

UNIVERSIDAD BLAS PASCAL

21° Olimpiadas Nacionales de Innovación, Informática, Electrónica y Telecomunicaciones

Título: **Central de Monitoreo de Variables Para Lanzamiento Remoto del Cohete Experimental SAREB I**

Alumnos expositores:

- Avila, Arego
DNI: 41.838.192
6° Año Aeronáutica
- Hernández, Agustín
DNI: 41.734.752
6° Año Aeronáutica

Docentes Asesores:

- Barros, Rodrigo Nicolás
DNI:32.469.843
- Sel, Claudio Dario
DNI: 35.323.559



Escuela: Industrial N°6 "X Brigada Aérea"

Provincia: Santa Cruz

Departamento: Güer Aike

Ciudad: Río Gallegos

Año: 2017

Fecha de inicio: Lunes 20 de Febrero de 2017

Duración en semanas: 34

Esfuerzos en horas: 814

Personas afectadas: 3 personas afectadas al proyecto en un promedio de 24 horas semanales.

Índice

Resumen	3
Introducción	4
Etapas de investigación	5
Situación problemática	6
Objetivo	8
Alcance.....	8
Destinatario.....	8
1ª Etapa –Investigación	9
2ª Etapa – Fase 1.....	10
2ª Etapa – Fase 2.....	11
2ª Etapa – Fase 3.....	12
2ª Etapa – Fase 4.....	12
2ª Etapa – Fase 5.....	14
2ª Etapa – Fase 6.....	14
3ª Etapa – Central de monitoreo.....	14
Etapas de la Central de monitoreo.....	14
Explicación de funcionamiento.....	15
Esquema de la maqueta	15
Ubicación geográfica de la central de monitoreo y sensores.....	16
Vista tridimensional de la zona de lanzamiento	17
Vista tridimensional de la zona de lanzamiento.....	17
Explicación sobre el vuelo del cohete.....	18
4ª Etapa – Ensayo final.....	19
5ª Etapa – Control de calidad.....	20
5ª Etapa -- Fase 1.....	20
5ª Etapa -- Fase 2.....	20
5ª Etapa -- Fase 3.....	21
5ª Etapa -- Fase 4.....	23
5ª Etapa -- Fase 5.....	24
5ª Etapa -- Fase 6.....	24
Diagrama de bloques de la Caja Negra.....	24
Diagrama de bloques de la central de monitoreo.....	25
Placa Arduino Mega 2560.....	27
Diagrama Modular.....	28
Diagrama de Flujo.....	28
Principal.....	28
Setup	29
Loop.....	29
Encender Acelerómetro/Encender Magnetómetro	30
Magnetómetro	30
Acelerómetro	32
Código fuente/codificación	32
Representación gráfica de la central de monitoreo	39
Horizonte artificial.....	39
Altimetro	40
Brújula	40
Temperatura/Humedad	40
Diseño de la placa Arduino Mega 2560	41
Especificaciones - SAREB I.....	43
Reactor.....	43
Fuselaje.....	43
Aletas.....	43
Cono.....	44
Paracaídas de extracción y paracaídas de recuperación.....	44
Especificaciones generales del cohete.....	44
Renderizado Final SAREB I.....	45
Costos.....	45
Conclusiones Generales del Proyecto	46
Balance Comparativo.....	46
Recomendaciones.....	46
Propuestas.....	46
Mejoras al trabajo.....	47
Glosario Aeronáutico.....	48
Bibliografía.....	49
Anexo I	50
Anexo II	53
Anexo III	57

RESUMEN

El objetivo del proyecto SAREB es el diseño y construcción de un cohete experimental de combustible sólido y su central autónoma de lanzamiento. Se busca con esto crear un vehículo capaz de alcanzar una altura de entre 1000 y 4000 metros, portando una placa de recolección de datos específicos del aire, la cual permitirá comprobar si en nuestra provincia (Santa Cruz, Argentina) existe o no contaminación ambiental producida por las Mega Minerías a Cielo Abierto en la atmósfera.

Se considera que el prototipo puede ser utilizado por cualquier institución, pública o privada, que desee realizar estudios de impacto ambiental, a fin de reducir las consecuencias que se producen en el medio ambiente.

Por las características de su construcción será viable de utilizar en cualquier punto del país dado que la central de lanzamiento permitirá evaluar las condiciones para el mismo, minimizando los riesgos, y permitiendo de esta manera realizar estudios de contaminación en cualquier punto del país que se desee.

INTRODUCCION

Un vehículo cohete o autónomo es uno de los tantos que se pueden utilizar en cualquier campo, en los sectores públicos y privados. Existen de combustible sólido y líquido, dependiendo de la potencia generada por estos motores se diseña y crea un fuselaje apto para el mismo, también se diseñan aletas de dirección para que el mismo no se desvíe y se estabilice durante el vuelo. Si bien las aletas son muy importantes para el vuelo del cohete también está la parte del cono que es el primer elemento del cohete en hacer contacto con las presiones del aire que lo rodea. Por lo cual se diseña uno especialmente con ciertos requerimientos en base al combustible y el objetivo que tenga propuesto el cohete.

Como dijimos anteriormente, casi en su totalidad la construcción del cohete se hace en base al tipo de combustible que se quiera utilizar, existen dos tipos:

- Cohetes con combustible líquido.
- Cohetes con combustible sólido.

Los cohetes con combustible líquido son más complejos a la hora de construir por que requieren de un tanque que almacene el combustible y un sistema de inyección que inyecte el combustible en la cámara, por todos estos elementos los motores de combustible líquido en los cohetes producen un tamaño muy grande en comparación con los de combustible sólido.

Los cohetes de combustible sólido como el que utilizaremos nosotros es nuestro cohete experimental SAREB, es más fácil de trabajar. La forma de tratar el combustible a la hora de colocarlo en la cámara de combustión del mismo es un trabajo más riguroso y peligroso por ser un combustible fabricado con químicos (KNO_3 + AZUCAR) este tipo de combustible se llama comúnmente CANDY porque se puede trabajar de forma que quede su estructura final dentro de la cámara de combustión sea la de una pastilla o caramelo.

Con el cohete experimental SAREB se quiere medir la contaminación que existe en nuestra provincia por las mineras que están en la misma, nunca antes se ha medido la contaminación en el aire de estas en Santa Cruz. Al hablar de que se está creando un cohete experimental para conocer o medir los parámetros de contaminación que generan las mineras estamos hablando de un vehículo que se puede utilizar en cualquier punto del país, no solo en nuestra provincia.

Está diseñado con el fin de que cualquier campo o ente lo utilice, solo requiere que la o las personas que quieran desplegar un análisis climático con este tipo de vehículo estén capacitadas para lograr el despegue sin riesgos para los mismos.

ETAPAS DE INVESTIGACION

Etapa	Descripción
1° Etapa	Con el objetivo de determinar cuál sería el mejor diseño que se podría realizar, y teniendo como base las condiciones climáticas de nuestra provincia en particular, es que se realizó una investigación sobre los posibles cohetes que actualmente existen y los costos asociados a su desarrollo, con la premisa de que el primer prototipo (SAREB I) a construir fuera principalmente de bajo costo y gozara con las mejores prestaciones teniendo en cuenta nuestros requerimientos.
2° Etapa	<p>Diseño y construcción del cohete experimental SAREB se dividió en 5 fases:</p> <ul style="list-style-type: none">- Fase 1 – Investigación y análisis de diferentes combustibles a costa de llegar a una decisión final.- Fase 2 – Fuselaje.- Fase 3 – Aletas.- Fase 4 – Cono.- Fase 5 – Sistema de recuperación.- Fase 6 – Arduino. <p>En cada fase se realizaron los cálculos necesarios y la simulación de las estructuras y los componentes, a través del software CATIA. Donde se comprobó la resistencia de los materiales y la aerodinámica del mismo.</p>
3° Etapa	Con la comprobación de que los materiales nos van a ser útiles se procede a investigar los parámetros para que el vuelo y trayectoria del cohete sean óptimos, para tener esta información en el momento del despegue se procede a diseñar y crear la Central de Monitoreo.
4° Etapa	Ensayo final del cohete experimental en CATIA.
5° Etapa	<p>Control de calidad: Resueltos todos los pasos de producción, se construye cada parte por separado y luego se ensambla el cohete, a fin de realizar las pruebas necesarias en tierra hasta su aprobación para el vuelo. Todos estos ensayos son necesarios en vistas de confirmar los resultados teóricos, se dividió en 5 fases:</p> <ul style="list-style-type: none">- Fase 1 – Reactor.- Fase 2 – Fuselaje.- Fase 3 – Aletas.- Fase 4 – Cono.- Fase 5 – Sistema de recuperación.- Fase 6 – Arduino.
6° Etapa	<p>Informes, en esta etapa se toma la decisión de confeccionar una serie de documentos en los cuales se va a tener toda la información del proyecto para el análisis y estudio del usuario. Estos documentos son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">- Carpeta de campo: compuesta por las presentaciones con sus respectivas correcciones de tapas anteriores más la información investigada por los alumnos durante la confección del proyecto.- Manual técnico: es un informe que brindara las prestaciones, limitaciones y dimensiones finales del proyecto.- Manual de usuario: es la descripción detallada de cada uno de los pasos y procedimientos que se debe tener en cuenta para la utilización del dispositivo y sus elementos constituyentes.- Central de monitoreo: son todos los componentes de carácter tangibles que tiene el dispositivo y todos componentes que permiten su funcionamiento.

SITUACION PROBLEMÁTICA

Nuestra provincia está en peligro, ya que leyes mineras más que permisivas creadas en los años 90 y hoy vigentes les abrieron las puertas a empresas transnacionales que buscan Oro, Plata, Cobre y Uranio; un negocio millonario de unos pocos, y que a la sociedad santacruceña deja preocupación e incertidumbre en materia de impacto ambiental, daños sociales y económicos.

Ubicación de las Mega Minerías en la Argentina

Provincia	Denominación de la Mina
CATAMARCA	Bajo la Alumbraera; Agua rica y Salar del Hombre Muerto SAN JUAN: Veladero; Pascua Lama y Pachón
CHUBUT	Navidad y El Desquite
RIO NEGRO	Calcatreu
NEUQUEN	Andacollo
JUJUY	Pirquitas y Minera Aguilar
MENDOZA	San Jorge
SANTA CRUZ	Cerro Vanguardia; Manantial Espejo y San José-Huevos Verdes
LA RIOJA	Famatina



Imagen 1— Mina Cerro Vanguardia, Perforaciones a cielo abierto

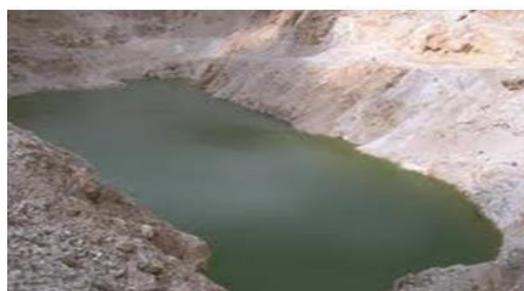


Imagen 3— Mina Cerro Vanguardia, Diques de Cola

Para ser ejemplificativo del daño que se produce, para obtener un solo anillo de oro, ese pequeño (o gran) lujo se dinamitó y trituró media tonelada de roca y se utilizaron millones de litros de agua que permanecerán, por siempre, contaminadas con un equivalente de 18 toneladas de desechos tóxicos. 10 toneladas de cianuro por día para separar el oro de la roca. El proceso llamado lixiviado con cianuro utiliza 300000 mts³ de agua potable por día. El agua contaminada con tóxicos y metales pesados se deposita en piletones llamados diques de cola.

Estos diques se fracturan y millones de líquido de agua contaminada con tóxicos y peligrosos metales pesados terminan volcándose en ríos, arroyos y acuíferos. Esto provoca destrucción del medio ambiente, ríos agotados, agua contaminada, empobrecimiento, y habitantes con enfermedades mortales como cáncer.

Esta es una técnica que conlleva a la destrucción y agotamiento de los ecosistemas del planeta. La eliminación de la capa boscosa, la destrucción de los suelos, la contaminación de las aguas superficiales y freáticas.

En la siguiente tabla veremos los tipos de impacto ambiental que emiten las mineras y la descripción de las mismas:

Impacto Ambiental	Descripción
Afectación de la superficie	Devasta la superficie, modifica severamente la morfología del terreno, apila y deja al descubierto grandes cantidades de material estéril, produce la destrucción de áreas cultivadas y de otros patrimonios superficiales, puede alterar cursos de aguas y formar grandes lagunas para el material descartado.
Afectación del entorno en general	Transforma radicalmente el entorno, pierde su posible atracción escénica y se ve afectado por el ruido producido en las distintas operaciones, como por ejemplo en la trituración y en la molienda, en la generación de energía, en el transporte y en la carga y descarga de minerales y de material estéril sobrante de la mina y del ingenio.
Contaminación del aire	El aire puede contaminarse con impurezas sólidas, por ejemplo polvo y combustibles tóxicos o inertes, capaces de penetrar hasta los pulmones, provenientes de diversas fases del proceso. También puede contaminarse el aire con vapores o gases de cianuros, mercurio, dióxido de azufre contenidos en gases residuales, procesos de combustión incompleta o emanaciones de charcos o lagunas de aguas no circulantes con materia orgánica en descomposición.
Afectación de las aguas superficiales	Los residuos sólidos finos provenientes del área de explotación pueden dar lugar a una elevación de la capa de sedimentos en los ríos de la zona. Diques y lagunas de oxidación mal construidas o mal mantenidos, o inadecuado manejo, almacenamiento o transporte de insumos (como combustibles, lubricantes, reactivos químicos y residuos líquidos) pueden conducir a la contaminación de las aguas superficiales
Afectación de las aguas subterráneas o freáticas	Aguas contaminadas con aceite usado, con reactivos, con sales minerales provenientes de las pilas o botaderos de productos sólidos residuales de los procesos de tratamiento, así como aguas de lluvia contaminadas con contenidos de dichos botaderos, o aguas provenientes de pilas o diques de colas, o aguas de proceso contaminadas, pueden llegar a las aguas subterráneas. Además, puede haber un descenso en los niveles de estas aguas subterráneas cuando son fuente de abastecimiento de agua fresca para operaciones de tratamiento de minerales.
Afectación de los suelos	Implica la eliminación del suelo en el área de explotación, y produce un resecamiento del suelo en la zona circundante, así como una disminución del rendimiento agrícola y agropecuario. También suele provocar hundimientos y la formación de pantanos en caso de que el nivel de las aguas subterráneas vuelva a subir. Además, provoca la inhabilitación de suelos por apilamiento de material sobrante.
Impacto sobre la flora	Implica la eliminación de la vegetación en el área de las operaciones mineras, así como una destrucción parcial o una modificación de la flora en el área circunvecina, debido a la alteración del nivel freático. También puede provocar una presión sobre los bosques existentes en el área, que pueden verse destruidos por el proceso de explotación o por la expectativa de que éste tenga lugar.
Impacto sobre la fauna	La fauna se ve perturbada y/o ahuyentada por el ruido y la contaminación del aire y del agua, la elevación del nivel de sedimentos en los ríos. Además, la erosión de los amontonamientos de residuos estériles puede afectar particularmente la vida acuática. Puede darse también envenenamiento por reactivos residuales contenidos en aguas provenientes de la zona de explotación.
Impacto sobre las poblaciones	Puede provocar conflictos por derechos de utilización de la tierra, dar lugar al surgimiento descontrolado de asentamientos humanos ocasionando una problemática social y destruir áreas de potencial turístico. Puede provocar una disminución en el rendimiento de las labores de pescadores y agricultores debido a envenenamiento y cambios en el curso de los ríos debido a la elevación de nivel por sedimentación.
Cambios en el microclima	Puede causar cambios en el microclima y puede provocar una multiplicación de agentes patógenos en charcos y áreas cubiertas por aguas estancadas.
Impacto escénico posterior a la explotación	Deja profundos cráteres en el paisaje. Su eliminación puede conllevar costos tan elevados que puedan impedir la explotación misma.

Tabla 2— Impacto Ambiental del MCA

Si bien se han realizado estudios en nuestra provincia, sobre la contaminación de estas mineras en el suelo y en el agua, no se han registrados estudios en el aire. Sobre lo antes expuesto y viendo el daño que este tipo de minería produce al medio ambiente, y comprobándose la falta de relevamientos sobre posibles contaminaciones en el aire, es que desde nuestra área, la aeronáutica, buscamos una posible forma de realizar dichos estudios, aplicando nuestros saberes.

OBJETIVO

Diseñar y construir un cohete experimental que utilice combustible sólido para poder conocer la contaminación que generan las mineras en nuestra provincia. Esto se logra mediante la recolección de datos en el vuelo del mismo.

ALCANCES

Dada su característica y función este prototipo puede ser utilizado en cualquier punto del país para poder conocer la contaminación de las mineras. Así mismo puede ser utilizado por empresas privadas o públicas.

DESTINATARIOS

Por la construcción del mismo y su función se necesitan personas con una previa capacitación para poder trabajar con el mismo, puede ser utilizado por el ámbito público o privado, pero, la función de este prototipo no varía, va a ser utilizado por los entes que deseen conocer la contaminación en el aire que provocan ciertos organismos como las mineras.

1° Etapa de investigación

Con el objetivo de determinar cuál sería el mejor diseño que se podría realizar, y teniendo como base las condiciones climáticas de nuestra provincia en particular, es que se realizó una investigación sobre los posibles cohetes que actualmente existen y los costos asociados a su desarrollo, con la premisa de que el primer prototipo (*SAREB I*) a construir fuera principalmente de bajo costo y gozara con las mejores prestaciones teniendo en cuenta nuestros requerimientos.

Imagen	Modelo	Origen
 <p>Gradicom II</p>	<p>Altura: 7,7m</p> <p>Combustible: Motor cohete de dos etapas con combustible sólido.</p> <p>Peso: 933kg</p> <p>Presupuesto del proyecto: \$4.000.000 de pesos argentinos</p>	<p>Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas para la Defensa CITEDEF</p> <p>Argentina</p>
 <p>Tronador I</p>	<p>Altura: 3,4m</p> <p>Combustible: Anilina y ácido nítrico (líquido)</p> <p>Peso: 60kg</p> <p>Materiales de construcción: Aluminio y madera.</p>	<p>CONAE</p> <p>Argentina</p>
 <p>Aestus Experimental Hybrid Rocket</p>	<p>Altura: 4.2m</p> <p>Combustible: Nitrógeno Líquido (N₂O)</p> <p>Peso: 25 kg</p> <p>Materiales de construcción: Aluminio, cartón, madera y fibra de vidrio</p>	<p>Iowa Amateur Rocketry Group</p> <p>Estados Unidos de América</p>
 <p>Cormoran II</p>	<p>Altura: 1m</p> <p>Peso: 1.5kg</p> <p>Combustible: NEPOX</p> <p>Materiales de construcción: Aluminio y cartón.</p>	<p>Universidad de Ingeniería Aeronáutica de Madrid</p> <p>España</p>

Tabla 2 – Comparación de Cohetes

2^{da} Etapa – Fase 1

Una vez comparados los datos de todos los prototipos estudiados, se resuelve diseñar un reactor cohete de combustible líquido a base de Oxígeno y Combustible tipo Jet A1, con capacidad de generar un empuje de 50kgf.

Sin embargo, abordado el diseño del motor de combustible líquido se descubre una potencial falla estructural en la cámara de combustión y tobera, una vez evaluados los ensayos estructurales ejecutados en el programa informático de diseño, fabricación e ingeniería asistida por computadora “CATIA V5”. Dejando en claro de esta manera que debido a las elevadas presiones dentro de la cámara (superiores a los 300psi), y a las temperaturas extremas de +1600°C que desarrollaría la mezcla dentro de esta, con el material empleado era inviable construir un motor de este tipo de manera segura y económica.

