

DISEÑO DE UN VEHÍCULO AERODESLIZADOR SOBRE COLCHÓN DE AIRE
DINÁMICO, PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS Y CARGA EN LA BAHIA
DE CARTAGENA

LUIS RAFAEL HANSELL CAMACHO
ALFONSO MAYORCA CAPATAZ

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECÁNICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.
2003

DISEÑO DE UN VEHÍCULO AERODESLIZADOR SOBRE COLCHÓN DE AIRE
DINÁMICO, PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS Y CARGA EN LA BAHIA
DE CARTAGENA

LUIS RAFAEL HANSELL CAMACHO
ALFONSO MAYORCA CAPATAZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingenieros Mecánicos

Director:
FELIX JULIO RADA
Ingeniero Mecánico

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECÁNICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.

2003

DISEÑO DE UN VEHÍCULO AERODESLIZADOR SOBRE COLCHÓN DE AIRE
DINÁMICO, PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS Y CARGA EN LA BAHIA
DE CARTAGENA

LUIS RAFAEL HANSELL CAMACHO
ALFONSO MAYORCA CAPATAZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingenieros Mecánicos

Director:
FELIX JULIO RADA
Ingeniero Mecánico

Asesor:
ANDRES PEREIRA
Ingeniero pesquero

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECÁNICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.

2003

Cartagena de Indias, Octubre 15 de 2003

Señores:

**COMITÉ DE PROYECTO DE GRADO
TECNOLÓGICA DE BOLIVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA**
Ciudad

Respetados señores:

La presente es con el fin de manifestarles, que a petición de los estudiantes LUIS RAFAEL HANSELL CAMACHO y ALFONSO MAYORCA CAPATAZ, del programa de Ingeniería Mecánica, he decidido aceptar la dirección de su proyecto de trabajo de grado titulado:

DISEÑO DE UN VEHICULO AERODESLIZADOR SOBRE COLCHÓN DE AIRE DINÁMICO PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS Y CARGA EN LA BAHIA DE CARTAGENA.

Como requisito para optar al título de Ingenieros Mecánicos.

Atentamente:

FELIX JULIO RADA

Ingeniero Mecánico
Director del proyecto

Cartagena de Indias, Octubre 15 de 2003

Señores:

**COMITÉ DE PROYECTO DE GRADO
TECNOLÓGICA DE BOLIVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA**
Ciudad

Respetados señores:

Cordialmente me dirijo a ustedes, con el objetivo de informarles que he recibido y estudiado el trabajo de grado de los estudiantes: LUIS RAFAEL HANSELL CAMACHO y ALFONSO MAYORCA CAPATAZ, del programa de Ingeniería Mecánica titulado:

DISEÑO DE UN VEHICULO AERODESLIZADOR SOBRE COLCHÓN DE AIRE DINÁMICO PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS Y CARGA EN LA BAHIA DE CARTAGENA.

En el cual actúo como asesor; he recomendado algunas correcciones que he considerado pertinentes. Las cuales han sido aceptadas, por tal motivo tienen mi aprobación.

Atentamente:

ANDRES PEREIRA
Ingeniero Pesquero
Asesor del proyecto

Cartagena de Indias, Octubre 15 de 2003

Señores:

**COMITE DE PROYECTO DE GRADO
TECNOLÒGICA DE BOLIVAR INSTITUCIÒN UNIVERSITARIA**

La ciudad

Respetados señores:

Por medio de la presente nos permitimos poner a su consideración, el estudio y aprobación del proyecto de grado titulado:

**DISEÑO DE UN VEHICULO AERODESLIZADOR SOBRE COLCHÓN DE AIRE
DINÀMICO PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS Y CARGA EN LA BAHIA
DE CARTAGENA.**

Como requisito para optar al título de Ingenieros Mecánicos. Agradeciendo de antemano la atención prestada.

Cordialmente:

ALFONSO MAYORCA CAPATAZ
CODIGO 9903041

LUIS RAFAEL HANSELL CAMACHO
CODIGO 0103451

Cartagena de Indias, Octubre 15 de 2003

Señores
COMITÉ DE PROYECTO DE GRADO
TECNOLÓGICA DE BOLIVAR INSTITUCIÓN EDUCATIVA
La ciudad

Respetados Señores:

Por medio de la presente nos permitimos autorizar a ustedes la publicación del presente trabajo titulado:

DISEÑO DE UN VEHÍCULO AERODESLIZADOR SOBRE COLCHON DE AIRE DINAMICO PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS Y CARGA EN LA BAHIA DE CARTAGENA.

Por cualquier medio dispuesto por ustedes.

Agradeciéndoles de antemano la atención prestada.

Cordialmente,

ALFONSO MAYORCA CAPATAZ
C.C. No. 73.189.330 de C/gena

LUIS RAFAEL HANSELL CAMACHO
C.C. No. 73.115.461 de C/gena

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. EL PROBLEMA EXISTENTE	21
1.1 HISTORIA	21
1.2 DESCRIPCION DE LAS RUTAS EN LA BAHIA DE CARTAGENA	24
1.3 LA DIMAR Y LOS CONTROLES EXISTENTES	25
2. LA SOLUCION PROPUESTA	27
2.1 BREVE HISTORIA DEL AERODESLIZADOR	27
2.2 EL CONFORT ERGONOMICO	29
2.2.1 Introducción	29
2.2.2 Antropometría y Geometría del Puesto de Trabajo	32
2.2.2.1 Posturas	36
2.2.2.2 Movimientos	36
2.2.2.3 Visibilidad	37
2.2.3 Posición de Trabajo	37
2.2.4 Planos de Trabajo	38
2.2.41 Planos de Trabajo en la Posición Sentada	38
2.2.5 Áreas de Trabajo	39
2.2.51 Áreas de Farley	40
2.2.5.2 Áreas Desquices	40

2.2.6	Volúmenes de Trabajo	41
2.2.7	Disposición Espacial del Conjunto	43
2.2.8	Conclusiones	44
2.3	EL EFECTO SUELO	44
2.4	EL EFECTO MAGNUS	59
2.4.1	Modelo Teórico	60
2.5	EL EFECTO ISOCRONO	63
2.5.1	Propiedades de la Cicloide	64
2.6	PARAMETROS DEL FLUJO EXTERNO	65
2.6.1	Semejanza de Modelos	66
2.6.2.1	Número de Euler	68
2.6.2.2	Número de Froude	70
2.6.2.3	Número de Reynolds	71
2.6.2.4	Número de Mach	71
2.6.2.5	Número de Weber	72
2.6.3	Resistencia de los Fluidos	72
2.6.3.1	Paradoja de D´alambert	73
2.6.3.2	La Capa Límite	74
2.6.3.3	Sumario	78
2.6.4	Resistencia de Superficie y de Forma de un Cuerpo Que se mueve en el Seno de un Fluido	79
2.6.4.1	Ideas Generales sobre la Resistencia de un Cuerpo Que se mueve en el Seno de un Fluido	80

