



Universidad Autónoma de Baja California
Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño
Ingeniería Industrial



**Aplicación de herramientas de Ingeniería Industrial en la planeación
y desarrollo de un nano-satélite CubeSat de 3 unidades**

Tesis que para obtener el grado de
Ingeniero industrial

Presenta:

Cecilia Michelle Talancon

Director de tesis:

M.I. Guillermo Amaya Parra

Codirector de tesis:

Dr. Roberto Conte Galván

Ensenada, Baja California, México

Septiembre, 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

**Aplicación de herramientas de Ingeniería Industrial en la planeación y
desarrollo de un nano-satélite CubeSat de 3 unidades**

TESIS

PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

CECILIA MICHELLE TALANCON


Aprobada por:



M.I. Guillermo Amaya Parra
Director
(presidente)



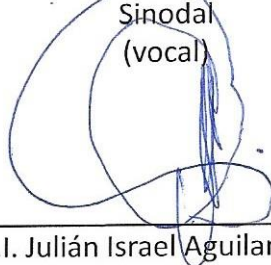
Dr. Roberto Conte Galván
Codirector
(secretario)



Dra. Eunice Vargas Viveros
Sinodal
(vocal)



Dr. Jorge Octavio Mata Ramírez
Sinodal
(vocal)



M.I. Julián Israel Aguilar Duque
Sinodal
(vocal)

Dedicatoria

**A mi familia y a mi novio,
sin su apoyo no lo hubiera logrado.**

¡Los amo!



Agradecimientos

A Dios por darme fuerza para superar los obstáculos y poder terminar mi carrera.

A mis papás y hermana por su paciencia, amor, esfuerzo y apoyo incondicional, estuvieron conmigo en los momentos más difíciles y me motivaron a dar todo de mí.

Al Ing. Alan Calderón por ser la primera persona en confiar en todo lo que yo podía lograr, motivarme a realizar esta tesis, guiarme y brindarme su apoyo incondicional en cada momento.³³¹²

A mis abuelos, por creer en mí, estar siempre a mi lado y brindarme su amor infinito. Son los mejores abuelos del mundo, los quiero mucho.

A mis tías y tíos en especial a *MYM* por apoyarme en todo momento, por sus consejos y por estar presentes en cada etapa de mi vida.

A mi director de tesis el M.I. Guillermo Amaya por confiar en mi para desarrollar esta tesis a pesar de las complicaciones que surgieron en el camino y por siempre motivarme a ser mejor persona.

A mi codirector de tesis el Dr. Roberto Conte por compartir sus conocimientos para poder desarrollar esta tesis y sobre todo por confiar en mí y alentarme a tener un mejor futuro.

A la Dra. Eunice Vargas, el Dr. Jorge Mata y el M.C. Julián Aguilar por confiar en mí y aceptar tomarse el tiempo para formar parte del comité de esta tesis.

A mi amiga Paola por nunca dejarme sola y apoyarme cuando más la necesité.

Al personal del departamento de electrónica y telecomunicaciones del CICESE por su apoyo en la realización de esta tesis.

Índice

Dedicatoria.....	2
Agradecimientos.....	3
Lista de tablas.....	7
Lista de figuras	8
1 CAPÍTULO: INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 Antecedentes.....	13
1.2 Planteamiento del problema.....	14
1.3 Preguntas de investigación.....	14
1.4 Hipótesis.....	14
1.5 Objetivo general.....	15
1.6 Objetivos específicos.....	15
1.7 Delimitaciones	15
1.8 Limitaciones.....	15
1.9 Justificación	16
1.10 Metodología	16
1.11 Organización de la tesis.....	16
2 CAPÍTULO: MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Herramientas de la Ingeniería Industrial.....	18
2.1.1 Seis Sigma	18
2.1.2 Metodología 5S	19
2.1.3 Kanban.....	21
2.1.4 SMED	22
2.1.5 Kaizen.....	23
2.2 Herramientas utilizadas.....	24
2.2.1 Análisis de Modos y Efectos de Fallas potenciales (AMEF).....	24
2.2.2 Diagrama Ishikawa	25
2.2.3 Cadena de valor.....	26
2.2.4 Gráfico de GANTT.....	27
2.2.5 Estimación de costos	28
2.2.6 Perfil de puesto	29
3 CAPÍTULO: NANO-SATÉLITES.....	31

3.1	Clasificación de los satélites pequeños	31
3.2	Estándar CubeSat	33
3.3	Subsistemas de un CubeSat	35
3.3.1	Estructura.....	35
3.3.2	Energía	38
3.3.3	Telemetría y Comando	39
3.3.4	Control de posición y estabilización	41
3.3.5	Carga útil.....	42
3.3.6	Computadora a bordo	42
3.4	Estación terrena	43
3.5	Pruebas de certificación espacial	44
3.5.1	Pruebas de vibración y sacudidas.....	44
3.5.2	Pruebas de vacío térmico	45
3.5.3	Pruebas de impacto.....	45
3.5.4	Pruebas de radiación espacial.....	45
3.5.5	Inspección visual	46
3.5.6	Pruebas de compatibilidad electromagnética y comportamiento electroestático.....	46
4	CAPÍTULO: RESULTADOS	47
4.1	Determinación de áreas de trabajo y personal	47
4.1.1	Áreas de trabajo	47
4.1.2	Personal	49
4.2	Perfil de puestos	51
4.3	Gráfico de Gantt.....	52
4.4	Diagrama Ishikawa	54
4.5	AMEF	55
4.6	Cadena de valor	58
4.6.1	Cadena de valor de la industria satelital.....	59
4.7	Proveedores.....	61
4.7.1	Innovative Solutions In Space (ISIS).....	61
4.7.2	Clyde Space	62
4.7.3	Pumpkin	63
4.7.4	Tyvak.....	64

4.7.5	GomSpace	65
4.7.6	CrystalSpace	66
4.8	Estimación de costos	67
5	CONCLUSIONES	72
6	REFERENCIAS	74
7	ANEXOS	79
7.1	ANEXO Perfiles de puestos	79
7.1.1	Perfil de puesto del coordinador	79
7.1.2	Perfil de puesto del jefe de ingeniería	82
7.1.3	Perfil de puesto del encargado del subsistema de control de posición y estabilización	85
7.1.4	Perfil de puesto del auxiliar del subsistema de control de posición y estabilización	88
7.1.5	Perfil de puesto del encargado del subsistema de la computadora a bordo	91
7.1.6	Perfil de puesto del auxiliar del subsistema de la computadora a bordo	94
7.1.7	Perfil de puesto del encargado del subsistema de Telemetría y Comando	97
7.1.8	Perfil de puesto del auxiliar del subsistema de control de posición y estabilización	100
7.1.9	Perfil de puesto del encargado del subsistema de la carga útil	103
7.1.10	Perfil de puesto del auxiliar del subsistema de la carga útil	106
7.1.11	Perfil de puesto del encargado del subsistema de energía	109
7.1.12	Perfil de puesto del auxiliar del subsistema de energía	112
7.1.13	Perfil de puesto del encargado del subsistema de estructura	114
7.1.14	Perfil de puesto del jefe de administración	118
7.1.15	Perfil de puesto del encargado de recursos humanos	121
7.1.16	Perfil de puesto del encargado de contabilidad	124
7.1.17	Perfil de puesto del encargado de compras	127
7.1.18	Perfil de puesto del jefe de calidad y pruebas	130
7.1.19	Perfil de puesto del encargado de pruebas de vibración	133
7.1.20	Perfil de puesto del encargado de pruebas de termo vacío	136
7.2	Anexo 2 Tareas del gráfico de Gantt	139

Lista de tablas

Tabla 1 Clasificación de los satélites por su funcionalidad.....	32
Tabla 2 Clasificación de los satélites por su órbita.....	32
Tabla 3 Ventajas y desventajas de las estructuras.....	37
Tabla 4 Análisis AMEF de un CubeSat de 3 unidades.....	56
Tabla 5 Productos y precios de componentes para elaborar un nano-satélite.....	68
Tabla 6 Mano de obra.....	70
Tabla 7 Costo total aproximado.....	71

Lista de figuras

Figura 1 Ingresos de la industria satelital del año 2015 en E.U.A [3].....	9
Figura 2 Ingresos globales de la industria satelital [3].....	10
Figura 3 Exportaciones e importaciones mexicanas del sector aeroespacial [4]	11
Figura 4 Estados líderes en el sector aeroespacial [5]	12
Figura 5 Estructura directiva y técnica de Seis Sigma [13].....	19
Figura 6 Las 5S [15]	20
Figura 7 Efectos de las 5'S[14]	20
Figura 8 Kanban de producción	21
Figura 9 Metodología SMED [24].....	22
Figura 10 Estructura del diagrama Ishikawa.....	26
Figura 11 Ejemplo de gráfico de Gantt.	28
Figura 12 Ejemplo de perfil de puesto [47].....	30
Figura 13 Clasificación de los satélites pequeños [48].....	31
Figura 14 Nano-satélite CubeSat [54]	34
Figura 15 Modelo 3D de P-POD [51].....	34
Figura 16 Estructura tipo esqueleto [55]	36
Figura 17 Estructura tipo sólida [55].....	37
Figura 18 Pin RBF [56]	38
Figura 19 ISIS UHF uplink/VHF downlink Full Duplex Transceiver [57].....	40
Figura 20 ISIS VHF uplink/UHF downlink Full Duplex Transceiver [58].....	40
Figura 21 Helium 100 UHF/VHF [59].....	40
Figura 22 Organigrama de áreas de trabajo	48
Figura 23 Organigrama del personal.....	50
Figura 24 Gráfico de Gantt.....	53
Figura 25 Gráfico de nivel de trabajo de los empleados.....	54
Figura 26 Diagrama Ishikawa	55
Figura 27 Cadena de valor de un nano-satélite.	59
Figura 28 Cadenas de valor de la industria satelital[6].....	60
Figura 29 Productos que ofrece ISIS	61
Figura 30 Productos de Clyde Space	62
Figura 31 Portal de bienvenida de CubeSat Kit.....	63
Figura 32 Servicios de Tyvak.....	64
Figura 33 Productos de GomSpace	65
Figura 34 CrystalSpace	66

1 CAPÍTULO: INTRODUCCIÓN

La industria aeroespacial es aquella dedicada a la construcción, el diseño, la operación y el mantenimiento de equipo destinado a utilizarse tanto en la atmósfera terrestre como fuera de ella [1]. En el curso de la última década, México se ha convertido en uno de los países más competitivos para la inversión productiva del sector aeroespacial [2].

La industria espacial es un sector en constante evolución y transformación que ha dado paso a una industria cada vez más globalizada, diversa, dinámica y con un impacto tangible en la vida cotidiana de las personas. Además, ha impulsado el avance de otros sectores económicos, ya que la investigación y el desarrollo dentro del sector espacial crean procesos, productos o nuevos materiales que son utilizados por varias industrias, que van desde los sectores aeronáutico y automotriz, hasta la medicina [2].

La industria satelital ha estado en constante crecimiento durante los últimos años, como ejemplo de esto tenemos en la *figura 1* un gráfico que nos muestra los ingresos que se tuvieron en el año 2015 por la industria satelital en Estados Unidos de América [3].

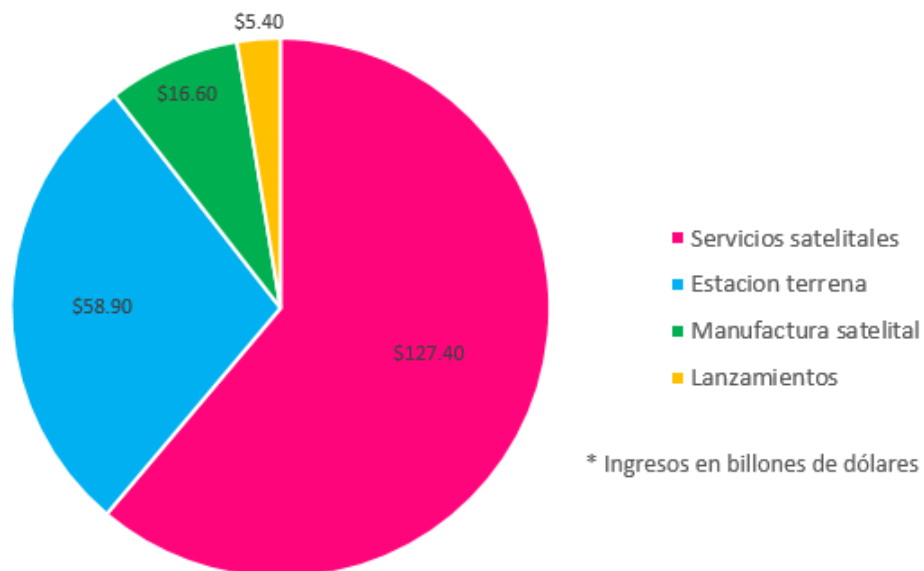


Figura 1 Ingresos de la industria satelital del año 2015 en E.U.A [3].

Aunque México apenas está desarrollándose en esta área, hay mucho potencial para el desarrollo de tecnología espacial, por lo tanto, México pudiera tener grandes ingresos generados por el desarrollo de esta tecnología. A continuación, en la *figura 2* se puede observar cómo han ido creciendo los ingresos globales que aporta la industria satelital.

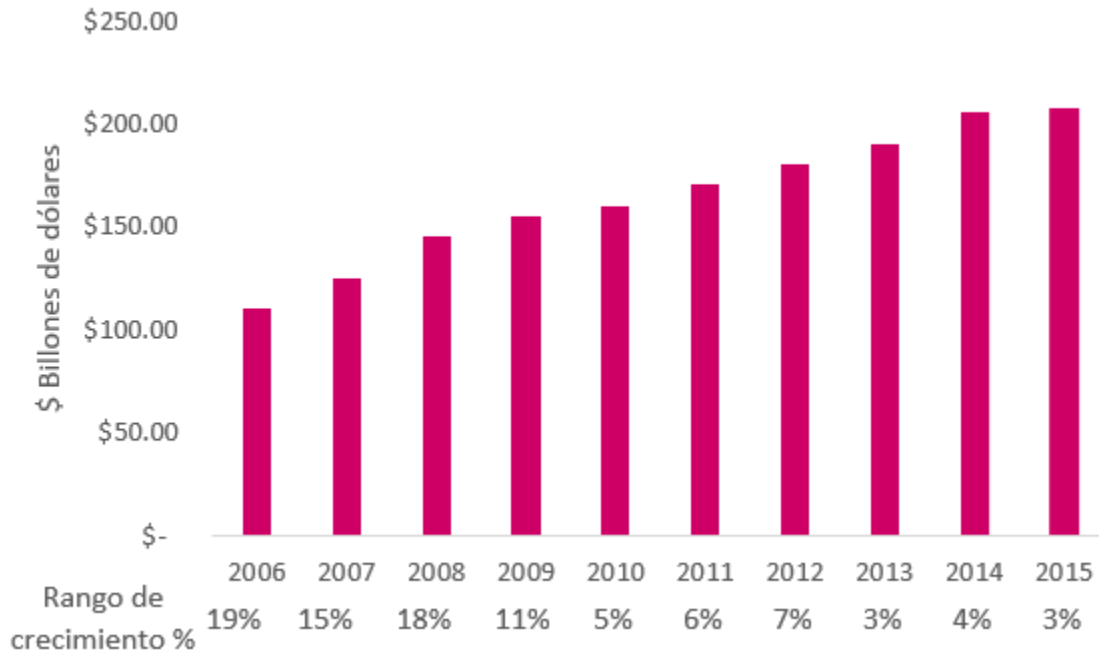


Figura 2 Ingresos globales de la industria satelital [3]

El sector aeroespacial mexicano está conformado por empresas dedicadas a la manufactura, mantenimiento, reparación, adecuación, ingeniería, diseño y servicios auxiliares (aerolíneas, laboratorios de pruebas y centros de capacitación, entre otros), de aeronaves de tipo comercial y militar [4]. En los últimos años, México se ha consolidado como un líder global en el sector aeroespacial, con aumentos en las exportaciones e importaciones en el sector (Ver *figura 3*).

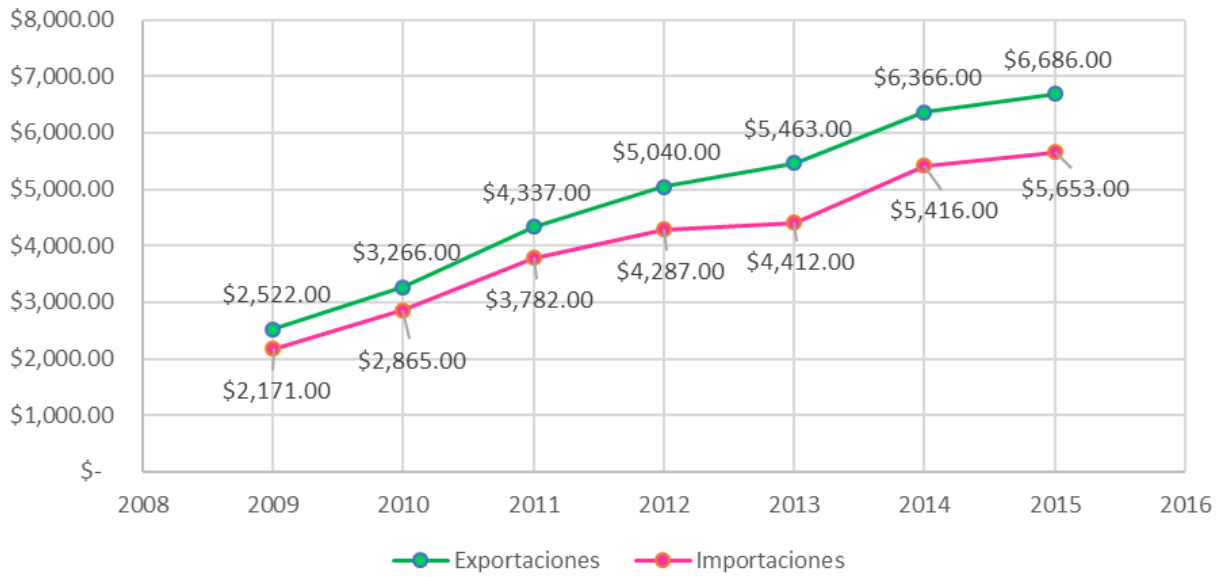


Figura 3 Exportaciones e importaciones mexicanas del sector aeroespacial [4]

La inversión extranjera directa en el sector aeroespacial acumulada en los últimos 10 años es de 1,797.30 millones de dólares. Actualmente, los estados mexicanos líderes en el sector aeroespacial son (ver figura 4): Baja California por sus capacidades de innovación en servicios para la industria aeroespacial y de defensa, Chihuahua por su capacidad industrial y de manufactura avanzada, Sonora por su desarrollo de cadenas de suministro, con un enfoque en la innovación, Nuevo León por su gran avance en la tecnología e innovación y por ultimo Querétaro ya que cuenta con la Red de Investigación e innovación Aeroespacial de Querétaro (RIIAQ) [5].



Figura 4 Estados líderes en el sector aeroespacial [5]

El desarrollo de tecnología espacial está teniendo gran impacto en varios países y México no se queda atrás; sin embargo, se requiere que exista documentación sobre lo necesario para proyectos de tal magnitud que ayude a la elaboración de los mismos.

En esta tesis se podrá encontrar información general acerca de los subsistemas satelitales, la aplicación de algunas herramientas de la ingeniería industrial necesarias para la correcta planeación y desarrollo de un nano-satélite CubeSat de 3 unidades, ya que dentro del sector aeroespacial los nano-satélites CubeSat son de los más económicos y por lo tanto más comunes de realizar.

1.1 Antecedentes

Un satélite artificial es un objeto que ha sido intencionalmente puesto en órbita alrededor de un planeta u otro cuerpo celestial [6]. Dicho de otra manera, un satélite artificial de comunicaciones es un aparato repetidor de comunicaciones de uso espacial elaborado mediante un proceso de diseño, construcción, y transporte a su órbita final de operación [7].

El primer satélite artificial puesto en órbita fue por la Unión Soviética el 4 de octubre de 1957 y fue llamado *Sputnik I* el cual era aproximadamente del tamaño de una pelota de playa (58 centímetros de diámetro); sin embargo, pesaba alrededor de 83 kg. El lanzamiento de este satélite condujo directamente a la creación de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (*NASA* por sus siglas en inglés) [8] en los Estados Unidos de América. Sin embargo, en México el desarrollo de tecnología espacial inició en 1962 con la creación de la Comisión Nacional del Espacio Exterior (*CNEE*), la cual realizó los cohetes MITL 1 y experimentó con el desarrollo de cohetes pequeños hasta 1977, cuando el entonces presidente de la república, el Lic. José López Portillo ordenó su disolución por las secuelas de la crisis petrolera del año 1973 [9].

El desarrollo de satélites pequeños en México inició en 1992 con el micro satélite *SATEX-1*, el cual fue desarrollado por varias instituciones mexicanas, como lo son el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (*CICESE*), el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (*CINVESTAV*) del Instituto Politécnico Nacional (*IPN*), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (*IIE*), el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (*INAOE*), el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (*II-UNAM*), la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (*BUAP*), y la Escuela Superior de Ingeniería, Mecánica y Eléctrica (*ESIME*) unidades Zacatenco y Ticomán del *IPN*. El proyecto fue financiado por el ya extinto “Instituto Mexicano de Comunicaciones”.

El proyecto *SATEX-1*, llegó a la etapa de integración y pruebas; sin embargo, su desarrollo se detuvo principalmente por el cambio de moneda registrado en esos años; sin duda alguna el proyecto *SATEX-1* sentó las bases para un posterior desarrollo satelital y esto se ve reflejado en que los participantes del proyecto actualmente siguen colaborando en el desarrollo de tecnología aeroespacial.

A su vez, el proyecto SATEX-1 fue ejemplo de la importancia de que el país sea económicamente estable para poder realizar proyectos grandes o ambiciosos en el área aeroespacial.

1.2 Planteamiento del problema

Se desconoce que en la literatura exista documentación para la planeación y el desarrollo de un nano-satélite CubeSat de 3 unidades desde el punto de vista de la Ingeniería Industrial. De igual manera, se desconoce la existencia de un modelo de estimación de recursos, perfiles de puestos para cada subsistema, análisis de modos y efectos de fallas potenciales que sirvan como referencia para futuros proyectos de CubeSat.

1.3 Preguntas de investigación

- ¿Cómo se encuentra la industria aeroespacial en México?
- ¿Qué son los nano-satélites y los CubeSat?
- ¿En cuánto tiempo se puede hacer un nano-satélite de 3 unidades?
- ¿Qué recursos varios se necesitan para hacer un nano-satélite de 3 unidades?
- ¿Cuáles son los principales proveedores para la realización de un nano-satélite de 3 unidades?
- ¿Cuánto cuesta hacer un nano-satélite de 3 unidades?
- ¿Qué problemas pueden surgir en la realización de un nano-satélite de 3 unidades?
- ¿Qué le da el valor a un nano-satélite CubeSat?
- ¿Por qué es necesario planear el desarrollo de un nano-satélite CubeSat de 3 unidades?

1.4 Hipótesis

Generar documentación sobre la planeación y desarrollo de un nano-satelite CubeSat de 3 unidades desde el punto de vista de la Ingeniería Industrial facilitará el desarrollo de proyectos satelitales mexicanos. De igual forma, describir los recursos (materiales, económicos y humanos) y las fallas, causas y efectos potenciales durante el desarrollo de un nano-satélite CubeSat de 3 unidades, puede facilitar el correcto acercamiento de las instituciones académicas e industriales al desarrollo de tecnología espacial.

1.5 Objetivo general

Documentar la aplicación de las herramientas de la Ingeniería Industrial en la planeación y desarrollo de un nano-satélite CubeSat de 3 unidades.

1.6 Objetivos específicos

- Proponer un diagrama de *Gantt* desde la etapa de planeación y capacitación de personal hasta la finalización del nano-satélite CubeSat de 3 unidades.
- Proponer los recursos humanos necesarios para la elaboración de un nano-satélite CubeSat.
- Proponer los perfiles de puestos para el personal.
- Búsqueda de principales proveedores.
- Estimación de costos de materiales y mano de obra.
- Realizar diagrama de Ishikawa para conocer las posibles causas de fallas.
- Realizar el análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF).
- Realizar la cadena de valor de un nano-satélite CubeSat.

1.7 Delimitaciones

Se aplicarán únicamente las siguientes herramientas de ingeniería industrial: Análisis de Modos y Efectos de Fallas potenciales (AMEF), diagrama Ishikawa, cadena de valor, gráfico de *GANTT*, estimación de costos y perfil de puestos, ya que se consideran de gran relevancia para la planeación y desarrollo de un nano-satélite del tipo CubeSat de 3 unidades.

1.8 Limitaciones

La falta de documentación de carácter público es la principal limitación que se tiene para la realización de esta tesis.

1.9 Justificación

Se considera que la realización de esta tesis es de suma importancia ya que será útil para las personas, empresas e instituciones que quieran involucrarse con el desarrollo de tecnología aeroespacial, proyectos de nano-satélites o simplemente quieran tener conocimientos básicos del tema. Además, servirá como medio informativo para la comunidad ya que en la actualidad aún existen personas que no tienen idea de lo mucho que puede aportar la tecnología espacial al desarrollo de un país.

1.10 Metodología

A continuación, se describe la metodología que se siguió para cumplir con los objetivos de esta tesis.

Primeramente, se realizó una investigación general del sector aeroespacial y del área de interés que en este caso es los nano-satélites de 3 unidades tipo CubeSat, seguido a esto se comenzó a investigar más sobre temas específicos para tener mayor familiarización en el área.

Enseguida se determinó que la metodología a seguir para esta tesis sería exploratoria y descriptiva, basándose en su mayoría en la realización de búsquedas bibliográficas y la utilización de aplicaciones de software tales como: *Dia V. 0.97.2*, *Microsoft Office 365* y *Gantt Project*, para la realización de los gráficos necesarios en la planeación y desarrollo de un nano-satélite CubeSat de 3 unidades.

1.11 Organización de la tesis

Se determinó que para poder entender la importancia de esta tesis es necesario tener nociones de los temas a tratar, por lo tanto, esta tesis se encuentra organizada de manera que el lector pueda familiarizarse con las herramientas de la ingeniería industrial y su aplicación en la tecnología espacial.

A continuación, se muestra un breve resumen del contenido de cada capítulo.