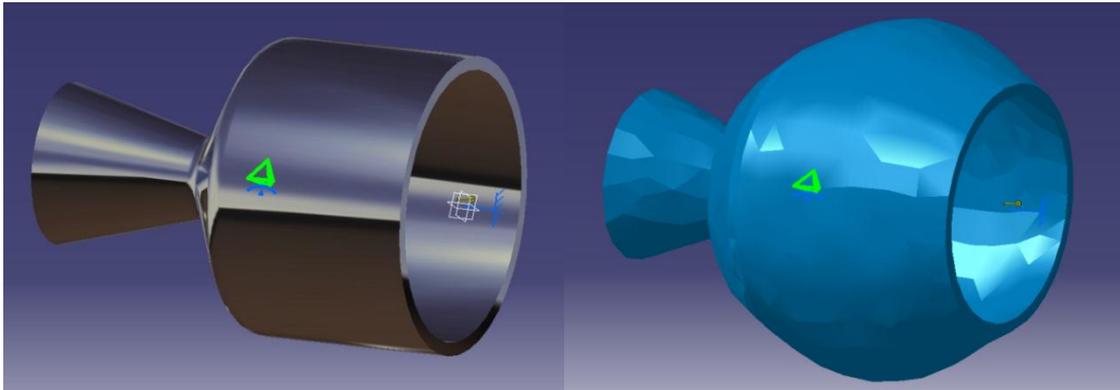


Imagen 4 – Cámara de combustión y tobera original de Aluminio

Imagen 5 – Ensayo de deformaciones a 300psi

El grado de deformación sufrido en la simulación, sumado a la complejidad del sistema, dio un giro en la investigación que concluyó en que se podían conseguir resultados similares con motores de combustible sólido llamado CANDY Nitrato de Potasio (KNO_3) y Azúcar.

Este motor, redujo considerablemente la complejidad del conjunto, el tamaño y peso de la estructura, disminuyendo los costos de producción. Asimismo, aumentó la fiabilidad del sistema, al ser uno ya comprobado y con herramientas informáticas al alcance de aficionados, que facilitan el diseño y evaluación de resultados teóricos.

Una vez comparados los datos de todos los prototipos de cohete experimental estudiados, se resuelve diseñar un prototipo, a llamarse SAREB I, el cual cuenta con un motor cohete de combustible sólido propulsado por CANDY. Esto dará inicio a una serie de prototipos, a llamarse SAREB I, SAREB II y SAREB III. Este último contará además con una placa de control ubicada en el fuselaje que registrara datos en el aire a diferentes alturas, hasta finalizar su recorrido. Dichos datos serán procesados por el departamento de naturales de nuestra institución, con el fin de determinar si existe o no contaminación en el aire. Este prototipo cuenta a su vez con una central de lanzamiento, que será la encargada de verificar las condiciones climáticas del lugar, habilitando o no el lanzamiento.



Imagen 6 – Vista Tridimensional reactor i6-01

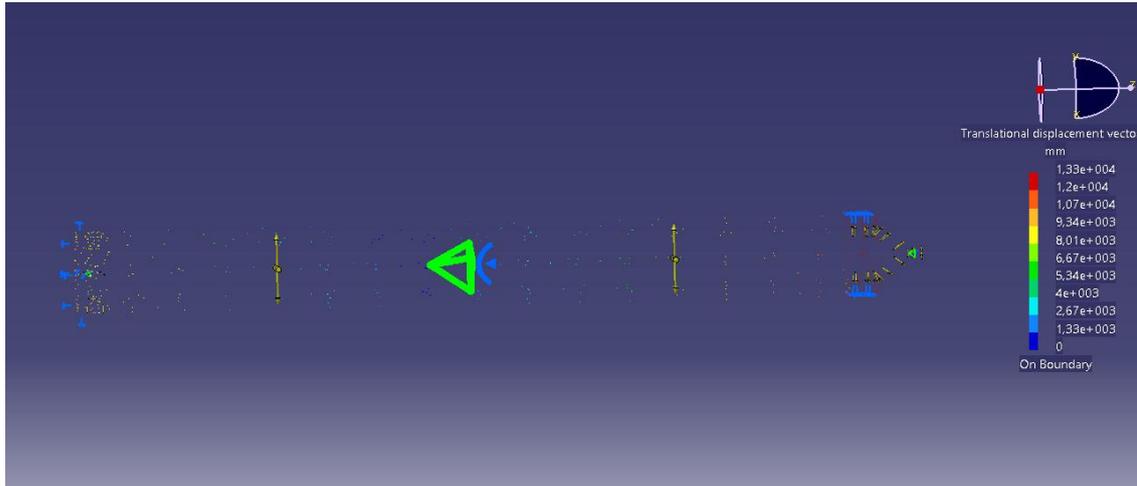


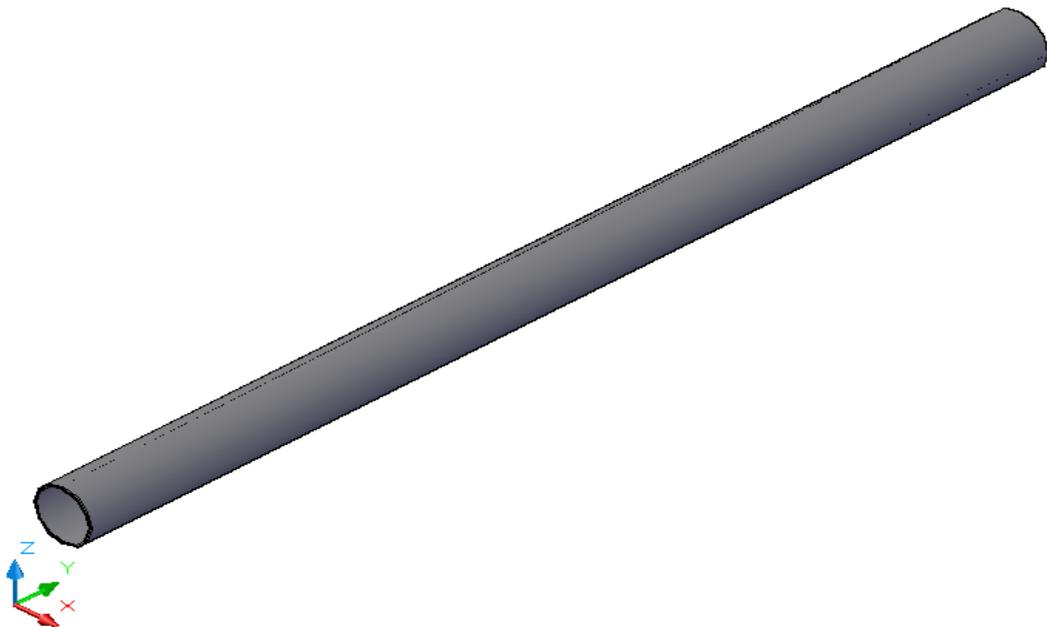
Imagen 7 - Ensayo positivo de presiones estructurales a 387psi

Una vez aprobado el motor, se comienza el diseño de las partes faltantes, fuselaje, aletas estabilizadoras, cono y sistema de recuperación. En esta fase se descubren mejoras que se fueron aplicando a medida que se fueron aprobando, a decir con esto que el boceto inicial fue modificado hasta llegar a un diseño óptimo.

2^{da} Etapa Fase 2 - Fuselaje

El fuselaje que inicialmente fue diseñado con una longitud de 130cm, se modificó, incrementando su longitud hasta llegar a los 150cm. Esto permite establecer el Centro de Presiones Aerodinámicas en la parte inferior del mismo, manteniendo el Centro de Gravedad en la parte superior. Esto aumenta la estabilidad del cohete en vuelo considerablemente, algo que no es sobreestimado por nosotros.

El fuselaje está fabricado en Policloruro de Vinilo (*PVC*). Esto permite lograr velocidades superiores en vuelo, debido a su bajo peso y baja rugosidad. No se descarta fabricar el tubo en materiales compuestos como Fibra de Vidrio, si bien hasta el momento no presenta mayores ventajas sobre el *PVC*.



Ver Anexo III – Plano 6 para visualizar el plano del fuselaje.

2^{da} Etapa Fase 3 – Aletas

Las aletas fueron exhaustivamente probadas a fin de lograr el diseño con menor resistencia aerodinámica, obteniendo como resultado una forma alar similar a la de los aviones comerciales, lo que permite alcanzar altitudes muy superiores a las que se podrían conseguir con aletas convencionales de diseño trapezoidal. A su vez, se resolvió construirlas en fibra de vidrio con refuerzo de madera, a fin de asegurar la rigidez y simetría en las cuatro aletas, permitiendo un vuelo estable.

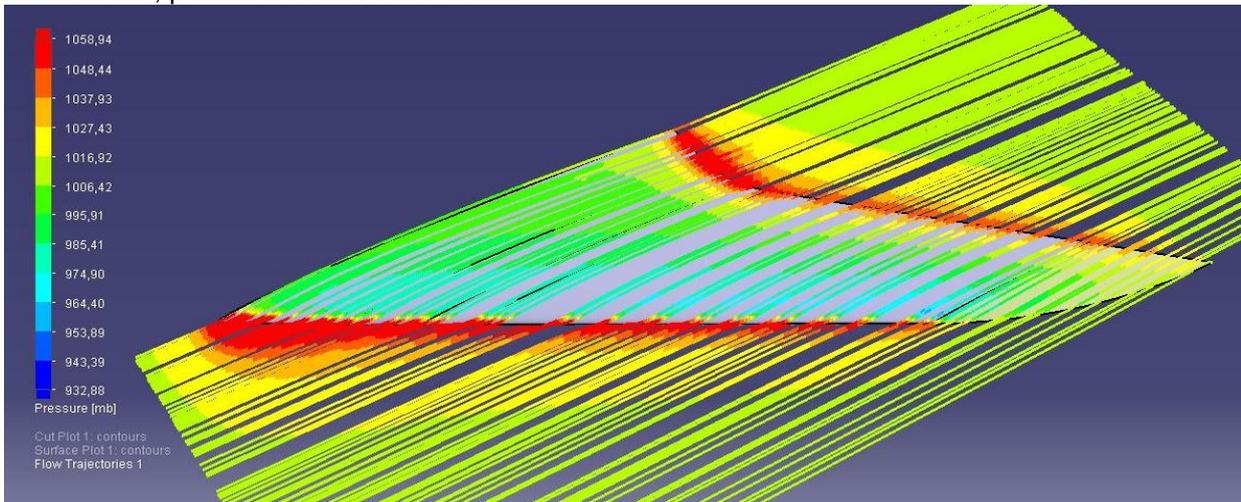


Imagen 8 – Ensayo de fluidos (CFD) en CATIA V5

Esto demuestra claramente que las aletas no generan vórtices o turbulencia a medida que atraviesan el aire, lo que influiría negativamente en la velocidad final del cohete.

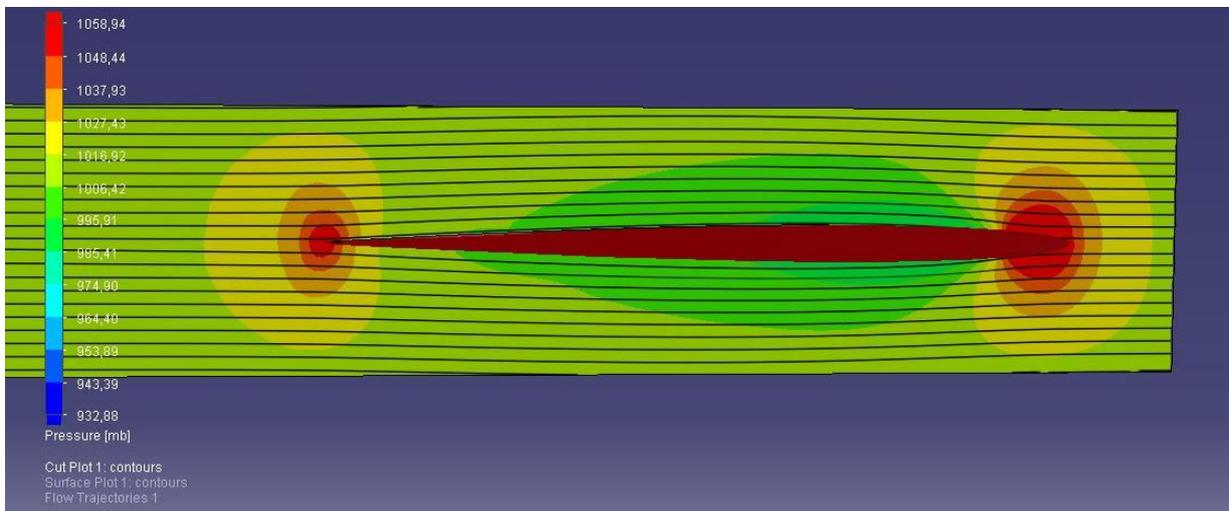


Imagen 9 – Ensayo de fluidos (CFD) en CATIA V5

Muestra el perfil alar NACA 0005 de las aletas, puesto a prueba para comprobar una correcta distribución de presión. Permite asegurar que el cohete se mantendrá estable en vuelo, debido a la igualdad de presiones en ambas caras

2^{da} Etapa Fase 4 - Cono

El cono fue moldeado y luego laminado en fibra de vidrio, aportando rigidez, forma y bajo peso. Este también contó con estudios para optimizar su diseño aerodinámico. El resultado fue la creación de una punta curvada, sustituyendo a la ojival ideada en un principio, la cual presentaba un Coeficiente de Arrastre elevado

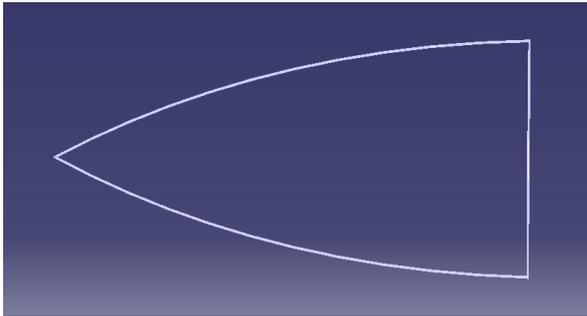


Imagen 10 – Cono ojival, primer boceto

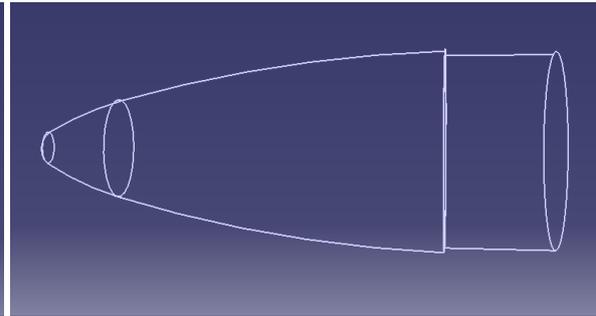
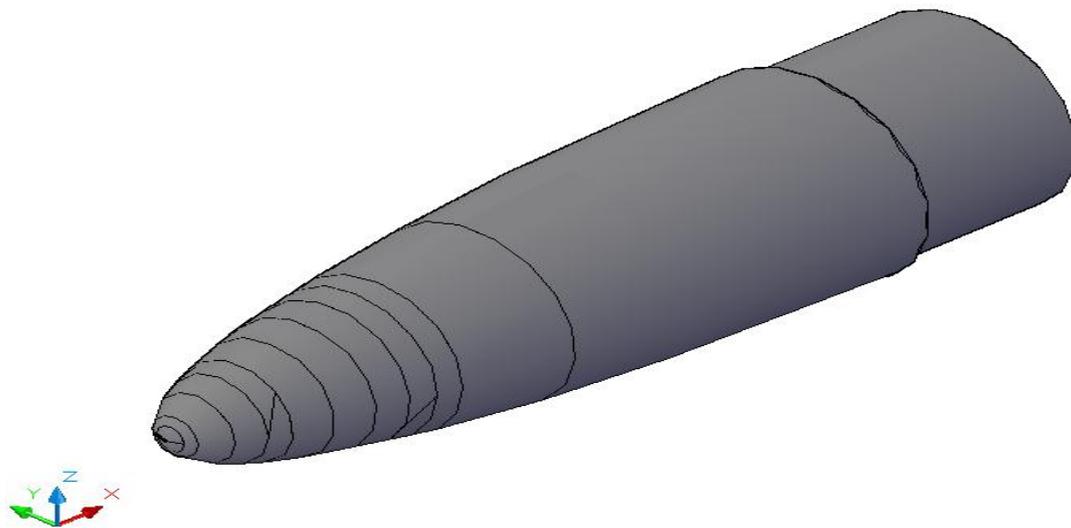


Imagen 11 – Cono elíptico. Diseño final



Ver Anexo II – Plano 1 para plano del cono.

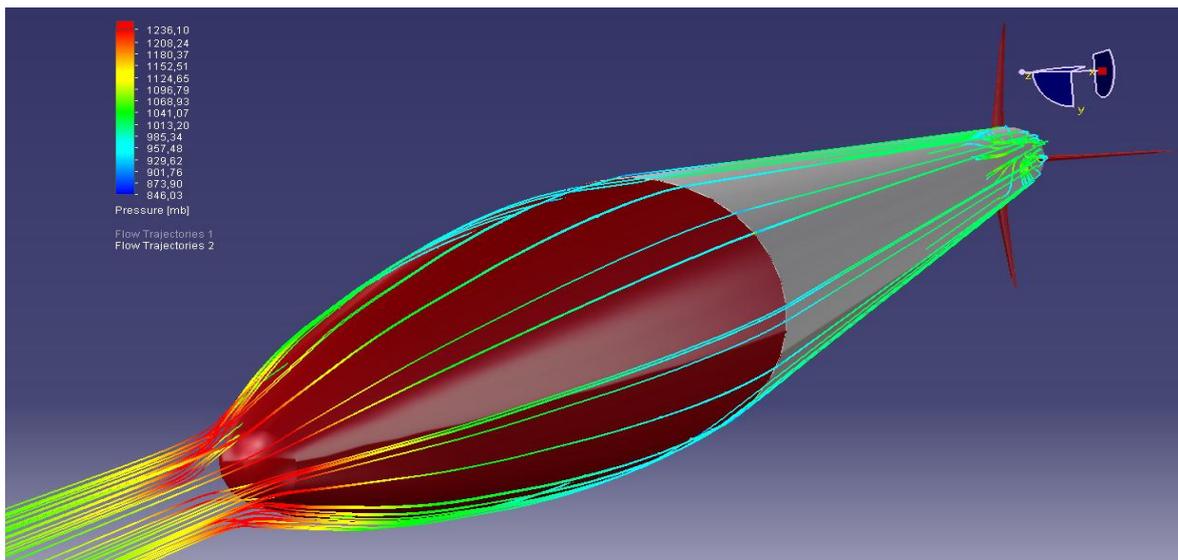


Imagen 12 – Ensayo de fluidos (CFD) sobre cono y fuselaje

Este ensayo computarizado, muestra la trayectoria del flujo alrededor del cono y fuselaje. Se puede observar un óptimo desempeño aerodinámico.

2ºda Etapa Fase 5 – Sistema de Recuperación

El Sistema de Recuperación es el encargado de lograr recuperar el cohete sin que este sufra ningún daño severo. Esto se logra mediante una explosión controlada de pólvora la cual expulsa el cono conjuntamente con el paracaídas de extracción en el momento del apogeo, esto es controlado por el altímetro electrónico Atlas V2.

Una vez abierto el paracaídas de extracción, se endereza el cohete *nariz arriba*, extrayendo a su vez por fuerza de la resistencia inducida, el paracaídas principal o paracaídas de recuperación, una vez la velocidad de descenso comienza a aumentar.

El paracaídas de extracción posee un sistema de resortes que asegura la apertura del mismo, incluso con una velocidad relativa igual a cero.

El paracaídas de recuperación, fue adaptado a partir de un paracaídas redondo, antiguamente utilizado para el descenso de personas. Se recortó, con el objetivo de asegurar el correcto descenso del cohete y todos sus componentes.

