



**Universidad Nacional Autónoma de
Mexico**

Unidad de Alta Tecnología



Satélite de Fotografía Aeroespacial Mexicana (SAT-FAM)

Pre-fase A y Fase A del proyecto SAT-FAM

31 de enero del 2021

Integrantes:

Aguilar Gonzáles Diego Armando

Flores Cervera Javier

Ramírez López Luis Adrián

Rodríguez Frías Marcos Gael

Sánchez Badillo José David

Índice de contenido	pág.
1. Prefase A: Estudios de Concepto.....	4
1.1 Requisitos iniciales del cliente o alcance del trabajo	4
1.1.1 Misión	4
1.1.2 Ciencia.....	4
1.2 Identificación de los stakeholders.....	4
1.2.1 Identificación de los stakeholders clave para cada fase del ciclo de vida.....	4
1.2.2 Expectativas, Necesidades, Metas y Objetivos.....	5
1.3 Línea base del concepto de operaciones.....	6
1.3.1 Análisis de alternativas.....	6
1.3.2 Evaluaciones preliminares de posibles misiones.....	6
1.4 Identificación de la clasificación de riesgo.....	7
1.5 Identificación de los riesgos técnicos iniciales.....	8
1.6 Identificación de los roles y responsabilidades en el desempeño de los objetivos de la misión (es decir, equipo técnico, vuelo y personal de tierra) incluyendo el entrenamiento.....	8
1.7 Planes de desarrollo.....	9
1.7.1 Desarrollar un plan de desarrollo tecnológico de referencia.....	9
1.7.2 Definir el enfoque preliminar de verificación y validación	9
1.8 Propuestas de programas / proyectos.....	9
1.8.1 Justificación y objetivos de la misión.....	9
1.8.2 Ciclo de vida estimado de costo, cronograma y riesgo de orden de magnitud aproximado	10

2. Fase A: Desarrollo de Conceptos y Tecnología.....	11
2.1 Monitoreo del progreso en contra de los planes.....	11
2.2 Desarrollo de una línea base de requisitos y restricciones de alto nivel, incluidas las interfaces internas y externas, soporte integrado de logística y mantenimiento y funcionalidad de software del sistema.....	11
2.3 Planes de referencia:.....	11
2.3.1 Plan de Gestión de Ingeniería de Sistemas.....	11
2.3.2 Plan de Gestión de Riesgos, Plan de Gestión de la Configuración, plan de garantía de seguridad y misión, y desarrollo o gestión de software	12
2.3.3 Documentación de cumplimiento ambiental, plan de vigilancia de adquisiciones, plan de control de la contaminación, interferencia electromagnética / plan de control de compatibilidad electromagnética, plan de confiabilidad, plan de control de calidad, gestión de piezas y plan logístico.....	12
2.4 Plan preliminar de verificación y validación.....	13
2.5 Desarrollar una arquitectura de misión de referencia	13
2.5.1 Desarrollar protoboards, unidades de ingeniería o modelos para identificar y reducir conceptos de alto riesgo.....	13
2.5.2 Demostrar que existen diseños viables y creíbles.....	15
2.5.3 Realizar y archivar estudios comerciales.....	16
2.6 Iniciar el proceso de evaluación ambiental / Ley de Política Ambiental Nacional	17
2.7 Desarrollar una evaluación inicial de desechos orbitales	18
2.8 Realizar gestión técnica.....	18

2.8.1 Proporcionar estimación y rango de costos técnicos y desarrollar un modelo de rentabilidad a nivel de sistema	19
2.9 Estructura Y Organización del proyecto.....	20

1. Prefase A: Estudios de Concepto

1.1 Requisitos iniciales del cliente o alcance del trabajo

1.1.1 Misión

El proyecto *SAT-FAM* es una misión espacial impulsada por la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual tiene como objetivo colocar en órbita terrestre al satélite de nombre homónimo con la finalidad de que México pueda obtener por cuenta propia fotografías y videos a gran escala de su territorio. La misión *SAT-FAM* está principalmente dirigida a autoridades de monitoreo ambiental y meteorológico que se encuentran operando dentro y para los Estados Unidos Mexicanos. Por lo tanto, su pertinencia radica en que la nación requiere fotografías y videos satelitales a gran escala en donde se aprecien las zonas vulnerables, ya sea a huracanes, tormentas, sequías, hundimientos u otros fenómenos meteorológicos o ambientales que atormenten al país

1.1.2 Ciencia

Aunque el satélite no será utilizado para alguna investigación científica única, lo cierto es que con todos los datos recabados será posible modelar y predecir situaciones de vulnerabilidad en la población con respecto a una gran variedad de amenazas climáticas y ambientales que se presenten en el país. Por ende, el proyecto tiene el gran objetivo de obtener información de utilidad que permita fortalecer las medidas para actuar de manera preventiva ante estos tipos de desastres.