En el *capítulo 2* se mencionan las herramientas de la ingeniería industrial más conocidas y se describen detalladamente las que fueron aplicadas en la planeación y desarrollo de un nano-satélite CubeSat de 3 unidades, las cuales son: Análisis de Modos y Efectos de Fallas potenciales, Diagrama de Ishikawa, Cadena de valor, Gráfico de *Gantt*, Estimación de costos y Perfil de puestos.

Para complementar esta tesis, en el *capítulo 3* se encuentran conceptos básicos de los nano-satélites como las clasificaciones en las que se divide el estándar CubeSat, los subsistemas que componen un CubeSat, información detallada de los CubeSat desde sus primeras apariciones hasta lo que son hoy en día, y el tipo de pruebas a las que se deben someter.

En el *capítulo 4* se muestran los resultados obtenidos con la implementación de las herramientas de la ingeniería industrial a través de la determinación de áreas y personal, diagrama Ishikawa, análisis de modos y efectos de fallas potenciales, cadena de valor, gráfico de *Gantt* y estimación de costos.

Para dar como concluida esta tesis en el *capítulo 5* se exponen las conclusiones.

Por último, está la sección de anexos en donde se podrán encontrar los perfiles de puestos y la lista detallada de tareas del gráfico de *Gantt* mencionados en el *capítulo 4*.

2 CAPÍTULO: MARCO TEÓRICO

2.1 Herramientas de la Ingeniería Industrial

La ingeniería industrial cuenta con varias herramientas muy útiles que se pueden aplicar en diferentes áreas o proyectos dependiendo del objetivo final. Algunas de las herramientas se mencionan a continuación.

2.1.1 Seis Sigma

Seis Sigma (6σ) representa una métrica porque es una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación, una filosofía de trabajo porque implica el mejoramiento continuo, y una meta al tener un proceso con un nivel de calidad libre de defectos [10].

La metodología Seis Sigma inició en los años ochenta como una estrategia de mercado y de mejoramiento de calidad en la empresa Motorola implementada por el ingeniero Mikel Harry [11]. Desde sus inicios hasta la fecha es una de las metodologías más utilizadas en las industrias.

Dicho de una manera más sencilla, seis sigma es una metodología de resolución de problemas que ayuda a mejorar las operaciones empresariales y organizativas [12]. Esta metodología se encuentra apoyada en una estructura directiva en la que las personas tienen roles y responsabilidades específicas.

Los roles, tomados de las artes marciales que usualmente se conocen dentro de los programas de seis sigma son líder ejecutivo, *Champions* (campeones o patrocinadores), *Master Black belt* (maestro cinta negra), *Green belt* (cinta verde), *Yellow belt* (cinta amarilla) [13]. En la *figura 5* se describen los roles de las personas que los desempeñan.

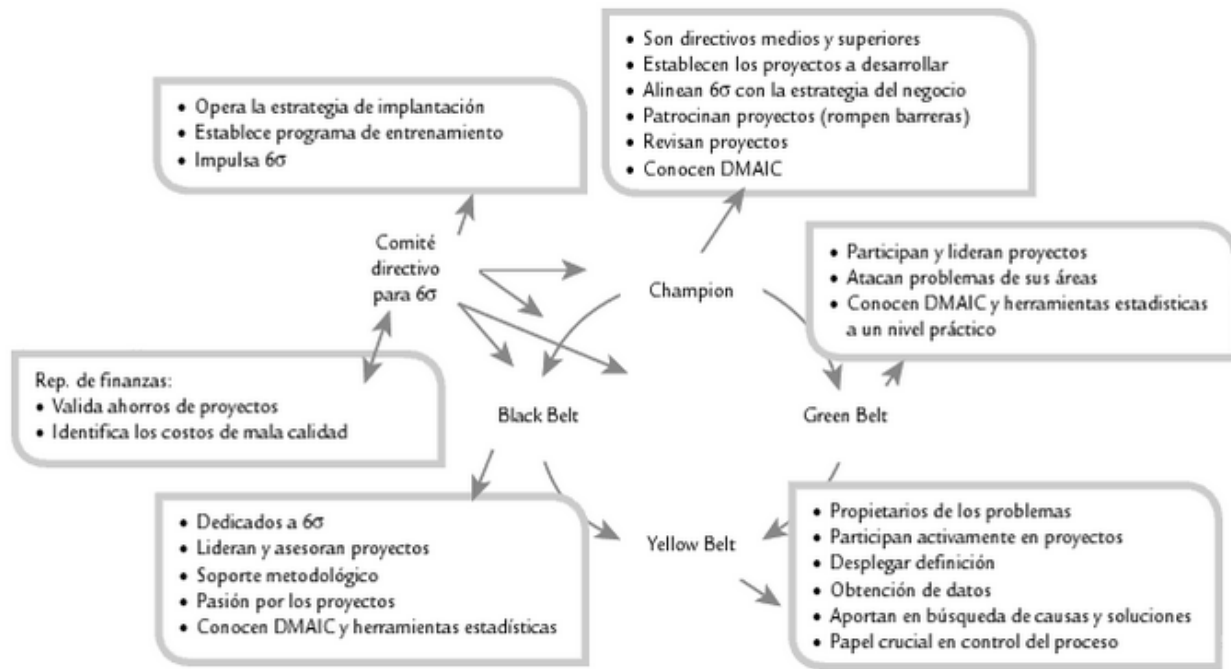


Figura 5 Estructura directiva y técnica de Seis Sigma [13]

2.1.2 Metodología 5S

Esta metodología se basa en un programa de trabajo que consiste en desarrollar actividades de orden/ limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo [14], su objetivo principal es la reducción de desperdicios.

Básicamente es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados por su sencillez y efectividad por lo que es la primera herramienta a implantar en toda empresa que aborde la manufactura esbelta [15]. Las 5S contribuyen directamente entre otras cosas, a la eliminación de las búsquedas y desplazamientos innecesarios y a la reducción de las averías [16], así como también es la base del mantenimiento autónomo.

Las 5S constan de 5 términos que provienen del japonés y son: *Seiri* (selección, organización o clasificación), *Seiton* (orden), *Seiso* (Limpieza/inspección), *Seiketsu* (Estandarización o normalización), *Shitsuke* (Autodisciplina/cumplimiento). En la figura 6 se describen cada una de ellas de manera breve.

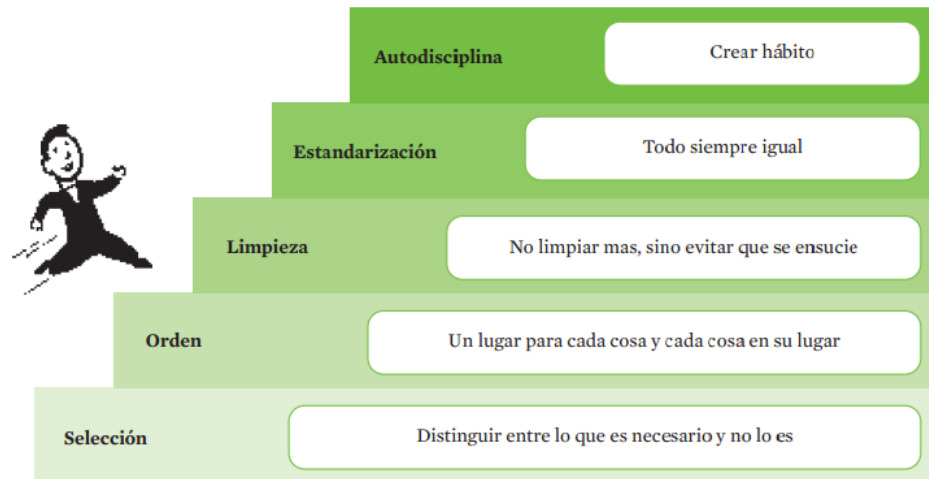


Figura 6 Las 5S [15]

El desarrollo de las 5S tiene varios efectos, es motivante porque permite conocer la situación en la que se encuentra el proceso y cual sería después de aplicarlas, también transforma al equipo de trabajo y al operador hasta llevarlos a su estado ideal de trabajo. En la *figura 7* se muestran los efectos mencionados anteriormente.

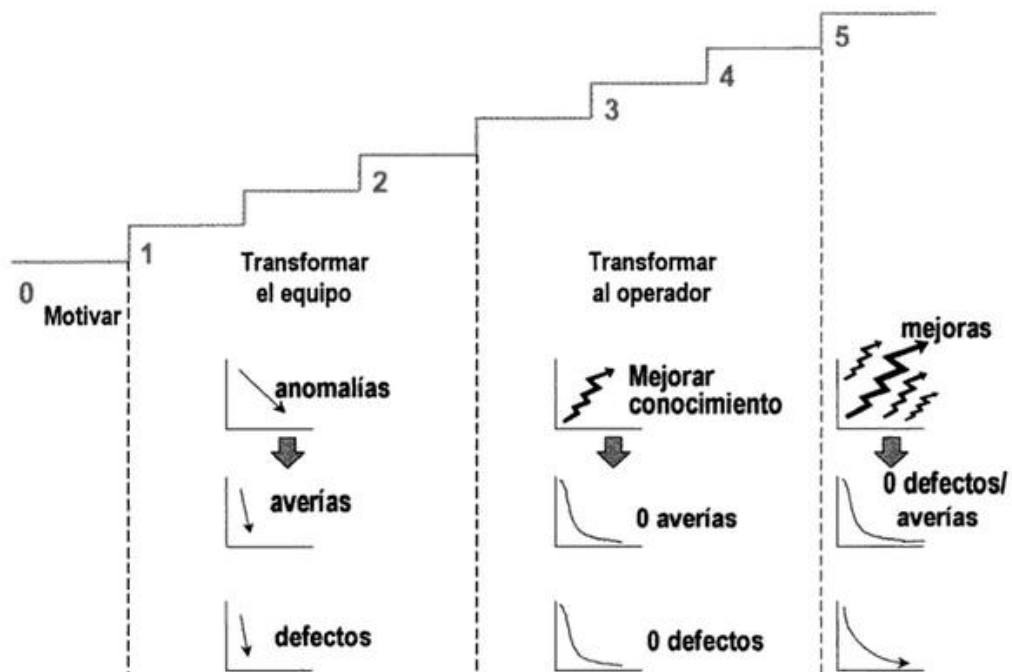


Figura 7 Efectos de las 5'S[14]

2.1.3 Kanban

La expresión *Kanban* viene del japonés y significa "tarjeta" o "registro visible" y se refiere a las tarjetas que se utilizan para controlar el flujo de la producción en la fábrica [17]. Este sistema fue desarrollado por *Toyota Motor Company* a principios de los años sesenta.

El *Kanban* se conoce como un sistema de transmisión de órdenes de producción y ordenes de recogida de materiales y productos de los proveedores y líneas de producción correspondientes dentro de un proceso productivo, en la clase, cantidad y momento que se precisan [18]. Este sistema es muy sencillo y se utiliza para la realización de inventarios, sin embargo, su fin es ayudar a reducir los tiempos de entrega y el trabajo en los procesos.

Cuando se implementa un sistema *Kanban*, normalmente se acompaña de reglas de trabajo para incrementar el nivel de eficiencia del proceso de producción [19]. El sistema *Kanban* actualmente es muy utilizado por muchos fabricantes sin apoyarse en la informática y se divide en *Kanban* de producción el cual se mueve dentro del mismo puesto de trabajo y funciona como orden de fabricación y en *Kanban* de transporte que es una señal mediante la cual se lanza una orden de transporte [15]. En la *figura 8* se muestra un ejemplo de una tarjeta *Kanban* de producción.

KANBAN DE PRODUCCIÓN			
REFERENCIA	30312 AM	CAJA	D-5
DENOMINACION	Eje principal	CANTIDAD	40
CENTRO DE PRODUCCIÓN		SUPERMERCADO/RACK	
Célula A5		SUP 1 / M-5	

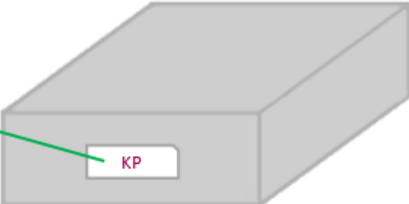


Figura 8 Kanban de producción

2.1.4 SMED

El SMED fue desarrollado y difundido por Shigeo Shingo un ingeniero industrial japonés, dentro de la empresa *Toyota* [20]. Nació durante un período de diecinueve años como resultado de examinar de cerca aspectos teóricos y prácticos de la mejora en la configuración de sistemas [21]. En la gestión de la producción, el SMED es acrónimo de *Single Minute Exchange of Die*, que significa efectuar el cambio de herramienta a un solo minuto. Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos [22]. En la *figura 9* se muestran los pasos a seguir de la metodología SMED.

Entre los beneficios del sistema SMED se encuentran la reducción del tamaño en lotes, producción e inventario, flexibilidad para que la empresa se adapte a la demanda, aumento de la tasa de utilización del equipo, permitir que la fabricación y el plazo de entrega sean muy cortos y cuando se trabaja con lotes más pequeños, los problemas de calidad se detectan rápidamente y afectan a menos piezas [23].

La adopción del SMED produce un incremento notable de la productividad y la posibilidad de tener lotes pequeños de producción para así mejorar el servicio a los clientes [20]. Hoy en día es muy importante minimizar la duración de los cambios de herramientas en las máquinas para poder tener un mayor tiempo de producción por lo que el SMED sigue siendo muy utilizado.

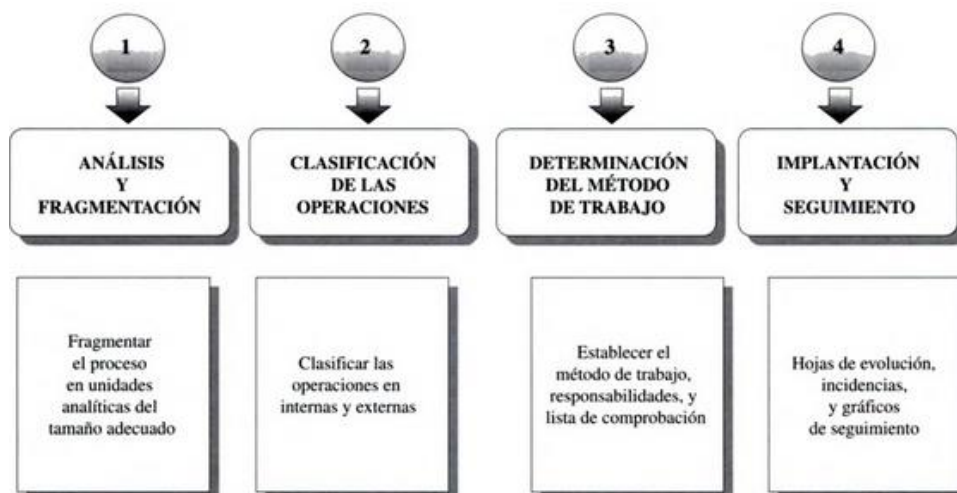


Figura 9 Metodología SMED [24]

2.1.5 Kaizen

La palabra *Kaizen* significa “cambio para mejorar”, de manera que no se trata solamente de un programa de reducción de costos, sino que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, lo que se conoce comúnmente como “mejora continua” [15]. *Kaizen* es sinónimo de guerra santa a la ineptitud, los descuidos, las improvisaciones, los errores y descuidos [24] por lo que utilizando esta metodología se llegará a un excelente grado de calidad.

Mayormente se conoce al *Kaizen* como un método de mejora continua aplicable en una cadena de producción [25]. Cabe mencionar que para el *Kaizen* tener un problema es una oportunidad de mejora, ya que cualquier problema se encuentra asociado a una solución eficaz que lo neutraliza [24].

El primer lema de la manufactura esbelta y por lo tanto también del *Kaizen* es utilizar la creatividad, la experiencia, las habilidades, el conocimiento y la innovación en la gente primero, antes de buscar las soluciones basadas en los gastos de capital, alta tecnología y maquinaria costosa entre otros [26].

En el *Kaizen* es común utilizar las lluvias de ideas, para que todos los miembros del equipo puedan aportar información útil que ayude a la toma de decisiones para la implementación de la mejora continua. Al igual que otras herramientas ya mencionadas, el *Kaizen* fue utilizado en la empresa *Toyota* y le ayudó a posicionarse como un líder global año tras año, incrementado su productividad y por lo tanto su mercado.

Las bases del *Kaizen* se basan en el conocimiento, la disciplina, la estandarización y el método aplicado, de esto depende en gran medida que se pueda lograr la mejora continua en el proceso.

2.2 Herramientas utilizadas

A continuación se describen las herramientas que fueron utilizadas para la realización de esta tesis, se decidió utilizar estas herramientas debido a que son muy prácticas, funcionales y su uso no se limita solamente a las líneas de producción, además son herramientas que pueden ser entendidas fácilmente por personas que no están directamente involucradas en el área de la ingeniería industrial como lo son los ingenieros en electrónica, de los cuales se requirió apoyo por su gran conocimiento en el área de la tecnología espacial.

2.2.1 Análisis de Modos y Efectos de Fallas potenciales (AMEF)

El AMEF es una metodología analítica utilizada para asegurar que problemas potenciales se han considerado a través de un proceso [27]. El AMEF puede ser aplicado tanto en áreas de manufactura como en administrativas. Por otra parte, tenemos que la técnica del AMEF se desarrolló en el ámbito aeroespacial y de defensa [28], aunque actualmente es más utilizado en la industria automotriz, se considera como una herramienta sistemática y analítica de planificación de la calidad para identificar lo que potencialmente podría salir mal.

Entre las ventajas del AMEF tenemos que es sumamente económico ya que se centra en ir directamente a las fallas importantes requiriendo solamente de 1 a 2 analistas, su documentación es sumamente sencilla [29], identifica las medidas correctoras y las acciones requeridas para eliminar las fallas y controlar el riesgo asociado, y por si fuera poco optimiza las etapas de proceso y diseño en cuanto a seguridad y economía [30].

La tabla del AMEF consta de tres secciones similares: situación actual, situación propuesta y resultados de aplicación del sistema propuesto. En la primera parte se identifican las áreas de posibles fallas, después se consideran las soluciones potenciales y los resultados esperados de la solución, finalmente una vez que las soluciones potenciales se aplican, los resultados reales de la solución se registran [31].

De manera resumida el AMEF tiene como propósitos:

- 1 Reconocer y evaluar las fallas potenciales de un producto o proceso, y los efectos de dichas fallas.
- 2 Identificar acciones que podrían eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran fallas potenciales.
- 3 Documentar todo el proceso.

Así mismo entre las características del AMEF se encuentran minimizar la probabilidad de una falla o minimizar el efecto de la falla, es un proceso sin fin y es una manera de documentar el diseño del proceso[10]. Actualmente el AMEF se utiliza tanto en el diseño de nueva tecnología y/o procesos como en modificaciones a diseños o procesos existentes. El AMEF es probablemente la técnica más extendida para analizar los riesgos de falla en componentes electrónicos y mecánicos [32].

2.2.2 Diagrama Ishikawa

El diagrama de Ishikawa fue inventado por el ingeniero químico Kaoru Ishikawa (1915-1989) y señaló que este diagrama puede ser utilizado como herramienta de análisis en la gestión de proyectos y en la búsqueda de calidad [33].

Este diagrama puede ser llamado como diagrama de Ishikawa, diagrama de espina de pescado o diagrama de causa - efecto y representa de forma visual la relación entre la administración y la ingeniería, ya que muestra de manera esquemática las posibles causas de un problema.

Para identificar fácilmente las fuentes de variación, las causas suelen agruparse en 6 categorías:

1. Personas: cualquier persona involucrada.
2. Métodos: cómo se realiza el proceso y los requisitos específicos.
3. Máquinas: cualquier equipo/herramienta utilizada.
4. Materiales: materias primas utilizadas para producir.
5. Mediciones: datos generados a partir del proceso que se utilizan para evaluar su calidad.
6. Medio ambiente: condiciones en las que opera el proceso, ya sean cultura, ubicación o clima.

Estos diagramas se usan para ayudar al análisis de problemas y la determinación de sus causas, proporcionando una metodología en la que se puedan incluir todas las consideraciones posibles y aunque se ve ligeramente diferente por la forma que toma el diagrama es muy similar al mapa mental donde se agrupan todas las ideas recabadas de una lluvia de ideas [34]. En la *figura 10* se muestra cómo se estructura el diagrama Ishikawa.

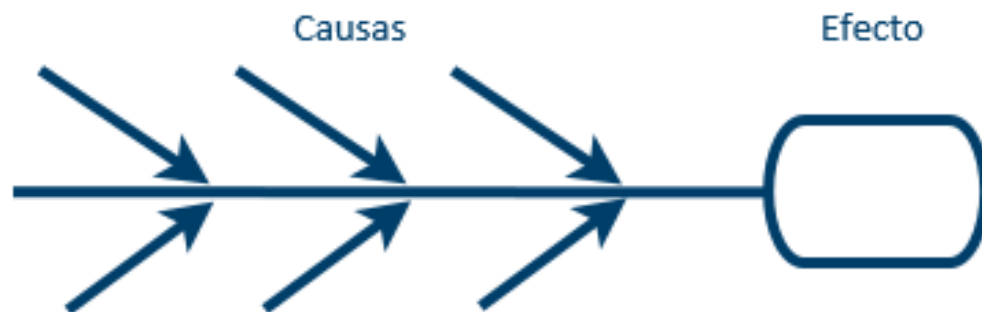


Figura 10 Estructura del diagrama Ishikawa.

Las ventajas del diagrama de Ishikawa es que es un instrumento muy útil para definir los problemas ya que busca de manera exhaustiva las diversas causas que lo provoca, está diseñado para facilitar su comprensión sin embargo su desventaja es que requiere de mayor tiempo para su análisis.

2.2.3 Cadena de valor

El término "cadena de valor" fue utilizado por primera vez por Michael Porter, un profesor de negocios en la universidad de Harvard y en general, se refiere a las actividades realizadas dentro y alrededor de una organización para mejorar y aumentar la competitividad del mercado de la organización [35].

Una cadena de valor puede describirse como un conjunto de eslabones que representan todos los procesos que se llevan a cabo para proporcionar al consumidor un producto y/o un servicio de calidad.

En otras palabras una cadena de valor es el conjunto de actividades que se utilizan para diseñar, producir, comercializar, entregar y darle servicio al producto [36]. Una cadena de valor exitosa requiere de colaboración y cooperación para crear mayor valor al consumidor [37]. Para poder satisfacer las necesidades de los clientes, la cadena de valor debe ser sumamente flexible desde la forma de desarrollar los productos, fabricación y logística [38]. La cadena de valor proporciona un modelo de aplicación general que permite representar de manera sistemática las actividades de cualquier organización [39] dicho de otra manera estudia las actividades específicas que aportan valor a un servicio o producto, dividiéndolas en actividades primarias y de apoyo.

Cualquier empresa, asociación, o institución que cree valor y quiera mejorar su competitividad puede lograrlo haciendo uso de la cadena de valor ya que se considera una herramienta muy valiosa en la gestión estratégica debido a que trabaja en el posicionamiento de un producto o servicios en el mercado [40].

Las cadenas de valor abarcan los vínculos internos que son entre los procesos centrales de una empresa, sus procesos auxiliares y externos que son los procesos de los clientes y proveedores de cualquier empresa, asociación o institución La estrategia de operaciones y prioridades competitivas guían las decisiones relacionadas con la cadena de valor ya que cada actividad en un proceso debe agregar valor a las actividades precedentes [41].

2.2.4 Gráfico de GANTT

El gráfico de Gantt también es conocido como gráfico de barras y es una herramienta muy conocida y utilizada en las técnicas de planificación y programación debido a su simplicidad, fue desarrollado por Henry L. Gantt un pionero en el campo de la gestión científica a principios del siglo XX [42] [43].

Este gráfico es muy popular ya que presenta una imagen clara y fácil de entender en un horizonte a escala de tiempo, se utilizan durante la planificación, la programación de recursos y el informe de estado. Asimismo los gráficos de Gantt ofrecen una visión general clara del proyecto y se pueden encontrar a menudo en las paredes de las oficinas del proyecto [44].

En un gráfico de Gantt las actividades del proyecto se muestran en forma de barras horizontales cuyas longitudes son proporcionales a las duraciones de las actividades (*ver figura 11*); estas actividades están conectadas a actividades predecesoras y sucesoras con flechas, igualmente en este gráfico se muestra el progreso planeado y real de las tareas mostradas [43].

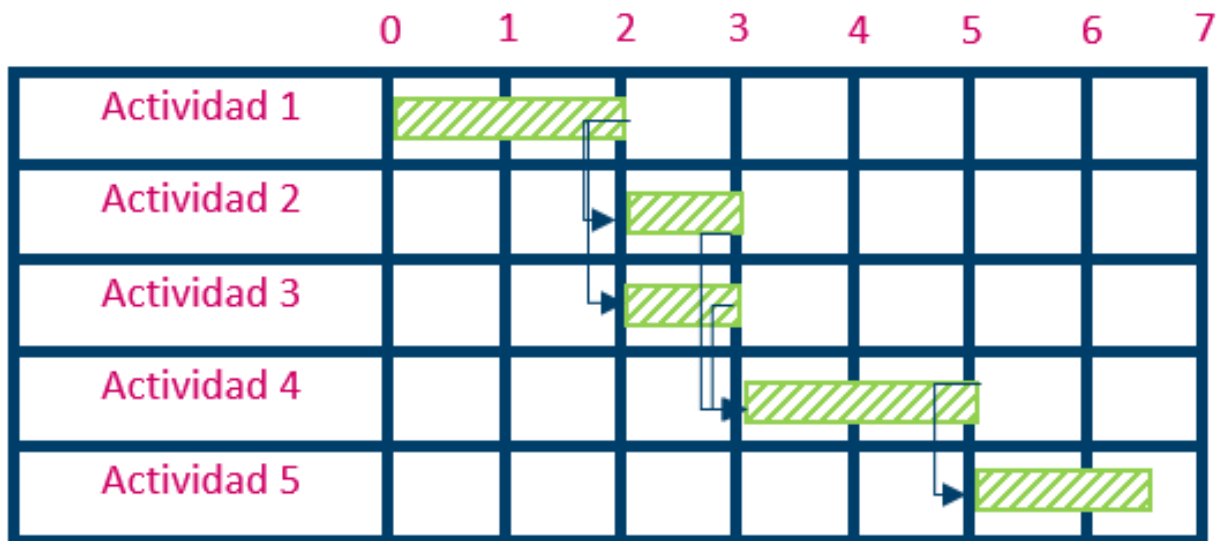


Figura 11 Ejemplo de gráfico de Gantt.