Está previsto que el Sistema de Medición Atmosférica, previsto para ser instalado en el vector SAREB III, se ubique en una bahía especialmente diseñada para alojar el mismo, la cual se encontrará ubicada debajo del Sistema de Recuperación. (Visualizar Anexo III – Plano 2 para ver plano de paracaídas)

2ºda Etapa Fase 6 – Arduino

En esta fase se agregan unas placas electrónicas programables con un lenguaje sencillo y dominio flexible llamadas Arduino. El objetivo es recopilar información y almacenarla en una memoria ubicada en la caja negra, la cual se encuentra en el interior del fuselaje.

Dicha caja de trabajo dispondrá de un Horizonte Artificial y un altímetro que permiten conocer la inclinación y altura de la aeronave en tiempo real en cada uno de sus ejes, mediante un módulo de radio frecuencia que transmitirá los datos a la central de monitoreo.

A su vez contará con un sensor de gas de ozono para conocer los parámetros de contaminación de la atmósfera.

Todos los datos obtenidos durante el vuelo se almacenarán en la memoria de la caja para su posterior estudio.

3ºera Etapa – Central de monitoreo

Al pensar en la central de monitoreo para lanzar remotamente el cohete experimental SAREB concluimos que nos sería más sencillo y práctico como técnicos aeronáuticos el utilizar una placa Arduino Uno para la construcción y programación de la Central de Monitoreo.

Etapas de la central de monitoreo

1º Etapa: Se investigó cuáles son las variables climatológicas a tener en cuenta para el lanzamiento del cohete diseñado.

2º Etapa: Se plantearon diferentes diseños para el prototipo a crear, evaluando las ventajas y desventajas de cada uno, hasta lograr el diseño final.

3º Etapa: Selección de los materiales a utilizar, construcción y montaje de los distintos módulos de la maqueta.

4º Etapa: Determinación del funcionamiento y simulación del mismo, para eliminar problemas o errores de hardware.

5º Etapa: Se ensambló los distintos módulos en forma individual, verificando las condiciones de funcionamiento de cada uno, realizando las mediciones y correcciones necesarias, previamente simuladas y montadas sobre placas de pruebas.

6º Etapa: Se armó el prototipo, anexando todos los módulos. Se verificó el funcionamiento de sistema, realizando la puesta a punto del mismo y depuraciones necesarias, controlando seguridad y calidad.

Explicación del funcionamiento

La central de monitoreo testea que las condiciones climáticas sean las óptimas para el lanzamiento, se basa en el análisis de tres parámetros específicos temperatura, humedad y velocidad del viento.

El criterio establecido para el análisis de los tres parámetros se fija según la siguiente base:

- Temperatura: los rangos óptimos que permiten la habilitación se fija entre -3°C y 30°C .
- Humedad: la humedad porcentual del ambiente tiene que ser menor al 70%.
- Velocidad del viento: no debe superar los 7 km/h.

Una vez que estén dados los parámetros climáticos se encuentren en los rangos adecuados para el despegue, se dará aviso al usuario por medio de indicadores luminosos que el sistema se encuentra habilitado para la ignición, caso contrario, el lanzamiento será cancelado hasta que se den las condiciones apropiadas. Una vez presionado el botón de ignición, dará inicio a un conteo de 10 segundos previo al accionamiento de la chispa de encendido.

Sensor de Humedad: testea el porcentaje de humedad en el ambiente.

Sensor de Temperatura: testea la temperatura del ambiente.

Sensor de Velocidad de viento: testea la velocidad del viento a través de un anemómetro.

Botón de Ignición: habilita el accionamiento de la chispa de encendido del cohete cuando se cumplen las tres variables analizadas. Caso contrario, el botón se encontrara inhabilitado.

Luz Testigo de Temperatura: indica que la temperatura se encuentre dentro de los parámetros predefinidos por el operador.

Luz Testigo de Humedad: Indica que el porcentaje de humedad se encuentra dentro del rango prefijado.

Luz Testigo de velocidad: Indica que la velocidad del viento está dentro de los parámetros establecidos para el lanzamiento.

Sistema Habilitado: Habilita el botón de ignición una vez dados los parámetros climáticos deseados.

Indicador de velocidad: Determina a través de una serie de luces la velocidad del viento.

Ignitor: habilita el paso de una corriente eléctrica que enciende una mezcla en contacto con el cable, esta se encuentra ubicada en la parte superior de la cámara de combustión del cohete.

Esquema de la maqueta

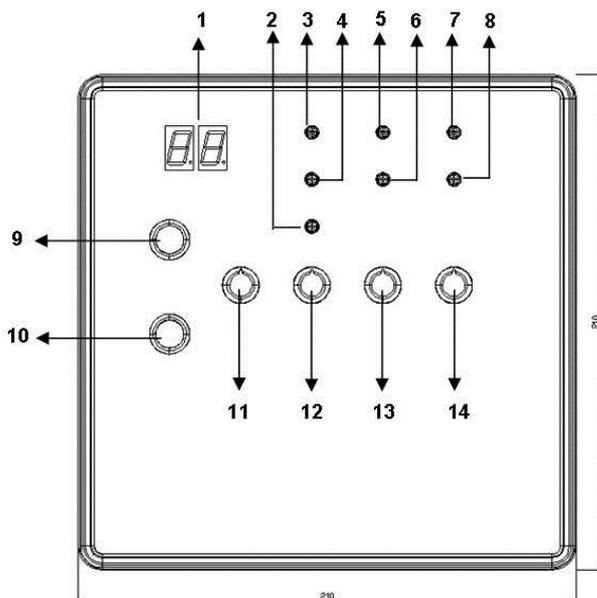


Imagen 13 –Vista Superior del Prototipo

Nº Referencia	Descripción
1	Display de Conteo
2	Led Rojo— Tº por encima del rango
3	Led Verde—Tº en el rango fijado
4	Led Blanco—Tº por debajo del rango
5	Led Rojo—Humedad por encima del rango
6	Led Verde—Humedad en el rango fijado
7	Led Rojo— Velocidad del viento por encima del rango
8	Led Verde—Velocidad del viento en el rango fijado
9	Pulsador de inicio de conteo
10	Pulsador de Emergencia
11	Ajuste de Temperatura Máxima
12	Ajuste de Temperatura Mínima
13	Ajuste de porcentaje de Humedad
14	Ajuste de Velocidad del Viento

Tabla 3 – Referencias de la Maqueta

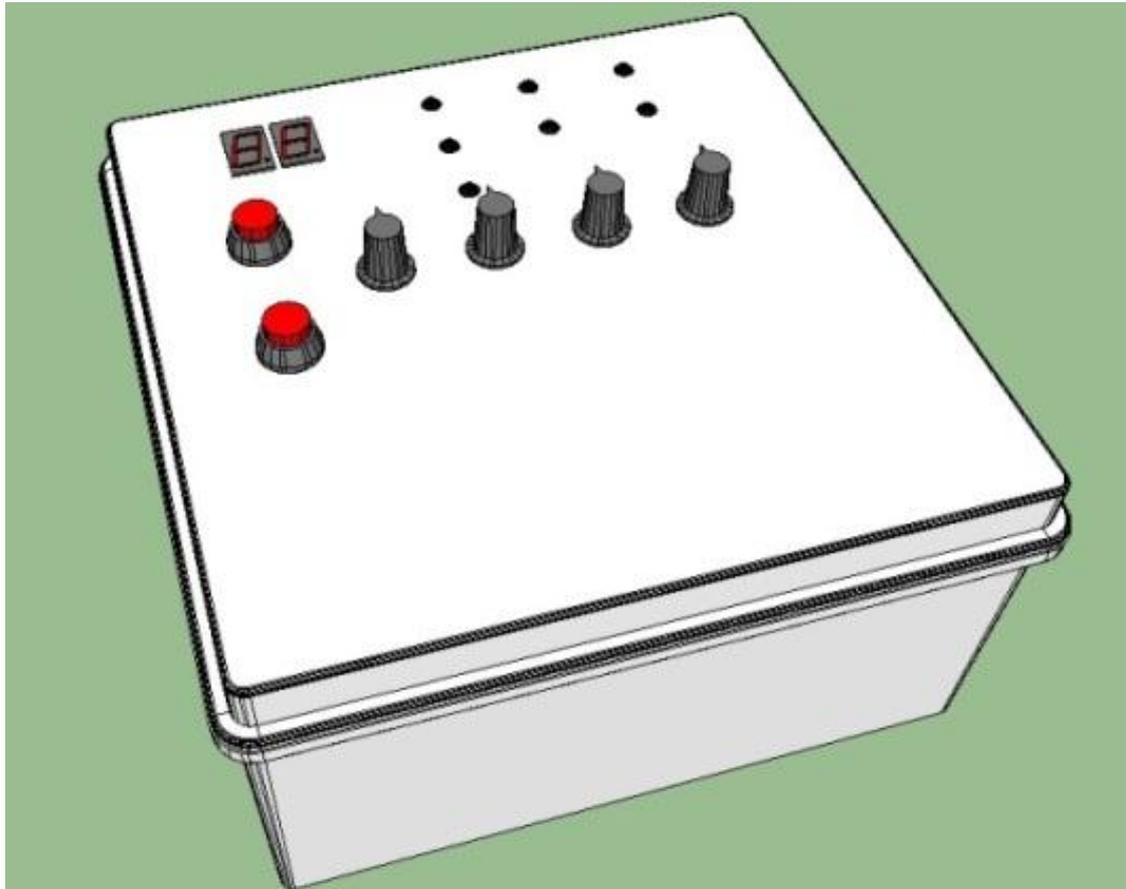


Imagen 14 – Vista Tridimensional del Prototipo

Ubicación Geográfica de la Central de Monitoreo y Sensores

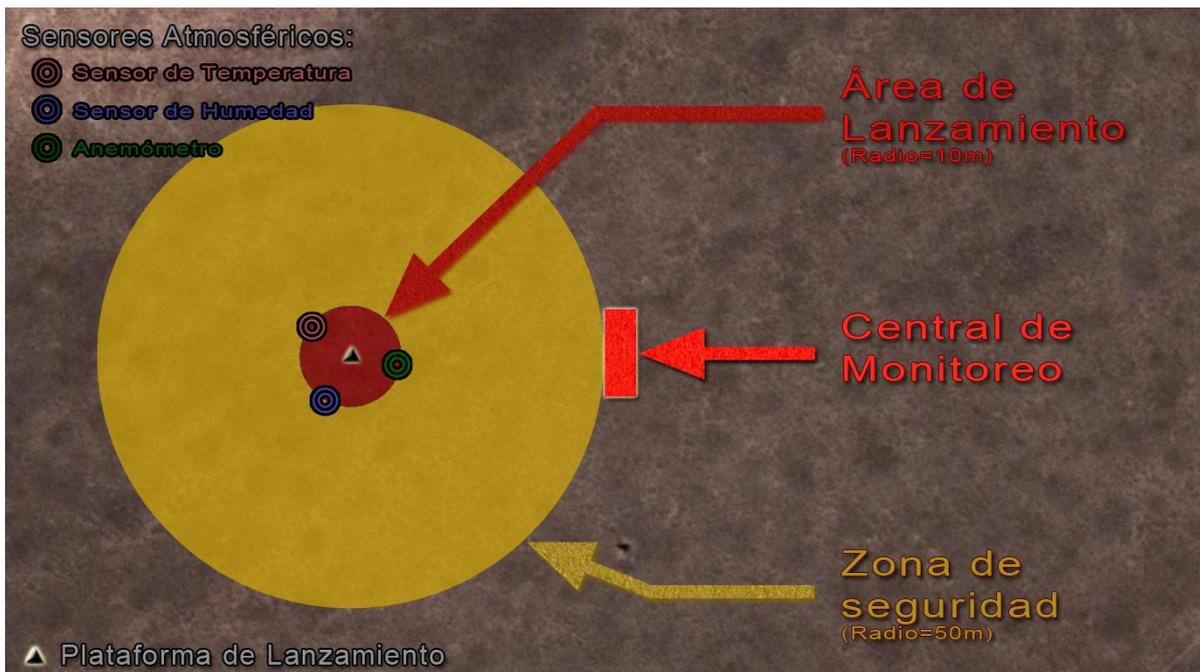


Imagen 15 – Esquema de la Zona de Lanzamiento

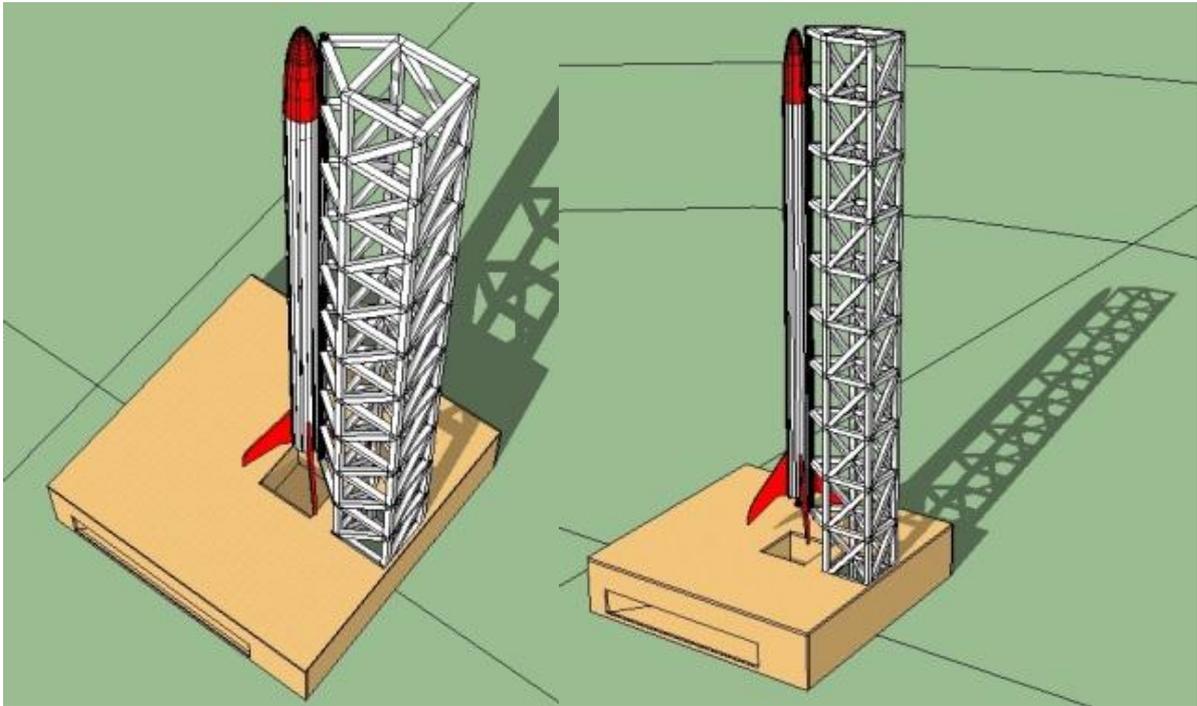


Imagen 16 – Vista tridimensional de la Plataforma de Lanzamiento

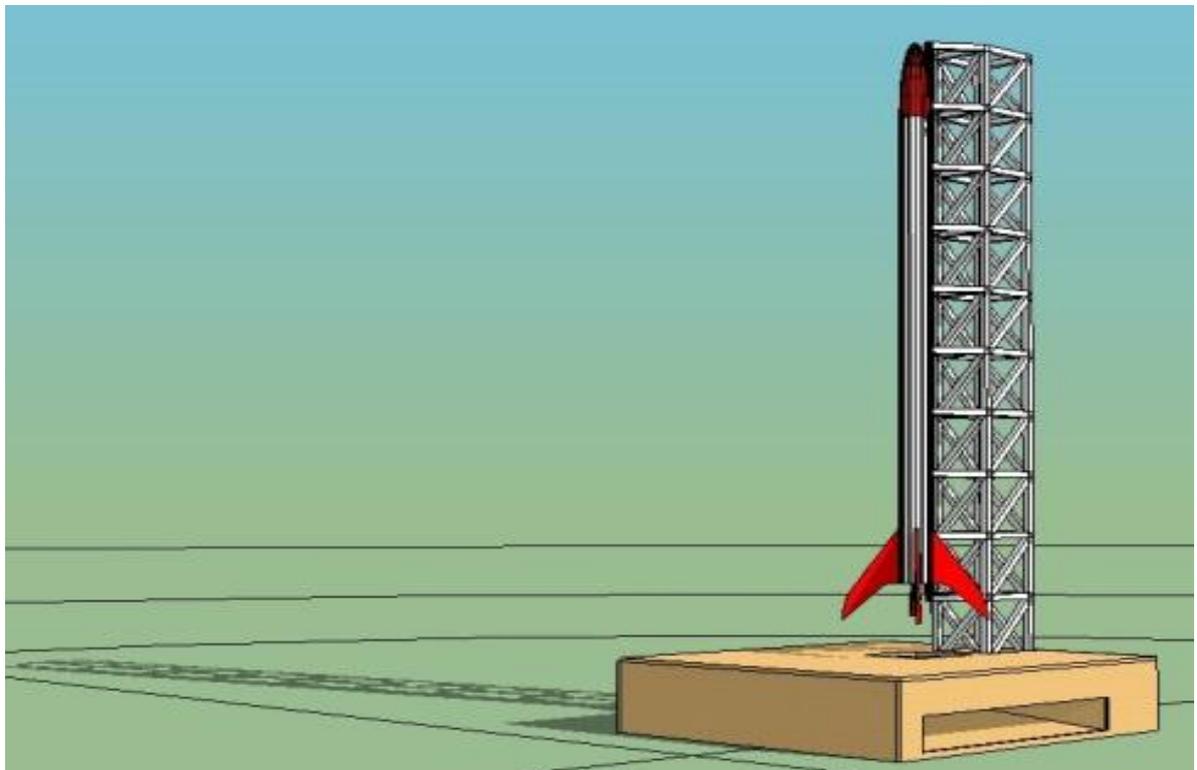


Imagen 17 – Vista tridimensional de la Plataforma de Lanzamiento

Explicación sobre el vuelo del cohete

En el siguiente esquema se grafica como serán las etapas del vuelo:

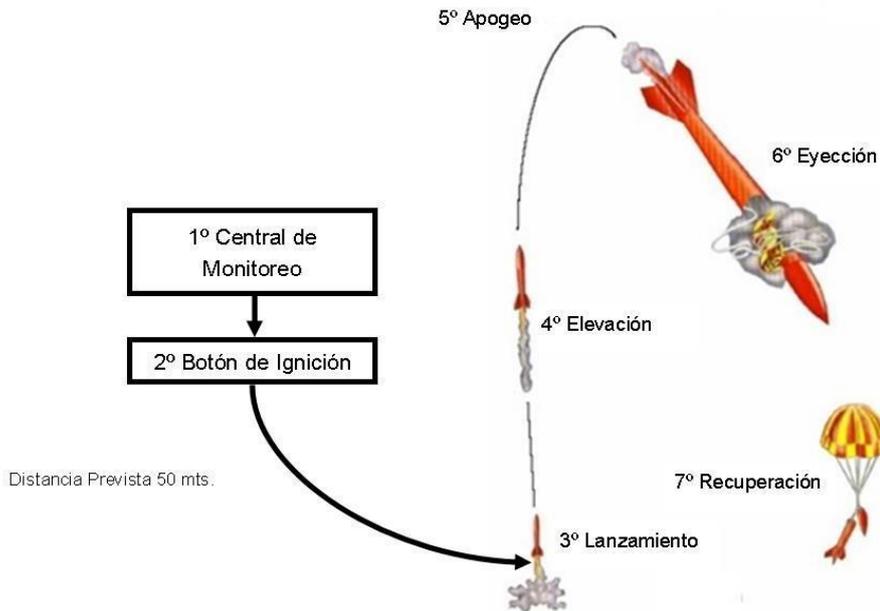


Imagen 18 – Etapas del vuelo previstas para SAREB

1º Central de Monitoreo: En la misma (que estará emplazada a una distancia de 50 ms aproximadamente) se evaluarán las lecturas de los sensores que se ubicaran cerca de la zona de lanzamiento, a fin de habilitar el lanzamiento del cohete.

