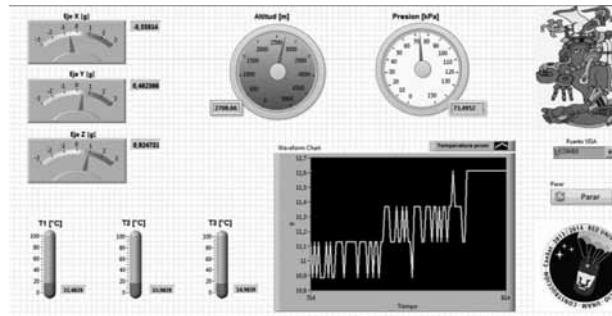


Imagen 4 Interfaz gráfica de la estación de monitoreo terrestre.

La operación de la interfaz se describe en los siguientes pasos:

1. Energizar el CanSat (oprimir el interruptor de encendido)
2. Conectar el módulo XBee con el convertidor Serial USB a la computadora portátil.
3. Ejecutar el programa: “Estación de monitoreo”, y una vez desplegada la interfaz, seleccionar el puerto asignado al Xbee y pulsar el botón de inicio de transmisión.
4. Iniciada la transmisión, los datos se estarán almacenando archivo de texto hasta detener la recepción de datos.

Estructura externa. Capsula escudo

Estudio de materiales y método de diseño de la estructura

Gracias a que se cuenta, un diseño modular de la parte electrónica, esto nos permite pensar en una variedad de formas y posibilidades, para el empleo de materiales y procesos de manufactura. Se busca disminuir la velocidad de caída y así disminuir la fuerza de impacto; para esto se consideraron diferentes diseños, como el despliegue de alas, el despliegue

de motores con hélices e incluso se consideró el diseño de un sistema de retropropulsión por medio de aire comprimido. El principal inconveniente de cada una de las propuestas anteriores, es el aumento energía y peso.

Dentro de las soluciones estáticas, se analizó la posibilidad de captación de aire desde la parte inferior del CanSat, para después re-direccionar dicho aire entrante al sistema y que este mismo aire sirva como sistema de retropropulsión, solo que con los procesos de manufactura tradicionales, el sistema de “retropropulsión estática”, complica el maquinao. Así que se recurrió a soluciones que la naturaleza nos brinda. Entre estas se encuentran, las caídas de algunas hojas de árbol, estas hojas al desprenderse del árbol gracias a la disposición de su centro de masa y forma de la hoja, esta comienza a girar y gracias al giro se forma una “superficie “sirviéndole de paracaídas; otra solución es la que presentan algunos conos de pino “piña”, en la imagen mostrada se muestra la forma que los conos de pino, presentan así como un análisis aerodinámico de los mismos.

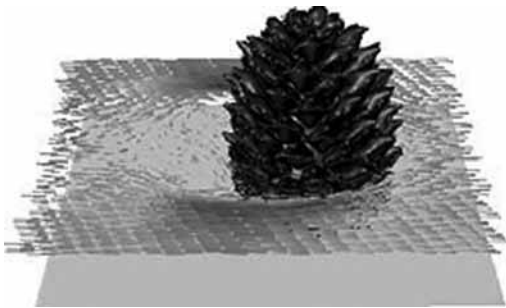


Imagen 5. Simulación de semilla de Pino.



Imagen 6. Juguete helicóptero led.

Nos encontramos con un juguete denominado “flecha” o “helicóptero led”, dicho juguete al caer, forma la misma “superficie” que funciona como paracaídas, anteriormente descrita.

Al momento de considerar, la información antes descrita, y comenzar el diseño, se analizaron las diferentes posibilidades de manufactura, tomando en consideración la complejidad del diseño, el costo de manufactura, material a emplearse y el tiempo de maquinado; se consideraron materiales como nylon “nylamid” o aluminio, requiriendo materiales de 3 [in]; así mismo se valoraron los diferentes tipos de mecanizado, como el empleo de torno, fresadora o CNC. Cada uno de los procesos anteriores, requieren una cantidad de material considerable, a estos procesos se les denomina de sustracción de material; además con los procesos de manufactura tradicionales, diseñar formas elaboradas requiere de uno o más procesos de manufactura, elevando costos y tiempo de realización.

Se empleó un proceso de manufactura diferente a los tradicionales, denominado impresión 3D, en dicho proceso solamente se pueden emplear materiales poliméricos como el ABS o PLA. Presentando ventajas, como una rápida realización del prototipo, consumo del material necesario (proceso de manufactura aditivo), costo relativamente bajo y la posibilidad de diseñar formas más complicadas. Con el empleo del software Autodesk Inventor Professional 2013, se diseñó la carcasa exterior del CanSat, además de realizar simulaciones de impacto; cada uno de los detalles se pueden observar en los planos anexos, así como en las siguientes imágenes.

En el caso del desarrollo de los PCB, correspondientes a la parte electrónica, se empleó fibra de vidrio para su realización, ya que dicho material consta de numerosas fibras, además consta de un agente polimérico como refuerzo.

Una vez que se analizaron diferentes posibilidades, de la colocación de la parte electrónica, se consideró como la mejor opción, la forma mostrada en la siguiente fotografía.

En la anterior fotografía, se muestra la disposición de los elementos electrónicos. Se observan tres placas de circuitos electrónicos, a manera modular. Y en la parte inferior las baterías.

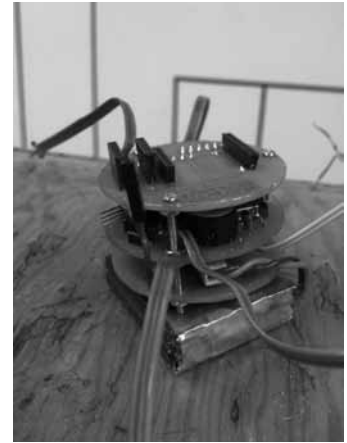


Imagen 7. Disposición del Sistema electrónico

Se tomaron las dimensiones, de cada uno de los componentes:

DIMENSIONES	PARTE
50 [mm] de diámetro y altura de 40[mm]	Electrónica modular
40.5[mm] x 44[mm] x 12.5[mm]	Baterías

Tabla 2. Dimensiones espaciales

Con los siguientes datos:

$$\text{Masa objeto} = 0.37 \text{ [kg]}$$

$$\text{Altura de} = 4000 \text{ [m]}$$

$$\text{Distancia de penetración en el suelo} = 0.07 \text{ [m]}$$

Con ayuda de una calculadora de internet, se obtuvo el dato de la fuerza media de impacto.

$$\text{Fuerza media de impacto} = F = 207199.9 \text{ [N]}$$

Con el dato anterior, se realizó la simulación de STRESS, con dos materiales, la primera simulación con aluminio y la segunda de ellas con ABS.

Para la manufactura se empleó material ABS, una impresora marca “Prusa” con resolución de 100 micras, con un área máxima de trabajo de 26x25x20 cm, con una temperatura máxima de 300 °C. Además, en la parte inferior se colocó una pastilla de latón para ofrecer una mayor estabilidad

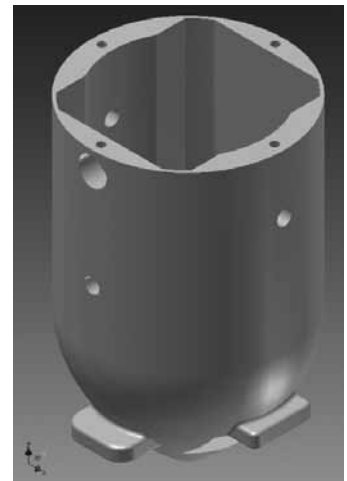


Imagen 8. Diseño del cuerpo del CanSat, realizado en Inventor 20136.

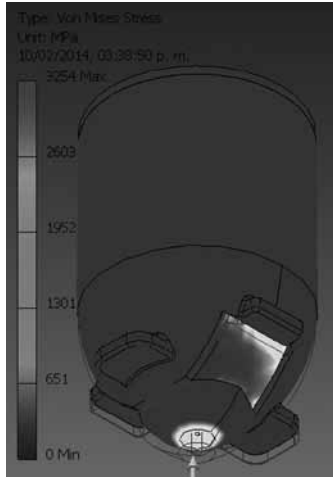


Imagen 9. Simulación de material ABS

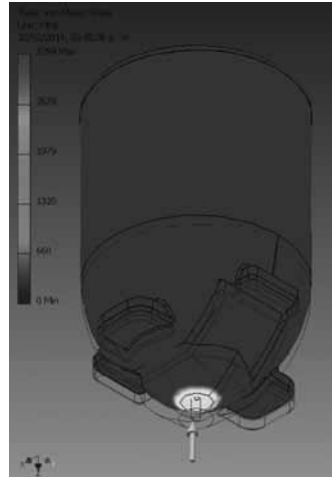


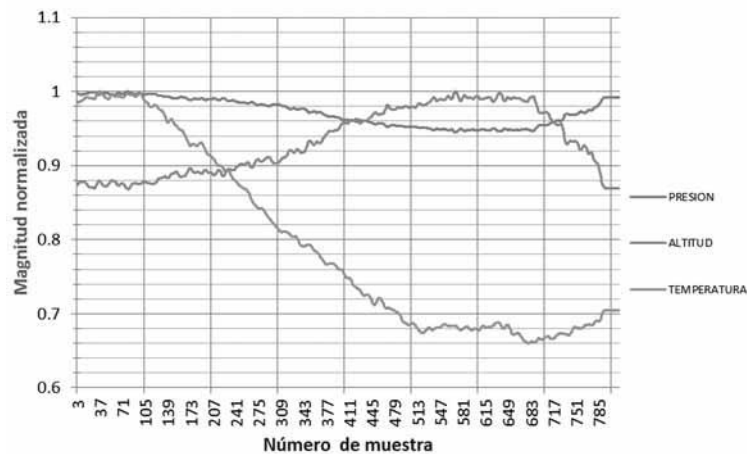
Imagen 10. Simulación de Aluminio 6061

Para la manufactura se empleó material ABS, una impresora marca “Prusa” con resolución de 100 micras, con un área máxima de trabajo de 26x25x20 cm, con una temperatura máxima de 300 °C. Además, en la parte inferior se colocó una pastilla de latón para ofrecer una mayor estabilidad.

Análisis de resultados experimentales

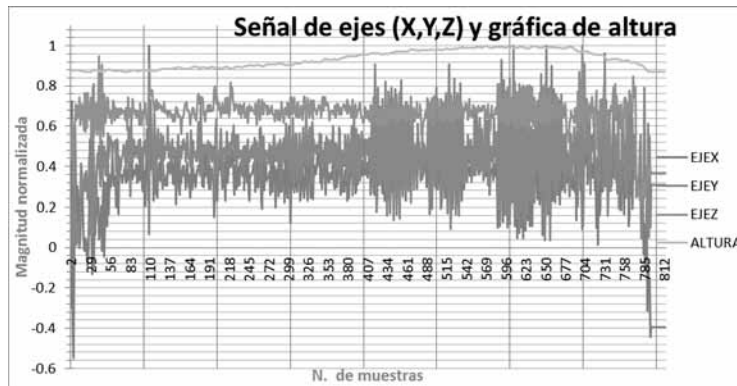
Se recibieron 814 paquetes de datos durante toda la transmisión (incluye el tiempo de ascenso y descenso).

A partir del dato 690 se observa un descenso sostenido en la gráfica 1. En la gráfica 2 se observa que el impacto sucedió en el paquete de datos 779. Por lo que la caída tuvo una duración de 26.7 [s].



Gráfica 1 Del registro de datos de temperatura, altura y presión.

Observamos de la gráfica 1 que al aumentar la altura, la presión disminuye en cierto grado, reponiéndose de forma muy clara durante la caída, logrando estabilizarse al regresar el CanSat al suelo. También cabe señalar que la gráfica de temperatura es el resultado del promedio de los tres sensores LM35, en la cual se aprecia un descenso de la temperatura en función de la altura, la cual no alcanza a recuperarse al dato inicial de la transmisión. La altura máxima registrada con respecto al nivel de suelo en que nos encontrábamos fue de 379 metros. Nuestros puntos máximos y mínimos registrados de la temperatura son 16.6 °C y 10.64 °C, de presión 74.3 kPa y 69.6 kPa.



Grafica 2 Registro de las lecturas del acelerómetro GY-61

El registro de datos del acelerómetro muestra el movimiento del CanSat en el ascenso del quadcoptero, además de distinguir el impacto en el suelo en el eje Z, ilustrado con el cambio drástico de aceleración en esta dirección. En las lecturas de los ejes X y Y de la gráfica 2, vemos como se estabilizaba el quadcoptero por las condiciones de viento que se iba encontrando, influyendo también el peso de nuestro CanSat.

Los datos teóricos de volumen y densidad, obtenidos para el latón son los siguientes:

$$\text{VOLÚMEN LATÓN} = 240599.2932 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$\text{DENSIDAD} = 8.445577595 \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

Datos obtenidos con software AUTODESK INVENTOR:

$$\text{DENSIDAD} = 8.470 \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

$$\text{VOLÚMEN LATÓN} = 240599.293 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Con los datos, observados, la simulación para materiales es bastante cercana.

Después del impacto, se presenta una fractura de 38 [mm] de longitud, dicha fractura se presenta, en la parte donde se presentan residuos de tierra (punto de impacto), además la fractura se extiende por la parte donde existe menos material (la pared es menos gruesa, es de 1.71 [mm]). Se presentan ligeros desprendimientos de capas inferiores, estos desprendimientos son menores de 0.25 [mm] de grosor. Dicha fractura también se presenta debido a que se rebajaron las paredes de la estructura, para que la parte electrónica entrara de manera más fácil.

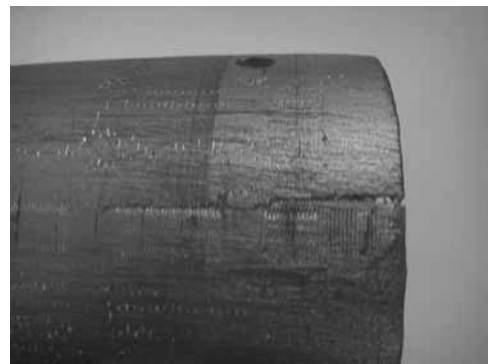


Imagen 11. Fractura presentada después del lanzamiento

Conclusiones

Se logró observar la alta estabilidad y la eficiencia del diseño; además las simulaciones efectuadas, tanto para el material empleado, como para el diseño, resultaron ser altamente satisfactorias. Obteniendo resultados altamente satisfactorios, para el proceso de manufactura empleado, ya que gracias a dicho proceso, se lograron formas complejas, reduciendo el tiempo y el costo de diseño de manera considerable.

En cuanto a la parte electrónica se cumplieron los objetivos plenamente, al transmitir en tiempo real las lecturas obtenidas de los sensores, durante el ascenso, la caída así como después del impacto. Por lo que podemos implementar el mismo sistema, con diferentes sensores, dependiendo de las características que se requieran en una nueva misión. En general se cumplió la expectativa en el funcionamiento del sensor de presión y temperatura, ya que las gráficas corresponden con lo esperado, un descenso en la temperatura a mayor altura, además del descenso de presión.

En el gráfico, resultado del cálculo de la altitud a partir de las mediciones realizadas de temperatura presión, se observa un ascenso congruente con lo esperado, además de coincidir aproximadamente con la altitud que se registró en el Drone (350 [m] aproximadamente), siendo las diferencia, producto tal vez del factor de conversión y el uso de una ecuación aproximada.

Se observa que el sensor de temperatura tiene un tiempo de establecimiento menor a los demás sensores, dado que la temperatura no se acercó a la inicial, siendo esto consecuencia de la posición de los sensores así como sus mismas características. Conduciendo a que también hubiese un error en el cálculo de la altitud.

En los ejes “Y” y “X”, podemos observar la estabilidad del ascenso del cuadroptero, así como los momentos los cuales por la variación de velocidad del viento lo obligaron a realizar un ascenso gradual y con algunos problemas.

Posibles mejoras

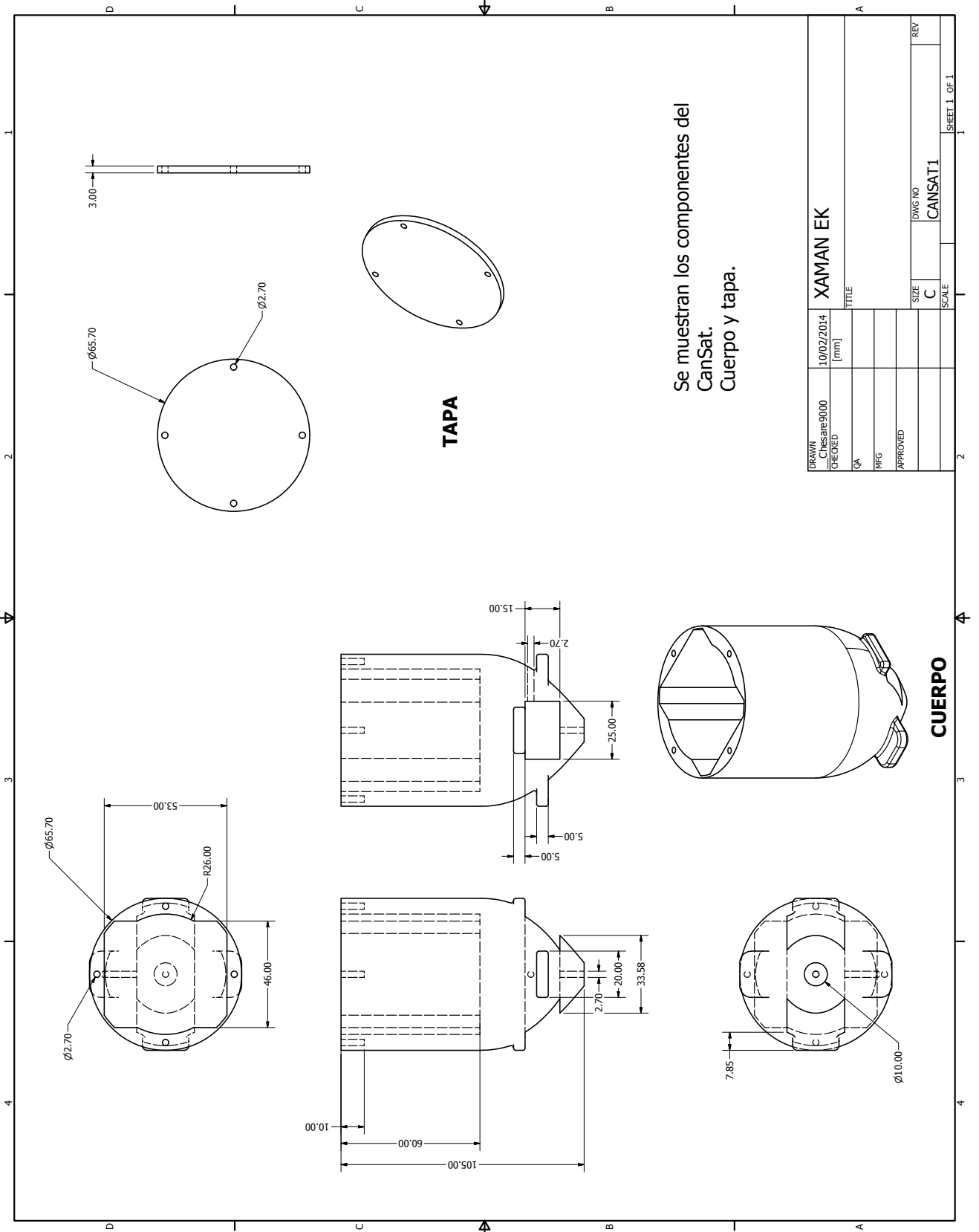
Para una altura de 500[m] se puede reducir las dimensiones del material usado para la carcasa, disminuyendo así muchos aspectos tales como, peso, costo, tiempo de construcción y volumen. Así como la fuerza del impacto con el que se diseñó. Con la información obtenida del impacto y con la manufactura empleada, se pueden hacer simulaciones en túneles de viento, para mejorar la aerodinámica y así lograr una mayor estabilidad y reducir la velocidad de caída. Con el empleo de una realización sofisticada de las placas electrónicas, se pueden reducir dimensiones y peso, además de una mejor optimización del volumen, para lograr incorporar a futuros diseños, formas más complejas, sin la necesidad de utilizar paracaídas. Durante el desarrollo de este prototipo se utilizaron tornillos, para separar cada uno de los módulos de la parte electrónica, en futuras ocasiones se plantea el uso de postes macho-hembra de 3/8 [in] de largo, de aluminio hexagonales, gracias al empleo de estos postes se logrará una separación más uniforme entre cada uno de los módulos, así como una mejor sujeción. También se sugiere el diseño de un sistema de suspensión para la antena.

De las lecturas registradas en la gráfica 1 en cuanto a la temperatura, se observó que no se estableció la temperatura inicial al final del envío de datos. Se puede mejorar la respuesta del sensor, invirtiendo en otros modelos en el mercado como termistores de cristal NTC, que son más compactos, eficaces y precisos, además que no representan un incremento significativo en el costo.

Implementación de un GPS al sistema CanSat, para el monitoreo de su posición en tiempo real, desde el ascenso hasta después del impacto con la intención de recuperarlo. Para poder realizar aplicaciones de mayor complejidad y funcionalidad. Aunque no fue el objetivo de la misión, se puede controlar la posición final de caída, incluyendo sistemas de direccionamiento en aire.

Mejorar el protocolo de ahorro de energía utilizando los datos obtenidos durante el experimento, el cual activará el sistema electrónico y posible mecánico, al inicio del descenso.





Se muestran los componentes del
CanSat.
Cuerpo y tapa.

DRAWN	10/02/2014	XAMAN EK		TITLE	
CHECKED	[mm]			SIZE	C
QA				DWG NO	CANSAT1
MFG				SCALE	
APPROVED				REV	
				SHEET 1 OF 1	



MENCIONES
HONORÍFICAS

DAÍDALOS

Objetivo Principal

Simular la telemetría de factores ambientales que favorezcan la existencia de vida microbiana en un planeta lejano, suponiendo que este tiene atmósfera.

Objetivos Secundarios

- Telemetría de presión, temperatura, altitud y humedad durante el ascenso y descenso.
- Aterrizaje del cansat sin daños.
- Recuperación del cansat.

Requerimientos de la misión

- Operación autónoma durante la misión, es decir solo debe transmitir información.
- El equipo deberá estar dividido en al menos dos unidades, una para el lanzamiento del cansat y otra para la recepción de datos del satélite.
- El cansat deberá resistir el impacto de aterrizaje.
- Hacer pruebas previas de comunicación en tierra.