1. 2 Identificación de los stakeholders

1.2.1 Identificación de los stakeholders clave para cada fase del ciclo de vida

Para el desarrollo correcto del proyecto es esencial que se tengan determinados los *stakeholders* que serán partícipes a lo largo de la misión, así como los beneficios que brindará el satélite *SAT-FAM* a dichos miembros. Por un lado, los datos recopilados podrán ser manejados de manera responsable por instituciones encargadas de administrar las investigaciones meteorológicas dentro de la República Mexicana; entre las instituciones se

encuentra principalmente en el Sistema Meteorológico Nacional, la cual hará uso de los datos captados con la finalidad de llevar el control meteorológico del país. No obstante, una vez puesto en marcha el proyecto no se descarta la posibilidad de que más sociedades del ámbito público y privado puedan unirse en beneficio de la misión. Por otra parte, las personas encargadas de llevar las distintas fases del proyecto deberán tener fuertes conocimientos en ingeniería aeroespacial, ingeniería en telecomunicaciones, gestión de proyectos y otros tipos de estudios similares y afines al proyecto.

1.2.2 Expectativas, Necesidades, Metas y Objetivos:

La expectativa del *SAT-FAM* es que México pueda contar con un satélite desarrollado completamente por ingenieros y científicos mexicanos, desde el inicio de su planeación hasta su puesta en órbita y, por ende, hasta el fin de su ciclo. Por tal motivo, se desea poner en claro que México es capaz de desarrollar tecnología espacial funcional y competitiva que esté al nivel de la que producen potencias de alto desarrollo.

Asimismo, este satélite cubrirá una necesidad urgente de la población mexicana. De manera específica, los fines de la misión centrarán su apoyo para aquellos que viven en zonas de alta vulnerabilidad a fenómenos meteorológicos, ya sea en la parte sur del país, en el centro, o en el norte, en general en todo el territorio mexicano. Los fenómenos naturales y ambientales que afectan al país no deben ser estudiados sin el contexto social, es decir, se debe conocer cómo son las zonas en las que afectan para poder establecer de una mejor manera los planes de prevención y de acción ante cualquier tipo de amenaza de esta índole.

Por tal motivo, el objetivo es tomar fotos a gran escala, y en alta resolución, desde la órbita terrestre baja para posteriormente ser enviadas a distintas autoridades ambientales y meteorológicas del país con la finalidad de ser analizadas y obtener modelos funcionales de estas. De la misma manera, una de las metas principales del proyecto se centra en que empresas públicas y privadas de México puedan hacer uso de los datos que proporcione el

SAT-FAM para modelar alternativas que disminuyan los factores de riesgo de la población en relación a amenazas climáticas y ambientales.

1.3 Línea base del concepto de operaciones

1.3.1 Análisis de alternativas

Ahora bien, una vez planteadas las principales metas y objetivos de la misión es necesario que se contemplen las alternativas más óptimas para llegar a hacer realidad todo lo planteado con anterioridad. Por este motivo es importante que se analicen las mejores alternativas para llegar al fin establecido.

Primero, el proyecto nace de la necesidad que tiene el país por obtener fotografías y videos satelitales que le permitan obtener datos de las principales zonas de riesgo ante catástrofes climáticas y ambientales. Por tal motivo, la necesidad de que el país cuente con un artefacto propio que le permita obtener esta información es de suma importancia, debido a que no tendría que hacer uso de tecnología de terceros, lo que le supondría un gasto mayor. De esta manera, la alternativa que soluciona esta necesidad, y que se plantea a lo largo de este documento es la de poner en órbita terrestre un satélite que pueda contar con una cámara fotográfica. Así bien, se propone que el satélite sea similar a un CubeSat, debido a que su tamaño reducido nos supondría un costo relativamente bajo para partir con una misión espacial de este tipo.

Con lo que respecta al costo de la misión, la cantidad de recursos necesarios no son sostenibles únicamente por la UNAM, por lo que se requiere la intervención de sociedades del sector público y privado que inviertan en la misión a cambio de permitirles el acceso al mismo. Por ende, convencer a inversionistas de que el *SAT-FEM* es un proyecto rentable es fundamental para su realización.

1.3.2 Evaluaciones preliminares de posibles misiones

El proyecto en cuestión plantea dos misiones preliminares, las cuales tienen como propósito el estudio de la geografía, meteorología y geología de la

región norte de américa, que comprende específicamente la zona central y alrededores de México.