2.6.4.2	Coeficiente Aerodinámico de Arrastre	81
2.6.4.3	El Coeficiente Hidrodinámico y la Resistencia de Carena	83
2.6.5	Empuje Ascensional y fuerza de Sustentación	84
2.6.5.1	Empuje Ascensional en un Perfil de ala de un Avión	85
2.6.5.2	Circulación en un Perfil de Ala	86
2.6.5.3	Propulsión por Hélice	87
2.6.6	Flujo Externo sobre Cuerpos Sumergidos	88
2.6.6.1	Coeficiente de Forma	89
2.7	ESTRUCTURA ALIGERADA	90
2.7.1	La Viga Hexagonal	91
2.7.2	La Viga Curva	91
2.7.3	Construcción Ligera	93
2.8	CONSIDERACIONES ECONOMICAS DEL VEHÍCULO	95
2.8.1	Rentabilidad para Temporada Alta	95
2.8.2	Estos son datos estadísticos para la Temporada de Semana Santa en el 2003	97
2.8.3	Resultados de los Datos de Campo	98
2.8.4	Datos con respecto a la Población Total de la Ciudad	99
2.8.5	Datos Estadísticos en Gráficos	99
2.9	DISEÑO FUNCIONAL	100
2.9.1	Parámetros del Diseño Funcional	100
2.9.2	El Proceso del Diseño	101
2.9.3	Concepto de Artefacto	101

2.9.4	Estrategias para el Diseño de Productos	102
2.9.4.1	Comunidad	103
2.9.4.2	Seguridad	103
2.9.4.3	Atractivo	103
3.	DISEÑO PRELIMINAR DEL VEHICULO	104
3.1	CONCEPTO INICIAL	106
3.2	DISPOSICION GENERAL	107
3.3	FORMULACION	110
3.4	CONFORMACION	110
3.5	SELECCIÓN	110
3.6	CONSTRUCCION	111
3.7	RINIDEZ Y EXACTITUD	112
3.8	ESPECIFICACIONES	112
3.9	DATOS ECONOMICOS	114
4.	CONCLUSIONES	115
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. Estatura Media para el Diseño	35
TABLA 2. Ángulos de Confort	37
TABLA 3. Puertos de Embarque en la Bahía de Cartagena	97
TABLA 4. Resultados de la Encuesta	98
TABLA 5. Resultados en Número de Habitantes	99
TABLA 6. Dimensiones	110
TABLA 7. Cronograma de Actividades	111
TABLA 8. Parámetros empleados en el Diseño Teórico	113

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Indio Caribe	21
FIGURA 2. Don Pedro de Heredia	22
FIGURA 3. Bahía de Cartagena	25
FIGURA 4. Leyes OMI	26
FIGURA 5. Raketta Rusa en el Volga	27
FIGURA 6. Rostilav E. Alexeev	29
FIGURA 7. Postura del Cuerpo	30
FIGURA 8. El Canon de Leonardo Davinci	32
FIGURA 9. El Modular	33
FIGURA 10. viajes de Marco Polo	34
FIGURA 11. El Articulado	39
FIGURA 12. Áreas de Farley	40
FIGURA 13. Áreas de Squires	41
FIGURA 14. Volúmenes Mínimos	42
FIGURA 15. Áreas Mínimos Laterales	43
FIGURA 16. Dimensiones Mínimas	43
FIGURA 17. Cuerda Media - Eficiencia	45
FIGURA 18. Ala en Efecto Suelo	46

FIGURA 19. Ekanoplano Ruso en el Caspio	47
FIGURA 20. Wige Orlonok	49
FIGURA 21. Diagrama de Von Karman - Gabrielli	51
FIGURA 22. Sistema de Sustentación tipo Tandem	52
FIGURA 23. Diagrama de Potencia Requerida	53
FIGURA 24. Ekranoplano tipo	57
FIGURA 25. Lippich Doble Delta	58
FIGURA 26. Volga 2	58
FIGURA 27. Cilindro Giratorio en Fluido	59
FIGURA 28. Esfera con Efecto Magnus	61
FIGURA 29. Distancia de Recorrido Comparada	62
FIGURA 30. La Cicloide	63
FIGURA 31. Punto Generatriz de la Cicloide	63
FIGURA 32. Modelo de un Rige de Combate	67
FIGURA 33. El Cilindro de D'alembert	73
FIGURA 34. La Capa Límite	75
FIGURA 35. Las zonas de la Capa límite	77
FIGURA 36. Movimiento en el Seno de un Fluido	80
FIGURA 37. Coeficiente Aerodinámico de Arrastre	81
FIGURA 38. Resistencia y Movimiento de las Olas	83
FIGURA 39. Ala de Avión	85
FIGURA 40. Vector de Circulación	86
FIGURA 41. Hélice	87

FIGURA 42. Vórtices de Von Karman	88
FIGURA 43. Ecuaciones de Navier – Stokes	89
FIGURA 44. Perfiles Aerodinámicos	90
FIGURA 45. La Viga Hexagonal	91
FIGURA 46. La Viga Curva	91
FIGURA 47. Flujo de Diseño	100
FIGURA 48. El Proceso de Diseño	101
FIGURA 49. Artefacto	102
FIGURA 50. La Espiral del Diseño	105
FIGURA 51. Dibujo Preliminar del Vehículo	107
FIGURA 52. Esquema Lateral del Vehículo	108
FIGURA 53. Esquema de Vista Superior	109

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Diseño Preliminar del Vehículo
- Anexo B. Reglamentos OMI – ICAO
- Anexo C. Catálogos
- Anexo D. Formato de Encuesta
- Anexo E. Resultados de las Pruebas en la Pileta Hidrodinámica
- Anexo F. Lecturas y Referencias Complementarias

RESUMEN

DISEÑO DE UN VEHICULO AERODESLIZADOR SOBRE COLCHÓN DE AIRE DINÁMICO PARA TRANSPORTE DE PASAJEROS Y CARGA EN LA BAHIA DE CARTAGENA

Autores:

LUIS RAFAEL HANSELL CAMACHO

CODIGO 0103451

ALFONSO MAYORCA CAPATAZ

CODIGO 9903041

Objetivo general: Diseñar un vehículo acuático aerodeslizador de alta velocidad, aplicando los fenómenos físicos de la mecánica de fluidos conocidos como: Ala en efecto suelo, el efecto Magnus y el efecto de Curva Isocrona. Para el transporte de pasajeros y carga en la bahía de Cartagena.

Metodología: La metodología empleada consta de los siguientes pasos:

- Marco teórico
- Marco conceptual
- Hipótesis
- Variables

- Delimitación del problema(Espacio, delimitación del tiempo, delimitación del contenido)

Tipo de investigación: El método de realización del proyecto se enmarca dentro del desarrollo tecnológico y experimental.

Resultados obtenidos: Análisis y evaluación de la situación actual del transporte de pasajeros y carga en la bahía de Cartagena.