Especificaciones del cansat

- Las dimensiones y forma máximas del cansat, una vez ensamblado, no deberán exceder a las equivalentes del cilindro de una lata de refresco de 355 mililitros.
- La antena de telecomunicación puede colocarse fuera del cansat y su dimensión máxima debe ser menor que la dimensión más grande de la lata.
- No deberá tener componentes peligrosos o explosivos.
- El peso máximo del cansat ensamblado, incluyendo la batería y la antena, no deberá ser mayor a 370 gramos.
- No deberá tener paracaídas.
- Comunicaciones a través de XBEE sin generar interferencias a otros equipos, usando un ancho de banda asignado.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

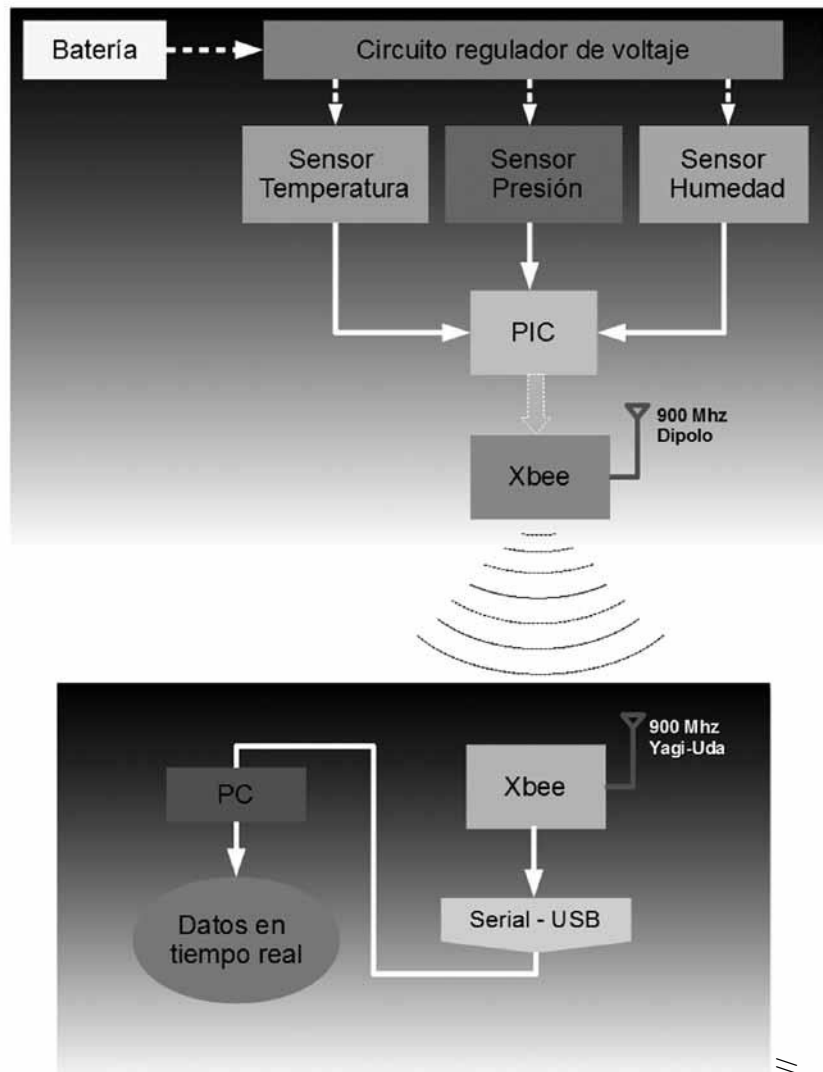
Componentes del Cansat:

- Lata de refresco de 355 ml.
- 3 círculos de aluminio.
- 3 tornillos y 15 tuercas.
- Hule espuma.
- Foami.
- Cinturones de plástico.
- Batería de 9 V.
- Reguladores de voltaje LM7833 y LM7805.
- Capacitores: 1uF x2, 0.1 uF, 1000uF, 470 pF, 0.01 uF, 0.22 uF.
- Resistores: 2.2 KO, 1KO x2, 220 O.
- Transistor BC547B.
- Diodo N14148.
- 1 led.
- Pic 18f2420.
- Buzzer.
- Sensor de temperatura LM335.
- Sensor de presión MPX4115A.
- Sensor de humedad HMZ-433A1.
- Xbee-Pro 900 XSC S3B.

Componentes de la base en tierra:

- Laptop.
- Cable USB-Serial.
- Conector DB9.
- Circuito integrado MAX232.
- Capacitores: 1uF x7.
- Regulador LD1117V33.
- Xbee-Pro 900 XSC S3B.

Diseño Conceptual del Cansat y base en tierra:



Costo aproximado del proyecto

Componente/Material	Precio
Sensor de humedad	\$107
*Sensor de presión	-
*Sensor de temperatura	-
*PIC	-
*XBee (x2)	-
Placas de aluminio	\$40
Rondanas	\$10
Tornillos	\$9
Cinturones de plástico	\$10
Componentes varios(cable para proto-board, pines para xbee, placas, reguladores, capacitores, resistencias, MAX232, bases para circuitos, clip de batería, conector DB9, otros)	\$120
Batería	\$50
Buzzer	\$13
Adaptador de USB a serial	\$199

*Estos elementos fueron proporcionados por la Red Universitaria del Espacio.

Características de los sensores

	Modelo	Características Eléctricas		
		Sensibilidad	Tiempo de respuesta	Rango de operación
Humedad	HMZ-433A1	47 mV / %HR	-	20% -90% RH
Presión	MPX4115A	46 mV / kPa	1.0 ms	15 – 115 KPa
Temperatura	LM335	10m V / °K	2 us	-40 - 100 °C

Diagrama eléctrico: Cansat

El Cansat es alimentado por una batería alcalina de 9V, la cual es regulada para obtener 5V y 3.3V. El pic, los sensores, el buzzer y el led son alimentados a 5V, mientras que el XBee es alimentado a 3,3V.

Los sensores entregan la información a los puertos del convertidor A/D del PIC, para después enviar los datos al XBee por la salida serial del PIC. El led se conectó a esta salida para verificar la transmisión de datos.

Así mismo el buzzer se conectó a una salida digital para encenderse después de cierto tiempo, se polarizó con un transistor para evitar quemar el PIC al rebasar el límite de corriente que otorga este último.

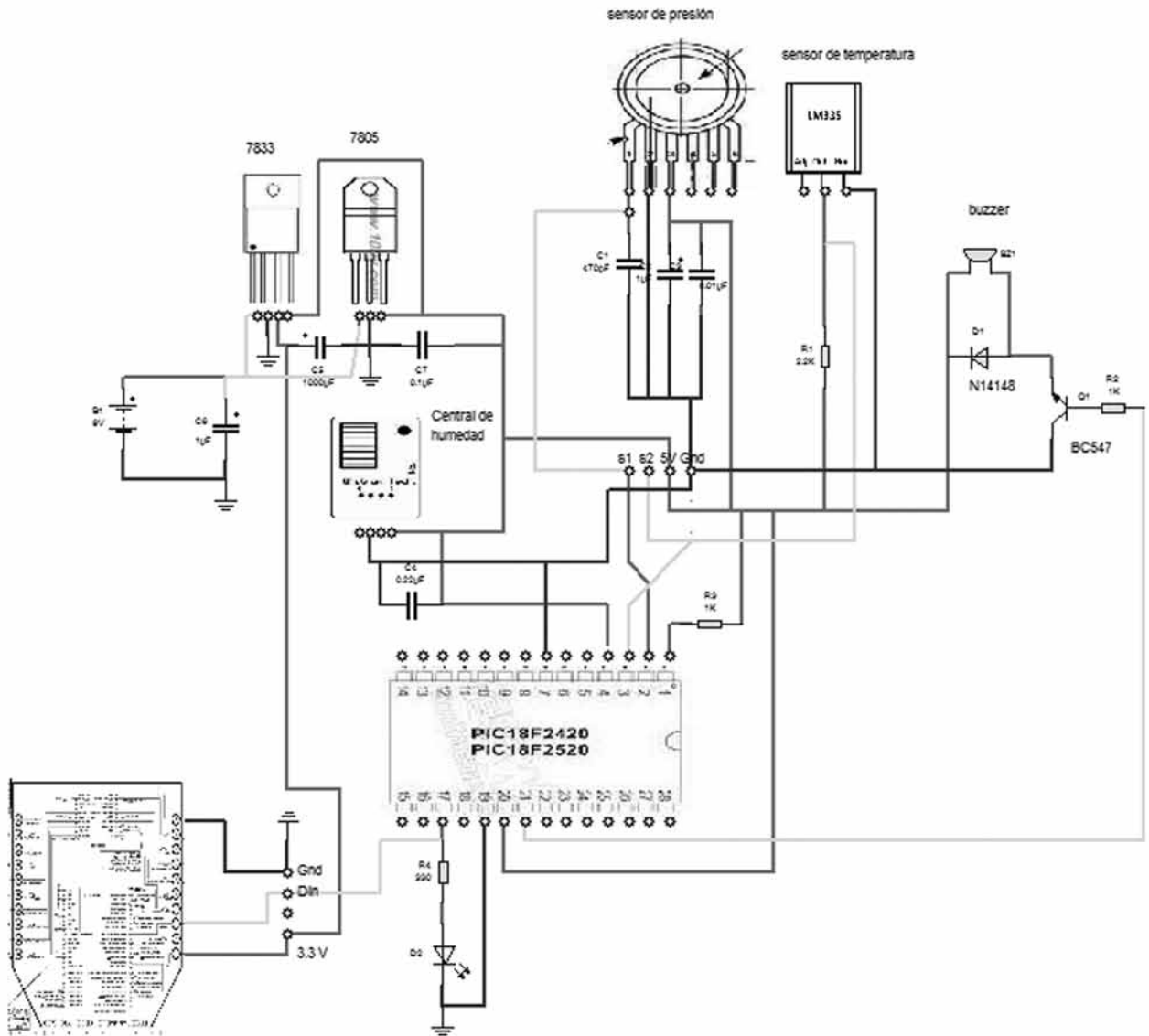


Diagrama eléctrico: Base en tierra

Los datos enviados por el Cansat son captados por la base en tierra mediante el Xbee, gracias a su protocolo Zigbee que trabaja en 900 MHz. Los símbolos llegan en lenguaje ASCII con valores de 0 a 3 V, después son ingresados al MAX232 para pasarlos a un nivel TTL. Posteriormente a través de un cable USB-serial ingresan a la PC, donde son recibidos mediante una sesión de Hyperterminal con un puerto COM.

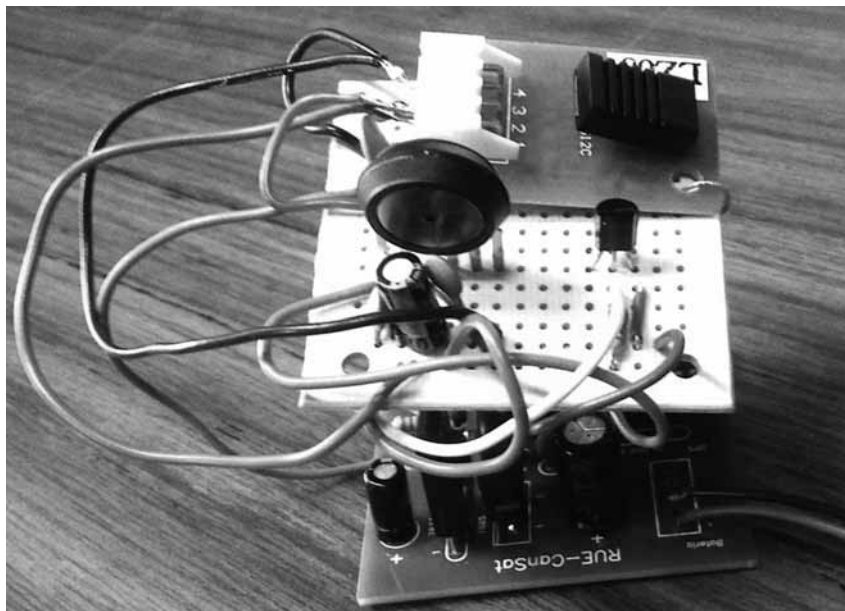
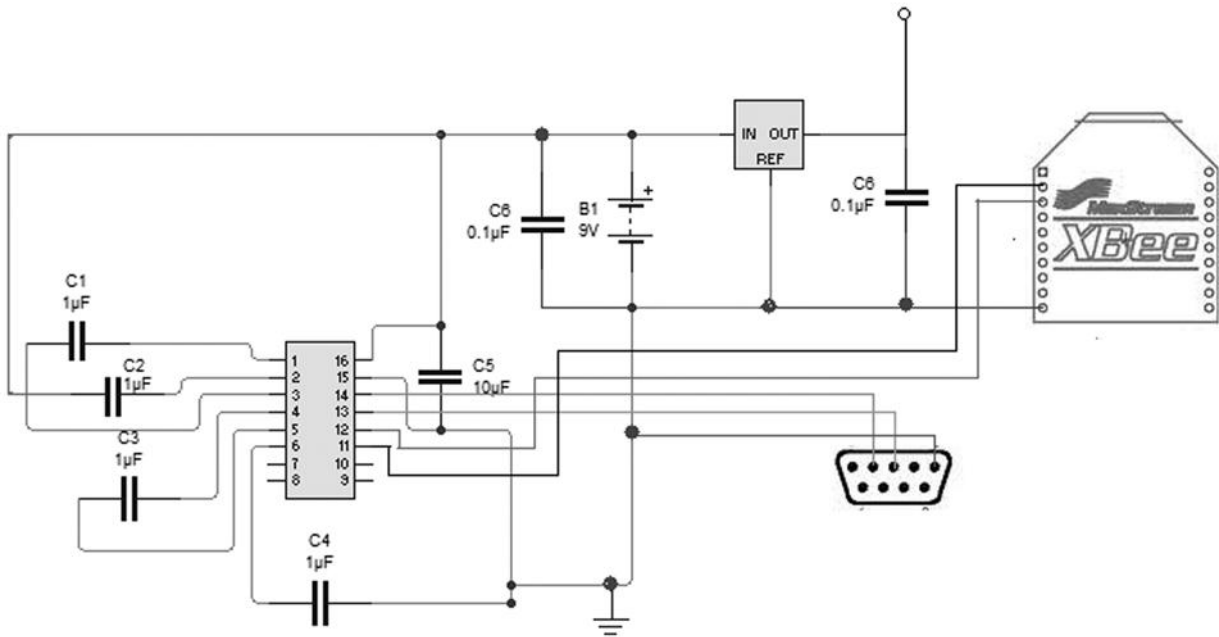


Figura 5: Cansat en fase preliminar.

Estructura

Entre las opciones que consideramos para la distribución de los elementos al interior la lata, pensamos en usar papel batería, pero debido a su fragilidad buscamos algo más sólido con qué hacer la estructura. También entre nuestras opciones consideramos el uso de esponja para fijar los componentes.



Figura 1. Lata con esponja después de una prueba de resistencia a caídas.

Después de decidir que sería una estructura de aluminio, buscamos algunos materiales con qué proteger los elementos, para esto usamos hule.

La estructura está sustentada en tres puntos mediante tornillos que atraviesan placas tres placas circulares de aluminio, una placa inferior, una media y una placa superior. Las placas se ajustan con tuercas para que conserven una distancia apropiada para los elementos que corresponden a cada nivel.

En el nivel inferior del Cansat se colocó la batería y el XBee, mientras que el nivel superior fue destinado a las placas que contienen los sensores, un buzzer y el PIC18F2420 con sus respectivos circuitos de alimentación. Decidimos hacerlo así con la idea de que la mayoría del peso se concentrara en la parte inferior y la lata no diera giros inesperados.

Para asegurar que las dimensiones del Cansat correspondieran a las de una lata de refresco, se tomaron las medidas de la misma. Posteriormente se cortaron y lijaron las placas de aluminio y los tornillos se cortaron a la medida.

Una vez que decidimos la distribución de los componentes del Cansat, las placas de aluminio fueron marcadas y perforadas, considerando 3 ejes principales y cinturones de plástico usados para sujetar los elementos a las placas de aluminio. Así mismo, con el

fin de tomar medidas reales de temperatura y humedad se hicieron agujeros en la placa superior de aluminio para que circulara el aire durante el vuelo del Cansat.



Figura 2. Perforación y lijado de las placas de aluminio.

Entre las placas de aluminio y los componentes electrónicos colocamos hule espuma para brindar protección extra a los elementos dentro de la lata. Debido a lo anterior no fue fácil introducir los componentes.

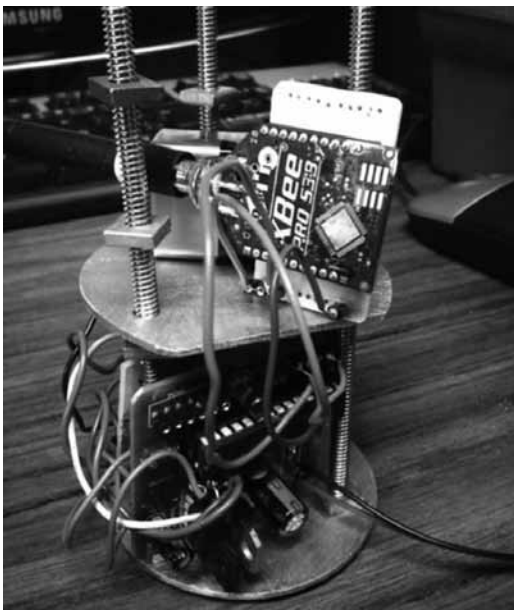


Figura 2: Ajustes en la separación de las placas de aluminio.



Figura 3: Distribución final del Cansat con hule espuma

Debido a que las placas de los circuitos estaban muy juntas, se colocó foami en la parte inferior de las mismas para evitar cortocircuitos.



Figura 3: Vista final del CanSat, sin la lata.

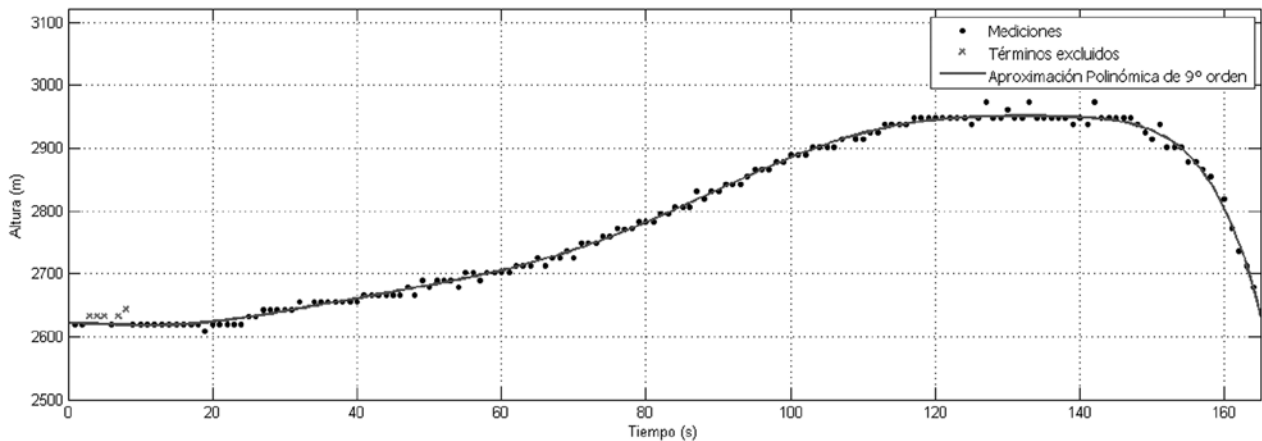
Programación del PIC para el Cansat

El código a continuación recibe los datos de los sensores mediante los puertos del convertidor A/D y los manda mediante el puerto serial al X-Bee, todo esto en un ciclo que se repite cada segundo. Así mismo calcula la altitud sobre el nivel del mar con datos de presión y los manda en el mismo ciclo.

Las fórmulas para determinar las variables físicas a partir del voltaje de los sensores se obtuvieron de las hojas de datos para el caso del sensor de temperatura y del sensor de presión. La fórmula del sensor de humedad se obtuvo a partir de una regresión lineal con los valores de la siguiente tabla (columnas de 10 a 20 °C).

	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
20%RH	0.75	0.72	0.69	0.66	0.62	0.59	0.55
30%RH	1.03	1.00	1.00	0.99	0.96	0.93	0.90
40%RH	1.32	1.30	1.31	1.32	1.30	1.28	1.25
50%RH	1.64	1.63	1.64	1.65	1.64	1.63	1.61
60%RH	1.97	1.97	1.98	1.98	1.98	1.98	1.96
70%RH	2.30	2.30	2.31	2.31	2.31	2.31	2.30
80%RH	2.64	2.64	2.63	2.64	2.63	2.63	2.61
90%RH	2.97	2.96	2.94	2.97	2.94	2.92	2.90

La fórmula para determinar la altura a partir de la presión es una aproximación teórica, obtenida a partir de diferentes datos experimentales de diferentes fuentes. Por último después de una cuenta de 400 ciclos (aproximadamente 400 segundos), el buzzer es activado.

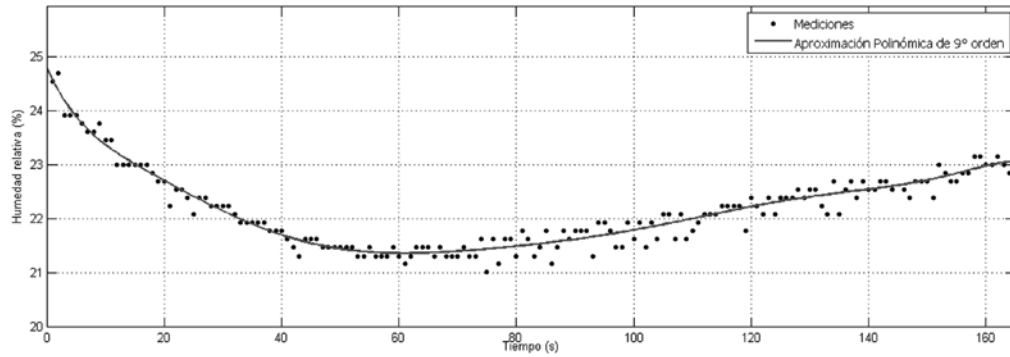


Altitud

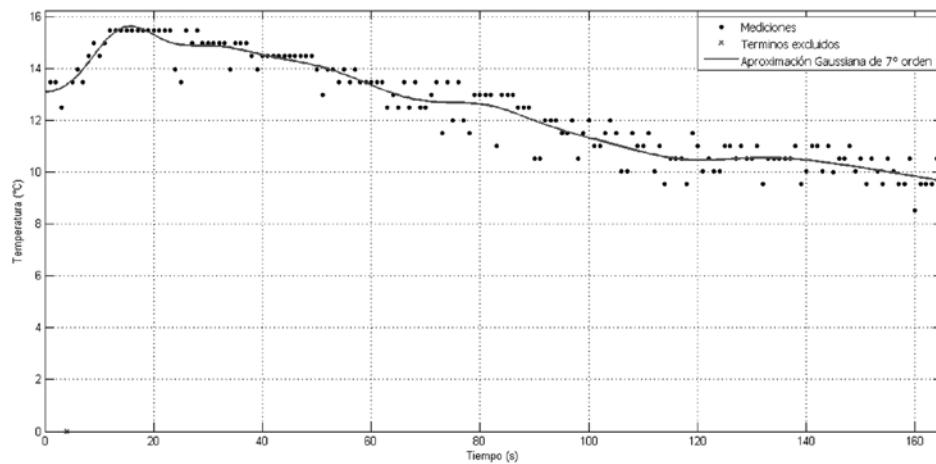
En esta gráfica podemos observar como transcurrió el vuelo del Cansat podemos observar que no es hasta el segundo 24 de la gráfica que empieza a elevarse, llegando hasta el segundo 165, que es cuando se impacta en el suelo y se pierde la transmisión debido a que la antena se desprendió.

Por lo que podemos concluir que el vuelo duró 141 segundos.

Nuestro vuelo fue peculiar debido a que no se pudo elevar hasta los 500 metros, sino que se elevó hasta 340 aproximadamente.

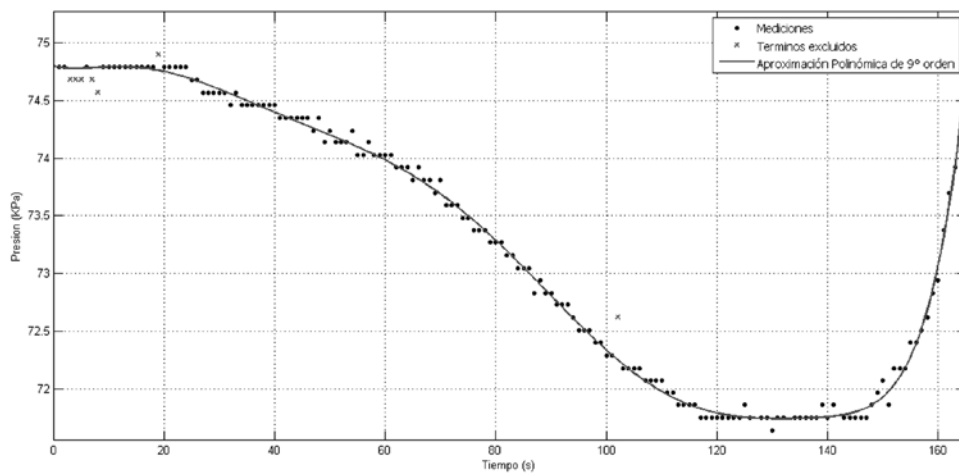


Humedad Relativa



Temperatura

Esta gráfica es bastante interesante ya que antes de la elevación, la temperatura asciende gracias a los rayos solares. En cuanto empieza a moverse la temperatura baja en todo momento hasta el momento del impacto ya que el efecto del aire hizo que se enfriara el sensor.



Presión atmosférica

Conclusiones.

Durante el desarrollo, aprendimos a utilizar algunos componentes como PIC, antenas Xbee (arduino), software, sensores y reguladores de voltaje, para realizar el cansat.

Para el funcionamiento principal, requerimos entender como programar el PIC con ayuda de un software y un programador (grabar el PIC) para que nos mostrara en una computadora, los datos que requeríamos obtener de los distintos sensores dentro del cansat. Aprendimos el funcionamiento de los sensores de temperatura, presión y humedad, observamos que cada uno requería del diseño de su propia placa debido a que cada uno funcionaba distinto. Para obtener el cuarto parámetro que es la altitud, utilizamos una ecuación con base en la presión. En la parte de comunicación entre las antenas, nos apoyamos nuevamente del software para conectarlas y lograr la comunicación entre el cansat y la computadora en tierra.

