

**UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
 PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
 FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**

Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	Jonathan Alexander
Apellido (s):	Beleño Avellaneda
Código:	20161375001
E-mail:	alexavell9413@hotmail.com
Teléfono fijo:	5637607
Celular:	3144850624



Ejecutor 2

Nombre (s):	Yennyfer Lorena
Apellido (s):	Ruiz Torres
Código:	20171375006
E-mail:	yennyferruiz@hotmail.com
Teléfono fijo:	
Celular:	3167438916



INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	MODELO CONCEPTUAL DE UNA AERONAVE UTILITARIA TIPO AMBULANCIA, CON ENFASIS EN EL ANALISIS ESTRUCTURAL Y AERODINAMICO DE LAS SUPERFICIES DE CONTROL	
Duración (estimada):	6 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Monografía	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Apoyo tecnológico empresarial	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Diseño en ingeniería mecánica	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Diseño mecánico	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	Ing. Carlos Arturo Bohorquez

MODELO CONCEPTUAL DE UNA AERONAVE UTILITARIA TIPO AMBULANCIA,
CON ENFASIS EN EL ANALISIS ESTRUCTURAL Y AERODINAMICO DE LAS
SUPERFICIES DE CONTROL

JONATHAN ALEXANDER BELEÑO AVELLANEDA
YENNYFER LORENA RUIZ TORRES

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERIA
PROYECTO DE GRADO
BOGOTA D.C
2017

MODELO CONCEPTUAL DE UNA AERONAVE UTILITARIA TIPO AMBULANCIA,
CON ENFASIS EN EL ANALISIS ESTRUCTURAL Y AERODINAMICO DE LAS
SUPERFICIES DE CONTROL

JONATHAN ALEXANDER BELEÑO AVELLANEDA
YENNYFER LORENA RUIZ TORRES

Trabajo de grado, proyecto de diseño conceptual

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERIA
PROYECTO DE GRADO
BOGOTA D.C
2017

Nota de aceptación

Profesor

Bogotá DC

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. ESTADO DEL ARTE.....	9
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	9
2. OBJETIVOS	10
2.1. OBJETIVO GENERAL	10
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	10
3. MARCO TEORICO.....	10
DISEÑO DE AERONAVES	10
REGLAMENTACION FAR 23	11
FAA MANUAL TECNICO DE MANTENIMIENTO AERONAUTICO	13
AERONAUTICA CIVIL	14
DINÁMICA COMPUTACIONAL DE FLUIDOS (CFD)	15
AERODINAMICA	16
Teorema de Bernoulli	16
Perfil Aerodinámico.....	17
4. METODOLOGIA.....	19
5. CRONOGRAMA	20
6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACION.....	20
7. BIBLIOGRAFÍA.....	20

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estructura de aeronave [Tomada de www.aero.us.es]	11
Ilustración 2. Logo FAA [Tomada de www.faa.gov].....	12
Ilustración 3. Logo Aeronáutica Civil [Tomada de www.aerocivil.gov.co].....	14
Ilustración 4. Visualización CFD [Tomado de www.enterprisetech.com/2011/09/07/cfd_is_on_a_roll/]	15
Ilustración 5. Principio de Bernoulli en un perfil alar [tomado de cruz de san Andrés].....	17
Ilustración 6. Fuerzas aeronáuticas [Tomada de Cruz de San andres].....	17
Ilustración 7. Fuerzas sobre una superficie de control	18
Ilustración 8. Metodología de diseño aplicable.....	19

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Teorema de Bernoulli	16
--	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma 20
Tabla 2. Gastos generales 20

INTRODUCCION

En el entorno aeronáutico colombiano es posible evidenciar el uso del aeronave Cessna 208 como uno de los principales elementos en el campo aéreo de carácter utilitario, sea esto en el entorno militar o el civil; en base a esa demanda y en busca del desarrollo de la tecnología industrial nacional en el campo de la ingeniería en el país se presenta en este documento una propuesta de diseño por modelamiento conceptual para el desarrollo de un aeronave de carácter utilitario tipo ambulancia que se ajuste a las necesidades colombianas geográficas y de asignación de funciones; aquí se especificaran los parámetros de diseño aerodinámico y estructural por medio del análisis computacional así como los aspectos fundamentales del diseño del aeronave para su funcionamiento.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ESTADO DEL ARTE

El sector aeronáutico en Colombia, aunque ampliamente utilizado ya sea en el campo militar, utilitario o comercial es fácilmente determinable que en el desarrollo del país no se contemplan avances notables o un desarrollo específico en un campo como el diseño aeronáutico, lo cual ampliaría tecnológicamente el horizonte nacional.