2º Botón de Ignición: El encendido se produce mediante un ignitor estilo pirotécnico. A través de él pasa una corriente eléctrica el cual enciende una mezcla en contacto con el cable y que se encuentra ubicado en la parte superior de la cámara de combustión. Esto no sólo enciende los granos de combustible sino que también presuriza la cámara, mejorando la performance inicial del reactor. Este se habilita si la central de monitoreo certifica que todas las variables climáticas están en los parámetros establecidos para la zona de lanzamiento.

3º Lanzamiento: En este instante el cohete se desliza por la rampa de lanzamiento hasta quedar en libertad. En esta fase del vuelo, el cohete tendrá que soportar la presión del aire ejercida por la aceleración del motor, así como también la fuerza ejercida por la gravedad.

4º Elevación: El motor agota su propelente y el modelo continúa ascendiendo por inercia hasta alcanzar su máxima altitud. Durante todo este lapso de tiempo, la placa de recolección de datos, ubicada en el fuselaje, ira almacenando los datos del aire. En esta fase del vuelo el cohete va perdiendo velocidad hasta alcanzar su apogeo.

5º Apogeo: En este punto que denominamos “apogeo”, el modelo tiene una velocidad nula y ha alcanzado su máxima altitud. Seguidamente comienza a caer por su propio peso describiendo un arco.

6º Eyección: Se activa el sistema electrónico de recuperación, el cual activa el paracaídas de recuperación.

7ª Recuperación: El cohete desciende lentamente gracias al paracaídas hasta llegar al suelo. Donde es ubicado y recuperada la placa de adquisición de datos, que será trabajada con el Departamento de Naturales a fin de certificar los datos obtenidos.

4ª Etapa Ensayo Final

Es necesario mencionar que una vez diseñadas todas las partes del cohete, se realizó un estudio de fluidos sobre todo el conjunto. Mostrando al detalle cómo reaccionará el cohete ante las fuerzas generadas durante el vuelo. Los resultados demostraron un desempeño aerodinámico óptimo.

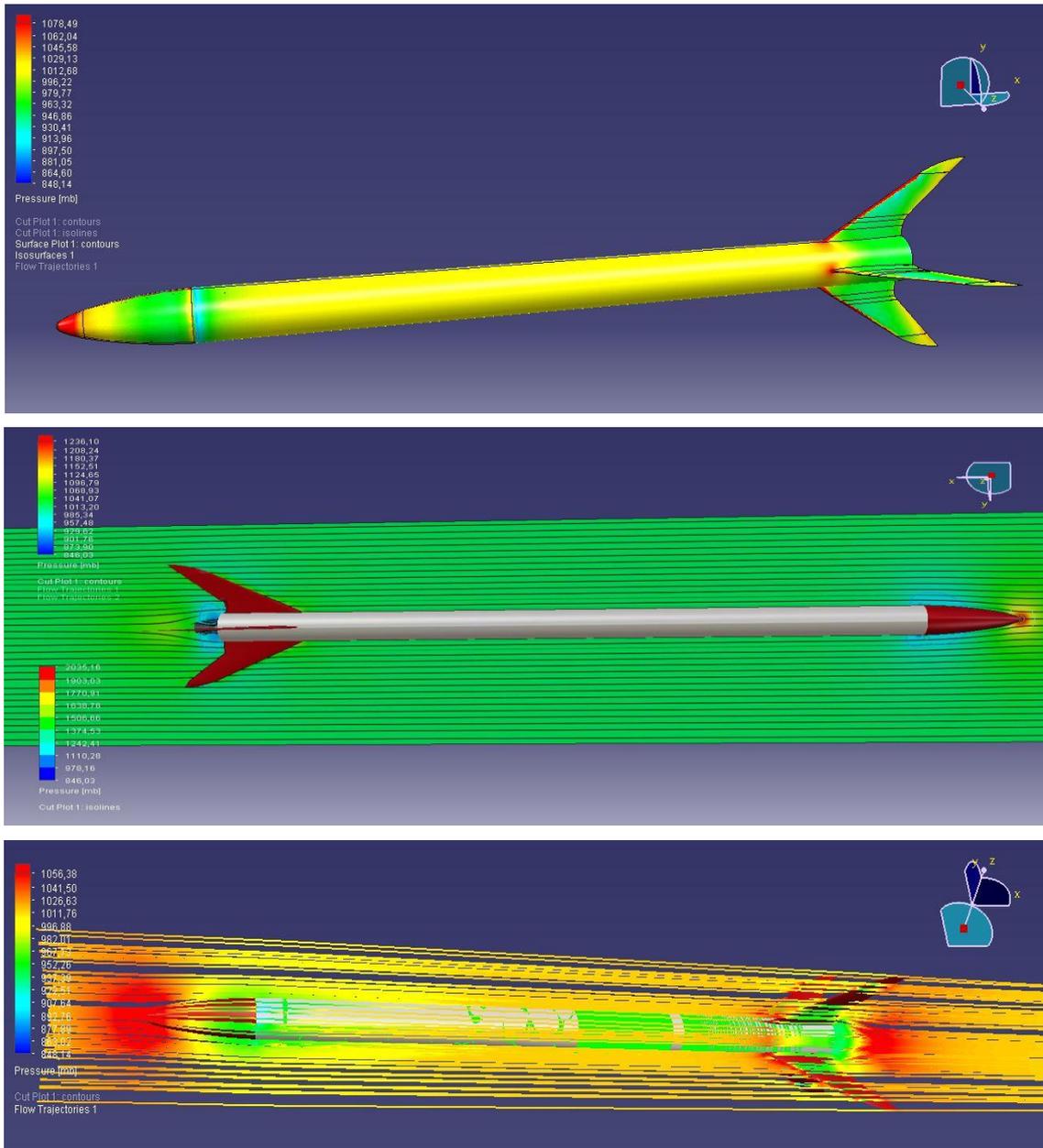


Imagen 49 – Ensayo de fluidos (CFD) en CATIA V5

Estos estudios de fluidodinámica computarizada (CFD), igualan o incluso mejoran los resultados que se podrían obtener de una prueba en un túnel de viento, con los costos asociados.

5ª Etapa – Control de Calidad

Resueltos todos los pasos de producción, se construye cada parte por separado y luego se ensambla el cohete, a fin de realizar las pruebas necesarias en tierra hasta su aprobación para el vuelo. Todos estos ensayos son necesarios en vistas de confirmar los resultados teóricos.

Fase 1 – Reactor

Para la construcción del reactor, este se dividió en dos partes:

1. Cámara de combustión: está compuesta por un tubo de cartón de 35cm de largo con un interior de 37mm. Partiendo de este tubo o cuerpo introduciremos el combustible para su posterior colocación de la cámara en el fuselaje. (Ver Anexo III – Plano 4 para visualizar plano de la cámara de combustión)
2. Tapa y Tobera: Son los dos extremos de la cámara.
 - La tapa de la cámara esta por un plato de aluminio de 82mm de diámetro que está fijado a un brazaletes de chapa galvanizada para que el área donde se afirme con el fuselaje sea mayor y de esta manera poder realizar más agarres o sujeciones. A la vez también el tubo de cartón contara con un tapón de aluminio.
 - La tobera es la encargada de transformar la energía interna producida por la combustión en empuje para el ascenso vertical.

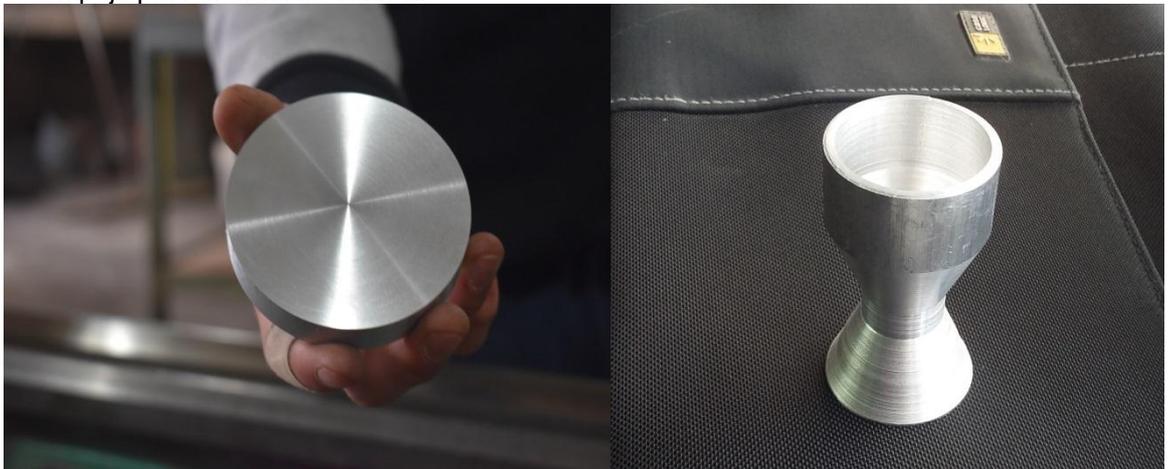


Imagen 20 – Tapa y tobera. Ver Anexo III – Plano 5 y 3 para visualizar plano de tobera y plato de aluminio.

Fase 2 – Fuselaje

El fuselaje demostró no sufrir deformaciones laterales al ser sometido a distintos esfuerzos, hecho que de no ser así, podría llevar a un indeseado CATO (*Catastrophic Take Off*) o *Despegue catastrófico*, el cual se explica a continuación:

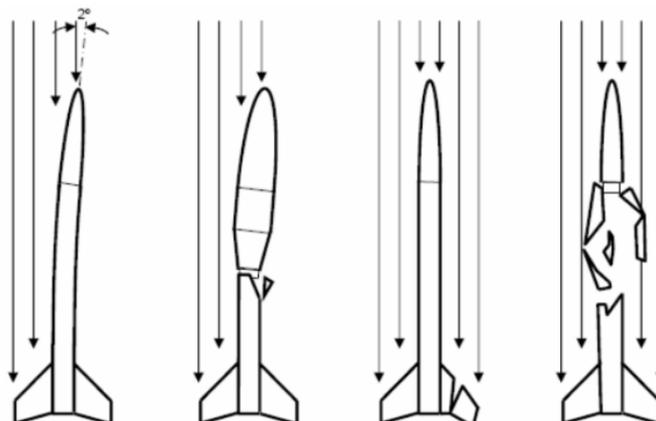


Imagen 21 - Ejemplos de CATO

Fase 3 – Aletas

Las aletas fueron inicialmente moldeadas a mano en madera balsa, obteniendo el perfil deseado. Este molde fue laminado en Fibra de Vidrio, obteniendo una matriz, con la cual se fabricarían luego todas las aletas, lo que permite clonar la aleta inicial.

Esta clonación asegura la igualdad de las cuatro aletas, brindando la estabilidad necesaria en vuelo del cohete.



Imagen 23 - Proceso de moldeado de aletas estabilizadoras. (Visualizar Anexo III – Plano 7 para plano de aleta).



Imagen 24 - Vista del perfil NACA 0005

Imagen 25 - Fabricación de la matriz en Fibra de Vidrio



Imagen 26 - Aletas Terminadas con encastres



Imagen 27 - Aletas instaladas.



Imagen 28 - Imprimación de Fuselaje y Aletas (preparación para el pintado)



Imagen 22 - Montado de Encastres para Aletas

Para nuestra satisfacción, el fuselaje tuvo un excelente acabado superficial, lo que es esencial para disminuir la resistencia aerodinámica del prototipo.

Fase 4 – Cono

El cono fue torneado en madera, con el fin de darle la forma elíptica diseñada, con la mayor precisión posible. Una vez hecho el molde, se procedió de la misma manera que en la fase anterior, creando una matriz en fibra de vidrio, y luego obteniendo el cono final a partir de ella.

El posterior perfeccionamiento de la superficie (*con el acabado superficial*) es vital para mantener la aerodinámica del cono. Es ésta la pieza más crítica del cohete, ya que su correcto diseño puede permitir resultados óptimos, anteriormente explicados.



Imagen 29 - Madera prima, utilizada para el torneado



Imagen 30 - Proceso de torneado del cono



Imagen 31 - Fabricación de Cono en Fibra de Vidrio



Imagen 32 - Acabado superficial

Fase 5 – Sistema de Recuperación

Se utilizó un Paracaídas de Extracción con resortes, lo que permite su apertura segura una vez expulsado del cohete. Este paracaídas, de menor diámetro, es el dispositivo extractor del Paracaídas de Recuperación (visualizar Anexo VIII para visualizar planos del paracaídas).



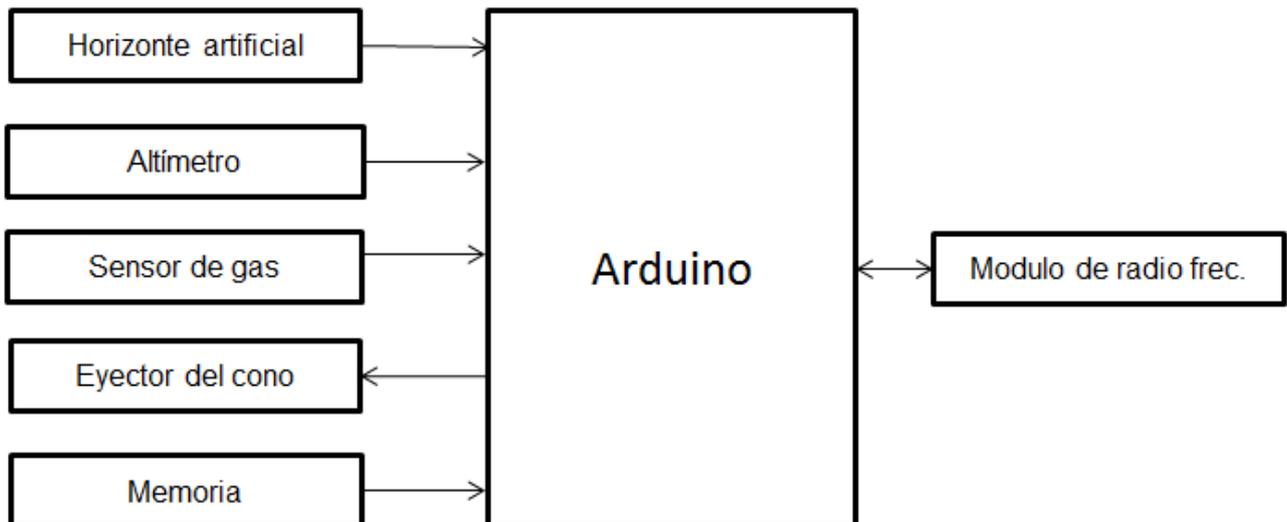
Imagen 33 – Paracaídas de extracción.



Imagen 31 – Paracaídas definitivo.

Fase 6 – Arduino

Diagrama de bloques de la Caja Negra



Explicación bloque de la Caja Negra

Horizonte artificial: es el elemento que permitirá saber la inclinación del cohete en cada uno de sus ejes, este está dispuesto en el centro de gravedad del mismo.

Altimetro: es el instrumento que brindara la altura a la que se encuentra el cohete en su trayectoria de vuelo.

Sensor de Gas: va a cumplir la función de la toma de muestras del aire, y así se podrá analizar cada parámetro de la atmosfera que se estudiará.

Eyector del cono: este servo será el que permita la correcta eyección del cono para el proceso de recuperación del cohete.

Memoria: este brindara la capacidad de poder almacenar los datos del vuelo para luego ser estudiados.

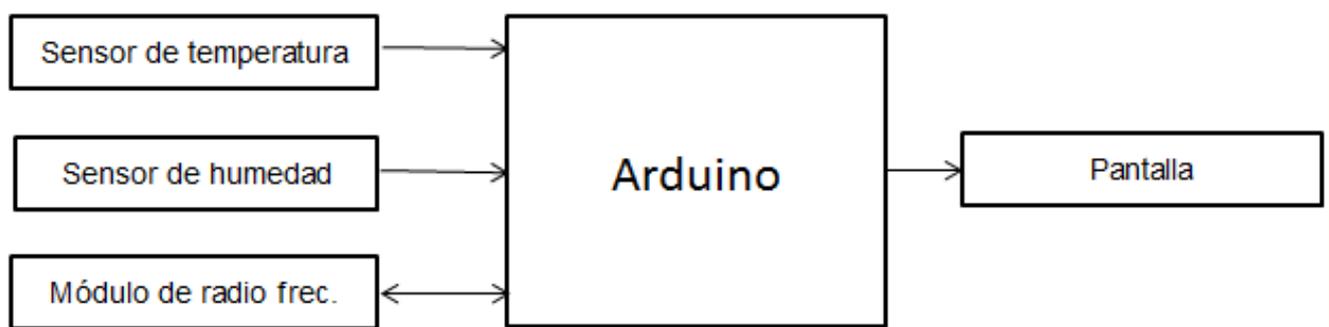
Arduino: cumple la función de almacenar toda la información que tienen los sensores y comunicarla al módulo de radio frecuencia.

Módulo de radio frecuencia: será el elemento encargado de enviar los datos que le transmite la Arduino en vuelo de manera inmediata a la central de monitoreo.

Funcionamiento

La caja negra es la encargada de almacenar los componentes electrónicos que le permitirán al usuario conocer los movimientos y aspectos del cohete en vuelo, y a su vez contener los datos de los parámetros de la atmosfera para su posterior estudio.

Diagrama de bloques de la central de monitoreo



Explicación del funcionamiento de bloque de la central de monitoreo

Sensor de temperatura: será el sensor que nos indicara la temperatura que hay en la zona de lanzamiento y si es la correcta.

Sensor de humedad: indicara la humedad en el ambiente de la zona de lanzamiento.

Módulo de radio frecuencia: será el encargado de recibir los datos que le enviara el módulo de radio frecuencia que se encuentra en la caja negra y así poder transmitírselos a la Arduino.

Arduino: su función constara de recibir los datos provenientes del módulo de radio frecuencia y enviárselos al periférico de salida.

Pantalla: será el LCD que visualizara el usuario en acciones previas al lanzamiento y mediante el mismo donde tendrá todos los datos de la zona del lanzamiento y del vuelo.

Funcionamiento

La central de monitoreo cumplirá la función del control de los parámetros de la zona de lanzamiento mediante los respectivos sensores y también de dar a conocer los datos y variables del cohete en vuel. A su vez cada uno de estos enviara una señal a la central para advertir que se puede realizar el lanzamiento ya que los

parámetros que están midiendo están en las condiciones correctas. Seguido de esto se procede al conteo final del lanzamiento, luego el usuario podrá visualizar todos los datos del lanzamiento que recibe de la caja negra.

Para la configuración de los instrumentos llamados Horizonte Artificial y Altímetro que contiene la caja negra del cohete SAREB se implementó la utilización de las antes mencionadas placas Arduino, seguido a esto se incorporó el 10DOF (Degrees of Freedom) (Grados de libertad) es una placa que reúne todos los integrados necesarios para sensar todos los estados posibles de un cohete, Aceleración, Altura, Inclinación y Compas. Esta placa es I2c, además de usar pocos cables para la comunicación con el micro controlador, es de fácil uso y su implementación, tiene un tamaño reducido. Esta placa se compone de 4 diferentes integrados, que son los siguientes:

- ADXL345 acelerómetro.
- L3G4200D giroscopio.
- HMC5883L compas.
- BMP085 presión barométrica.

Con el ADXL345 (Acelerómetro) se consigue el horizonte que se encuentra en la respectiva caja negra y con el BMP085 que sensa la presión barométrica del ambiente, mediante una diferencia de esta presión y la temperatura ambiente se lograra conocer la altura del cohete en vuelo.

Para que la caja negra sea capaz de recolectar las muestras de la atmosfera utilizara un sensor de gas de ozono (Sensor DHT 229) que permitirá dar a conocer los parámetros que interesan en el posterior estudio de la contaminación de las MCA.