Finalmente en la estructura del cansat, para cumplir con las dimensiones utilizamos el cilindro de una lata de 355 ml. Colocamos 3 soportes a lo largo y bases dentro de la lata para colocar los componentes del cansat, sujetándolos a los soportes y cubriéndolos para evitar daños al final del descenso. Aprendimos mucho acerca de cómo construir un cansat y a trabajar juntos para lograr un proyecto como este.

Al final nos hizo falta reforzar la estructura ya que no aguantó muy bien el impacto, además de poner la antena en un lugar más seguro, pudiendo ponerla adentro del Cansat.

Posibles aplicaciones comerciales.

Nuestro Cansat se puede aplicar en la agricultura, industria, así como en estaciones meteorológicas al poder establecer medidas de presión, temperatura, humedad y altitud de manera fiable, gracias a que se aplicaron métodos estadísticos para obtener información confiable.

GRAVITON

Cortés Jiménez Agustín	7mo	Construcción electrónica
Navarrete Ramos Efrén	7mo	Sistema de Aterrizaje
Valenzuela Muñoz Oscar Alfonso	7mo	Diseño y caracterización de la lata, programación y desarrollo electrónico
Vázquez Ibarra Mariana	1ro	Logística y planeación Sistema de Aterrizaje

INTRODUCCIÓN

Un satélite artificial es una nave espacial fabricada en la Tierra o en otro lugar del espacio y enviada en un vehículo de lanzamiento, que es un tipo de cohete que envía una carga útil al espacio. Los satélites artificiales pueden orbitar alrededor de asteroides, planetas.

Desde el lanzamiento del primer satélite al espacio el Sputnik I lanzado por la Unión Soviética en 1957, se ha diseñado todo tipo de sistemas capaces de transmitir información de forma remota. Los satélites como se mencionó anteriormente, se diseñan en base a su misión específica y estos pueden ser: antiarmas (para destruir otros satélites u objetos espaciales), espías (de reconocimiento de campo), astronómicos (para observación del espacio), de comunicaciones (encargados de recibir y retransmitir información en el campo de las telecomunicaciones), de observación terrestre (capaces de medir las condiciones climatológicas, topografía, etc..) y muchos más que en la actualidad orbitan alrededor del planeta[1].

Además del diseño de la misión, los satélites se clasifican por el tipo de orbita (terrestre, heliocéntrica, elíptica, etc...) y por el peso (grandes, medianos, nano, micro, pico, fento, etc...), y dadas las características de la misión en particular, el presupuesto y la función que debe llevar a cabo se realiza un estudio de las mejores propuestas en tecnología para poder desarrollar este tipo de proyectos, no solo permitiendo un mejor conocimiento de

nuestro universo, sino promoviendo el desarrollo de la ciencia al enfrentarse a nuevos retos tecnológicos.

CANSAT

Un CANSAT es una simulación de un satélite real, integrado dentro del volumen y forma de una lata de refresco. Los CANSAT se pueden clasificar como satélites con una órbita terrestre baja, ya que no los alcances prácticos de este tipo de satélites no pasan más allá de los 10 Km. Aunado a esta clasificación, se les podría ubicar en peso como pico-satélites, ya que generalmente pesan menor que a 1 Kg. La misión para este concurso fue el poder medir diferentes variables físicas durante el ascenso y caída del CANSAT, por lo que en éste caso, el satélite podría clasificarse como de observación terrestre.

REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN IMPUESTOS POR LA RUE -UNAM

OBJETIVOS

- El CanSat deberá transmitir o calcular altitud, presión y temperatura durante el trayecto de vuelo.
- La misión deberá ser complementada con al menos un objetivo científico determinado por cada equipo.
- La caída del CanSat deberá ser contemplada para transmitir desde aproximadamente 500m de altitud sobre el nivel del piso.

ESPECIFICACIONES DEL CANSAT

- Las dimensiones y forma máximas del CanSat, una vez ensamblado, no deberán exceder a las equivalentes del cilindro de una lata de refresco de 355 mililitros.
- La antena de telecomunicación puede colocarse fuera del CanSat y su dimensión máxima debe ser menor que la dimensión más grande de la lata.
- No deberá tener componentes peligrosos o explosivos.
- El peso máximo del CanSat ensamblado, incluyendo la batería y la antena, no deberá ser mayor a 370 gramos.
- No deberá tener paracaídas.
- El ancho de banda será asignado por los organizadores después del registro a la convocatoria. Es motivo de descalificación si la electrónica de transmisión utilizada genera interferencias con las demás.

PLANEACIÓN DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CANSAT

Debido al tiempo de construcción y diseño, tanto del cuerpo del CANSAT como del sistema electrónico de transmisión, se utilizaron las herramientas más sencillas que se tuvieron a la mano. Como primera fase a considerar, se inició por cumplir los elementos básicos de la misión (poder medir presión, altura, temperatura y transmitirlo de forma remota). La segunda fase contemplaba en diseñar una misión secundaria que pudiera

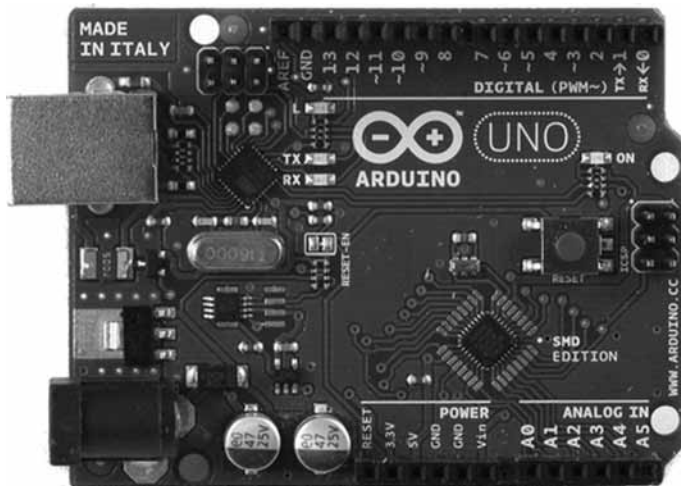
tener una aplicación comercial directa (en nuestro caso fue la geolocalización en tiempo real, y aseguramiento de la información). La tercera fase, consistió en la construcción y programación del sistema electrónico para que pudiera operar a remotamente y al mismo tiempo que transmitiera la información. Y como cuarta y última fase, se enfocó en diseñar un esqueleto formado por un sistema de anillos, que en base a sus características físicas, sean capaces de soportar el impacto de caída del CANSAT.

PRIMERA FASE

Como se mencionó anteriormente, esta fase consistió en hacer una lista del equipo electrónico necesario para poder llevar a cabo la misión primaria propuesta por el comité organizador.

CONTROLADORES

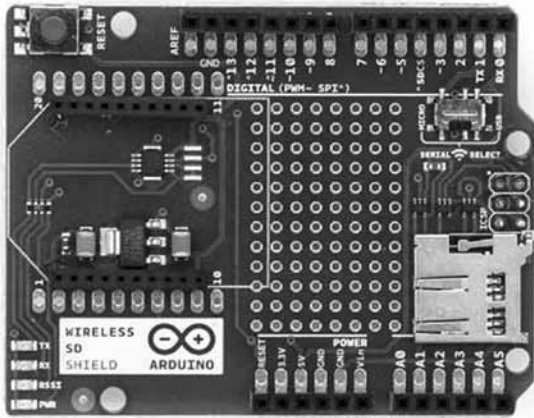
El primer paso, fue seleccionar un sistema controlador. El elegido fue el Arduino uno RV3, SMD edition. La ventaja que tiene el microcontrolador Arduino contra cualquier otro, es la relativamente fácil operación de sus componentes, ya que todo viene integrado dentro de la misma placa (Figura 1). Aunado a esto, cabe mencionar que al utilizar Arduino, entramos a la programación software libre, gran ventaja por la diversidad de información existente en la Web de forma gratuita.



Características

DC input: 7-12 V (USB o plug 2.1 mm centro positivo)
 DC Corriente I/O: 40 mA
 5 Pines Analógicos
 13 Pines Digitales
 Pines de Serial: 1 TX, 0 RX
 Pines SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK)
 Salidas de voltaje: 5 V y 3.3 V
 Mas info: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

Al tener que transmitir información, se adaptó al Arduino UNO un Wireless SD Shield (Figura 2). La ventaja que tiene este escudo de la marca Arduino, es que tiene una conexión directa del Arduino con un transmisor Xbee o cualquiera que use el mismo tipo de empaquetamiento. Así mismo, tiene impresas las conexiones necesarias para protocolos de comunicación SPI con una memoria SD, que en el diseño realizado, tiene una gran implicación en salvaguardar datos.



Características

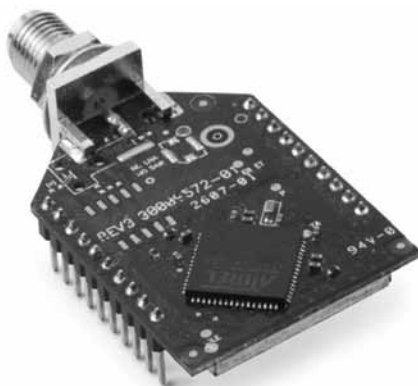
Extensión de todos los pines de Arduino UNO.
 Conexión directa a un transmisor Xbee o cualquiera con el mismo empaquetamiento.
 Conexión a una memoria Micro SD.
 Más info: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoWirelessShield>

COMUNICACIÓN REMOTA

Para poder realizar una comunicación a través del espacio se necesitan construir diferentes tipos de circuitos osciladores de transmisión y recepción capaces de comunicarse a cierta frecuencia. Debido a la complejidad de cálculos, y al escaso tiempo que se tenía para el diseño del circuito de comunicación, se optó por comprar transmisores de señal con protocolos Zigbee.

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías [2].

Para el CANSAT, se escogió un equipo que pudiera transmitir datos muy larga distancia, por lo que se eligió un modelo capaz de cumplir con ese requerimiento. Dicho modelo fue Xbee PRO XCS 900 (Figura 3), compatible con el Shield SD Wireless que se escogió anteriormente.



Características:

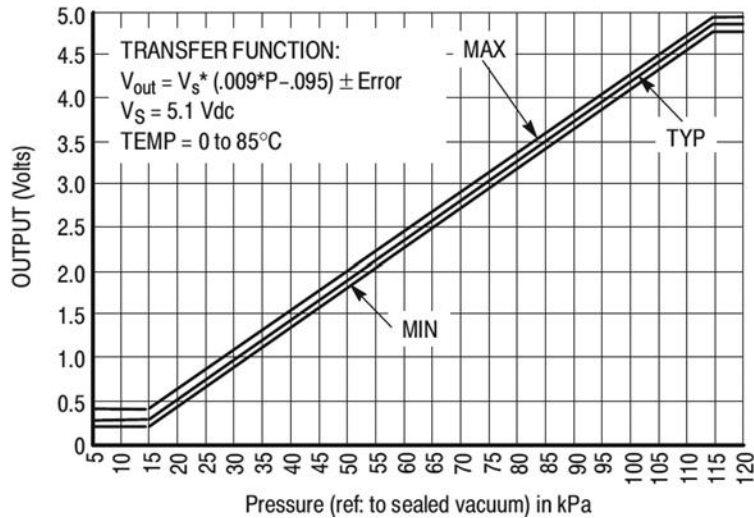
Xbee PRO XCS 900 RSMA
 Comunicación Serial con Arduino (Tx, Rx)
 Alcance: 370m en zona urbana, 10 km en línea directa y antenas dipolo, y 24 km con antenas de alta ganancia.
 Voltaje de Operación: 3.3v
 Corriente de Operación: 250 mA
 Frecuencia de Transmisión 902-928 Mhz

SENSORES

Presión

Para medir la presión se utilizó un sensor MPX411A y tiene una función de transferencia igual: $V_{\text{salida}} = V_{\text{entrada}} (P \times 0.009 - 0.095) \pm (\text{Pressure Error} \times \text{Temp. Factor} \times 0.009 \times V_{\text{entrada}})$

$V_{\text{entrada}} = 5.1 \text{ V} \pm 0.25 \text{ Vdc}$.



La Grafica 1, muestra la presión en función del voltaje de salida entregado por el sensor.

Altura

La altura está en función de la presión atmosférica [3]. Supondremos que la gravedad y la Temperatura no varían con la altitud. También se supondrá que toda la atmosfera tiene la misma composición química, y por lo tanto la misma masa molar M . La expresión obtenida es por lo tanto:

P_0 es la presión a nivel del mar, R constante de los gases ideales y T temperatura en Kelvin.

TEMPERATURA

Un termistor es un sensor resistivo de temperatura. Su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura. El término termistor proviene de Thermally Sensitive Resistor. Para el Cansat se utilizó un termistor de $10 \text{ K}\Omega$. El termistor usado fue un Cantherm MF52A103J3470 NTC (coeficiente negativo). Se utilizó un divisor de voltaje para observar el cambio en la temperatura (circuito principal). La fórmula para calcular la temperatura es:

GPS

Como parte de la misión secundaria, se utilizó un GPS FGPMOPA6B. Dicho GPS se comunica con el formato NMEA 0183. Este GPS se comunica de forma serial con un controlador, por lo que hubo que adaptar nuevas condiciones de programación para utilizarlo.

MÁS INFO: <http://www.adafruit.com/datasheets/PA6B-Datasheet-A07.pdf>

REGULADORES DE VOLTAJE:

Se utilizaron dos reguladores de voltaje, a 5 y a 3.3 volts respectivamente.

Para 5 V se utilizó un regulador modelo L7805CV.

Funcionamiento: 8-17 Vcd, 500 mA

Para 3.3 V se utilizó el regulador modelo LD1117DT33CTR

Funcionamiento 8-15 V, 500 mA

ANTENAS

Para la transmisión y la recepción de datos se utilizaron dos antenas dipolo para 900 Mhz.

COMUNICACIÓN EN TIERRA

Para la comunicación con el CANSAT, se utilizó un Adaptador SparkFun para Xbee con salida USB (Figura 4), un cable USB mini, un Xbee XSC 900 y la antena del Xbee.



Figura 4. Adaptador de Xbee para comunicación USB

SEGUNDA FASE

Poder diseñar un sistema de comunicación capaz de enviar diferente información acerca de tu localización así como de las condiciones físicas donde te encuentres dentro de un volumen tan pequeño como lo es una lata de soda, puede resultar una solución para los diferentes tipos de aeronaves y exploradores que se encuentren lejos de la civilización y que por alguna u otra forma no tienen como comunicarse. La practicidad de poder diseñar un sistema completo de geolocalización en un volumen tan reducido, hace pensar en el diseño de un sistema completo de transmisión de emergencia (a 121.1 MHz) donde puedas se posible observar la trayectoria recorrida por un objeto y así poder triangular tu posición. Si dicho sistema de transmisión, le añadimos un vehículo transportador (como un globo), y luces alrededor de toda la lata, no solo tendríamos un sistema de geolocalización, sino que podríamos enviar nuestro CANSAT a mayores altitudes para obtener una mejor cobertura para que los sistemas de emergencia del estado sean capaces de ubicarnos.

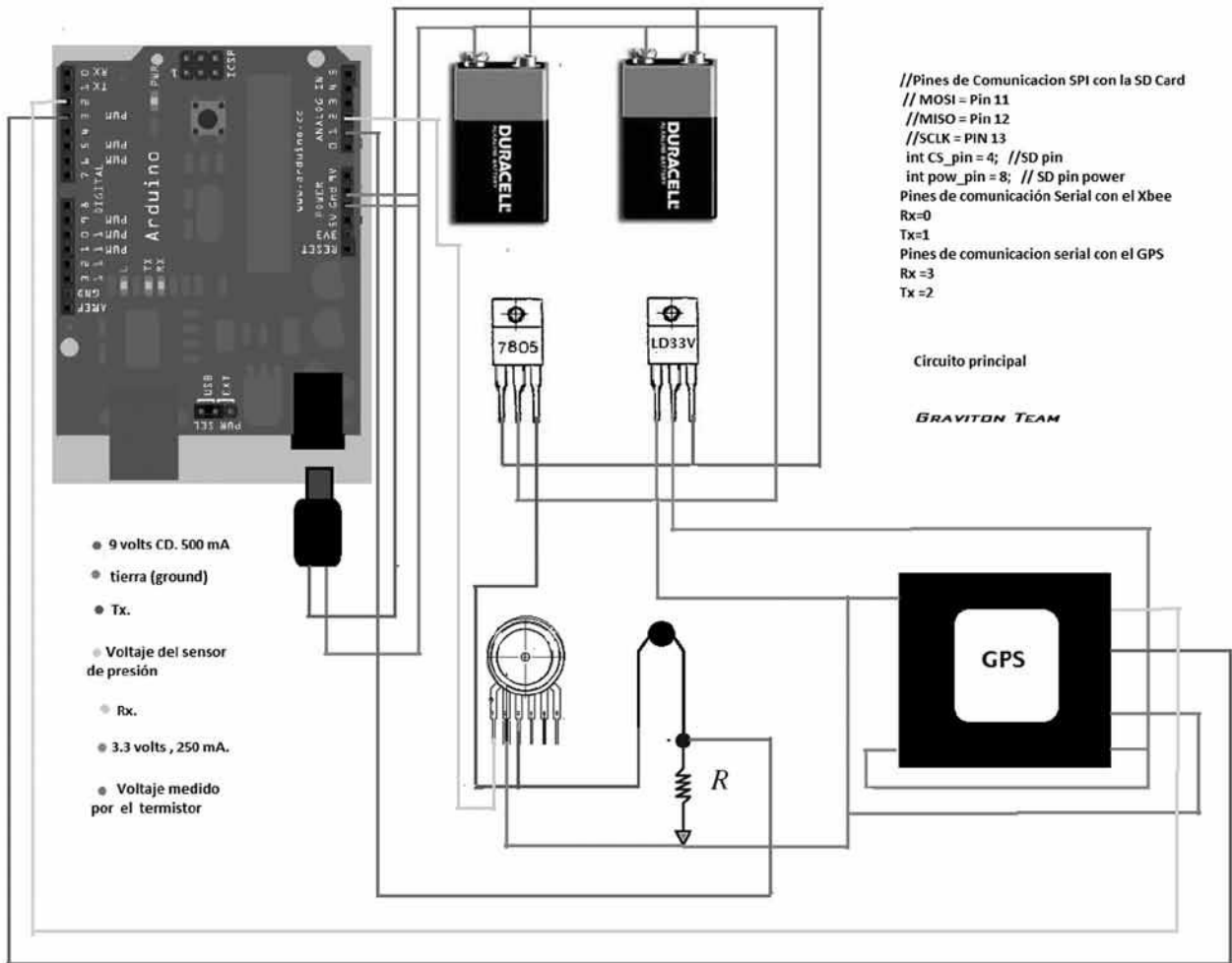
La función no acaba ahí, debido a las características diseñadas en cuanto a salvaguardar la información medida, aun estando el CANSAT en funcionamiento en algún lugar apartado, al localizar el sistema de transmisión se es capaz de interpretar los datos guardados en la SD card, lo que podría significar una gran aplicación ya que si existe algún accidente o se llegase a perder alguna persona, podría enviar el CANSAT por algún medio (ya sea con algún vehículo por aire, agua, enviarlo con un paracaídas de una montaña, etc...) podría realizarse una triangulación de la información para una posible localización y salvamiento de algún objeto o personas.

Nuestro CANSAT tan solo está diseñado para enviar tu localización (latitud, longitud y altura) y resistir un golpe a gran altura, por lo que existiría gran trabajo para adaptarlo a diferentes condiciones de experimentación (por ejemplo, resistencia al agua, circuito transmisor en la banda de emergencia, construcción y accionamiento de un paracaídas, adaptación de un globo, etc....)

TERCERA FASE

CIRCUITO ELECTRÓNICO

El diagrama electrónico se diseñó en un esquema que fuera fácil de interpretar, para poder hacer de este tipo de proyectos mucho más didácticos. Con fines prácticos no se puso el esquema del Shield con el Arduino, ya que las conexiones son por la parte interior y no afecta lo demás circuitos.



Una de las implicaciones importantes, fue que todo el circuito pudiera entrar en la lata, por lo que se realizó el diseño en un programa de modelado 3D Autocad (Figura 5). Dichos modelos se anexaron al trabajo como archivos independientes, además que la prueba real del sistema, se realizó el día del concurso.

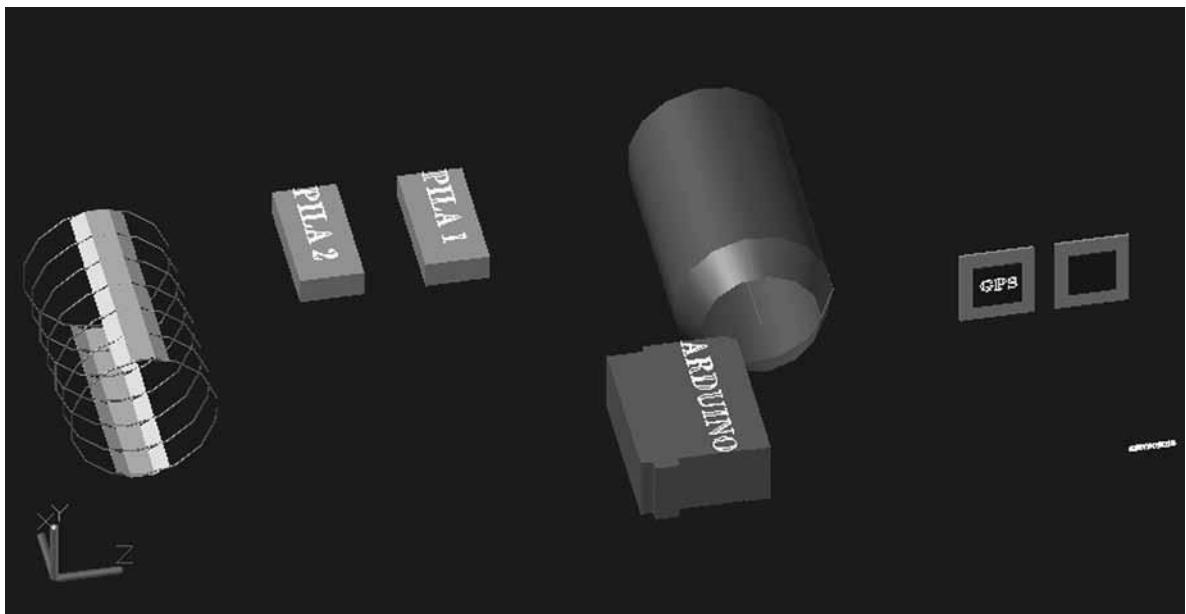


FIGURA 5. Diseño De Los Circuitos En Autocad.

PROGRAMACIÓN

El siguiente programa fue compilado en Arduino IDE 1.05. Dicho programa se anexará al PDF debido a la extensión del documento, así como se proporcionará el archivo .pde del último compilado del programa en base a cada una de las características mencionadas anteriormente.

CUARTA FASE

Para la última fase, se enfocó meramente en la resistencia del impacto de la lata. Para abaratar el costo del proyecto, se utilizó una lata comercial de Coca Cola.

Por otra parte, se diseñó un sistema de anillos (Figura 6) que formaban una estructura interna parecida a la de la lata, con la diferencia que la circunferencia de cada anillo no se encontraba totalmente cerrada.

