CIVIL AIR PATROL

MODEL ROCKETRY

FASE ESCRITA

(Written Phase-Spanish)

SEGUNDA EDICION

Civil Air Patrol

COHETERIA MODELO

Un programa desarrollado para Cadetes interesados en la ciencia, tecnología y vuelo de los cohetes modelo

Dr. Ben Millspaugh
Gary Dahlke
Autores

Seth Stewart
Ilustraciones

Barb Pribulick
Diseño Gráfico

Dr. Jeff Montgomery
Gary Dahlke
Pete Boulanger
Stan Troyano
Ginny Smith
Editores

Judy Stone
Correlación Estándares Nacionales

Dr. Janice Borrero
Traducción

Publicado por
National Headquarters, Civil Air Patrol, Maxwell AFB, Alabama 36112

SEGUNDA EDICION 2015

Imágenes Cortesía de Lockheed Martin & Dennis Ven der Vieren
Diseño Portada por Seth Stewart

Tabla de Contenido

Prelimnares iii
Introducción iii
Estándares Nacionales iv
Objetivos de Aprendizaje v
Programa de Cohetería Modelo vi
Requisitos vi
ETAPA 1: REDSTONE viii
Una Breve Historia De La Cohetería y sus Grandes Pioneros 1
Konstantin E. Tsiolkovsky 1
Dr. Hermann Oberth 2
Dr. Robert H. Goddard 3
Dr. Wernher von Braun 4
ETAPA 2: TITAN 5
Código de Seguridad 6
L Leyes Que Rigen La Ciencia De La Cohetería 7
Primera Ley De Movimiento 7
Segunda Ley De Movimiento 8
Tercera Ley De Movimiento 8
Aerodinámica de los Cohetes 8
Principios de la estabilidad y fuerza en el vuelo 8
Prueba de vuelo 9
ETAPA 3: SATURNO 11
Código de Seguridad 12
Rastreo de Altitud 13
Determinación de altitud 13
Motores de Cohetes Modelo 15
Thrust – ¡Poder de Empuje! 16
Instrucciones para Plantilla de Progreso 19
Planilla de Progreso 20

Nota de la Traductora: *Este manual es una traducción al español del libro Civil Air Patrol – Model Rocketry (2da Ed. - 2015). El mismo fue traducido con la mayor fidelidad posible al contenido del texto original. Para evitar confusión en términos y conceptos importantes, la traductora decidió dejar los mismos en inglés.*

Introducción

EL PROGRAMA DE COHETERÍA MODELO DEL CAP

LO BASICO

Este manual instruccional fue diseñado para ser una transición de Module 4, ROCKETS, de Aerospace Dimensions, a un pasatiempo y ciencia de la cohetería modelo. El material instruccional comienza con simples modelos de cohetes con poder-alterno y progresivamente reta al cadete con más modelos avanzados.

El Programa de Cohetería Modelo del CAP (CAP Model Rocketry Program) ahora consiste de dos componentes. Las actividades delineadas en este manual se basan en aspectos básicos. La intensión es que el cadete entienda los principios de la historia de la cohetería, la ciencia de los cohetes, construcción de cohetes, y el lanzamiento seguro y recuperación de los cohetes modelo. El CAP ha creado un programa avanzado de cohetería para acomodar aquellos cadetes que desean continuar proyectos más retadores en la cohetería modelo. En orden para diferenciar entre los dos programas, el programa diseñado en este manual será denominado como Programa Básico, y el siguiente será denominado como Programa Avanzado.

El programa ha sido desarrollado para que hasta el cadete más joven pueda participar en él y divertirse construyendo cohetes poco costosos. Ha sido dividido en tres etapas: Redstone, Titán y Saturno. Cada etapa es más retadora y, hasta completar la Etapa Saturno, el cadete es elegible para el uso del distintivo Civil Air Patrol Rocketry Badge, así como el uso del parcho en el BDU.

Este programa también fue diseñado para incluir aquellos cadetes que viven en áreas donde el combustible sólido utilizados en los cohetes modelo está prohibido por la ley. Los cadetes que se encuentren bajo estas circunstancias se les ofrece la opción de lanzamiento de cohetes de presión de aire.

El programa ha sido diseñado para que cadetes, personal adulto cualificado y el comandante de escuadrón trabajen juntos. Al completar este programa, el cadete será reconocido por sus compañeros y Staff de adultos como uno que tiene destrezas de liderazgo en el campo de la cohetería.

RESUMEN DE CAMBIOS

Esta es la primera revisión al nuevo programa de cohetería modelo desde que fue introducido en el 2002. Dentro de las revisiones significativas realizadas se incluyen las siguientes: 1) Se añaden cohetes de aire y se elimina el “junk rockets” de la etapa Redstone. 2) Se eliminan las instrucciones de cohetes específicos en las etapas Titán y Saturno considerando que cualquiera que sea el cohete seleccionado para una etapa en particular tendrá incluidas las instrucciones detalladas para su construcción; técnicas comunes de construcción/acabados también deben ser incluidas según sea el caso. 3) Los tipos de cohetes requeridos para Titán y Saturno han sido modificados; un cohete modelo ya no es requerido para Titán; más bien, los tipos de cohete estarán por categorías de “Nivel de Destreza”. 4) Las hojas de “Official Witness Log (OWL) fueron eliminadas; una plantilla fue establecida y la acción del comandante de unidad ha sido limitada a solo firmar el certificado de reconocimiento como que completo el programa; el “Qualified Senior Member “(QSM) registra todo el progreso hasta que complete el programa, en ese momento él/ella notificará al comandante. 5) Una revisión completa del texto fue realizada para corregir todo aquellos errores existentes en datos o tipográficos.

NOTA IMPORTANTE PARA LOS LÍDERES ADULTOS

Las actividades delineadas para los cadetes en este manual requieren la vigilancia de un “Qualified Senior Member” (QSM). Si la unidad tiene un “Aerospace Education Officer” (AEO) asignado, él/ella es la opción más lógica para actuar como QSM. Si la unidad no cuenta como un AEO asignado, el comandante puede asignar un miembro adulto apropiado para actuar como el QSM. En adición, el “Aerospace Education Member (AEM) puede también actuar como QSM. El QSM debe estar familiarizado con el contenido del manual antes de cumplir con los deberes oficiales asignados.

Estándares Nacionales

ESTANDARES EN CIENCIA: National Research Council (NRC)

Estándares A: Ciencia como Investigación

- Habilidades necesarias para hacer investigación científica
- Comprensión sobre la investigación científica

Estándar B: Ciencia Física

- Propiedades y cambios en las propiedades en la material.
- Reacciones químicas
- Movimiento y Fuerzas
- Transferencia de Energía

Estándar E: Ciencia y Tecnología

- Habilidades en el diseño tecnológico
- Comprensión sobre la ciencia y la tecnología

Estándar F: Ciencia en Perspectivas Personales y Sociales

- Riesgos and Beneficios
- Peligros Naturales e Inducidos por los humaños
- Ciencia y tecnología en la sociedad

Estándar G: Historia y Naturaleza de la Ciencia

- Ciencia como actividad humana
- Perspectivas Históricas
- Historia de la Ciencia

Unificando Conceptos y Procesos

- Constancia, cambio y medición
- Evidencia, Modelos y explicación
- Forma y función

ESTANDARES EN MATEMATICA: National Council of Teachers of Mathematics (NCTM)

4. Estándares de Medición

- Comprensión de los atributos medibles de los objetos y de las unidades, sistemas, y procesos de medición.
- Aplicación apropiada de las técnicas, herramientas, y formulas para determinar medición.

5. Análisis de Data y Estándares de Probabilidad

- Formulación de preguntas que puedan ser dirigidas con data y recolectar, organizar, y demostrar data relevante para contestarlas.

6. Estándares para Resolver Problemas

- Resolver problemas que surgen en las matemáticas y otros contextos.

8. Estándares de Comunicación

- Usar el leguaje matemático para expresar ideas matemáticas de manera precisa.

9. Estándares de Conexión

- Reconoces y aplicar las matemáticas en contextos fuera de las matemáticas.

ESTANDARES EN TECNOLOGIA: International Technology Education Association (ITEA)

Estándar 8: Comprensión de los atributos del diseño

Estándar 10: Comprensión del papel de la resolución de problemas, investigación y desarrollo, invención, innovación y experimentación en la solución de problemas.

Estándar 11: Habilidad para aplicar los procesos de diseño.

ESTANDARES EN ESTUDIOS SOCIALES: National Council for the Social Studies (NCSS)

2. Tiempo, Continuidad, y Cambio

6. Poder, Autoridad, y Gobierno

8. Ciencia, Tecnología y Sociedad

Objetivos de Aprendizaje

ETAPA 1 – REDSTONE

Luego de completar esta etapa, usted debe ser capaz de:

- Identificar datos históricos sobre el desarrollo de los cohetes.
- Describir las mayores contribuciones de los cuatros grandes pioneros en la cohetería.
- Recordar los datos sobre la vida y logros de los pioneros en la cohetería.
- Construir y lanzar dos de las opciones de cohetes modelo utilizando métodos de propulsión no-convencionales (alternos).

ETAPA 2: TITAN

Luego de completar esta etapa, usted debe ser capaz de:

- Explicar las tres Leyes de Movimiento de Newton
- Describir la aerodinámica de un cohete.
- Construir y lanzar dos cohetes modelo presente dentro de las opciones en la Parte Práctica (“Hands-On”).
- Demostrar conocimiento del Código de Seguridad de NAR

ETAPA 3: SATURNO

Luego de completar esta etapa, usted debe ser capaz de:

- Describir rastreo de altitud
- Explicar la distancia de referencia
- Describir los componentes de un motor de cohete modelo.
- Definir Newton segundos
- Definir impulso total.
- Demostrar conocimiento del Código de Seguridad de NAR.
- Construir y lanzar un cohete en la etapa Saturno.

Programa de Cohetería Modelo

Requisitos

ETAPA UNO: Redstone

1. Fase Escrita

El cadete debe repasar y estudiar el material escrito de manera que apruebe un examen sobre la historia de los cohetes y las vidas de los cuatro grandes pioneros en la cohetería.

2. Examen

El cadete debe obtener una puntuación mínima de 70% en el examen de Redstone, administrado ya sea en copia impresa o en línea a través de "Learning Management System" (LMS). Una vez completado, el "Qualified Senior Member" (QSM) actualizará los resultados en la Plantilla de Progreso.

3. Fase "Hands-On"

El cadete debe construir dos cohetes con diferentes fuentes de poder. Hay cuatro opciones:

(1) Cohete Goddard utilizando banda elástica;
(2) Cohete de Alka Seltzer® y agua;
(3) Cohete propulsado por aire
(4) Cohete combinando aire comprimido y botella de agua.

4. Vuelo de Cohetes Modelo

El cadete debe tener un QSM que atestigüe el lanzamiento de los dos cohetes y añote el evento en la Plantilla de Progreso.