A su vez todos estos datos obtenidos durante el vuelo serán almacenados en una memoria SD y simultáneamente enviados a la central de monitoreo mediante un módulo de radio frecuencia.

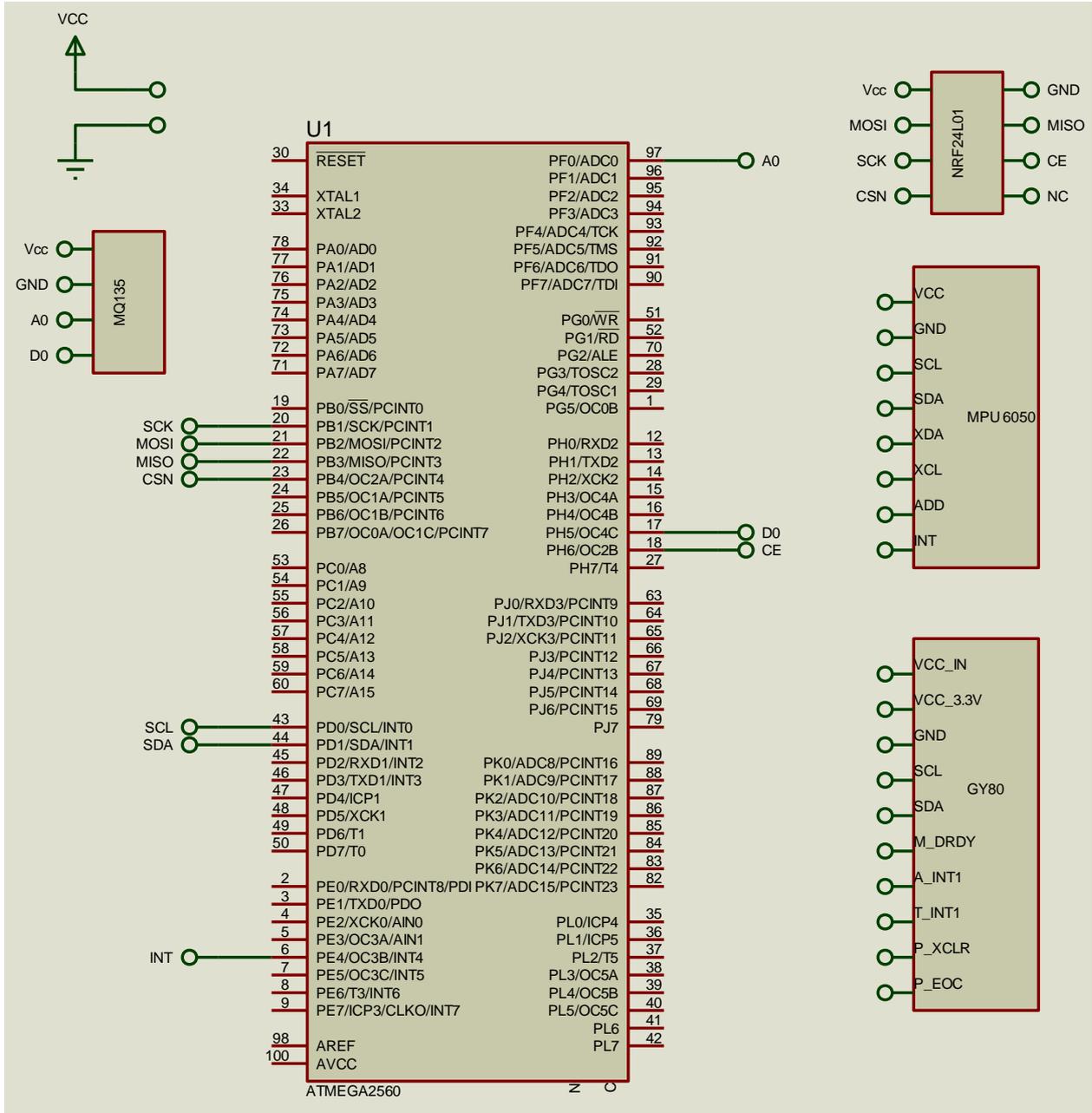
El módulo de radio que se utilizara es el NRF2401 es un instrumento sencillo y flexible al usuario de Arduino, este, tomara lugar en la caja negra de datos como emisor (enviara los datos que se recolectan en el vuelo de manera inmediata) a otro módulo de las mismas características que funcionara como receptor en le central de monitoreo.

Una vez obtenidos los datos serán plasmados en una gráfica que estará colocada sobre la central de monitoreo en una pantalla que será visualizada por el usuario. Esta representación gráfica permitirá representar todos los parámetros y variables en las actitudes del cohete en vuelo de vuelo y los datos del mismo, tales como inclinación (Horizonte artificial), orientación en los polos (Brújula), altitud (altímetro) y temperatura del mismo.

A su vez se podrá conocer los datos que recolecta el Sensor de Gas en vuelo a través de una gráfica.

Placa Arduino Mega 2560

Esta es la conexión de los sensores que parte del micro controlador hacia la Arduino Mega 2560.



Esquema de conexiones en los puertos del microprocesador del Arduino Mega 2560

Diagrama Modular

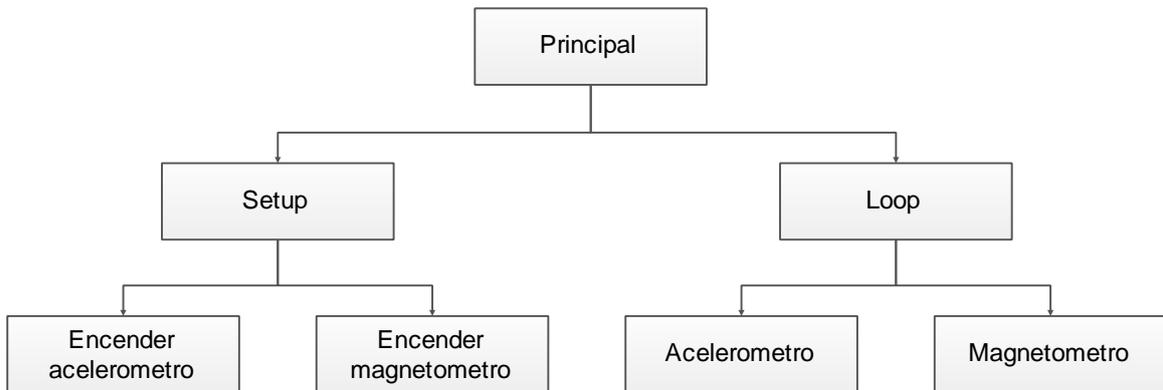
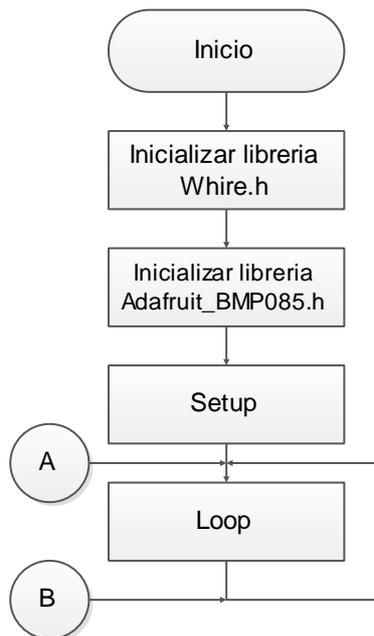
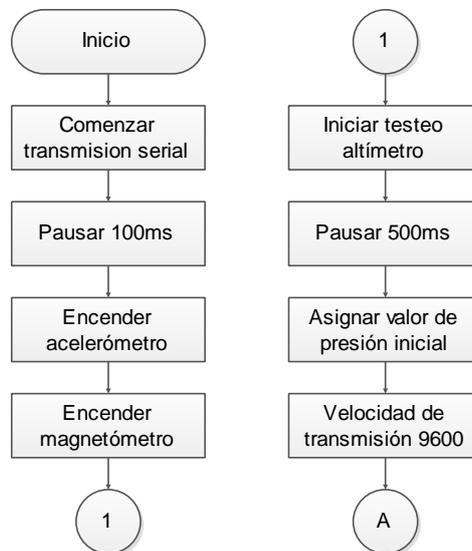


Diagrama de flujo

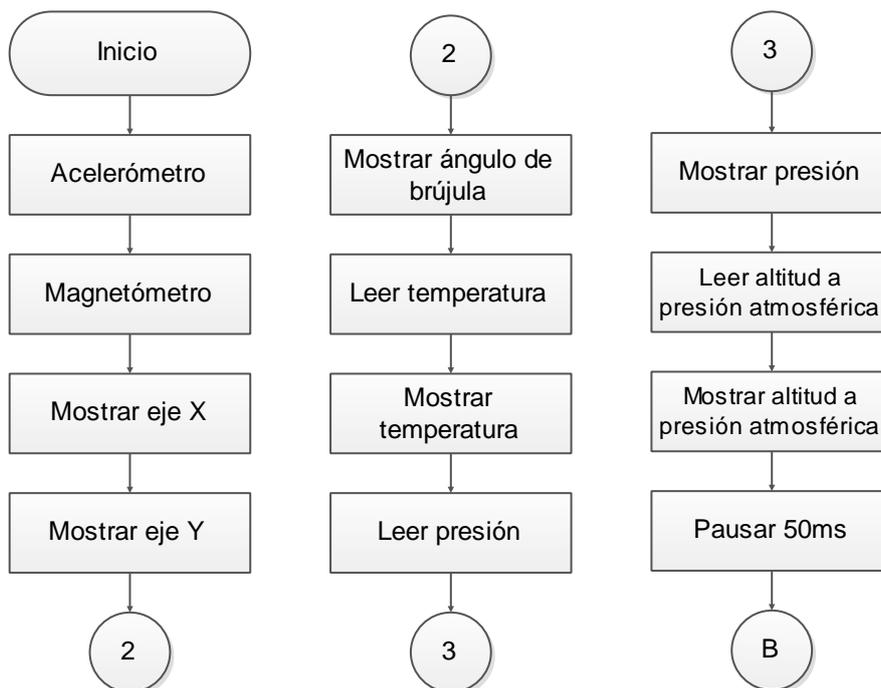
Principal



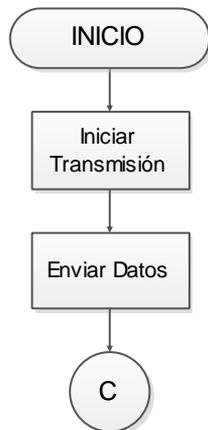
Setup



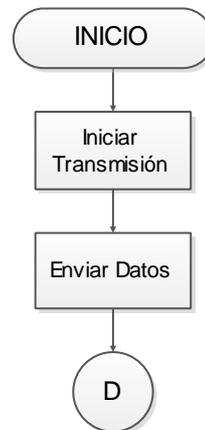
Loop



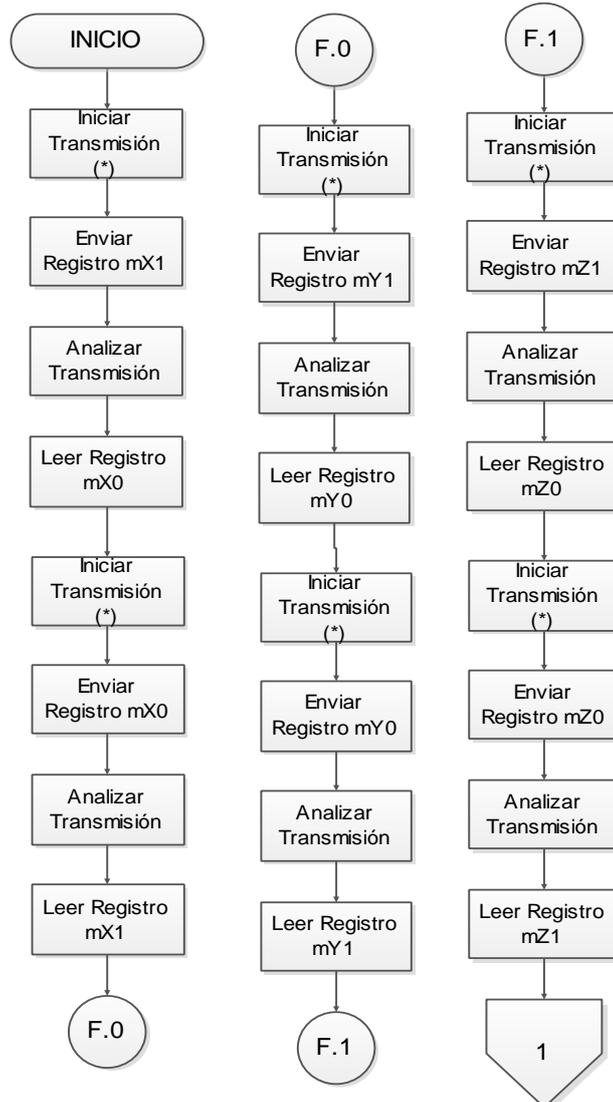
Encender acelerómetro

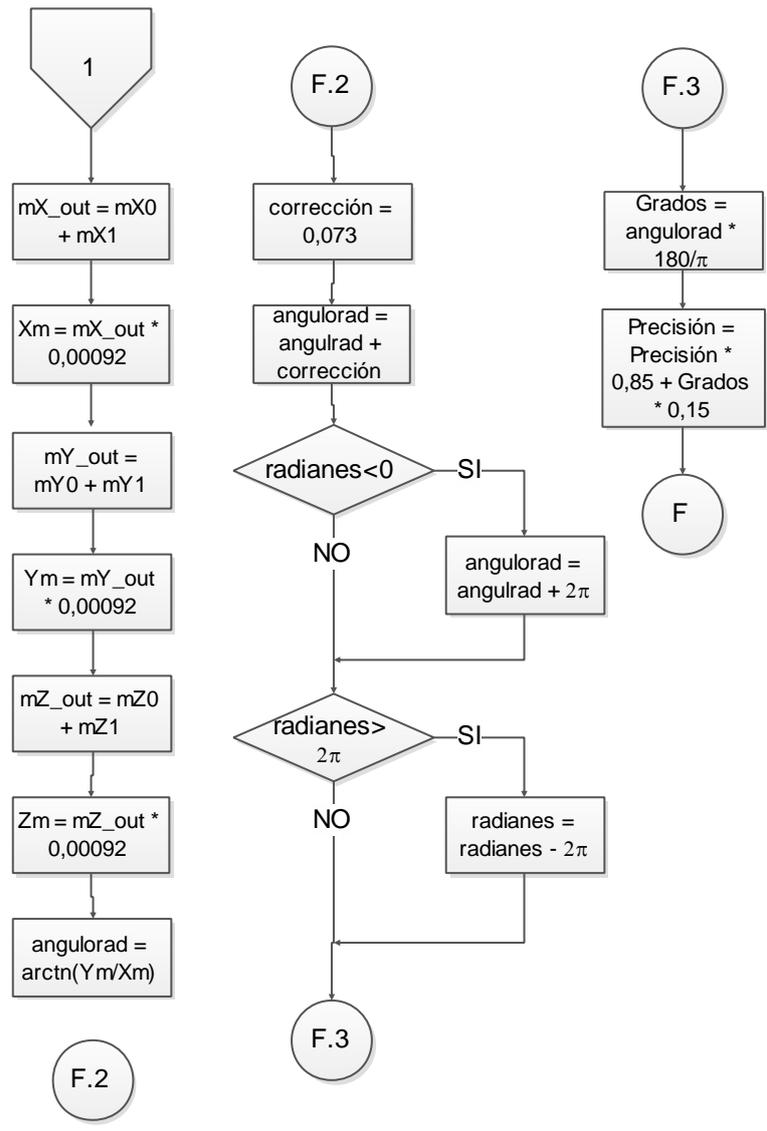


Encender Magnetómetro

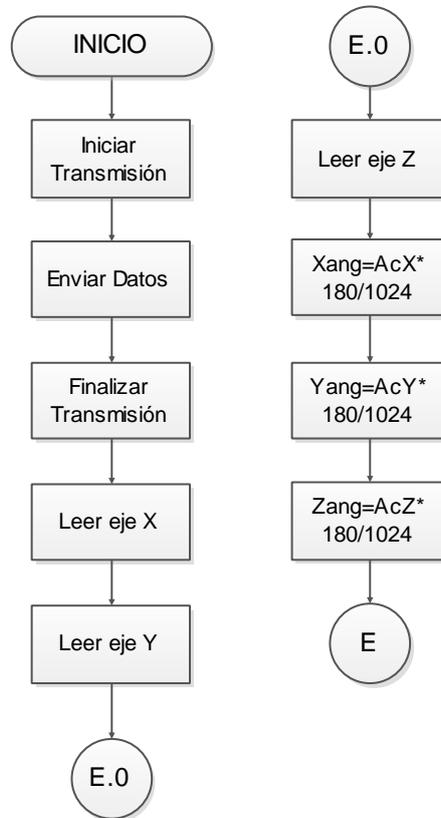


Magnetómetro





Acelerómetro



Código fuente/codificación

//El siguiente código permite hacer funcionar el inclinómetro, magnetómetro y altímetro de la cabina sin contar la modulación por Radio frecuencia, de esta forma se puede evaluar

//si todos los sensores y la programación de la cabina funcionan correctamente.