- Estudio del rendimiento económico de un vehículo típico de transporte de pasajeros y carga en la bahía de Cartagena.
- Diseño de un vehículo aerodeslizador, sobre colchón de aire dinámico. Empleando el efecto suelo, el efecto Magnus y el efecto de curva Isocrona.
- Realización de los planos de diseño del vehículo.
- Construcción de un modelo a escala 1/6 del vehículo.
- Elaboración de una tabla de correcciones del modelo.
- Construcción de un prototipo a escala 1/1 del vehículo.
- Selección de materiales para la construcción del vehículo.
- Elaboración de un manual de operaciones y mantenimiento del vehículo.

Director del proyecto:
FELIX JULIO RADA
Ingeniero Mecánico

Asesor del proyecto:
ANDRES PEREIRA
Ingeniero pesquero

INTRODUCCIÒN

Al inicio de toda obra, siempre es menester esbozar las causas que motivaron tal emprendimiento; para en el futuro, cuando solo sea historia quede consignado por escrito las razones de su origen.

Es importante dejar claramente establecido el deseo de los autores por colaborar con el desarrollo y avance tecnológico en el campo de la tecnología de la transportación. Mediante el diseño de un vehículo avanzado de transportación.

La comunicación es una necesidad básica del hombre y en el mundo de hoy, existen dos tendencias o campos claramente definidos. El de la tecnología de la informática (comunicación virtual) y el de la tecnología de la transportación (comunicación material).

Es curioso observar el vertiginoso avance tecnológico de la informática (comunicación virtual). Pero el lentísimo avance de la tecnología de la transportación (comunicación material).

Mientras que hoy día las comunicaciones se mueven a la velocidad de la luz (7,5 vueltas a la tierra en un segundo). El vehículo más rápido construido por el

hombre (transbordadores espaciales). Solo pueden viajar a 40.000 km/h (solo una vuelta por hora). Por tanto hoy día la informática, se mueve 27.000 veces más rápido que los transportes. Por tanto se requiere, incrementar el desarrollo tecnológico de la comunicación material; para aumentar su velocidad y disminuir la brecha tecnológica existente.

Otro aspecto a resaltar es que la tecnología informática, paradójicamente es estática, sedentaria, disgregante e individualista. En tanto que la tecnología de la transportación es dinámica, nómada, globalizante y colectivista. Contribuye poco a poco a la unión de la raza humana.

La tierra unida por lazos de amistad y amor a través de la hipervelocidad; es el objetivo básico del presente trabajo.

1. EL PROBLEMA EXISTENTE

1.1. HISTORIA

Desde los albores de su historia, en la bahía de Cartagena. El movimiento de pasajeros y carga es tradicional. Aunque en el pasado se empleaba este medio de transporte mucho más que en el presente.

Legendaria es la presencia del cacique KAREX (carej) en la isla de tierra bomba y el asentamiento indígena de manzanillo del mar y punta canoa. Donde los antiguos caribes, para su comercio y medio de vida se movilizaban vía marítima a los distintos destinos dentro y fuera de la bahía de Cartagena. A bordo de sus pequeñas canoas de troncos y piraguas vaciadas.



Figura 1: Indio caribe

A la llegada de los españoles, esta actividad diaria casi se paralizó. Ya que se dio mucha mayor importancia al transporte terrestre de pasajeros y carga. Y la vía marítima se dejó solo para el comercio de ultramar y cabotaje.

Puerto en español, equivale semánticamente a un espacio o apertura terrestre que es capaz de contener un cuerpo suficiente de agua, salobre o dulce. Ya sea que se trate de una caleta, ensenada, bahía, fiordo, río, golfo, lago, laguna, ciénaga etc. Que permite a los navegantes acogerse a su refugio, contra los vientos y peligros de la mar.

Bajo este concepto admitido, esto fue lo que el fundador Don Pedro de Heredia. Halló al entrar por el canal de la boca grande el 14 de enero de 1533. A él le correspondió fondear, pues existía bahía pero no muelle.

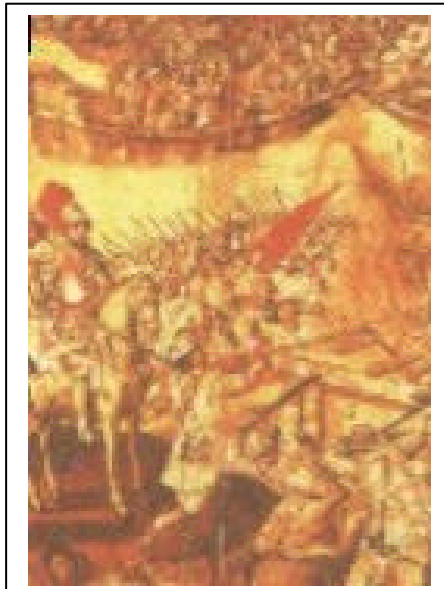


Figura 2: Don Pedro de Heredia

Alonso de Montalbán, regidor de Cartagena por el 1554. Construyó el primer muelle de la ciudad. En donde hoy está ubicada la Plaza de la Aduana. Además de un puente de empalizada para comunicar la ciudad por entonces existente, con la isla de Getsemaní. Ya que el sector de la Matuna era una laguna anegadiza.

Luego se construyó un segundo muelle en el sector de la casa de la contratación. Un nuevo muelle de embarco se construyó en el fuerte de la caleta (Plaza de la aduana). Para brindar mayor amparo contra los piratas (Francis Drake).

Así, fueron construyéndose en la época colonial de forma paulatina los muelles de la bahía interna; para los diferentes usos de las gentes de mar. El muelle de la máquina (Base naval), muelles del arsenal (Pasaje Le Clerc) y el carenero de la artillería (Naves militares). Fueron los más importantes.

En la época de la república (siglo XIX), prácticamente siguió sin cambios notorios a los tiempos de la corona española. Hasta los inicios del siglo XX, se efectuaron construcciones de muelles en la isla de manga para puertos de Colombia (Frederick Snareco. 1933). Este fue el primer terminal marítimo de COLPUERTOS en el país.

En la segunda mitad del siglo XX, Cartagena se consolidó como el mayor puerto de exportaciones de Colombia, por su enorme bahía y la gran cantidad de puertos

públicos y privados existentes en ella Muelles el bosque, COLLINKER, ECOPETROL, Malteria, Frigopesca, Atunes de Colombia etc.)

1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS RUTAS EN LA BAHIA DE CARTAGENA

La bahía de Cartagena, es una amplia y segura bahía, a resguardo de los avatares del clima, lo cual hacen de este puerto uno de los más amplios y seguros de suramerica. Por el movimiento de carga es el octavo en América Latina (1/2 de tons./año) y es uno de los mejor señalizados en América (DIMAR).

Sin embargo es de anotar, que por la presencia de dos entradas de mar y un canal de aguas de desembocadura. En ciertos tramos de la bahía se tornan corrientes y torbellinos que por la precariedad de las naves que circulan. Hacen bastante peligroso el tránsito de estas zonas, en determinadas horas y épocas del año.