Ahora bien, en la gama utilitaria existen las ambulancias aéreas, estas son un servicio que lleva poco tiempo de incursión en el país, según fuentes como el espectador existe desde el 2008 luego de la adjudicación de la ley 1151 de 2007 donde se fija un sistema de ambulancias y servicios medicalizados aéreos totalmente certificados con lo cual la Federación Colombiana de Municipios permite un servicio que para cualquier persona con enfermedades graves y/o que requieran traslados inmediatos a centros de atención especializados sea prestado; una asistencia como esta en Colombia se encuentra adjudicada a empresas como SARPA, Ambulancias Aéreas de Colombia y Medical Fly, por nombrar aquellas que se dedican de manera especializada a este mercado.

Por otra parte, un avance en el diseño aeronáutico de manera nacional se encuentra el Calima T-90; este es un avión de entrenamiento en comienzo militar construido por la Fuerza Aérea Colombiana y la Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana, este avión con planes de comercialización civil es el primer avión nacional con proyecciones de esta magnitud y avances de ingeniería colombianos.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Como parte del desarrollo de un país, los avances tecnológicos y ampliación de horizontes en concepciones de nuevos productos o servicios, son aspectos imprescindibles.

Es por esto que, enfocando un proyecto al campo aeronáutico colombiano y su avance próximo; se plantea el modelo conceptual de una aeronave

utilitaria tipo ambulancia, con énfasis en el análisis estructural y aerodinámico de las superficies de control; el cual surge a partir de un potencial explotable en este campo y del cual se desea ser participe, generando que en cuanto aeronaves medicas existan posibilidades de contar con flotas de aviones nacionales.

Tal avance, repercutiría no solo en un desarrollo ingenieril colombiano sino en contemplaciones económicas diferentes a aquellas empresas que van adquiriendo este tipo de aeronaves para prestar el servicio de ambulancia aérea, expidiendo como resultado una aeronave que satisfaga la exigencia técnica de vuelo y competente en un mercado que empresas internacionales ya manejan dentro del país.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar conceptualmente una aeronave tipo ambulancia que se adapte a las necesidades existentes en el entorno aeronáutico colombiano, haciendo énfasis en el análisis estructural y desarrollo aerodinámico de las superficies de control primarias.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Desarrollar el diseño en función del mercado aeronáutico nacional existente, de forma tal que presente características sobresalientes en relación a la aeronavegabilidad.
- Aplicar conceptos y teorías de diseño aeronáutico que permitan la adecuada concepción estructural, de materiales y sistemas determinantes en el funcionamiento de la aeronave.
- Realizar los dibujos paramétricos de las superficies de control primario para así poder evidenciar el desarrollo de diseño propuesto para la aeronave.

3. MARCO TEORICO

DISEÑO DE AERONAVES

El proceso de diseño aeronáutico, contempla para su desarrollo una metodología específica como cualquier otro proceso de desarrollo en ingeniería. Sin embargo, para este proceso se plantea un método dividido en 4 partes; donde para una misión definida se estudia:

- Dimensionamiento preliminar de aeronaves
- Configuración diseño e integración preliminar del sistema de propulsión
- Plano de diseño de cabina, fuselaje, alas y empenaje: cortes y perfiles internos
- Plano de diseño del tren de aterrizaje y sistemas

Permitiendo de una manera numérica definir los parámetros de diseño, de los cuales los principales se pueden establecer dentro de la especificación de misión, siendo de forma general:

- Carga útil y tipo de carga.
- Rango y/o requerimientos de vuelo
- Velocidad de crucero y altitud
- Distancia para despegue y aterrizaje
- Reserva de combustible
- Requerimientos de ascenso
- Maniobrabilidad
- Tipo de certificación

Aunque es posible generar definiciones aún más amplias y detalladas es un aspecto dependiente del cliente, quien establece unos criterios a cumplir por el diseñador.