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <Adafruit_BMP085.h> //librería de altímetro
```

```
#define Magnetometro_mX0 0x03
```

```
#define Magnetometro_mX1 0x04
```

```
#define Magnetometro_mZ0 0x05
```

```
#define Magnetometro_mZ1 0x06
```

```
#define Magnetometro_mY0 0x07
```

```
#define Magnetometro_mY1 0x08

#define Magnetometro 0x1E //HMC5883

int mX0, mX1, mX_out;

int mY0, mY1, mY_out;

int mZ0, mZ1, mZ_out;

float radianes,angulorad,Grados,precision, correccion;

float Xm,Ym,Zm;

const int MPU_dir=0x68;      //identificador acelerometro

int16_t AcX,AcY,AcZ,GyX,GyY,GyZ;

int xAng,yAng,zAng;

int minVal=-8265;

int maxVal=8402;

Adafruit_BMP085 bmp;

long P0;

void setup(){

  Wire.begin();

  delay (100);

  encender_acc();

  encender_mag();
```

```
bmp.begin();

delay (500);          //espera para calibracion de sensor

P0=bmp.readPressure();    //Presion Inicial

Serial.begin(9600);

}

void loop(){

  acelerometro();

  magnetometro();

  //envio de datos en forma de coordenadas: xAng,yAng,precision,temperatura,presion,altitud,altitudrelativa

  Serial.print(xAng);          //inclinacion eje x acelerometro

  Serial.print(",");

  Serial.print(yAng);          //inclinacion eje y acelerometro

  Serial.print(",");

  Serial.print(precision);      //angulo de la brujula respecto al Norte

  Serial.print(",");

  Serial.print(bmp.readTemperature());    //temperatura en celcius

  Serial.print(",");

  Serial.print(bmp.readPressure());    //Presion en mPa

  Serial.print(",");

  Serial.print(bmp.readAltitude());      //altitud segun presion barometrica standar 1013,25
  milibares=101325 Pascales

  Serial.print(",");
```

```
Serial.println(bmp.readAltitude(P0));           //altitud medida segun presion barometrica relativa siendo
P0=presion inicial

    delay(50);

}

void encender_acc(){

    Wire.beginTransmission(MPU_dir);

    Wire.write(0x6B);

    Wire.write(0);

    Wire.endTransmission(true);

}

void encender_mag(){

    Wire.beginTransmission(Magnetometro);

    Wire.write(0x02);

    Wire.write(0x00);

    Wire.endTransmission();

}

void magnetometro(){

    Wire.beginTransmission(Magnetometro);

    Wire.write(Magnetometro_mX1);

    Wire.endTransmission();

    Wire.requestFrom(Magnetometro,1);

    if(Wire.available()<=1)

    {

        mX0 = Wire.read();

    }

}
```

```
Wire.beginTransmission(Magnetometro);  
  
Wire.write(Magnetometro_mX0);  
  
Wire.endTransmission();  
  
Wire.requestFrom(Magnetometro,1);  
  
if(Wire.available()<=1)  
{  
    mX1 = Wire.read();  
}  
  
Wire.beginTransmission(Magnetometro);  
  
Wire.write(Magnetometro_mY1);  
  
Wire.endTransmission();  
  
Wire.requestFrom(Magnetometro,1);  
  
if(Wire.available()<=1)  
{  
    mY0 = Wire.read();  
}  
  
Wire.beginTransmission(Magnetometro);  
  
Wire.write(Magnetometro_mY0);  
  
Wire.endTransmission();  
  
Wire.requestFrom(Magnetometro,1);  
  
if(Wire.available()<=1)  
{  
    mY1 = Wire.read();  
}  
  
Wire.beginTransmission(Magnetometro);
```

```
Wire.write(Magnetometro_mZ1);

Wire.endTransmission();

Wire.requestFrom(Magnetometro,1);

if(Wire.available()<=1)

{

    mZ0 = Wire.read();

}

Wire.beginTransmission(Magnetometro);

Wire.write(Magnetometro_mZ0);

Wire.endTransmission();

Wire.requestFrom(Magnetometro,1);

if(Wire.available()<=1)

{

    mZ1 = Wire.read();

}

mX1=mX1<<8;

mX_out =mX0+mX1;

Xm = mX_out*0.00092; // Gauss unidad de campo magnetico, valor de conversion 0.92 mG por digito

mY1=mY1<<8;

mY_out =mY0+mY1;

Ym = mY_out*0.00092;

mZ1=mZ1<<8;

mZ_out =mZ0+mZ1;

Zm = mZ_out*0.00092;
```

```
//conversion de Gauss a angulo segun NORTE MAGNETICO

angulorad = atan2(Ym, Xm);

correccion = 0.073;          //Correccion de angulo Segun Ecuador (Declinacion)

angulorad += correccion;

if(radianes <0)angulorad += 2*PI;

if(radianes > 2*PI)radianes -= 2*PI;

Grados =angulorad * 180/PI;

//filtro para mejorar la precision del SENSOR

precision =precision*0.85 +Grados*0.15;

}

void acelerometro(){

Wire.beginTransmission(MPU_dir);

Wire.write(0x3B);

Wire.endTransmission(false);

Wire.requestFrom(MPU_dir,14,true);

AcX=Wire.read()<<8|Wire.read();    //pidiendo datos al sensor

AcY=Wire.read()<<8|Wire.read();