2.2.5 Estimación de costos

La estimación de costos implica desarrollar una aproximación de los costos de los recursos necesarios para completar cada actividad del cronograma [45]. Es una herramienta muy valiosa en la gestión de proyectos ya que permite hacer por medio de datos de costos históricos predicciones de costos o pronósticos más exactos sobre los costos futuros de un proyecto, producto o servicio. Una buena predicción de costos ayuda a tener una planificación más informada y a tomar mejores decisiones para llegar al fin deseado.

El término “estimación de costos” se utiliza para describir el proceso mediante el cual se pronostican las consecuencias presentes y futuras. En las estimaciones de costos existe una dificultad inicial y es que la mayoría de los proyectos son originales y relativamente únicos, por lo tanto, no existen datos históricos

exactos que pudieran utilizarse. Sin embargo, es posible desarrollar datos con base en resultados de proyectos pasados que tengan relación con lo que se está estimando y ajustar los datos conforme a los requerimientos y condiciones del nuevo proyecto [46].

Para tener una estimación de costos más cercana a la realidad, es importante tomar en cuenta todos los factores involucrados en el proyecto, desde los recursos humanos, recursos materiales, hasta los recursos económicos, además de contar con la participación de todo el personal involucrado en la planificación del proyecto. De igual manera debe quedar claro que una estimación de costos puede ser tan variable como el tipo de moneda con la que se haga, de modo que no debe considerarse el costo total de la estimación de costos como el costo total exacto del proyecto.

2.2.6 Perfil de puesto

La gestión de los recursos humanos del proyecto incluye los procesos que organizan y dirigen el equipo del proyecto. Este equipo está conformado por las personas a quienes se les asignó roles y responsabilidades para lograr el fin deseado [45]. Un perfil de puestos contiene la descripción de las tareas, obligaciones y responsabilidades del puesto, así como las aptitudes que debe tener el postulante. En la *figura 12* se puede observar un ejemplo muy general de un perfil de puesto. Concretamente el perfil de puestos se concentra en cuatro tipos de requisitos que se aplican a cualquier tipo o nivel de puesto: requisitos intelectuales, requisitos físicos, responsabilidades que adquiere y condiciones de trabajo [47].

ALFA, S.A.

Descripción genérica: Redactar en español, mecanografiar en inglés y español, organizar reuniones, coordinar visitas y actualizar archivos.

Descripción del puesto

- Recibir, clasificar y distribuir correspondencia (enviar a destinatario), expedientes, informes y documentos anotando su devolución y archivándolos.
- Preparar correspondencia y textos en español.
- Devolver documentos y asuntos básicos recibidos, con fines de correspondencia y compilación de informes.
- Organizar y actualizar archivos de documentos y cartas por lo general confidenciales, así como registros en los que se determine su localización, cuando sea necesario y comunicar compromisos al superior.
- Prever oportunamente necesidades básicas como material de oficina, servicios generales, facilidades, requisiciones, pedidos; ocuparse del mantenimiento, actuar en encargos que constituyan detalles de la tarea del superior.
- Realizar a criterio de su superior, otras tareas relacionadas.

ANÁLISIS DEL PUESTO**Requisitos intelectuales**

- Escolaridad indispensable: Secundaria. Secretariado o equivalente.
- Experiencia: 6 a 12 meses de experiencia en taquigrafía y conocimiento de las normas y funciones de la empresa.
- Aptitudes adicionales: Excelente presentación y amabilidad; discreción y responsabilidad; buena redacción, fluidez oral; memoria para asociar nombres, hechos y fisionomías; capacidad de síntesis y desarrollo; coordinación mental y excelente razonamiento abstracto; noción de tiempo y habilidad para prever y para adaptarse a nuevas situaciones.

Responsabilidades

- Relaciones: se requiere extremada discreción en asuntos confidenciales y tacto para obtener cooperación; trabajo cuando la frecuencia de relaciones es amplia.

Condiciones de trabajo

- Ambiente de trabajo: normal de oficina; trabajo en oficinas corporativas.

Figura 12 Ejemplo de perfil de puesto [47]

3 CAPÍTULO: NANO-SATÉLITES

Los primeros satélites occidentales eran pequeños, sin embargo, la necesidad de tener satélites cada vez más grandes, capaces y más complejos llevó a una mayor producción de satélites; esto se fue limitando por las capacidades de los lanzadores disponibles, así como la economía y la infraestructura tecnológica de cada país, ya que cada vez se requería una mayor base tecnológica altamente desarrollada con grandes inversiones. A su vez esto provocó que en sus inicios solamente algunas naciones tuvieran acceso al espacio [48]. Con el avance de la tecnología espacial alrededor de los años setenta, se fueron desarrollando componentes muy pequeños con poca masa y una mínima potencia eléctrica, lo cual llevó a la aparición de los satélites pequeños (satélites de dimensiones pequeñas, bajo peso y bajo costo).

3.1 Clasificación de los satélites pequeños

Los satélites pequeños pueden clasificarse de varias maneras sin embargo lo más común es clasificarlos por su peso. Esta clasificación fue hecha por el Centro Espacial de Surrey en la Universidad de Surrey, Inglaterra [49]. Como se puede observar en la *Figura 13* los satélites que tienen un peso entre uno y diez kilogramos se les llama nano-satélites.

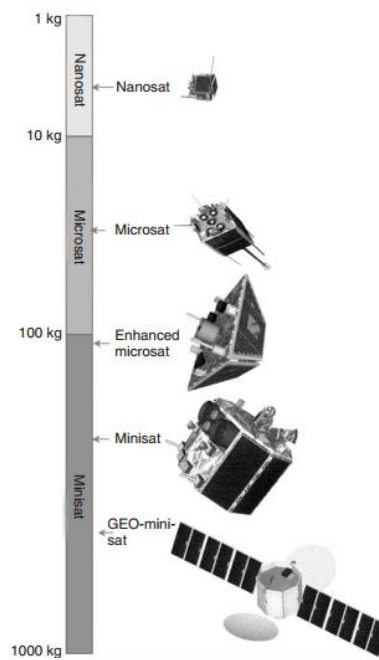


Figura 13 Clasificación de los satélites pequeños [48]

Por otra parte, está la clasificación de los satélites por su funcionalidad (*ver tabla 1*), en las cuales destacan las clasificaciones de reconocimiento, observación terrestre, astronómicos y telecomunicaciones. Asimismo, tenemos la clasificación por el tipo de órbita (*ver tabla 2*) en la que estarán, los nano-satélites suelen estar en órbitas bajas y es por esto que tienen una vida útil corta, ya que al orbitar pierden velocidad por los efectos de fricción con las capas superiores de la atmósfera [7] y en consecuencia se salen de su órbita.

Tabla 1 Clasificación de los satélites por su funcionalidad.

Clasificación	Funcionalidad
Reconocimiento	Utilizados con propósitos militares o de inteligencia.
Observación terrestre	Fines meteorológicos o cartográficos.
Astronómicos	Observación del espacio, planetas y estrellas.
Telecomunicaciones	Servicios de televisión satelital y comunicaciones.

Tabla 2 Clasificación de los satélites por su órbita.

Órbita	Altura orbital
Órbitas bajas (LEO por sus siglas en inglés)	300 - 1,700 km.
Órbitas medias (MEO por sus siglas en inglés)	18,000 - 24,000 km.
Órbitas geoestacionarias (GEO por sus siglas en inglés)	36,000 km.

La misión espacial es el objetivo con el cual es lanzado el nano-satélite. En cualquier misión espacial, la órbita es de suma importancia en el desarrollo de la misma. La órbita es la trayectoria que seguirá el CubeSat una vez puesto en el espacio. Las órbitas pueden ser bajas, medias o altas, y de baja o alta inclinación, todo depende de las características de la misión [50].

3.2 Estándar CubeSat

Dentro de la clasificación de los nano-satélites se encuentran los CubeSat (*ver figura 14*), quienes hacen sus primeras apariciones después de la creación del estándar CubeSat. Este estándar fue creado en la Universidad Estatal Politécnica de California (CalPoly) en San Luis Obispo y por la Universidad de Stanford en 1999 por el profesor Jordi Puig-Suari (CalPoly) y el profesor Robert Twiggs (Stanford) [51] para facilitar a los estudiantes universitarios el acceso al espacio [52].

El estándar CubeSat da a conocer todas las especificaciones de diseño necesarias para poder realizar un CubeSat y dice que éste es un nano-satélite de 1 unidad con forma cúbica, donde sus dimensiones son de 10x10x10cm y su peso no excede de 1.33 kg. Sin embargo, tienen la posibilidad de escalarse hasta 6 unidades.

Estados Unidos, Rusia, Japón y China, han sido los principales países que desarrollan y ponen satélites en órbita. Gracias al estándar CubeSat se ha globalizado el diseño y construcción de satélites [53]. Los CubeSat son de un costo relativamente bajo en la industria aeroespacial, esto permite que universidades y centros de investigación los puedan realizar, por lo tanto, conforme pasan los años, estos van tomando un papel cada vez más importante en el área de la investigación.

Por otra parte, el estándar CubeSat también hace referencia al *Poly Picosatellite Orbital Deployer (P-POD)* (*ver figura 15*) desarrollado también por el CalPoly, éste es un sistema de despliegue para CubeSat, que se encuentra entre el vehículo de lanzamiento y el CubeSat. El *P-POD* se encarga de almacenar a los CubeSat durante el lanzamiento, para así asegurar que no se dañarán sus subsistemas durante el despliegue.

El diseño del *P-POD* es demasiado simple, consiste en una caja rectangular de aluminio con una puerta en una de sus caras, por donde son introducidos y expulsados los nano-satélites, esto es, gracias a un resorte que se tiene adentro del *P-POD* en su cara inferior.

Los CubeSat se sujetan con unos rieles que forman parte del *P-POD* y permiten que estos se deslicen de manera fácil al momento del lanzamiento. Las dimensiones del *P-POD* son de 10x10x34cm, las ideales para almacenar un CubeSat de 3U o bien uno de 1U y otro de 2U.

Existen otros tipos de *P-POD* que permiten el almacenamiento hasta de 6 CubeSat de 1U o bien 2 CubeSat de 3U. Cabe mencionar que el *P-POD* deberá ser elaborado con aluminio 7075-T73, aluminio 6061 o aluminio 5052; mismo material con el cual deberá ser elaborada la estructura del nano-satélite.

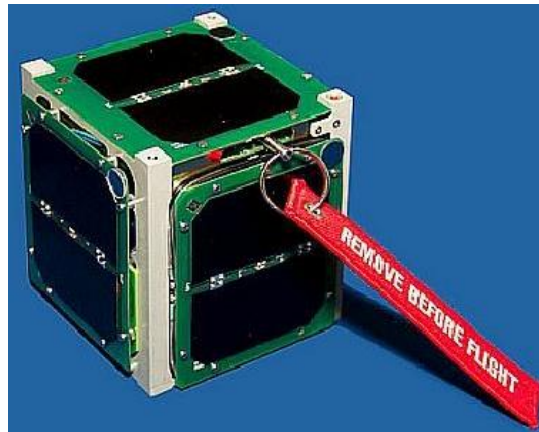


Figura 14 Nano-satélite CubeSat [54]

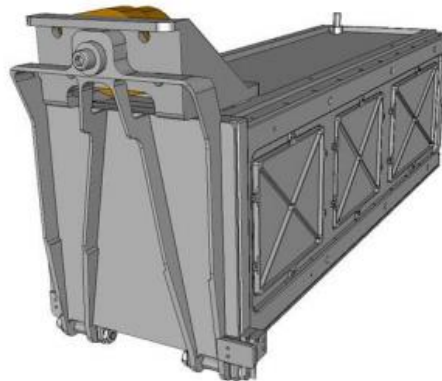


Figura 15 Modelo 3D de *P-POD* [51]

3.3 Subsistemas de un CubeSat

Un CubeSat es un nano-satélite al que podemos ver como un sistema que a su vez está compuesto por varios subsistemas, los cuales son:

- Estructura
- Energía
- Telemetría y Comando
- Control de posición y estabilización
- Carga útil
- Computadora a bordo

3.3.1 Estructura

La estructura es el armazón que protege a toda la carga útil del CubeSat y generalmente en sus caras se colocan los paneles solares. Deberá cumplir con los estándares necesarios para su diseño y/o elaboración y podrá ser elaborada o adquirida con un proveedor, siempre y cuando sea hecha con materiales como el aluminio 7075-t73, puesto que este es el aluminio preferentemente utilizado por la industria aeroespacial por su gran dureza y peso ligero, o bien en combinación con el aluminio 6061, 5005 y/o 5052.

Este subsistema puede ser de las siguientes dimensiones: 1U, 1.5U, 2U, 3U, tomando en cuenta que cada unidad deberá ser de 10cm x 10cm x 10cm. La estructura debe tener cuatro pilares en las caras superior e inferior con una altura aproximada de 7mm para dar un margen de separación entre los CubeSat, así como también deberá tener una separación de 8.5mm en las caras laterales entre la superficie interior del contenedor y la exterior del CubeSat con la finalidad que este se desplace libremente. Es muy importante que los bordes de los rieles que entran en contacto con el *P-POD* sean redondeados con un radio de 1mm y aluminio anodizado para evitar la fricción que se pueda ocasionar al momento de su colocación.

La estructura debe tener un diseño que le permita resistir a las cargas que se le aplicaran durante su elaboración, etapa de prueba, vida útil y sobre todo durante el lanzamiento del nano-satélite. Comúnmente se utilizan dos tipos de diseños para la estructura de los CubeSat, éstas son de esqueleto (ver figura 16) y sólidas (ver figura 17), en la tabla 3 se muestran las diferencias que tienen entre ellas a manera de ventajas y desventajas.

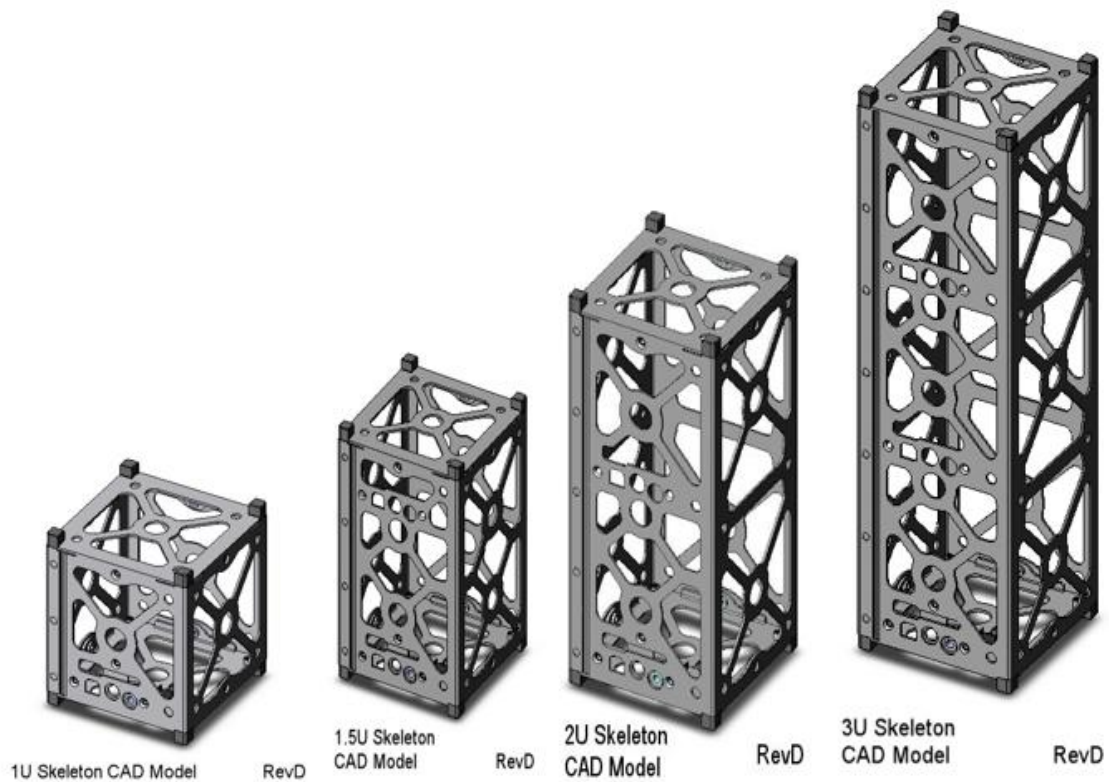


Figura 16 Estructura tipo esqueleto [55]

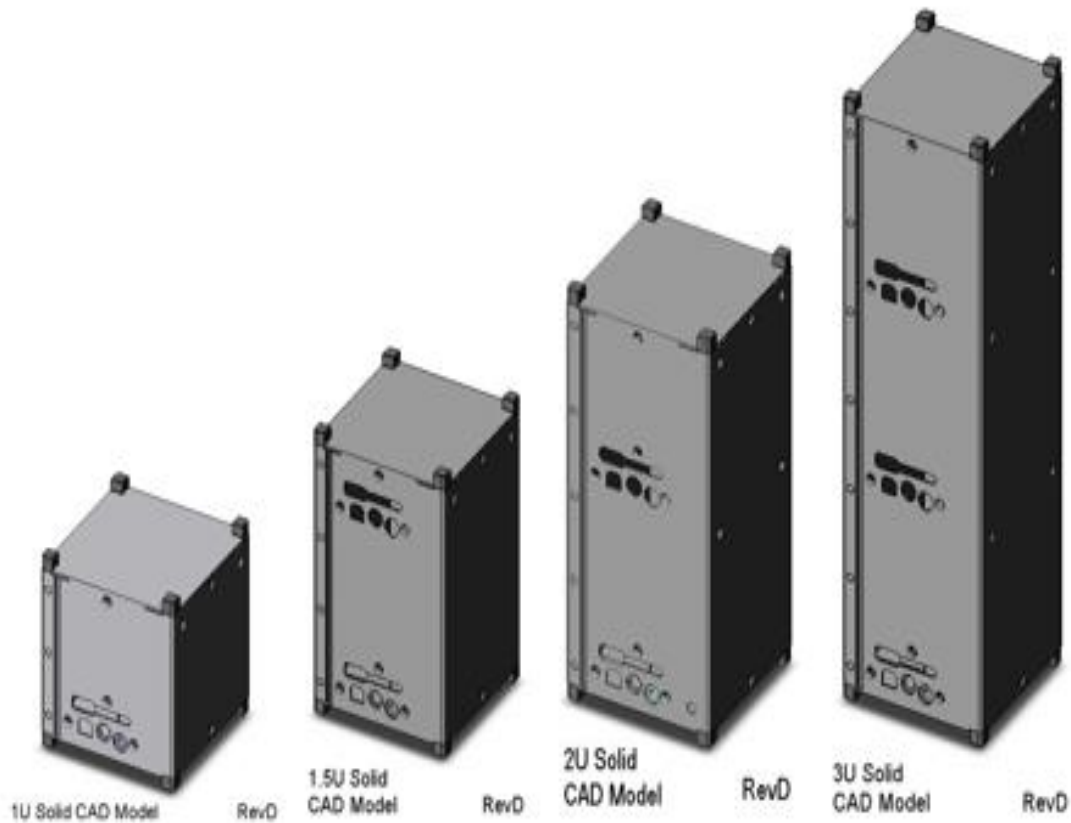


Figura 17 Estructura tipo sólida [55]

Tabla 3 Ventajas y desventajas de las estructuras

	Estructura tipo esqueleto	Estructura tipo sólida
Ventajas	<p>Menor peso</p> <p>Mayor atractivo visual</p> <p>Diseño adaptable</p>	<p>Carga útil más protegida.</p> <p>Blindaje a la carga útil contra la radiación, la vibración y los cambios de temperatura.</p>
Desventajas	<p>Carga útil expuesta y no cuenta con la protección suficiente para la misma.</p>	<p>Mayor peso</p> <p>No se visualizan los subsistemas que conforman el CubeSat.</p>

3.3.2 Energía

El subsistema de energía es el encargado de proveer, almacenar, administrar y distribuir la energía a los circuitos del nano-satélite para que éste pueda funcionar, ya sea por medio de baterías y/o paneles solares, estos últimos convertirán la luz obtenida del sol a energía eléctrica que hará funcionar a todo lo que necesite energía.

El rango de voltajes preferentemente utilizado en este subsistema oscila entre los 3V y 5V, aunque puede haber algunos que sobrepasen estos límites y lleguen hasta los 12V, sin embargo, para mantener el voltaje constante y brindar protección contra cortos circuitos a este subsistema se le integran reguladores de voltaje y limitadores de corriente.

Existe un perno (*pin* en inglés) llamado "*PIN RBF (Remove Before Flight)*" (ver figura 18) que se encarga de suspender toda la energía del satélite, siempre y cuando este insertado en él; cabe mencionar que el *pin RBF* debe ser accesible desde cualquiera de los paneles solares; después de que el nano-satélite sea integrado al *P-POD*, el *pin RBF* deberá ser retirado.

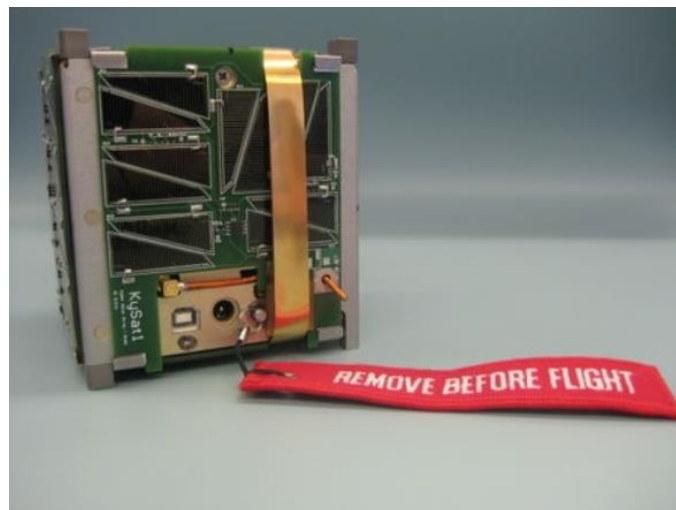


Figura 18 *Pin RBF* [56]

3.3.3 Telemetría y Comando

La Telemetría se encarga de transmitir mediciones de sensores a bordo del nano-satélite a la estación terrena; por otro lado, el subsistema de Comando se encarga de enviar las órdenes remotas desde la estación terrena al nano-satélite. Implica la comunicación remota entre el satélite y la estación terrena, para que pueda cumplir con los objetivos de la misión. Por lo regular trabaja con bandas de frecuencia de radioaficionados en *VHF (Very High Frequency)* para bajar información de telemetría y *UHF (Ultra High Frequency)* para mandar información de comando y control.

Los tipos de codificaciones utilizadas en estos enlaces son la algebraica, *DTMF (Dual Tone Multi-Frequency)* y código Morse, siendo esta última la más importante de todas y, por lo tanto, la más utilizada. Algunos CubeSats transmiten una señal continua de manera periódica de identificación llamada *beacon*, la cual contiene información básica de telemetría para conocer el estado de operación del CubeSat.

Regularmente para emitir el *beacon* se utiliza el código Morse ya que usando esta codificación es más fácil llegar a puntos lejanos con poca potencia, su uso es más simple y el método de recuperación en caso de pérdidas es mucho más fácil.

Los radios de Telemetría y Comando comúnmente utilizados para subir a bordo del satélite son los *UHF uplink/VHF downlink (figura 19)* y *VHF uplink/UHF downlink (figura 20)* de *ISIS*, y el *Helium 100 UHF/VHF (figura 21)* de *AstroDev*, ya que es recomendable adquirirlos por medio de una empresa especializada para evitar tener problemas con los trámites de regulaciones. Estos radios también son llamados transceptores ya que cuentan con un transmisor y receptor que comparten parte del mismo circuito y son preferidos por los radioaficionados, los cuales son personas que están autorizadas para emitir y recibir mensajes radiados privados utilizando bandas de frecuencia jurídicamente establecidas.



Figura 19 *ISIS UHF uplink/VHF downlink Full Duplex Transceiver* [57]



Figura 20 *ISIS VHF uplink/UHF downlink Full Duplex Transceiver* [58]



Figura 21 *Helium 100 UHF/VHF* [59]

3.3.4 Control de posición y estabilización

Este subsistema se encarga de mantener el CubeSat en una posición específica dentro de su posición orbital asignada ya que cuando el CubeSat es liberado en el espacio gira libremente sobre sí mismo, pero para que éste pueda cumplir con su misión es necesario que se encuentre estable y orientado por distintas razones como las siguientes:

- Que las cámaras a bordo del satélite apunten hacia una zona específica.
- Apuntar las antenas hacia la estación terrena.
- Para que los paneles solares apunten al sol (y cargar las baterías).

Para que esto se pueda lograr, se debe determinar y controlar la velocidad angular (medida de la velocidad de rotación) y la orientación del CubeSat con respecto a la Tierra en intervalos regulares de tiempo, así como comunicar la información de estado del módulo al resto del CubeSat. Existen dos tipos de estabilización:

- Pasiva
- Activa

El sistema de estabilización pasiva consta de elementos que no necesitan ser energizados para que funcionen; en este tipo de estabilización se pueden utilizar imanes permanentes en el cuerpo del satélite que al interactuar con el campo magnético de la Tierra adquiere una posición relativa y se alinea con éste. El sistema de estabilización activa contiene elementos que requieren ser energizados, pueden utilizarse motores con ruedas de reacción, bobinas, volantes de inercia y pequeños propulsores.

También puede contener sensores de horizonte los cuales detectan la luz del borde de la atmósfera de la Tierra para realizar un apuntamiento al nadir. Uno de los algoritmos más simples para estabilización es el *B-DOT*, un método que trata de minimizar la derivada del campo magnético medido por los magnetómetros. Este algoritmo frenará la rotación del satélite para evitar que gire fuera de control.

3.3.5 Carga útil

Esta añade complementos al CubeSat para que pueda cumplir con su misión de vuelo, en otras palabras, su objetivo principal. Los componentes de la carga útil pueden ser desde antenas, cámaras fotográficas, cámaras de video, cámaras multi-espectrales hasta radares, repetidores de comunicaciones y distintos dispositivos electrónicos que permitan el desarrollo de la misión del CubeSat, la cual es distinta en cada uno de ellos ya que no todas las misiones tienen el mismo objetivo.