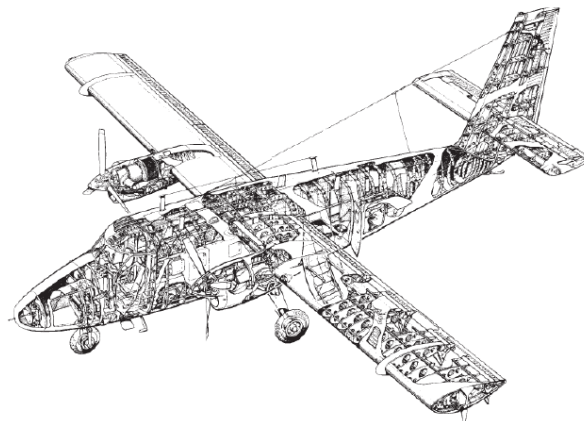


Ilustración 1. Estructura de aeronave [Tomada de www.aero.us.es]

REGLAMENTACION FAR 23

La Administración Federal de Aviación, por sus siglas en inglés (FAA) es el ente estadounidense, creado con el fin de regular, mantener y mejorar los estándares de seguridad en el ámbito aeronáutico.

Dichos estándares se fueron regulando desde aspectos como:

- Comercio aéreo
- Refuerzo de leyes aéreas
- Licenciamiento de pilotos
- Certificación de aeronaves
- Estableciendo rutas, ayudas de operación y mantenimiento para navegación aérea

Y a partir de todo lo anterior encaminado por medio de una legislación, se designa la CAA (Civil Aeronautics Authority), como ente encargado de liderar investigaciones de accidentes y recomendar métodos para evitarlos.



Ilustración 2. Logo FAA [Tomada de www.faa.gov]

Teniendo en cuenta lo anterior, existe una reglamentación creada por tal ente que define los estándares de aeronavegabilidad a cumplir por parte de los fabricantes y como tal cada aeronave en funcionamiento, esto abordado desde el tipo de certificado o cambios al mismo para aeronaves utilitarias, acrobáticas o commuter categoría.

Dicha reglamentación, establece que indiferentemente de cual tipo de utilidad tenga la aeronave, si posee ciertas configuraciones como, asientos de pasajeros aparte de los planteados para tripulación (pilotos) o si es fabricado fuera de los estados unidos; debe cumplir los requerimientos retroactivos especiales adicionales a cada estándar planteado.

Teniendo en cuenta lo anterior dicha reglamentación se divide en parámetros de:

- Vuelo
- Estructura
- Diseño y construcción
- Planta de energía
- Equipamiento
- Limitaciones de operación e información
- Criterios simplificados de carga en el diseño
- Cargas en superficies de control
- Condiciones de aterrizaje básicas
- Límites de peso para aeronaves equipadas con energía de reserva
- Procedimientos de prueba
- Instrucciones para aeronavegabilidad continua
- Instalación de un sistema de reserva automática de energía (APR)
- Cargas para hidroaviones

Como punto de partida, para la aplicabilidad y regulación de cada uno de los parámetros listados anteriormente la FAA define las categorías de aviones de una manera más detallada y de lo cual se obtiene.

- a. Categoría normal, limitada a aeronaves con un límite de asientos de nueve excluyendo tripulación, carga útil máxima de 12 500 libras y destinado a operaciones no acrobáticas.
- b. Categoría utilitaria, limitada a aeronaves iguales a la anterior exceptuando una serie de operaciones acrobáticas como giros, giros empinados o maniobras en las que el ángulo de inclinación es mayor a 60 grados, pero no mayor a 90 grados.
- c. Categoría acrobática, con características constructivas iguales a los anteriores está planteado para un uso sin restricciones, más que las obtenidas en las pruebas de vuelo.
- d. Categoría commuter, está limitada a aviones de propulsión, de múltiples motores con un límite de asientos que alcanza los 19 excluyendo tripulación, con carga útil máxima de 19 000 libras, Destinado para cualquier maniobra de vuelo normal.