La primera misión preliminar del *SAT-FAM* se basa en una misión LEOS (Low Earth Orbital Satellite), cuyo propósito principal será que el satélite pase cerca de la hora de mayor iluminación solar sobre la superficie terrestre, es evitar el efecto especular, es decir, impedir que el satélite esté en el área de reflexión de la radiación incidente del Sol y así poder captar de mejor forma el espectro que emite el planeta; centrando su especial atención en la región mexicana y sus alrededores.

Esta misión tipo LEOS buscará colocarse a una altura de 900 km sobre la superficie terrestre, debido a la imperfección de la tierra el satélite buscará posicionarse de manera precisa para lograr una posición fija para cuando este pase por México obtenga la posición más adecuada respecto a la luz solar, y obtenga datos reales y precisos.

La segunda misión preliminar del satélite, consta de una misión GEOS (Geostationary Earth Orbital Satellite); la cual pondrá el *SAT-FAM* en una órbita a aproximadamente 36,000 km sobre la superficie terrestre, el cual se mantendrá sobre el plano ecuatorial, para esto nuestro satélite tendrá que alcanzar una velocidad similar a la velocidad de rotación terrestre; con el propósito de monitorear, fotografiar y recolectar datos acerca de las condiciones meteorológicas, disturbios ambientales, tormentas tropicales, depresiones y todas las posibles alteraciones de diversas regiones de México, y si es pertinente de todo el continente americano y el mundo.

1.4 Identificación de la clasificación de riesgo

La misión no está exenta de padecer riesgos durante y después de su desarrollo. Por una parte, es de suma importancia conocer que todo el proceso de la misión debe ser seguido en el orden y bajo las condiciones establecidas en la planeación. Asimismo, siempre se deben tener en cuenta todos los resultados de las pruebas que se le hayan hecho al satélite, con la finalidad de tener conocimiento sobre las situaciones en las que podría fracasar la misión.

Por otro lado, se debe tener alta delicadeza al manejar todo tipo de información referida a cuestiones técnicas de la construcción y lanzamiento del proyecto (cálculos matemáticos, materiales, proceso de construcción, etc), puesto que el más mínimo error puede provocar una desgracia. De la misma manera, toda la información que se obtenga a partir de este proyecto es única y exclusivamente para el uso de las organizaciones que aquí se presenten, o para aquellas con las que la UNAM haya llegado a un previo acuerdo; todo lo anterior siempre respetando la privacidad de dichos datos.

1.5 Identificación de los riesgos técnicos iniciales

En todo proyecto existen varios factores de riesgo en los cuales hemos pensado bastante, el mayor y principal problema técnico que encontramos en México, es el poco nivel de ensamblaje en nuestra región, esto podría provocar retrasos gigantescos ya que cada uno de los componentes debe ser trabajado con finura y delicadeza excepcional o por lo menos milimétrica, el segundo factor que de riesgo técnico que encontramos el contratiempo de las maquinarias el satélite en cuestión solo puede ser armado en pocos lugares de la república, en esta ocasión la Universidad Nacional Autónoma de México presta sus instalaciones de la UAT, para llevar un mejor desarrollo y tener equipo de alta tecnología con el cual llevar el proceso, pero si la UNAM llegara a cancelar sus servicios nuestra misión correría gran riesgo. Sin duda estos son los dos mayores riesgos técnicos que corremos.

1.6 Identificación de los roles y responsabilidades en el desempeño de los objetivos de la misión (es decir, equipo técnico, vuelo y personal de tierra) incluyendo el entrenamiento.

Los encargados del equipo técnico serán los Ingenieros Aguilar Gonzáles y Flores Cervera. Respecto al rol de lanzamiento y puesta en órbita el principal encargado será el Ingeniero Ramírez López. En el personal de tierra tendremos de encargado al ingeniero Rodríguez Frías y al ingeniero Sánchez Badillo..

1.7 Planes de desarrollo

1.7.1 Desarrollar un plan de desarrollo tecnológico de referencia

Para que el proyecto se desarrolle y complete de manera satisfactoria en el tiempo establecido el equipo establecerá diferentes fechas límites para cada parte de la tecnología que conformará el proyecto en su totalidad, de manera que se tengan a tiempo las partes fundamentales en lo que respecta a la tecnología para continuar de manera regular el proyecto siendo la manera en que se pretende tener los diferentes elementos la siguiente: diseño, software, prototipo armado, pruebas, producto final.