Al momento de realizar la carga útil se deben tener en consideración ciertas especificaciones de la elaboración del CubeSat como lo son:

- Material de las baterías y su capacidad total de almacenamiento.
- Si llevará o no paneles solares, y el área que presenta al Sol.
- Tipo y dimensiones de la estructura.
- Tipo de aislamiento físico, electromagnético y térmico.
- Comportamiento de componentes ante temperaturas extremas (desde -180 hasta 120 grados Celsius).

La carga útil se puede clasificar como carga para demostración tecnológica, micro propulsión, observación de la Tierra y del espacio, detección de sismos, radio amateur, comunicaciones, astrobiología, demostración de dispositivos y componentes satelitales, navegación, misiones militares y climatológicas, entre otras.

3.3.6 Computadora a bordo

Este subsistema es indispensable para el CubeSat ya que se considera como el cerebro de éste. Se encarga de leer los sensores/voltajes, procesar información, interpretar los comandos recibidos y de la comunicación con todos los subsistemas.

La computadora a bordo está relacionada en gran medida con la estación terrena ya que las operaciones del CubeSat solo tendrán éxito mientras estas estén relacionadas entre sí, a través de la manipulación y gestión de datos para el cumplimiento de la misión.

Para que la misión del CubeSat sea exitosa en el espacio, la computadora a bordo debe cumplir con ciertos criterios entre los cuales se destaca el proporcionar eficiencia de cómputo para el propósito de la misión (procesamiento de datos, manejo de datos de cargas útiles) y ser apta para soportar los altos niveles de radiación en el tiempo de cumplimiento de la misión ya que esta radiación impacta sobre el tiempo de vida del CubeSat [50].

3.4 Estación terrena

La estación terrena se encarga de comandar las funciones del CubeSat, monitorear el estado en el que se encuentra y controlar la recepción y transmisión de comandos del subsistema de telemetría. En la estación terrena se encuentran antenas, controladores de antenas, radios de comunicación y la computadora principal para los usuarios del satélite. La estación terrena es la base en donde se realizará todo lo relacionado con el control y comunicación con el CubeSat. Esta cuenta con un subsistema de antenas y otro de recepción y transmisión.

El subsistema de antenas se usa para enviar y recibir señales hacia y desde el CubeSat; las antenas deben poder ajustarse tanto en su dirección, su azimut y su elevación para que puedan estar coordinadas con el nano-satélite. El tamaño de las antenas puede depender de la potencia de transmisión del CubeSat, sin embargo, comúnmente se utilizan antenas que van de los 30 a 50 centímetros de diámetro, pero principalmente depende de la frecuencia de transmisión/recepción de datos. El controlador de antena funciona a través de comandos y es el que orienta las antenas.

El subsistema de recepción y transmisión tiene como objetivo amplificar la señal del enlace de bajada del CubeSat y trasladarla a una frecuencia intermedia adecuada para que después pueda ser decodificada. Este subsistema está compuesto por todos los dispositivos y componentes electrónicos que participan en

la transmisión y recepción del radioenlace de comunicaciones. Se incluyen radios, amplificadores de potencia y convertidores elevadores, para captar la señal y procesarla, amplificarla y posteriormente enviarla a la antena, a su vez lleva una bitácora de sucesos, predice la posición y realiza el seguimiento orbital del CubeSat, y compensa las desviaciones en frecuencia por efecto *Doppler*.

El efecto *Doppler* es la variación en la longitud de onda de cualquier tipo de onda emitida o recibida por un objeto en movimiento. Los nano-satélites emiten y reciben ondas de radio frecuencia y además se mueven a velocidades relativamente altas para mantenerse en órbita, en consecuencia, la frecuencia de transmisión y recepción del satélite en relación con la estación terrena se ve afectada (recibes o transmites a una frecuencia más baja o más alta) dependiendo de si el satélite se acerca o se aleja de esta.

3.5 Pruebas de certificación espacial

Estas son las pruebas previas al lanzamiento del satélite y constan en someter al satélite a pruebas que simulen el ambiente en el que se encontrará durante las diferentes etapas del lanzamiento y vida útil, esto, con el fin de garantizar el éxito de la misión de inicio a fin [50].

3.5.1 Pruebas de vibración y sacudidas

Las pruebas de vibración consisten en simular las diferentes frecuencias y modos de vibración que pueden presentarse durante todas las etapas del lanzamiento, en estas pruebas se manejan distintos modos de vibraciones en todos los ejes (X, Y, Z) [50]. Las pruebas se realizan sobre mesas de vibraciones que tienen la capacidad de generar frecuencias presentadas durante el momento del lanzamiento; esto también depende del tipo de lanzamiento contemplado. Estas pruebas son requeridas por la empresa lanzadora del satélite, y están especificadas en diversos manuales de dominio público elaborados por la NASA y otras agencias espaciales.

3.5.2 Pruebas de vacío térmico

Estas pruebas se realizan para asegurar que el CubeSat operará satisfactoriamente bajo un ambiente simulado en el que enfrente las condiciones más severas que se esperan durante la misión. La prueba se aplica a todos los componentes y subsistemas que se compongan de materiales contaminantes o clasificados como una fuente importante de contaminación. Estas pruebas también son requeridas por la empresa lanzadora del satélite, y están especificadas en diversos manuales de dominio público elaborados por la NASA y otras agencias espaciales.

3.5.3 Pruebas de impacto

Este tipo de pruebas se realizan para mostrar la capacidad del CubeSat al momento de cumplir con sus requerimientos antes y después de exponerse al ambiente de impactos durante su ciclo de vida. Éstas pruebas tienen como objetivo medir el espectro de respuesta al impacto que se genera en el lanzador y se suelen dividir en pruebas de impacto por martillo y de impacto por bala [50].

Es importante mencionar que al momento de realizar estas pruebas se debe llevar a cabo un protocolo de seguridad que evite accidentes y daños a las personas que realizan la prueba y al CubeSat. Dado que este tipo de pruebas es destructivo, es recomendable realizar un modelo réplica del CubeSat y someter éste a las pruebas de impacto sólo si se tiene amplio presupuesto contemplado para esta prueba.

3.5.4 Pruebas de radiación espacial

Las pruebas de emisión de partículas cargadas se realizan para verificar resistencia de los dispositivos electrónicos contra los efectos generados por los choques de partículas cargadas con el satélite [50], dado que durante su vida útil se encontrará fuera de la protección que brindan la atmósfera y el campo magnético terrestre. Si los dispositivos adquiridos cuentan con la certificación que garantiza que soportan los niveles de radiación espacial mínimos, estas pruebas pueden ser omitidas.

3.5.5 Inspección visual

Esta es una prueba muy sencilla que como su nombre lo indica se realiza visualizando todo el CubeSat y sus componentes para verificar que éste cuente con todas las especificaciones y requerimientos que se establecen en el estándar CubeSat. Se recomienda realizarlo con guantes de látex y en áreas antiestática.

3.5.6 Pruebas de compatibilidad electromagnética y comportamiento electroestático

Las pruebas de comportamiento electrostático se llevan a cabo generalmente sobre los paneles solares que se diseñan para el satélite [50]. Por medio de estas pruebas se podrá observar el comportamiento de los paneles solares bajo la influencia de carga electrostática. Esta prueba se realiza en cámaras que simulan el ambiente electrostático que se presenta en las órbitas *LEO*, *MEO* y *GEO*, según sea el caso.

4 CAPÍTULO: RESULTADOS

4.1 Determinación de áreas de trabajo y personal

Tomando en cuenta la búsqueda bibliográfica realizada, el conocimiento de investigadores del área espacial, así como información proporcionada en las capacitaciones, se determinaron las áreas y el personal requerido para la construcción de un CubeSat.

Cabe resaltar que para esto se tomó en consideración la existencia de un coordinador de proyecto, jefes de cada área (ingeniería, administración, calidad y pruebas), encargados de cada sub área y sus respectivos auxiliares. Además, se organizaron las áreas y puestos a manera de organigrama (*ver figura 22 y figura 23*) para poder identificar fácilmente las relaciones de cada área o puesto.

4.1.1 Áreas de trabajo

- Coordinación de Proyecto
 - Ingeniería
 - Subsistema de Estructura
 - Subsistema de Carga Útil
 - Subsistema de Energía
 - Subsistema de Computadora a bordo
 - Subsistema de Telemetría y Comando
 - Subsistema de Control de Posición y Estabilización
 - Administración
 - Compras
 - Contabilidad
 - Recursos Humanos
 - Calidad y Pruebas
 - Pruebas de Termo Vacío
 - Pruebas de Vibración

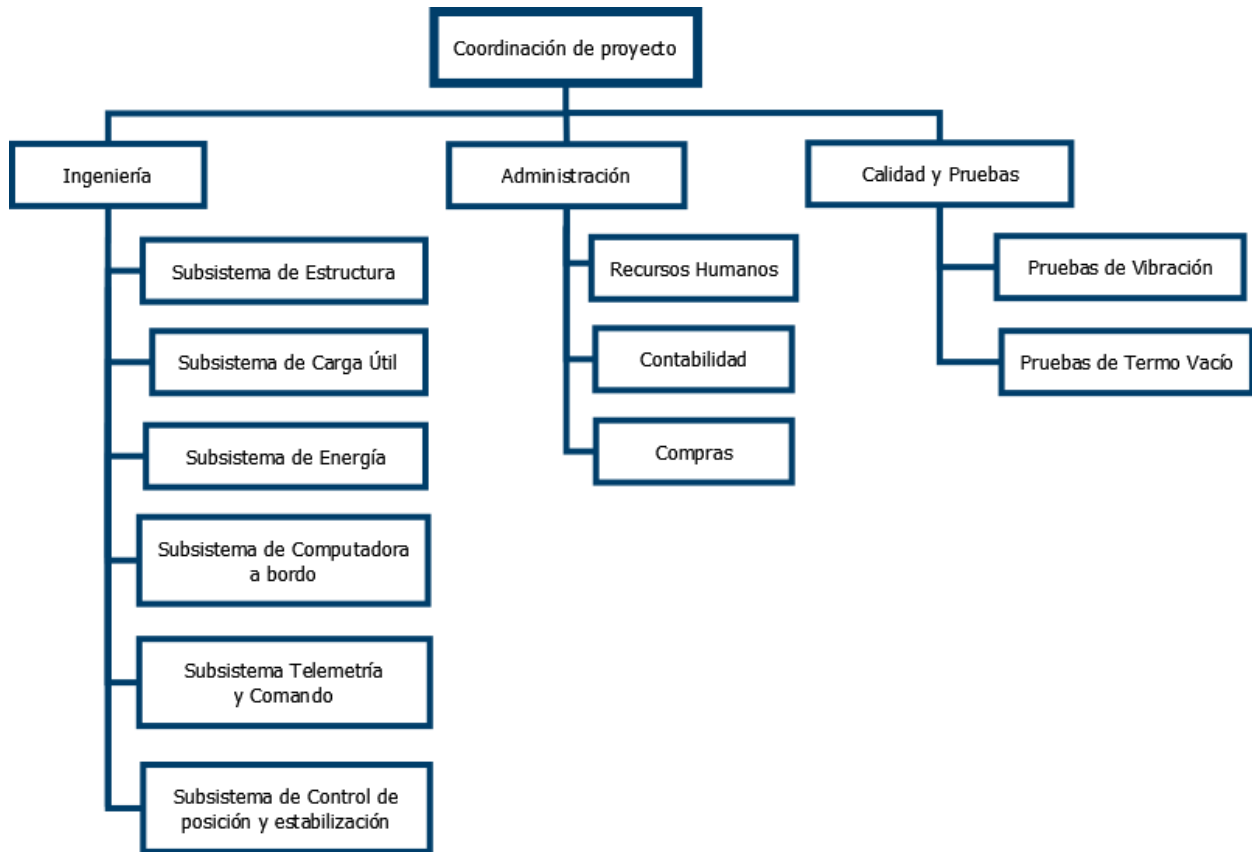


Figura 22 Organigrama de áreas de trabajo

4.1.2 Personal

- Coordinador del Proyecto
 - Jefe de Ingeniería
 - Encargado de Estructura
 - Encargado de Carga Útil
 - Auxiliar de Carga Útil
 - Encargado a de Energía
 - Auxiliar de energía
 - Encargado de Computadora a bordo
 - Auxiliar de Computadora a bordo
 - Encargado de Telemetría y Comando
 - Auxiliar de Telemetría y Comando
 - Encargado de Control de posición y estabilización
 - Auxiliar de Control de posición y estabilización
 - Jefe de Administración
 - Encargado de Compras
 - Encargado de Contabilidad
 - Encargado de Recursos Humanos
 - Jefe de Calidad y Pruebas
 - Encargado de Pruebas de Termo Vacío

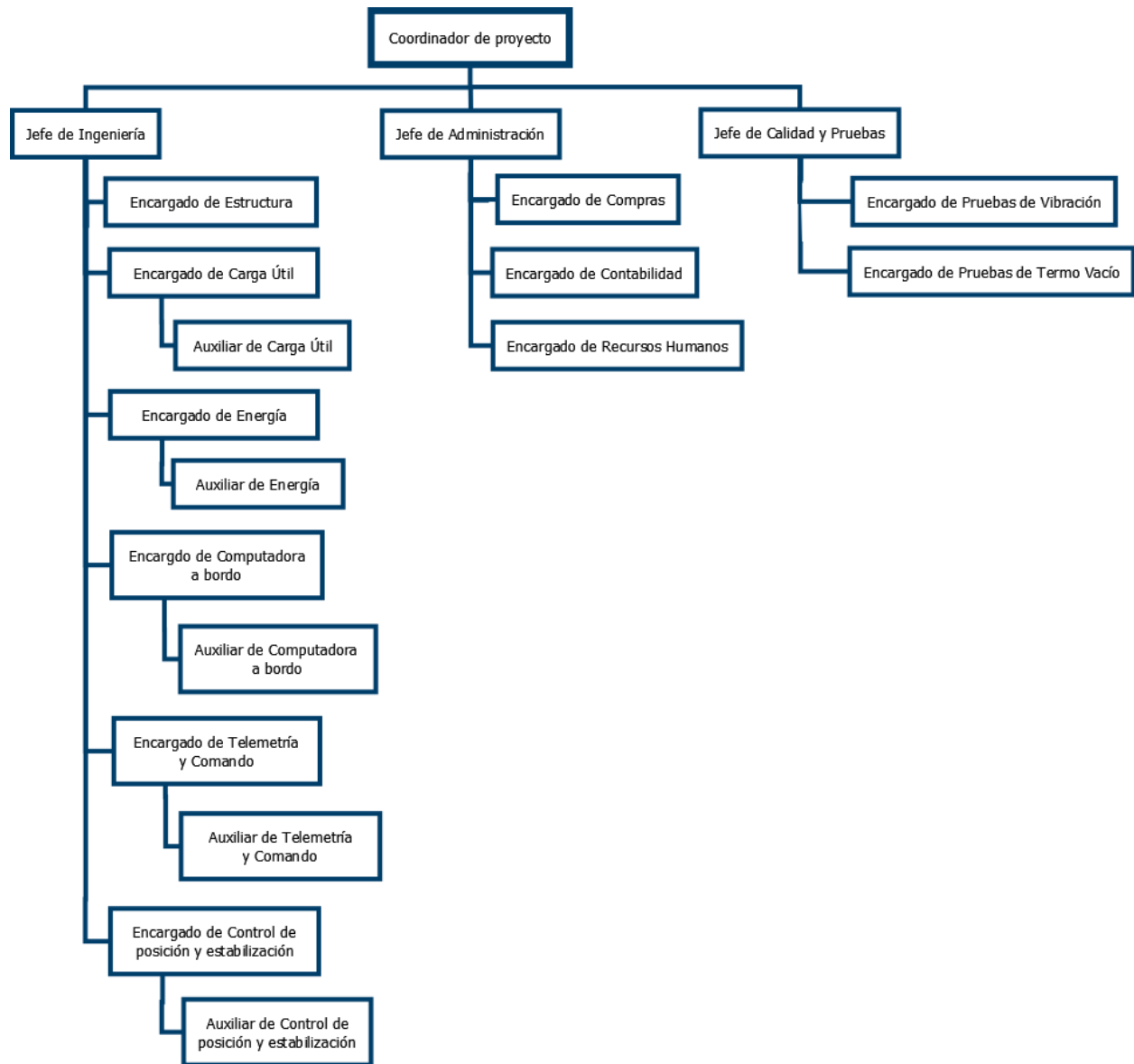


Figura 23 Organigrama del personal

Un coordinador de proyecto se encarga de capacitar al equipo de trabajo, es el responsable de la evaluación y control de riesgos para que el proyecto sea exitoso y se obtenga el fin deseado por el cliente. Por esto es importante contar con un coordinador de proyecto en la construcción de un CubeSat, puesto que el CubeSat es un sistema que se compone de múltiples subsistemas, se necesita un responsable que establezca un orden y la metodología a seguir.

El coordinador debe tener experiencia y estar muy bien capacitado en el área ya que esto le permitirá evitar los problemas que puedan retrasar la fecha de entrega del proyecto; además si no hay un coordinador, el proyecto puede ser vulnerable a fracasar al inicio, a la mitad o en cualquier momento.

4.2 Perfil de puestos

Después de determinar las áreas y el personal requerido para la construcción de un CubeSat, se obtuvieron las bases para la realización de los perfiles de puestos del personal. Se realizó un perfil de puesto para cada participante en la construcción del CubeSat, en el cual se muestra lo siguiente:

- Identificación del cargo
- Objeto general en cada cargo
- Requisitos mínimos
 - Formación académica
 - Experiencia y conocimientos necesarios
- Competencias
 - Generales
 - Técnicas
- Requerimientos físicos y mentales
 - Carga Física
 - Carga mental
- Exámenes ocupacionales de ingreso.

Estos perfiles de puestos pueden ser encontrados en la sección de Anexos en el *Anexo 1*

4.3 Gráfico de Gantt

Tomando en cuenta todo lo anterior se pudo realizar el diagrama de GANTT donde específicamente se muestra el tiempo necesario para la planeación y construcción de un CubeSat de 3 unidades, incluyendo el tiempo de contratación y capacitación del personal. Para realizar este diagrama se utilizó el software *GanttProject* de licencia libre.

El diagrama de Gantt (Figura 24) muestra un total de 80 tareas para cumplirse en un tiempo estimado de 18 meses de trabajo continuo, en las que participaran 20 empleados incluyendo al coordinador de proyecto. Cabe mencionar que aquí solamente se está tomando en cuenta el tiempo para la planeación y fabricación, quedando pendiente la duración del proceso regulatorio el cual puede ser de al menos 20 meses si la frecuencia del satélite no está sujeta a regulación. En la sección de Anexos, en el *anexo 2* se podrá encontrar la lista detallada de las 80 tareas con fechas de inicio y final.

Partiendo de este diagrama y utilizando también el *software GanttProject* se realizó la asignación de tareas al personal para tener una visión de la carga de trabajo que tendrán los empleados, para su mejor visualización se tiene un gráfico (Figura 25) que muestra al empleado y tiempo de trabajo.

Cuando el área sombreada se encuentra en color verde significa que el empleado tiene una carga baja de tareas y puede apoyar en otras áreas si es requerido, cuando el sombreado es de color azul muestra que el empleado tiene una carga normal de tareas lo cual indica que puede cumplir con sus tareas asignadas sin problema y por último si el sombreado es color rojo indica que el empleado tiene una carga muy grande de tareas y puede ser que requiera apoyo o trabajar horas extra para cumplir con las tareas.

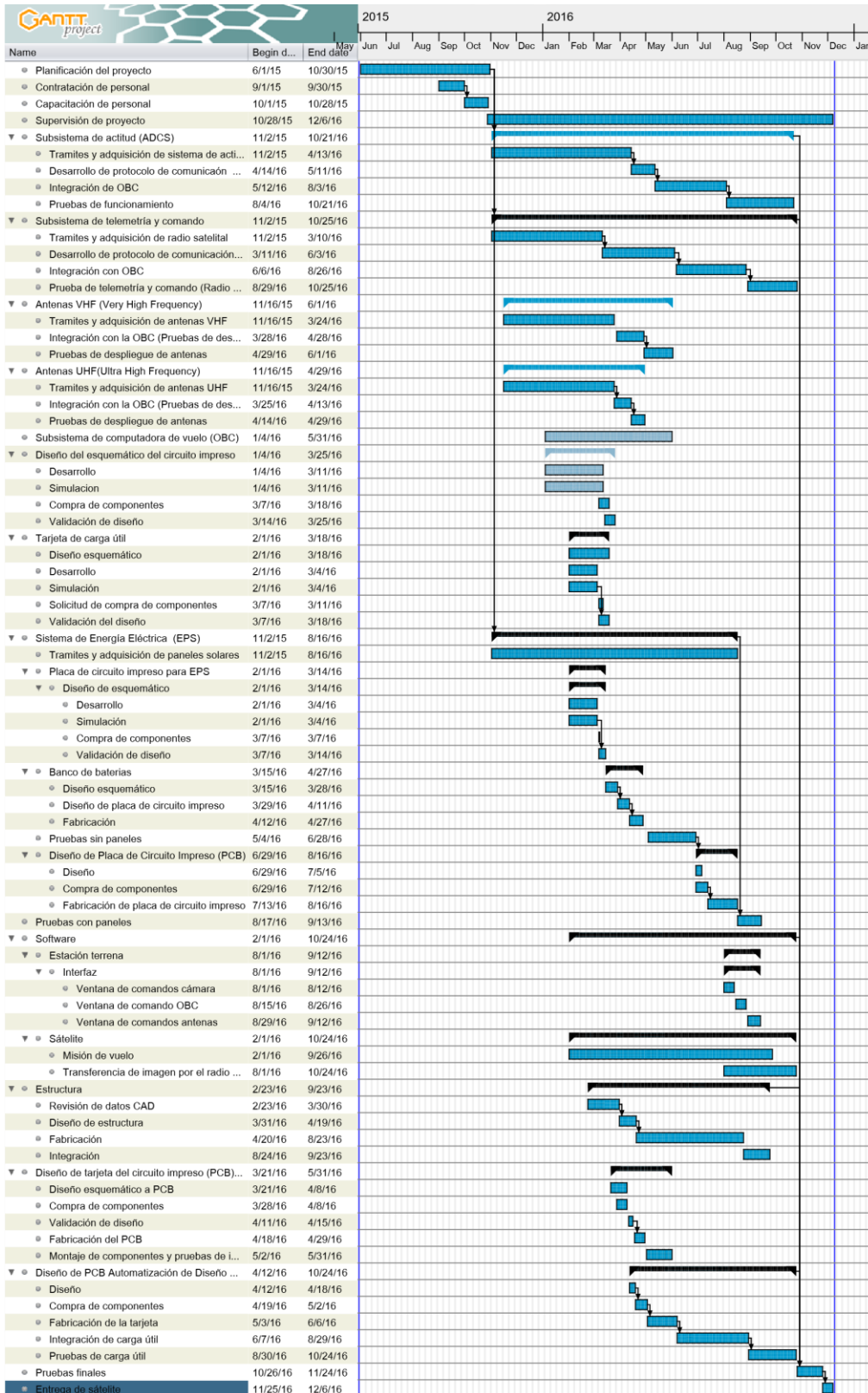


Figura 24 Gráfico de Gantt

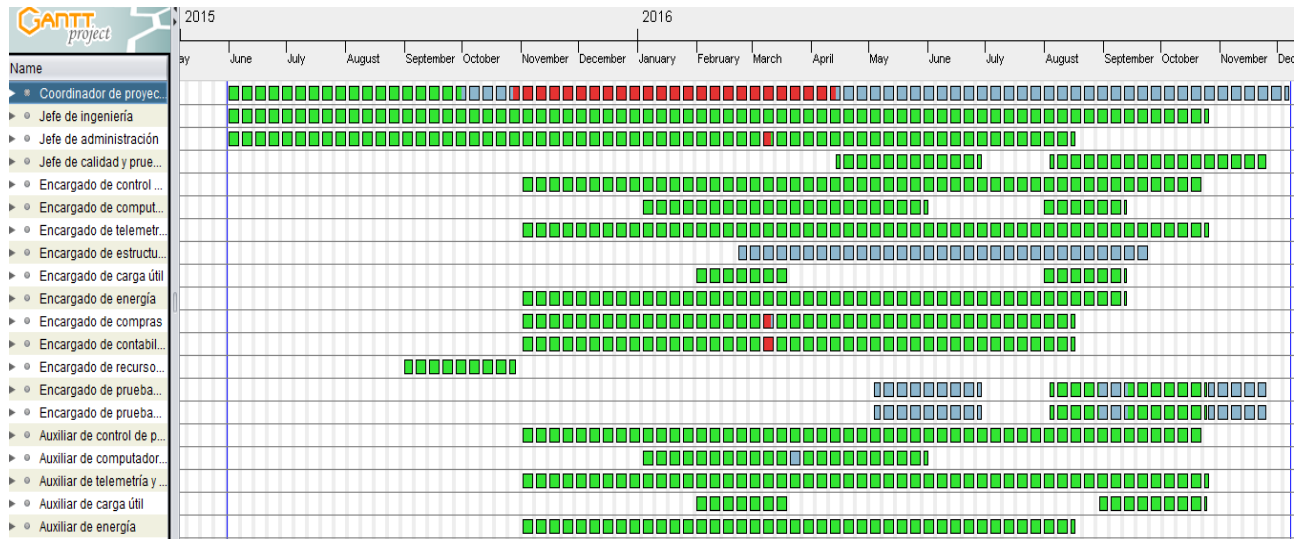


Figura 25 Gráfico de nivel de trabajo de los empleados.

4.4 Diagrama Ishikawa

El diagrama de Ishikawa es una herramienta que puede utilizarse muy fácilmente para conocer las posibles causas de fallas al momento de hacer un nano-satélite. Tener el conocimiento de las fallas nos permitirá saber cómo actuar en caso de que se presenten. Para esta tesis se realizó el diagrama de Ishikawa mostrado en la *figura 26* y se puede observar que hay un total de 20 posibles causas de fallas.