ETAPA DOS: Titán

1. Fase Escrita

El cadete debe repasar y estudiar el material escrito de manera que apruebe un examen sobre las Leyes de Movimiento de Newton y la Aerodinámica de los Cohetes.

2. Examen

El cadete debe obtener una puntuación mínima de 70% en el examen de Titán, administrado ya sea en copia impresa o en línea a través de "Learning Management System" (LMS). Una vez completado, el "Qualified Senior Member" (QSM) actualizará los resultados en la Plantilla de Progreso.

3. Fase "Hands-On"

1) El cadete debe construir dos cohetes en esta etapa. Si el cohete modelo convencional de propulsor solido está permitido en la localidad del cadete, entonces él/ella debe construir dos "kits" comerciales disponibles, el primero debe tener un mínimo de Nivel de destreza E2X, el segundo debe tener un mínimo de Nivel de Destreza de 1. El cadete que tenga las destrezas de construcción, puede exceder el nivel de destreza mínimo si él/ella así lo desee. Una descripción detallada de los niveles de destreza son incluidos en el material instruccional de la Etapa Titán.
2) En algunos estados, los cohetes modelos son considerados un peligro de incendio, o por otras razones, son prohibidos por ley. Si este es el caso, el cadete tiene la opción de lanzar y recuperar de manera segura un cohete comercial propulsado con aire. Si el cadete escoge esta opción, él/ella debe ofrecer una prueba matemática de altitud alcanzada por el vuelo. Esto puede realizarse utilizando un inclinómetro (presentado en la pagina 29 en *Aerospace Dimensions, Rockets, Module 4*), o uno de los buscadores comerciales de altitud tales como Estes Altitrak®.
3) En adición, si un cadete vive en un área donde los cohetes están prohibidos por ley, un cohete modelo convencional de propulsor solido puede ser construido (pero no podrá volarlo) que debe tener un Nivel de Destreza mínimo de E2X. El construir un cohete modelo convencional le dará al cadete una idea clara del trabajo que se realizar en este tipo de cohete. Además. El cohete podría volar en alguna actividad futura donde la cohetería modelo convencional sea permitida.

4. Vuelo del Cohete

El cadete debe probar, antes del vuelo, que el modelo es estable. El cadete debe usar el "swing test" descrito en el texto como prueba de estabilidad. Aunque un cohete construido de un manufacturero comercial se espera tenga un diseño estable, el "swing test" provee una excelente oportunidad para demostrar la estabilidad a aquellos que son nuevos en la cohetería modelo. Un Qualified Senior Member (QSM) debe ser testigo del lanzamiento exitoso, vuelo y recuperación del cohete es requerido en esta fase. **Es la responsabilidad del Qualified Senior member (QSM) velar que las directrices del Código de Seguridad de la Asociación Nacional de Cohetería ("NAR Safety Code") son seguidas en todos los lanzamientos. El cadete debe demostrar dominio del Código de Seguridad, seguido por una lista de cotejo pre-vuelo, y ejecutar de lanzamiento y recuperación de manera segura.** Una vez los vuelos hayan sido realizados conforme al Código de Seguridad, el QSM añotara los eventos en la Plantilla de Progreso. NOTA: La opción del cohete de aire consistirá de un (1) vuelo y necesitará seguir solamente el Código de Seguridad para aquellos aspectos que apliquen.

ETAPA TRES: Saturno

1. Fase Escrita

El cadete debe repasar y estudiar el material escrito de manera que apruebe un examen sobre como determinar la altitud, propulsión y el Código de Seguridad de la Asociación Nacional de Cohetería (NAR).

2. Examen

El cadete debe obtener una puntuación mínima de 70% en el examen de Saturno, administrado ya sea en copia impresa o en línea a través de "Learning Management System" (LMS). Una vez completado, el "Qualified Senior Member" (QSM) actualizará los resultados en la Plantilla de Progreso.

3. Fase "Hands-On"

(1) El cadete debe construir UN (1) cohete con un mínimo de Nivel de Destreza 2.

a. El cadete DEBE ELEGIR CONSTRUIR un cohete de dos etapas que requiera dos motores para alcanzar altitud. El cohete debe alcanzar al menos 500' y debe ser recuperado de manera segura.

b. El cadete puede elegir construir un modelo de cohete que sea capaz de cargar al menos 2 onzas de carga a una altitud de 300' o más.

c. El cadete puede elegir construir un cohete modelo que tenga adjunto un planeador por separado. El planeador y el cohete debe regresar a tierra a salvo y siempre conservando las directrices del Código de Seguridad.

(2) Si el cadete vive en un área donde los cohetes de combustible-solido están prohibido por ley, él/ella pueden elegir construir un cohete propulsado con aire de su propio diseño desde cero. Puede ser lanzado por un lanzador comercial como el Estes o Air Burst, también puede ser un lanzador casero (como cualquiera de los que se muestran en las secciones Redstone y Titán). El cohete debe alcanzar una altitud mínima de 100'; y el cadete debe proveer evidencia de la altitud alcanzada usando un inclinómetro o un modelo comercial como el de Estes Altitrak®, o las ecuaciones de tiempo descritas en el material instruccional Titán.

4. Vuelo y recuperación de los cohetes

Una vez los vuelos hayan sido realizados conforme al Código de Seguridad, el QSM añotará los eventos en la Plantilla de Progreso. NOTA: La opción del cohete de aire consistirá en un (1) vuelo y necesitará seguir solamente el Código de Seguridad para aquellos aspectos que apliquen.

5. Comandante de Escuadrón (Squadron Commander)

Una vez se determine que el cadete ha completado todos los requisitos del programa (esto es, Etapas 1, 2 y 3), el Comandante de Escuadrón firmará y presentará el certificado de logros del CAP Model Rocketry durante una ceremonia de premiación. Este certificado está disponible en la sección de Download en eServices. El comandante puede también elegir entregarle al cadete el parcho bordado de cohetería y/o el distintivo metálico (Badge) de cohetería.

ETAPA 1
REDSTONE

ETAPA 1: REDSTONE

Fase Escrita

UNA BREVE HISTORIA DE LA COHETERÍA Y SUS GRANDES PIONEROS

Tal vez los primeros verdaderos cohetes fueron “accidentes”. En el siglo 1 d.C se informó que los chinos experimentaron con un polvo explosivo sencillo hecho de nitrato, azufre y carbón. A pesar de estos polvos fueron utilizados para crear pequeñas explosiones en las fiestas religiosas, finalmente terminaron en armas. Los chinos llenaban tubos de bambú con esta mezcla y las adjuntaban a las flechas. Estas "flechas de fuego", como se les llamaba, se utilizaron en la batalla de Kai-Keng donde los chinos repelieron a los invasores mongoles con un "bombardeo de misiles". Esto ocurrió en el año 1232.

Mucho más tarde, en 1405, un ingeniero alemán de nombre Konrad Kyeser von Eichstadt diseñó un cohete que fue impulsado por pólvora. Otro país europeo, Francia, utilizó cohetes para defender Orleans contra los británicos en 1429 y de nuevo en el asedio de Pont-Andemer en 1449.

Durante la Guerra de los Treinta Años (1618-1648) los cohetes disparados pesaban hasta 100 libras. Estos explotaban y enviaban pequeños trozos de metales en todas direcciones. Los cohetes fueron ampliamente utilizados en la India cuando se les disparó a los británicos en las batallas de Seringapatam (1792-1799).

Durante la última parte del siglo 17 las bases científicas para la cohetería moderna fueron establecidas por Sir Isaac Newton, un gran científico británico. Newton organizó su conocimiento sobre el movimiento físico en tres leyes científicas (discutidas en la Etapa Titán en este texto). Las leyes de Newton pronto comenzaron a tener un impacto práctico en el diseño de cohetes en esos días. Durante el siglo 18, los cohetes experimentaron un breve resurgimiento como arma de guerra. India utilizó cohetes con gran éxito contra los británicos en 1792 y esto provocó que el Coronel William Congreve, un experto en artillería británica, empezara a utilizar más de un acercamiento científico para el desarrollo de cohetes sofisticados. El estandarizó las composiciones de explosivos en la pólvora y luego añadió un estabilizador de vuelo con barras de guía. Congreve fue capaz de aumentar el alcance de los cohetes desde aproximadamente 300 hasta más de 3000 yardas. Aproximadamente 25,000 cohetes Congreve fueron usados en 1807 en la batalla de Copenhaguen.

En la guerra de 1812 entre Gran Bretaña y Estados Unidos, los británicos usaron cohetes contra las tropas estadounidenses. Durante un asedio típico, los cohetes iluminaban el cielo de la noche y en la batalla en el Fuerte McHenry, en 1812, Francis Scott Key fue testigo del despliegue. Esto le inspiró a escribir un poema que más tarde pasó a formar parte del Himno Nacional de Estados Unidos, el " Star Spangled Banner”.

Pese a los avances tecnológicos de William Congreve, la precisión de los cohetes todavía dejaba mucho que desear. William Hale, un inglés, desarrolló una técnica llamada estabilización de giro. En esta tecnología, los gases de escape salen golpeando las hélices pequeñas en la parte inferior del cohete, causando que gire como una bala en vuelo. Esto dio al cohete estabilidad y mayor precisión.

Aún con las mejoras en la estabilización, el cohete nunca fue utilizado como un arma militar importante hasta el siglo 20. La artillería estándar fue mucho más utilizada debido a la precisión superior de un proyectil de cañón para dar en un blanco específico.

A finales del siglo 19, los hombres empezaron a soñar con viajar al espacio y llegar a otros planetas. Para lograr tal hazaña necesitaban una máquina que tuviera una gran potencia y velocidad. En un principio, la comunidad científica se burló de la idea de los vuelos espaciales, pero unos pocos valientes científicos siguieron soñando y desarrollaron incluso experimentos con el poder de los cohetes.

CUATRO GRANDES PIONEROS EN LA COHETERÍA

Konstantin E. Tsiolkovsky (1857-1935)

Tsiolkovsky fue un maestro ruso que hizo algunos de los primeros cálculos matemáticos para los vuelos de los cohetes en el espacio. El nació en Izhevskoe, Rusia, y fue el 5to de 18 hijos. Su padre era guarda forestal de profesión.

Konstantin Eduardovich Tsiolkovsky

El fue un visionario y se sigue considerando por sus compatriotas como el primer científico en sentar las bases para la exploración espacial. A la edad de 10 años, luego de sufrir de fiebre escarlata quedo incapacitado con casi sordera total por el resto de su vida. Esta discapacidad lo llevó a convertirse en alguien introvertido y desarrolló pasión por los libros. La sordera lo forzó a abandonar la educación pública, y fue ahí cuando el joven Konstatin decidió educarse a sí mismo en su casa. A principios del 1870, su familia reconoció su inteligencia y fue enviado a Moscú a estudiar. Allá conoció a Nikolai Fedorov, un filósofo excéntrico que compartía sus teorías radicales en el "cosmismo". Esta relación tuvo un profundo efecto en el pensamiento futuro del joven Tsiolkovsky. Los historiadores concuerdan que las teorías de Nikolai Fedorov inspiraron el interés de Tsiolkovsky en los vuelos espaciales. En esta tarea de leer todo lo relacionado a este tema, descubrió las novelas de Julio Verne y quedó fascinado con la novela *De la Tierra a la Luna* (1865).