Gran parte de los navíos que transitan, con pasajeros y carga en el interior de la bahía. No reúnen las condiciones mínimas de seguridad para hacerse a la mar. Esto en parte debido a los altos costos para adquirir, un navío y porque por la bastedad del territorio escapa al control estatal. Es importante recalcar que muchos vehículos que circulan en la bahía son de construcción artesanal (cayucos, canoas, piraguas lanchas de río, etc.).



Figura 3: Bahía de Cartagena

1.3 LA DIMAR Y LOS CONTROLES EXISTENTES

DIMAR^{*}, es la autoridad marítima de Colombia y mediante capitanía de puerto. Realiza control estatal en el puerto de Cartagena y sus zonas contiguas. La autoridad, da cumplimiento a las regulaciones internacionales de OMI. Para la regulación de la navegación, las vías navegables, los puertos y las gentes de mar.

Esto es relativamente fácil en el caso de navíos grandes y tripulaciones extranjeras. Pero en el caso de naves menores y tripulaciones artesanales es extremadamente difícil, casi incontrolable. En parte debido al gran número de comunidades a la rivera de la bahía de Cartagena.

^{*} En los anexos se encuentran referencias a las Leyes OMI para Aerodeslizadores.



INTRODUCTION TO THE ISM CODE

ISM Code purpose

The International Safety Management (ISM) Code was adopted by the 18th IMO Assembly in November 1993 – as Resolution A.741(18). At the same time, the Guidelines Resolution A.680(17) from previous IMO Assembly was revoked. In May 1994, the SOLAS Conference decided to make the ISM Code mandatory, in the form of a new Chapter IX of SOLAS, as follows.

All passenger ships, including passenger high speed light craft (regardless of size):	Not later than 1 July 1998
Oil tankers, chemical tankers, gas carriers, bulk carriers, and cargo high speed light craft of 500 gross tonnage and above:	Not later than 1 July 1998
Other cargo ships and mobile offshore drilling units of 500 gross tonnage and above	Not later than 1 July 2002

Objectives

The objectives of the ISM Code are formulated as follows (direct quote):

1.2 Objectives

- 1.2.1 The objectives of the Code are to ensure safety at sea, prevention of human injury or loss of life, and avoidance of damage to the environment, in particular, to the marine environment, and to property.*
- 1.2.2 Safety management objectives of the Company should, inter alia:*
 - .1 provide for safe practices in ship operation and a safe working environment;*
 - .2 establish safeguards against all identified risks; and*
 - .3 continuously improve safety management skills of personnel ashore and aboard ships, including preparing for emergencies related both to safety and environmental protection.*
- 1.2.3 The safety management system should ensure:*
 - .1 compliance with mandatory rules and regulations; and*
 - .2 that applicable codes, guidelines and standards recommended by the Organisation, Administrations, classification societies and maritime industry organisations are taken into account.*

unquote

Figura 4: Leyes de O.M.I

2. LA SOLUCIÓN PROPUESTA:

2.1. BREVE HISTORIA DEL AERODESLIZADOR



Figura 5: Raketka Rusa en el Volga

Los aerodeslizadores de superficie son los buques de alta velocidad que vuelan a baja altura y que durante el movimiento utilizan el efecto favorable de la influencia del suelo como pantalla sobre sus capacidades portantes. Por que son los buques de alta velocidad y no los aviones (dentro de los límites del efecto de pantalla) a baja altura. La respuesta a esta pregunta. Históricamente está condicionada por el hecho que los buques de superficie como las aeronaves del nuevo tipo destinados para el movimiento sobre la superficie de apoyo (agua, nieve, hielo, tierra) por primera vez eran propuestos y después diseñados y construidos por los constructores de buques.

Los aviadores por primera vez tropezaron con el efecto de pantalla o sea el fenómeno del cambio de las cualidades portantes del ala a bajas alturas en los regímenes de despegue y aterrizaje. Debido a que los datos de vuelo de los aviones, en particular su estabilidad no eran calculados teniendo en cuenta este efecto en muchos casos esto producía las averías en los regímenes de despegue y aterrizaje.

El desarrollo de la construcción naval está relacionado con el problema más agudo del aumento de la velocidad de movimiento de buques. La velocidad máxima de los buques limitada por la resistencia de ola es igual a 75-80 km/hr para los buques de río y 50-60 km/hr para los buques de alta mar. El empleo del hidroaereo e hidroaletas para la reducción de la resistencia de ola ha permitido aumentar la velocidad hasta 100-120 km/hr. Sin embargo, debido a la baja navegabilidad los hidroaereos no han encontrado el amplio empleo práctico y se conservaron principalmente como buques deportivos. Al contrario, los buques con hidroaletas han recibido el amplio empleo. Un aporte decisivo en la creación de los buques de hidroaletas lo ha hecho, el diseñador y científico ruso Alexeev R.E. (1916-1980). Con sus esfuerzos entre los años 40 a 60. En los cuales creó la flota de hidroaletas de río y de alta mar de pasajeros. La cual hasta hoy día mantiene las posiciones de líder en el transporte mundial de alta velocidad.



Figura 6: Rostislav Evguenievich Alexeev

ROSTISLAV EVGUENIEVICH ALEXEEV: Nació el 19 de diciembre de 1916 en la ciudad de Novozybkovo, en la provincia de Bryansk. Falleció en el año 1980. Terminó en el Instituto Industrial de Gorky en el año 1940. Organizo y encabezó la Oficina Central de Diseño de buques de hidroaletas en el año 1960. Laureado con el Premio Stalin (1951), con el Premio Lenin (1962) y con el Premio Estatal (1984). Doctor en Ciencias Técnicas (Post mortem)

2.2 EL CONFORT ERGONÓMICO

INTRODUCCIÓN

El hombre, por su cualidad corpórea y por sus necesidades funcionales; requiere de un espacio que en principio la naturaleza le puede proporcionar de forma expandida (proxémica).

Nuestra corporeidad y la circunstancias del planeta en que vivimos determinan unos valores de las leyes de la mecánica a las que inexorablemente estamos sometidos (inercia, aceleración de la gravedad, etc.). Que originan fuerzas paralelas dirigidas al centro de la tierra. Estas fuerzas presentan en una posición en el espacio una resultante de fuerzas nula.

No obstante, para mantener una postura del cuerpo determinada. Hay que establecer un equilibrio de fuerzas para anular la resultante. Esto supone un esfuerzo muscular que podemos comprobar debido a los distintos gastos energéticos que corresponden a cada postura del cuerpo.