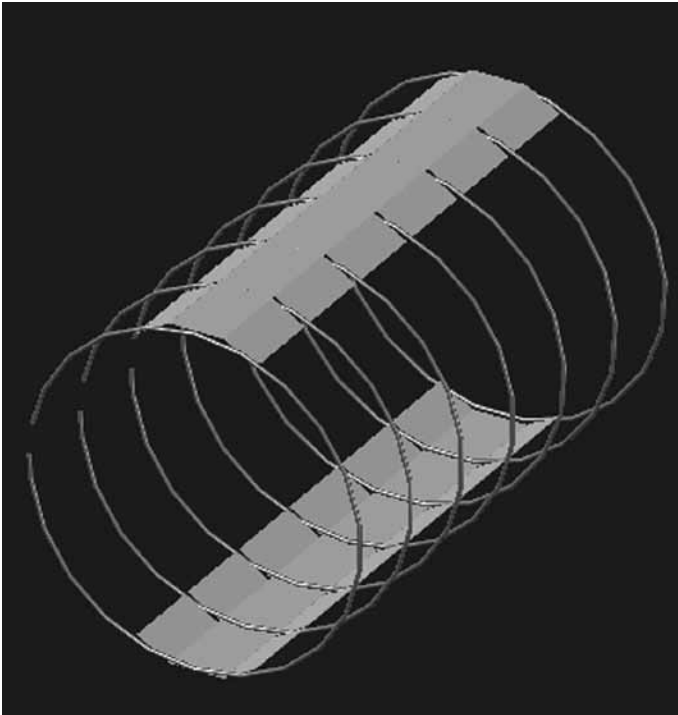
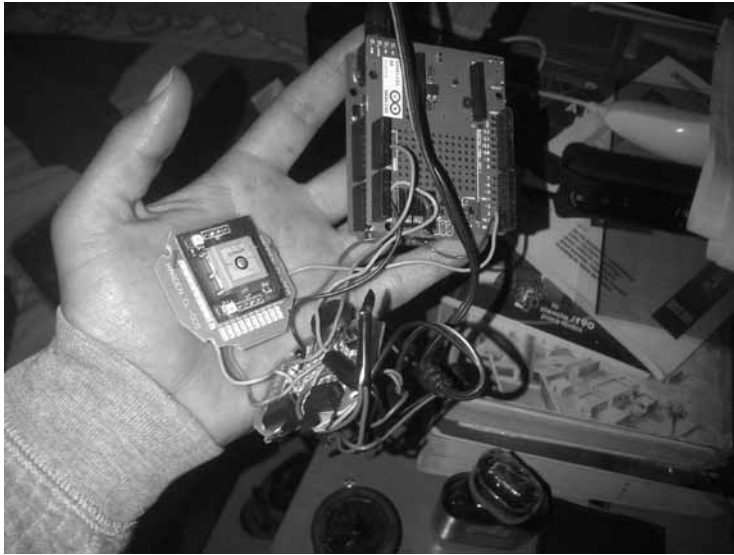


Figura 6. Sistema de anillos capaz de soportar el impacto de la lata con el suelo.

Los anillos son de acero fueron construidos con material reciclado de un rin de bicicleta. Los soportes laterales solo sirven de sostén y guía entre los anillos. Este diseño fue pensado en las características elástica del acero. El parámetro a medir fue el módulo de Young. El módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza. Este comportamiento fue observado y estudiado por el científico inglés Thomas Young.

Para un material elástico lineal e isótropo, el módulo de Young tiene el mismo valor para una tracción que para una compresión, siendo una constante independiente del esfuerzo siempre que no exceda de un valor máximo denominado límite elástico, y es siempre mayor que cero: si se tracciona una barra, aumenta de longitud [4].

En base a esto, se observó que el acero tiene un módulo de Young muy alto cerca de 200 GN/m² [5], por lo que se estimó que los anillos tenderían a comprimirse, debido al estiramiento del material, que aunado al módulo de Young mantendrían la estructura casi intacta.



Elementos del Satélite



Estructura Interna del Satélite

RESULTADOS

El evento llevado a cabo para el concurso de los CANSAT el 25 de enero del 2014, fue grabado con fines prácticos de la misión, por lo que algunos de los parámetros de la misión fueron tomados directamente del video. Se anexa la liga del video para su visualización.

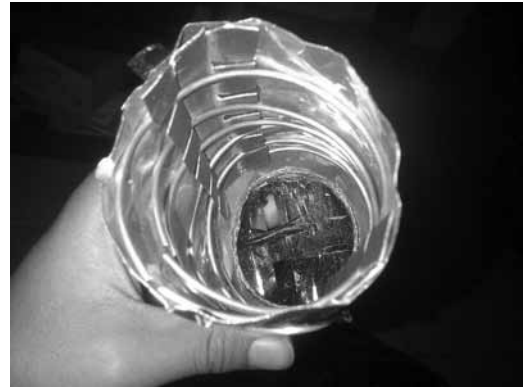
El primer parámetro que obtuvimos de la misión, fue recuperar exitosamente todos los circuitos de la lata, ya que dentro del Shield del Arduino se encontraba la base de datos medida para la entrega de resultados al comité organizador (cabe decir que fuimos el último equipo en entregar los datos por esta situación). Los datos entregados consistían en dos mediciones completas de todos los parámetros (Presión, Altura, Temperatura, latitud y longitud) cada segundo, por lo que por cada dos mediciones apenas transcurría un segundo.

Lo primero que se observó en pruebas previas, fue que el sensor de Presión no estaba funcionando adecuadamente, al parecer tuvo un corto circuito y no medía la presión adecuada, por lo que se tuvieron que implementar técnicas teóricas basadas en los datos empíricos para poder calcular la altura y presión en todo momento.

Para poder discernir los datos adecuadamente, lo primero que se hizo fue tomar el último dato obtenido por el CANSAT, tal dato fue la última medición obtenida antes de que se desconectara el Xbee del Sistema y se dejara de medir. Esto lo pudimos notar ya que al momento del impacto, la antena (único artefacto fuera de la lata) choco con un árbol y eso provoco un reset en el sistema al mover el circuito (la forma de programar bloqueaba el sistema al no detectar todas las comunicaciones internas de los componentes).



Vista de la lata antes del lanzamiento



Vista de la lata después del lanzamiento

ANÁLISIS DE DATOS

Los organizadores nos proporcionaron el dato de la medida de voltaje a la que más alto se elevó el drone en nuestra prueba. Dicho dato lo tomamos como punto más alto alcanzado.

Este dato fue de 2.629 volts. Cabe mencionar que se utilizó el mismo sensor de presión que se tenía por parte del equipo (Grafica 1), por lo que dicho voltaje (variando el error de entrada y salida propios del sensor (Voltaje de entrada 4.9V, error del sistema 1.5 KPa)), arrojó los siguientes resultados de presión y altura:

En base a la Grafica 1:

Presión Atmosférica: 71.64667582 +/- 1.5 KPa

En base a la función de la presión en base a la altura.

Altura Máxima: 3093.643564 m

Por otra parte, se procedió al cálculo teórico de la altura ya que los datos arrojados por el sensor eran erróneos. Para realizar el análisis correctamente se buscó en la literatura como afectaba la resistencia del aire a los objetos. Lindemuth publica en 1971 que se puede aproximar una función de la resistencia del aire a bolas cayendo [6]. Dicha función es la siguiente:

$$x := \frac{(V_i^2)}{g} \cdot \left(\ln \left(\cosh \left(\frac{g \cdot t}{V_i} \right) + \frac{V_o}{V_i} \cdot \sinh \left(\frac{g \cdot t}{V_i} \right) \right) \right)$$

Donde

V_i = velocidad terminal, V_o = velocidad inicial, g =gravedad , t = tiempo

Dado que la velocidad inicial es cero (cuando empieza a caer), nos quedaba calcular la velocidad terminal [7-9]. La fórmula es la siguiente:

$$v_{\infty} = \sqrt{\frac{2F}{\rho AC_d}}$$

V_{infinito} es la velocidad límite o terminal,

F es el peso del objeto que cae, para el caso de caída libre

C_d es el coeficiente de resistencia aerodinámica

ρ es la densidad del fluido a través del cual se mueve el objeto,

A es la sección del objeto en dirección transversal a la de movimiento.

Calculamos los valores en base a las páginas de las referencias [7-9] y obtuvimos:

F=2.254 (peso de la lata= 230g)

P=1.23 (densidad relativa a 30 °C)

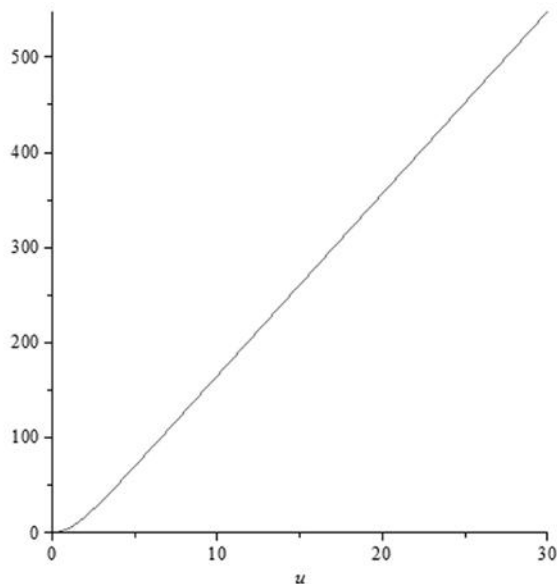
$C_d = 1.2$ (de la referencia 7)

A= $8.364 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ (en base a las medidas estándar de una lata, y tomando un rectángulo como área efectiva)

Por lo tanto se obtuvo un valor de velocidad terminal igual a

$V_i = 19.11 \text{ m/s}$

Obteniendo este valor, se obtiene una función mostrada en la Grafica 2.



En base a este gráfico, se puede obtener los valores de bajada desde el punto más alto (500 m) hasta el suelo.

Por otra parte, mediante el video tomado se pudieron obtener los tiempos aproximados de subida y bajada. El tiempo de súbita fue de 1:16.519 segundos aproximadamente. Dado que no podemos afirmar que el ascenso de variable o lineal, se supuso que pasaron alrededor de 76.5 segundos de ascenso y se alcanzó en ese tiempo 500 m, transformando así una función de la altura de subida en función del tiempo, esto es:

$$H(t) = \text{altura de Chapa de Mota} - a \cdot (t^2)$$

Que es la ecuación del desplazamiento con una velocidad inicial igual a 0.

Por lo tanto, en base a estas dos suposiciones podemos obtener las alturas en todo momento, tanto de subida del CANSAT por el drone, como de bajada y la influencia del aire.

En el siguiente mapa se muestra la altitud de Chapa de Mota, lugar donde se llevó a cabo el concurso del CANSAT.



Ajustamos nuestros datos a la altura del lugar y se abra podido obtener los datos simulados del sensor de presión y altura de nuestro CANSAT.

Por último para obtener poder hacer una triangulación directa, dados los datos obtenidos, los graficamos en google maps y obtenemos lo siguiente



Mapa de la localización del CANSAT en todo momento.

Los datos que se tomaron para ser analizados se basaron en el modelo de velocidad tomado (6), para la bajada más el análisis de la subida del CANSAT por el drone. Junto el tiempo sumaba una cantidad igual a 208 muestras del archivo entregado a las autoridades. Todas las operaciones de presión y altura antes de esas 208 muestras se tomaron como constantes, y corresponderían a la altura y presión del parque de chapa de mota, lugar donde se realizó el concurso. Dichos datos se tomaron hasta una nueva medición. Cada medición volvía a poner los rótulos, por lo que se tomó la última que hizo.

Por otra parte, el mapa interactivo de google maps muestra en cada punto todas las variables que fueron medidas y transmitidas, por lo que con ello logramos observar la misión secundaria que plantemos como proyecto.

Por lo tanto, anexo a este trabajo irán:

*Link del video del concurso del Cansat:

<http://www.youtube.com/watch?v=SVgUN0SOyxU>

*Trabajo de las variables calculadas en archivo de procesamiento de datos

*Programa de Arduino

*Archivos de ensamblado de la lata en AUTOCAD.

CONCLUSIONES

El horizonte de las nuevas tecnologías presenta día a día numerosas interrogantes que ciertamente nos mueven a la reflexión y al discernimiento. Estamos recorriendo hacia un

nuevo milenio y esta realidad nos lleva a una natural expectativa. En esta situación el universo de las nuevas tecnologías, nos presenta un despliegue portentoso y asombrosamente acelerado de novedosos métodos, procesos, máquinas e instrumentos.

Como a los inicios de la civilización, el hombre siempre encontró solución, mediante leyes, teoremas, repeticiones de sucesos que conllevaron a ciertas definiciones. Mediante el presente trabajo se puede demostrar la casi total importancia de las Leyes de la Mecánica Celeste, para su aplicación en el desarrollo de las comunicaciones entre lugares distantes del planeta, de forma muy rápida, y con gran calidad. El surgimiento de los satélites, marcó un hito en la historia de las telecomunicaciones, y de la humanidad.

Por último cabe mencionar la importancia de este tipo de concursos, ya que provocan en todos los futuros científicos la inserción hacia este campo, para sí dar pie al desarrollo de la ciencia y tecnología.

Referencias

1. Retomado el 2 de Febrero del 2014 de:
http://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_artificial
2. Retomado el 3 de Febrero del 2014 de
<http://www.zigbee.org/>
3. Física Universitaria. Young, Hugh. Freedman, Roger. Addison-Wesley. Pp 615.
4. J. F. Shackelford, Introducción a la ciencia de los materiales para ingenieros, 6^a ed., 2008..
5. Módulo de Young. Retomado el 5 de Febrero del 2014 de:
http://www.edu365.cat/aulanet/comsoc/Lab_mecanica/vincles/Modulo_Young.htm
6. Lindemuth J. The effect of air resistance on falling balls. Am. J. Phys. 39, July 1971, pp. 757-759
7. Retomado el 6 de Febrero del 2014 de
<http://web.archive.org/web/20070715171817/http://aerodyn.org/Drag/tables.html#bluff>
8. Retomado el 7 de Febrero del 2014 de
http://www.disasterzone.net/projects/docs/mae171a/water_tunnel_experiment.pdf
9. Retomado el 7 de Febrero del 2014 de
http://en.wikipedia.org/wiki/Drag_coefficient

ITZAMNA

Tiburcio Cartro Paul Karim • Tudela Matinez Ramon Cesar Augusto

Descripción técnica del desarrollo y diseño del CanSat

Este proyecto se dividió en tres partes: parte mecánica, CanSat y Estación terrena. En la parte mecánica se centró en hacer un soporte y estructura fuerte para resistir el impacto a una caída de 500 metros de altitud. El material usado fue cambiar el la lata de refresco por una lata con chapa de hierro la cual se modificó para ajustar el volumen y peso menor, Los materiales para la base de la electrónica se usó nylamid para eliminar peso sin aumentar el peso dando así mayor fuerza estructural. Entre la base de la electrónica y la lata se colocó un material de poliuretano de forma laminar para resistir el impacto.

En la figura 1.1 se muestra el proceso de ensamble diseñado por el programa SolidWorks, este software permite simular esfuerzos mecánicos con los materiales antes mencionados.

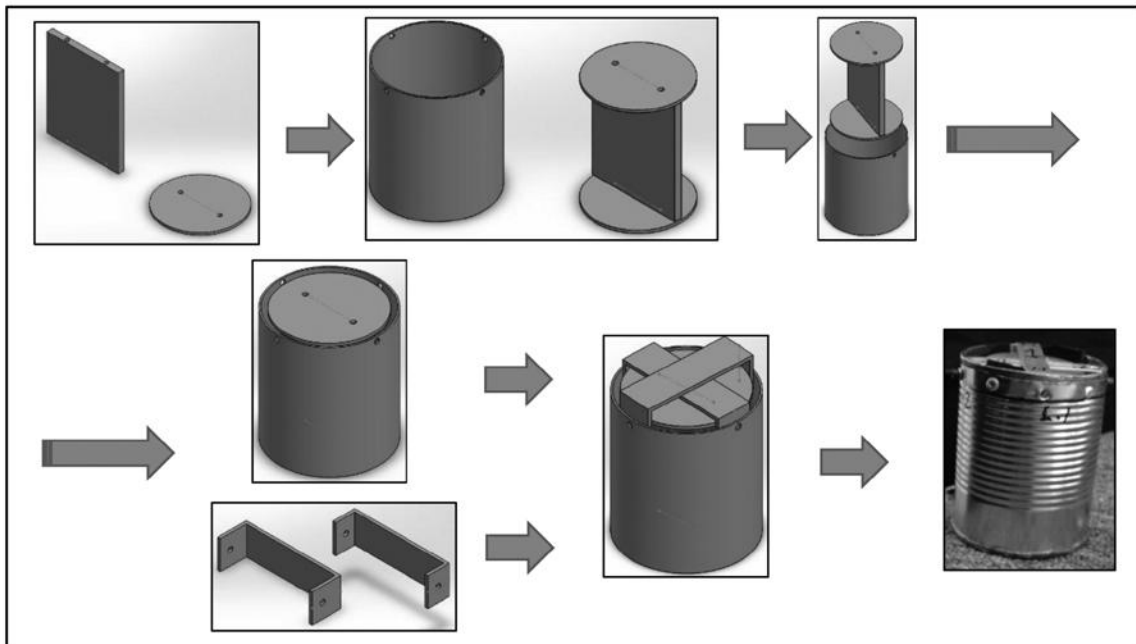


Figura 1.1. Ensamblaje de parte mecánica del CanSat Itzamna

En la figura 1.2 se muestra el diagrama de ensamble de la electrónica para el CanSat. En este diagrama menciona los componentes empleados, estos sensores fueron elegidos para poder realizar una estación micro-meteorológica midiendo temperatura, presión y humedad. El control fue realizado por un micro-controlador del fabricante microchip, este micro-controlador envía los datos con un protocolo serial al circuito de envío (xbee).

Para la alimentación fue empleado una pila de 9 volts, por pruebas realizadas una pila de 9 volts da un soporte energético de 20 minutos. La pila alimenta a dos reguladores de tensión eléctrica uno de 5 volts y otro de 3.3 volts, para el control y el xbee respectivamente

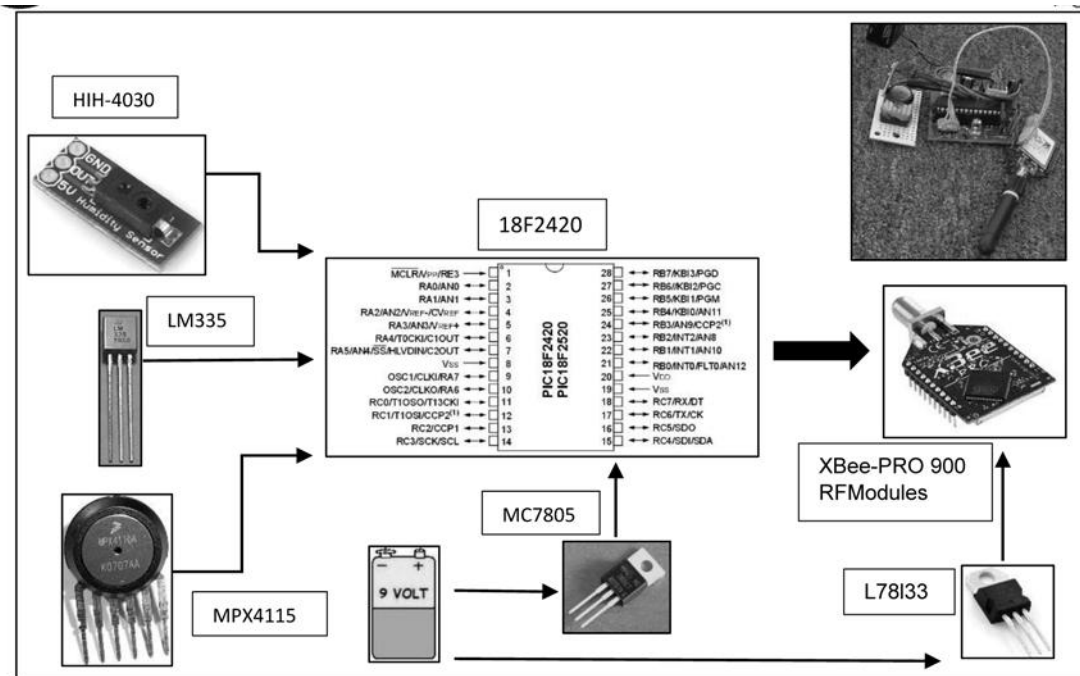


Figura 1.2. Ensamble para la parte electrónica del CanSat Itzamna

Para la estación terrena se buscó en un inicio un circuito acoplador de niveles lógicos entre el xbee y el puerto usb de la pc. En este primer acercamiento se usó como software un programa realizado en LabView el cual crea una base de datos de los datos recibidos por el CanSat. Buscando realizar un proyecto más útil y de bajo consumo energético se llegó a la solución aquí plateada. Actualmente es común que cualquier persona tenga un Smartphone, por ello se usó en la estación terrena un dispositivo que pueda detectar dispositivos usb y con un sistema operativo Android. El alimentar la estación terrena en un CanSat por el ambiente donde se realiza el lanzamiento es muy difícil conseguir una fuente externa, por ello se usó un adaptador de usb y xbee.

El programa empleado para desplegar los datos en el Smartphone es por medio de la aplicación “FTDI UART Terminal” los requerimientos en memoria ram y memoria son pequeños por lo que es una herramienta útil.

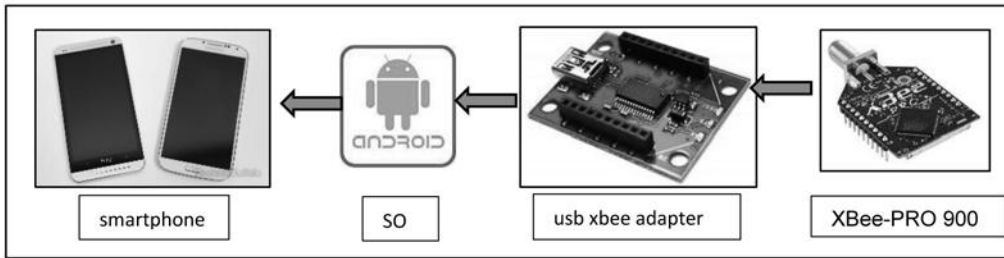


Figura 1.3. Ensamble para la estación terrena CanSat Itzamna

Manuales y diagramas de operación

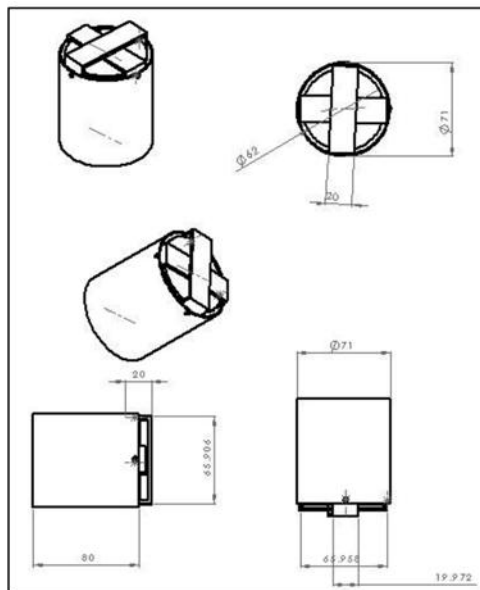


Figura 2.1. Diagrama de dimensiones de CanSat Itzamna

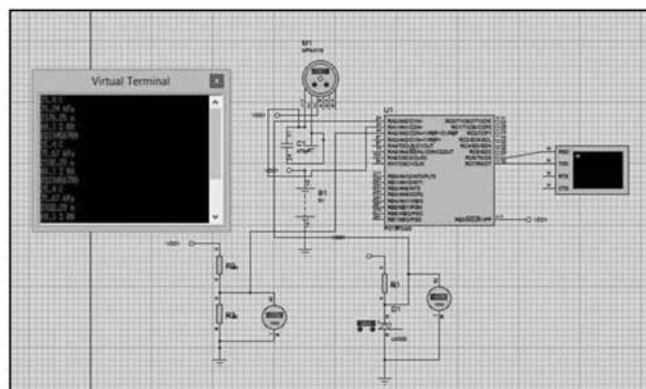


Figura 2.2. Diagrama del circuito electrónico empleando proteus v8



Figura 2.3 Manual de usuario FTDI UART

```
#include <18F2420.h>
#device adc=10 //para que el Conversor Analogico-Digital sea de 10 bits
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,PUT
#fuses intrc_io
#use delay(clock=8000000)
#use rs232(baud=9600, xmit=pin_c6, rcv=pin_c7,bits=8,parity=N)
#include <math.h>
#include <stdlib.h>
//-----CONFIGURACION DEL CONVERTIDOR ADC-----
setup_adc_ports(AN0_TO_AN2); //Se utilizan 3 entradas del ADC 0-2
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); // reloj interno del adc
//-----definición de arreglos y variables-----/
char array[10];
char array1[10];
char array2[15];
char array3[10];
float voltaje,p,presion,temp,TF,error,altura, humedad, voltaje1;
int16 v,q,h;
//-----Empieza programa-----
do{
    set_adc_channel(0); //medición temperatura
    delay_us(10);
    v=Read_ADC();
    voltaje= (5.0 * (v))/1023.0;
    temp= voltaje*100-273.15;
    sprintf(array,"%4.1f C",temp); //temperatura

//-----
    set_adc_channel(1); //medición presión
    delay_us(10);
    q= read_adc();
    p= (5.0 * (q+1))/ 1024.0;
    presion= (0.475+p)/0.045;
    if (temp>=0 && temp <=85) TF=1.0;
    else TF=3.0;
    error= TF*1.5;
    presion = presion-error;

//-----
    altura = -7990.652789 * log(presion/101.304); //medicion de la
altura
    sprintf(array1,"%5.2f kPa",presion); //presion
    sprintf(array2,"%7.2f m",altura); //altura

//-----
    set_adc_channel(2); //medicion humedad
    delay_us(10);
    h=Read_ADC();
    voltaje1 = (5.0 * (h+1))/1024.0; //conversión a voltaje
    humedad = (voltaje1 - 0.958)/0.0307;
    sprintf(array3,"%4.1f %% RH ",humedad);

//-----Envío de Datos-----
    delay_ms(10);
    puts(array);
    delay_ms(10);
    puts(array1);
    delay_ms(10);
    puts(array2);
    delay_ms(10);
    puts(array3);
    delay_ms(10);

// -----contador de tiempo-----
    putc('0');
    delay_ms(1000);
    putc('1');
    delay_ms(1000);
    putc('2');
    delay_ms(1000);
    putc('3');
    delay_ms(1000);
    putc('4');
    delay_ms(1000);
    putc('5');
    delay_ms(1000);
    putc('6');
    delay_ms(1000);
    putc('7');
    delay_ms(1000);
    putc('8');
    delay_ms(1000);
    puts("9");
    delay_ms(900);

}
while (TRUE);
}
```

Figura 2.4. Programa de Pic 18F2420 CanSat

MOTOROLA Freescale Semiconductor, Inc.
 SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by MPX4115A/D

Integrated Silicon Pressure Sensor for Manifold Absolute Pressure, Altimeter or Barometer Applications On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

**MPX4115A
MPXA4115A
SERIES**

Motorola's MPX4115A/MPXA4115A series sensors integrate on-chip, bipolar op amp circuitry and thin film resistor networks to provide a high output signal and temperature compensation. The small form factor and high reliability of on-chip integration make the Motorola pressure sensor a logical and economical choice for the system designer.