Tsiolkovsky decidió tratar su propia suerte escribiendo ciencia ficción y su trabajo reflejaba experticia técnica que estaba basada en ciencia real, no en fantasía. Se incluían conceptos antes desconocidos como: la microgravedad, los trajes espaciales, y el control de un cohete fuera de la atmósfera.

Años de estudio dieron fruto cuando Tsiolkovsky aprobó el examen para convertirse en maestro certificado. Se mudó al pueblo de Borovsk donde fue contratado para enseñar matemáticas. Durante este periodo, conoció y se casó con Varvara Sokolova en 1880. Durante los años subsiguientes, el maestro-científico escribió un artículo titulado *Svobodnoe Prostranstvo* o "Espacio Libre". Nunca fue publicado en vida, pero a mediados del siglo 20 fue presentado. En este escrito histórico habló sobre el vacío, la falta de gravedad y muchos otros de los peligros que enfrentarían los futuros viajeros del espacio. También habló sobre el giroscopio para controlar la orientación de una nave espacial.

En 1903, Tsiolkovsky publicó en la revista científica *Nauchnoe Obozrenie*, el articulo "*The Exploration of the World Space with Jet Propulsion Instruments*". Los expertos ahora reconocen este artículo como la primera propuesta basada en hechos científicos para la exploración del espacio. En el artículo, se formuló la relación entre el cambio de masa de un cohete a medida que va quemando combustible, la velocidad de escape de los gases, y la velocidad final del cohete. Su trabajo también incluyó e ilustró, un motor de cohete que contenía hidrógeno líquido y oxígeno, mezcla que se utiliza hoy día en muchos vehículos de lanzamiento. En trabajos posteriores, el habló de cohetes multi-etapas, aviones propulsados por cohetes, estaciones espaciales en órbita y eventualmente la colonización de la galaxia.

Aunque nunca construyó un cohete, el basó mucho de su trabajo en la ingeniería aeroespacial teórica. El fue un humilde maestro que, aún hoy, mantiene la admiración de las personas en Rusia. Es conocido como el Padre de los Viajes Espaciales.

Dr. Hermann Oberth
(1894 – 1989)

Hermann Julius Oberth nació el 25 de junio de 1894, en el pueblo de Hermannstadt, Transilvania. En algunos círculos es también conocido como el "Padre de los Viajes Espaciales". Su interés en la cohetería comenzó en 1905 cuando tenía 11 años. Una vez más el libro *De la Tierra a la Luna*, por Julio Verne, estimuló su imaginación sobre las posibilidades de exploración del espacio por el hombre.

Hermann Oberth

Luego de un cuidadoso estudio, Oberth entendió que mucha de las "fantasías" que encontró en el libro tiene principios científicos. A los 14 años, Oberth teorizó que un cohete de retroceso o "recoil rocket" puede viajar a través del espacio mediante la expulsión de gases de escape.

Como estudiante universitario encontró que la universidad no era mucho reto. Como quiera, cuando llegó a la escuela graduada, y estaba trabajando en su grado doctoral, encontró muchos retos que lo llevaron a integrarse de lleno a la ciencia. Fue en ese tiempo que escribió una tesis sobre el desarrollo de un cohete. Este trabajo se publicó en 1923, y fue titulado "The Rocket into Planetary Space", el cual en un principio fue rechazada por las comunidades científicas. En este libro, Oberth cubrió conceptos tales como la propulsión, los peligros de trabajar con propulsores sólidos y los posibles daños a los humanos. También concluyó que a medida que el cohete vuela más y más alto, la masa del propulsor se vuelve menor, mientras la masa del cohete se mantiene sin cambiar. En términos relativos, esto significa que el cohete se vuelve más pesado en relación con la habilidad del motor de proveer empuje. Fue este pensamiento el que dio a Oberth la idea de multi-etapas. Esto es que cuando el combustible de la primera etapa se quema, la etapa debe ser descartada, concepto que se sigue usando actualmente.

En los años 30's, Oberth desarrolló una relación estrecha de trabajo con Wernher von Braun. Ellos trabajaron juntos en el desarrollo del infame V-2 o Vengance Weapon, para el ejército alemán. Luego de la Segunda Guerra Mundial, von Braun y Oberth, trabajaron en el United States Army Ballistic Missile Agency en Huntsville, Alabama.

Hermann Oberth, un gran pionero en el campo de la aeronáutica, hizo una enorme contribución a la exploración del espacio por el hombre, murió en Alemania Occidental el 29 de diciembre de 1989, a la edad de 95 años.

Dr. Robert H. Goddard (1882-1945)

El Dr. Robert Goddard es considerado como el Padre de la Cohetería Moderna. El padre de Robert fue un gran creyente en la educación y motivaba a su hijo a experimentar con las cosas. Robert y su padre pasaban muchas horas caminando por el bosque estudiando la naturaleza. El tenía un telescopio y aún estando en la escuela primaria desarrolló interés en el espacio.

Goddard asistió a Worchester Polytechnic Instutite y en 1904 obtuvo un Bachillerato en Ciencias con un grado en Física. Luego, asistió a Clark University obteniendo un grado avanzado en Física, recibiendo su PhD en 1909. Esto le dio la oportunidad de poner su conocimiento científico en práctica mediante la experimentación con los cohetes. Como estudiante graduado, Goddard trabajó de cerca con el reconocido físico, Dr. Gordon A. Webster. Esta asociación le dio un gran refuerzo en las ciencias. Luego de completar sus estudios graduados, fue contratado por Clark University como miembro de la facultad. Luego de un

Robert H. Goddard

largo periodo de experimentación, Goddard construyó con éxito un cohete con combustible líquido que fue lanzado el 16 de marzo de 1926, desde un campo cerca de la ciudad de Worcester, Massachusetts. Aunque el cohete voló por solo 2.5 segundos y llegó a una altura de solamente 41 pies, comprobó que los cohetes de combustible líquido funcionan. Una de las mayores ventajas del combustible líquido es que puede ser controlado, a diferencia del combustible sólido que se quema completo una vez es encendido.

Durante la Primera Guerra Mundial, Goddard recibió unos fondos de parte del U.S. Army para trabajar con los proyectos de cohetes propulsores sólidos. Una de las invenciones, desarrollada durante ese tiempo, fue un cohete de 3 pulgadas lanzado a través de un tubo de acero. Más tarde, esto evolucionó a la muy conocida bazooka que fue usada durante la Segunda Guerra Mundial.

En los años 20's, los experimentos con cohetes de Goddard captaron la atención de los medios. En uno de sus estudios, publicado por el Smithsonian Institute, el especuló en el eventual viaje a la Luna usando cohetes más potentes. Desafortunadamente, fue ridiculizado por la prensa y esto causó que él continuara sus próximos experimentos en secreto.

Goddard y su esposa, Ester, eventualmente se mudaron a Roswell, Nuevo México, donde continuarían realizando experimentos sin la humillación de los medios noticiosos. Mucho de este trabajo fue financiado por la Fundación Guggenheim y fue presenciado por el famoso aviador Charles A. Lindbergh. Aunque en los Estados

Unidos no fue reconocido como un científico de gran importancia, su trabajo fue visto como uno muy importante por los científicos en Alemania, quienes se estaban preparando para la guerra en Europa.

Sus experimentos incluyen bombas de propulsión, estabilizadores giroscópicos, y los instrumentos para seguir el vuelo del cohete. Justo antes de la Segunda Guerra Mundial, el Dr. Goddard fue contratado para ayudar a desarrollar cohetes de propulsión, para el despegue rápido de los aviones del U.S. Navy. En Alemania, la cohetería seguía adelante con el desarrollo de motores de alta potencia. Estos experimentos eventualmente evolucionaron y se convirtió en el infame V2 que fue utilizado como misil balístico intercontinental contra Gran Bretaña.

Después de la Segunda Guerra Mundial, tanto Estados Unidos como Rusia adquirieron científicos de cohetes alemanes. Estos hombres formaron el núcleo de un programa que se especializó en los vehículos de lanzamiento de gran alcance usados hoy día.

Dr. Wernher von Braun (1912-1977)

Werner von Braun

Wernher von Braun fue el líder del grupo que desarrollo el misil balístico V-2 de los nazis durante la Segunda Guerra Mundial. Hoy día, todavía existe la controversia sobre su rol en el uso de esclavos para trabajar en la construcción de estos exitosos cohetes. El V-2 fue algo avanzado para su tiempo y fue usado en programas para el desarrollo de cohetes en los Estados Unidos. El V-2 tenía una longitud de 46 pies, pesaba 27,000 libras y tenía un sofisticado, pero confiable sistema de propulsor de combustible líquido. El cohete podía volar a velocidades que excedían las 3,000 millas por hora y podía lanzar su ojiva o cabeza nuclear de 2,200 libras a una distancia de 200 millas de su lugar de lanzamiento. Antes de finalizar la Segunda Guerra Mundial, von Braun se las arregló para que muchos de los mejores científicos alemanes se rindieran ante los americanos. Esto permitiría a los Estados Unidos obtener la mejor ciencia y los vehículos de prueba de los alemanes, antes que los rusos.

Por 15 años después de la guerra, von Braun trabajó con el U.S. Army en el desarrollo de misiles balísticos. Como parte de la operación militar conocida como “Project Paperclip”, von Braun y su equipo fueron enviados a Fort Bliss, Texas e hicieron el lanzamiento experimental en White Sands Proving Ground en Nuevo México. Más adelante, el equipo se mudó al Redstone Arsenal cerca de Huntsville, Alabama.

En 1960, el centro de cohetes fue transferido del Army a una organización recién creada llamada National Aeronautics and Space Administration (NASA). Fue durante ese tiempo que a von Braun se le fue dada la tarea de desarrollar el gran cohete Saturno. Esto lo llevó convertirse en el principal arquitecto del vehículo de lanzamiento Saturno V que impulsó a los astronautas estadounidenses a la Luna.

Von Braun se convirtió en uno de los más prominentes portavoces de la exploración espacial en los Estados Unidos durante la última parte de su carrera. En 1970, NASA pidió que se mudara a Washington D.C., para que encabezara los esfuerzos de planificación estratégica para la agencia. El se fue de Huntsville, Alabama, pero en menos de dos años, se retiró de NASA y fue a trabajar para Fairchild Industries. Murió en Alexandria, Virginia, el 16 de junio de 1977. .

Utilizar cartelones sobre cohetes es una buena estrategia como herramienta de aprendizaje para los cadetes. Este cartelón muestra muchos de los resultados del trabajo de los pioneros científicos presentados en esta unidad. Cartelones de este tipo pueden ser comprados Pitsco Educational (Dirección Web: http://www.pitsco.com).