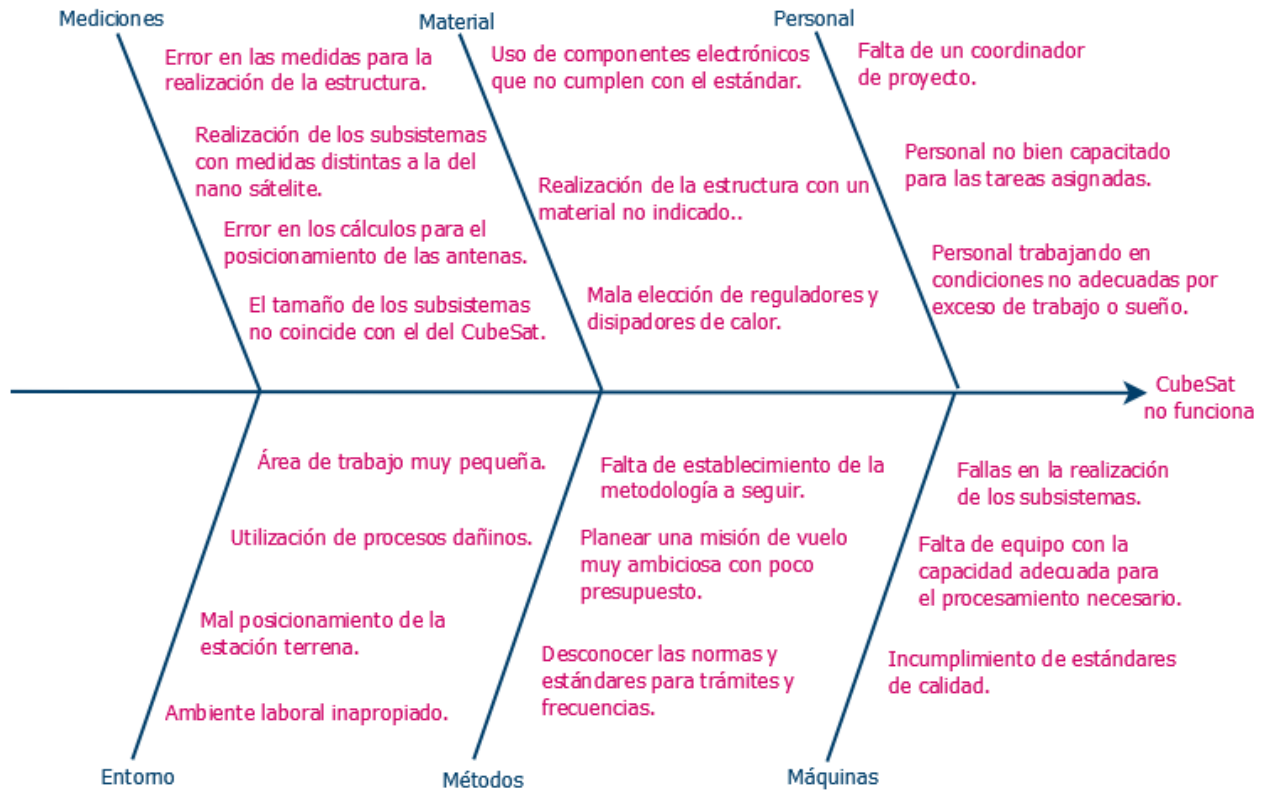


Figura 26 Diagrama Ishikawa

4.5 AMEF

El Análisis de Modos y Efectos de las Fallas sirve para conocer las posibles fallas en el proceso, así como también sus efectos y causas. Utilizando el análisis AMF se pueden encontrar acciones preventivas para varias tareas y lograr disminuir el riesgo de cometer errores. Para complementar esta tesis se realizó un análisis AMEF de un nano-satélite CubeSat de 3 unidades y se lograron encontrar acciones recomendadas tal como se muestra en la *tabla 4*.

Tabla 4 Análisis AMEF de un CubeSat de 3 unidades

Proceso: Elaboración de un nano-satélite
Institución: X **Preparado por:** Cecilia Michelle Talancon
Responsable: X **Fecha:** Lunes 27 de marzo del 2017
Core Team: X **FMEA fecha original:** X

Proceso	Modo de falla potencial	Efectos potenciales de la falla	Severidad	Causas potenciales	Ocurrencia	Proceso de control actual	Determinación	RPM	Acciones recomendadas
Misión de vuelo	Misión de vuelo muy ambiciosa.	Fracaso del nano-satélite. Aumento del tiempo de desarrollo. Incremento del presupuesto requerido.	8	Falta de un coordinador de proyecto capacitado.	3	No aplica	2	48	Tener a un coordinador de proyecto muy capacitado en el área.
Subsistema de actitud (ADCS)	Mal diseño del algoritmo de control. Calibración errónea de los sensores.	Satélite desestabilizado. Satélite incapaz de comunicarse adecuadamente con la estación terrena. Satélite incapaz de cargar baterías y deja de funcionar.	8	Cansancio por exceso de trabajo en el personal dedicado a la elaboración del algoritmo. Equipo de trabajo insuficiente para hacer pruebas. Software limitado para hacer simulaciones.	2	Pruebas de actitud.	7	112	Asegurar que el personal se encuentre en las condiciones necesarias para poder trabajar.
Desarrollo de protocolo de comunicación	Mala elección de frecuencias y modulaciones de radio frecuencia. Implementación de un protocolo de comunicación ineficiente.	Dificultad de recepción de telemetría. Recepción de la información con muchos errores y/o con la incapacidad de corregirlos.	7	No contar con los conocimientos necesarios sobre las frecuencias y modulaciones.	2	No aplica	6	84	Brindar cursos muy enfocados en estas áreas al personal que trabajara en esta área.
Integración de antenas VHF con el radio y la OBC	Las antenas no se despliegan. La antena no transmite/recibe.	Mala conexión con el controlador de las antenas. Señal de despliegue no realizada desde la OBC. Mal ajuste mecánico de las antenas. No transmite.	8	Sistema de antenas de mala calidad. Descuido del personal.	3	Pruebas de despliegue de antenas.	1	24	Supervisión constante al personal. Asegurarse que el sistema de antenas cumpla con los estándares de calidad.

Integración de Antenas UHF con el radio y la OBC	Las antenas no se despliegan. La antena no transmite/recibe.	Mala conexión con el controlador de las antenas. Señal de despliegue no realizada desde la OBC. Mal ajuste mecánico de las antenas. No transmite.	8	Defecto de fabricación. Mala instalación por el personal.	3	Pruebas de despliegue de antenas.	1	24	Supervisión constante al personal. Asegurarse que el sistema de antenas cumpla con los estándares de calidad.
Fabricación de placa de circuito impreso	Error al soldar los componentes.	Posibles cortos circuitos. Daño en los componentes. Posible mal funcionamiento durante las pruebas.	8	Falta de experiencia en soldadura por parte del personal.	4	Validación de diseño.	4	128	Tener a personal con experiencia en soldadura y aplicarle pruebas prácticas de soldadura.
Diseño de la carga útil	Selección de componentes que no cumplen con el estándar.	Comportamiento inconsistente de los componentes a las temperaturas extremas.	8	Mala capacitación al personal.	3	Validación de diseño.	5	120	Verificar uno por uno que los componentes que se van a adquirir cumplan con el estándar.
Integración de carga útil	Error en la ubicación del centro de masa del satélite.	Satélite desbalanceado.	8	Error en los cálculos para la ubicación del centro de masa.	5	No aplica	3	120	Supervisión continua.
Sistema de Energía Eléctrica (EPS)	Mala elección de reguladores y disipadores de calor.	Mal funcionamiento de los sub-sistemas.	6	Mala capacitación al personal.	3	Pruebas de funcionamiento.	2	36	Verificar uno por uno que los componentes que se van a adquirir cumplan con el estándar. Realizar simulaciones de los circuitos.
Diseño de placa de circuito impreso para EPS	Malas salidas de voltaje. Circuito impreso mal referenciado. Plano de Tierra mal realizado.	Componentes soldados en un sitio distinto al requerido. Valores de componentes diferentes al necesitado. Voltaje de alimentación con mucho ruido.	7	Error en las especificaciones.	3	Validación de diseño.	4	84	Hacer simulaciones de los circuitos tomando en cuenta parámetros realistas de acuerdo con las condiciones en las que debe funcionar.
Fabricación de placa de circuito impreso	Malas soldaduras.	Mucho ruido en los voltajes de salida. Mal funcionamiento durante las pruebas.	7	Falta de experiencia en soldadura por parte del personal.	3	No aplica	3	63	Supervisión constante. Tener personal con experiencia en soldadura y aplicarle pruebas prácticas de soldadura.

Integración de paneles solares	Voltajes distintos a los esperados	Conexiones erróneas entre los paneles.	7	Errores en la fabricación de los paneles solares.	5	Pruebas de paneles solares.	3	105	Consultar con el proveedor por las acciones a seguir para realizar las conexiones adecuadas.
Elaboración de la estación terrena	Mala orientación de las antenas hacia el nano-satélite (seguimiento). Mala selección de frecuencias de operación. No compensación del efecto Doppler.	No recibir bien la información enviada por el nano-satélite. No recepción de información del nano-satélite. Periodos intermitentes de mala recepción del nano-satélite.	9	Error en los cálculos de posicionamiento. Falta de conocimiento en el área.	4	Pruebas de funcionamiento.	2	72	Capacitarse con un experto en el área.
Diseño de estructura	Inconsistencias en las medidas de la estructura.	Mal acomodo de los subsistemas y centro de gravedad desfasado.	7	Falta de conocimiento en los estándares de calidad.	5	Validación de diseño.	2	70	Verificar que se cumpla con el estándar.
Elaboración de estructura	Uso de material no indicado.	No podrá resistir a las cargas que se le aplicaran.	8	Comprar material no adecuado por ser más económico.	3	No aplica	3	72	Verificar que el material sea el adecuado antes de adquirirlo.
Elaboración de subsistemas	El tamaño de los subsistemas no coincide con el del CubeSat	Los subsistemas no podrán utilizarse	8	Falta de atención del personal	2	Supervisar el trabajo continuamente.	2	32	Brindar ayudas visuales al personal.

4.6 Cadena de valor

Como actividades de soporte fueron consideradas el método de financiamiento, la planificación (en la cual se incluye todo tipo de proceso legal necesario), el proceso de reclutamiento y capacitación del personal, el establecimiento de requerimientos (definición de la misión y carga útil) y elaboración de diseños, así como la adquisición de materiales y componentes eléctricos requeridos.

Se consideran actividades primarias la entrega de los materiales y componentes eléctricos necesarios para la realización del nano-satélite al equipo, así como la manufactura y ensamble de los subsistemas, la elaboración de la estación terrena, las pruebas finales y lanzamiento del nano-satélite y por último la etapa en la que el nano-satélite se encuentra operando en órbita.

Se considera que cada una de estas actividades representan una parte significativa para la cadena de valor (Figura 27), sin embargo, lo que hace único y le da una ventaja competitiva al nano-satélite es la calidad de sus componentes y su correcto funcionamiento.

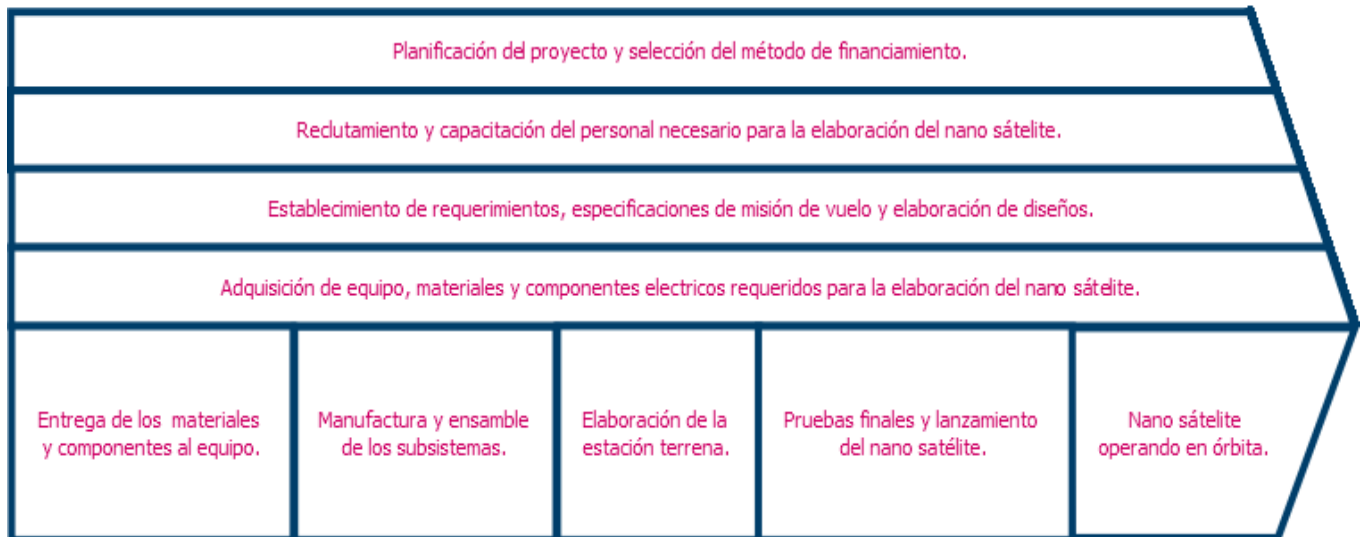


Figura 27 Cadena de valor de un nano-satélite.

4.6.1 Cadena de valor de la industria satelital

Desarrollar una cadena de valor en la industria satelital es de suma importancia para poder darnos una idea de cuáles son las actividades que mejorándose pueden convertirse en ventajas competitivas. A continuación, se muestra la relación entra las cadenas de valor ascendente y descendente (ver figura 28).

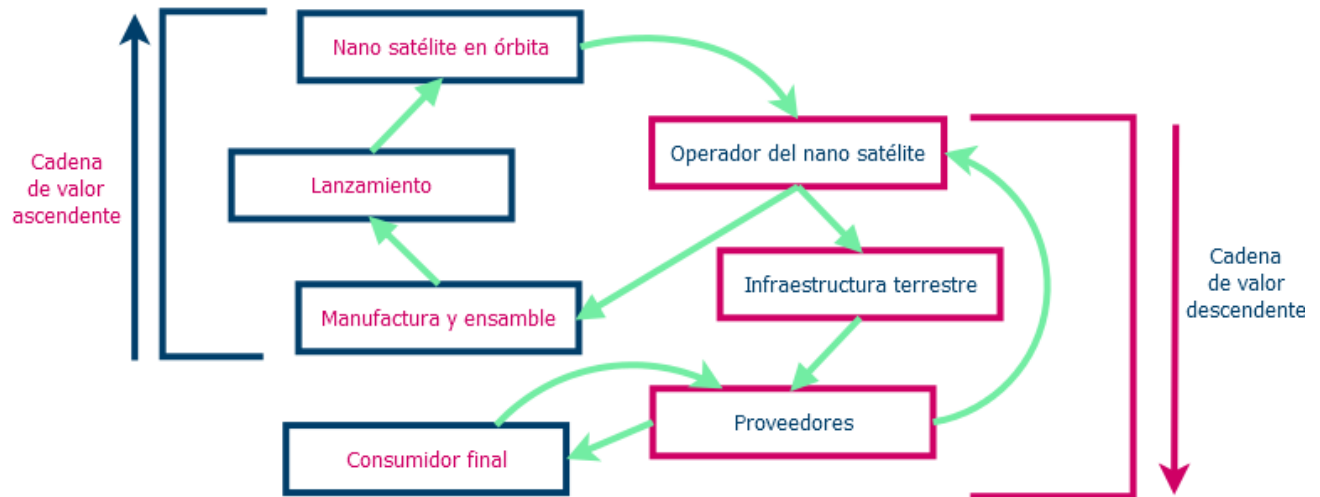


Figura 28 Cadenas de valor de la industria satelital[6].

4.6.1.1 Cadena de valor ascendente:

Aquí se incluye el proceso de manufactura y ensamble de los componentes del nano-satélite, así como el proceso de lanzamiento, puesta en órbita y operación del mismo. Las empresas manufactureras de los componentes, sistemas y subsistemas que lo componen van desde pequeñas y medianas empresas con determinado grado de especialización en nano-satélites, hasta grandes empresas multinacionales con participación en satélites más grandes y geoestacionarios. Lo mismo sucede con las empresas encargadas del lanzamiento y puesta en órbita del nano-satélite.

4.6.1.2 Cadena de valor descendente:

En esta parte de la cadena de valor, se incluyen ingresos del operador del nano-satélite, la infraestructura terrestre, el contacto con proveedores de servicios y el consumidor final. Aquí se incluye a personal que no necesariamente está asociado con la economía espacial, pero parte de sus ingresos comerciales dependen de las capacidades de la carga útil de los nano-satélites. En el caso de nano-satélites académicos, puede considerarse que el consumidor final es la institución que lo financia y lo requiere.

4.7 Proveedores

Una parte fundamental antes de iniciar con un proyecto de nano-satélites o de cualquier otra cosa, es investigar cuales son los proveedores con los que se pueden adquirir los componentes o materiales. A continuación, se muestran algunas de las principales y más conocidas empresas dedicadas a proveer subsistemas para CubeSat.

4.7.1 Innovative Solutions In Space (ISIS)

Es una empresa que fue fundada el 6 de enero de 2006 como una *spin-off* del proyecto nano-satélite Delfi-C3 de la Universidad Tecnológica de Delft en Holanda y es una de las empresas líderes en el mercado de satélites pequeños de rápido crecimiento (*ver figura 29*). La empresa está integrada verticalmente y combina la investigación y el desarrollo, las pruebas, los servicios de lanzamiento y el funcionamiento de los sistemas espaciales pequeños en una sola organización. Se enfocan en soluciones que involucran sistemas satelitales en el rango de 1 a 30 kilogramos. *ISIS* emplea a más de 75 empleados especializados, todos ellos con experiencia en tecnología espacial e ingeniería [60].

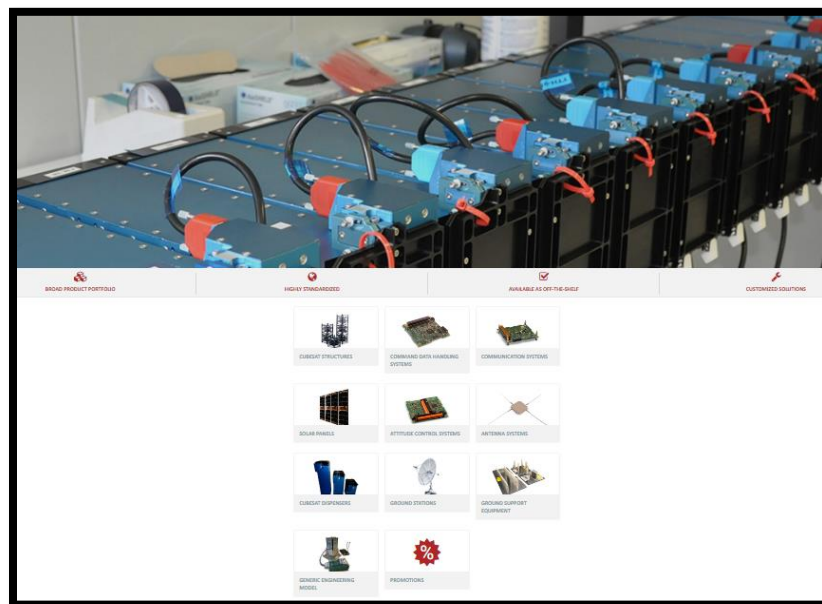


Figura 29 Productos que ofrece ISIS

4.7.2 Clyde Space

Fue fundada en 2005 como una empresa privada con el apoyo de inversores privados locales; su enfoque es la venta de componentes CubeSat hechos por ellos. Actualmente es reconocida como líder innovador en el mundo y proveedor de CubeSat y sistemas de satélites pequeños (*ver figura 30*). Su extenso patrimonio de producto habla volúmenes en términos de calidad, rendimiento y servicio al cliente. Entre sus clientes se incluyen universidades internacionales, compañías comerciales y organizaciones gubernamentales. Aproximadamente el 80% de las ventas están fuera de la Unión Europea y más del 95% fuera del Reino Unido [61].

ClydeSpace cuenta con un sistema de gestión de calidad espacial, el cual cubre todos sus productos desde el desarrollo hasta la fabricación y entrega; además se encuentra certificada ante la norma ISO 9001:2008 [61], la cual es la base del sistema de gestión de la calidad ya que es una norma internacional y que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios [62].

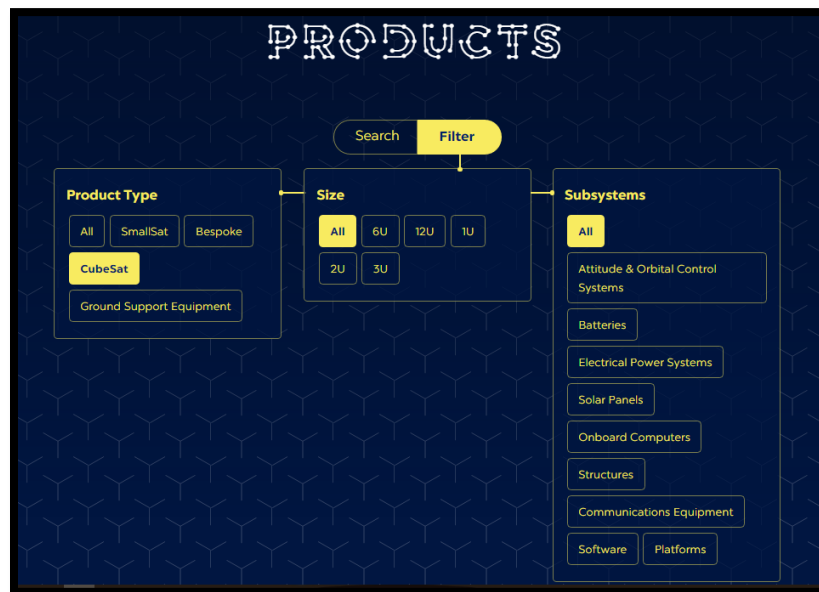
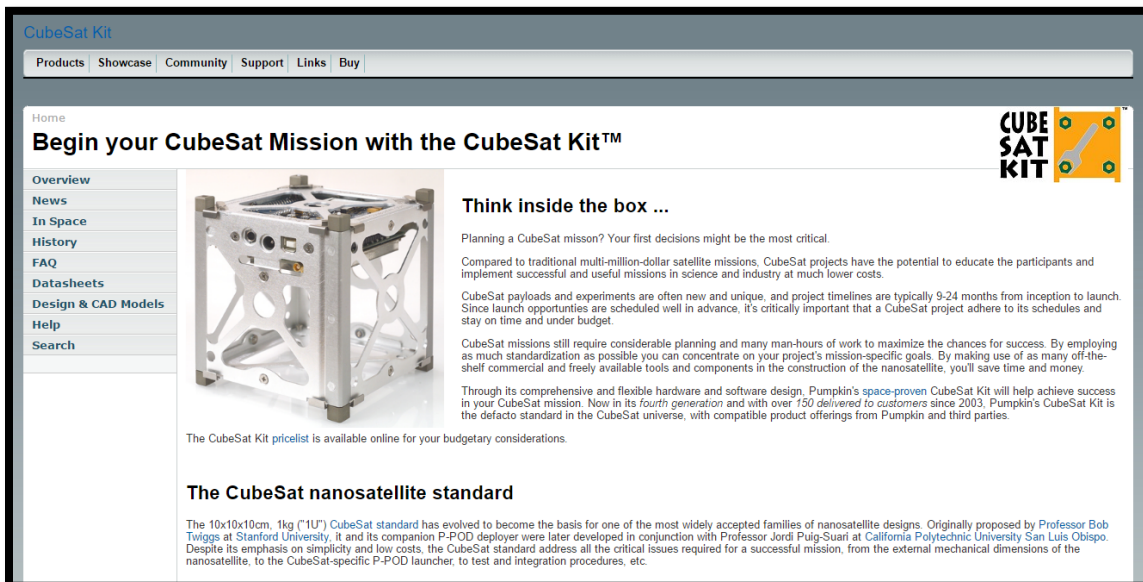


Figura 30 Productos de *Clyde Space*

4.7.3 Pumpkin

Compañía estadounidense creada en 1995 que en un principio se enfocó en desarrollar electrónica y software aplicado en autos de carreras, sin embargo, en 1998 desarrollo un *software* para microcontroladores llamado “*Salvo*” el cual comienzan a difundir en diferentes universidades, demostrando su utilidad en misiones micro-satelitales. Con el origen del concepto CubeSat, Pumpkin decide convertirse en un distribuidor de *kits* satelitales basados en su *software Salvo* en conjunto con diversos componentes *COTS (Commercial Off-The-Shelf)* los cuales son cosas que uno puede comprar, ya hechas a través de un catálogo a un precio razonable. [63] creando su marca “*CubeSatKit*” (ver figura31) la cual se dedica a distribuir diferentes componentes de proyectos CubeSat [64].

Pumpkin se ha convertido en proveedor de soluciones centrado en herramientas de alta calidad que reducen el tiempo de desarrollo y el tiempo de comercialización. Además, participa activamente en productos de *hardware* como el Kit CubeSat y en la consultoría para ciertos clientes, permitiendo así a que tengan éxito en el competitivo mercado mundial [64].