The MPX4115A/MPXA4115A series pressure sensor is a state-of-the-art, monolithic, signal conditioned, silicon pressure sensor. This sensor combines advanced microaching techniques, thin film metallization, and bipolar semiconductor processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to applied pressure.

Figure 1 shows a block diagram of the internal circuitry integrated on a pressure sensor on-chip.


Features

- 1.5% Maximum Error over 10° to 85°C
- Ideally suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Temperature Compensated from -40° to +125°C
- Durable Epoxy Unbody Element of the Monoplastic (PPS) Surface Mount Package

Application Examples

- Aviation Altimeters
- Industrial Control
- Engine Control
- Weather Stations and Weather Reporting Devices


SMALL OUTLINE PACKAGE



MPX4115A8U
CASE 482

MPX4115A6U
CASE 482A

UNBODY PACKAGE

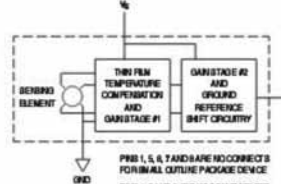


MPX4115A
CASE 887

MPX4115AP
CASE 887B

MPX4115AS
CASE 887E

Figure 1. Fully Integrated Pressure Sensor Schematic



PIN 1, 5, 6, 7 AND 8 ARE NO CONNECTS FOR SMALL OUTLINE PACKAGE DEVICE
 PIN 4, 5 AND 6 ARE NO CONNECTS FOR UNBODY DEVICE

PIN NUMBER			
1	N.C.	5	N.C.
2	V _{DD}	6	N.C.
3	Out	7	N.C.
4	V _{DD}	8	N.C.

PIN NUMBER			
1	V _{DD}	4	N.C.
2	Out	5	N.C.
3	V _{DD}	6	N.C.

NOTE: Pins 1, 5, 6, 7, and 8 are internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground. Pin 1 is solder by the sockets in the lead.

2.5. Datasheet del sensor de presión.



HH-4030/31 Series

Humidity Sensors

DESCRIPTION

Honeywell has expanded our HH Series to include an SMD (Surface Mount Device) product line: the new HH 4030/4031. The HH 4030/4031 complements our existing line of non-SMD humidity sensors. SMD packaging on tape and reel allows for use in high volume, automated pick and place manufacturing, eliminating lead misalignment to printed circuit board through-hole.

The HH-4030/4031 Series Humidity Sensors are designed specifically for high volume OEM (Original Equipment Manufacturer) uses.

Direct input to a controller or other device is made possible by this sensor's near linear voltage output. With a typical current draw of only 200 µA, the HH-4030/4031 Series is often ideally suited for low drain, battery operated systems.

Tight sensor interchangeability reduces or eliminates OEM production calibration costs. Individual sensor calibration data is available.

The HH-4030/4031 Series delivers instrumentation-quality RH (Relative Humidity) sensing performance in a competitively priced, solderable SMD.

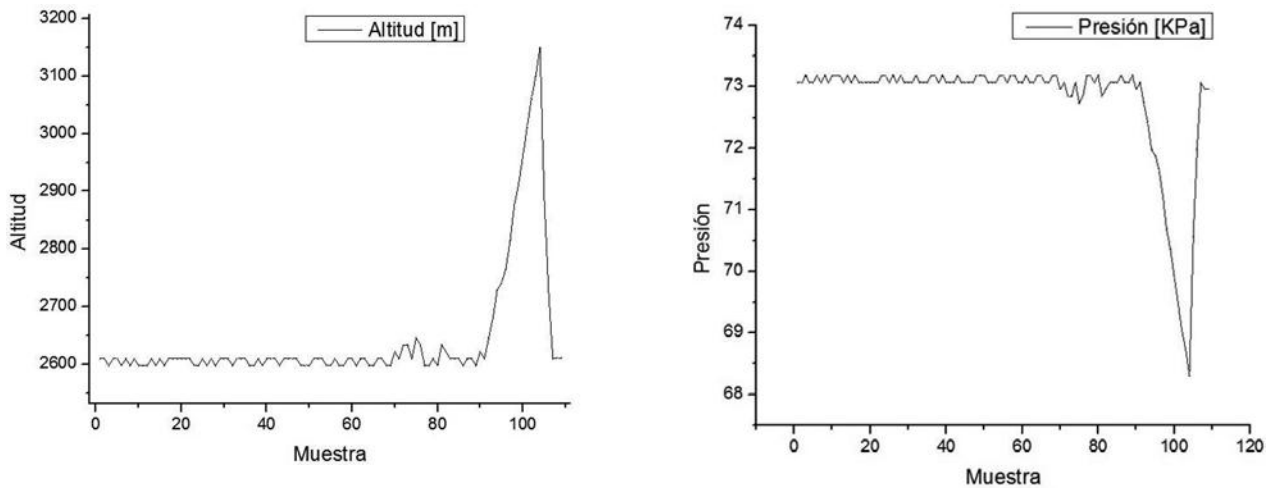
The HH-4030 is a covered integrated circuit humidity sensor. The HH-4031 is a covered, condensation resistant, integrated circuit humidity sensor that is factory-filled with a hydrophobic filter allowing it to be used in condensing environments including industrial, medical and commercial applications.

The RH sensor uses a laser trimmed, thermoseal polymer capacitive sensing element with on-chip integrated signal conditioning.

The sensing element's multilayer construction provides excellent resistance to most application hazards such as condensation, dust, dirt, oils and common environmental chemicals.

Sample packs are available. See order guide.

2.5. Datasheet del sensor de humedad



2.5. Datasheet del sensor de presión.

En los datos obtenidos se puede observar en la gráfica de altitud el valor máximo es de 3150 metros antes de la caída, la presión es disminuida al aumentar la altitud es visible claramente en la gráfica de la derecha en la figura 3.1.

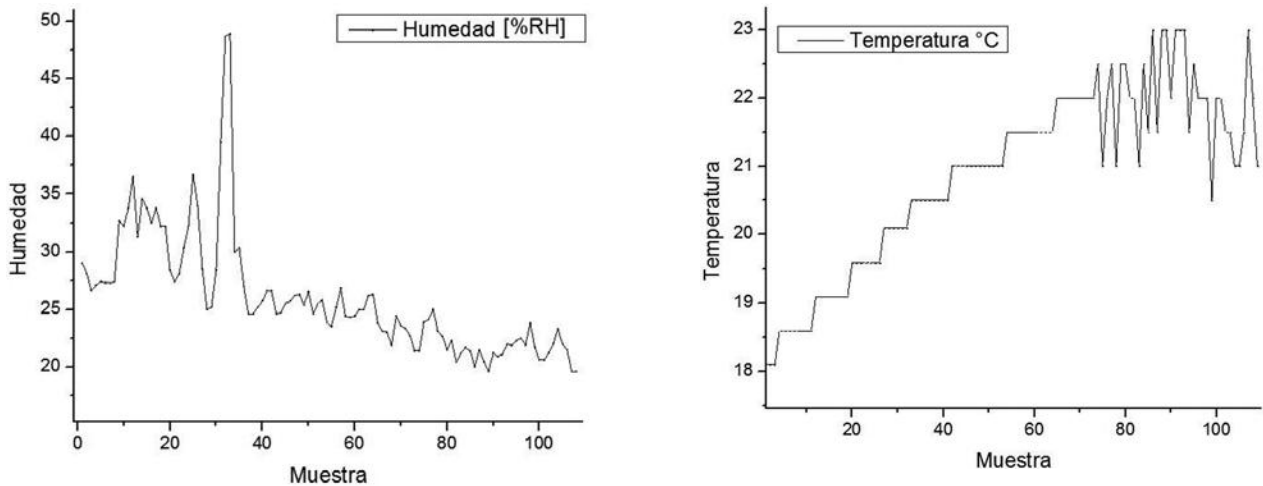


Figura 3.2. Grafica de humedad (izquierda) y temperatura (derecha) de los datos obtenidos por CanSat Itzamna

La troposfera es la franja de 0-10km a nivel del mar, en ella se concentra la mayor cantidad de humedad. Aunque la altitud aumentada fue 500mts se puede observar como disminuye al aumentar la altitud.

En la gráfica de la derecha de la figura 3.2 muestra una disminución de 2 a 2.5°C al aumentar la altitud. En las gráficas se presenta un desfase entre ellas eso se debe a que el muestreo de datos se toma en tiempos distintos y al usar retardos los datos adquiridos se presenta un error. En la resolución de los sensores usados fomentan un error pequeño y aunque es apreciable el error la representación de la realidad es muy próxima.

Conclusiones

Los resultados obtenidos son los esperados en las simulaciones, Los valores almacenados son muy próximos a los reales y es posible mejorarlo al proponer mejores sensores con una alta velocidad de muestreo.

El caso no previsto fue que al caer encima de los árboles, lo que provocó la desconexión de la antena. Al llegar a tierra la comunicación se perdió y al acomodar la antena la comunicación se estableció. En la figura 4.1 se observa la lata y en la figura 4.2 se ve la recepción de los datos después del lanzamiento.

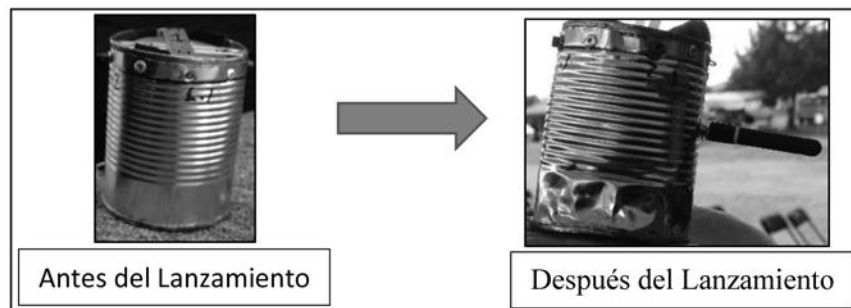


Figura 4.1 imágenes del antes y el después del lanzamiento del CanSat

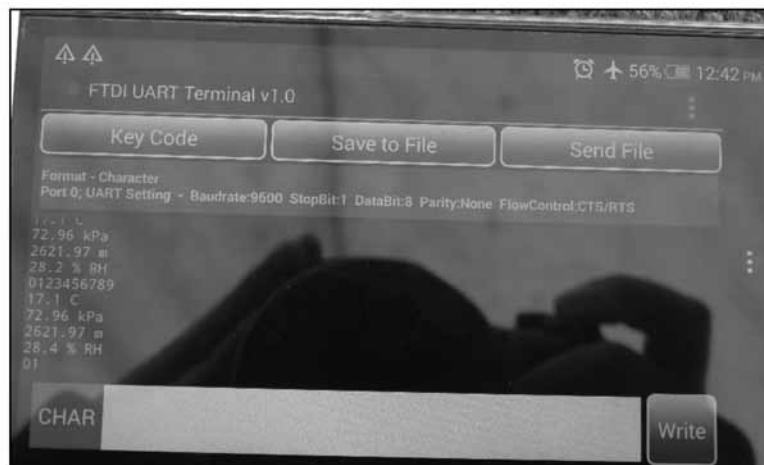


Figura 4.2. Recepción de datos después del lanzamiento del CanSat

La predicción del clima es posible usando el CanSat. El bajo costo, el uso de cualquier Smartphone como estación terrena y con un menor peso son ventajas para este proyecto. Es común encontrar estaciones meteorológicas a una altitud en especial, este CanSat puede proporcionar información barriendo cierta altitud y es escalable para usar diversos sensores realizándolos para un uso en especial. Por el bajo costo se pueden emplear varios obteniendo datos de diversa naturaleza.

LUNARSAT

PRESENTACIÓN

Nosotros somos el equipo LuNArSat, nombre compuesto por las iniciales de nuestros nombres Lucía, Nacho (Ignacio) y Arturo, y la terminación –Sat, abreviación de “satélite” y que además hace referencia a nuestra inserción al concurso CanSat.

Somos un equipo emprendedor, que nos gustan los retos y la innovación tecnológica para el progreso científico y del conocimiento en beneficio de la humanidad.

Nos enteramos del concurso por la convocatoria publicada en la Gaceta UNAM en noviembre de 2013 así fue como supimos que un CANSAT es una simulación de un satélite real, integrado dentro del volumen y forma de una lata de refresco.

Sabemos que en varias instituciones extranjeras ya se ha realizado un ejercicio didáctico donde con creatividad y conocimientos de ingeniería se transforma una lata de refresco en un pequeño satélite capaz de enviar distintos datos durante su caída libre.

En la convocatoria y algunas publicaciones en internet encontramos más información sobre el proyecto, innovador en México, que había empezado con un curso a principios de 2013 y que representaba un desafío para los estudiantes quienes debían incorporar todos los subsistemas principales que se encuentran en un satélite dentro de un volumen mínimo, el equivalente al de una lata.

Cuando vimos la convocatoria para diseñar una misión nos pareció muy interesante hacerla porque implicaba pensar en algunos aspectos sobre cómo sería estar en el espacio. “Siempre me ha interesado la astronomía y en general las ciencias” (Arturo), “Despierta mi interés por la tecnología aeroespacial” (Nacho), “es la oportunidad de integrar una vez más un equipo interdisciplinario, ahora hacia las estrellas” (Lucía).

La dificultad radicaba en soportar un lanzamiento de caída libre al tiempo de llevar a cabo un experimento científico y lograr un aterrizaje adecuado.

Percibimos una oportunidad única como estudiantes para tener una experiencia práctica de un proyecto espacial real. Tendríamos que encargarnos de todo lo necesario para implementar alguna misión e integrar un equipo donde podíamos convivir estudiantes tanto de licenciatura como de posgrado de distintas carreras, algo poco frecuente en proyectos académicos con perspectivas internacionales.

“Este concurso involucra mucho de lo que he visto en mi formación académica con una nueva visión, la cual no había cruzado por mi mente. Siento que poder participar en este proyecto me permitirá aplicar los conocimientos adquiridos durante mi formación como ingeniero en mecatrónica y al mismo tiempo me permitirá ser creativo ya que no estoy

familiarizado en esta área. También me ayudará a investigar sobre la gran variedad de componentes que se encuentran en el mercado y así tener un panorama más amplio de las herramientas con las que cuento, no sólo para este concurso, sino para cualquier otro problema que se presente en un futuro. Es una gran oportunidad para relacionarme con la tecnología aplicada en satélites y difundir los temas relativos al Espacio, en la comunidad universitaria y poco a poco en todo el país”. (Nacho)

“Uno de mis motivos es aprender de mis compañeros porque cada uno de ellos tiene algo que me puede compartir, y hacer mejor el proyecto. También ver en qué se puede aplicar nuestra misión, para mejorar la vida. Me interesa participar en el proyecto porque la tecnología se inventa para aprovecharla y con ella inventar nuevas cosas. Va a ser un reto para mí y para el equipo poder hacerlo pero lo vamos a lograr”. (Arturo)

“Desde antes de ingresar a la universidad me han atraído mucho las ciencias, en especial la química y la biología así como otras ciencias de la tierra quienes han despertado en mi curiosidad por conocer más de cerca nuestro planeta y aprovechando la tecnología, me gustaría incursionar en el campo de la astrobiología. Eventualmente quisiera ligar los conocimientos de las neurociencias con las ciencias del espacio, ya que en ambos casos, su estudio conlleva una importante conjunción de disciplinas” (Lucía)

Conformar un equipo interdisciplinario implica complementarnos a partir de la experiencia de unos, las inquietudes del otro y lo que cada uno tiene para dar. Al ser de áreas distintas del conocimiento pero con intereses comunes podemos consolidar un proyecto estudiantil de nivel internacional que nos permita por un lado aprender más y por otro, seguir nuestros sueños de llegar tan lejos como el Espacio lo permita. Hacer lo que más nos gusta colaborando como equipo será mucho más enriquecedor que trabajar separados. Los tres somos amigos acostumbrados a la excelencia, lograda con disciplina, compromiso, responsabilidad y perspectivas en expansión.

A continuación una semblanza de la trayectoria de cada integrante:

Elsa Lucía Orozco Villegas.

Actualmente tesista de la Licenciatura en Pedagogía, FFyL, UNAM.

Ha realizado estancias de investigación en el Instituto de Neurobiología, UNAM, campus Juriquilla Becada por la Academia Mexicana de Ciencias (2013); el Centro de geociencias, UNAM Juriquilla y los laboratorios de ParisAgroTech bajo la dirección del químico francés Hervé This (2011). Intercambio académico en el Institut d'Études Politiques, Sciences Po Paris. Becada por la UNAM y la Embajada Francesa (2011-2012). Investigación sobre "Contaminación atmosférica. Estudio de caso: delegación Benito Juárez" (2007), en representación del Instituto Simón Bolívar, con el apoyo de autoridades del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México y el actual Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, antes INE.

Delegada en PIMUN: Paris International Model United Nations. Clausura en las instalaciones de la UNESCO (Paris, Francia 2012) y miembro del Comité Organizador en la Secretaría Académica durante la Sexta edición del Modelo de Naciones Unidas de la UNAM 2013 (Moderación y Asesoría para la Organización Internacional de la Francofonía, eje temático: COOPERACIÓN para el Desarrollo).

Entre las actividades de divulgación científica en las que ha participado se encuentran: Conferencia sobre el Verano de la Investigación Científica en la Fiesta de las Ciencias y las Humanidades organizada por la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (2013); redacción de artículo sobre educación ambiental "El globo en nuestras manos" publicado por la revista El extranjero de la Facultad de Derecho, UNAM (2013); Noche de las estrellas, Acapulco 2012: responsable de telescopios; conferencia sobre Programas interdisciplinarios, un estudio comparativo, en la Universidad de Barcelona, España invitada por la Dra. Violeta Núñez (2012); actividades de la Asociación De Estudiantes, BDE de Sciences Po-Paris (2011-2012), ponencia en el Décimo Encuentro de estudiantes de Pedagogía y Ciencias de la Educación organizado por la Universidad Veracruzana, el Colegio de Pedagogos de México y la revista Paedagogium. (2011)

Ignacio Carlos Cruz López

Actualmente estudiante de maestría en el programa de maestría y doctorado de la Facultad de Ingeniería en Ingeniería Mecánica, UNAM.

Graduado con honores de la Facultad de Ingeniería de la licenciatura en Ingeniería Mecatrónica, UNAM (2008-2012). Estudió una Especialidad Básica en Diseño Gráfico Digital, Universidad CNCI de México, Plantel Balbuena (2007-2008). Realizó el estudio de "Teacher's Course", Harmon Hall (2007).

Ha realizado trabajos en colaboración con el Centro de Investigaciones de Diseño Indus-

trial (CIDI) y la Universidad de California, Berkeley (UCB) en grupos interdisciplinarios (2011 y 2013).

Intercambio académico en Macquarie University, Sídney, Australia becado por la Dirección General de Cooperación e Intercionalización (DGECI), UNAM (2012).

Voluntario en el Área de Tecnologías de la Información y Diseño Gráfico en la empresa social “Good Return”, Australia (2012). Presentador de artículos en el Congreso Internacional Anual de la SOMIM edición XVIII (clave de artículo: A1 262) y XIX (clave de artículo: A2 303), (2012 y 2013).

Arturo Carreté Chávez

Actualmente Segundo semestre de Licenciatura Ingeniería Electrónica UNAM.

Siempre le han interesado las ciencias y más las espaciales ya que ellas son la última frontera del hombre, el camino hacia el futuro. Ha trabajado dando asesorías de ciencias para niños. Asesorías de computación, de matemáticas, de física, de literatura, de lógica. También ha hecho páginas web y mantenimiento de ellas.

Las actividades científicas que ha realizado son cursos impartidos por el Universum sobre astronomía y el espacio. El curso de la sociedad astronómica de la UNAM. Ha participado en observaciones celestes y concurso de química de preparatoria.



INTRODUCCIÓN

Marco teórico:

Los satélites artificiales son plataformas espaciales construidas por el hombre sobre las cuales se puede instalar una multitud de equipos según su finalidad¹.

Los satélites necesitan un sistema de control térmico para mantener la temperatura del satélite dentro de unos límites razonables ya que la temperatura del espacio es de 100 bajo cero. Deben contar con un sistema de orientación para corregir, mantener su posición, y saber dónde está. La posición y orientación son esenciales para algunos satélites como telescopios. Los satélites tienen que tener un sistema de comunicación y uno central; esos son los que obtienen datos, los que los reducen y envían².

Los giroscopios son instrumentos cuya orientación permanece fija en el espacio lo que permiten detectar el cambio de posición del satélite, como será el caso de nuestro cansat. Existen 5 tipos de satélites que son los siguientes³:

- 1) satélites de telecomunicación: son los que sirven para retransferir las comunicaciones (de teléfono, televisión, internet, etc.) de un lugar a otro del planeta y constituyen la parte más importante de los satélites en órbita hoy en día.
- 2) satélites de observación de la tierra: son muy importantes ya que es lo que el espacio nos da, observarlo.

Los satélites de meteorológicos poseen instrumentos de observación que pueden ser cámaras (en el espectro visible, infrarrojas, etc.) o radares. Estos instrumentos captan nubes y su evolución, lo cual permite a los meteorólogos realizar sus predicciones del tiempo. La observación de la tierra con fines científicos o medioambiente se realizan en general con cámara ópticas o infrarrojas o con radares.

El satélite de observación del medioambiente más grande lanzado por la agencia espacial europea es Envidat. Puesto en órbita por Ariane 5 en marzo de 2002, este gran satélite de más de ocho toneladas incluye una decena de instrumentos de observación que son una forma importante de información sobre nuestro planeta: espectrómetros para medir los gases astronómicos, elementos de medición de la capa de ozono y de la temperatura de los océanos, de la humedad y de la biomasa (vegetación), un radar para medir el tamaño de las olas en el océano, etc. Otro satélite europeo fue lanzado en abril de 2010 que observa las capas de hielo de los polos mediante un radar.

La observación desde el espacio puede ser indispensable para evitar catástrofes naturales.

- 3) satélites de posicionamiento y navegación: la navegación vía satélite se basa en un principio geométrico muy sencillo la triangulación. El principio se puede explicar

¹ Iranzo Greus David. De la tierra al espacio. Cómo funciona la tecnología que nos ayuda desde el exterior. Cátedra de divulgación de la ciencia. Valencia 2011. p. 71.

² Ibidem pp. 72-73.

³ Ibidem pp. 76-89.

simplemente en dos dimensiones. Supongamos que estamos simplemente sobre la tierra, donde vemos dos satélites, y consideramos que sabemos exactamente a qué distancia estamos de cada uno de los dos. Si conocemos la distancia a los dos satélites, solo hay dos puntos posibles donde podemos estar, en la interacción de dos circunferencias alrededor de cada superficie. Generalmente uno de los dos puntos no se puede corresponder a nuestra posición (puesto que se encuentra bajo tierra o en el espacio). Así podemos saber cuál es nuestra posición. El mismo principio se aplica con más satélites.

- 4) satélites de observación del universo, telescopios espaciales: su nombre dice su funcionamiento, es de los primeros usos de telescopio para lograr descubrimientos y conocer más del universo. El más conocido es el Hubble puesto en órbita por la NASA en 1990.
- 5) satélites científicos y experimentales: pueden incluir un panel bastante heterogéneo de plataformas, cuyas finalidades también diversas, pueden ser la demostración de teorías científicas o la demostración de tecnologías especiales antes de su utilización en satélites operaciones.