ETAPA 2
TITAN
UNITED STATES

CODIGO DE SEGURIDAD

Para la Cohetería Modelo

Este es el Código de Seguridad oficial para la Cohetería Modelo que ha sido desarrollado y promovido por la Asociación Nacional de Cohetería (NAR) (Versión Básica, Efectiva Agosto 2012)

1. MATERIALES: Usaré solamente materiales livianos, mi cohete no tendrá partes metálicas en la nariz, cuerpo o aletas.

2. MOTORES: Utilizaré solamente motores certificados y hechos comercialmente. No le haré modificaciones o los usaré para otros propósitos, excepto aquellos recomendados por el manufacturero.

3. SISTEMA DE IGNICIÓN: Lanzaré mi cohete utilizando un sistema de lanzamiento eléctrico e ignición de motores eléctrica. Mi sistema de lanzamiento tendrá un interruptor de seguridad en serie con el interruptor de lanzamiento y utilizaré un interruptor el cual voy a devolver a la posición de apagado una vez se lance el cohete.

4. FALLOS EN LA IGNICIÓN DEL COHETE: Si mi cohete no prende cuando presiono el botón de mi sistema de lanzamiento eléctrico, yo removeré el conector de seguridad de mi lanzador o desconectare la batería, esperare 60 segundos pasado el intento de lanzamiento antes de permitir a que alguna persona se acerque al cohete.

5. SEGURIDAD EN EL LANZAMIENTO: Utilizaré una cuenta regresiva antes del lanzamiento, y me aseguraré de que todos estén prestando atención y estén a una distancia segura de por lo menos 15 pies alejados del cohete cuando utilicé motores D o más pequeños, y de 30 pies cuando sean lanzados cohetes más grandes. Si no estoy seguro de la seguridad o estabilidad de un cohete que no ha sido probado, verificaré la estabilidad antes del vuelo y lo volaré solamente cuando avise o advierta a los espectadores y los mantenga a una distancia segura.

6. LANZADOR: Lanzaré mi cohete desde una varilla de lanzamiento, torre o riel que este apuntando no menos de 30 grados verticales para asegurarme que el cohete vuele prácticamente directo hacia arriba. También utilizaré un deflector de fuego para prevenir que el escape del motor choque con el suelo. Para prevenir golpes en los ojos, pondré el lanzador de manera que la parte final de la varilla de lanzamiento este por encima de la altura de los ojos o pondré una tapa al final de la varilla de lanzamiento cuando no esté en uso.

7. TAMAÑO: Mi cohete modelo no pesará más de 1,500 gramos (53 onzas) en el despegue y no contendrá más de 125 gramos (4.4 onzas) de combustible o 320N-segundos (71.9 libras-segundos) del total de impulso. Si mi modelo de cohete pesa más de una libra (453 gramos) al despegue o tiene más de 4 onzas (113 gramos) de combustible, se debe verificar y cumplir con las reglas y estipulaciones de la Administración Federal de Aviación (FAA / Federal Aviation Administration) antes de lanzar y volar el cohete.

8. SEGURIDAD DURANTE EL VUELO: No lanzaré mi cohete modelo en dirección a un objetivo ("target"), hacia las nubes, ni cerca de aviones. Tampoco pondré ningún material flamable o explosivos como carga en mi cohete.

9. LUGAR DE LANZAMIENTO: Lanzaré mi cohete en exteriores. En un área abierta al menos tan grande como lo explica la tabla que acompaña este escrito, en condiciones climatológicas seguras con vientos no mayores de 20 millas por hora. Me aseguraré de que no haya pasto seco cercano al área de lanzamiento, y que el área de lanzamiento no presente riesgo de incendio.

Impulso Total Instalado (N-sec)	Tipos Equivalentes de Motor	Dimensiones mínimas del lugar (ft)
0.00 – 1.25	1/4A, 1/2A	50
2.26 – 2.50	A	100
2.51 – 5.00	B	200
5.01 – 10.00	C	400
10.01 – 20.00	D	500
20.01 – 40.00	E	1,000
40.01 – 80.00	F	1,000
80.01 – 160.00	G	1,000
160.01 – 320.00	2G's	1,500

10. SISTEMA DE RECUPERACIÓN: Utilizaré un sistema de recuperación tal como un banderín o paracaídas para que este pueda regresa de una manera segura y sin ningún daño y pueda ser lanzado y volar nuevamente, solo usaré materiales resistentes al fuego como parte del sistema de relleno de mi cohete.

11. SEGURIDAD EN LA RECUPERACIÓN DEL COHETE: No intentaré recuperar mi cohete si está en líneas eléctricas, árboles altos o cualquier otro lugar peligroso.

ETAPA 2: TITAN

Fase Escrita

LEYES QUE RIGEN LA CIENCIA DE LA COHETERÍA

Para entender mejor cómo vuelan los cohetes, debes tener un conocimiento básico de las reglas científicas que rigen los objetos en la Tierra y más allá del cielo. Un cohete es una máquina que funciona de acuerdo con un conjunto de reglas científicas. Un cohete se coloca en una plataforma de lanzamiento (estático) hasta que se inicia en movimiento (dinámico). Lo que hace en la plataforma de lanzamiento, como en vuelo, se puede estudiar, y hasta cierto grado, predecir por las leyes científicas. Si entiendes las leyes, tendrás un mejor entendimiento del cohete.

Aunque vivió hace cientos de años, Sir Isaac Newton es uno de los científicos más respetados de todos los tiempos. Sus Leyes de Movimiento siguen siendo consideradas ser tan válidas hoy como lo fueron en el siglo XVII. Durante ese período de la historia (a través de su vida), gran parte de la comprensión de la humanidad en cuanto al conocimiento científico se basaba en la superstición. Su previsión y pensamiento eran como un faro de luz brillante con vista a un oscuro mar de ignorancia.

En la escuela, es probable que hayas escuchado una y otra vez, "por cada acción hay una reacción igual y opuesta". Esta es una de las leyes de movimiento Newton y se podría decir que esta ley es una declaración de un evento previsible, un ejemplo clásico es la gravedad. En la Tierra, la gravedad es predecible y constante, es una fuerza que siempre empuja la materia hacia el centro de nuestro planeta. Newton hizo algunas observaciones sobre la gravedad y luego se dedicó a probarlas con las matemáticas. Si las matemáticas podían predecir un evento, entonces se podría escribir una ley acerca de ello y eso es exactamente lo que Sir Isaac hizo con sus teorías de movimiento. Newton nunca vio un cohete en vuelo, sin embargo, podría haber explicado mucho sobre estos mediante la observación de su lanzamiento, vuelo y aterrizaje.

PRIMERA LEY DE MOVIMIENTO

Esta ley de movimiento es sólo un hecho evidente, pero para saber lo que significa, es necesario entender los términos, descanso, movimiento y la fuerza no balanceada.

Sir Isaac Newton
(4 de enero de 1643 – 31 de marzo de 1727)

El reposo y el movimiento pueden ser considerados como uno opuesto uno al otro. El reposo es el estado de un objeto cuando su posición no cambia en relación con su entorno. Si el reposo se define como la ausencia total de movimiento, no existiría en la naturaleza. Incluso si estuviera sentado en una silla en casa, todavía te estarías moviendo porque la silla en realidad está descansando en la superficie de un planeta giratorio que está orbitando una estrella. La estrella se mueve a través de una galaxia rotatoria que también se mueve a través del universo. Mientras está sentado "quieto", en realidad estas viajando a miles de millas por segundo.

El movimiento es también un término "relativo". Toda la materia en el universo se mueve todo el tiempo, pero en la primera de las Leyes de Newton, el movimiento significa cambiar de posición en relación con el entorno. Una bola está en reposo si está quieta en el suelo. La bola está en movimiento si está rodando. Una bola que rueda cambia su posición en relación con su entorno. Un cohete despegando de la plataforma de lanzamiento cambia de un estado de reposo a un estado de movimiento.

En el vuelo del cohete, las fuerzas se balancean y desbalancean todo el tiempo. Un cohete en la plataforma

de lanzamiento está balanceado. La superficie de la plataforma de lanzamiento empuja el cohete hacia arriba mientras que la gravedad hala el cohete hacia abajo. Cuando los motores se encienden, el impulso del cohete desbalancea las fuerzas, y el cohete viaja hacia arriba. Más tarde, cuando el cohete se queda sin combustible, se reduce la velocidad, se detiene en el punto más alto de su vuelo, y luego vuelve a caer a la Tierra.

Los objetos en el espacio también reaccionan a las fuerzas. Una nave espacial que se mueve a través del sistema solar está en constante movimiento. La nave espacial se desplazará en línea recta si las fuerzas en ella están balanceadas. Esto ocurre sólo cuando la nave está muy lejos de cualquier gran fuente de gravedad, tales como la gravedad de la Tierra u otros planetas. Si la nave espacial se acerca a un gran cuerpo en el espacio, la gravedad de ese cuerpo desbalancea las fuerzas y dará curva de la trayectoria de la nave espacial. Esto ocurre, en particular, cuando un satélite es enviado por un cohete en una trayectoria que es paralela a la superficie de la Tierra. Si el cohete se dispara de la nave espacial lo suficientemente rápido, orbitará la Tierra. Mientras otra fuerza no balanceada, como la fricción con moléculas de gas en órbita o el disparo de un cohete con motor en la dirección opuesta a su movimiento, no reduzca la velocidad de la nave espacial, ésta girará alrededor de la Tierra por siempre.

Una declaración formal de la Primera Ley del Movimiento de Newton es: *un cuerpo en un estado de reposo y un cuerpo en movimiento tiende a permanecer en reposo o en movimiento uniforme a menos que actúe sobre él una fuerza externa*.

SEGUNDA LEY DE MOVIMIENTO

La segunda ley establece: La proporción de cambio en el movimiento de un cuerpo es proporcional a la fuerza que actúa sobre el cuerpo y se encuentra en la dirección de esa fuerza. Esta ley esencialmente plantea una ecuación matemática. Las tres partes de la ecuación son "masa" (**m**), "aceleración" (**a**) y la "fuerza" (**f**). La fórmula básica es: **f = m ⋅ a**. La manera más común de presentar esta expresión es **f=ma** (se entiende que los términos m y a se multiplican). La cantidad de fuerza necesaria para acelerar un cuerpo depende de la masa del cuerpo. A mayor masa, mayor será fuerza requerida para acelerar.

El término “aceleración” se define como el estado de cambio de la velocidad con respecto al tiempo. Para ilustrarlo, imagina dos sillas con ruedas puestas en un piso liso; una silla está ocupada por un adulto y la otra silla está vacía. Cada silla es empujada con la misma cantidad de fuerza, ¿Cuál de las dos sillas irá mas rápido? La silla vacía, por supuesto. Ya que f=ma, si la masa aumenta (la silla ocupada), la aceleración disminuye; por otro lado, si la masa disminuye (la silla vacía), la aceleración aumenta.