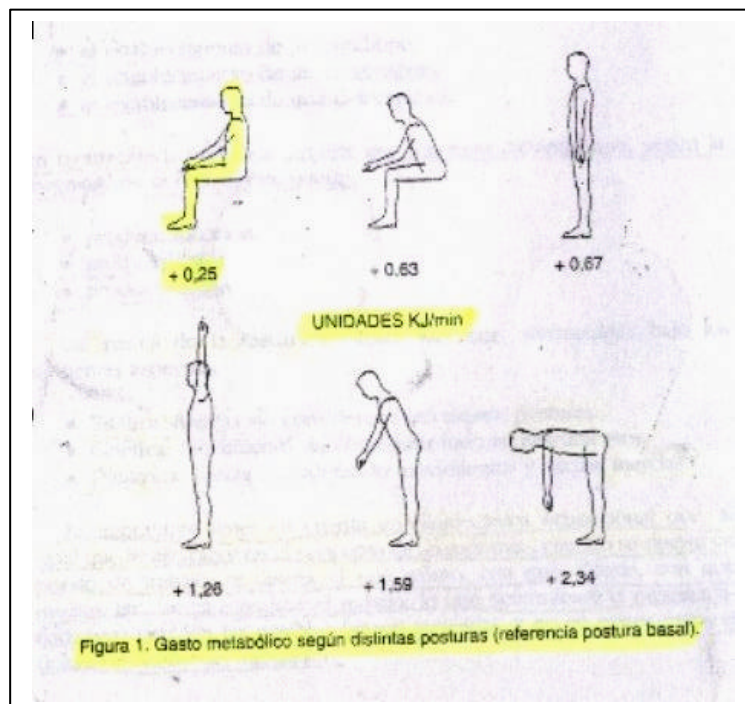


Figura 7: Posturas del cuerpo.

Para realizar el diseño ergonómico del habitáculo se utilizan las herramientas de la biomecánica. La biomecánica es la disciplina dedicada al estudio del cuerpo humano, considerado, considerado este como una estructura que funciona según las leyes mecánicas de Newton y las leyes de la biología.

La biomecánica se divide a su vez en deportiva, ortopédica y ocupacional. La última es la rama empleada para el diseño de puestos de trabajo e interiores de vehículos.

La biomecánica forma parte del concepto global de ergonomía, que es la interacción entre hombre y máquina.

La secuencia de análisis, de la biomecánica ocupacional; empleada en el trabajo presente engloba a la antropología, antropometría, biomecánica ocupacional aplicada y diseño de espacios y mobiliarios.

Por último, es importante tener en cuenta en biomecánica ocupacional que, al igual que se establece en el concepto de ergonomía y cuando se diseña un puesto de trabajo, se diseña: El qué, el cómo, el con qué, el dónde, con qué medios, etc., se va a realizar el trabajo, lo que determinará la productividad, pero también las posibles futuras molestias. Y no en pocos casos el dolor o la lesión del trabajador.

2.2.2 Antropometría y geometría del puesto de trabajo: Diseñar a la medida del hombre. Por lo expuesto hasta ahora, parece claro que no se puede diseñar un puesto de trabajo sin tener en cuenta al hombre. Esto requiere el conocimiento profundo de sus dimensiones y de sus capacidades físicas.

La mayoría de las veces, el conocimiento del hombre implica la necesidad de medir diferentes dimensiones. En la ergonomía son frecuentes técnicas tales como la ergometría (contexto tecnoestructural), Psicometría (Trabajo humano) y Antropometría (Las medidas del hombre). Este último término no debe solo limitarse a sus medidas geométricas sino también a sus medidas ponderales.

La idea de medir las dimensiones geométricas del propio cuerpo humano no es nueva. Y el concepto de canon, como regla de las proporciones de la figura humana. Se refiere al tipo ideal aceptado por los escultores egipcios y griegos. Famoso es el Canon de Policleto en la Antigua Grecia. Pero tal vez el canon más popularmente conocido es el de Leonardo Da Vinci (basado en el canon de Vitruvio).

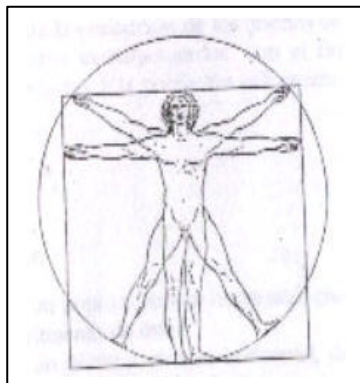


Figura 8: El canon de Leonardo Da Vinci

Vitruvio, era un arquitecto romano que basándose en las ideas de la época, argumentó que las dimensiones de los edificios deberían fundamentarse en ciertos principios estéticos preestablecidos del cuerpo humano. Que para la época se suponía un todo armónico.

Inspirándose en este principio, Le Corbusier, desarrolló el Modulor que consideró como un instrumento de medida fundado en la estructura humana y en la matemática.

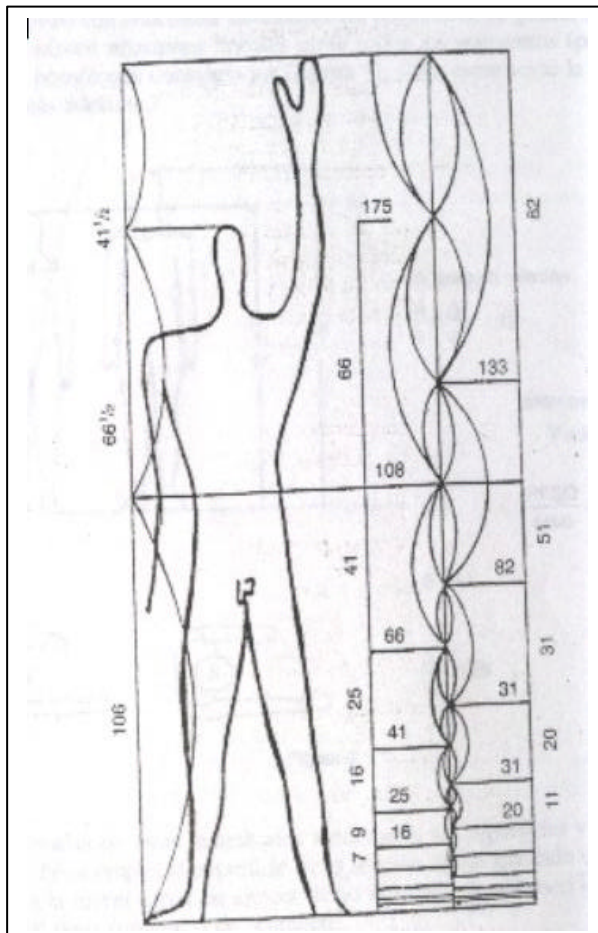


Figura 9: El modulor

Se atribuye a Marco Polo, la iniciación de la antropología física, ya que a la descripción de sus viajes, añadía la descripción de las dimensiones y formas de las personas que habían visto a lo largo de sus desplazamientos por el mundo.