Respecto a la vida en el espacio, se considera a la Astrobiología como una ciencia nueva. Los astrobiólogos ven en Marte su mayor esperanza de hallar vida no terrena en el Sistema Solar.⁴

LuNArSat por lo tanto será un satélite de observación de la tierra, meteorológico, de observación del universo y científico.

Para desarrollarlo, sabíamos que teníamos que tomar en cuenta las especificaciones del CanSat descritas en la convocatoria.

Especificaciones del CanSat en la convocatoria:

- Las dimensiones y forma máximas del CanSat, una vez ensamblado, no deberán exceder a las equivalentes del cilindro de una lata de refresco de 355 mililitros.
- La antena de telecomunicación puede colocarse fuera del CanSat y su dimensión máxima debe ser menor que la dimensión más grande de la lata.
- No deberá tener componentes peligrosos o explosivos.
- El peso máximo del CanSat ensamblado, incluyendo la batería y la antena, no deberá ser mayor a 370 gramos.
- El CanSat deberá resistir el impacto de aterrizaje.
- No deberá tener paracaídas.
- El ancho de banda será asignado por los organizadores después del registro a la convocatoria. Es motivo de descalificación si la electrónica de transmisión utilizada genera interferencias con las demás.

⁴ John Mix Lucas. La vida en el espacio, La nueva ciencia de la astrobiología. Crítica, Barcelona 2010. p. 171.

Y cumplir con los objetivos para todas las misiones.

Objetivos del proyecto:

De acuerdo con lo estipulado en la convocatoria del concurso, los objetivos que todas las misiones debían contemplar son los siguientes:

- Los CanSat deberán al menos transmitir o calcular altitud, presión y temperatura durante el trayecto de vuelo.
- La misión deberá ser complementada con al menos un objetivo científico determinado por cada equipo.
- La caída del CanSat deberá ser contemplada para transmitir máximo desde 4 Km de altitud sobre el nivel del piso

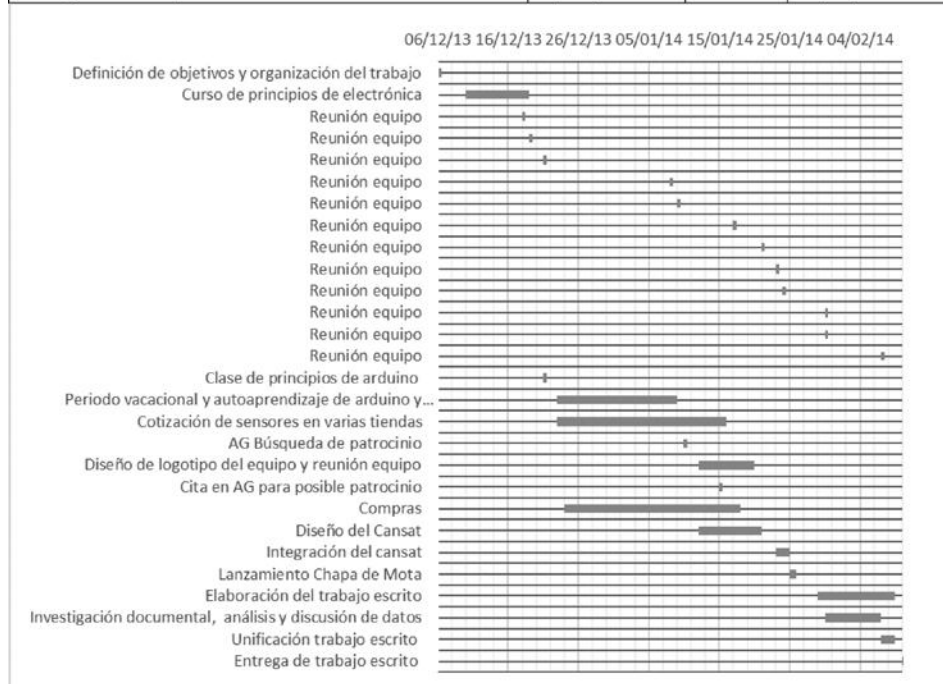
Así que organizamos nuestro trabajo en función de ello.

Plan de acción:

En la siguiente tabla y gráfica se presentan las actividades realizadas en las fechas señaladas. El trabajo en equipo se articuló con división de tareas y retroalimentación en conjunto. Los tres integrantes del equipo participamos en los momentos de organización, definición de objetivos, integración y unificación, mientras que tareas más específicas estuvieron divididas: Lucía y Arturo prioritariamente a cargo de diseño y misión científica, e Ignacio a cargo de la selección de componentes electrónicos y de la programación.

Trabajos	Fecha de inicio	Duración	Fecha a terminar
Definición de objetivos y organización del trabajo	06/12/2013	0.5	06/12/2013
Curso de principios de electrónica	10/12/2013	9	19/12/2013
Reunión equipo	18/12/2013	0.5	18/12/2013
Reunión equipo	19/12/2013	0.5	19/12/2013
Reunión equipo	21/12/2013	0.5	21/12/2013
Reunión equipo	08/01/2014	0.5	08/01/2014
Reunión equipo	09/01/2014	0.5	09/01/2014
Reunión equipo	17/01/2014	0.5	17/01/2014
Reunión equipo	21/01/2014	0.5	21/01/2014
Reunión equipo	23/01/2014	0.5	23/01/2014
Reunión equipo	24/01/2014	0.5	24/01/2014
Reunión equipo	30/01/2014	0.5	30/01/2014
Reunión equipo	30/01/2014	0.5	30/01/2014
Reunión equipo	07/02/2014	0.5	07/02/2014
Clase de principios de arduino	21/12/2013	0.5	21/12/2013
Periodo vacacional y autoaprendizaje de arduino y programación en C.	23/12/2013	17	09/01/2014
Cotización de sensores en varias tiendas	23/12/2013	24	16/01/2014
AG Búsqueda de patrocinio	10/01/2014	0.5	10/01/2014

Diseño de logotipo del equipo y reunión equipo	12/01/2014	8	20/01/2014
Cita en AG para posible patrocinio	15/01/2014	0.5	15/01/2014
Compras	24/12/2013	25	18/01/2014
Diseño del Cansat	12/01/2014	9	21/01/2014
Integración del cansat	23/01/2014	2	25/01/2014
Lanzamiento Chapa de Mota	25/01/2014	1	26/01/2014
Elaboración del trabajo escrito	29/01/2014	11	09/02/2014
Investigación documental, análisis y discusión de datos	30/01/2014	8	07/02/2014
Unificación trabajo escrito	07/02/2014	2	09/02/2014
Entrega de trabajo escrito	10/02/2014	0.5	10/02/2014



Objetivos de nuestra misión:

- Transmitir en tiempo real:
 - Altitud del satélite respecto al nivel del mar,
 - Presión atmosférica,
 - Temperatura y humedad ambiental,
 - Tiempo transcurrido.
- Medir por telemetría:
 - la orientación del satélite.
 - la aceleración del satélite.
 - la dirección magnética de la Tierra.
- Transmitir máximo desde 4 Km de altitud sobre el nivel del piso.

Objetivos científicos de LuNArSat:

A partir de los datos del sensado:

- Pronosticar bajo qué condiciones de temperatura y humedad ocurriría una precipitación de agua en la superficie terrestre.
- Determinar la posición y orientación en todo momento para realizar observaciones estelares y tener referencias de ubicación.
- Determinar si se cumplen las condiciones mínimas de humedad, temperatura y presión para la vida en el espacio exterior.

Objetivos educativos de LuNArSat:

- Aplicar conocimientos previos para desarrollar tecnología espacial.
- Adquirir experiencia en misiones científicas.
- Difundir nuestra experiencia y colaborar con otras personas e instituciones interesadas en el estudio del espacio exterior.

Recursos y materiales:

Cotización Física del Cansat	
Materiales	Costo
Espuma Poliuretano	\$130
Tornillos	\$12
Lámina de acero	\$100
Lámina de acero para prototipo	\$25
Pesas	\$15
Resortes	\$90
*Playeras	\$315
Total:	\$687

No se utilizaron algunos materiales ya que el diseño se cambió para reducir algunas medidas.

*Las playeras estampadas con el logotipo de LuNArSat (diseño exclusivo) tenían el objetivo de uniformar al equipo en su presentación el día del lanzamiento. Se incluyó en la parte física de la cotización aunque no corresponde a la parte física del satélite.

Cotización Física utilizada en el LuNArSat	
Espuma Poliuretano	\$130
Tornillos	\$12
Lámina de acero	\$100
Pesas	\$15
	\$257

Cotización Física utilizada en el LuNArSat	
Espuma Poliuretano	\$130
Tornillos	\$12
Lámina de acero	\$100
Pesas	\$15
	\$257

Cotización Electrónica del Cansat	
Sensores	Costo
USA Presión Barométrica	\$41.18
USA Temperatura y humedad	\$119.54
USA Temperatura	\$25.24
USA Arduino Xbee bluetooth	\$85.01
USA Shield Arduino	\$87.00
USA Adaptador de batería 9V	\$31.61
USA Cables macho hembra	\$22.58
USA Giroscopio, magnetómetro, acelerómetro, temperatura, altitud	\$136.54
MEX Presión barométrica	\$100
MEX humedad y temperatura	\$85
MEX Adaptador de pila 9V	\$15
Mex Cables macho hembra	\$100
Arduino	\$356
MEX Shield Arduino	\$306
Xbee	\$313
Xbee	\$313
Pila 9V	\$35
Total:	\$2,171.56

No se utilizaron varios sensores que compramos porque como fueron pedidos a Estados Unidos no llegaron a tiempo para el lanzamiento.

Cotización Electrónica utilizada en el LuNArSat	
MEX humedad y temperatura	\$85
MEX Adaptador de pila 9V	\$15
Mex Cables macho hembra	\$100
Arduino	\$356
MEX Shield Arduino	\$306
Xbee	\$313
Xbee	\$313
Pila 9V	\$35
USA Giroscopio, magnetómetro, acelerómetro, temperatura, altitud	\$136.54
	\$1,659

Nuestra base en tierra fue una computadora HP pavilion dv6, sistema operativo windows 8.1n, procesador i7 de 64bits, memoria RAM 8GB. Propiedad de uno de los integrantes del equipo.

SELECCIÓN DE MATERIALES:

Los criterios de selección fueron las especificaciones de la convocatoria y los objetivos de nuestra misión. Los materiales seleccionados para conformar el satélite tenían que cumplir los requisitos necesarios para que se obtuvieran óptimos resultados.

Materiales para la parte Física:

Para la estructura del satélite se eligió la lámina de acero con agujeros porque el acero es un material durable, resistente, moldeable, y barato. La decisión de que tuviera agujeros fue para que por ellos pasara el viento o aire y con esto, el CanSat opusiera menos resistencia. Además, ya que entre nuestros objetivos está medir aspectos atmosféricos: humedad, temperatura, presión, con los agujeros tenemos una mayor precisión en los cálculos y posiblemente un mayor cambio en las mediciones.

A continuación se muestra una tabla de comparación en la que aparece la propiedad de densidad de los metales más comunes.

Material	Densidad
Aluminio	2698.4 kg/cm ³
Acero	7850 kg/m ³

Tabla 1. Comparación de propiedades

Calculamos la fuerza de impacto en la caída de objetos para saber la resistencia de cada material de la carcasa sin contar los sensores. Además de la fuerza de impacto de nuestro CanSat. Sin contar la fuerza del aire.

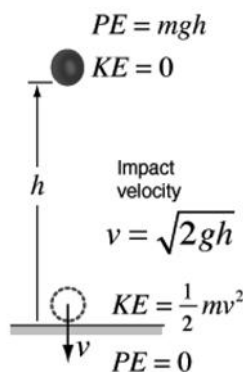


Figura 1. Caída Libre Para obtener la fuerza media de impacto es necesaria esta fórmula $F = K.E./D$. La variable “D” representa la distancia recorrida por el objeto durante el impacto.

Si la lámina de acero tiene una masa $m=0.136$ [kg] y se deja caer desde una altura $h=500$ [m], se calcula la velocidad justo antes del impacto siendo esta de $v=98.9949$ [m/s] donde la energía cinética justo antes del impacto es $K.E. = 666.4$ [J].

La fuerza media del impacto $F = 9.520$ [N]

Si la lámina de aluminio de masas $m= .136$ y se deja caer desde una altura $h=500$ entonces su velocidad justo antes del impacto es de $v=98.9949$ m/s. la energía cinética justo antes del impacto es igual a $K.E. = 666.4J$

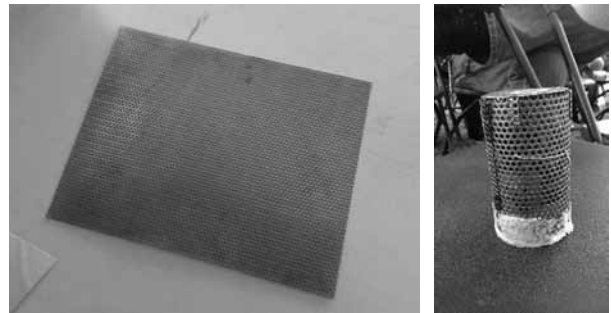
Calculo de impacto del LuNArSat

Si el CanSat pesa $m = 0.305$ [kg] se deja caer desde una altura $h=500$ [m] entonces su velocidad justo antes del impacto es de $v= 98.9949$ [m/s] y la energía cinética justo antes del impacto es igual a $K.E.= 1494.5$ [J].

Si, además sabemos que la distancia que viaja el objeto después del impacto es $d= 70$ m entonces se puede calcular la fuerza de impacto, usando el principio trabajo energía. La fuerza media de impacto $F = 21.35$ N

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 * (500)}{(9.8)}} = 10.1015 \text{ [s]}$$

Un objetivo físico de diseños es que caiga de forma vertical para que la energía se distribuya en la parte de la espuma y logremos que no afecte a los sensores dentro de él.



Buscamos un material que nos ayudara a absorber la energía del impacto para evitar la deformación del cansat. En esa búsqueda llegamos a la conclusión que la mejor opción

es la espuma poliuretano que se utiliza para construir casas en USA. Con esta espuma la pondríamos en la parte inferior de nuestro diseño, la moldearíamos para que quedase del mismo tamaño que nuestro cansat y le pondríamos unas pesas dentro de ella para que la gravedad la jale hacia abajo y podamos hacer que caiga de forma vertical.



Materiales para la parte electrónica:

De acuerdo a las especificaciones del concurso y a los objetivos que nos planteamos como equipo, los datos que se medirán en nuestro satélite serán los siguientes:

- Orientación
- Aceleración
- Dirección de la señal magnética de la tierra (el norte)
- Presión atmosférica
- Porcentaje de humedad del aire
- Temperatura del ambiente

Para ello, nos dimos a la tarea de hacer una investigación de mercado y poder encontrar los sensores que pueden satisfacer nuestras necesidades. Obtuvimos lo siguiente.

Orientación

El sensor que nos puede dar esa información es el giroscopio, el cual, es un dispositivo mecánico que sirve para medir, mantener o cambiar la orientación en el espacio de algún aparato.

Decidimos este sensor L3G4200D porque al compararlo con el Imported LISY300AL, se notó una gran variación en el precio de forma que el L3G4200D tiene un costo mucho menor. También nos fijamos en las hojas de datos de cada uno de ellos para saber cual nos podría dar una respuesta más rápida en la cual, el sensor L3G4200D demostró ser el más apto.



Figura 3. Sensor L3G4200D

Aceleración

Elegimos el sensor acelerómetro porque es un instrumento que mide aceleraciones, el cambio de la velocidad del dispositivo en el espacio. El sensor ADXL345 fue nuestra elección porque su tiempo de respuesta es muy rápido y nos da sus datos en xyz del espacio. El precio de este sensor es adecuado a su contenido.



Figura 4. Sensor ADXL345

Dirección del norte

El sensor que nos atribuye esta información es el magnetómetro o también conocido como brújula que es un dispositivo que sirve para cuantificar la dirección en fuerza o dirección de la señal magnética de la tierra.

Decidimos seleccionar el sensor HMC5883L por la comparación con el MAG3110 en donde el precio disminuía bastante. Ya que su función era muy parecida al igual que su forma de transmisión de datos.

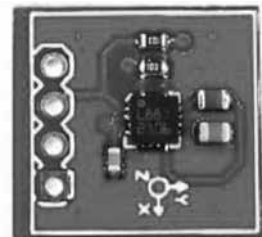


Figura 5. Sensor HMC5883L

Presión atmosférica

Para medir la presión atmosférica y presión en general se utiliza un barómetro, el cual, es un instrumento que mide la presión atmosférica, definida ésta como el peso por unidad de la superficie ejercida por la atmósfera.

El mejor sensor que nos da estos datos es el BMP085 que esta 25 pesos más barato que el M5611 que no es compatible con Arduino y su recepción de datos es un poco lento



Figura 6. Sensor BMP085

Porcentaje de humedad

El dispositivo que nos funciona es el sensor de humedad. La humedad es el vapor presente en la atmosfera.

Elegimos este sensor para inferir la presencia de agua en la atmósfera. La humedad, así como la temperatura son factores muy importantes en la atmósfera. La humedad es agua y el agua es sinónimo de vida. También elegimos este sensor para ahorrar espacio ya que este tiene el sensor incluido de temperatura



Figura 7. Sensor DH11

Temperatura

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio, o frio que se mide normalmente con un termómetro.

El sensor de temperatura es el mismo que el de humedad, como anteriormente se dijo se compró ese para ahorrar espacio en el CanSat, pero también su precio era adecuado para lo que ofrece de medidas de reacción.

El sensor de barómetro que es el que mide la presión también tiene incluida la medición de temperatura, utilizaremos los dos sensores para tener una mayor exactitud en los datos y poder compararlos.

SENSOR IMU (Unidad de medición de inercia)

Un sensor IMU es un dispositivo que tiene un movimiento con 9 grados de libertad, diseñado para aplicaciones de bajo consumo, bajo energía y altas prestaciones. Además de que ofrece acceso a todos los pines del sensor integrado. La ventaja de estos sensores es que se pueden tener varios sensores en uno.

Un sensor de estos fue pedido desde USA, el GY-80 el cual es un sensor multifuncional ya que contiene varios sensores dentro de él, en este sensor podemos medir casi todas las características que se quieren cubrir. Con este sensor ahorramos mucho espacio y peso dentro del CanSat, ya que con los otros sensores se necesitaba una gran cantidad de cables y con este solo usamos 7.

También este sensor tiene un gran tiempo de recibo de datos, que eso nos ayuda a ser más específicos en la información recibida de ellos. El precio del sensor estaba muy bien puesto ya que era barato para todo lo que nos puede dar. Los sensores multi, también son muy funcionales a la hora de pro-

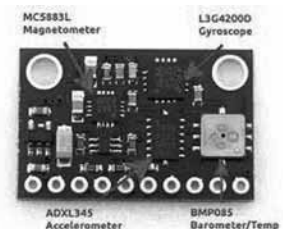


Figura 8. Sensor GY-80

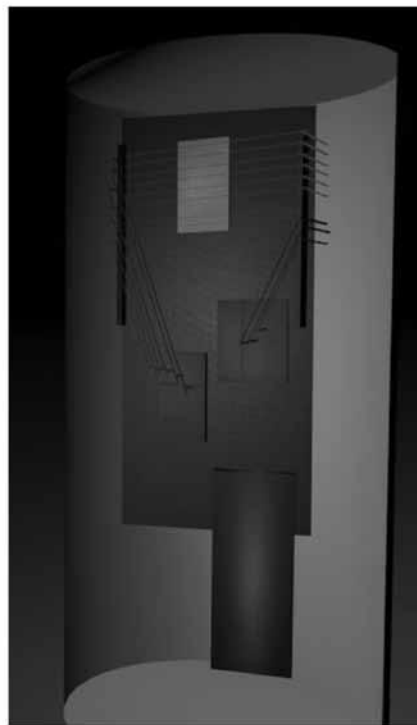
gramar ya que todo está concentrado en un sensor solo tienes que especificar los aspectos generales.

La decisión de los sensores que compramos y elegimos usar en el CanSat fue de acuerdo a la exactitud y velocidad que nos proporcionan los sensores de transmisión y recepción de datos. Con la tabla de datos de los sensores la observamos, la discutimos para saber cuál sensor es el mejor conveniente para las mediciones de nuestro CanSat.

Desarrollo del satélite:

Diseño:

Símbolos:	Que representan:
Cuadro color Amarillo:	Xbee
Cuadro color rojo:	Sensores
Rectángulo color verde:	Pila
Rectángulo color azul:	Arduino
Cilindro plateado	Carcasa
Líneas verdes:	Cables.



2 cm

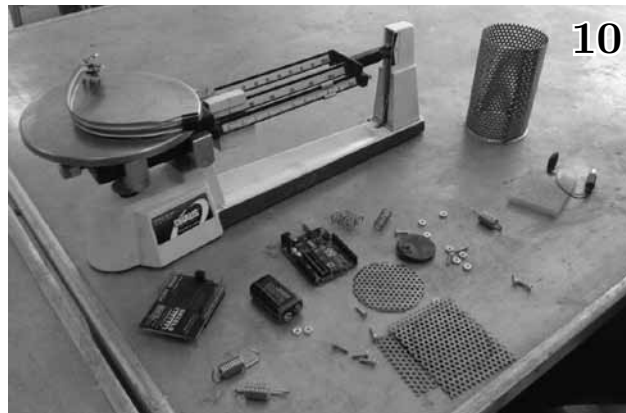
11 cm

8 cm

7 cm

6 cm

Construcción del Cansat:



- 1) Medimos la lámina (de acuerdo con las medidas del cansat) para ser cortada.
- 2) Cortamos la lámina con la cizalla (máquina para cortar metal).
- 3) Rolamos la lámina con la roladora (máquina para doblar lámina) para que tuviera una forma cilíndrica.
- 4) Al tener la forma cilíndrica pegamos la lámina por las esquinas para que no se desdoblara. Para ello utilizamos soldadura de punto o punteadora (máquina para soldar fácilmente en forma de punto).
- 5) Cortamos la tapa del cansat en forma circular.
- 6) Soldamos la tapa con la punteadora para que tuviera 4 pestañas y lograra sostenerse del chasis con tornillos.
- 7) Hicimos pruebas con la espuma de poliuretano.
- 8) Una vez terminadas las pruebas con la espuma.
- 9) procedimos a aplicarla en el cansat ya rolado y soldado. Le pusimos una protección de cinta adhesiva y una lámina de acero sin orificios para que la espuma se mantuviera en el fondo y no se expandiera.
- 10) Después de 25 minutos verificamos que la consistencia estuviera bien, y no se expandiera dentro de la lata.
- 11) Pesamos todos los materiales del cansat para tener un aproximado de cuánto pesa y no rebasar el límite.
- 12) Este procedimiento lo hicimos dos veces una para la prueba y otra para el lanzamiento.

La prueba no la hicimos con el circuito al interior de la carcasa para evitar daños, sin embargo simulamos los componentes con objetos del mismo peso. El lanzamiento fue con todos los microcomponentes y un lastre adherido en el piso de la carcasa para dirigir la caída hacia el extremo con la espuma.

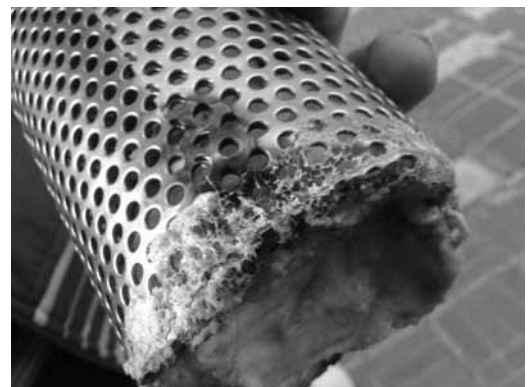
El logotipo de nuestro equipo lo pegamos en la tapa de la carcasa.



Prueba de lanzamiento:

Antes del día del concurso realizamos una prueba de lanzamiento desde la azotea de la Torre de humanidades en Ciudad Universitaria. La Torre cuenta con 14 pisos es decir, una altura aproximada de 50 m. El tiempo de caída fue de 3 segundos.

El cansat sólo sufrió un leve golpe en la parte inferior de su estructura donde pegó en el piso (como se muestra en la imagen), por lo demás quedó intacto.



Después de terminar las pruebas en el diseño de la carcasa, nos concentramos en la programación de los sensores y en la transferencia de datos que envía el xbee hacia al computadora.