TERCERA LEY DE MOVIMIENTO

Más allá de toda duda, de todas las leyes de Newton, esta es la más citada. Imagínate a Sir Isaac, en su elocuente acento inglés exponiendo que "Por cada acción hay una reacción igual y opuesta". La ley es tan profunda, tan importante, que es la base de la "ciencia de los cohetes". El motor genera la acción y el movimiento hacia adelante del cohete es la "reacción opuesta".

Un cohete puede despegar desde una plataforma de lanzamiento sólo cuando se expulsa el gas por su motor. El cohete empuja el gas y el gas a su vez empuja el cohete. La acción es la expulsión de los gases fuera del motor, la reacción es el movimiento del cohete en la dirección opuesta.

LAS LEYES DE NEWTON SE UNEN

Una fuerza no balanceada debe ser ejercida por un cohete para despegar desde una plataforma de lanzamiento o de una nave en el espacio para cambiar la velocidad o la dirección (Primera Ley de Newton). La cantidad de empuje (fuerza) producido por un motor de cohete se determina por la masa de combustible de cohetes que se quema y lo rápido que el gas se escapa del cohete (Segunda Ley de Newton). La reacción, o el movimiento hacia adelante, es igual a y en la dirección opuesta de la acción, o empuje, desde el motor (Tercera Ley de Newton).

AERODINAMICA DE LOS COHETES

PRINCIPIOS DE LA ESTABILIDAD Y FUERZA EN EL VUELO

Un cohete es muy parecido a una flecha. Tiene un cuerpo largo y cilíndrico con aletas en la parte posterior para la estabilidad. Si un cohete es estable, volará bien, por otro lado, si es inestable su vuelo será errático; en el mejor de los casos.

Toda la materia, independientemente de su tamaño, masa, o la forma tiene un centro de gravedad. El centro de gravedad es el punto exacto en que toda la masa del objeto está perfectamente balanceada. Puedes encontrar el centro de gravedad de un objeto, como una regla, balanceándola en tu dedo. Si el material utilizado para hacer la regla es uniforme en espesor y densidad, el centro de gravedad debe estar en el punto medio entre un extremo de la regla y el otro. Si la regla es de madera, y tiene un poco de arcilla pegada en un extremo, el centro de gravedad se desplazará hacia el lado de más peso y distante del centro. Por esto, tendrá que mover su dedo hacia la parte más pesada para encontrar el punto de equilibrio.

Es fácil ver este concepto cuando se aplica a un cohete modelo. Cuando el motor está instalado, el centro de gravedad se desplazará hacia la parte posterior. Si una carga se añade a la parte frontal del cohete, el centro de gravedad se desplazará de nuevo y lo más probable que se extienda en un punto de equilibrio diferente a cuando el cohete estaba vacío. Un cambio en el centro de gravedad también se producirá cuando el combustible se quema en el motor del cohete.

Una de las primeras cosas que un diseñador de cohetes aprende es que un modelo no va a volar bien a menos que sea aerodinámicamente estable. Estabilidad significa que tendrá la tendencia a mantener su nariz apuntando hacia arriba en la misma dirección a través de su vuelo. Una buena estabilidad aerodinámica mantiene el cohete en una trayectoria de vuelo correcta a pesar de que fuerzas externas traten de hacer que se convierta errático e impredecible. El resultado final del vuelo podría ser que se voltee y posiblemente termine estrellándose.

En la siguiente ilustración se ve una línea que va desde la nariz hasta la cola. Este es el eje longitudinal y un movimiento alrededor de este eje se conoce como "giro" ("Roll"). Una línea que va a través del centro de gravedad, de lado a lado, se conoce como el eje lateral y el movimiento, alrededor de este eje se conoce como grado de inclinación ("Pitch"), o nariz arriba, nariz hacia abajo. Cuando la nariz de un cohete oscila de lado a lado, la cola se mueve en la dirección opuesta debido a que la rotación se produce alrededor de su eje vertical. Cuando la nariz se mueve a la derecha, la cola se mueve hacia la izquierda, y viceversa. El movimiento alrededor de este eje se denomina desviación de la línea lateral ("Yaw").

Observe que en la ilustración hay otro "centro" y se conoce como el centro de presión. El centro de presión existe sólo cuando el aire fluye por el movimiento del cohete. Este aire que fluye, frotando y presionando contra la superficie exterior del cohete, puede causar que se empiece a mover alrededor a uno de sus tres ejes. Para ver un ejemplo de este concepto, piense en una veleta en forma de flecha. Esta flecha va montada sobre un techo y se usa para decir la dirección del viento. La flecha está unida a una varilla vertical que actúa como punto de giro. La flecha está equilibrada para que el centro de gravedad este justo en el punto de giro. Ahora, cuando el viento sopla, la flecha se voltea y la punta de la flecha apunta hacia donde el viento llega. La razón por la que la punta de la veleta apunta hacia el viento es que la cola de la flecha tiene un área de superficie mucho más grande que la punta de flecha. El aire que fluye imparte una fuerza mayor a la cola.

Si el centro de presión estuviera en el mismo lugar que el centro de gravedad, ninguno de los extremos de la flecha se vería favorecidos por el viento y la flecha no apuntaría. El centro de presión está entre el centro de gravedad y el extremo de cola de la flecha. Esto significa que el extremo de la cola tiene más área de superficie que el extremo de la punta.

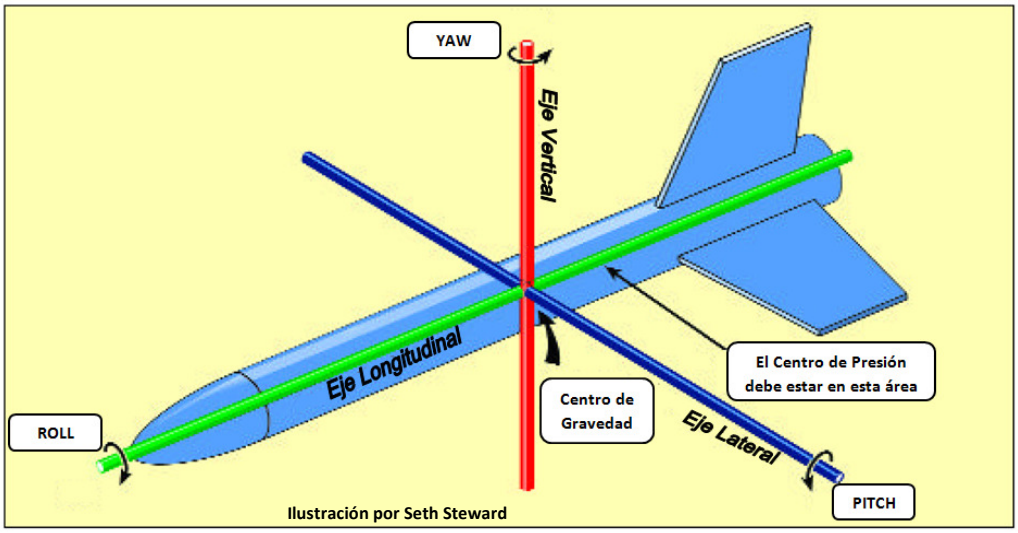
Es extremadamente importante que el centro de presión de un cohete modelo se encuentre hacia la cola y el centro de gravedad se encuentre más hacia la nariz. Si están muy cerca unos de otros, el cohete será inestable durante vuelo. Con el centro de presión situado en el lugar correcto, el cohete se mantendrá estable.

PRUEBA DE VUELO

El modelo se prueba primeramente instalando el motor, el relleno y todos los otros componentes. Un lazo en el extremo de una cuerda de seis hasta diez pies de largo está unido al modelo en el centro de gravedad. Cuando se suspende, la cuerda debería estar a 90° con respecto al cuerpo del cohete. Deslice el lazo en la posición correcta alrededor del cohete y asegúrelo con un pequeño trozo de cinta adhesiva.

Con el cohete suspendido en su centro de gravedad, hágalo girar alrededor de una trayectoria circular. **Si el cohete es muy estable, apuntará hacia adelante contra el viento creado por el movimiento hacia adelante.** Este viento, por cierto, es conocido como el viento relativo.

Algunos cohetes, aunque estables, no apuntarán hacia adelante por sus propios medios, a menos que se pongan en dirección. Esto se hace manteniendo el cohete en una

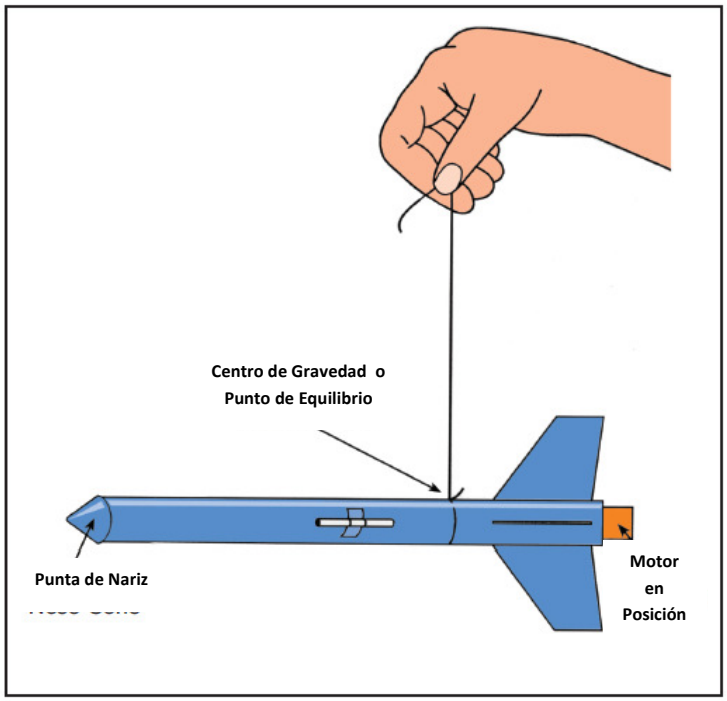


mano con el brazo extendido y, entonces girar todo el cuerpo mientras el cohete se inicia en su trayectoria circular. Puede tomar varios intentos antes de que un buen comienzo sea alcanzado.

Si es necesario sostener el cohete para comenzar, una prueba adicional se podría hacer para determinar cuando el modelo es lo suficientemente estable para volar. Mueva el lazo de nuevo sobre el cuerpo hasta que el cuerpo apunte hacia abajo en un ángulo de 10° por debajo del horizonte. Repita la prueba de balanceo. Si el modelo apunta su nariz por hacia delante una vez iniciado, debe ser lo suficientemente estable como para lanzarlo.

Se recomienda no lanzar un cohete hasta que haya pasado la prueba de estabilidad. Si el cohete no pasa la prueba de estabilidad, por lo general se puede hacer estable. Dos métodos pueden ser utilizados: el punto de equilibrio se puede mover hacia adelante, o el área de las aletas se pueden ampliar. Para mover el punto de equilibrio hacia adelante, añada peso al cono de la nariz. Para los modelos con los conos de plástico, simplemente ponga un poco de arcilla de moldear en la punta de la nariz. Para dar más peso a los conos de balsa, coloque arandelas a la base de los conos donde se une el paracaídas. El centro de gravedad también puede ser movido hacia adelante al añadir una sección de carga útil para el modelo. Las aletas pueden ser reemplazadas por otros más grandes o aletas adicionales pueden ser añadidas al modelo. Una vez que se realicen modificaciones, haga la prueba de giro hasta que vuele de manera suave y formando un arco simétrico.