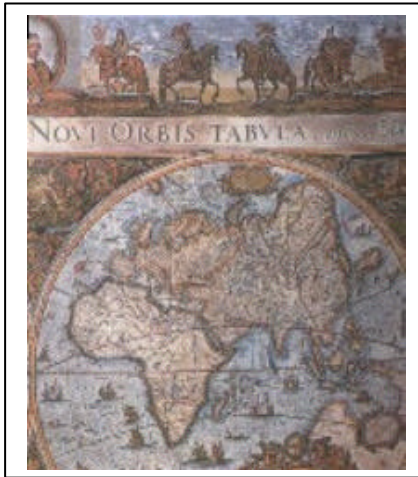


Figura 10: Viajes de marco polo

Fue probablemente Durero (1471-1528), quien marco el principio de la antropometría. Ya que intentó clasificar diversos tipos humanos de acuerdo con la observación y la medición sistemática de un gran numero de personas.

El desarrollo de la producción industrial, ha generado la necesidad de conocer utilizar y describir, las medidas del cuerpo humano. Y de hecho, existen desde hace tiempo datos antropométricos para la industria de la confección y de otros productos.

Desde la aparición de la ingeniería de los factores humanos. Se ha desarrollado, una antropometría con el objeto específico de diseñar puestos de trabajo. En general un estudio antropométrico es muy costoso. Lo prioritario, es elegir una

variable antropométrica determinada; para ser empleada como parámetro (patrón) en las llamadas ecuaciones de dimensión. La medida antropométrica en el presente trabajo es la altura media.

Cabe recordar que las medidas antropométricas se distribuyen al azar. El concepto de hombre medio prima en el presente estudio, para elegir la variable antropométrica de altura media (estatura media). Nadie coincide exactamente con las medidas del hombre medio, pero el diseño bajo este parámetro es útil para el 90 a 95% de la población.

Colombia es un país con una estatura de hombre medio de 1,68m. Para universalizar el presente diseño permitiendo el uso del vehículo por parte de una población más amplia (Turistas europeos). La altura de hombre medio*, para el diseño del vehículo aerodeslizador es de 1,85m. Que es la altura de hombre medio para Europa central (Alemania. Austria, Dinamarca).

PARÀMETRO	VALOR(metros)
Estatura	1,85
Altura ojos	1,74
Altura hombros	1,54
Altura codos	1,18
Alcance máximo vertical	2,31
Alcance máximo frontal mano	0,84
Longitud brazo	0,37
Longitud cadera rodilla	0;56
Altura rodilla	0,53
Longitud pie	0,33

TABLA 1: Estatura media para el diseño.

Un factor, a tener en cuenta en el diseño. Es la velocidad de incremento de la estatura por década. En Europa occidental es de 0,01m y en Japón es de 0,02m. Esto debido a factores de bienestar, alimentación, ejercicio y entorno ambiental. Originando la llamada tendencia secular de la población.

El espacio de trabajo, queda definido en la norma UNE 81-425-91 como el volumen asignado a una o varias personas, en el sistema de trabajo para cumplir la tarea asignada. Las demandas de dicha tarea y el espacio disponible deben ajustarse a las capacidades humanas.

El buen diseño de un puesto de trabajo, debe garantizar la asignación correcta del espacio y la disposición armónica de los colores, medios de trabajo, olores etc. De forma que la persona no tenga que esforzarse con movimientos inútiles o desproporcionados para ello debemos tener en cuenta tres aspectos básicos como son: Posturas, movimientos y visibilidad.

2.2.2.1 Posturas: La postura o disposición espacial de los segmentos corporales, supone en si misma una carga corporal que genera esfuerzos. Tanto mayor en cuanto el cuerpo se aleje de una situación de equilibrio estable.

2.2.2.2 Movimientos: Si la geometría y la disposición de los elementos a utilizar no son adecuadas, los movimientos pueden forzar a las articulaciones. Por encima de los límites de confortabilidad.

2.2.2.3 Visibilidad: El conjunto de objetos que debe o puede observar un trabajador desde su puesto de trabajo; se llama ERGORAMA. Debe disponerse de tal forma que la postura que adopte la cabeza durante la mayor parte del tiempo no sea nociva.

2.2.3 Posición de trabajo: La estabilidad de un cuerpo inerte, viene determinada por su superficie de soporte (sustentación). Por esto la postura más estable o de gasto de energía cero, de una persona es la de acostado (boca arriba). Pero no es fácil concebir trabajos bajo esta posición. La postura de pie genera un gasto energético importante (0,63k/min). Para lograr mantener el equilibrio.

La posición sentada, es más estable que la postura de pie. Aunque supone un gasto energético menor y como consecuencia una menor fatiga (0,25 k/min). No obstante, esta posición es antinatural y supone una basculación de la cadera y postura inadecuada de la columna vertebral.

PARÀMETRO	ÀNGULO OPTIMO
Eje tronco vertical	20°
Eje tronco - cadera	110°
Eje cadera- pierna	120°
Eje pierna - suelo	110°
Eje brazo vertical flexión	35°
Eje brazo vertical ad.	30°
Eje brazo-antebrazo	160°
Eje antebrazo mano	190°

TABLA 2: Angulos de confort

Para el presente estudio, el puesto de trabajo es fijo, sometido a cargas ligeras. Con sitio para miembros inferiores. El operario se levanta menos de 10 veces por hora. En pocas palabras el puesto de trabajo es sentado normal (Norma AFNOR 35-104/83).

2.2.4 Planos de trabajo: Los planos de trabajo, contienen los elementos que normalmente son empleados por la persona en el puesto de trabajo. Sea empleando el contacto directo con manos o pies o sistemas visuales.

En principio se puede decir que el plano de trabajo, coincide con el plano de la mesa de trabajo, pero hay que añadir; las dimensiones de los objetos o dispositivos que deben utilizarse. Por eso es conveniente conocer las dimensiones de las piezas a utilizar (volantes, manubrios, botones, perillas, palancas, etc.).

2.2.4.1 Planos de trabajo en la posición sentada: Para el diseño de asientos, es requerido considerar en primer lugar los llamados ángulos de confort de WISNER. En realidad, estos ángulos nos proporcionan datos de los límites mínimos y máximos de apertura donde las articulaciones no están sometidas a esfuerzos por encima de lo normal.

Es fácil comprender la infinidad de posibilidades posturales, que se pueden asumir dentro de estos límites. Pero también es fácil, sin tener en cuenta estos ángulos, cometer errores y diseñar posiciones esforzadas.

En la tabla, se determinan los límites superior e inferior de los ángulos de confort y el sistema esquelético de eslabones articulados.