1.7.2 Definir el enfoque preliminar de verificación y validación

Para que nuestro satélite sea lanzado con éxito debe acreditar toda la documentación necesaria así como los requisitos dados por la empresa que se encargará de desplegarlo y ponerlo en órbita, para ello deberemos tener extremo cuidado en cada parte del proyecto de tal manera que cubra los rubros solicitados para las diversas normas y requisitos.

1.8 Propuestas de programas / proyectos:

1.8.1 Justificación y objetivos de la misión

Durante los últimos cincuenta años la república Mexicana , ha sido azotada por numerosas catástrofes naturales en las cuales destacan los feroces huracanes, como “odile” el cual dejó un saldo de 15 muertos y la mayor parte del estado de Baja California Sur sin electricidad por más de dos semanas o “Gilberto” con una marca de 170 víctimas mortales y más de 60 mil personas sin hogar y un total de 83 barcos en pérdida total, o inclusive “liza” nuevamente en Baja California Sur, al cual se le asocian dos mil muertes registradas, además dejando una deuda impresionante para dicho estado.

Debido a que nuestro país es constantemente golpeado por huracanes, creemos y afirmamos que tener un satélite que pueda recolectar datos meteorológicos podría ser de gran ayuda, aunque no podamos detener el huracán tendremos un mayor lapso de evacuación, prevención y preparación para afrontar este tipo de eventos naturales.

1.8.2 Ciclo de vida estimado de costo, cronograma y riesgo de orden de magnitud aproximado

El proyecto *SAT-FAM* considera una duración de 5 años, lapso de tiempo en el cual se recolectarán los datos que permitirán crear estrategias para afrontar catástrofes climáticas y ambientales dentro del país.

El presupuesto del proyecto inicia con un estimado de un millón de dólares, los cuales cubrirán parte de las tecnologías usadas en dicho artefacto, en este mismo presupuesto se incluye el lanzamiento y puesta en órbita del mismo satélite. Mantenemos presentes los riesgos de experimentar con tecnologías de gama muy alta pues, en México la mayoría de las tecnologías que tenemos no exceden la calidad de gama media alta, y debido a nuestro limitado presupuesto estamos casi obligados a mantener la inversión en tecnología por debajo de los 800 mil dólares mientras que los 200 mil dólares sobrantes la mitad quedará reservado para pagar un lanzamiento y el otro 50 por ciento para uso en caso de rebasar el presupuesto inicial para las tecnologías.

Por otro lado, las fechas importantes de mencionar en este documento son las siguientes:

- Iniciar operaciones el 15 de marzo 2021
- Montaje de las piezas fundamentales el 30 de marzo 2021
- Pruebas terrestres del 5 de julio de 2021 al 20 de agosto de 2021
- Preparación para ensamblado al cohete (en caso de acreditar todas las pruebas terrestres) el 16 de septiembre de 2021, en caso de no acreditar las primeras prueba la fecha anterior será la nueva fecha límite para la acreditación de las pruebas, en caso de acreditación total de las pruebas la segunda fecha de ensamblado se llevará a cabo el 20 de septiembre de 2021
- Puesta en órbita el 20 de noviembre 2021

2. Fase A: Desarrollo de Conceptos y Tecnología

2.1 Monitoreo del progreso en contra de los planes

Con la finalidad de avanzar en el proyecto eficientemente se llevarán a cabo una serie de evaluaciones periódicas acerca del progreso del mismo y a su vez se presentarán informes mensuales para una evaluación de la distribución de actividades dentro del proyecto en caso de ser necesaria.

2.2 Desarrollo de una línea base de requisitos y restricciones de alto nivel, incluidas las interfaces internas y externas, soporte integrado de logística y mantenimiento y funcionalidad de software del sistema

Con el fin de que el prototipo desempeñe sus actividades durante el periodo de tiempo estimado, el *SAT-FAM* debe contar con una base de requerimientos básicos para el cumplimiento de su misión. Es importante señalar que México no cuenta con los medios necesarios para la manufacturación de tecnología de gama alta para diversos componentes del proyecto.

Por tal motivo, para que el *SAT-FAM* opere como se espera se requiere de diversos componentes de hardware y software especializados.

- Empezando por el hardware: se necesita un cuerpo para montar el sistema, una computadora para la ejecución del software, una antena para la recolección y envío de datos, una batería y paneles solares para recargar la misma, un sensor térmico infrarrojo, una cámara y por último se requiere un sistema de direccionamiento para mover el satélite en caso de ser necesario.
- En cuanto al software debe tener la funcionalidad de almacenar y procesar los datos obtenidos y enviarlos a la estación terrena.