FAA MANUAL TECNICO DE MANTENIMIENTO AERONAUTICO

Es una serie de tres manuales, creados para ayudar a personas que buscan la certificación como mecánicos de fuselaje y planta de energía en aeronaves. Buscando proveer dentro de cada capítulo del mismo provea la información básica de principios, fundamentos y procedimientos técnicos respectivos para las áreas de calificación de fuselaje y planta.

Este manual contiene información técnica, y explicaciones de aspectos constructivos y sistemas usados en muchas de las aeronaves en uso actualmente aunque de una manera general sin esperar reemplazar el uso de los manuales de fabricante, o textos detallados.

En este libro, se contemplan aspectos como:

- Fuselaje de aeronaves
- Aerodinámica, ensamblaje y ajuste de fuselaje
- Fabricación de cobertura para aeronaves
- Reparación estructural del aeronave
- Soldadura del aeronave
- Madera en el aeronave
- Materiales compuestos avanzados
- Pintura y acabado de fuselaje
- Sistema eléctrico
- Instrumentación

- Navegación y comunicación
- Hidráulica y neumática
- Sistema de aterrizaje
- Sistema de combustible
- Protección contra agua y lluvia
- Cabina
- Sistema contra incendios

AERONAUTICA CIVIL

Es un organismo encargado de generar regulaciones y políticas generales en cuanto al transporte aéreo, siempre buscando el desarrollo aeronáutico del país, busca también garantizar el cumplimiento del convenio de aviación civil internacional de acuerdo a los reglamentos aeronáuticos colombianos.



Ilustración 3. Logo Aeronáutica Civil [Tomada de www.aerocivil.gov.co]

Como parte de un esquema vigilante completo a cada ente, maquina, persona o aeropuerto influyente en la circulación aérea del país, velando de esta manera por una operación adecuada de este medio de transporte en el país, para unas actividades aéreas como:

- Servicios aéreos comerciales de transporte público, regular o no regular, interno o internacional de pasajeros correo o carga; o de trabajos aéreos especiales.
- Aviación general, incluyendo entre otras, aviación privada (individual o corporativa) civil del Estado, de enseñanza o instrucción de vuelo y experimental.
- Actividades de construcción y conservación de aeronaves o partes, incluyendo diseño, construcción, ensamblaje, mantenimiento, reparación o reconstrucción, alteración inspección, etc.
- Operación de infraestructura aeronáutica y servicios de protección y apoyo al vuelo incluyendo servicios de control de tránsito aéreo, telecomunicaciones aeronáuticas, servicio meteorológico e información aeronáutica.

- Servicios aeroportuarios especializados de apoyo terrestre a la operación de aeronaves.¹

DINÁMICA COMPUTACIONAL DE FLUIDOS (CFD)

Es un área de conocimiento encargada de la simulación de flujos fluidos, transferencia de calor y todos los fenómenos relacionados.

Las ecuaciones aquí utilizadas, de conservación, poseen una forma determinante de cuatro términos, el término tiempo, el término advectivo, el término difusivo y la fuente; su forma de representación se produce al alterar la variable, el coeficiente de difusión y la fuente. Sin embargo, un problema es su falta de solución analítica siendo obligatorio la resolución por medio de métodos de discretización.

De dichos métodos, los más conocidos son las diferencias finitas, los elementos finitos y de volúmenes finitos, siendo este último el más utilizado en este campo; el objetivo de estos es obtener un conjunto de volúmenes de control a los que se les genera un sistema de ecuaciones para resolver. Actualmente, tales soluciones se obtienen mediante software CFD.

La dinámica de fluidos computacional, ha sido ampliamente utilizada en diferentes segmentos en la industria, siendo un apoyo en la fabricación de aviones, automóviles y navíos o simplemente equipos industriales.