UN MODELO QUE SE HA FABRICADO Y PROBADO ADECUADAMENTE EXPERIMENTARA UN VUELO ESTABLE.



El modelo se prueba primeramente instalando el motor, el relleno y todos los otros componentes. Un lazo en el extremo de una cuerda de 6' hasta 10' de largo está unido al modelo en el centro de gravedad. Cuando se suspende, la cuerda debería estar a 90° con respecto al cuerpo del cohete. Deslice el lazo en la posición correcta alrededor del cohete y asegúrelo con un pequeño trozo de cinta adhesiva. Con el cohete suspendido en su centro de gravedad, hágalo girar alrededor de una trayectoria circular. Si el cohete es muy estable, apuntará hacia adelante contra el viento creado por el movimiento hacia adelante. Este viento, por cierto, es conocido como el viento relativo.

ETAPA 3
SATURNO

CODIGO DE SEGURIDAD

Para la Cohetería Modelo

Este es el Código de Seguridad oficial para la Cohetería Modelo que ha sido desarrollado y promovido por la Asociación Nacional de Cohetería (NAR)
(Versión Básica, Efectiva Agosto 2012)

1. MATERIALES: Usaré solamente materiales livianos, mi cohete no tendrá partes metálicas en la nariz, cuerpo o aletas.

2. MOTORES: Utilizaré solamente motores certificados y hechos comercialmente. No le haré modificaciones o los usaré para otros propósitos, excepto aquellos recomendados por el manufacturero.

3. SISTEMA DE IGNICIÓN: Lanzaré mi cohete utilizando un sistema de lanzamiento eléctrico e ignición de motores eléctrica. Mi sistema de lanzamiento tendrá un interruptor de seguridad en serie con el interruptor de lanzamiento y utilizaré un interruptor el cual voy a devolver a la posición de apagado una vez se lance el cohete.

4. FALLOS EN LA IGNICIÓN DEL COHETE: Si mi cohete no prende cuando presiono el botón de mi sistema de lanzamiento eléctrico, yo removeré el conector de seguridad de mi lanzador o desconectare la batería, esperare 60 segundos pasado el intento de lanzamiento antes de permitir a que alguna persona se acerque al cohete.

5. SEGURIDAD EN EL LANZAMIENTO: Utilizaré una cuenta regresiva antes del lanzamiento, y me aseguraré de que todos estén prestando atención y estén a una distancia segura de por lo menos 15 pies alejados del cohete cuando utilicé motores D o más pequeños, y de 30 pies cuando sean lanzados cohetes más grandes. Si no estoy seguro de la seguridad o estabilidad de un cohete que no ha sido probado, verificaré la estabilidad antes del vuelo y lo volaré solamente cuando avise o advierta a los espectadores y los mantenga a una distancia segura.

6. LANZADOR: Lanzaré mi cohete desde una varilla de lanzamiento, torre o riel que este apuntando no menos de 30 grados verticales para asegurarme que el cohete vuele prácticamente directo hacia arriba. También utilizaré un deflector de fuego para prevenir que el escape del motor choque con el suelo. Para prevenir golpes en los ojos, pondré el lanzador de manera que la parte final de la varilla de lanzamiento este por encima de la altura de los ojos o pondré una tapa al final de la varilla de lanzamiento cuando no esté en uso.

7. TAMAÑO: Mi cohete modelo no pesará más de 1,500 gramos (53 onzas) en el despegue y no contendrá más de 125 gramos (4.4 onzas) de combustible o 320N-segundos (71.9 libras-segundos) del total de impulso. Si mi modelo de cohete pesa más de una libra (453 gramos) al despegue o tiene más de 4 onzas (113 gramos) de combustible, se debe verificar y cumplir con las reglas y estipulaciones de la Administración Federal de Aviación (FAA / Federal Aviation Administration) antes de lanzar y volar el cohete.

8. SEGURIDAD DURANTE EL VUELO: No lanzaré mi cohete modelo en dirección a un objetivo ("target"), hacia las nubes, ni cerca de aviones. Tampoco pondré ningún material flamable o explosivos como carga en mi cohete.

9. LUGAR DE LANZAMIENTO: Lanzaré mi cohete en exteriores. En un área abierta al menos tan grande como lo explica la tabla que acompaña este escrito, en condiciones climatológicas seguras con vientos no mayores de 20 millas por hora. Me aseguraré de que no haya pasto seco cercaño al área de lanzamiento, y que el área de lanzamiento no presente riesgo de incendio.

Impulso Total Instalado (N-sec)	Tipos Equivalentes de Motor	Dimensiones mínimas del lugar (ft)
0.00 – 1.25	1/4A, 1/2A	50
2.26 – 2.50	A	100
2.51 – 5.00	B	200
5.01 – 10.00	C	400
10.01 – 20.00	D	500
20.01 – 40.00	E	1,000
40.01 – 80.00	F	1,000
80.01 – 160.00	G	1,000
160.01 – 320.00	2G's	1,500

10. SISTEMA DE RECUPERACIÓN: Utilizaré un sistema de recuperación tal como un banderín o paracaídas para que este pueda regresa de una manera segura y sin ningún daño y pueda ser lanzado y volar nuevamente, solo usaré materiales resistentes al fuego como parte del sistema de relleno de mi cohete.

11. SEGURIDAD EN LA RECUPERACIÓN DEL COHETE: No intentaré recuperar mi cohete si está en líneas eléctricas, árboles altos o cualquier otro lugar peligroso.

ETAPA 3: SATURNO

Fase Escrita

Dos parámetros muy importantes son la determinación de la altitud y el rendimiento del motor. Ambos están cubiertos como parte de la fase escrita de la etapa Saturno.

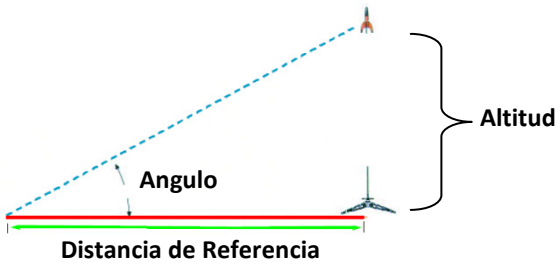
RASTREO DE ALTITUD

En un esfuerzo por contestar la antigua gran pregunta, ¿Cuan alto llegó? esta sección tratará con el tema de rastreo de altitud. La rama de la matemática conocida como trigonometría provee medios para determinar la altitud de un cohete sin necesidad de medir directamente la distancia desde el suelo hasta el apogeo (un método completamente impráctico cuando es considerado).

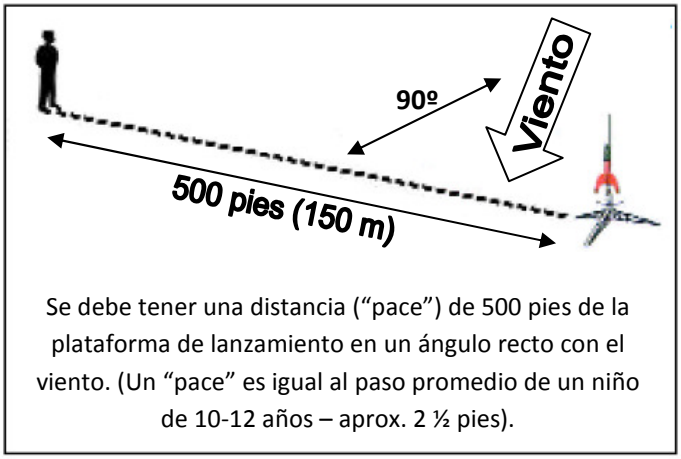
DETERMINACION DE ALTITUD

Por definición, el apogeo es el punto más alto en el vuelo de un cohete modelo. Es el punto en el que un cohete alcanza su máxima altura y se inicia un retorno a la Tierra. Hay varias formas de determinar la altura a la que un cohete alcanza su apogeo. El método descrito en Aerospace Dimensions, Module 4 - ROCKETS, utiliza un dispositivo de observación llamado "Rastreador de Altitud". Al cadete se le exhorta a revisar el texto sobre rastreo de altitud, y construir el "Rastreador de Altitud" y utilizarlo como se describe. El cadete también puede optar por comprar uno comercial construido como el Estes Altitrak® (se vende por alrededor de $24.00).

Para calcular la altitud, primero debes notar el término "distancia de referencia". Esta es esencialmente la base de un triangulo rectángulo, y el largo es la distancia del observador hasta la plataforma de lanzamiento de un cohete modelo.



1) Para usar el Altitrak® el observador marca una distancia de 500' o en otras palabras, hace una "distancia de referencia" de 500' (150 metros aprox.).

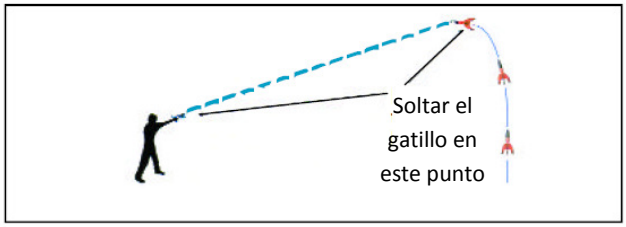


Se debe tener una distancia ("pace") de 500 pies de la plataforma de lanzamiento en un ángulo recto con el viento. (Un "pace" es igual al paso promedio de un niño de 10-12 años – aprox. 2 ½ pies).

NOTA: Para cohetes de poca altitud, un "pace" de 250 pies y dividir la altura entre 2. Para cohetes de mucha altitud, un "pace" de 1,000 pies y multiplicar la altura por 2.

2) Una vez el observador esté listo, él/ella le hará una señal al lanzador. El rastreador de altitud estará apuntando al cohete.

3) Cuando el cohete es lanzado subirá hasta llegar a su apogeo y luego regresará a la Tierra. El gatillo es liberado y esto recogerá el ángulo buscado.