AcZ=Wire.read()<<8|Wire.read();
```

int xAng = map(AcX,minVal,maxVal,-90,90);

int yAng = map(AcY,minVal,maxVal,-90,90);

int zAng = map(AcZ,minVal,maxVal,-90,90);

Representación gráfica de la central de monitoreo



Horizonte artificial:

Horizonte artificial: es el elemento que permitirá saber la inclinación del cohete en cada uno de sus ejes, este está dispuesto en el centro de gravedad del mismo.



Horizonte artificial

Altímetro

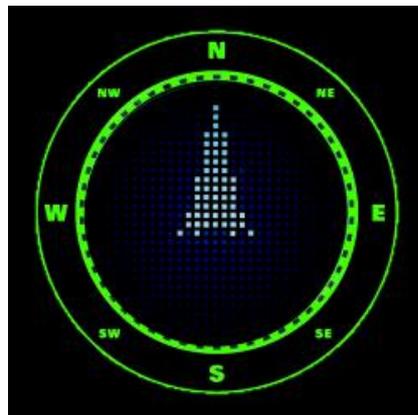
Este instrumento mostrara gráficamente la altitud que llevara el cohete en tiempo real para que el usuario pueda conocerlo.



Altímetro

Brújula

Sera el elemento encargado de representar la orientación del cohete con respecto a los polos.

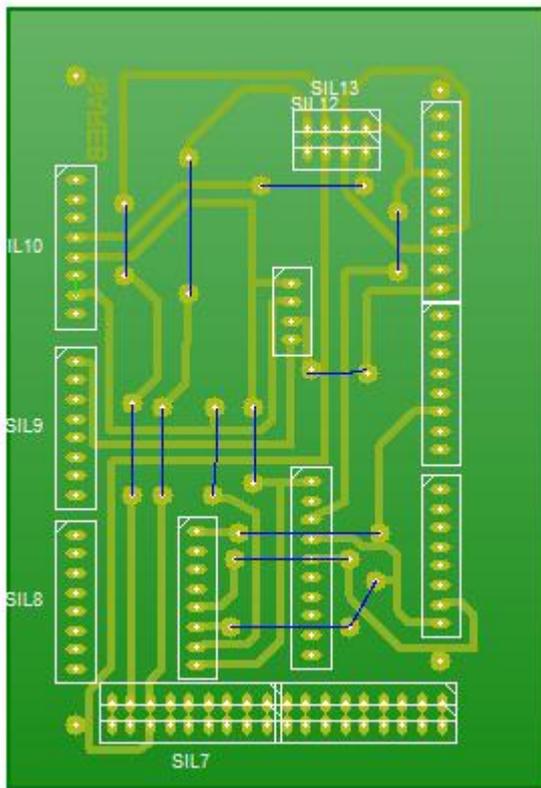


Brújula

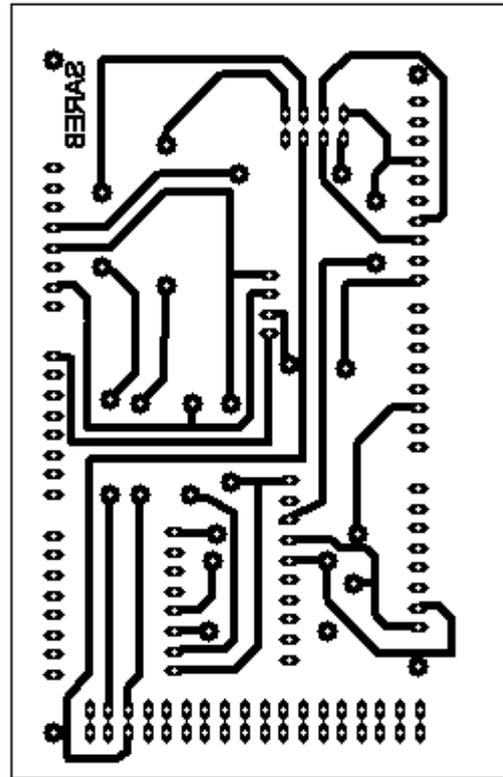
Temperatura/Humedad

Tendrá la función de transmitir gráficamente mediante números digitales la temperatura del cohete y la humedad que se encuentran

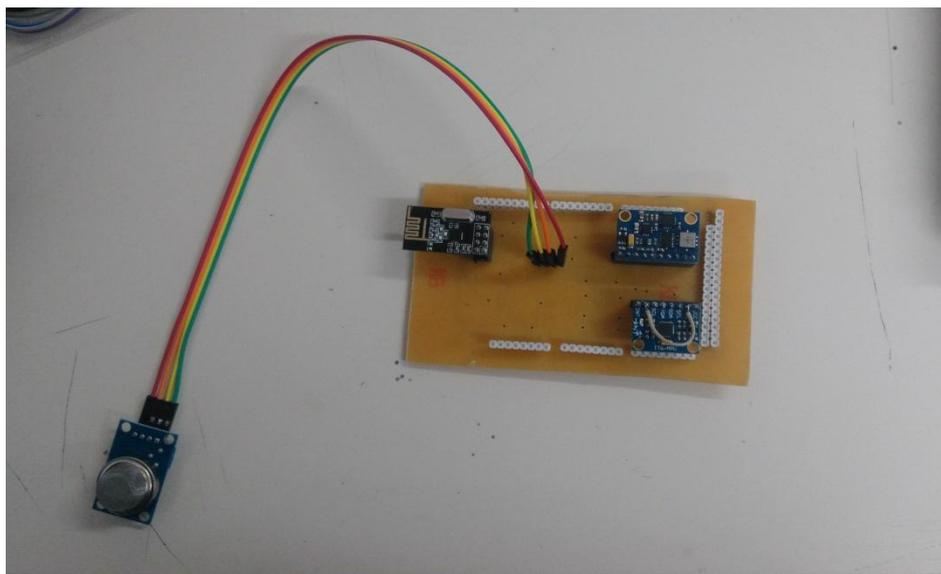
Diseño de la placa Arduino Mega 2560 en PCB Wizard



Diseño de la placa emisora lado de componentes en PCB.



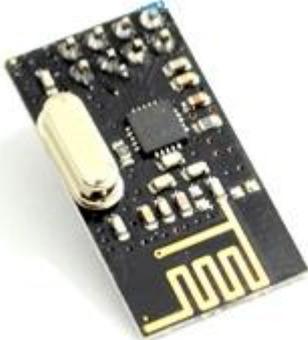
Diseño de la placa emisora en vista Artwork PCB.



Plaqueta final



Arduino Mega 2560



Modulo de radio NRF2401



Incorporado GY-80



Modulo sensor de calidad de aire MQ135

ESPECIFICACIONES SAREB I

Reactor

Reactor Cohete de Combustible Sólido CANDY.
Cámara de combustión cilíndrica. Fabricada en Aluminio.

Tobera tipo “De Laval” supersónica.
Fabricada en Aluminio.
Tapa a presión fabricada a medida.
Fabricada en Aluminio

Medidas:

Largo: 65 milímetros
Diámetro exterior de tobera: 38 milímetros.
Diámetro interior de tobera: 28 milímetros.

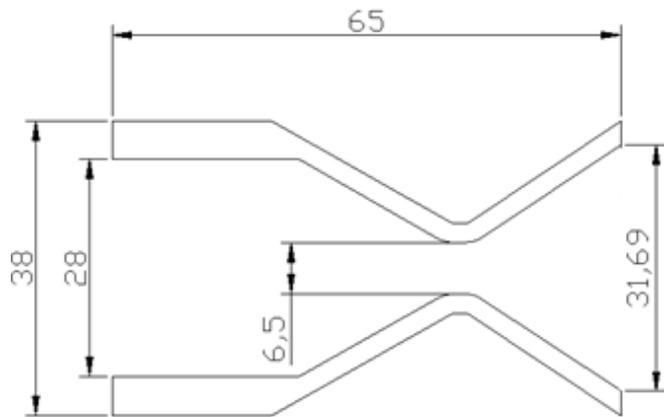


Imagen 33 – Plano Tobera

Fuselaje

Tubo recto de Policloruro de Vinilo (PVC)

Medidas:

Largo: 150 centímetros
Diámetro: 8,8 centímetros

Aletas

Diseño apto para velocidades de 0.6 a 1.8 Mach de mínima resistencia aerodinámica.

Perfil alar NACA 0005
Fabricadas en Fibra de Vidrio.

Medidas:

Envergadura: 151 centímetros
Cuerda (*largo*) de raíz: 17,6 centímetros.
Espesor de perfil máximo: 0,88 centímetros.

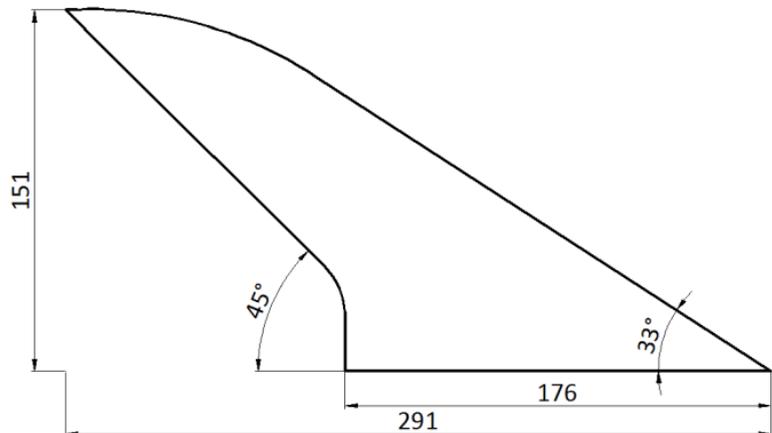


Imagen 34 – Plano Aleta

Cono

Diseño de mínimo coeficiente de resistencia aerodinámica.
Apto para velocidades subsónicas y supersónicas.
Fabricado en Fibra de Vidrio.
Encastre de fácil extracción para despliegue de paracaídas.

Medidas:

Parte visible
Largo: 26 centímetros
Diámetro de base: 8,8 centímetros

Encastre al fuselaje
Largo: 5 centímetros
Diámetro: 8,4 centímetros



Imagen 35 – Plano Cono

Paracaídas de extracción y Paracaídas de recuperación.

Diseño semi-elipsoidal.
Velocidad de caída estimada en 2 m/s con ambos paracaídas abiertos.
Fabricados en tela especial de paracaídas con cuerdas *shock-cord*.

Medidas:

Paracaídas de extracción
Diámetro: 42 centímetros

Paracaídas de recuperación
Diámetro: 200 centímetros

Especificaciones generales del cohete

Altura: 188 centímetros
Peso: 3-4 kilogramos
Velocidad máxima: 600-1100 km/h
Altura máxima: 1000-4000 metros

Requerimientos climáticos para el despegue

Viento calmo, ráfagas no mayores a 7 km/h
Sin precipitaciones
Temperatura -3°C a 30°C
Humedad <70%



Imagen 36 - Renderizado Final SAREB I

Costos

Descripción de Material	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Tubo de PVC 88mm	1	\$ 140	\$ 140
Cable de acero galvanizado	37m	\$8,42	\$353,78
Azúcar	1	\$21	\$21
Nitrato de Potasio (KNO ₃)	15kg	\$1809	\$1809
Abrazadera cierre rápido	1	\$12,50	\$12,50
Grampa 1/4	6	\$11,25	\$67,50
Tensor	1	\$12	\$12
Cabo trenzado	4mm	\$75	\$75
Fibra de Vidrio – 220gr/m ²	5 m ²	\$ 25,54	\$ 127,70
Ácido Muriático	1L	\$90	\$90
Desmolante	1	\$60	\$160
Ferretería varios	1	\$132	\$132
Remaches POP	100	\$ 0,20	\$ 20
Remaches de Golpe	50	\$ 0,30	\$ 15
Fósforos	27	\$18	\$486
Placa de cobre 30x30	1	\$300	\$300
Hojas termotransferibles	1	\$91	\$91
Precintos	1	\$65	\$65
Sensor DHT22	1	\$129,90	\$129,90
Arduino uno R3	1	\$299,90	\$299,90
Servo Futaba S3003	1	\$189,90	\$189,90
Pack de tiras de 40 pines macho 2.54mm	8	\$69,90	\$69,90
Modulo sensor de calidad de aire MQ135	1	\$99,90	\$99,90
Pack 5 tiras de 40 pines hembra 2.54mm	8	\$69,90	\$69,90
Incorporado 10 DOF / GY-80	1	\$606	\$606
Módulos de radio NRF2401	2	\$70	\$140
Resorte bomba de freno de Peugeot	2	\$20	\$40
Resorte de compresión	4	\$24	\$96
Tubo de PVC de 88mm	1	\$309,90	\$309,90
Mecha de 1mm	2	\$50	\$10
Azúcar impalpable	2	\$80	\$180
Ignitores explosivos	10	\$40	\$400
Sella junta de alta temperatura	1	\$180	\$180
		TOTAL	\$7,847.38

Tabla 4 – Costos Cohete SAREB I

CONCLUSIONES GENREALES DEL PROYECTO

Balance comparativo:

Al evaluar los prototipos creados, cohete y central de monitoreo, podemos ver que más allá del arduo trabajo que significó su realización, debido al tiempo de investigación, al de construcción y desarrollo, y al que llevó poner en óptimo funcionamiento los mismos aplicando las calibraciones necesarias, se puede ver que se logró cumplir con el objetivo planteado en el presente informe.

A pesar de estar en etapa de finalización, se ha podido comprobar el correcto funcionamiento de la central de monitoreo, quedando la prueba final del lanzamiento del cohete, dado que las condiciones climáticas hasta el momento del presente informe no fueron las óptimas. Se calcula por las condiciones meteorológicas, que el mismo se podrá llevar a cabo entre noviembre y mediados de diciembre. Pero a pesar de este inconveniente, podemos concluir por todos los ensayos preliminares que se han realizado, que el diseño planteado puede llegar a culminar en una prueba de vuelo exitosa.

Recomendaciones

Evaluando los prototipos finales que se lograron, se pueden establecer una serie de recomendaciones para mejorar los mismos:

Central de Monitoreo:

- Se debería implementar sensores de mayor precisión que permita tener datos de las variables a analizar con el menor error posible.
- Reemplazar el medio de conexión entre el sistema de control y los sensores, pasando de cableado a un sistema de transmisión de datos por radio frecuencia, que permita aumentar la distancia entre el operador y la zona de lanzamiento.
- Reemplazar el dispositivo de visualización de conteo para el lanzamiento por un LCD, que permita no solo ver el conteo regresivo, sino también los valores de las variables climáticas.

Cohete SAREB:

- Aumentar las prestaciones del motor, a fin de obtener un mayor empuje total, el cual se prolongue por un tiempo mayor o igual al actual.

Propuestas

Seguidamente se provee de una serie de propuestas para las recomendaciones antes mencionadas:

Central de Monitoreo:

- En el caso de los sensores, reemplazarlos por unos de mayor precisión. En el caso del sensor de temperatura LM35, sustituirlo por un SD1820 que, cuenta con un mejor tiempo de respuesta y menor error en la medición de temperatura.
- Reemplazar el dispositivo que permite la visualización del conteo de lanzamiento por una pantalla LCD de dos hileras x 16 caracteres cada una.
- Reemplazar el medio de transmisión de datos entre los sensores y el panel de control por módulos de radio frecuencia, permitiendo al usuario encontrarse hasta 400 metros del lugar de lanzamiento sin perder noción del comportamiento de las variables climáticas cerca del cohete.

Cohete SAREB:

- Como solución a esta inquietud de deformación por alta presión de la tobera, se propone aumentar el tamaño del reactor en un 50%, manteniendo como combustible el ya conocido CANDY (KNO_3) o tal vez explorar la posibilidad de implementar un combustible de más prestaciones como lo es el NEPOX.

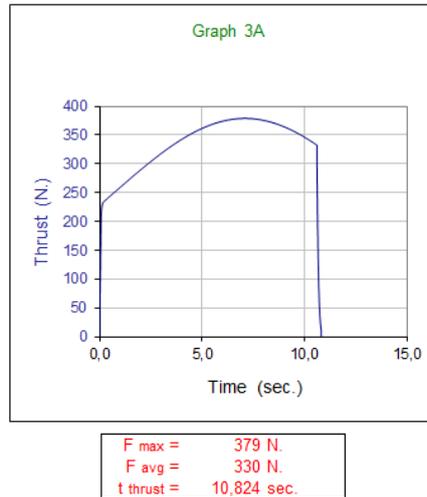


Imagen 37 - Empuje generado por el posible futuro reactor (llamado i6-02)

Este reactor sería capaz de generar un empuje casi 4 veces mayor al actual i6-01. Este se estima construirse en materiales de alta resistencia, como acero inoxidable o titanio en caso de ser posible.

Mejoras al Trabajo

A continuación planteamos una serie de mejoras que proponemos para implementar a futuro con el fin de mejorar la calidad y nivel de complejidad del sistema, permitiendo así realizar mediciones de un mayor número de variables climáticas y dotar al dispositivo de una interface que pueda brindarle más información al operador, como:

- Agregar un microcontrolador PIC 16F877, el cual cuenta con puertos con conversión A/D lo que permite medición y digitalización de las variables climáticas. Cuenta también con un puerto que permite la transmisión de datos a través de dispositivos de radio frecuencia.
- Agregar otro sensor que permita medir la densidad del aire.
- Agregar un teclado matricial que permita una mejor interacción entre el usuario y el sistema permitiéndole ingresar por este medio las variables climatológicas que se ajusten al lugar de lanzamiento.

En cuanto al Cohete todas las mejoras propuestas durante el desarrollo del cohete ya han sido aplicadas y explicadas anteriormente. No se descartan mejoras que puedan aplicarse en los sistemas electrónicos de medición durante el proyecto SAREB, esto incluye a los prototipos siguientes a SAREB I.

GLOSARIO AERONAUTICO

Cohete: Un cohete es un vehículo, aeronave o nave espacial que obtiene su empuje por la reacción de la expulsión rápida de gases de combustión desde un motor cohete

Cohete de Combustible Líquido: Emplea uno o más propergoles líquidos que se mantienen en tanques antes del encendido.

Cohete de Combustible Sólido: Un cohete de combustible sólido es un cohete con un motor que usa un propulsor sólido (reductor/oxidante).

CANDY: Es una mezcla de químicos (Nitrato de potasio y azúcar)

Fuselaje: Cuerpo y estructura principal del Cohete, donde se alojan todos los componentes internos.