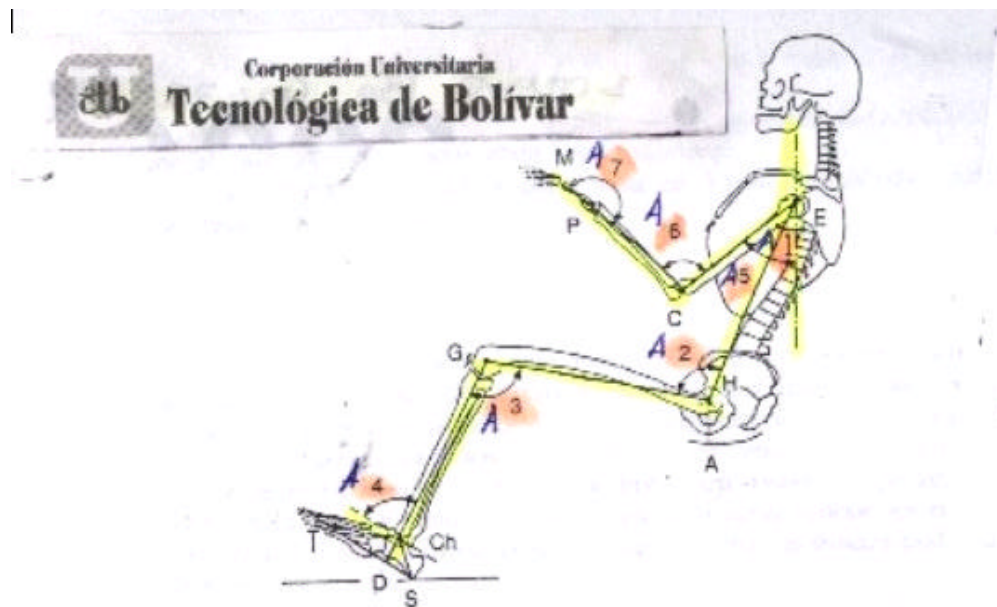


Figura 11: El articulado

2.2.5 Areas de trabajo: El área normal de trabajo, es la zona más conveniente para que los movimientos de las manos se puedan realizar con un gasto mínimo de energía. Por tanto todos los equipos y/o herramientas, se deben localizar perfectamente en esta área. Es frecuente el encontrar puestos de trabajo, diseñados de manera arbitraria y por tanto producen gasto excesivo de energía metabólica y lesiones a los operarios.

El área de trabajo, debe ser situada en el plano de trabajo. Y para ello existen dos criterios: El criterio de áreas de FARLEY y el criterio de áreas de SQUIRES.

2.2.5.1 Areas de Farley: Emplea el criterio de que el movimiento de los brazos se efectúan, paralelos al tronco y los antebrazos con un ángulo de flexión de 90 grados. Esta área es circular, con los centros O_1 y O_2 en la proyección horizontal del hombro; sobre el plano de trabajo.

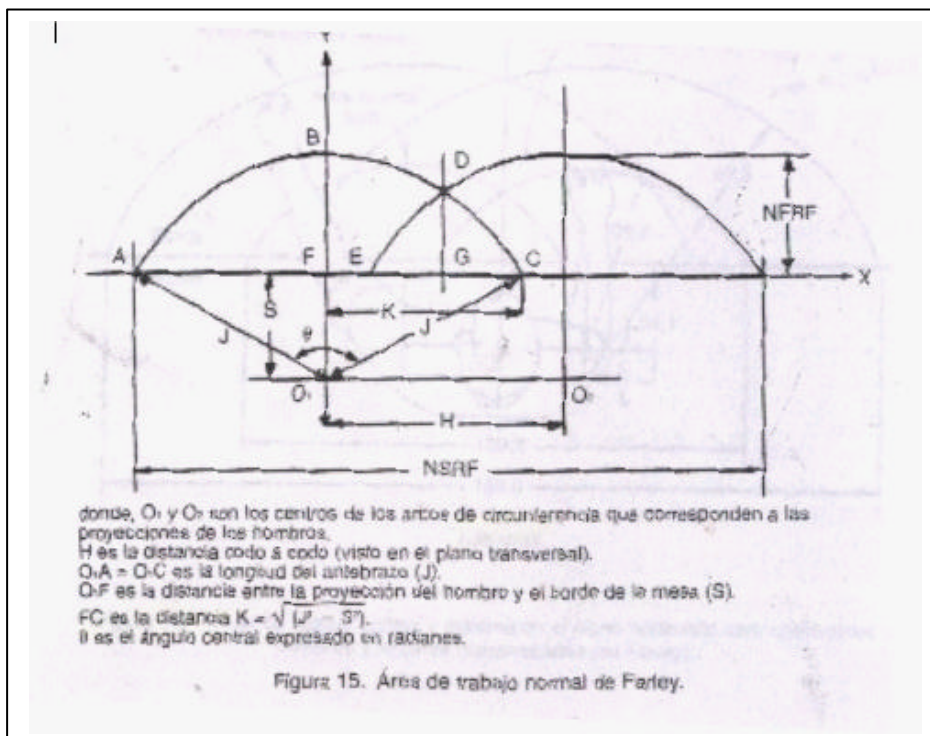


Figura 12: Areas de Farley

2.2.5.2 Areas de Squires: La diferencia con el área de FARLEY, es que este contorno proyectado no es circular. Si no tiene forma de una cicloide. Esta se considera una curva más real y armónica para los movimientos del cuerpo humano.

Para el presente diseño, el habitáculo se dimensionará bajo el criterio de SQUIRES.

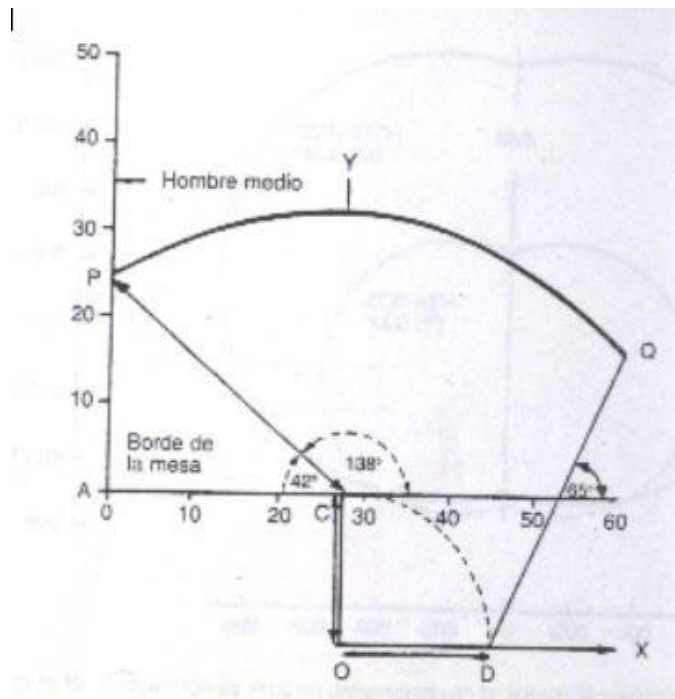


Figura 13: Areas de Squires

2.2.6 Volúmenes de trabajo: Un volumen de trabajo, es una zona o espacio tridimensional de alcance conveniente; aquel en el cual el objeto puede ser alcanzado de forma fácil. Sin tener que realizar esfuerzos indebidos.

Tomando como puntos fijos, las articulaciones del cuerpo. Se obtiene un lugar geométrico de la superficie barrida por los miembros articulados. A esta región se le denomina envolvente de alcance normal.

Para el presente estudio, y apoyados en el sistema esquelético articulado: Con el parámetro ya definido de estatura de hombre medio igual a 1,85 m. Tenemos que el volumen mínimo requerido en cada puesto del habitáculo, se presentan en la figura 14.