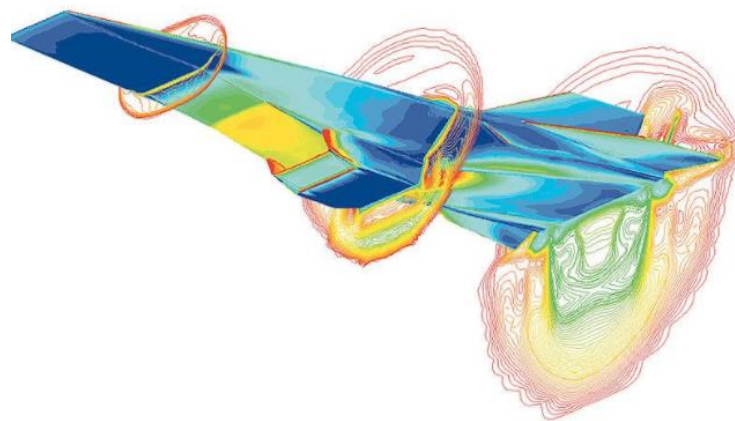


Ilustración 4. Visualización CFD [Tomado de www.enterprisetech.com/2011/09/07/cfd_is_on_a_roll/]

Con un ambiente CFD establecido es posible llevar a cabo:

¹ (Unidad Administrativa Especial Aeronautica Civil, 2017, pág. <http://www.aerocivil.gov.co/atencion/informaci%C3%B3n/glosario>)

- Simular difusión y convección de sustancias
- Gestión de recursos hídricos
- Análisis aerodinámico
- Evaluación de refrigeración
- Estudios de caracterización de dispersión de partículas, gases, lanzamiento de poluentes en corrientes
- Simulaciones de hidrodinámica
- Desarrollo de proyectos de sistemas propulsivos o de generación

Actualmente, si de desarrollo de proyectos en esta área se trata existen múltiples programas atiborrados de herramientas que permiten lograr análisis de gran magnitud y precisión en el campo de la ingeniería.

AERODINAMICA

Siendo esta una rama de la mecánica de fluidos, encargada del estudio del movimiento del aire u otros fluidos gaseosos, también ocupa el análisis de los cuerpos que se mueven en ellos o interactúan allí, como ejemplo y punto de estudio puntual de un avión y su modo de sustentación e incluso transporte con el aire como medio, esto cuando se modifica la repartición de presiones y distribución de velocidades en el fluido; al ser esto un área de estudio se contempla bajo una serie de principios específicos.

Teorema de Bernoulli

Formulado en 1738, plantea una relación inversa entre la presión interna de un fluido y su velocidad, o también visto como que en un punto cualquiera la suma de presión y velocidad permanecerá constante.

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z = k$$

Ecuación 1. Teorema de Bernoulli

Donde:

V= velocidad del fluido en la sección

ρ = densidad del fluido

p= presión a lo largo de la corriente

g= aceleración gravitacional

z= altura

Entendiendo esto, un perfil alar se desarrolla de manera que cumpla con este principio y así lograr una sustentación en el aire como fluido; la forma en que se percibe esto se muestra a continuación de manera gráfica.



Ilustración 5. Principio de Bernoulli en un perfil alar [tomado de cruz de san Andrés]

Perfil Aerodinámico

Una estructura diseñada para obtener del aire una reacción que le permita volar, es considerada un perfil aerodinámico; como concepto dentro de un avión y su diseño son todos aquellos perfiles alares existentes, como parte de su función básica de sustentación en aire cada perfil aerodinámico es afectado por una serie de fuerzas, sin embargo las que principalmente afectan toda la aeronave son:

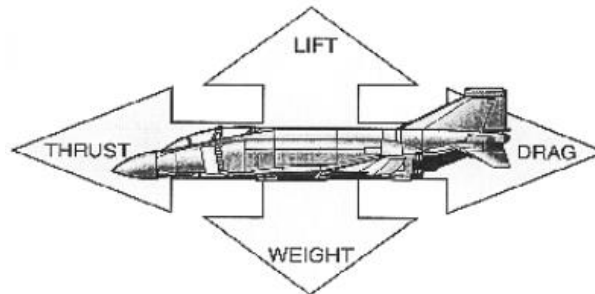


Ilustración 6. Fuerzas aeronáuticas [Tomada de Cruz de San andres]

- Thrust – Empuje
- Lift – Sustentación
- Drag – Resistencia , Arrastre
- Weight – Peso

Siendo estas fuerzas de manera general, las causantes del vuelo de un avión; en un perfil aerodinámico o alar existen otros conceptos que permiten entender de manera más específica el funcionamiento del mismo.