2.3 Planes de referencia:

2.3.1 Plan de Gestión de Ingeniería de Sistemas

Con base en los requerimientos del Satélite se realizarán diversas propuestas de diseño, después se elegirá una en base a su adecuación para brindar una plena funcionalidad de los sistemas del prototipo, seguido de eso se realizará la logística necesaria par comenzar con el ensamblaje del prototipo en base a

los requisitos planteados tanto para el funcionamiento como para el lanzamiento.

2.3.2 Plan de Gestión de Riesgos, Plan de Gestión de la Configuración, plan de garantía de seguridad y misión, y desarrollo o gestión de software

Durante el desarrollo del satélite se presentaron diversos problemas a cubrir para garantizar que la misión se lleve a cabo con éxito, puesto así es necesario revisar minuciosamente cada parte que conforma el proyecto tanto de la parte que respecta al sistema y la documentación que debe pasar el satélite, además se debe crear un software para el mismo que cubra tanto los aspectos necesarios para la misión como contratiempos como pueden ser los ataques cibernéticos del satélite o errores en el código que pueden llevar a el mal funcionamiento del satélite. Dentro de lo que respecta a la documentación es necesario revisar las diferentes leyes acerca del ambiente espacial y desarrollar nuestro proyecto en pro de su cumplimiento riguroso, en cuanto a la parte tecnológica del proyecto el prototipo elegido será sometido a una minuciosa serie de pruebas en los laboratorios que dispone la UAT.

2.3.3 Documentación de cumplimiento ambiental, plan de vigilancia de adquisiciones, plan de control de la contaminación, interferencia electromagnética / plan de control de compatibilidad electromagnética, plan de confiabilidad, plan de control de calidad, gestión de piezas y plan logístico

El equipo que desarrolla el proyecto así como las diferentes instituciones asociadas se comprometen a cumplir con la documentación necesaria que acredite a nuestro satélite *SAT-FAM* como un proyecto que cumple en su totalidad la normativa ambiental, para ello el proyecto se realizará con extremo cuidado revisando constantemente que cumpla con los requisitos para poder ser lanzado de tal manera que al término de su vida útil o en caso de mal funcionamiento no genere contaminación de ningún tipo lo cual respaldamos con pruebas en los laboratorios de la UAT. Para la gestión de piezas y control de calidad se le asignará a los integrantes del equipo de

desarrollo la tarea de revisar con extremo cuidado cada componente del *SAT-FAM* así como su ensamblaje para que el mismo sea un satélite confiable en cuanto al desempeño de su misión.

2.4 Plan preliminar de verificación y validación

De acuerdo con el plan de gestión de desarrollo del proyecto y aceptación de documentación del proyecto será evaluado periódicamente de manera que en cuanto se termine el proceso de construcción pase rápidamente toda la documentación y pruebas, de esta manera buscan evitar contratiempos en la fecha prevista (20 de noviembre 2021) para su puesta en órbita. el modelo a seguir para que el *SAT.FAM* sea aceptado es el derivado de la implementación de los distintos planes de referencia integrando así el cuidado del progreso y la confiabilidad en el prototipo creado, y que tanto nuestro nuestro satélite como su misión cumplan la normativa correspondiente para acreditar la documentación necesaria.

2.5 Desarrollar una arquitectura de misión de referencia

2.5.1 Desarrollar protoboards, unidades de ingeniería o modelos para identificar y reducir conceptos de alto riesgo

Naturalmente nuestro diseño y modelado de satélite requerirá de prototipos y conceptos que nos brindan una perspectiva más amplia acerca de las diferentes anomalías, riesgos y fallas que podrían ocurrir antes, durante o después de las misión propuesta para nuestro satélite, es por esto mismo y por otras razones, que el diseño y construcción de prototipos experimentales y la realización de pruebas en simuladores, son de vital importancia para la correcta ejecución de nuestra misión *SAT-FAM*.

El diseño de protoboards, experimentales que prueban y rectifiquen la fiabilidad, viabilidad y funcionalidad de los sistemas y programación de dicho satélite, serán de vital importancia ya que un fallo por más leve o insignificante que parezca podría ser desastroso para ejecución de la misión que podría involucrar un costo muy elevado de pérdidas, y eso no es lo que se busca, se busca que el proyecto sea lo más redituable posible al mejor costo de desarrollo que sea posible.

Por esto mismo y en adición a las protoboards, el diseño de prototipos de piezas de ingeniería, ya sea paneles, cámaras, rotores, giroscopios, materiales, entre muchas otras; resulta muy útil y prudente durante el desarrollo del proyecto, ya que con esto se podrá idealizar y generar innovación, que es necesaria para la creación de un satélite y para cualquier tipo de nave en general.

Además los prototipos de este tipo de piezas, proporciona una perspectiva y acercamiento hacia aquellas fallas o defectos que se podrán generar durante su periodo en la exosfera terrestre, de esta manera se hace imperativo el uso y elaboración de piezas de ingeniería.