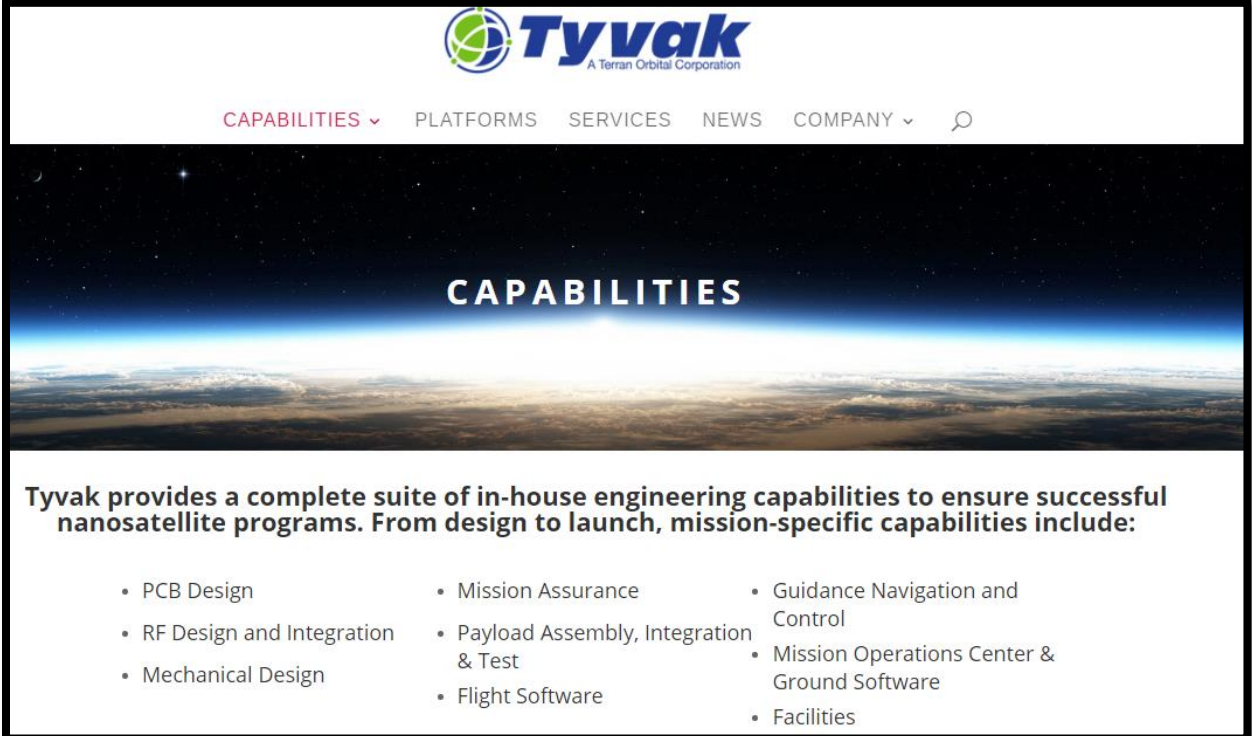
The screenshot shows the homepage of the CubeSat Kit website. At the top, there is a navigation bar with links for Products, Showcase, Community, Support, Links, and Buy. Below this, the main heading reads "Begin your CubeSat Mission with the CubeSat Kit™". To the right of this heading is the CubeSat Kit logo, which consists of the text "CUBE SAT KIT" next to a yellow square containing a white gear and a white plus sign. On the left side, there is a sidebar menu with links for Overview, News, In Space, History, FAQ, Datasheets, Design & CAD Models, Help, and Search. The main content area features a large image of the CubeSat Kit hardware, a sub-heading "Think inside the box ...", and several paragraphs of text. The text discusses the challenges of planning a CubeSat mission, compares CubeSat projects to traditional satellite missions, and highlights the benefits of using the CubeSat Kit, such as standardized components and reduced costs. It also mentions that the kit is the de facto standard in the CubeSat universe.

Figura 31 Portal de bienvenida de *CubeSat Kit*

4.7.4 Tyvak

Es una empresa norteamericana fundada en el 2011 por el Dr. Jordi Puig-Suari con el objetivo de facilitar y hacer más dinámica la interacción entre los desarrolladores de proyectos CubeSat y las empresas lanzadoras. Suministra componentes y servicios de proyectos nano satelitales y de proyectos CubeSat para desarrollos tanto gubernamentales como comerciales[65] (ver figura 32). Por más de 10 años Tyvak ha sido el principal experto en tecnología de nano-satélites ya que fueron los pioneros en el campo de los CubeSat [66].

Cabe mencionar que Tyvak posee una vasta experiencia dentro del sector nano-satelital pues el personal que lo compone ha participado en diferentes proyectos y lanzamientos CubeSat; más de 15 CubeSat's y 9 campañas de lanzamiento en los Estados Unidos y Rusia suman entre todos [65].



Tyvak
A Terran Orbital Corporation

CAPABILITIES ▾ PLATFORMS SERVICES NEWS COMPANY ▾ 🔍

CAPABILITIES

Tyvak provides a complete suite of in-house engineering capabilities to ensure successful nanosatellite programs. From design to launch, mission-specific capabilities include:

- PCB Design
- RF Design and Integration
- Mechanical Design
- Mission Assurance
- Payload Assembly, Integration & Test
- Flight Software
- Guidance Navigation and Control
- Mission Operations Center & Ground Software
- Facilities

Figura 32 Servicios de Tyvak

4.7.5 GomSpace

Es una empresa espacial situada en Dinamarca, fundada en 2007. Su misión es participar en el mercado mundial de sistemas y servicios espaciales introduciendo nuevos productos, es decir, componentes, plataformas y sistemas, basados en la innovación dentro de la tecnología Nano-satélite (ver figura 33). Proporcionan subsistemas compatibles con CubeSat de alta calidad que permiten enfocar los recursos monetarios en los objetivos específicos de la misión, sin gastar recursos para que los subsistemas básicos de la plataforma funcionen.

GomSpace es un diseñador líder global, integrador y fabricante de nano-satélites de gama alta para clientes en los mercados académicos, gubernamentales y comerciales.

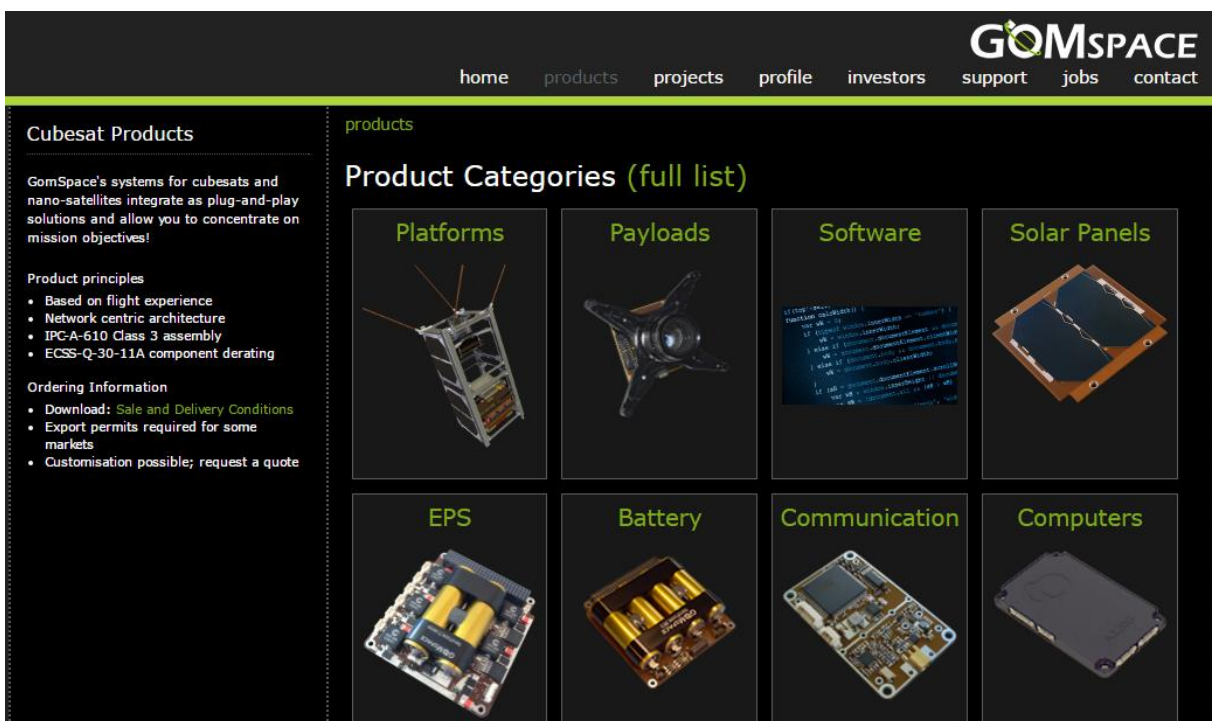


Figura 33 Productos de GomSpace

4.7.6 *CrystalSpace*

Es una compañía ubicada en Kastani, Estonia, que se dedica a producir componentes para nano-satélites. El enfoque de *CrystalSpace* (ver figura 34) está orientado a la investigación de nanosatélites, diseño y desarrollo de campo. Entre sus campos de especialización se encuentran la ciencia espacial y la investigación por satélite. El equipo de *CrystalSpace* ha desarrollado cargas útiles para satélites múltiples, un ejemplo son el *ESTCube-1*, *Aalto-1* y el *ESEO*.

Sus competencias de ingeniería eléctrica incluyen: el desarrollo digital, analógico y *RF* electrónico, creación de prototipos y fabricación. *CrystalSpace* tiene acceso a un cuarto limpio, una cámara anecoica y todo el equipo necesario para las pruebas satelitales tales como cámara de vacío térmico, banco de vibración, etc [67].

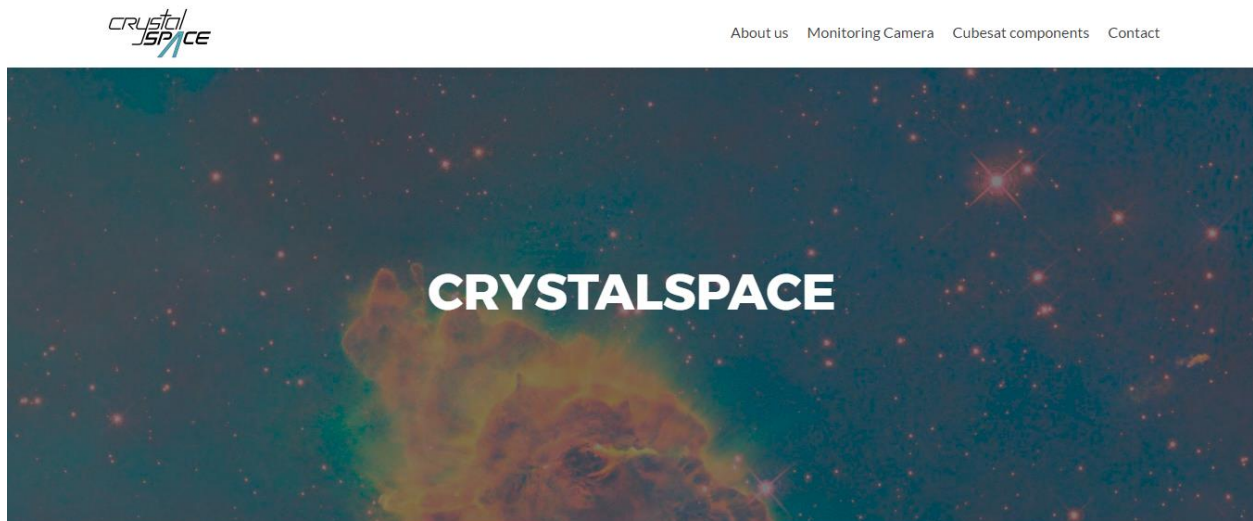


Figura 34 *CrystalSpace*

4.8 Estimación de costos

Antes de iniciar con un proyecto de nano-satélites o cualquiera en general, es importante hacer una estimación de costos para tener el conocimiento de cuánto recurso económico se podría necesitar. Esto es porque aun teniendo la estimación de costos puede que existan cambios repentinos durante el proyecto, los cuales podrían ir desde pago de horas extra hasta variaciones fuertes en el tipo de cambio de las monedas, por lo tanto, se recomienda contar con un monto extra de dinero y no limitarse a solamente tener el monto que indica la estimación de costos.

A continuación, en la *Tabla 5* se muestra una lista de productos con sus respectivos precios, que pueden ser adquiridos para la realización de un nano-satélite

Tipo de cambio al 07 de abril de 2017:


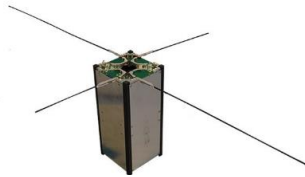



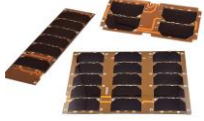

1 USD = \$18.6560 pesos mexicanos

1 € = \$20.0168 pesos mexicanos

1 franco suizo = \$18.4883 pesos mexicanos

**Datos proporcionados por : Banco de México [68]*

Tabla 5 Productos y precios de componentes para elaborar un nano-satélite.

Nombre	Imagen	Proveedor	Precio en país de origen	Precio en pesos mexicanos
Estructura esqueleto para CubeSat de 3U		ClydeSpace	\$6,900.00 USD	\$128,726.4
Sistema de antenas dipolo		ISIS	€ 5,250.00	\$105,088.20
Sistema de control de actitud (Magnetorquer board)		ISIS	€ 8,000.00	\$160,134.40
Sistema de comunicación (VHF uplink/UHF downlink Full Duplex)		ISIS	€ 8,500.00	\$170,142.80
Sistema de computadora a bordo		ISIS	€ 9,400.00	\$188,157.92
Sistema de paneles solares		ISIS	€ 4,900	\$98,082.32
Estación terrena VHF/UHF/S-band		ISIS	€ 56,500	\$1,130,969.2
Total, en pesos mexicanos				\$1,981,301.24

Para tener una mejor estimación de costos, también es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

- Los costos de importación e impuestos pueden aumentar hasta un 60% el costo total de los componentes y suelen depender de las leyes vigentes en cada país.
- Para los costos de mano de obra en esta estimación se toma en cuenta el pago a 20 empleados de los cuales la mayoría cuentan con al menos grado de ingeniería o maestría, por un tiempo de 18 meses de trabajo continuo. En la *tabla 6* se pueden observar los datos que se tomaron en cuenta para la estimación de costo de mano de obra.
- Los costos por los permisos y trámites para el uso de tecnología espacial pueden variar si la frecuencia del satélite está o no sujeta a coordinación. Para esta aproximación se consideró que el tramite estará sujeto a coordinación, lo cual nos da un aproximado de \$47,020.00 francos suizos o bien \$869,319.87 pesos mexicanos
- Para los costos de lanzamiento en ocasiones hay convocatorias donde esto puede ser gratis, sin embargo, se recomienda considerar un aproximado de \$100,000 dólares por unidad. En este caso se está haciendo una estimación para un CubeSat de 3 unidades, por lo tanto, se considerarán \$300,000 dólares que en pesos mexicanos serian \$5,596,800 para el lanzamiento del CubeSat.

Tabla 6 Mano de obra

Carrera universitaria	Maestría Sí/No	Puesto	Área	Sub -área	Días pagados	Horas por día	Pago por hora	Pago total
Ing. Industrial	Sí	Coordinador			555	8	\$ 135.00	\$ 599,400.00
Ing. en sistemas	Sí	Jefe	Ingeniería		555	8	\$ 120.00	\$ 532,800.00
Lic. en administración	Sí	Jefe	Administración		555	8	\$ 110.00	\$ 488,400.00
Ing. Industrial	Sí	Jefe	Calidad y pruebas		555	8	\$ 120.00	\$ 532,800.00
Ing. electrónico	Sí	Encargado	Ingeniería	Control de posición y estabilización	394	8	\$ 100.00	\$ 315,200.00
Ing. en computación	Sí	Encargado	Ingeniería	Computadora a bordo	394	8	\$ 100.00	\$ 315,200.00
Ing. electrónico	Sí	Encargado	Ingeniería	Telemetría y Comando	394	8	\$ 100.00	\$ 315,200.00
Ing. Industrial	Sí	Encargado	Ingeniería	Estructura	394	8	\$ 100.00	\$ 315,200.00
Ing. electrónico	Sí	Encargado	Ingeniería	Carga útil	394	8	\$ 100.00	\$ 315,200.00
Ing. electrónico	Sí	Encargado	Ingeniería	Energía	394	8	\$ 100.00	\$ 315,200.00
Ing. Industrial	Sí	Encargado	Calidad y pruebas	Pruebas de termo vacío	394	8	\$ 100.00	\$ 315,200.00
Ing. Industrial	Sí	Encargado	Calidad y pruebas	Pruebas de vibración	394	8	\$ 100.00	\$ 315,200.00
Lic. en administración	No	Encargado	Administración	Compras	394	8	\$ 70.00	\$ 220,640.00
Lic. en contabilidad	No	Encargado	Administración	Contabilidad	394	8	\$ 70.00	\$ 220,640.00
Lic. en administración	No	Encargado	Administración	Recursos Humanos	465	8	\$ 70.00	\$ 260,400.00
Ing. electrónico	No	Auxiliar	Ingeniería	Control de posición y estabilización	394	8	\$ 85.00	\$ 267,920.00
Ing. en computación	No	Auxiliar	Ingeniería	Computadora a bordo	394	8	\$ 85.00	\$ 267,920.00
Ing. electrónico	No	Auxiliar	Ingeniería	Telemetría y Comando	394	8	\$ 85.00	\$ 267,920.00
Ing. en computación	No	Auxiliar	Ingeniería	Carga útil	394	8	\$ 85.00	\$ 267,920.00
Ing. electrónico	No	Auxiliar	Ingeniería	Energía	394	8	\$ 85.00	\$ 267,920.00
							Total	\$ 6,716,280.00

Tabla 7 Costo total aproximado

Concepto	Costo en pesos mexicanos	Costo en dólares estadounidenses
Productos para la construcción del nano-satélite	\$1,981,301.24	\$106,201.82
Costos aproximados de importación e impuestos (60%)	\$1,188,780.74	\$63,721.09
Costos por mano de obra	\$6,454,425.60	\$345,970.50
Costos por los permisos y trámites	\$869,319.87	\$46,597.33
Costo de lanzamiento	\$5,596,800	\$300,000.00
Total, aproximado	\$ 16,090,627.45	\$862,490.74

En la *tabla 7* se muestra de manera resumida el costo total para la realización de un CubeSat. No obstante, es importante resaltar que se consideró personal nuevo en el área de los nano-satélites, por lo tanto, si ya se tiene experiencia en el área, el CubeSat puede ser terminado incluso en menos tiempo y con menos personal.

5 CONCLUSIONES

Se concluye que con esta tesis fue posible documentar lo necesario para la planeación y el desarrollo de un nano-satélite CubeSat de 3 unidades utilizando herramientas de la ingeniería industrial y se considera que la realización de este trabajo es de suma importancia ya que le será útil a personas que quieran involucrarse con el desarrollo de tecnología aeroespacial, proyectos de nano-satélites o simplemente quieran tener conocimientos básicos del tema. Además, servirá como medio informativo para la comunidad ya que en la actualidad aún existen personas que no tienen idea de lo mucho que puede aportar la tecnología espacial al desarrollo de un país.

En los proyectos relacionados con la tecnología espacial, hay mucho trabajo para los ingenieros industriales con visión de ir más allá de trabajar en las industrias manufactureras puesto que los conocimientos adquiridos durante toda la carrera de ingeniería industrial se pueden aplicar sin ningún problema en estos proyectos, ya que un ingeniero industrial es capaz de implementar los conocimientos de ingeniería de sistemas, materiales de ingeniería, administración de la calidad, administración de recursos humanos, ó formulación y evaluación de proyectos, por mencionar algunos de los más importantes.

Los proyectos de tecnología espacial son una gran fuente económica para un país, ya que brindan oportunidades de empleo, avances tecnológicos y científicos; sin embargo, su mayor aportación es la estabilidad económica. Baja California, al ser estado líder en el sector aeroespacial por tener grandes capacidades de innovación, puede aportar en gran medida al desarrollo de nano-satélites fomentando en los jóvenes el interés en las áreas de la tecnología espacial y brindando apoyos económicos para la realización de este tipo de proyectos.

La realización de un nano-satélite en comparación con satélites grandes se considera económica, sin embargo, en México no se cuenta con los materiales necesarios para su realización y se deben importar de otros países, lo cual ocasiona que el costo total aumente. Para evitar esto, México debe impulsar el desarrollo de empresas dedicadas al desarrollo de tecnología espacial, ya sean empresas encargadas de realizar y vender materiales y componentes o bien empresas que ya vendan los sistemas y subsistemas listos para ser ensamblados, y se encarguen de dar consultoría a las personas interesadas.

Es muy difícil iniciar con proyectos de nano-satélites si no se tiene al menos una base informativa que ayude a su realización, ya que suelen ser muy complejos y pueden pasar varios años para su finalización, dependiendo en parte del tipo de misión para el que se requieran, por lo que, si no se tiene esta base es muy probable que existan pérdidas monetarias muy grandes o que el proyecto nunca llegue a su finalización por falta de conocimiento en el área.

Otro punto muy importante es que se debe seleccionar muy bien a las personas que estarán involucradas en el proyecto para evitar el mal manejo de la información o de los recursos, además de que para un proyecto nunca es buena la entrada y salida de personas, por lo tanto, el coordinador de proyecto deberá ser una persona competente para que pueda cumplir bien con su puesto y ser ejemplo por seguir de sus trabajadores.

Es necesario enfatizar que las partes técnicas y administrativas de un proyecto de nano-satélites son muy importantes, pero de igual importancia es llevar a cabo los trámites regulatorios para obtener permisos de uso de radiofrecuencias entre la estación terrena y el satélite, lo cual lleva tiempo dependiendo del tipo de licencia que se busque, y que depende tanto de las autoridades regulatorias nacionales como internacionales para su aprobación y asignación final.

Finalmente quiero resaltar que es recomendable iniciar los trámites de solicitud de frecuencias al mismo tiempo que se inicia técnica y administrativamente con el proyecto, para no tener un desfase entre ambas partes: Un diseño, integración y pruebas fluido y eficiente del nano-satélite, y luego tener que esperar meses o años de ya terminado para su lanzamiento y operación una vez en órbita.

6 REFERENCIAS

- [1] S. Medina Ramírez, “El despegue de la industria aeroespacial en México”, *Comer. Exter.*, vol. 62, núm. 6, 2012.
- [2] PROMÉXICO, “Plan de órbita 2.0 Mapa de ruta del sector espacial mexicano”, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.promexico.gob.mx/documentos/biblioteca/plan-orbita.pdf>.
- [3] The Tauri Group, “State of the Satellite Industry Report”, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.sia.org/wp-content/uploads/2016/06/SSIR16-Pdf-Copy-for-Website-Compressed.pdf>.
- [4] PROMÉXICO, “Sector aeroespacial en México”. [En línea]. Disponible en: http://mim.promexico.gob.mx/es/mim/Perfil_del_sector.
- [5] PROMÉXICO, “Sector Aeroespacial”, p. 2, 2016.
- [6] CINVESTAV, “White paper -Satélites”, CDMX, 2015.
- [7] GOR contributors, *Guía de Orientación Regulatoria para satélites no geoestacionarios no sujetos a coordinación*. 2016.
- [8] S. Garber, “Sputnik and The Dawn of the Space Age”, 2007. [En línea]. Disponible en: <http://history.nasa.gov/sputnik/>.
- [9] C. Duarte, “México pionero en el desarrollo espacial”, 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.aem.gob.mx/haciaelespacio/articul.php?interior=35>.
- [10] E. J. Escalante Vázquez, *Seis-sigma : metodología y técnica*. Limusa/Noriega, 2003.
- [11] R. J. Herrera Acosta y T. J. Fontalvo Herrera, *Seis Sigma Métodos Estadísticos y Sus Aplicaciones*. 2011.
- [12] C. Gygi, B. Williams, y N. DeCarlo, “Six sigma for dummies”, --*For dummies*, p. 1 online resource (411 p.), 2012.
- [13] H. Gutierrez Pulido y R. de la Vara Salazar, *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*, 3a ed. McGraw-Hill Interamericana, 2013.
- [14] F. R. Sacristán, *Las 5S orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: Fundación CONFEMETAL, 2005.

- [15] J. C. Hernández Matías y A. Vizán Idoipe, *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de Organización Industrial, 2013.
- [16] F. Madariaga, *Lean manufacturing*. Bubok Publishing S.L., 2013.
- [17] Krajewski, Lee J y L. P. Ritzman, *Administración de operaciones: estrategia y análisis*, 5a ed. PEARSON EDUCACIÓN, 2000.
- [18] L. Cuatrecasas Arbós, *Procesos en flujo Pull y gestión Lean. Sistema Kanban: Organización de la producción y dirección de operaciones*. Díaz de Santos, 2012.
- [19] B. Render, R. M. Stair, y M. E. Hanna, *Métodos cuantitativos para los negocios*. Pearson/Educación, 2006.
- [20] J. Olavarrieta de la Torre, *Conceptos generales de productividad, sistemas, normalización y competitividad para la pequeña y mediana empresa*. México: Universidad Iberoamericana, 1999.
- [21] S. Shingo, *A Revolution in Manufacturing The Smed System*. Productivity Press, 2012.
- [22] A. Cortés Ramírez, “Metodología de la aplicación del "SMED" (Single Minute Exchange of Die) en la industria metalmecánica”, 2011.
- [23] J. García, A. Maldonado, y G. Cortes, *Lean Manufacturing in the Developing World*. 2014.
- [24] Á. Alonso García, *Conceptos de organización industrial*. 1998.
- [25] 50 minutos, *La filosofía del Kaizen: Pequeños cambios que tendrán grandes consecuencias*. 50 minutos, 2016.
- [26] G. Alukal y A. Manos, *Lean kaizen : a simplified approach to process improvements*. ASQ Quality Press, 2006.
- [27] Chrysler LLC, Ford Motor Company, *Análisis de modos y efectos de fallas potenciales*, 4a ed. 2008.
- [28] J. . Aldridge, J. Taylor, y B.G. Dale, “The Application of Failure Mode and Effects Analysis at an Automotive Components Manufacturer”, *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 8, núm. 3, pp. 44–56, 1991.
- [29] I. Fernández de la calle, A. Camacho López, C. J. Gasco Lallave, A. M. Macías Juárez, M. Á. Martín Hernández, G. Reyes Delgado, y J. Rivas Escudero, *Seguridad funcional en instalaciones de proceso: sistemas instrumentados de seguridad y análisis*. Madrid, 2012.