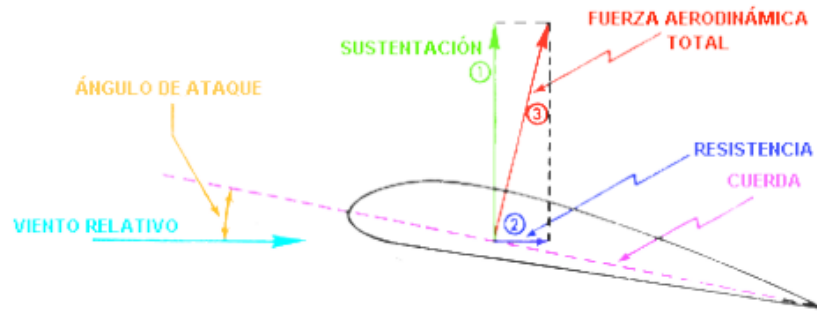


Ilustración 7. Fuerzas sobre una superficie de control

De la ilustración anterior, los conceptos añadidos y que requieren una explicación adicional son:

- Ángulo de ataque, la forma en que la sustentación de la aeronave ocurre; es debido a que los perfiles alares deflecan aire hacia abajo, el cual genera una fuerza que impulsa las alas hacia arriba produciendo este fenómeno. Para deflecar el aire de esta manera, el perfil tiene un ángulo el cual se genera a partir del viento relativo y la línea media del perfil.
- Línea media del perfil, es una línea imaginaria que atraviesa la sección desde el punto de ataque hasta el punto de fuga, dicha línea varía dependientemente a la forma del perfil alar, esta puede cambiar por ejemplo al bajar los flaps, por esto es determinante en la formación del ángulo de ataque.