Parte electrónica:

Para la integración de la electrónica, los elementos seleccionados que serán utilizados para formar parte de nuestro satélite son los siguientes:

- Microcontrolador ARDUINO UNO
- Transmisor y receptor de datos en RF XBEE PRO S2
- Shield para ARDUINO de XBEE
- Explorador USB de XBEE
- Sensor de Temperatura y Humedad DHT11
- Sensor de 10GDL IMU
 - Barómetro
 - Giroscopio
 - Acelerómetro
 - Magnetómetro

Así, con estos elementos es posible realizar una conexión exitosa entre nuestro satélite y poder hacer la medición de los siguientes datos:

- Orientación
- Aceleración
- Dirección de la señal magnética de la tierra (el norte)
- Presión atmosférica
- Porcentaje de humedad del aire
- Temperatura del ambiente

A partir de algunos datos se pueden realizar los cálculos para la obtención de otros. A continuación se mencionarán los cálculos correspondientes que se realizaron para la obtención de nueva información.

A partir de la presión atmosférica, la cual el sensor nos provee en Pascales, podemos calcular la altura a la que nos encontramos con respecto al nivel del mar realizando la siguiente operación:

$$Altitud = \frac{1 - \left(\frac{Presión (Pa)}{101325} \right)^{1/5.25588}}{0.0000225577}$$

De los datos de temperatura (en grados centígrados) y % de humedad en la atmósfera, se puede calcular el punto de rocío (Dew Point) del lugar, para ello, los cálculos que se realizarán corresponden a lo indicado en la hoja de datos de nuestro sensor.

$$A_0 = \frac{373.15}{(273.15 + Temp)}$$

$$Sum1 = -7.90298 * (A_0 - 1)$$

$$Sum2 = 5.02808 * \log(A_0)$$

$$Sum3 = -1.3816 * 10^{-7} * \left[10^{\left(11.344 * \left(1 - \frac{1}{A_0}\right)\right)} - 1 \right]$$

$$Sum4 = 8.1328 * 10^{-3} * \left[10^{(-3.49149 * (A_0 - 1))} - 1 \right]$$

$$Sum5 = \log(1013.246)$$

$$Sum = Sum1 + Sum2 + Sum3 + Sum4 + Sum5$$

$$VP = 10^{(Sum-3)} * Humidity$$

$$TV = \log\left(\frac{VP}{0.61078}\right)$$

$$DewPoint = \frac{241.88 * T}{17.558 - T}$$

Xbee

El software que se utilizó para la configuración de los módulos de RF XBEE PRO S2 fue XCTU v6.1.0, el cual nos brinda un rápido acceso a los datos de configuración que se encuentran actualmente programados en el módulo y con la facilidad de cambiarlos de manera sencilla.

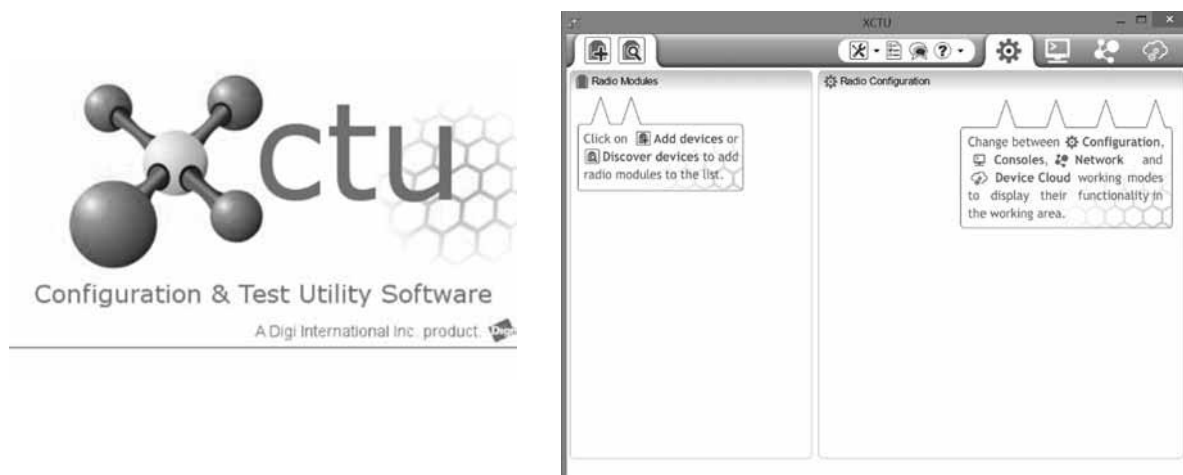


Figura 26. Software XCTU

El beneficio más importante que nos brinda transmitir los datos con el uso de los módulos XBEE es que la transmisión de datos, es decir, la comunicación entre módulos es de manera serial, por lo que no es necesaria una programación extra en el microcontrolador para el envío de los datos.

Arduino

Para recabar los datos que nos generen los sensores, se utilizó el microcontrolador ARDUINO el cual cuenta con su propio software de desarrollo que brinda una interfaz simple y de fácil uso, el cual utilizamos para poder programar nuestros sensores y el envío de datos.

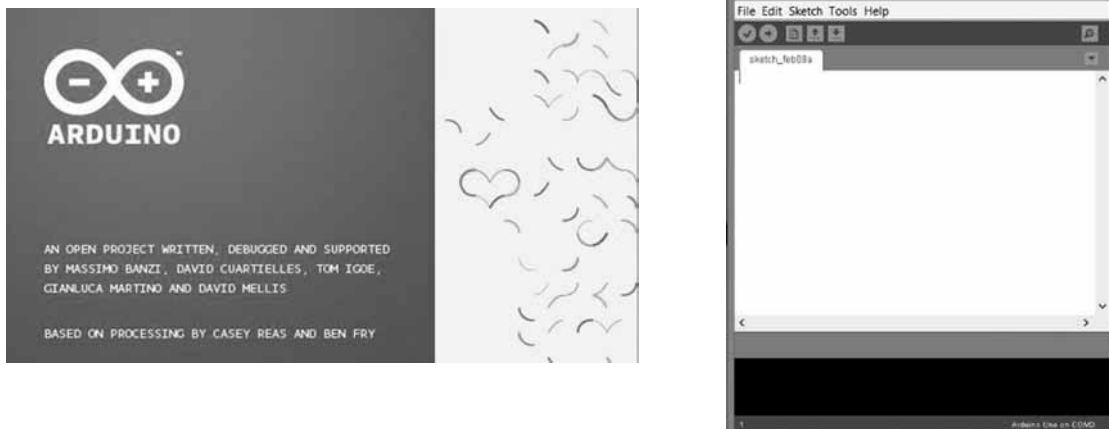


Figura 27. Software de ARDUINO.

La obtención de datos se hará a través del monitor serial con el que cuenta el software para poder observar su correcta llegada al ordenador y posteriormente, los datos serán exportados a un documento de texto.

Se llevó a cabo la programación de cada uno de los sensores por separado para su correcta implementación individual y finalmente se conjuntó el código para su prueba final.

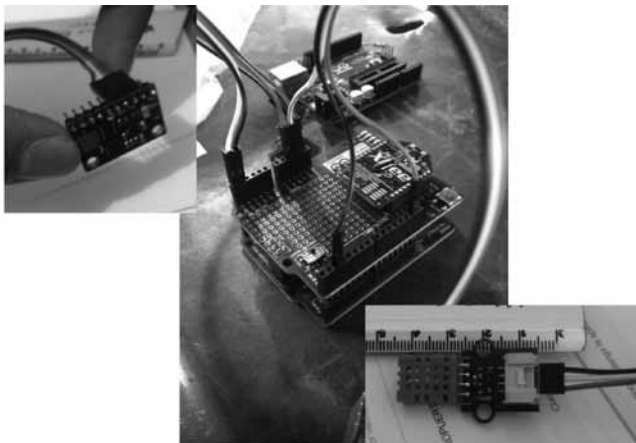


Figura 28. Pruebas de sensores.

Se observó durante la prueba que los datos fueron enviados al ordenador con el uso de los XBEE correctamente

Para una vista del código generado para la obtención de datos de los sensores, éste se encuentra en la parte de los anexos del documento, ver ANEXO 2



Figura 29. Pruebas de transmisión

Descripción del lanzamiento:

El concurso se llevó a cabo el día sábado 25 de Enero de 2014, de las 8:00 a las 15:00 hrs. en la Zona de Acampada del municipio de Chapa de Mota, Estado de México. En nuestro caso, partimos del Instituto de Astronomía en el transporte que facilitó la Universidad. En el sitio, los lugareños ya nos esperaban. Hubo una ceremonia de bienvenida e inauguración del evento en la que participaron:

- C. Eduardo Martínez Vázquez. Presidente municipal constitucional de Chapa de Mota. Lic. Susana Martínez Vázquez. Presidenta del Sistema DIF municipal.
- Lic. José Mendoza Vilchis. Director de desarrollo económico.
- Lic. Oscar Martínez Pérez. Síndico del ayuntamiento de Chapa de Mota
- Profra. Alejandra Sánchez Cruz. Directora del Jardín de niños “Martín Luis Guzmán”
- Y por supuesto dos representantes de la UNAM, la Dra. Blanca Mendoza y el Dr. Alejandro Farah Simón.

Las pruebas realizadas en campo constaron de tres etapas:

ETAPA 1:

Medición de Peso y Dimensiones:

Se pesaron los CanSat con las básculas, el peso máximo era 370 grs.

El CanSat debía estar dentro de una lata de las dimensiones especificadas: largo y ancho equivalentes a las latas comerciales de refresco con un volumen de 355 ml. Pruebas en escritorio de comunicación: Pruebas a distancia corta de la comunicación entre el satélite y la computadora. Los equipos que superamos esta etapa procedimos a:

Etapa 2:

Pruebas a 250 mts. por 15 segundos: Desde la computadora (base en tierra) al satélite a 250 mts. en tierra, debió existir comunicación continua por lo menos durante 15 segundos. Los equipos que superamos esta etapa procedimos a:

Etapa 3:

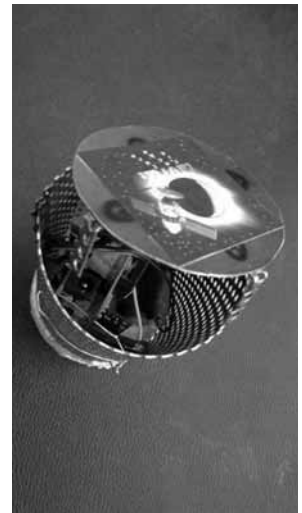
Pruebas en aire 500 mts.

Se montó el satélite en el helicóptero y subió a 500 mts. desde donde se dejó caer el satélite, durante ese tiempo se recibió la información en la base en tierra. El satélite debía resistir el impacto. Luego del lanzamiento, cada equipo se reunía para evaluar los daños a su satélite y al término del evento se tomaron fotografías del estado en el que cada uno quedó así como la foto oficial de todos los participantes. Quienes llegamos en el transporte de la UNAM, regresamos juntos a Ciudad Universitaria.

Resultados

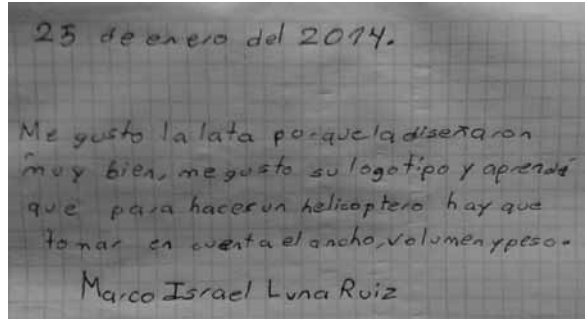
Los datos recibidos en nuestra base se presentan en los anexos, ver ANEXO 1. A continuación están las imágenes del cansat antes y después del lanzamiento:

Imágenes antes del lanzamiento:



Imágenes después del lanzamiento:





Marco Israel Luna Ruíz, Uno de los niños asistentes encontró la tapa de nuestro satélite y nos dijo: *“me gustó la lata porque la diseñaron muy bien, me gustó su logotipo y aprendí que para hacer un helicóptero hay que tomar en cuenta el ancho, volumen y peso”*.

Análisis de resultados:

Después del lanzamiento, los datos obtenidos en el lanzamiento fueron guardados en un documento de texto (.txt) para posteriormente trabajar en ellos.

Se exportan los datos a Excel, acomodándolos en las celdas de forma que se puedan diferenciar los distintos datos que fueron mandados por el satélite.

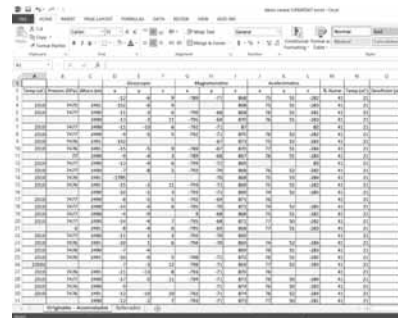
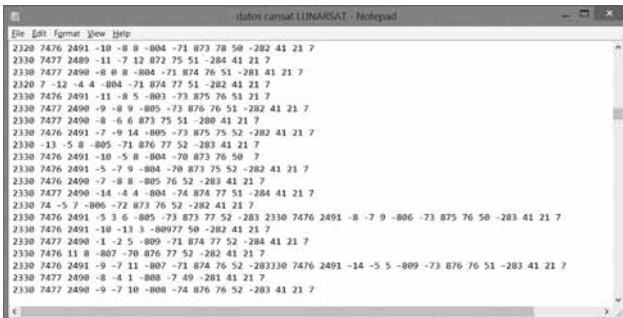


Figura 30. Datos obtenidos del CanSat

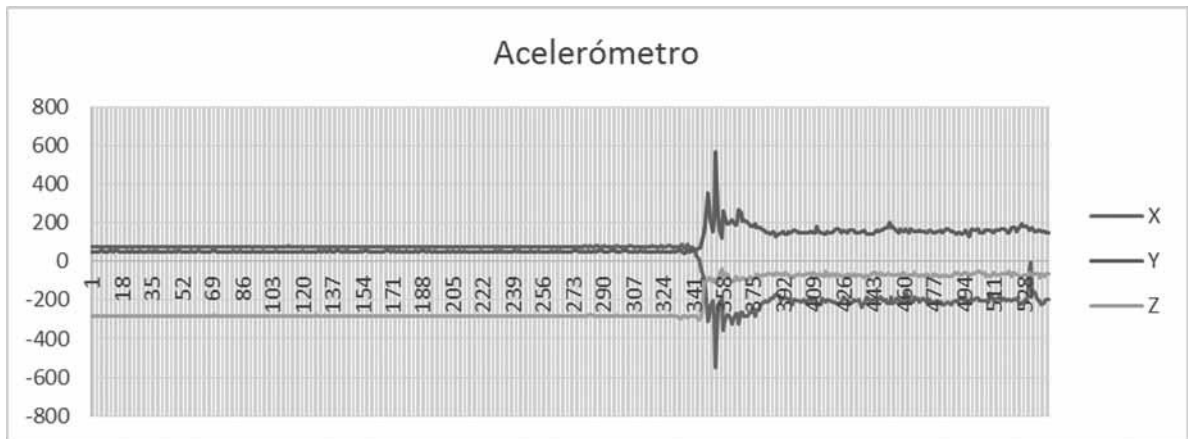
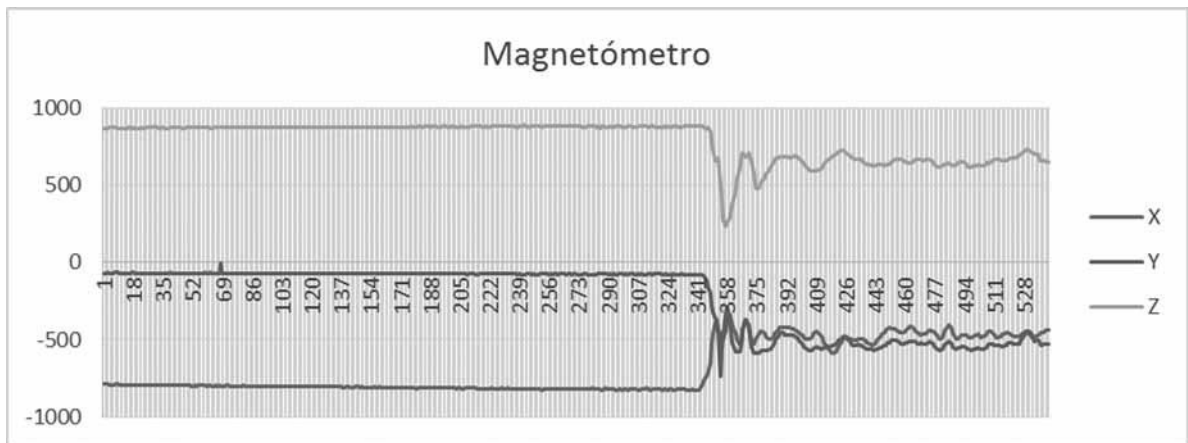
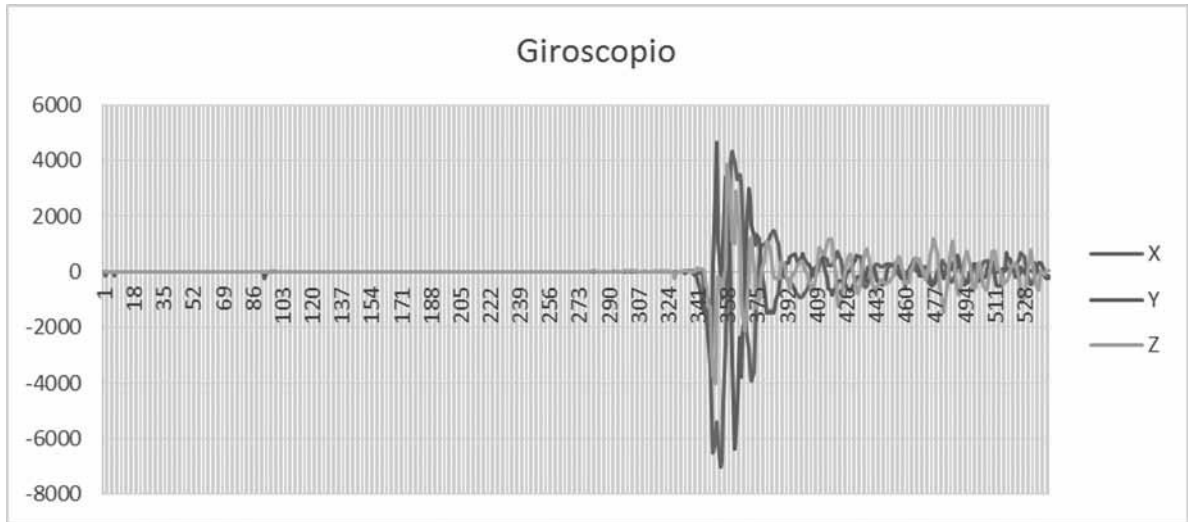
Figura 31. Datos del LuNArSat en tablas

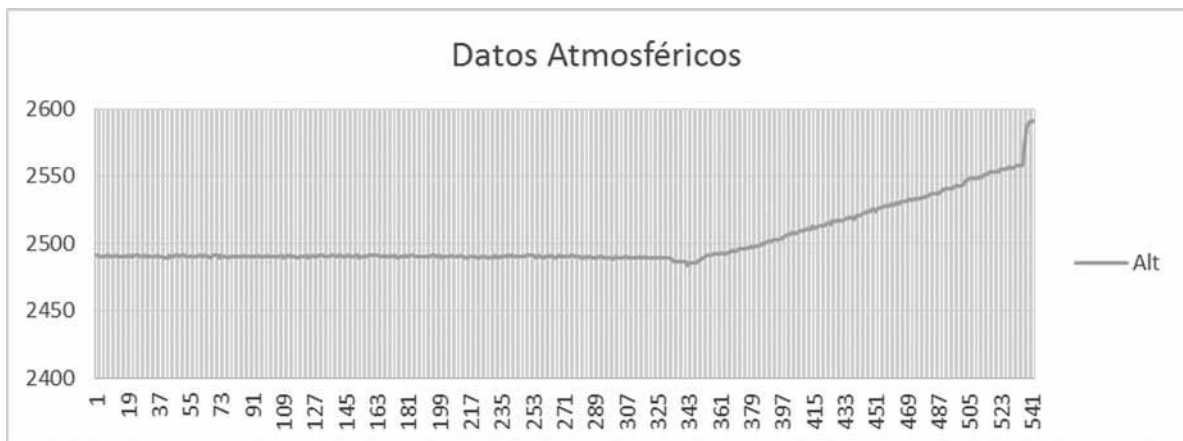
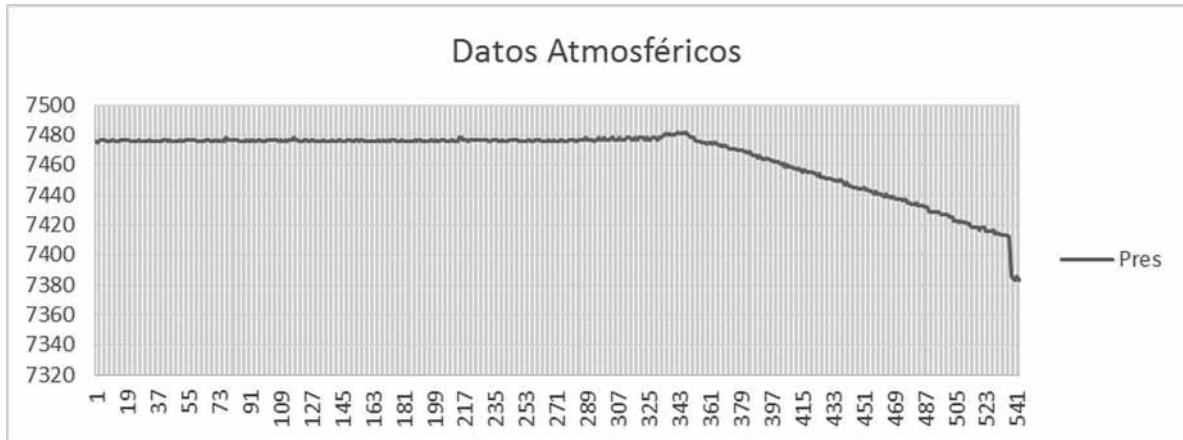
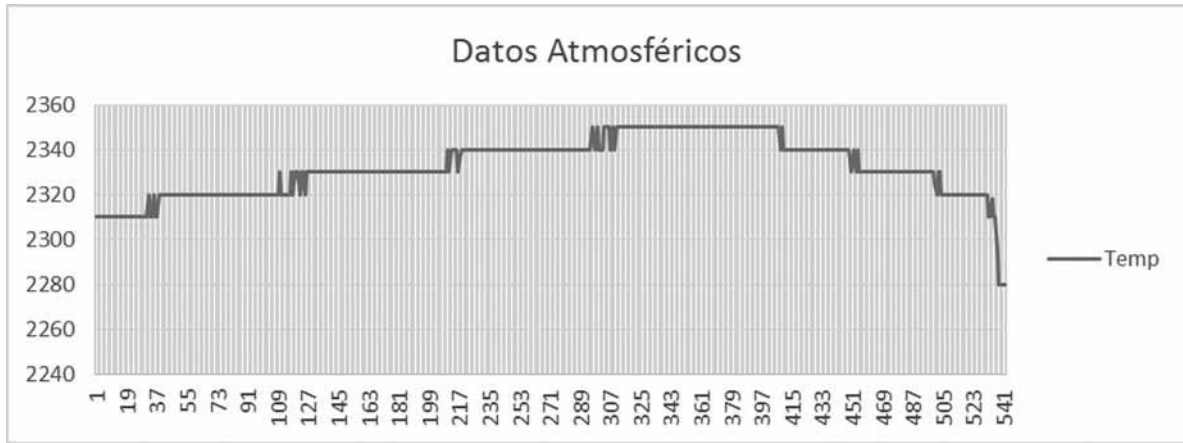
Al separar y analizar los datos, en la figura se puede observar que varios datos no fueron transmitidos correctamente lo cual, si se grafican de esta manera, generarán gráficas erróneas las cuales no se podrán analizar de manera precisa.