- [30] Asociación de la industria Navarra, *La calidad en el área de diseño*. Madrid, 1991.
- [31] J. D. Linton, "Facing the challenges of service automation: An enabler for e-commerce and productivity gain in traditional services", *IEEE Trans. Eng. Manag.*, vol. 50, núm. 4, pp. 478–484, 2003.
- [32] M. E. Maddox, "Error apparent", *Ind. Eng.*, vol. 37, núm. 5, pp. 40–44, 2005.
- [33] A. de Saeger y B. Feys, *El diagrama de Ishikawa*. 2016.
- [34] E. Clifton A., *CONCISE ENCYCLOPEDIA OF SYSTEM SAFETY- Definition of Terms and Concepts*. 2011.
- [35] T. Mercadal, "Value chain", *Salem Press Encycl.*, p. 1, 2017.
- [36] J. H. Cantú Delgado, *Desarrollo de una cultura de calidad*, 4a ed. McGraw-Hill Interamericana, 2011.
- [37] L. Bonney, R. Clark, R. Collins, B. Dent, A. Fearne, y G. of S. Australia, "Sustainable value chain analysis: an agri-food chain diagnostic", núm. August, p. 38, 2009.
- [38] Q. Zhang, M. a. Vonderembse, y J.-S. Lim, "Value chain flexibility: A dichotomy of competence and capability", *Int. J. Prod. Res.*, vol. 40, núm. 3, pp. 561–583, 2002.
- [39] J. Quintero y J. Sánchez, "La cadena de valor : Una herramienta del pensamiento estratégico The Value Chain : A Strategic Thought Tool", *Telos*, vol. 8, núm. 3, pp. 377–389, 2006.
- [40] 50 minutes, *Michael Porter's value chain : Unlock your company's competitive advantage*. 2015.
- [41] L. J. Krajewski, L. P. Ritzman, y M. K. Malhotra, *Administración de operaciones: Procesos y cadenas de valor*, 8a ed. Ciudad de México: PEARSON EDUCACIÓN, 2008.
- [42] J. Gido y J. P. Clements, *Successful project management*, 4a ed. SOUTH-WESTERN CENAGE learning, 2009.
- [43] J. R. Meredith y S. J. Mantel, *Project management: a managerial approach*, 7a ed. John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [44] C. F. Gray y E. W. Larson, *Project management: the managerial process*, 4a ed. McGraw-Hill Interamericana, 2009.
- [45] Project Management Institute, *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos*, 3a ed.

- Project Management Institute, 2004.
- [46] W. G. Sullivan, E. M. Wicks, y J. T. Luxhoj, *Ingeniería económica de DeGarmo*, 12a ed. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2004.
- [47] I. Chiavenato, *Administración de recursos humanos: El capital humano de las organizaciones.*, 8a ed. McGraw-Hill Interamericana, 2007.
- [48] P. Fortescue, G. Swinerd, y J. Stark, *Spacecraft Systems Engineering*, 4a ed. John Wiley & Sons, Ltd, 2011.
- [49] M. Rycroft y N. Crosby, *Smaller satellites: bigger business?*, 6a ed. Springer Science+Business Media Dordrecht, 2002.
- [50] Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aeroespacial, *Introducción al diseño de satélites pequeños*. SOMECYTA, 2014.
- [51] CalPoly, "Cubesat design specification rev. 13", *CubeSat Program, Calif. Polytech. State ...*, vol. 8651, p. 22, 2009.
- [52] CALIFORNIA POLYTECHNIC STATE UNIVERSITY, "About CubeSat". [En línea]. Disponible en: <http://www.cubesat.org/about/>.
- [53] R. Ojeda Aréchiga, "Diseno y evaluación de un sistema de telemetría para un nanosatelite", CICESE, 2015.
- [54] Spaceflight101, "Minotaur I ORS-3 Launch Updates - Spaceflight101". [En línea]. Disponible en: <http://www.spaceflight101.net/minotaur-i-ors-3-launch-updates.html>.
- [55] Pumpkin, "CubeSat Kit - Design & CAD Models", 2000. [En línea]. Disponible en: <http://www.cubesatkit.com/content/design.html>.
- [56] Kentucky Space, "KySat-1: Flight model assembly soon - Kentucky Space", 2008. [En línea]. Disponible en: http://kysat.typepad.com/my_weblog/2008/12/kysat-1-flight-model-to-be-assembled-soon.html.
- [57] ISIS, "ISIS UHF uplink/VHF downlink Full Duplex Transceiver", 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.isispace.nl/product/vhf-downlink-UHF-uplink-full-duplex-transceiver/>.
- [58] ISIS, "ISIS VHF uplink/UHF downlink Full Duplex Transceiver", 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.isispace.nl/product/isis-UHF-downlink-vhf-uplink-full-duplex-transceiver/>.

- [59] AstroDev, "Helium 100 UHF/VHF Radio", 2017. [En línea]. Disponible en:
http://www.astrodev.com/public_html2/.
- [60] ISIS, "Innovative Solutions In Space - Official website", 2016. [En línea]. Disponible en:
<https://www.isispace.nl/about-us/general-information/>.
- [61] C. Space, "Clyde Space - Official webpage", 2016. [En línea]. Disponible en:
<https://www.clyde.space/about-us>.
- [62] ISO-9000, "¿Qué es ISO 9001:2008?" [En línea]. Disponible en:
<http://www.normas9000.com/que-es-iso-9000.html>.
- [63] S. De Cesare, M. Lycett, y R. Macredie, *Development of component-based information systems*. M.E. Sharpe, 2006.
- [64] Pumpkin, "About Pumpkin", 2013. [En línea]. Disponible en:
http://www.cubesatkit.com/content/pumpkin/about_pumpkin_inc.html.
- [65] A. de J. Arellano Serrano, "Requerimientos para desarrollar y poner en órbita satélites CubeSat dentro de un entorno universitario", UNAM, 2015.
- [66] Tyvak, "About Tyvak", 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.tyvak.com/company/>.
- [67] CrystalSpace, "Official Page". [En línea]. Disponible en: <http://crystalspace.eu>.
- [68] Banco de México, "Banco de México", 2017. [En línea]. Disponible en:
<http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-cambiarior/>. [Consultado: 07-abr-2017].

7 ANEXOS

7.1 ANEXO Perfiles de puestos

7.1.1 Perfil de puesto del coordinador

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Coordinador de proyecto		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
Aplicar conocimientos en administración de proyectos, habilidades, herramientas y técnicas a un amplio rango de actividades con el fin de encontrar requerimientos, capacitar al equipo de trabajo, responsabilizarse de la evaluación y control de los riesgos del proyecto para entregar un resultado final que de una buena aceptación final.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Licenciado en administración, Ingeniería Industrial				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Contabilidad, Manejo de programas de ofimática (Microsoft Office), Herramientas de planificación				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		

4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol	x		
7	Autonomía	x		
8	Creatividad	x		
9	Delegación		x	
10	Dinamismo		x	
11	Flexibilidad		x	
12	Independencia		x	
13	Iniciativa	x		
14	Integridad	x		
15	Juicio	x		
16	Liderazgo	x		
17	Negociación y conciliación	x		
18	Orientación al servicio	x		
19	Persuasión	x		
20	Planificación y Organización	x		
21	Resolución de problemas	x		
22	Sensibilidad interpersonal		x	
23	Sociabilidad	x		
24	Toma de decisiones	x		
25	Trabajo bajo presión	x		
26	Trabajo en equipo	x		

4.2 TÉCNICAS

1	Atención al detalle	x		
2	Atención al público		x	
3	Auto organización	x		
4	Comunicación no verbal	x		
5	Comunicación oral y escrita	x		
6	Disciplina	x		
7	Razonamiento numérico	x		
8	Sentido de Urgencia	x		

5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES	PORCENTAJE DE LA JORNADA LABORAL			
5.1 CARGA FÍSICA	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Posición Sedente			x	x
Posturas mantenidas			x	
Alternar posiciones			x	
Destreza Manual				x
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción			x	
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				x
Producir información oral/escrita				x
Análisis de información				x
Emitir respuestas rápidas				x
Atención				x
Concentración				x
Repetitividad	x			
Monotonía	x			
Tareas de precisión visomotora		x		
Habilidad para solucionar problemas				x
Interpretación de signos y símbolos				x
Percepción causa - efecto				x
Valoración de la realidad				x
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.2 Perfil de puesto del jefe de ingeniería

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:	Jefe de ingeniería			
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
El Jefe de Ingeniería deberá interactuar con los líderes encargados de los distintos subsistemas y así lograr el correcto funcionamiento de los subsistemas individuales y en conjunto. Trabaja fuertemente en conjunto con el Jefe de Calidad y Pruebas. De igual manera mantendrá una comunicación constante y efectiva con los jefes y el Coordinador del Proyecto.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniero en sistemas, Ingeniero Industrial. Especialidad en gestión de riesgos. Con experiencia (preferible).				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Manejara programas de ofimática (Microsoft Office)				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol	x		
7	Autonomía	x		
8	Creatividad	x		

9	Delegación	x			
10	Dinamismo	x			
11	Flexibilidad	x			
12	Independencia	x			
13	Iniciativa	x			
14	Integridad	x			
15	Juicio	x			
16	Liderazgo	x			
17	Negociación y conciliación	x			
18	Orientación al servicio	x			
19	Persuasión	x			
20	Planificación y Organización	x			
21	Resolución de problemas	x			
22	Sensibilidad interpersonal		x		
23	Sociabilidad	x			
24	Toma de decisiones	x			
25	Trabajo bajo presión	x			
26	Trabajo en equipo	x			
4.2 TÉCNICAS					
1	Atención al detalle	x			
2	Atención al público		x		
3	Auto organización	x			
4	Comunicación no verbal	x			
5	Comunicación oral y escrita	x			
6	Disciplina	x			
7	Razonamiento numérico	x			
8	Sentido de Urgencia	x			
5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES					
5.1 CARGA FÍSICA		0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Posición Sedente				x	

Posturas mantenidas		x		
Alternar posiciones			x	
Destreza Manual		x		
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción			x	
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				x
Producir información oral/escrita				x
Análisis de información				x
Emitir respuestas rápidas				x
Atención				x
Concentración		x		
Repetitividad	x			
Monotonía	x			
Tareas de precisión visomotora				x
Habilidad para solucionar problemas				x
Interpretación de signos y símbolos				x
Percepción causa - efecto				x
Valoración de la realidad				x
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.3 Perfil de puesto del encargado del subsistema de control de posición y estabilización

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Encargado del subsistema de control de posición y estabilización		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
El encargado del subsistema de control de posición y estabilización deberá ser especialista en control, tener conocimientos de mecánica orbital. Sera el responsable del correcto diseño y operación del subsistema.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniero electrónico, ingeniero en instrumentación y control, ingeniero aeroespacial, ingeniero físico.				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
STK, MATLAB, PROTEUS, MULTISIM				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol		x	
7	Autonomía		x	

8	Creatividad		x	
9	Delegación		x	
10	Dinamismo	x		
11	Flexibilidad	x		
12	Independencia		x	
13	Iniciativa	x		
14	Integridad	x		
15	Juicio	x		
16	Liderazgo	x		
17	Negociación y conciliación		x	
18	Orientación al servicio		x	
19	Persuasión		x	
20	Planificación y Organización		x	
21	Resolución de problemas	x		
22	Sensibilidad interpersonal		x	
23	Sociabilidad		x	
24	Toma de decisiones	x		
25	Trabajo bajo presión	x		
26	Trabajo en equipo	x		

4.2 TÉCNICAS

1	Atención al detalle	x		
2	Atención al público			x
3	Auto organización	x		
4	Comunicación no verbal	x		
5	Comunicación oral y escrita	x		
6	Disciplina	x		
7	Razonamiento numérico	x		
8	Sentido de Urgencia		x	

5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES		PORCENTAJE DE LA JORNADA LABORAL			
5.1 CARGA FÍSICA		0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%

Posición Sedente				x
Posturas mantenidas				x
Alternar posiciones		x		
Destreza Manual		x		
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción	x			
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				x
Producir información oral/escrita				x
Análisis de información				x
Emitir respuestas rápidas				x
Atención				x
Concentración				x
Repetitividad			x	
Monotonía			x	
Tareas de precisión visomotora				x
Habilidad para solucionar problemas				x
Interpretación de signos y símbolos				x
Percepción causa - efecto			x	
Valoración de la realidad			x	

6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO

TIPO	REQUERIDO	NO REQUERIDO
Examen Médico	x	
Visiometría	x	
Audiometría		x
Espirometría		x
Cuadro Hemático		x

7.1.4 Perfil de puesto del auxiliar del subsistema de control de posición y estabilización

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Auxiliar del subsistema de control de posición y estabilización		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
El auxiliar del subsistema de control de posición y estabilización deberá asistir al encargado de este subsistema durante el diseño, desarrollo y operación del mismo.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniero en electrónica, físico, técnico en electrónica.				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
STK, MATLAB, PROTEUS, MULTISIM				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol		x	
7	Autonomía		x	
8	Creatividad		x	

9	Delegación		x		
10	Dinamismo	x			
11	Flexibilidad	x			
12	Independencia		x		
13	Iniciativa	x			
14	Integridad	x			
15	Juicio	x			
16	Liderazgo	x			
17	Negociación y conciliación		x		
18	Orientación al servicio		x		
19	Persuasión		x		
20	Planificación y Organización		x		
21	Resolución de problemas	x			
22	Sensibilidad interpersonal		x		
23	Sociabilidad		x		
24	Toma de decisiones	x			
25	Trabajo bajo presión	x			
26	Trabajo en equipo	x			
4.2 TÉCNICAS					
1	Atención al detalle	x			
2	Atención al público			x	
3	Auto organización	x			
4	Comunicación no verbal	x			
5	Comunicación oral y escrita	x			
6	Disciplina	x			
7	Razonamiento numérico	x			
8	Sentido de Urgencia		x		
5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES					
5.1 CARGA FÍSICA		0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Posición Sedente					x

Posturas mantenidas				x
Alternar posiciones		x		
Destreza Manual		x		
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción	x			
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				x
Producir información oral/escrita				x
Análisis de información				x
Emitir respuestas rápidas				x
Atención				x
Concentración				x
Repetitividad			x	
Monotonía			x	
Tareas de precisión visomotora				x
Habilidad para solucionar problemas				x
Interpretación de signos y símbolos				x
Percepción causa - efecto			x	
Valoración de la realidad			x	
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.5 Perfil de puesto del encargado del subsistema de la computadora a bordo

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:	Encargado del subsistema de la computadora a bordo			
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
El encargado del subsistema de la computadora a bordo deberá diseñar el circuito de la computadora, así como también desarrollar el software necesario para su adecuado funcionamiento, tomando en cuenta recomendaciones en la documentación existente. Sera el encargado de la correcta integración y comunicación con los demás subsistemas.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniero en electrónica, ingeniero en computación				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Sistemas de control de versiones, Python, C++, Linux, FPGA, sistemas embebidos, RTOS.				
4. COMPETENCIAS	NIVEL			
	ALTO	MEDIO	BAJO	
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol		x	
7	Autonomía		x	
8	Creatividad			x

9	Delegación		x	
10	Dinamismo		x	
11	Flexibilidad	x		
12	Independencia		x	
13	Iniciativa	x		
14	Integridad	x		
15	Juicio	x		
16	Liderazgo	x		
17	Negociación y conciliación		x	
18	Orientación al servicio		x	
19	Persuasión		x	
20	Planificación y Organización		x	
21	Resolución de problemas	x		
22	Sensibilidad interpersonal		x	
23	Sociabilidad		x	
24	Toma de decisiones	x		
25	Trabajo bajo presión	x		
26	Trabajo en equipo	x		
4.2 TÉCNICAS				
1	Atención al detalle	x		
2	Atención al público			x
3	Auto organización	x		
4	Comunicación no verbal	x		
5	Comunicación oral y escrita	x		
6	Disciplina	x		
7	Razonamiento numérico	x		
8	Sentido de Urgencia	x		
5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES				
5.1 CARGA FÍSICA		0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%
Posición Sedente				x
			76 - 100%	

Posturas mantenidas				x
Alternar posiciones		x		
Destreza Manual			x	
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción	x			
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				x
Producir información oral/escrita				x
Análisis de información				x
Emitir respuestas rápidas				x
Atención				x
Concentración				x
Repetitividad				x
Monotonía			x	
Tareas de precisión visomotora				x
Habilidad para solucionar problemas				x
Interpretación de signos y símbolos				x
Percepción causa - efecto			x	
Valoración de la realidad			x	
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.6 Perfil de puesto del auxiliar del subsistema de la computadora a bordo

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:	Auxiliar del subsistema de la computadora a bordo			
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
El auxiliar del subsistema de la computadora a bordo deberá apoyar al encargado del mismo subsistema en el diseño del circuito de la computadora, así como también desarrollar el software necesario para su adecuado funcionamiento, tomando en cuenta recomendaciones en la documentación existente.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniero en electrónica, ingeniero en computación, técnico en electrónica				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Sistemas de control de versiones, Python, C++, Linux, FPGA, sistemas embebidos, RTOS.				
4. COMPETENCIAS	NIVEL			
	ALTO	MEDIO	BAJO	
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol		x	
7	Autonomía		x	
8	Creatividad			x

9	Delegación		x		
10	Dinamismo		x		
11	Flexibilidad	x			
12	Independencia		x		
13	Iniciativa	x			
14	Integridad	x			
15	Juicio	x			
16	Liderazgo	x			
17	Negociación y conciliación		x		
18	Orientación al servicio		x		
19	Persuasión		x		
20	Planificación y Organización		x		
21	Resolución de problemas	x			
22	Sensibilidad interpersonal		x		
23	Sociabilidad		x		
24	Toma de decisiones	x			
25	Trabajo bajo presión	x			
26	Trabajo en equipo	x			
4.2 TÉCNICAS					
1	Atención al detalle	x			
2	Atención al público			x	
3	Auto organización	x			
4	Comunicación no verbal	x			
5	Comunicación oral y escrita	x			
6	Disciplina	x			
7	Razonamiento numérico	x			
8	Sentido de Urgencia	x			
5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES					
5.1 CARGA FÍSICA		0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Posición Sedente					x

Posturas mantenidas				x
Alternar posiciones		x		
Destreza Manual			x	
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción	x			
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				x
Producir información oral/escrita				x
Análisis de información				x
Emitir respuestas rápidas				x
Atención				x
Concentración				x
Repetitividad				x
Monotonía			x	
Tareas de precisión visomotora				x
Habilidad para solucionar problemas				x
Interpretación de signos y símbolos				x
Percepción causa - efecto			x	
Valoración de la realidad			x	
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.7 Perfil de puesto del encargado del subsistema de Telemetría y Comando

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Encargado del subsistema de Telemetría y Comando		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
<p>El encargado del subsistema de telemetría tendrá como requisito indispensable conocer de telecomunicaciones. Deberá implementar los protocolos de comunicación adecuados trabajará en conjunto con el encargado de la estación terrena en lo que a comunicación espacio-Tierra se refiere; así como el diseño de las antenas adecuadas.</p>				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniero en electrónica				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Software de diseño de antenas, MATLAB				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol		x	

7	Autonomía		x	
8	Creatividad			x
9	Delegación		x	
10	Dinamismo		x	
11	Flexibilidad	x		
12	Independencia		x	
13	Iniciativa	x		
14	Integridad	x		
15	Juicio	x		
16	Liderazgo	x		
17	Negociación y conciliación		x	
18	Orientación al servicio			x
19	Persuasión			x
20	Planificación y Organización	x		
21	Resolución de problemas	x		
22	Sensibilidad interpersonal		x	
23	Sociabilidad		x	
24	Toma de decisiones	x		
25	Trabajo bajo presión	x		
26	Trabajo en equipo	x		
4.2 TÉCNICAS				
1	Atención al detalle	x		
2	Atención al público			x
3	Auto organización	x		
4	Comunicación no verbal	x		
5	Comunicación oral y escrita	x		
6	Disciplina	x		
7	Razonamiento numérico		x	
8	Sentido de Urgencia	x		
5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES				
PORCENTAJE DE LA JORNADA LABORAL				

5.1 CARGA FÍSICA	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Posición Sedente			x	
Posturas mantenidas			x	
Alternar posiciones		x		
Destreza Manual			x	
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción	x			
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				x
Producir información oral/escrita			X	
Análisis de información				x
Emitir respuestas rápidas				x
Atención				x
Concentración				x
Repetitividad			x	
Monotonía			x	
Tareas de precisión visomotora			x	
Habilidad para solucionar problemas			x	
Interpretación de signos y símbolos				x
Percepción causa - efecto			x	
Valoración de la realidad			x	
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.8 Perfil de puesto del auxiliar del subsistema de control de posición y estabilización

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Auxiliar del subsistema de Telemetría y Comando		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
Deberá tener conocimiento en telecomunicaciones para poder apoyar en la implementación de los protocolos de comunicación adecuados y en el diseño de las antenas.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniero en electrónica, técnico en electrónica				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Software de diseño de antenas, MATLAB				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol		x	
7	Autonomía		x	
8	Creatividad			x

9	Delegación		x		
10	Dinamismo		x		
11	Flexibilidad	x			
12	Independencia		x		
13	Iniciativa	x			
14	Integridad	x			
15	Juicio	x			
16	Liderazgo	x			
17	Negociación y conciliación		x		
18	Orientación al servicio			x	
19	Persuasión			x	
20	Planificación y Organización	x			
21	Resolución de problemas	x			
22	Sensibilidad interpersonal		x		
23	Sociabilidad		x		
24	Toma de decisiones	x			
25	Trabajo bajo presión	x			
26	Trabajo en equipo	x			
4.2 TÉCNICAS					
1	Atención al detalle	x			
2	Atención al público			x	
3	Auto organización	x			
4	Comunicación no verbal	x			
5	Comunicación oral y escrita	x			
6	Disciplina	x			
7	Razonamiento numérico		x		
8	Sentido de Urgencia	x			
5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES					
5.1 CARGA FÍSICA		0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Posición Sedente				x	

Posturas mantenidas			x	
Alternar posiciones	x			
Destreza Manual			x	
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción	x			
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				x
Producir información oral/escrita			X	
Análisis de información				x
Emitir respuestas rápidas				x
Atención				x
Concentración				x
Repetitividad			x	
Monotonía			x	
Tareas de precisión visomotora			x	
Habilidad para solucionar problemas			x	
Interpretación de signos y símbolos				x
Percepción causa - efecto			x	
Valoración de la realidad			x	
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.9 Perfil de puesto del encargado del subsistema de la carga útil

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Encargado de la carga útil		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
Deberá diseñar una carga útil que cumpla con los requerimientos necesarios, adaptándose al estándar CubeSat.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniero en electrónica/Ingeniero en computación, Biólogo/Físico/Químico				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
STK, MATLAB, Linux				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol		x	
7	Autonomía		x	

8	Creatividad			x
9	Delegación		x	
10	Dinamismo		x	
11	Flexibilidad	x		
12	Independencia		x	
13	Iniciativa	x		
14	Integridad	x		
15	Juicio	x		
16	Liderazgo	x		
17	Negociación y conciliación		x	
18	Orientación al servicio			x
19	Persuasión			x
20	Planificación y Organización	x		
21	Resolución de problemas		x	
22	Sensibilidad interpersonal		x	
23	Sociabilidad		x	
24	Toma de decisiones		x	
25	Trabajo bajo presión	x		
26	Trabajo en equipo	x		

4.2 TÉCNICAS

1	Atención al detalle	x		
2	Atención al público			x
3	Auto organización	x		
4	Comunicación no verbal			x
5	Comunicación oral y escrita		x	
6	Disciplina	x		
7	Razonamiento numérico		x	
8	Sentido de Urgencia	x		

5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES		PORCENTAJE DE LA JORNADA LABORAL			
5.1 CARGA FÍSICA		0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%

Posición Sedente			x	
Posturas mantenidas			x	
Alternar posiciones	x			
Destreza Manual			x	
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción	x			
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita			x	
Producir información oral/escrita			X	
Análisis de información			x	
Emitir respuestas rápidas			x	
Atención				x
Concentración				x
Repetitividad	X			
Monotonía	X			
Tareas de precisión visomotora			x	
Habilidad para solucionar problemas			x	
Interpretación de signos y símbolos			x	
Percepción causa - efecto			x	
Valoración de la realidad			x	
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.10 Perfil de puesto del auxiliar del subsistema de la carga útil

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Auxiliar del subsistema de la carga útil		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
Deberá apoyar en el diseño de una carga útil que cumpla con los requerimientos necesarios, adaptándose al estándar CubeSat.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniero en electrónica/Ingeniero en computación, Biólogo/Físico/Químico				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
STK, MATLAB, Linux				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol	x		
7	Autonomía	x		

8	Creatividad		X	
9	Delegación		x	
10	Dinamismo		x	
11	Flexibilidad		x	
12	Independencia		x	
13	Iniciativa		x	
14	Integridad	x		
15	Juicio	x		
16	Liderazgo	x		
17	Negociación y conciliación	x		
18	Orientación al servicio		X	
19	Persuasión		x	
20	Planificación y Organización	x		
21	Resolución de problemas		x	
22	Sensibilidad interpersonal		x	
23	Sociabilidad		x	
24	Toma de decisiones		x	
25	Trabajo bajo presión	x		
26	Trabajo en equipo	x		

4.2 TÉCNICAS

1	Atención al detalle	x		
2	Atención al público			x
3	Auto organización	x		
4	Comunicación no verbal			x
5	Comunicación oral y escrita		x	
6	Disciplina	x		
7	Razonamiento numérico		x	
8	Sentido de Urgencia	x		

5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES

PORCENTAJE DE LA JORNADA LABORAL

5.1 CARGA FÍSICA

0 - 25%

26 - 50%

51 - 75%

76 - 100%

Posición Sedente			x	
Posturas mantenidas		x		
Alternar posiciones			x	
Destreza Manual				x
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción			x	
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita			x	
Producir información oral/escrita			X	
Análisis de información			x	
Emitir respuestas rápidas			x	
Atención				x
Concentración				x
Repetitividad	X			
Monotonía	X			
Tareas de precisión visomotora			x	
Habilidad para solucionar problemas			x	
Interpretación de signos y símbolos			x	
Percepción causa - efecto			x	
Valoración de la realidad			x	
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.11 Perfil de puesto del encargado del subsistema de energía

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Encargado del subsistema de energía		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
Se deberá diseñar el circuito eléctrico necesario, selección de componentes electrónicos adecuados, elaboración de la tarjeta.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniero en electrónica, ingeniero en energía, ingeniero eléctrico.				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Simuladores de circuitos eléctricos				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol	x		
7	Autonomía	x		

8	Creatividad			x
9	Delegación		x	
10	Dinamismo		x	
11	Flexibilidad	x		
12	Independencia		X	
13	Iniciativa	x		
14	Integridad	x		
15	Juicio	x		
16	Liderazgo	x		
17	Negociación y conciliación		x	
18	Orientación al servicio		X	
19	Persuasión		x	
20	Planificación y Organización		X	
21	Resolución de problemas	x		
22	Sensibilidad interpersonal		x	
23	Sociabilidad		x	
24	Toma de decisiones	x		
25	Trabajo bajo presión	x		
26	Trabajo en equipo	x		