4. METODOLOGIA

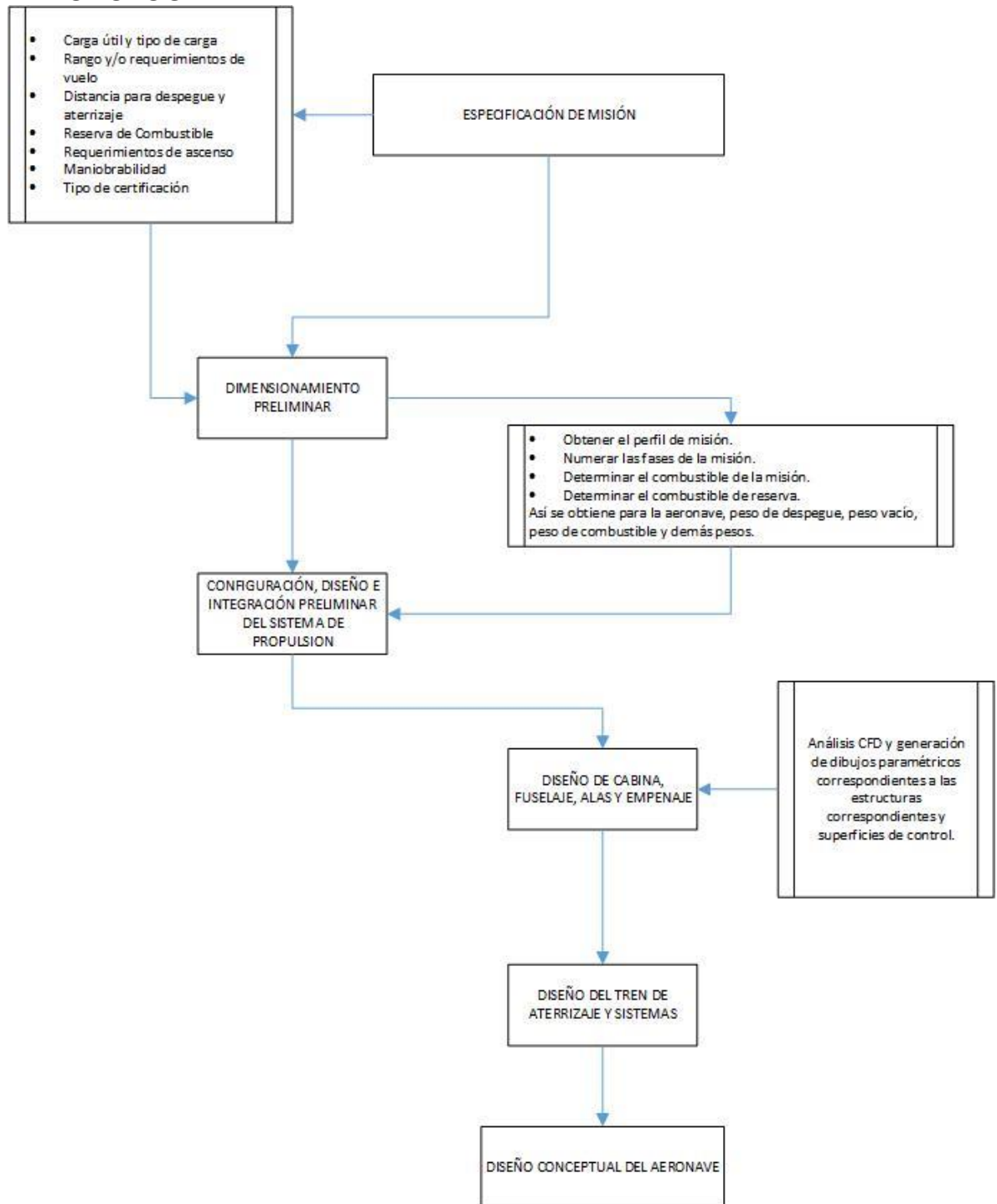


Ilustración 8. Metodología de diseño aplicable

5. CRONOGRAMA

Tareas\ Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ESPECIFICACIÓN DE MISIÓN																								
DIMENSIONAMIENTO O PRELIMINAR																								
CONFIGURACIÓN, DISEÑO E INTEGRACIÓN PRELIMINAR DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN																								
DISEÑO DE CABINA, FUSELAJE, ALAS Y EMPENAJE																								
DISEÑO DEL TREN DE ATERRIZAJE Y SISTEMAS																								

Tabla 1. Cronograma

6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACION

GASTOS GENERALES				
ÍTEM	FINANCIACIÓN	# DE UNIDADES	VALOR UNIDAD	VALOR
Internet	Propios y universidad	150	\$ 1.000	\$ 150.000
Transportes	Propios	50	\$ 1.700	\$ 85.000
Fotocopias	Propios	100	\$ 50	\$ 5.000
Impresiones	Propios	100	\$ 350	\$ 35.000
Software	Propios	2	\$ 200.000	\$ 400.000
SUBTOTAL				\$ 675.000

Tabla 2. Gastos generales

7. BIBLIOGRAFÍA

Caracol Radio. (18 de 02 de 2008). *Caracol*. Obtenido de http://caracol.com.co/radio/2008/02/18/nacional/1203354540_550553.html

Escuadrón cruz de san andres. (15 de 08 de 2017). *Cruz de San Andrés*. Obtenido de <http://www.cruzdesanandres.com/material/esadocs/general/Aerodinamica.pdf>

Kessler, M. (24 de 06 de 2016). *Engineering Simulation and Scientific Software*. Obtenido de <http://www.esss.com.br/blog/es/2016/06/dinamica-de-fluidos-computacional-que-es/>

Sole, A. C. (2010). *INICIACIÓN A LA AERONAUTICA* (1 ed.). Bogotá: Diaz de Santos.

TOPPER, J. F. (11 de 08 de 2015). *AVIACOL*. Obtenido de <http://www.aviacol.net/interes-general/t-90d-ciac-avion-calima-comercializacion.html>

Unidad Administrativa Especial Aeronautica Civil. (07 de 09 de 2017). *Aerocivil*. Obtenido de Glosario: <http://www.aerocivil.gov.co/atencion/informaci%C3%B3n/glosario>