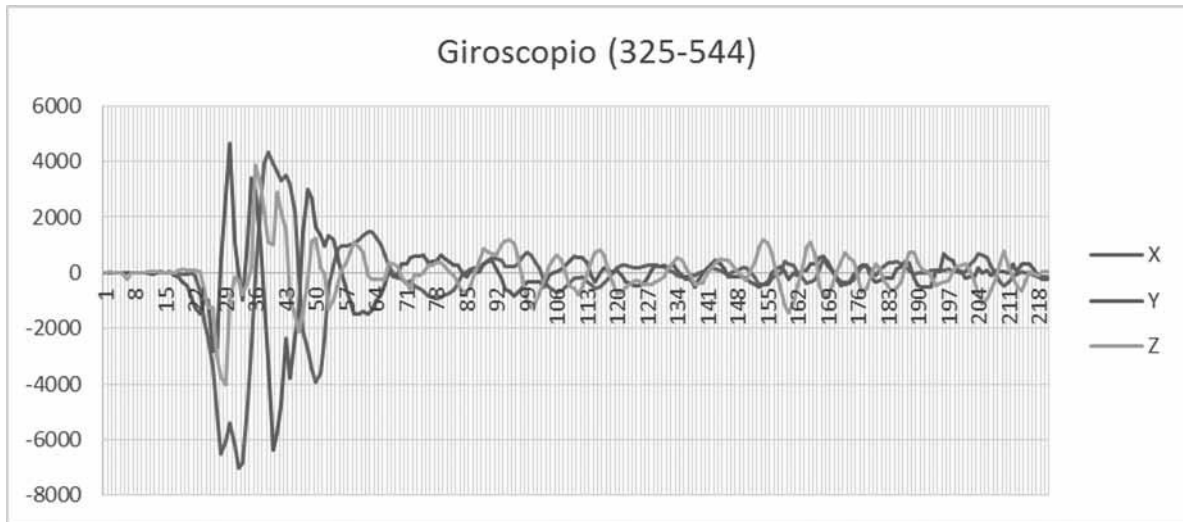
Para ello se llenarán los datos faltantes haciendo una interpolación relacionando el dato anterior y el dato siguiente para que no se refleje la modificación de la información.

En la figura se observa que los datos en amarillo fueron llenados utilizando el método de interpolación, pero hay algunos casos donde éste no se puede aplicar, por lo que fue necesario tomar otro criterio para llenar las celdas.

Una vez que se tienen los datos ordenados y completos, se procede a graficarlos para poder analizarlos de una manera más rápida y con una mejor perspectiva.





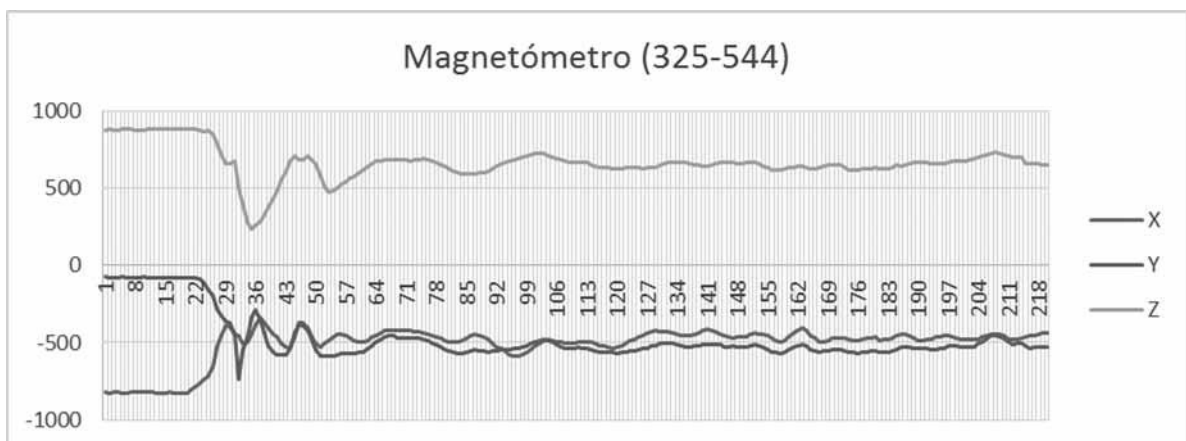


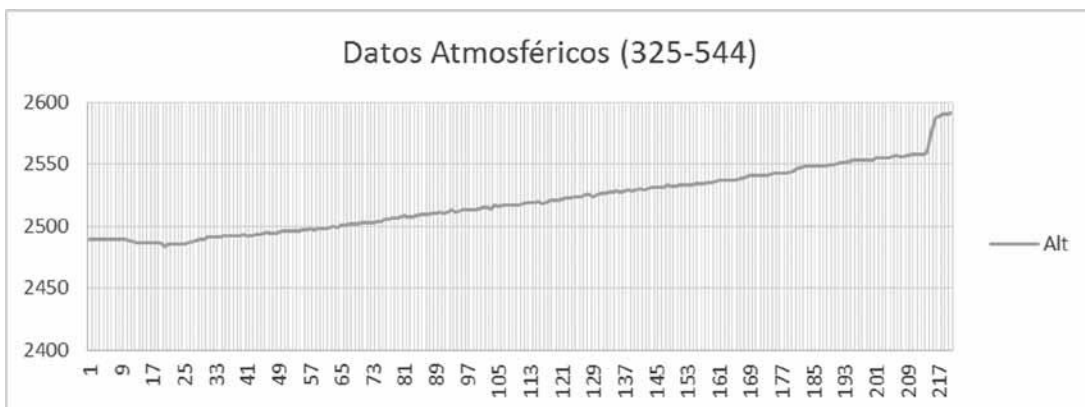
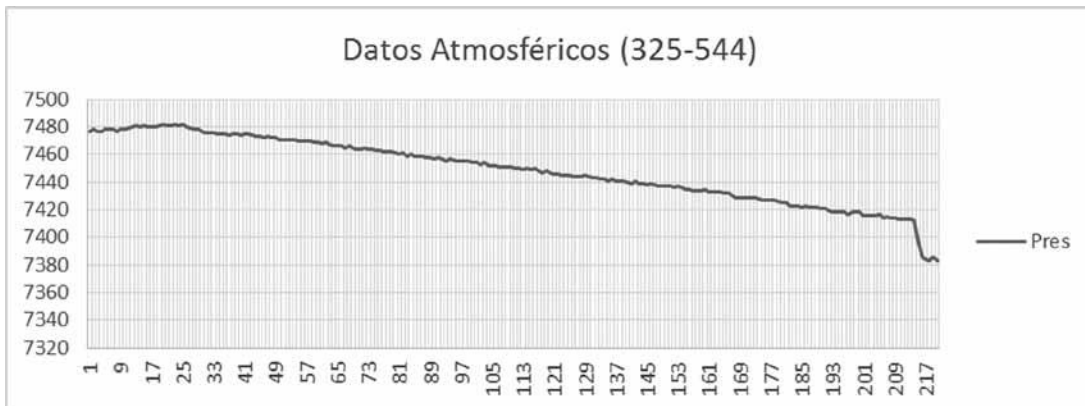
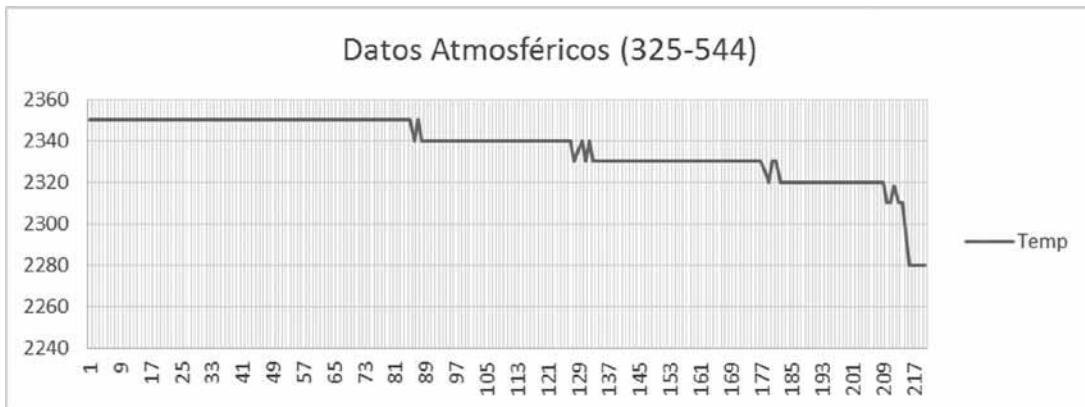
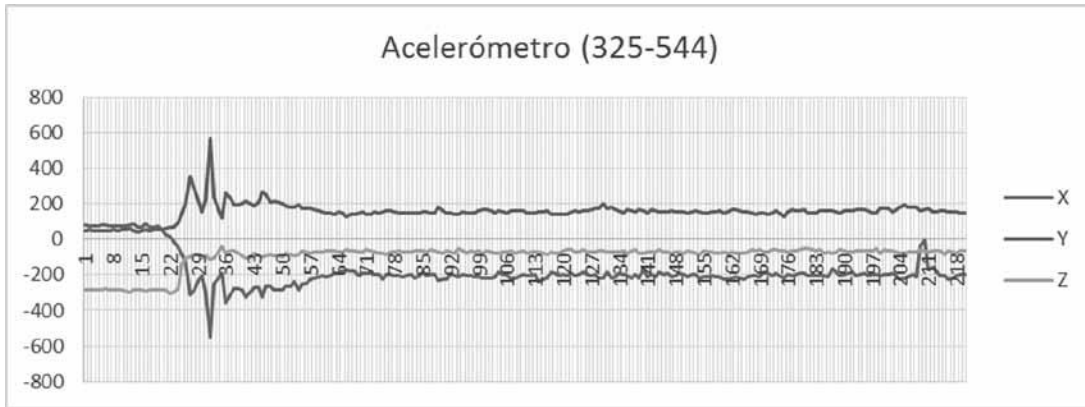
De las gráficas, podemos observar que, de los 544 datos tomados, los primeros 324 datos están en un punto de equilibrio, y este es cuando el LuNArSat se encuentra en el piso justo antes de despegar.

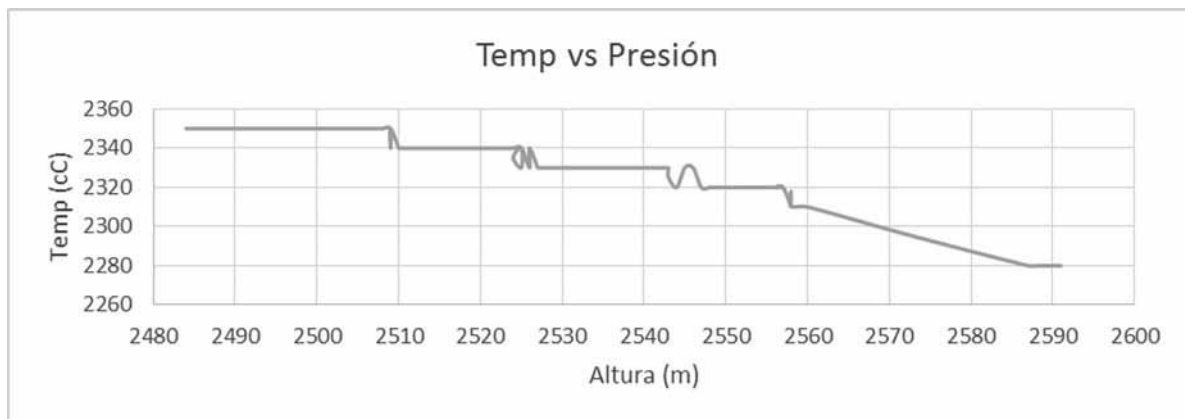
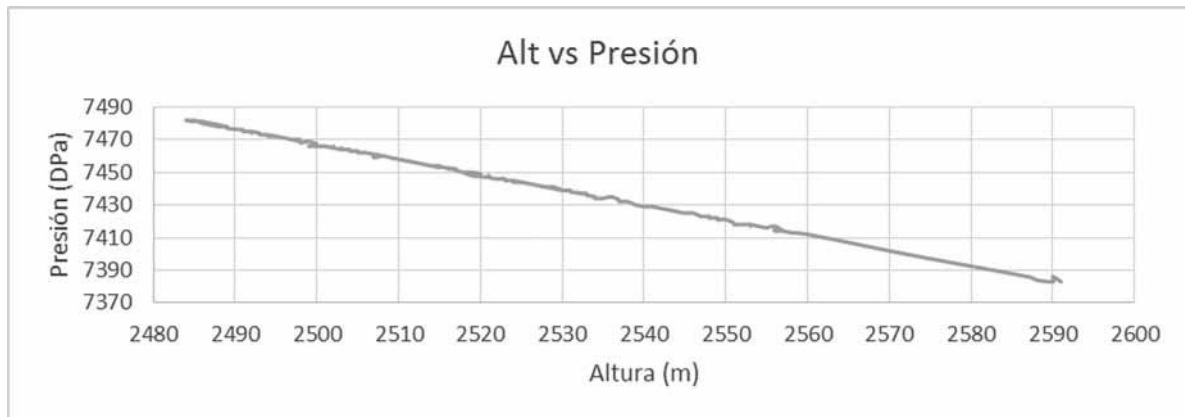
Entonces, a partir del dato 325 hasta el 544 realizaremos nuevamente la construcción de las gráficas para poder apreciar de manera más clara el cambio entre los datos.



Figura 33. Despegue del LuNArSat







Con éste último par de gráficas se puede corroborar la relación que tienen estas características. La altitud tiene una relación inversamente proporcional a la presión atmosférica y, de igual manera, la temperatura es inversamente proporcional a la presión.

Podemos observar que, a pesar de haber estado en un lugar con un clima claro y despejado, la temperatura varía dependiendo de la altura a la que se encuentra el satélite. El cambio de temperatura apreciado durante la elevación sufre la caída de casi un grado. Basándonos en los dos sensores de temperatura, podemos decir que el sensor IMU cuenta con una mejor resolución para la temperatura y es más adecuado para este tipo de aplicaciones que el otro.

De igual manera, se aprecia que se perdió la señal de transmisión de datos al alcanzar una altura relativa de 115 [m].

En cuanto al tiempo de envío de datos: El envío de datos se programó de tal forma que cada 50 [ms] se mandara una cadena de datos, por lo que, cada segundo se enviaban alrededor de 20 cadenas de datos con mediciones. En la captura de datos, se tienen 544 datos en total, lo cual indica que fueron calculados durante un intervalo de 27 segundos. En cuanto al periodo de elevación, es decir, del dato 325 al 544 (219 cadenas de datos), el

tiempo que se mantuvo la correcta comunicación con el LuNArSat fue durante 11 segundos, periodo en el cual se alcanzó la altura de 115 metros. Con estos datos podemos decir que la velocidad con la que el helicóptero elevaba al CanSat era de aproximadamente 10.45 [m/s].

Discusiones

Respecto al estado del satélite después de la caída, estimamos que las fallas de construcción se debieron a que a la carcasa lanzada no le pusimos un soporte circular en la parte de abajo, el cual al impacto iba a disminuir la fuerza de impacto (sabemos que hubiera funcionado porque en la prueba de caída funcionó y dicho soporte dentro de la lata absorbió toda la energía). La adaptación que hicimos a nuestro diseño fue que la parte inferior del cansat la modificamos para que la espuma tuviera la forma de la pila, poder insertarla y que no tuviera movimientos con posibilidad de cortar la generación de energía. Con esta modificación la fuerza de impacto aumentó ya que no tuvo un soporte dentro del cansat, eso ocasiono que se ovalara un poco y aplastara los sensores en el impacto.

En cuestión de los datos obtenidos y los objetivos de nuestra misión:

Para poder pronosticar la precipitación del agua debemos de fijarnos en los datos que nos envía el satélite que son los de humedad y temperatura, con ellos se puede saber en qué condiciones hay precipitación.

Con los datos de la figura 32 (ver más información en Anexos 1) nos damos cuenta que la temperatura varió muy poco igual que la humedad pero con el porcentaje de humedad a una temperatura menor se produciría precipitación.

Si se observa la tabla del anexo 1, en la columna dewpoint nos mandó el dato en relación a la temperatura registrada en ese momento (21°C) donde tendría que estar la temperatura a 7°C para que con la humedad de 41% se logre tener lluvia.

Con estos datos de humedad y temperatura podemos saber también si en algún otro planeta puede existir vida ya que la clave de ella es el agua líquida.

En cuanto a la vida en el espacio exterior, sabemos de algunos otros organismos que sobreviven a condiciones que para el ser humano serían adversas, esos estudios no son una aplicación directa de nuestro satélite sin embargo los datos que proporciona éste contribuirían a la investigación astrobiológica. Lo que es posible es que a partir de los datos que registra nuestro satélite, si este se llevara al espacio, podría contribuir a la determinación de condiciones de vida.

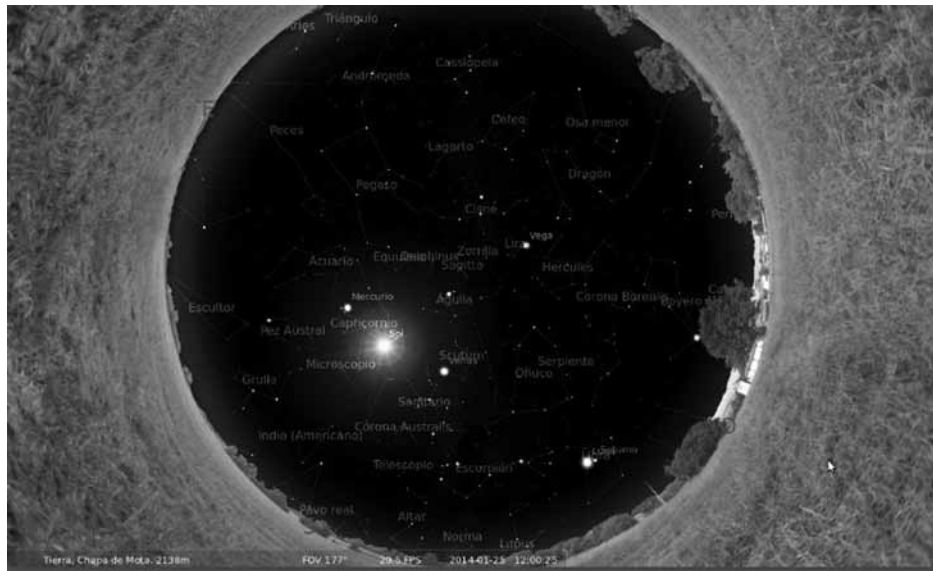
Para la observación celeste y ubicación del satélite, los resultados de la misión se compararon con los mapas celestes generados con el software libre Stellarium 0.11.0, 2000-2011, del día del concurso (25 de enero de 2014) a medio día y media noche en cada punto cardinal y la bóveda completa del hemisferio norte tomando en cuenta que Chapa de Mota

se encuentra en las coordenadas: $19^{\circ} 48' 52''\text{N}$, $99^{\circ} 31' 37''\text{W}$

El satélite de observación del universo sirve para hacer tomas específicas de los cuerpos celestes (en LuNArSat sería inmediata la observación si tuviera una cámara). De momento lo que tenemos son los datos de posición y orientación necesarios, aunque no suficientes, para ubicarse respecto a la Tierra y las constelaciones. Incluir un GPS sería deseable.

A continuación algunas imágenes obtenidas de Stellarium equivalentes a las que tomaría LuNArSat en el espacio.

Desde Chapa de Mota, mediodía del 25 Enero 2014. Bóveda celeste.



A partir de aquí son tomas hacia cada punto cardinal:

Al norte:



Al sur:



Al este:



Al oeste, donde se encontraba la luna en ese momento:



Cabe señalar que estas imágenes, excepto las de la bóveda, únicamente con los nombres de las constelaciones, se tomaron con los dibujos representativos de las mismas pues además de servir para la orientación del satélite en el espacio, nos permiten cumplir con nuestros objetivos educativos. Consideramos que estos son un importante recurso didáctico que contribuye a la mejor comprensión de los mapas celestes.

Por último, respecto a los asistentes al evento, queremos destacar el cálido recibimiento de las autoridades del municipio de Chapa de Mota, así como la presencia de los niños del Jardín de niños “Martín Luis Guzmán” pues ambos nos llenaron de emoción. Consideramos que así, desde edades tempranas, comienza el acercamiento con el desarrollo tecnológico y el quehacer científico. La interacción de los niños con los participantes del concurso dio lugar a un intercambio no previsto por nuestro equipo pero muy enriquecedor pues sentimos que estábamos despertando su curiosidad hacia las disciplinas espaciales y vimos cómo con cada prueba no dejaban de sorprenderse y entusiasmarse por ser incluidos.

Posibles aplicaciones comerciales:

El diseño del satélite íntegro como proyecto de ingeniería podría ser vendido a los departamentos de desarrollo de proyectos o diseñadores de empresas privadas que entre sus objetivos figuren recabar el talento de los universitarios.

En el ámbito público aportaríamos al desarrollo de la ciencia y la tecnología, para lo cual diversas instituciones como las vinculadas a CONACYT tienen destinado un presupuesto importante.

Las mediciones del satélite podrían contribuir a la selección de terrenos de cultivo y predicción meteorológica en espacios abiertos, sabemos que los datos que arroja LuNArSat no son suficientes para tomar decisiones pero podrían beneficiar a pequeños y medianos productores por el costo accesible y la precisión que ofrece.

La capacitación para la construcción de satélites como el nuestro podría ofrecerse a instituciones educativas privadas e incluso diseñarse con valor curricular.

La divulgación científica utilizando cartas celestes daría pie también a estudios más profundos de los cuerpos celestes y de fácil acceso para las personas interesadas en el tema.

Conclusiones:

Logramos nuestra misión pues sobrevivimos al lanzamiento, recibimos los datos esperados que transmitió nuestro satélite con lo cual pudimos analizar cada una de las mediciones: altitud del satélite respecto al nivel del mar, presión atmosférica, temperatura y humedad ambiental, tiempo transcurrido, orientación y aceleración del satélite y dirección magnética de la Tierra.

Las fallas, como ya lo discutíamos, pueden solucionarse con algunas modificaciones en el diseño de la carcasa del satélite y profundizando en el uso de los componentes electrónicos. También esperamos añadir otros componentes para sumar variables consideradas en el proyecto, en especial la misión científica.

Como primer acercamiento a la ingeniería espacial quedamos satisfechos, consideramos que desde ahora podemos aportar al desarrollo de la ciencia con estos datos pues en estudios de pequeña escala serían muy precisas las mediciones.

Con este trabajo podemos contribuir a la preparación de nuestros compañeros y de México frente a los adelantos de la tecnología, con miras a dar a ésta una mayor amplitud y profundidad científicas en lo que corresponde al espacio exterior pues tras la investigación que realizamos, nos damos cuenta de que si bien ha habido avances en la materia, aun nos queda mucho por desarrollar y difundir, incluida una política espacial nacional sólida que nos coloque entre los estándares internacionales más altos.

La interdisciplina implica un fuerte compromiso como equipo de trabajo y un esfuerzo extra para incluir los aportes de cada disciplina hacia un fin común.



Fuentes consultadas:

- Aprenden estudiantes de la UNAM a construir satélites en latas de refresco. Disponible en http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_497.html
- Consultado el 27 de enero de 2014.
- Frederick John E. Principles of Atmospheric Science. Jones and Bartlett Publishers. United States of America 2008. 211 pp.
- Iranzo Greus David. De la tierra al espacio. Cómo funciona la tecnología que nos ayuda desde el exterior. Cátedra de divulgación de la ciencia. Valencia 2011. 178 pp.
- John Mix Lucas. La vida en el espacio, La nueva ciencia de la astrobiología. Crítica, Barcelona 2010. 428 pp.
- Pedroza Flores René. Sociedad y ciencia, Una relación distante. Los proyectos de satélites artificiales en México. Grupo editorial Miguel Ángel Porrúa. México 2004. 302 pp.

Agradecimientos:

- A la organización de la Dra. Blanca Mendoza del Instituto de Geofísica (IGf) y del Dr. Alejandro Farah Simón del Instituto de Astronomía por su convocatoria y seguimiento.
- También del Instituto de Astronomía, al Ing. Ricardo Granados por impartirnos el Curso sobre principios de electrónica.
- Al Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI) por facilitarnos los espacios y herramientas necesarias para la construcción de nuestro satélite, en especial al Mtro. Luis Francisco Equihua Zamora y a los encargados de los talleres de laminados y modelado, Agustín Moreno Ruíz y Ubaldo Dander Sánchez.
- A Ismael Fermín Saldivar Ramos, egresado del CIDI, por su asesoría especializada en el diseño de la carcasa.
- A Jorge Eduardo Guillén Tavera por sus recomendaciones durante la investigación.
- Y por último, no quisiéramos dejar de mencionar a nuestras familias por su apoyo incondicional y financiamiento para la realización de este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Este concurso no se hubiera podido realizar sin el apoyo de las siguientes Dependencia Universitarias:

- La Secretaría General
- La Coordinación de la Investigación Científica
- El Instituto de Geofísica
- El Instituto de Astronomía
- La Facultad de Ciencias

Y de las siguientes Instituciones:

- La Red de Ciencia y Tecnología Espacial del CONACYT (RedCyte)
- La Presidencia Constitucional del Municipio de Chapa de Mota, Estado de México
- La Sociedad Astronómica Mexicana