Aletas: Extremidades de soporte en vuelo, estabilizan el cohete cuando se encuentra en movimiento gracias a su forma alar.

Cono: Extremo superior del cohete. Éste es extraíble y deja al descubierto el interior del fuselaje para la liberación de los paracaídas.

Empuje: Es la fuerza producida por el reactor cohete, la cual genera el avance del prototipo.

Combustible Jet A1: Gasolina utilizada en aviación comercial.

Tobera: Es un dispositivo que convierte la energía térmica y de presión de un fluido (conocida como entalpía) en energía cinética.

Cámara de Combustión: Es el lugar donde se realiza la combustión del combustible con el comburente.

Duraluminio: Los duraluminios son un conjunto de forja de aluminio, manganeso, magnesio y silicio.

Centro de Presiones: Se denomina centro de presión de un cuerpo al punto sobre el cual se debe aplicar la resultante de todas las presiones ejercidas sobre ese cuerpo para que el efecto de la resultante sea igual a la suma de los efectos de las presiones.

Centro de Gravedad: El centro de gravedad es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas porciones materiales de un cuerpo, de tal forma que el momento respecto a cualquier punto de esta resultante aplicada en el centro de gravedad es el mismo que el producido por los pesos de todas las masas materiales que constituyen dicho cuerpo.

Altímetro Atlas V2: Altímetro ATLAS V 2.0 es una herramienta utilizada por los practicantes de la cohetaría modelo y/o experimental con la finalidad de realizar de forma segura el retorno a tierra de sus cohetes.

Imprimación: Es el proceso por el cual se prepara una superficie para un posterior pintado.

Freática: que esta acumulado en el subsuelo sobre una capa impermeable y puede aprovecharse mediante pozos.

BIBLIOGRAFIA

Aeronáutica

ROCKETLAB. *How to Design, Build, and Test Small Liquid-fuel Rocket Engines*. Estados Unidos de América. China Lake, California. 1967.

RECUENCO Jesús Manuel. *Modelismo Espacial*. España. 2008.

NAKKA, Richard. *Experimental Rocketry*. Estados Unidos de América. *Sin fecha*.

ACEMA. *Aviónica en Cohetería Experimental*. Argentina.

DR. STERN David P. *Los Fundamentos del Cohete*. Estados Unidos de América (Traducido al español). *Sin fecha*.

SÁNCHEZ LORENTE Jose Luis. *Proyecto de Construcción de un modelo de cohete para certificación L3*. España. *Sin fecha*

Universidad Politécnica de Madrid. *Motor Cohete de Combustible Líquido*. España. 2009.

EcosimPro. *Simulación de un motor cohete de combustible líquido*. España. 2001

Recursos de Internet

<http://www.jpcoheteria.com.ar/> - Información sobre cohetes y Consola Comando Multifunción para Lanzamiento

<http://www.nakka-rocketry.net/> - (*en inglés*) Software y técnicas para el diseño y construcción de cohetes. El sitio más importante a nivel mundial.

<http://www.rocket.com.ar/> - Sitio web de la Asociación de Cohetería Experimental y Modelista de Argentina

<http://www.coheteriaamateur.com.ar> - Foro de Cohetería Amateur.

<http://www.todopetardos.com> - El sitio más grande cohetería experimental en español.

<http://www.FlyAtlas.wix.com> - Sitio web del Altímetro ATLAS

<http://www.sei.aero/software-tools.html> - Desarrolladora de software Aeroespacial

<http://www.propulsion-analysis.com/index.htm> - Software de análisis de reactores cohete.

<http://www.wikipedia.org> - Información sobre leyes de la física, reactores, etc.

Anexo I

(Diagrama de Pert y Diagrama de Gantt)

N°	Actividades	Predecesoras	Tiempo optimo	Tiempo probable	Tiempo pesimista	Tiempo esperado	Holgura
1	Investigación Inicial	0	0	0	0	0,00	0
2	Presentación del Anteproyecto	1	0	3	3	2,50	0
3	Selección del material	2	3	21	24	18,50	0
4	Modelado en 3D	1	49	60	63	58,67	46
5	Cálculos y Prueba de Combustible	3	24	105	129	95,50	0
		4	109	20	83	45,33	46
6	Diseño de Paracaídas Definitivo	5	129	7	136	48,83	0
7	Manual Técnico	6	136	7	143	51,17	0
8	Construcción de Componentes Electrónicos	7	143	5	158	53,50	0
9	Maquete, Manual Técnico, Manual de Usuario	8	158	50	208	94,33	0
10	Pruebas y Verificación de Cálculos	9	208	20	228	86,00	0
11	Evaluación Final	10	228	7	235	81,83	0

Tabla de Pert.

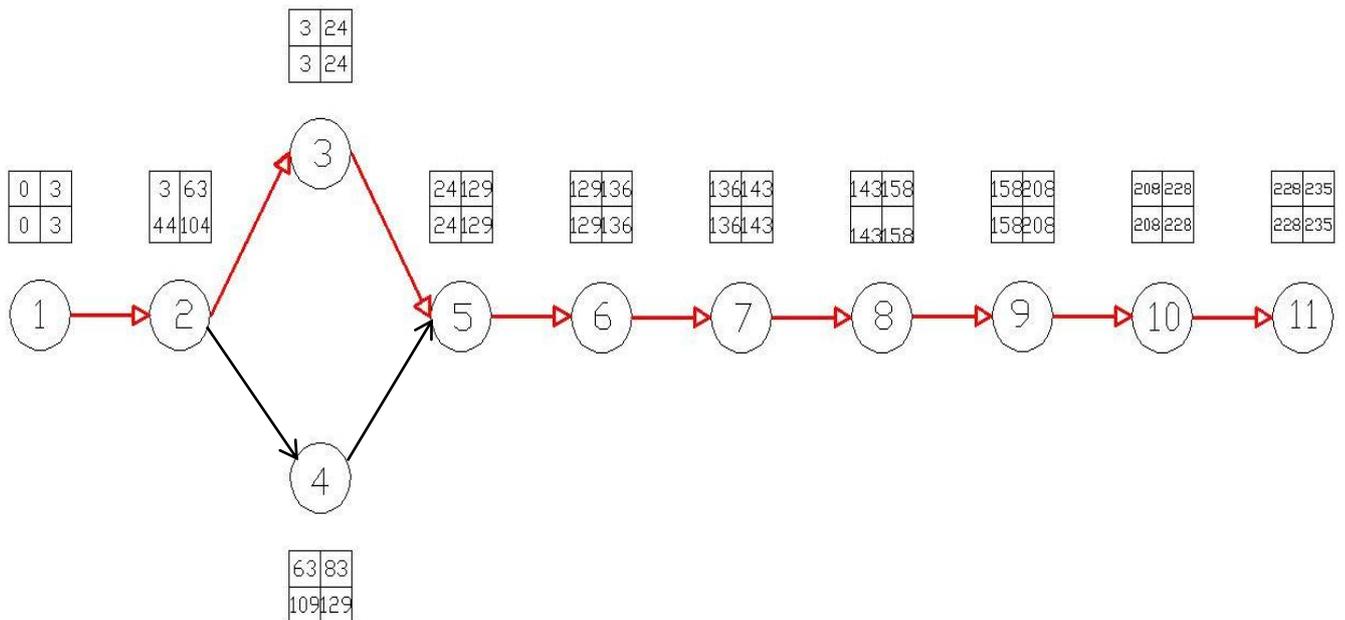


Diagrama de Pert.

Actividad	Fecha de Inicio	Duración	Fecha de Finalización
Investigación Inicial	22/02/2017	20	14/03/2017
Presentación del Anteproyecto	14/03/2017	22	05/04/2017
Selección de materiales	05/04/2017	21	26/04/2017
Modelado en 3D	05/04/2017	60	04/06/2017
Cálculos y Pruebas de Combustible	05/05/2017	105	18/08/2017
Receso Escolar - Invierno	15/07/2017	16	31/07/2017
Diseño del Paracaídas Definitivo	01/08/2017	20	21/08/2017
Manual Técnico	25/06/2017	50	14/08/2017
Construcción de Componentes Electrónicos	14/08/2017	25	08/09/2017
Maqueta, Manual Técnico, Manual del Usuario	01/09/2017	50	21/10/2017
Pruebas y verificaciones de cálculo	15/10/2017	35	19/11/2017
Evaluación Final	15/11/2017	7	22/11/2017

Tabla diagrama de Gantt

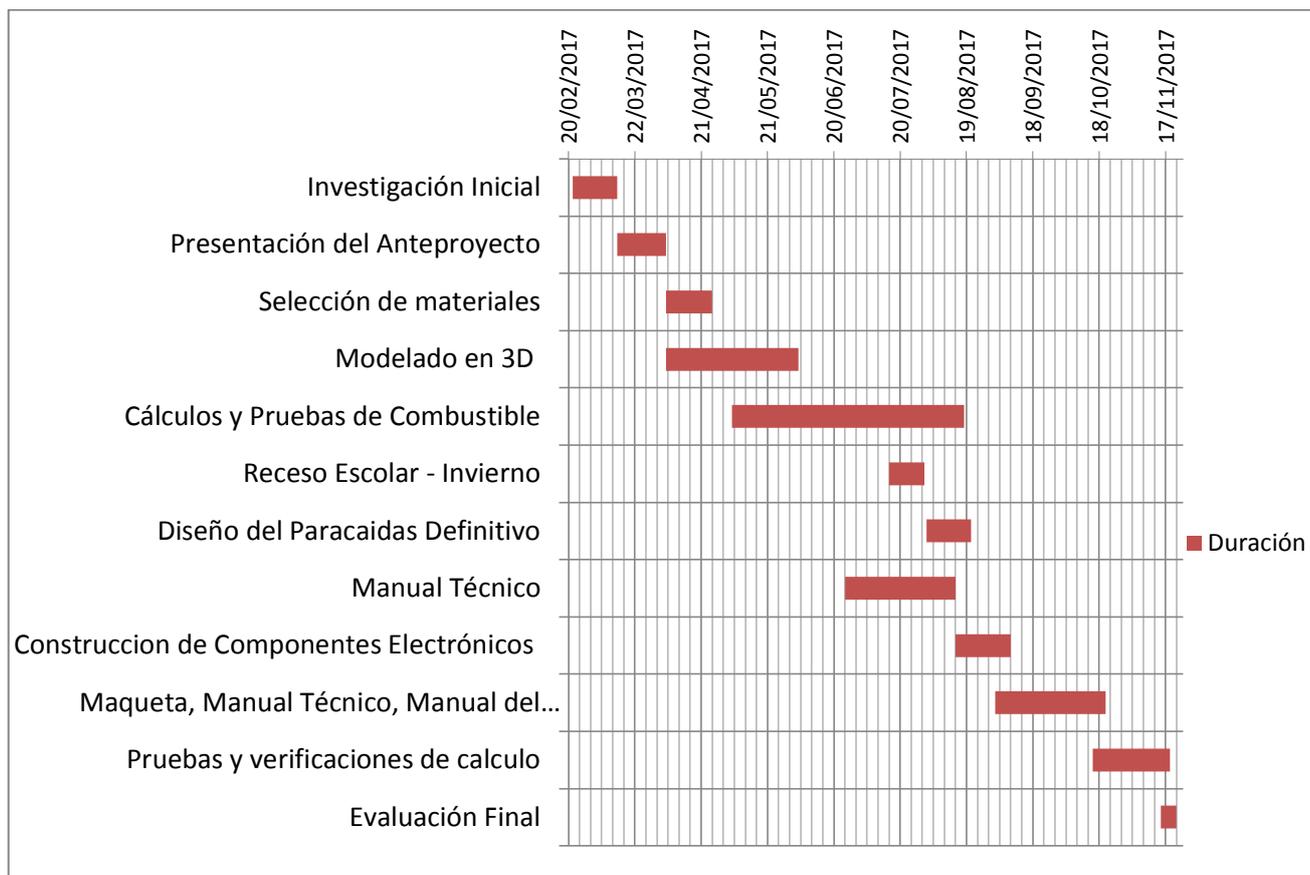


Diagrama de Gantt

Anexo II

(Imágenes)

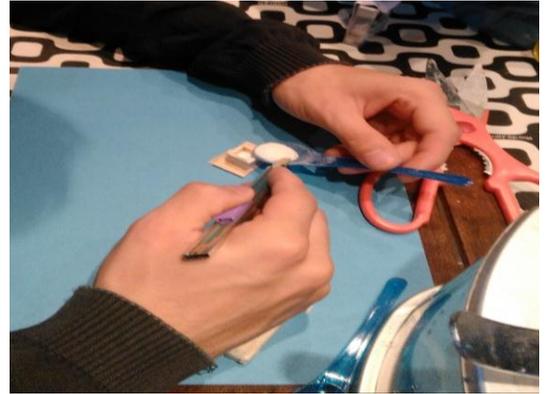


Imagen 38 – Calculando la densidad del Nitrato de potasio en un cm^3 .



Imagen 39 – Proceso de cocción del combustible CANDY y vertido del mismo en el cohete.





Imagen 41 – Proceso de cocción para eliminar la humedad del Nitrato de Potasio en el laboratorio de la Universidad Nacional Tecnológica.

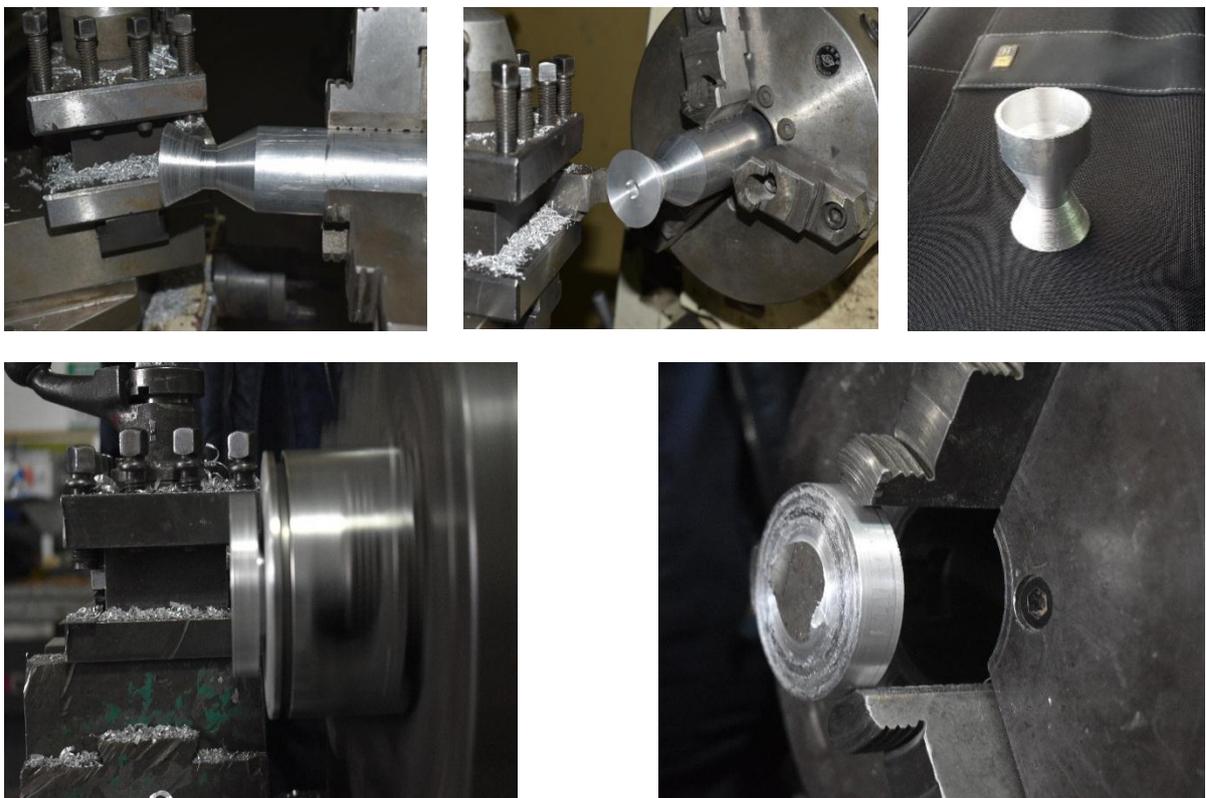


Imagen 43 – Proceso de torneado del plato de aluminio.



Imagen 44 – Armado de un cohete con su respectivo tapón y post prueba.

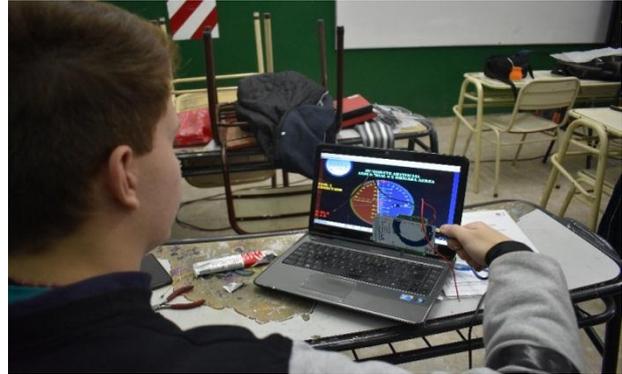


Imagen 45 – Calibración del horizonte artificial.

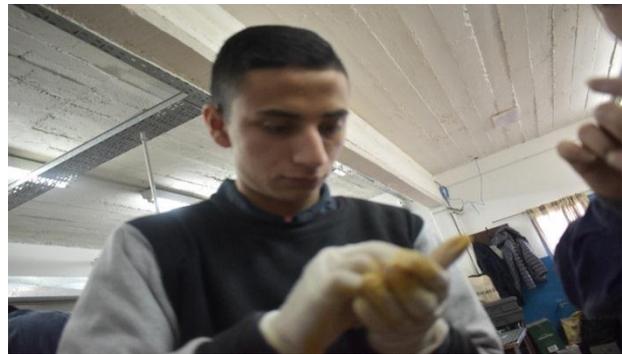


Imagen 46 – Seccionado de la placa de cobre para fabricar la placa y posterior al paso por acido cloruro férrico.

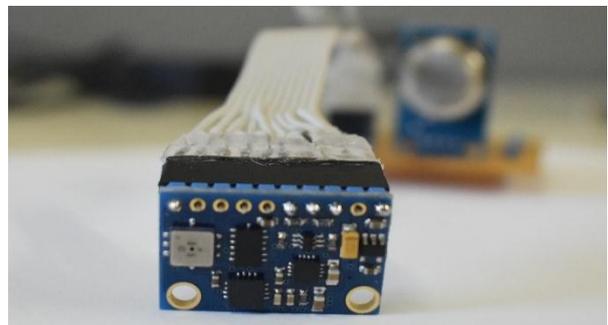
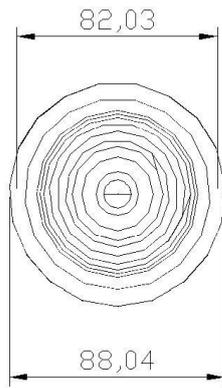


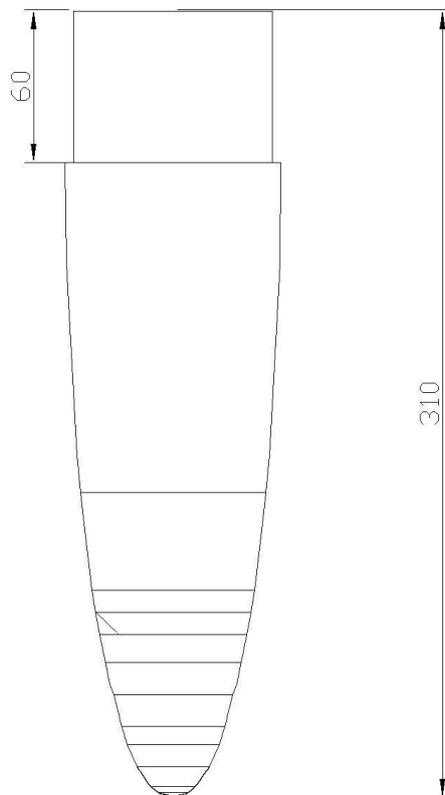
Imagen 47 – Soldado de los pines del integrado GY-80.

Anexo III

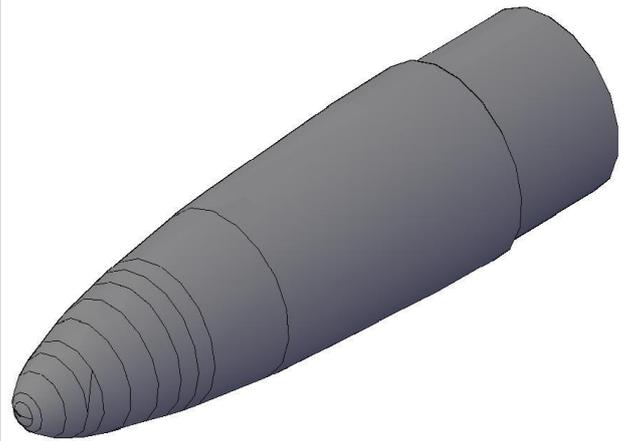
(Planos)



VISTA SUPERIOR

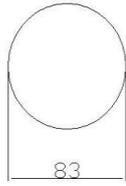


VISTA EN PLANTA

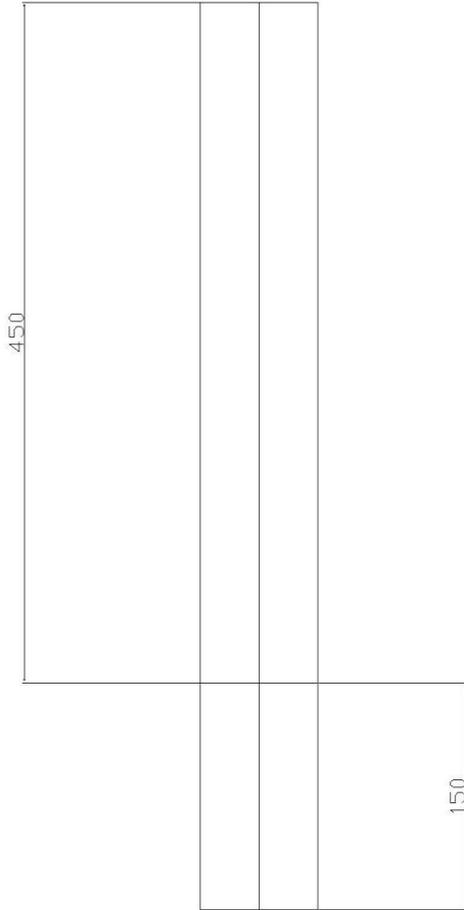


PERSPECTIVA ISOMETRICA
TOBERA

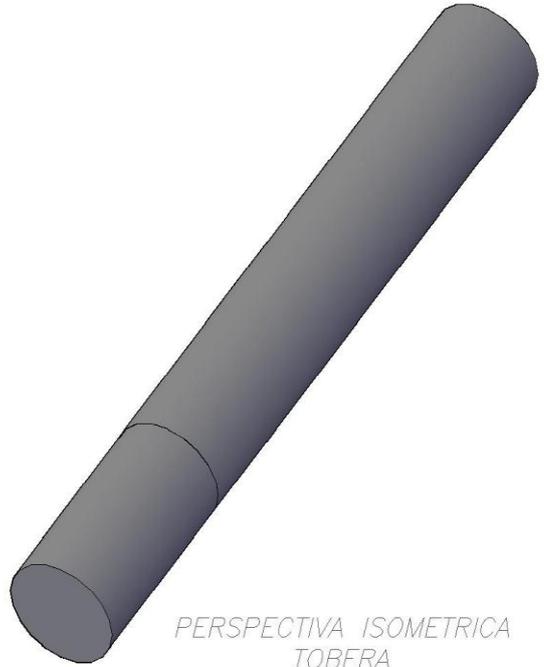
1	CONO		1	FIBRA DE VIDRIO	16		0,08	
Cant.	Denominación	Ubicación	N° Pieza	Material	Ord.	Provisión	Kg	Observación
NORMAS I.R.A.M.: 4501-4502 4503-4504 4505-4507 4508-4509 4513-4520 4540	Dib.	Fecha	Nombre	BARROS, Rodrigo		ESCUELA INDUSTRIAL N°6 "X BRIGADA AEREA"		
	Rev.	23/04/17	AVILA, Arego					
	Aprob.		HERNANDEZ, Agustín					
	Esc:	1:2	TITULO:	CONO		LAMINA FINAL: 1		
		Toler.:	Rug.:					



VISTA SUPERIOR

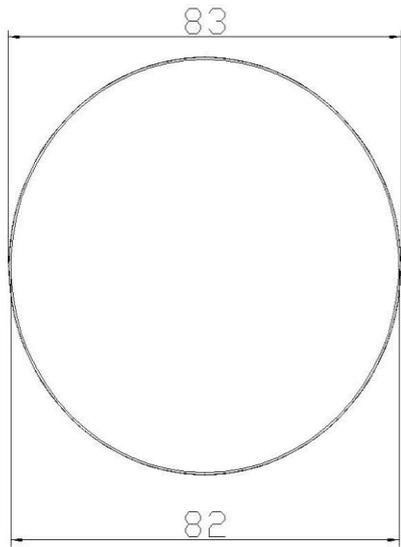


VISTA EN PLANTA

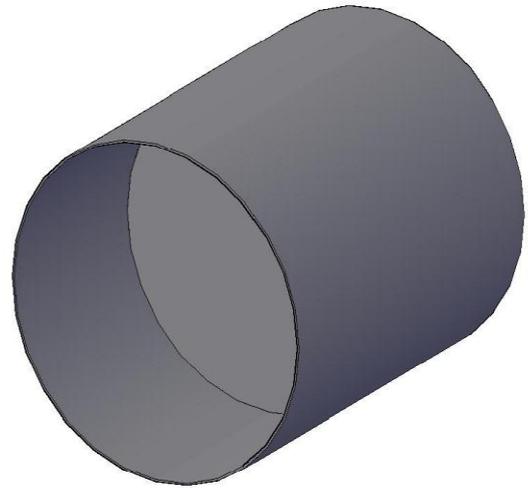


PERSPECTIVA ISOMETRICA
TOBERA

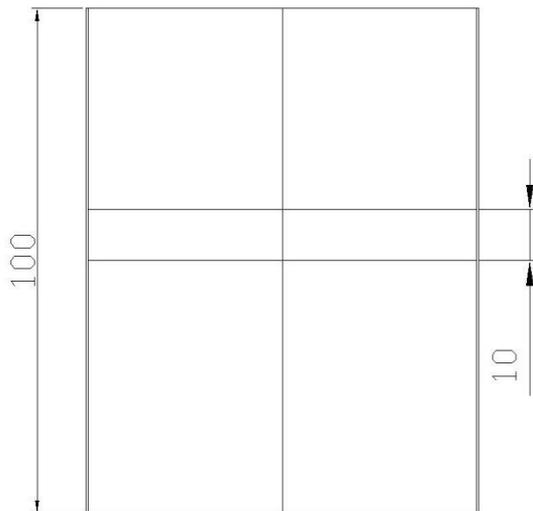
2	PARACAIDAS		2	TELA IGNIFUGA	16		1	
Cant.	Denominación	Ubicación	N° Pieza	Material	Ord.	Provisión	Kg	Observación
NORMAS		Fecha	Nombre	BARROS, Rodrigo		ESCUELA INDUSTRIAL N°6 "X BRIGADA AEREA"		
I.R.A.M.:	Dib.	05/09/17	AVILA, Arego					
4501-4502	Rev.		HERNANDEZ, Agustin					
4503-4504	Aprob.		MARCOMINI, Nicola					
4505-4507	Esc:	1:2	TITULO:	PARACAIDAS				
4508-4509								
4513-4520						LAMINA FINAL: 2		
4540	Toler.:							
	Rug.:							



VISTA SUPERIOR



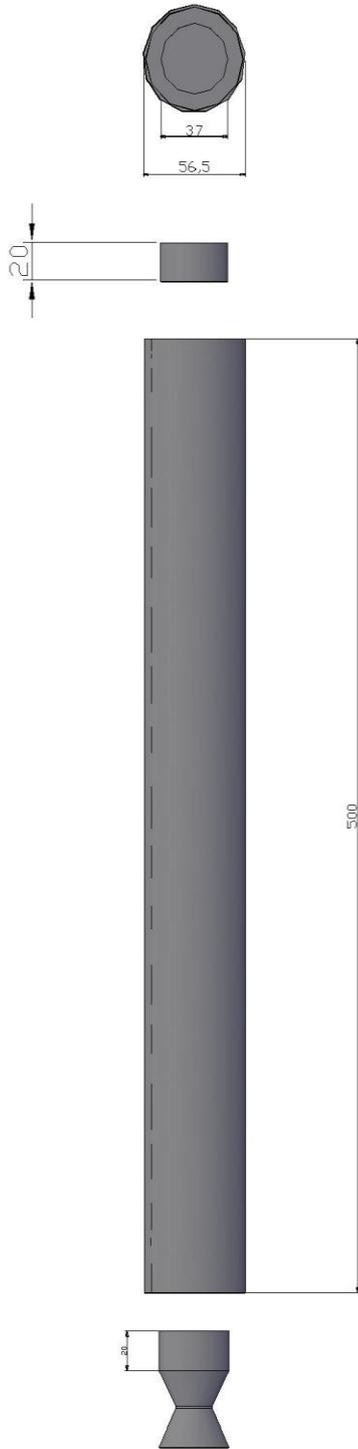
PERSPECTIVA ISOMETRICA
TOBERA



VISTA EN PLANTA

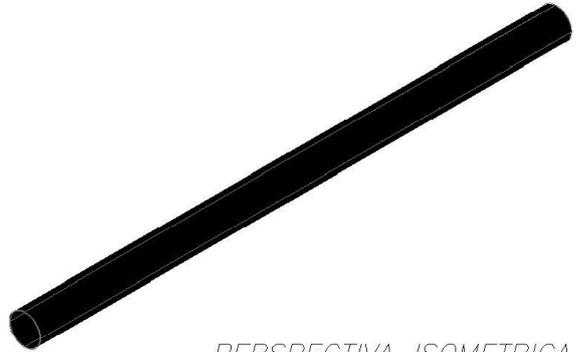
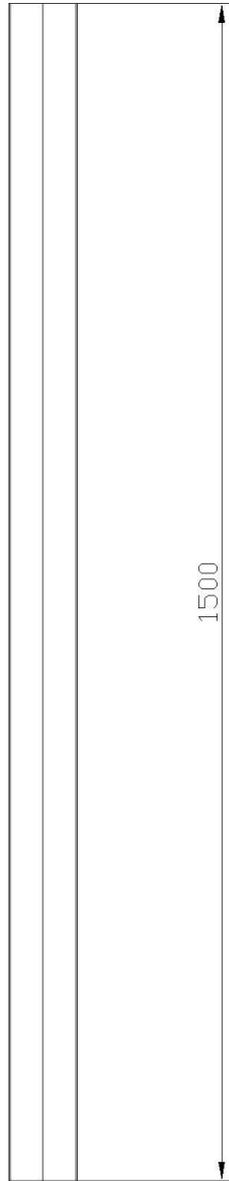
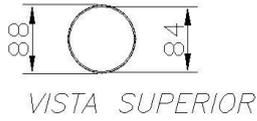
1	PLATO DE ALUMINIO		3	ALUMNO	16		0,251	
Cant.	Denominación	Ubicación	N° Pieza	Material	Ord.	Provisión	Kg	Observación

NORMAS I.R.A.M.: 4501-4502 4503-4504 4505-4507 4508-4513 4540	Fecha	Nombre	BARROS, Rodrigo	ESCUELA INDUSTRIAL N°6 "X BRIGADA AEREA"	
	Dib.	17/08/17			AVILA, Arego
	Rev.				HERNANDEZ, Agustín
	Aprob.		MARCOMINI, Nicolás		
Esc:	1:1.5	TITULO:			
		PLATO DE ALUMINIO			
Toler.:				LAMINA FINAL: 3	
Rug.:					



Cant.	Denominación	Ubicación	N° Pieza	Material	Ord.	Provisión	Kg	Observación
1	CAMARA DE COMBUSTION		6	CARTON	16		0,120	
1	TOBERA		6	ALUMINIO	16		0,08	
1	TAPON		7	ALUMINIO	16		0,06	

NORMAS I.R.A.M.: 4501-4502 4503-4504 4505-4507 4508-4509 4513-4520 4540	Dib.	Fecha	Nombre	BARROS, Rodrigo	ESCUELA INDUSTRIAL N°6 "X BRIGADA AEREA"
	Rev.	25/07/17	AVILA, Arago		
	Aprob.		HERNANDEZ, Agustin		
	Esc:	1:4	TITULO:		
			CAMARA DE COMBUSTION		LAMINA FINAL: 4
	Toler.:				
	Rug.:				

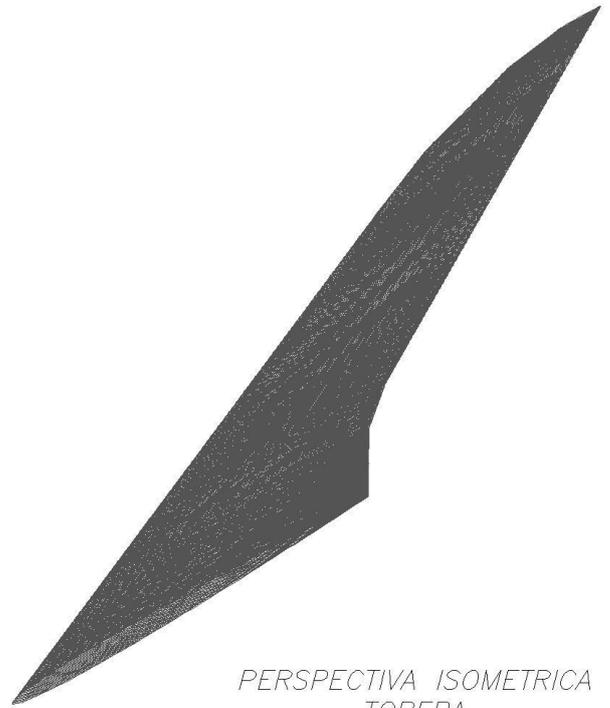


1	FUSELAJE		6	PVC	16		0,251	
<i>Cant.</i>	<i>Denominación</i>	<i>Ubicación</i>	<i>N° Pieza</i>	<i>Material</i>	<i>Ord.</i>	<i>Provisión</i>	<i>Kg</i>	<i>Observación</i>

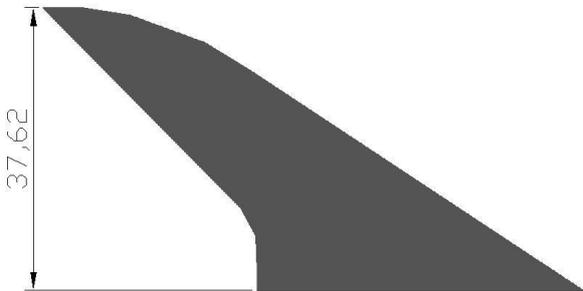
NORMAS I.R.A.M.: 4501-4502 4503-4504 4505-4507 4508-4513 4540	<i>Fecha</i>	17/08/17	<i>Nombre</i>	AVILA, Arego	BARROS, Rodrigo	ESCUELA INDUSTRIAL N°6 "X BRIGADA AEREA"
	<i>Dib.</i>			HERNANDEZ, Agustín		
	<i>Rev.</i>			MARCOMINI, Nicolás		
	<i>Aprob.</i>					
	<i>Esc:</i>	1: 2	<i>TITULO:</i>			
		FUSELAJE				LAMINA FINAL: 6
<i>Toler.:</i>						
<i>Rug.:</i>						



VISTA SUPERIOR



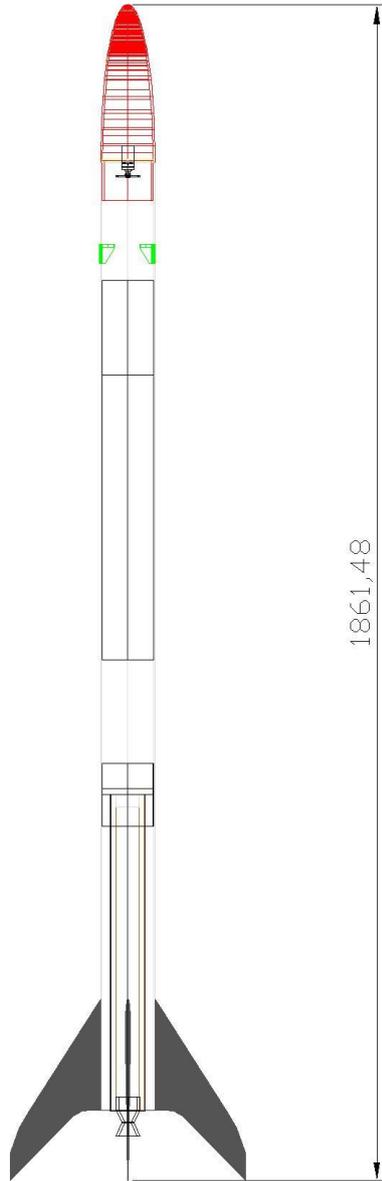
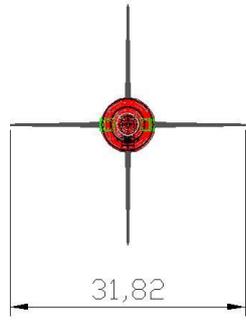
PERSPECTIVA ISOMETRICA
TOBERA



VISTA EN PLANTA

1	aletas		7	Aluminio	16		0.21	
Cant.	Denominación	Ubicación	N° Pieza	Material	Ord.	Provisión	Kg	Observación

NORMAS I.R.A.M.: 4501-4502 4503-4504 4505-4507 4508-4509 4513-4520 4540	Dib.	Fecha	Nombre	BARROS, Rodrigo	ESCUELA INDUSTRIAL N°6 "X BRIGADA AEREA"
	Rev.	10/06/17	AVILA, Arego		
	Aprob.		HERNANDEZ, Agustín		
	Esc:	1:1	TITULO:		
			ALETAS		
	Toler.:				LAMINA FINAL: 7
	Rug.:				



NORMAS I.R.A.M.: 4501-4502 4503-4504 4505-4507 4508-4509 4513-4520 4540	Dib.	Fecha	Nombre	BARROS, Rodrigo	ESCUELA INDUSTRIAL N°6 "X BRIGADA AEREA"
	Rev.	10/10/17	AVILA, Arego		
	Aprob.		HERNANDEZ, Agustin	TITULO: SAREB I	LAMINA FINAL: 8
	Esc:	1:12	MARCOMINI, Nicola		
Toler.: Rug.:					