4) Una vez este ángulo es conocido, el observador o el equipo deben hallar la tangente correspondiente utilizando la Tabla de Angulo Tangente. La altitud que el cohete alcanzó en su apogeo se obtiene mediante la siguiente fórmula:

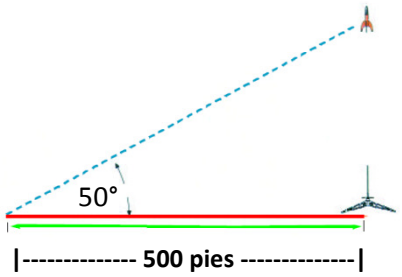
Distancia de Referencia X Tangente del Angulo = Altitud

Tabla de Angulo Tangente

Angle	Tan.	Angle	Tan.	Angle	Tan.	Angle	Tan.
1	0.02	21	0.38	41	0.87	61	1.80
2	0.03	22	0.40	42	0.90	62	1.88
3	0.05	23	0.42	43	0.93	63	1.96
4	0.07	24	0.45	44	0.97	64	2.05
5	0.09	25	0.47	45	1.00	65	2.14
6	0.11	26	0.49	46	1.04	66	2.25
7	0.12	27	0.51	47	1.07	67	2.36
8	0.14	28	0.53	48	1.11	68	2.48
9	0.16	29	0.55	49	1.15	69	2.61
10	0.18	30	0.58	50	1.19	70	2.75
11	0.19	31	0.60	51	1.23	71	2.90
12	0.21	32	0.62	52	1.28	72	3.08
13	0.23	33	0.65	53	1.33	73	3.27
14	0.25	34	0.67	54	1.38	74	3.49
15	0.27	35	0.70	55	1.43	75	3.73
16	0.29	36	0.73	56	1.48	76	4.01
17	0.31	37	0.75	57	1.54	77	4.33
18	0.32	38	0.78	58	1.60	78	4.70
19	0.34	39	0.81	59	1.66	79	5.14
20	0.36	40	0.84	60	1.73	80	5.67

EJEMPLO:

Datos:
Distancia de Referencia es 500’
Angulo observado es 50°



1) Hallar la Tangente (usando la tabla):
Tan 50°= 1.19

2) Utilizando la Fórmula:

Distancia de Referencia X Tangente del Angulo = Altitud

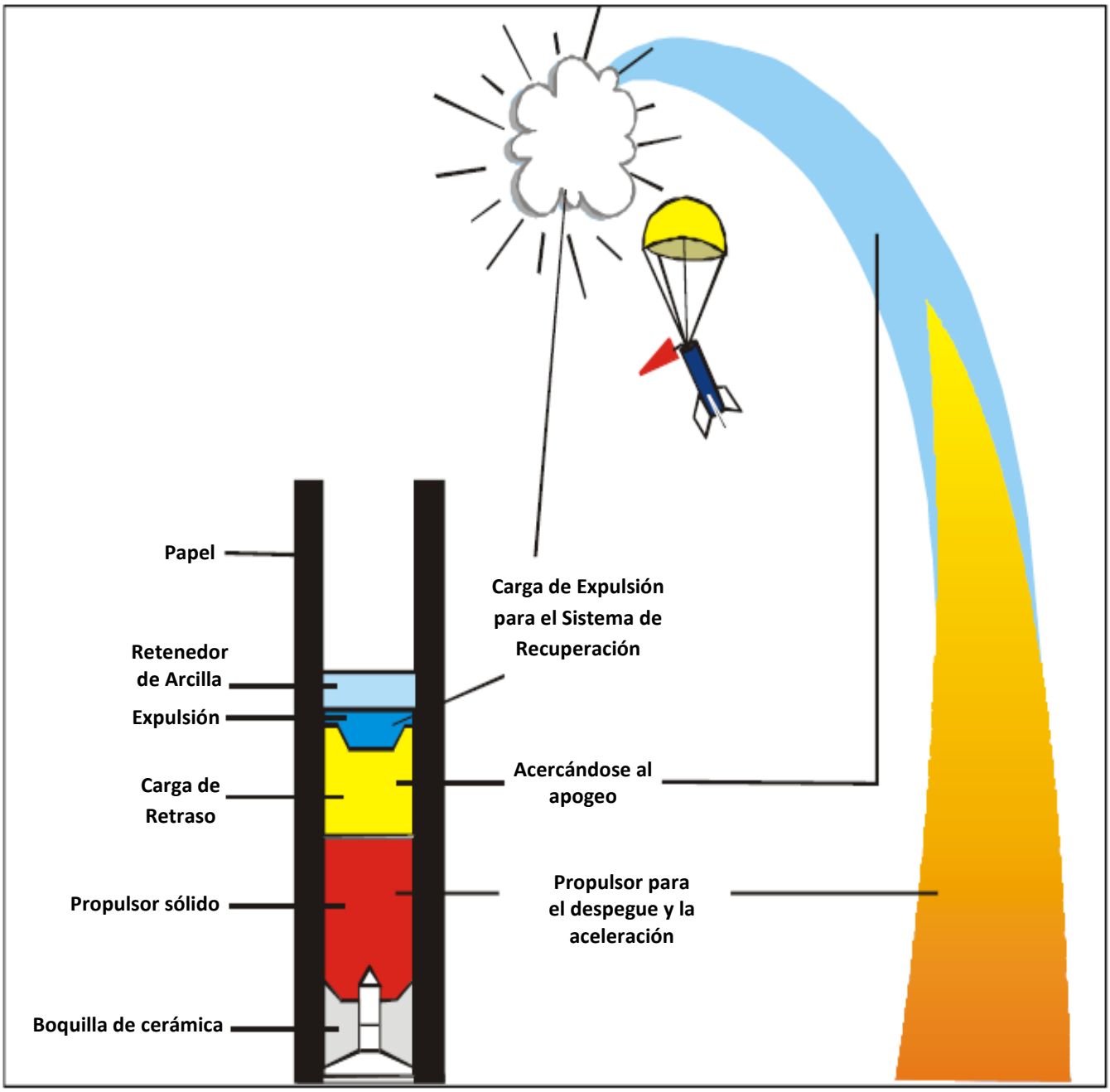
3) Resultado:
500 pies x 1.19 = **595 pies altitud**

Demostración de cómo se utiliza el Estes Altitrak®

MOTORES DE COHETES MODELO

El motor de cohete modelo es una fuente confiable de propulsión. Compañías como Quest, Estes y Pitsco venden estos motores. Todos los motores cumplen con las regulaciones del National Fire Protection Association y están certificados por la National Association of Rocketry (NAR).

El motor del cohete modelo se compone de una boquilla de cerámica, un propulsor sólido para el despegue y aceleración, un dilatador y químico para rastrear, una carga de la expulsión, un retenedor de arcilla y todo esto está encerrado en un fuerte revestimiento de papel.



Thrust – ¡Poder de Empuje!

El motor del cohete modelo está diseñado para proveer empuje (thrust) y movimiento hacia adelante. Cuando el combustible sólido se enciende, generalmente por medios eléctricos, ocurre una reacción química y los gases creados en esta reacción son forzados a salir por la boquilla. De acuerdo con la Tercera Ley de Movimiento de Newton, se trata de una acción y propulsa el cohete hacia el cielo como una reacción. La altitud, velocidad y capacidad de elevación de peso se determina por la cantidad de combustible sólido y la duración de la reacción química.

La potencia total que crea un motor se mide en términos de "Newtons" durante un período de tiempo en "segundos". La “potencia total” también se refiere al “impulso total”. Los motores son clasificados de acuerdo con las letras del alfabeto. Según se van alejando las letras, más potente es el motor. La siguiente tabla muestra las clasificaciones comunes de los motores de los cohetes modelo con sus variedades asociadas de impulso total. Para un motor caer dentro de la clasificación del impulso indicado, el impulso total debe exceder el valor a la izquierda y no exceder el valor de la derecha.

MOTOR	IMPULSO (Ns)	Diámetro (mm)
1/4A	0.3125+ - 0.625	13
1/2A	0.625+ - 1.25	13 & 18
A	1.25+ - 2.50	13 & 18
B	2.50+ - 5.00	18
C	5.00+ - 10.00	18 & 24
D	10.00+ - 20.00	24
E	20.00+ - 40.00	24

Usando un motor común, el B6-4, vamos a investigar lo que las letras en el motor de cohete significan:

Material Courtesy Estes-Cox Corporation. Used with permission.

La **"B" es el impulso total, o poder**, (en Newton-segundos) producido por el motor. Cada letra subsiguiente tiene hasta el doble de la potencia total que la letra anterior. Un ejemplo de esto es la letra "B" donde se tiene hasta el doble de potencia de un motor "A" y este, a su vez, significa que debería alcanzar aproximadamente el doble de altitud, considerando el mismo cohete. En motores de mayor potencia, por ejemplo, un motor "G" puede tener hasta 160 Newton-segundos de impulso total.

El **"6" muestra empuje promedio del motor.** Este parámetro se mide solo en Newtons. Cabe señalar que 4.45 Newtons = 1 libra de empuje, así como 0.225 libras = 1 Newton.

La siguiente lugar, en este caso el **"4" significa el "tiempo de retraso"**. Este número indica el tiempo de retraso en segundos entre cuando se termina empuje y la ignición de la carga de la expulsión. Debe tenerse en cuenta que los tipos de **motores que terminan en "0" no tienen tiempo de retraso** o de expulsión, y se utilizan para las etapas de impulso solamente.

CODIFICACION DEL MOTOR PARA IDENTIFICACION RAPIDA Y FACIL

El color de la etiqueta indica el uso recomendado del motor.

a. **Verde** --- Cohetes de una sola etapa
b. **Violeta ---** Etapa superior o de una sola etapa si se usa en cohetes muy ligeros
c. **Rojo ----- ***Impulso y etapas intermedias de cohetes de etapas múltiples
d. **Negro --- ***Motores especiales conectados para planeadores R / C

***** Estos no contienen tiempo de retraso.

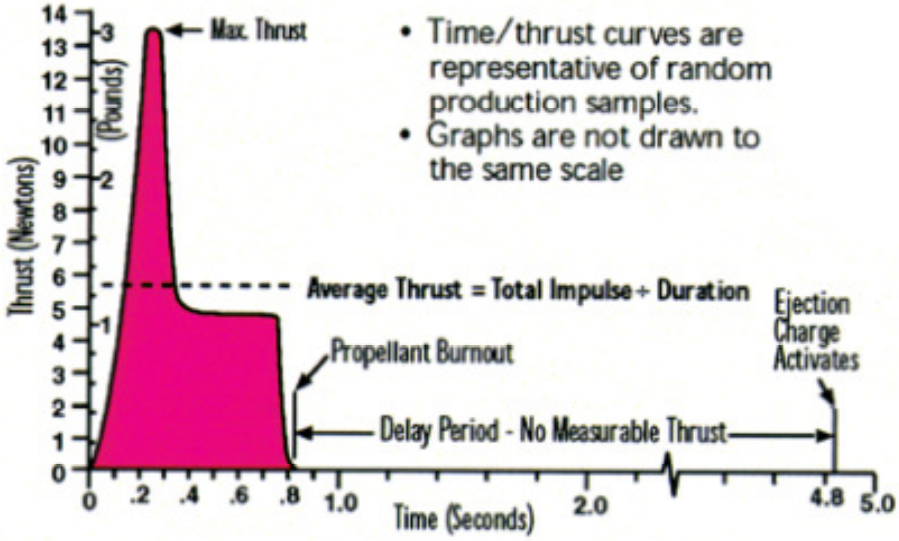
TAMAÑO MOTOR	RANGO DE ALTITUD SEGÚN EL TAMAÑO Y PESO DEL COHETE	ALTITUD APROXIMADA EN UN COHETE TIPICO
1/2A6-2	100’ - 400’	190’
A8-3	200’ - 650’	450’
B6-4	300’ - 1000’	750’
C6-5	400’ - 1500’	1000’