Aunado a lo anterior, es de vital importancia el diseño de modelos y prototipos funcionales de satélites; que cumplan y satisfagan los exigentes requerimientos, que el calibre de esta misión necesitan. Puesto que esta misión busca lograr su misión de manera exitosa; generar diseños de satélites funcionales y capaces, será vital para el cumplimiento de esta misión.

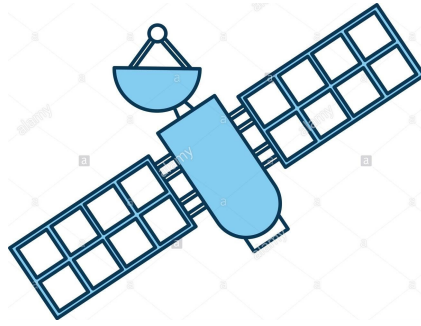
Por consiguiente, la misión destinará gran parte de su atención y presupuesto en lograr un satélite capaz de ser funcional, resistente, fiable y por supuesto viable, que consiga obtener datos importantes y relevantes para el cumplimiento de este proyecto; claro está que este satélite debe ser viable y eficiente al mismo tiempo, por lo que debe ser fácilmente reutilizable y reutilizable.

Por último, el *SAT-FAM* busca ser reutilizable y/o reciclable, y de libre acceso sin interferencias gubernamentales ajenas al proyecto, ya que este proyecto tendrá un compromiso con el medio ambiente y la sociedad, por lo que será regido bajo La Ley del Espacio y Exploración Espacial.

2.5.2 Demostrar que existen diseños viables y creíbles

Para nuestro satélite *SAT-FAM*, se elaboraron y modelaron algunos diseños preliminares, cuyo propósito fue demostrar y evaluar su viabilidad, costo y eficiencia en la exosfera, con el fin de obtener los mejores resultados.

Diseño 1.



Dibujo de un satélite.

Este satélite artificial de diseño básico, pero que podrá cumplir con su misión y objetivos de buena manera, aunque es ciertamente más seguro y eficaz de producir. Su eficiencia se ve seriamente mermada por lo simple de su diseño y utilidad.

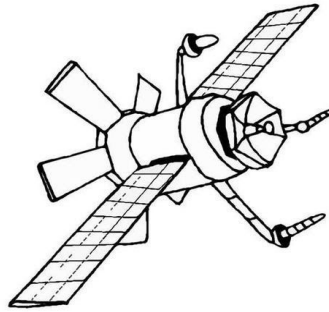
Diseño 2.



Animación de un satélite.

Este diseño que es muy parecido al primero, sin embargo, este infiere en que es ciertamente más actualizado, ya que tiene bordes y un diseño un poco más aerodinámico capaz de soportar y enfrentar las inclemencias de la exosfera y del espacio exterior, su eficiencia es mejor y más redituable, pero su producción involucra un costo más elevado.

Diseño 3.



Satélite meteorológico.

Este diseño de satélite meteorológico es mucho más avanzado que cualquier satélite mostrado anteriormente, pero por la misma razón será mucho más costosa su producción, pero sus resultados serán los más viables y confiables capturados desde la exosfera. este tipo de satélite será la mejor oferta de construcción para nuestro proyecto de *SAT-FAM*. Aún así el desarrollo de este satélite requerirá de un inversor que esté dispuesto a costear este proyecto y que tenga interés en la investigación que éste realizara.

2.5.3 Realizar y archivar estudios comerciales

Nuestro Proyecto naturalmente requerirá de la inversión privada o gubernamental, ya que el costo de este proyecto supera cualquier presupuesto que la UNAM o la UAT pueda soportar, por eso mismo se busca hacer algunos estudios de mercado de realcen nuestro proyecto y nos brinde el apoyo necesario para llevar a cabo dicho proyecto.

Como primer paso, buscamos generar interés dentro de un grupo social específico o si es imperativo generar interés en un grupo mayor de personas. Como tal, buscamos consumidores potenciales de nuestros datos y/o investigación generada, como podrían ser estaciones de climatología del gobierno mexicano, dependencias nacionales, o de instituciones públicas o privadas, que requieran de los datos, variables o información obtenida.

Como segundo paso, necesitamos un análisis minucioso de las segmentaciones del mercado, como por ejemplo qué regiones son más importantes o nos competen más para ser estudiadas por nuestro satélite, con esto buscamos obtener una ventana de oportunidad para que nuestro proyecto florezca, tal caso serían estudiar las regiones del golfo de México, la sierra madre sur y norte, así como un análisis de actividad de los volcanes activos del país, y su impacto en el clima de sus respectivas regiones. Este tipo de limitaciones nos ayudan a concentrar de manera más puntual nuestros objetivos económicos y académicos.