4.2 TÉCNICAS

1	Atención al detalle	x		
2	Atención al público			x
3	Auto organización	x		
4	Comunicación no verbal	x		
5	Comunicación oral y escrita	X		
6	Disciplina	x		
7	Razonamiento numérico		x	
8	Sentido de Urgencia	x		

5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES

PORCENTAJE DE LA JORNADA LABORAL

5.1 CARGA FÍSICA

0 - 25%

26 - 50%

51 - 75%

76 - 100%

Posición Sedente				X
Posturas mantenidas				x
Alternar posiciones	x			
Destreza Manual				x
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción	x			
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				X
Producir información oral/escrita			X	X
Análisis de información				X
Emitir respuestas rápidas				X
Atención				X
Concentración				x
Repetitividad			X	
Monotonía			x	
Tareas de precisión visomotora				X
Habilidad para solucionar problemas			x	
Interpretación de signos y símbolos				x
Percepción causa - efecto			x	
Valoración de la realidad			x	
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.12 Perfil de puesto del auxiliar del subsistema de energía

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Auxiliar del subsistema de energía		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
El auxiliar del subsistema de energía deberá apoyar a diseñar el circuito eléctrico necesario, seleccionar los componentes electrónicos adecuados y en la elaboración de la tarjeta al encargado de este subsistema.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniero en electrónica, ingeniero en energía, ingeniero eléctrico, técnico electrónico, técnico eléctrico				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Simuladores de circuitos eléctricos				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol	x		
7	Autonomía	x		

8	Creatividad			x
9	Delegación		x	
10	Dinamismo		x	
11	Flexibilidad	x		
12	Independencia		X	
13	Iniciativa	x		
14	Integridad	x		
15	Juicio	x		
16	Liderazgo	x		
17	Negociación y conciliación		x	
18	Orientación al servicio		X	
19	Persuasión		x	
20	Planificación y Organización		X	
21	Resolución de problemas	x		
22	Sensibilidad interpersonal		x	
23	Sociabilidad		x	
24	Toma de decisiones	x		
25	Trabajo bajo presión	x		
26	Trabajo en equipo	x		

4.2 TÉCNICAS

1	Atención al detalle	x		
2	Atención al público			x
3	Auto organización	x		
4	Comunicación no verbal	x		
5	Comunicación oral y escrita	X		
6	Disciplina	x		
7	Razonamiento numérico		x	
8	Sentido de Urgencia	x		

5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES

PORCENTAJE DE LA JORNADA LABORAL

5.1 CARGA FÍSICA

0 - 25%

26 - 50%

51 - 75%

76 - 100%

Posición Sedente				X
Posturas mantenidas				x
Alternar posiciones	x			
Destreza Manual				x
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción	x			
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				X
Producir información oral/escrita			X	X
Análisis de información				X
Emitir respuestas rápidas				X
Atención				X
Concentración				x
Repetitividad			X	
Monotonía			x	
Tareas de precisión visomotora				X
Habilidad para solucionar problemas			x	
Interpretación de signos y símbolos				x
Percepción causa - efecto			x	
Valoración de la realidad			x	
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.13 Perfil de puesto del encargado del subsistema de estructura

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO

DENOMINACIÓN:		Encargado del subsistema de estructura		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
El encargado del subsistema de estructura del CubeSat deberá ser capaz de realizar el modelo CAD de la estructura basándose en el estándar CubeSat				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniero industrial, Ingeniero mecánico, Diseñador industrial				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
AutoCAD, FreeCAD, SolidWorks, CATIA				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad		x	
6	Autocontrol		x	
7	Autonomía		x	
8	Creatividad	x		
9	Delegación		x	
10	Dinamismo	x		
11	Flexibilidad	x		

12	Independencia		X	
13	Iniciativa	x		
14	Integridad	x		
15	Juicio	x		
16	Liderazgo	x		
17	Negociación y conciliación		x	
18	Orientación al servicio		X	
19	Persuasión		x	
20	Planificación y Organización	X		
21	Resolución de problemas	x		
22	Sensibilidad interpersonal		x	
23	Sociabilidad		x	
24	Toma de decisiones		X	
25	Trabajo bajo presión	x		
26	Trabajo en equipo	x		

4.2 TÉCNICAS

1	Atención al detalle	x		
2	Atención al público			x
3	Auto organización		x	
4	Comunicación no verbal		x	
5	Comunicación oral y escrita		X	
6	Disciplina	X		
7	Razonamiento numérico			X
8	Sentido de Urgencia		X	

5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES

PORCENTAJE DE LA JORNADA LABORAL

5.1 CARGA FÍSICA	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Posición Sedente				X
Posturas mantenidas				x
Alternar posiciones	x			
Destreza Manual				x

Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción	x			
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				X
Producir información oral/escrita				X
Análisis de información				X
Emitir respuestas rápidas				X
Atención				X
Concentración				x
Repetitividad			X	
Monotonía			x	
Tareas de precisión visomotora				X
Habilidad para solucionar problemas			x	
Interpretación de signos y símbolos				x
Percepción causa - efecto			x	
Valoración de la realidad			x	
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.14 Perfil de puesto del jefe de administración

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:	Jefe de Administración			
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
El Jefe de Administración deberá supervisar a sus subordinados, garantizar que los recursos económicos y humanos del proyecto se utilicen de manera adecuada, en tiempo y forma. De igual manera, mantendrá una comunicación efectiva y constante con los demás jefes y el Coordinador de Proyecto.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Licenciatura en Administración, Licenciatura en Contabilidad, Licenciatura en Economía, Ingeniería Industrial				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Manejara programas de ofimática (Microsoft Office) y software para gestión de recursos económicos				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol	X		
7	Autonomía	x		
8	Creatividad	X		

9	Delegación	X			
10	Dinamismo	X			
11	Flexibilidad	x			
12	Independencia	x			
13	Iniciativa	x			
14	Integridad	x			
15	Juicio	x			
16	Liderazgo	x			
17	Negociación y conciliación	X			
18	Orientación al servicio	X			
19	Persuasión	X			
20	Planificación y Organización	X			
21	Resolución de problemas	x			
22	Sensibilidad interpersonal		x		
23	Sociabilidad	X			
24	Toma de decisiones	x			
25	Trabajo bajo presión	x			
26	Trabajo en equipo	x			
4.2 TÉCNICAS					
1	Atención al detalle	x			
2	Atención al público		x		
3	Auto organización	X			
4	Comunicación no verbal	X			
5	Comunicación oral y escrita	x			
6	Disciplina	X			
7	Razonamiento numérico	X			
8	Sentido de Urgencia	x			
5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES					
5.1 CARGA FÍSICA		0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Posición Sedente				x	

Posturas mantenidas		X		
Alternar posiciones			x	
Destreza Manual		x		
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción			x	
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				X
Producir información oral/escrita				X
Análisis de información				X
Emitir respuestas rápidas				X
Atención				X
Concentración				x
Repetitividad			X	
Monotonía	x			
Tareas de precisión visomotora	x			
Habilidad para solucionar problemas				X
Interpretación de signos y símbolos				X
Percepción causa - efecto				x
Valoración de la realidad				x
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.15 Perfil de puesto del encargado de recursos humanos

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Encargado de recursos humanos		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
Se encargará de administrar los recursos humanos de acuerdo con las normas y procedimientos aplicables, otorgando las prestaciones económicas y sociales apropiadas al personal para el desarrollo de sus funciones.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Titulado de Ciencias Económicas-Administrativas o Ciencias Sociales				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Manejo de paquetes computacionales (Microsoft office)				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol		x	
7	Autonomía		x	
8	Creatividad	x		

9	Delegación		x	
10	Dinamismo	X		
11	Flexibilidad	x		
12	Independencia	x		
13	Iniciativa	x		
14	Integridad	x		
15	Juicio	x		
16	Liderazgo	x		
17	Negociación y conciliación	X		
18	Orientación al servicio	X		
19	Persuasión	X		
20	Planificación y Organización	X		
21	Resolución de problemas		x	
22	Sensibilidad interpersonal		x	
23	Sociabilidad	X		
24	Toma de decisiones	x		
25	Trabajo bajo presión	x		
26	Trabajo en equipo	x		
4.2 TÉCNICAS				
1	Atención al detalle	x		
2	Atención al público		x	
3	Auto organización	X		
4	Comunicación no verbal	X		
5	Comunicación oral y escrita	x		
6	Disciplina	X		
7	Razonamiento numérico	X		
8	Sentido de Urgencia	x		
5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES				
5.1 CARGA FÍSICA		0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%
Posición Sedente				x
				76 - 100%

Posturas mantenidas			x	
Alternar posiciones		x		
Destreza Manual				x
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción	x			
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				X
Producir información oral/escrita				X
Análisis de información				X
Emitir respuestas rápidas				X
Atención				X
Concentración				x
Repetitividad			X	
Monotonía			X	
Tareas de precisión visomotora	x			
Habilidad para solucionar problemas			x	
Interpretación de signos y símbolos				X
Percepción causa - efecto				x
Valoración de la realidad				x
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.16 Perfil de puesto del encargado de contabilidad

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Encargado de contabilidad		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
Planear, organizar, dirigir y ejecutar la información financiera y presupuestaria de manera clara y oportuna para la toma de decisiones				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Licenciado en administración, licenciado en contaduría pública				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Contabilidad, Manejo de programas de ofimática (Microsoft Office), Herramientas de planificación				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol		x	
7	Autonomía		x	
8	Creatividad			x

9	Delegación		x	
10	Dinamismo		x	
11	Flexibilidad	x		
12	Independencia		x	
13	Iniciativa	x		
14	Integridad	x		
15	Juicio	X		
16	Liderazgo	X		
17	Negociación y conciliación	X		
18	Orientación al servicio	X		
19	Persuasión	X		
20	Planificación y Organización	X		
21	Resolución de problemas		x	
22	Sensibilidad interpersonal		x	
23	Sociabilidad		X	
24	Toma de decisiones	x		
25	Trabajo bajo presión	x		
26	Trabajo en equipo	x		
4.2 TÉCNICAS				
1	Atención al detalle	x		
2	Atención al público		x	
3	Auto organización	X		
4	Comunicación no verbal	X		
5	Comunicación oral y escrita	x		
6	Disciplina	X		
7	Razonamiento numérico	X		
8	Sentido de Urgencia	x		
5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES				
5.1 CARGA FÍSICA		0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%
Posición Sedente				x

Posturas mantenidas			x	
Alternar posiciones			x	
Destreza Manual				x
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción			x	
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				X
Producir información oral/escrita				X
Análisis de información				X
Emitir respuestas rápidas				X
Atención				X
Concentración				x
Repetitividad		X		
Monotonía		X		
Tareas de precisión visomotora		x		
Habilidad para solucionar problemas			x	
Interpretación de signos y símbolos				X
Percepción causa - efecto				x
Valoración de la realidad				x
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.17 Perfil de puesto del encargado de compras

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Encargado de compras		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
Realizar las adquisiciones de material requerido para la realización del proyecto en las mejores condiciones de rentabilidad, cotizaciones y negociaciones con los proveedores adecuados.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Licenciado en logística, Licenciado en administración, licenciado en contaduría pública				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Administración y control de inventarios, contabilidad básica, logística de entrega, Manejo de programas de ofimática (Microsoft Office)				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación	x		
2	Ambición profesional	x		
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol		X	
7	Autonomía		X	
8	Creatividad		x	

9	Delegación		x		
10	Dinamismo		x		
11	Flexibilidad	x			
12	Independencia		x		
13	Iniciativa	x			
14	Integridad	x			
15	Juicio	X			
16	Liderazgo	X			
17	Negociación y conciliación	X			
18	Orientación al servicio	X			
19	Persuasión	X			
20	Planificación y Organización	X			
21	Resolución de problemas		x		
22	Sensibilidad interpersonal		x		
23	Sociabilidad	x			
24	Toma de decisiones		X		
25	Trabajo bajo presión	x			
26	Trabajo en equipo	x			
4.2 TÉCNICAS					
1	Atención al detalle	x			
2	Atención al público		x		
3	Auto organización	X			
4	Comunicación no verbal	X			
5	Comunicación oral y escrita	x			
6	Disciplina	X			
7	Razonamiento numérico	X			
8	Sentido de Urgencia	x			
5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES					
		PORCENTAJE DE LA JORNADA LABORAL			
5.1 CARGA FÍSICA		0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Posición Sedente					x

Posturas mantenidas			x	
Alternar posiciones			x	
Destreza Manual				x
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción			x	
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				X
Producir información oral/escrita				X
Análisis de información				X
Emitir respuestas rápidas				X
Atención				X
Concentración				x
Repetitividad		X		
Monotonía		X		
Tareas de precisión visomotora		x		
Habilidad para solucionar problemas			x	
Interpretación de signos y símbolos				X
Percepción causa - efecto				x
Valoración de la realidad				x
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.18 Perfil de puesto del jefe de calidad y pruebas

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Jefe de calidad y pruebas		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
<p>El Jefe de Calidad y Pruebas, deberá supervisar y garantizar que las pruebas hechas a los distintos subsistemas sean realizadas de manera adecuada, siguiendo las normas y estándares que sean necesarios. De igual forma, deberá encargarse de la capacitación de sus subordinados. También mantendrá comunicación efectiva y constante con los distintos jefes y el Coordinador del Proyecto, para de esta forma, minimizar los errores y malentendidos que pueda haber</p>				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniería en sistemas, Ingeniería Industrial. Especialidad en Pruebas, Calidad o afin. Con experiencia en el área (preferible).				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Manejo de programas de ofimática (Microsoft Office), Simuladores de pruebas				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación		X	
2	Ambición profesional		X	
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol	x		
7	Autonomía		X	

8	Creatividad		x	
9	Delegación		x	
10	Dinamismo		x	
11	Flexibilidad		x	
12	Independencia		x	
13	Iniciativa	x		
14	Integridad	x		
15	Juicio	X		
16	Liderazgo	X		
17	Negociación y conciliación	X		
18	Orientación al servicio	X		
19	Persuasión	X		
20	Planificación y Organización	X		
21	Resolución de problemas			x
22	Sensibilidad interpersonal		X	
23	Sociabilidad	X		
24	Toma de decisiones	x		
25	Trabajo bajo presión	x		
26	Trabajo en equipo	x		

4.2 TÉCNICAS

1	Atención al detalle	x		
2	Atención al público		X	
3	Auto organización	X		
4	Comunicación no verbal	X		
5	Comunicación oral y escrita	x		
6	Disciplina	X		
7	Razonamiento numérico		x	
8	Sentido de Urgencia	x		

5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES

PORCENTAJE DE LA JORNADA LABORAL

5.1 CARGA FÍSICA

0 - 25%

26 - 50%

51 - 75%

76 - 100%

Posición Sedente			X	
Posturas mantenidas		X		
Alternar posiciones			x	
Destreza Manual				x
Levantamiento y Manejo de Cargas		x		
Velocidad de Reacción			x	
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				X
Producir información oral/escrita				X
Análisis de información				X
Emitir respuestas rápidas				X
Atención				X
Concentración				X
Repetitividad		X		
Monotonía		X		
Tareas de precisión visomotora		x		
Habilidad para solucionar problemas			x	
Interpretación de signos y símbolos				X
Percepción causa - efecto				x
Valoración de la realidad				x
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.19 Perfil de puesto del encargado de pruebas de vibración

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Encargado de pruebas de vibración.		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
El encargado de las pruebas de vibración será quien realice las pruebas de vibración al modelo de vuelo y de ingeniería cuando estén listos. Este se encargará de que las pruebas se realicen de acuerdo con el estándar, así como de mantener el equipo en buen estado y dentro de un ambiente controlado para que no haya inconvenientes durante las pruebas.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniería en Calidad y Pruebas, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Sistemas				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Manejo de programas de ofimática (Microsoft Office), MATLAB, Manejo de simuladores de pruebas, Manejo de lenguajes de programación				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación		x	
2	Ambición profesional		x	
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol		X	
7	Autonomía		X	

8	Creatividad			x
9	Delegación		x	
10	Dinamismo		x	
11	Flexibilidad		X	
12	Independencia		X	
13	Iniciativa	x		
14	Integridad	x		
15	Juicio	X		
16	Liderazgo	X		
17	Negociación y conciliación	X		
18	Orientación al servicio	X		
19	Persuasión	X		
20	Planificación y Organización			x
21	Resolución de problemas		X	
22	Sensibilidad interpersonal		X	
23	Sociabilidad	X		
24	Toma de decisiones		X	
25	Trabajo bajo presión	X		
26	Trabajo en equipo	X		

4.2 TÉCNICAS

1	Atención al detalle		x	
2	Atención al público			x
3	Auto organización		x	
4	Comunicación no verbal		X	
5	Comunicación oral y escrita		x	
6	Disciplina		X	
7	Razonamiento numérico	X		
8	Sentido de Urgencia	x		

5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES

PORCENTAJE DE LA JORNADA LABORAL

5.1 CARGA FÍSICA

0 - 25%

26 - 50%

51 - 75%

76 - 100%

Posición Sedente			X	
Posturas mantenidas		X		
Alternar posiciones			x	
Destreza Manual				x
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción				x
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				X
Producir información oral/escrita				X
Análisis de información				X
Emitir respuestas rápidas				X
Atención				X
Concentración				X
Repetitividad		X		
Monotonía		X		
Tareas de precisión visomotora				X
Habilidad para solucionar problemas				x
Interpretación de signos y símbolos				X
Percepción causa - efecto				x
Valoración de la realidad				x
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.1.20 Perfil de puesto del encargado de pruebas de termo vacío

1. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO				
DENOMINACIÓN:		Encargado de pruebas de termo vacío.		
2. OBJETO GENERAL DEL CARGO				
El encargado de las pruebas de termo vacío será quien realice las pruebas de termo vacío al modelo de vuelo y de ingeniería cuando estén listos. Este se encargará de que las pruebas se realicen de acuerdo con el estándar, así como de mantener el equipo en buen estado y dentro de un ambiente controlado para que no haya inconvenientes durante las pruebas.				
3. REQUISITOS MÍNIMOS				
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA:				
Ingeniería en Calidad y Pruebas, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Sistemas				
3.2 CONOCIMIENTOS REQUERIDOS				
Manejo de programas de ofimática (Microsoft Office), MATLAB, Manejo de simuladores de pruebas, Manejo de lenguajes de programación				
4. COMPETENCIAS		NIVEL		
		ALTO	MEDIO	BAJO
4.1 GENERALES				
1	Adaptación		x	
2	Ambición profesional		x	
3	Análisis	x		
4	Aprendizaje	x		
5	Asertividad	x		
6	Autocontrol		X	
7	Autonomía		X	

8	Creatividad			x
9	Delegación		x	
10	Dinamismo		x	
11	Flexibilidad		X	
12	Independencia		X	
13	Iniciativa	x		
14	Integridad	x		
15	Juicio	X		
16	Liderazgo	X		
17	Negociación y conciliación	X		
18	Orientación al servicio	X		
19	Persuasión	X		
20	Planificación y Organización			x
21	Resolución de problemas		X	
22	Sensibilidad interpersonal		X	
23	Sociabilidad	X		
24	Toma de decisiones		X	
25	Trabajo bajo presión	X		
26	Trabajo en equipo	X		

4.2 TÉCNICAS

1	Atención al detalle		x	
2	Atención al público			x
3	Auto organización		x	
4	Comunicación no verbal		X	
5	Comunicación oral y escrita		x	
6	Disciplina		X	
7	Razonamiento numérico	X		
8	Sentido de Urgencia	x		

5. REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MENTALES

PORCENTAJE DE LA JORNADA LABORAL

5.1 CARGA FÍSICA

0 - 25%

26 - 50%

51 - 75%

76 - 100%

Posición Sedente			X	
Posturas mantenidas		X		
Alternar posiciones			x	
Destreza Manual				x
Levantamiento y Manejo de Cargas	x			
Velocidad de Reacción				x
5.2 CARGA MENTAL	0 - 25%	26 - 50%	51 - 75%	76 - 100%
Recibir información oral/escrita				X
Producir información oral/escrita				X
Análisis de información				X
Emitir respuestas rápidas				X
Atención				X
Concentración				X
Repetitividad		X		
Monotonía		X		
Tareas de precisión visomotora				X
Habilidad para solucionar problemas				x
Interpretación de signos y símbolos				X
Percepción causa - efecto				x
Valoración de la realidad				x
6. EXÁMENES OCUPACIONALES DE INGRESO				
TIPO	REQUERIDO		NO REQUERIDO	
Examen Médico	x			
Visiometría	x			
Audiometría			x	
Espirometría			x	
Cuadro Hemático			x	

7.2 Anexo 2 Tareas del gráfico de Gantt

Nano-satélite *CubeSat* de 3 unidades

Duración de proyecto	01/Junio/2015 – 07/diciembre/2016
Tareas	79
Recursos Humanos	20

En este diagrama específicamente se muestra el tiempo necesario para la planeación y construcción de un *CubeSat* de 3 unidades, incluyendo el tiempo de contratación y capacitación del personal.

Tarea	Fecha de inicio	Fecha final
Planificación del proyecto	6/1/2015	10/30/2015
Contratación de personal	9/1/2015	9/30/2015
Capacitación de personal	10/1/2015	10/28/2015
Supervisión de proyecto	10/28/2015	12/6/2016
Subsistema de actitud (ADCS)	11/2/2015	10/21/2016
Trámites y adquisición de sistema de actitud	11/2/2015	4/13/2016
Desarrollo de protocolo de comunicación ADCS/OBC	4/14/2016	5/11/2016
Integración de OBC	5/12/2016	8/3/2016
Pruebas de funcionamiento	8/4/2016	10/21/2016
Subsistema de Telemetría y Comando	11/2/2015	10/25/2016
Trámites y adquisición de radio satelital	11/2/2015	3/10/2016
Desarrollo de protocolo de comunicación RADIO/OBC	3/11/2016	6/3/2016
Integración con OBC	6/6/2016	8/26/2016
Prueba de Telemetría y Comando (Radio Frecuencia)	8/29/2016	10/25/2016
Antenas VHF (<i>Very High Frequency</i>)	11/16/2015	6/1/2016
Trámites y adquisición de antenas VHF	11/16/2015	3/24/2016
Integración con la OBC (Pruebas de despliegue)	3/28/2016	4/28/2016
Pruebas de despliegue de antenas	4/29/2016	6/1/2016
Antenas UHF (<i>Ultra High Frequency</i>)	11/16/2015	4/29/2016
Trámites y adquisición de antenas UHF	11/16/2015	3/24/2016
Integración con la OBC (Pruebas de despliegue)	3/25/2016	4/13/2016
Pruebas de despliegue de antenas	4/14/2016	4/29/2016
Subsistema de computadora de vuelo (OBC)	1/4/2016	5/31/2016

Diseño del esquemático del circuito impreso	1/4/2016	3/25/2016
Desarrollo	1/4/2016	3/11/2016
Simulación	1/4/2016	3/11/2016
Compra de componentes	3/7/2016	3/18/2016
Validación de diseño	3/14/2016	3/25/2016
Tarjeta de carga útil	2/1/2016	3/18/2016
Diseño esquemático	2/1/2016	3/18/2016
Desarrollo	2/1/2016	3/4/2016
Simulación	2/1/2016	3/4/2016
Solicitud de compra de componentes	3/7/2016	3/11/2016
Validación del diseño	3/7/2016	3/18/2016
Sistema de Energía Eléctrica (EPS)	11/2/2015	8/16/2016
Trámites y adquisición de paneles solares	11/2/2015	8/16/2016
Placa de circuito impreso para EPS	2/1/2016	3/14/2016
Diseño de esquemático	2/1/2016	3/14/2016
Desarrollo	2/1/2016	3/4/2016
Simulación	2/1/2016	3/4/2016
Compra de componentes	3/7/2016	3/7/2016
Validación de diseño	3/7/2016	3/14/2016
Banco de baterías	3/15/2016	4/27/2016
Diseño esquemático	3/15/2016	3/28/2016
Diseño de placa de circuito impreso	3/29/2016	4/11/2016
Fabricación	4/12/2016	4/27/2016
Pruebas sin paneles	5/4/2016	6/28/2016
Diseño de Placa de Circuito Impreso (PCB)	6/29/2016	8/16/2016
Diseño	6/29/2016	7/5/2016
Compra de componentes	6/29/2016	7/12/2016
Fabricación de placa de circuito impreso	7/13/2016	8/16/2016
Pruebas con paneles	8/17/2016	9/13/2016
Software	2/1/2016	10/24/2016
Estación terrena	8/1/2016	9/12/2016
Interfaz	8/1/2016	9/12/2016
Ventana de comandos cámara	8/1/2016	8/12/2016
Ventana de comando <i>OBC</i>	8/15/2016	8/26/2016
Ventana de comandos antenas	8/29/2016	9/12/2016

Satélite	2/1/2016	10/24/2016
Misión de vuelo	2/1/2016	9/26/2016
Transferencia de imagen por el radio de telemetría	8/1/2016	10/24/2016
Estructura	2/23/2016	9/23/2016
Revisión de datos CAD	2/23/2016	3/30/2016
Diseño de estructura	3/31/2016	4/19/2016
Fabricación y puesta en UA	4/20/2016	8/23/2016
Integración	8/24/2016	9/23/2016
Diseño de tarjeta del circuito impreso (PCB) en formato PC104	3/21/2016	5/31/2016
Diseño esquemático a PCB	3/21/2016	4/8/2016
Compra de componentes	3/28/2016	4/8/2016
Validación de diseño	4/11/2016	4/15/2016
Fabricación del PCB	4/18/2016	4/29/2016
Montaje de componentes y pruebas de integración y funcionamiento	5/2/2016	5/31/2016
Diseño de PCB Automatización de Diseño Electrónico (EDA)	4/12/2016	10/24/2016
Diseño	4/12/2016	4/18/2016
Compra de componentes	4/19/2016	5/2/2016
Fabricación de la tarjeta	5/3/2016	6/6/2016
Integración de carga útil	6/7/2016	8/29/2016
Pruebas de carga útil	8/30/2016	10/24/2016
Pruebas finales	10/26/2016	11/24/2016
Entrega de satélite	11/25/2016	12/6/2016