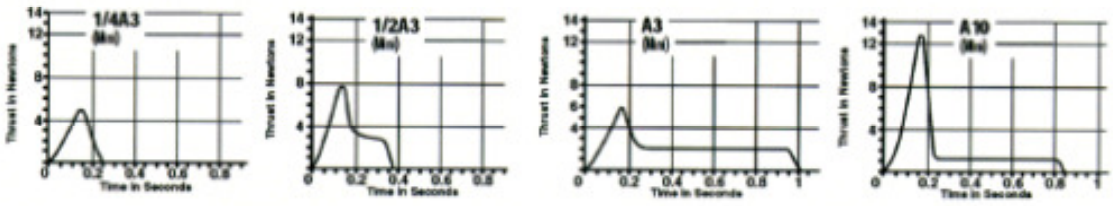
(Alguno de los cohetes de alto rendimiento alcanzarán altitudes más altas que las que se muestran)

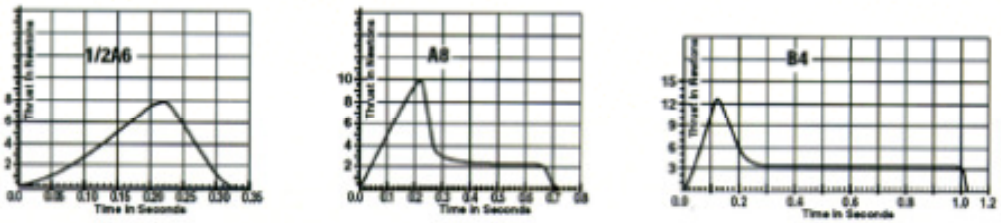
SEGURIDAD ANTE TODO

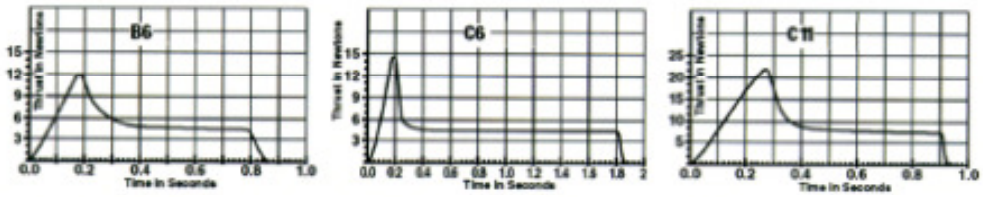
El motor de los cohete modelo de hoy día es un muy seguro y confiable. Los cadetes, estudiantes, adultos y maestros deben, sin embargo, tomar todas las precauciones para mantener un alto nivel de seguridad. La National Association of Rocketry (NAR) tiene once pautas que ayudarán a promover la seguridad en la construcción de modelos de cohetes. Se recomienda que estas normas deben seguirse en cada lanzamiento.

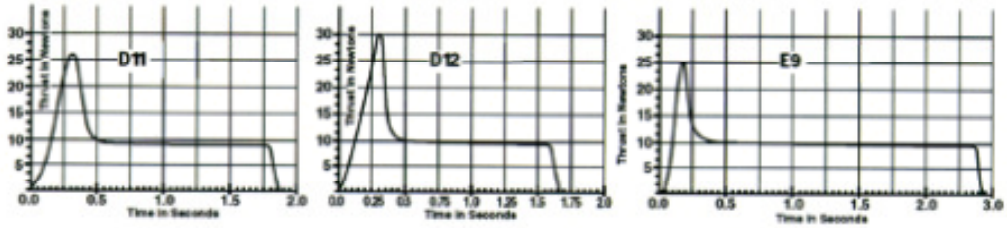
TIME/THRUST CURVES











ENGINE CHART

- Delays have a tolerance of plus or minus 10% or 1 second, whichever is greater.
- All Estes engines come complete with igniters and patented igniter plugs (Pat. No. 5,410,966 and 5,509,354). The Estes Igniter Plug makes engine ignition extremely reliable.
- Do not fly a rocket/engine combination whose liftoff weight exceeds the recommended maximum liftoff weight.

Prod. No.	Engine Type	Total Impulse	Time Delay	Max. Lift Wt.		Max. Thrust		Thrust Duration	Initial Weight		Propellant Weight	
		N-sec	Sec.	Oz.	g	Newtons	Lbs.	Sec.	Oz.	g	Oz.	g
SINGLE STAGE ENGINES (GREEN LABEL)												
1502	1/4A3-3T	0.625	3	1.0	28	4.9	1.1	0.25	0.20	5.6	0.03	0.85
1503	1/2A3-2T	1.25	2	2.0	57	8.3	1.9	0.3	0.20	5.6	0.06	1.75
1507	A3-4T	2.50	4	2.0	57	6.8	1.5	0.6	0.27	7.6	0.12	3.50
1511	A10-3T	2.50	3	3.0	85	13.0	2.9	0.8	0.28	7.9	0.13	3.78
1593	1/2A6-2	1.25	2	2.0	57	8.9	2.0	0.3	0.53	15.0	0.06	1.56
1598	A8-3	2.50	3	3.0	85	10.7	2.4	0.5	0.57	16.2	0.11	3.12
1601	B4-2	5.00	2	4.0	113	13.2	3.0	1.1	0.70	19.8	0.29	8.33
1602	B4-4	5.00	4	3.5	99	13.2	3.0	1.1	0.74	21.0	0.29	8.33
1605	B6-2	5.00	2	4.5	127	12.1	2.7	0.8	0.68	19.3	0.22	6.24
1606	B6-4	5.00	4	4.0	113	12.1	2.7	0.8	0.71	20.1	0.22	6.24
1613	C6-3	10.00	3	4.0	113	15.3	3.4	1.6	0.88	24.9	0.44	12.48
1614	C6-5	10.00	5	4.0	113	15.3	3.4	1.6	0.91	25.8	0.44	12.48
1622	C11-3	10.00	3	6.0	170	22.1	4.9	0.8	1.14	32.2	0.39	11.00
1666	D12-3	20.00	3	14.0	396	32.9	7.4	1.6	1.49	42.2	0.88	24.93
1667	D12-5	20.00	5	10.0	283	32.9	7.4	1.6	1.52	43.1	0.88	24.93
1673	E9-4	30.00	4	15.0	425	25.0	5.6	2.8	2.00	56.7	1.27	35.80
1674	E9-6	30.00	6	12.0	340	25.0	5.6	2.8	2.00	56.7	1.27	35.80
UPPER STAGE ENGINES (PURPLE LABEL)												
1504	1/2A3-4T	1.25	4	1.0	28	8.3	1.9	0.3	0.21	6.0	0.06	1.75
1599	A8-5	2.50	5	2.0	57	13.3	3.0	0.5	0.62	17.6	0.11	3.12
1607	B6-6	5.00	6	2.5	71	12.1	2.7	0.8	0.78	22.1	0.22	6.24
1615	C6-7	10.00	7	2.5	71	15.3	3.4	1.6	0.95	26.9	0.44	12.48
1668	D12-7	20.00	7	8.0	226	32.9	7.4	1.6	1.55	44.0	0.88	24.93
1675	E9-8	30.00	8	10.0	283	25.0	5.6	2.8	2.00	56.7	1.2	35.80
BOOSTER STAGE ENGINES (RED LABEL)												
1608	B6-0	5.00	None	4.0	113	12.1	2.7	0.8	0.58	16.4	0.22	6.24
1616	C6-0	10.00	None	4.0	113	15.3	3.4	1.6	0.80	22.7	0.44	12.48
1665	D12-0	20.00	None	14.0	396	32.9	7.4	1.6	1.44	40.9	0.88	24.93
PLUGGED ENGINES - FOR USE WITH ROCKET POWERED RACERS & R/C ROCKET GLIDERS (BLUE LABEL)												
1505	A10-PT	2.50	None	3.0	85	13.0	2.9	0.8	0.26	7.4	0.13	3.78
1669	D11-P	20.00	None	16.0	453	27.6	6.2	1.8	1.55	44.0	0.88	24.93

The data listed above is from randomly chosen production samples.
NOTE: The "T" designates a mini engine.

*** There are 4 mini engines per package. All other engines are 3 per package.**

INSTRUCCIONES PARA LLENAR LA PLANTILLA DE PROGRESO

Esta plantilla servirá para poder llevar un seguimiento del progreso del cadete a través del programa de cohetería y también servirá para que el QSM pueda notificar al comandante cuando el cadete ha completado el programa y se le pueda hacer entrega del certificado y los respectivos distintivos.

Puede comenzar a llenar una planilla tan pronto como uno o dos cadetes comiencen el programa de cohetería en cualquier unidad. También puede ser llenada para cualquier actividad de cohetería que se esté llevando a cabo para facilitar la realización del programa de cohetería, ya sea a nivel de escuadrón, grupo, ala, región o nacional.

La plantilla, una vez iniciada, debe ser retenida durante el tiempo que todos los cadetes hayan completado el programa o que se vuelva evidente que no se está llevando algún progreso (será determinado por el QSM y/o comandante).

La plantilla debe ser retenida ya sea en copia impresa o electrónicamente (a través de eServices en www.capnhq.gov/[TBD].

Explicación de entradas en la plantilla:

1. CADET: escriba el apellido del cadete (para cadetes con el mismo apellido incluya la primera inicial o nombre)
2. CAPID: escriba el numero de CAPID del cadete
3. REDSTONE TEST: anote “P” para “pass” (aprobado) cuando el cadete apruebe el examen y escriba las iniciales del QSM – no anote “F” si el cadete no aprueba el examen; déjelo en blanco hasta que el cadete lo apruebe (para la plantilla electrónica, escribir las iniciales del QSM esta permitido).
4. REDSTONE FLIGHTS 1 & 2: anote “S” para “successful” (logrado) cuando el cadete demuestre haber completado exitosamente el vuelo del cohete y escriba las iniciales del QSM – no anote “U” si el cadete no lograr completar el vuelo; déjelo en blanco hasta que el cadete complete satisfactoriamente el vuelo (para la plantilla electrónica, escribir las iniciales del QSM está permitido).
5. Para registrar las etapas de TITAN Y SATURNO se hace de igual manera que la etapa anterior.
6. Para el TITAN - FLIGHT 2 (aire solamente) note que el vuelo del cohete no es requerido y puede ser firmado (anotar “S”) cuando el cadete complete la construcción del cohete.

PLANTILLA DE PROGRESO

CADET	CAPID	REDSTONE			TITAN			SATURN	
		TEST	FLIGHT 1	FLIGHT 2	TEST	FLIGHT 1	FLIGHT 2 (air opt build only)	TEST	FLIGHT

CIVIL AIR PATROL
Civil Air Patrol
www.capmembers.com/ae
AIR FORCE
STEM
AFA
Air Force Association
www.afa.org
Partners in Aerospace
and STEM Education