Como último y más importante paso, buscamos armar y poder clasificar los perfiles idóneos para la distribución de nuestro material científico que sea de ayuda para quienes sean nuestros interesados y/o consumidores, con esto se podrá realizar y archivar múltiples estudios que beneficien al proyecto en su realización.

Este tipo de estudios ayudan a puntualizar y priorizar la información que sea más imperativa para la realización del proyecto.

2.6 Iniciar el proceso de evaluación ambiental / Ley de Política Ambiental Nacional

El proyecto debe ser ejecutado siempre considerando las cuestiones ecológicas y ambientales que rodean este tipo de tecnologías. Por tal motivo, el satélite será construido bajo los lineamientos de una responsabilidad ética con respecto a los contaminantes que se generen a partir de su construcción y puesta en órbita. Asimismo, el compromiso por recuperar el satélite después de ser lanzado es latente, ya que no deseamos que el proyecto se convierta en basura espacial, tampoco queremos que el artefacto caiga a algún lugar del planeta produciendo daños.

De la misma manera, una vez que el satélite sea recuperado en la superficie de la Tierra, se espera que el mismo sea desechado según lo estipulado en las leyes del

manejo de residuos sólidos peligrosos de la Ciudad de México. En general, trabajar bajo lo estipulado por la SEMARNAT y otros organismos nacionales e internacionales en favor del medio ambiente es prioridad en el desarrollo de este proyecto.

2.7 Desarrollar una evaluación inicial de desechos orbitales

Como ya se mencionó con anterioridad, el proyecto *SAT-FAM* está comprometido completamente en favor de actuar con responsabilidad ambiental, por lo que se contempla dejar el menor impacto posible en la huella ecológica. Los materiales con los que se construya el satélite deberán ser los más óptimos en cuanto a reciclaje se refiere, de tal manera que cuando se desee desechar al artefacto, esto no se convierta en un contaminante más, sino que gran parte de sus materiales puedan ser reutilizados o tratados

2.8 Realizar gestión técnica

para la realización de dicho proyecto, requiere de una gestión meticulosa cuyo propósito sea minimizar el número de riesgos, fallas y desperdicios que se puedan generar durante el desarrollo de dicho proyecto. De esta manera; el proyecto requiere de una gestión tanto técnica como económica, ya que el uso del presupuesto debe de estar bien destinado y organizado, porque sin esto el proyecto será un caos total.

En adición, el equipo encargado de desarrollar el proyecto debe de estar bien preparado y especializado para poder llevar a cabo el diseño, construcción y realización de pruebas de dicho satélite.

Por esta razón, el equipo y en especial los directivos del proyecto junto con las instituciones relacionadas deben de generar un presupuesto estimado para el desarrollo del satélite, puesto que la destinación de un presupuesto conlleva más que un cheque o solo dinero. También debe de contemplarse la inversión privada y las pérdidas que este proyecto pueda generar durante su desarrollo.

2.8.1 Proporcionar estimación y rango de costos técnicos y desarrollar un modelo de rentabilidad a nivel de sistema

El desarrollo de un proyecto de esta magnitud debe de tener contemplado la generación de un presupuesto estimado que brinde el dinero y los recursos necesarios que este necesite durante el camino.

Por esto mismo el presupuesto debe de contemplar mucho aspectos importantes y aspectos secundarios, pues el presupuesto destinado a la realización del satélite rendirá los frutos de los resultados obtenidos.

De esta manera el presupuesto debe de contemplar:

- 1. El diseño y experimentación con prototipos funcionales.** Este rubro es de vital importancia, ya que sin el presupuesto para la realización de prototipos podría afectar mucho el éxito de la misión, y los resultados que se obtengan.
- 2. Simuladores de vuelo, y versiones funcionales.** El uso de simuladores de vuelo y de versiones funcionales del satélite será de vital importancia para el éxito del proyecto.
- 3. Materiales y componentes de elaboración.** Claramente si necesitamos construir un satélite, será imprescindible el presupuesto destinado a la manufactura y obtención de los materiales necesarios para la construcción del satélite.
- 4. fuente de energía y almacenamiento de datos.** Cómo será un satélite de investigación necesitará de una fuente de energía que permita poner en operaciones al satélite, y de igual manera requerirá de unidades de almacenamiento altamente especializadas para el almacenaje de datos.
- 5. Instrumentos de investigación.** Así como todo lo demás, el satélite requerirá de instrumentos especializados para captura de datos y toma de fotografías, por eso mismo necesita equipo especializado.
- 6. El diseño y programación de software y hardware.** Como dicho satélite será prácticamente autofuncional, necesitará el diseño de un software, que le permitan realizar cada tarea que está predestinado a realizar, esto solo se podrá hacer si el satélite cuenta con el hardware necesario.

- 7. Lanzamiento y posicionamiento orbital.** El satélite necesitará de un medio por el cual pueda llegar hasta la exosfera, que será su lugar de misión, para esto necesitará ser lanzado en una cápsula y/o cohete que tenga los recursos necesarios para colocarlo en órbita.

Los puntos anteriores son pocos, pero son los más generales con los que se puede realizar la misión, y cada rubro contempla de 100 a 500 mil pesos, para la adecuada realización de dicho proyecto.

Además, se contempla que dicho proyecto pueda atraer las miradas de inversionistas privados, que puedan ser un soporte extra para el adecuado desarrollo del proyecto SAT-FAM.

2.9 Estructura Y Organización del proyecto

2.9.1. La organización del proyecto *SAT-FAM* está siendo ideada y dirigida con la colaboración y cooperación de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Unidad de Alta Tecnología; todo con el fin de obtener los resultados más óptimos y útiles para todas las partes involucradas. La estructura principal del proyecto está dividida en varias etapas.

2.9.2. Los encargados del proyecto SAT-FAM, son estudiantes, que están comprometidos y obligados a dirigir, supervisar e informar a los directivos principales del colegio; acerca del avance, construcción y percances, que surjan durante el desarrollo y pruebas del proyecto; con el fin de optimizar el desarrollo y minimizar los riesgos de elaboración que presente el satélite.

Como parte vital del desarrollo de dicho satélite, está el equipo de ingenieros encargados de la construcción, desarrollo y realización de pruebas del satélite.

Este equipo de ingenieros, estará dividido en varias partes como parte fundamental para la optimización y especialización de la construcción del satélite en cuestión.

Una parte del equipo será la encargada del diseño y cálculos necesarios, que busque la mejor forma y construcción de dicho satélite, con la finalidad de optimizar costos y riesgos de construcción.

Como parte intermedia, clave del proyecto serán los encargados de la construcción del satélite, que abarca desde la búsqueda de los mejores materiales, hasta la mecaniza y programación necesaria para el adecuado funcionamiento del satélite; este equipo si bien su destreza y conocimientos deben de ser excelentes, también se solicita que sean conscientes del presupuesto que se brindará para su construcción.

2.9.3. Además, como parte de la organización, estará el equipo de manufactura y administración, este equipo estará a cargo de buscar y encontrar empresas privadas o gubernamentales que están dispuestos a brindar su apoyo, además será necesario que este proyecto sea con fines únicamente de investigación, sin fines de lucro; este equipo será la pieza clave que pondrá en marcha el proyecto.

2.9.4. Por último pero no menos importante, tendremos al equipo de sistemas de ejecución y los especialistas que serán los encargados de poner en órbita exosfera al satélite, para que este cumpla con su misión y brinde los resultados esperados e inclusive datos adicionales que brindan perspectivas más amplias de la investigación.

2.9.5. El orden de organización dependerá de la línea de construcción del equipo, cabe aclarar que ningún miembro es más, o menos importante, cada quien tendrá su papel, el cual es muy importante para que el avance del proyecto no se vea mermado; por lo cual este proyecto será un esfuerzo conjunto de todos para todos; con fines que benefician la investigación y no los bolsos de unos cuantos.

REFERENCIAS

The Faculty Of Power And Aeronautical Engineering Warsaw University Of Technology.(2014). *PW-SAT2 Preliminary Requirements Review*. Recuperado de <https://pw-sat.pl/wp-content/uploads/2014/07/PW-Sat2-A-00.00-Overview-PRR-EN-v1.2.pdf>

Betancourt, D. F. (2017). *Cómo hacer el análisis de alternativas de un proyecto + ejemplo práctico*. Recuperado de <https://ingenioempresa.com/analisis-de-alternativas/>

Harford, T. (2019). *CubeSat: el entrañable peluche que revolucionó la industria de los satélites y la forma en que podemos ver el mundo*. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49031317>

Academia Politécnica Nava. (s.f.). *APLICACIONES SATELITALES PARA LA METEOROLOGÍA*. Recuperado de http://web.directemar.cl/met/jturno/documentos/Aplicaciones_Satelitales_para_Meteo.pdf

Larson, W. J. y Wertz, J. R. (2005). *Space Mission Analysis and Desing*. The Space Technology Editorial Board: California. EU.