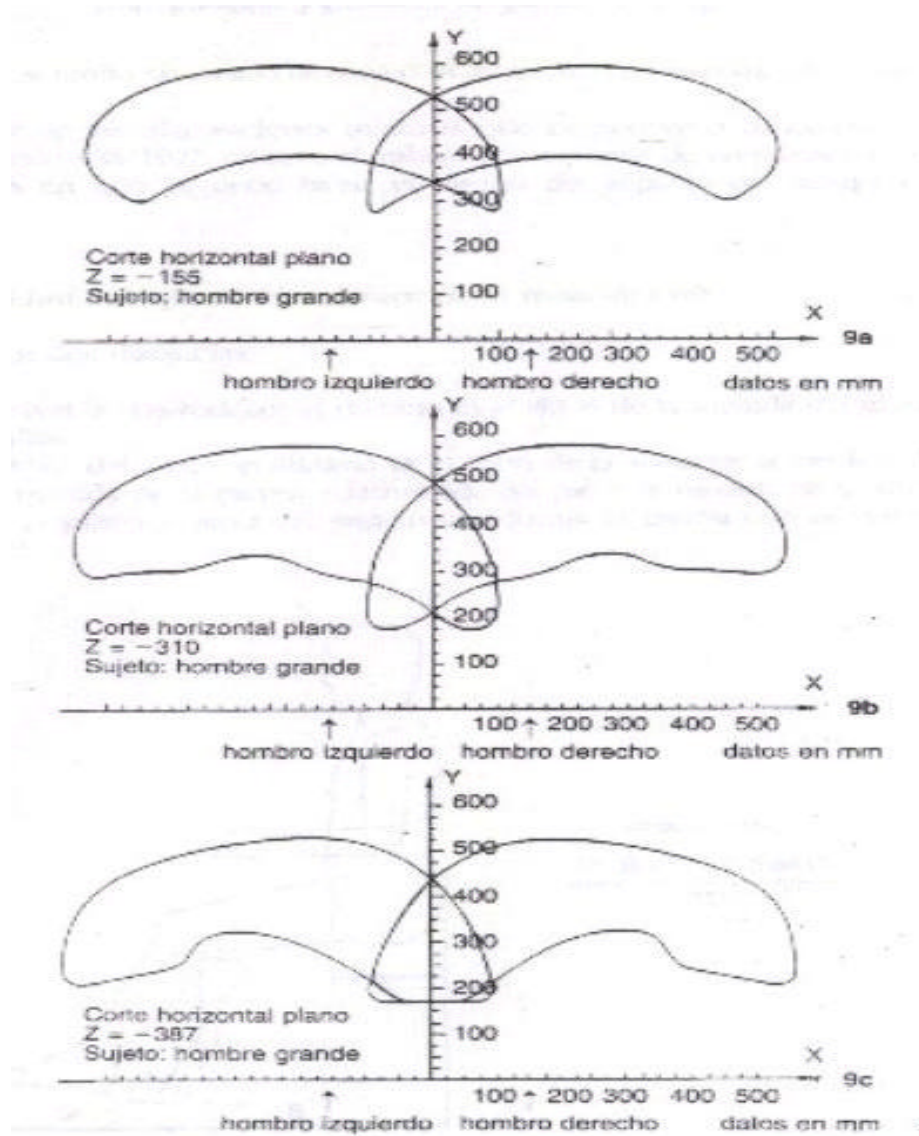


Figura 14: Volúmenes mínimos

2.2.7 Disposición espacial del conjunto: Desde el punto de vista ergonómico, el sistema hombre-máquina. Para el habitáculo del vehículo las dimensiones mínimas; se representan en la figura 15 y 16.

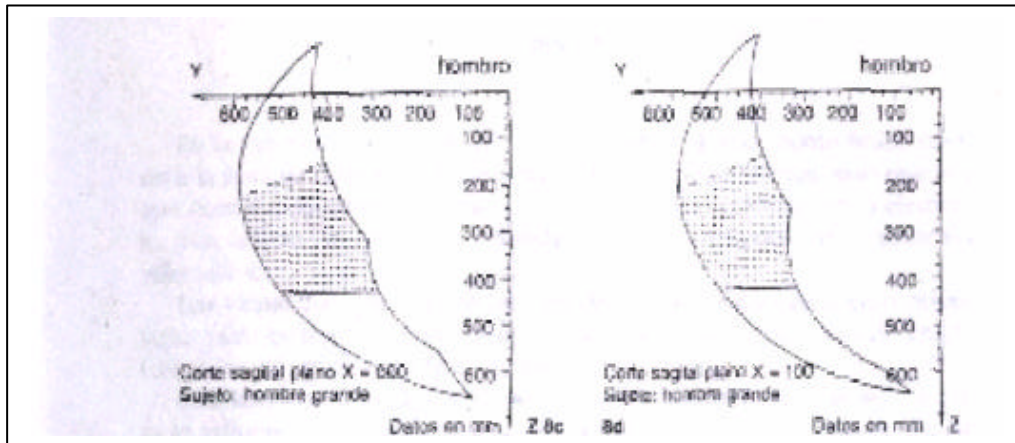


Figura 15: Areas minimas laterales

Figura 16: Dimensiones mínimas

2.2.8 Conclusiones: De acuerdo con los datos expuestos anteriormente. Queda claro que el diseño de un puesto de trabajo requiere un estudio cuidadoso. Nunca al azar, debido a que este estudio define las dimensiones mínimas de confort para el puesto de trabajo.

Al iniciar la presente sección, se hizo referencia al término proxémica. Que se refiere según el antropólogo Edward T. Hall, a las teorías que relacionan al hombre con el espacio vital que le rodea. Estas teorías, tienen que ver con la llamada territorialidad.

En el diseño del habitáculo se tuvo, en cuenta la máxima china que dice: Una nave, no solo es las maderas que la forman. Si no también el espacio amable que contiene en su interior.

2.3 EL EFECTO SUELO

El término conocido como WIG es la abreviación del término en inglés *wing in ground effect* (ala en efecto suelo). Desde el principio del vuelo tripulado, los pilotos notaron que al acercarse al suelo un fenómeno singular operaba. El avión se rehusaba insistentemente a descender y tendía a continuar volando a pocos metros de la superficie. Este hecho se produce debido al aire que queda atrapado debajo del ala formando una especie de colchón. Este fenómeno es conocido como efecto suelo. En los años subsecuentes a 1920 se realizaron experimentos

de campo, pero el conocimiento y la utilización de este fenómeno era evidentes. Para u piloto de un avión anfibia es conveniente saber que si vuela a una altura mínima sobre el nivel del agua, necesitará menos poder de sus motores para mantenerse en vuelo y podrá recorrer mayores distancias. Durante la segunda guerra mundial, los bombarderos dañados que volaban hacia Inglaterra con menos de la potencia necesaria para alcanzar sus bases podían descender hasta muy cerca del nivel del mar y mantenerse en vuelo y escapar.

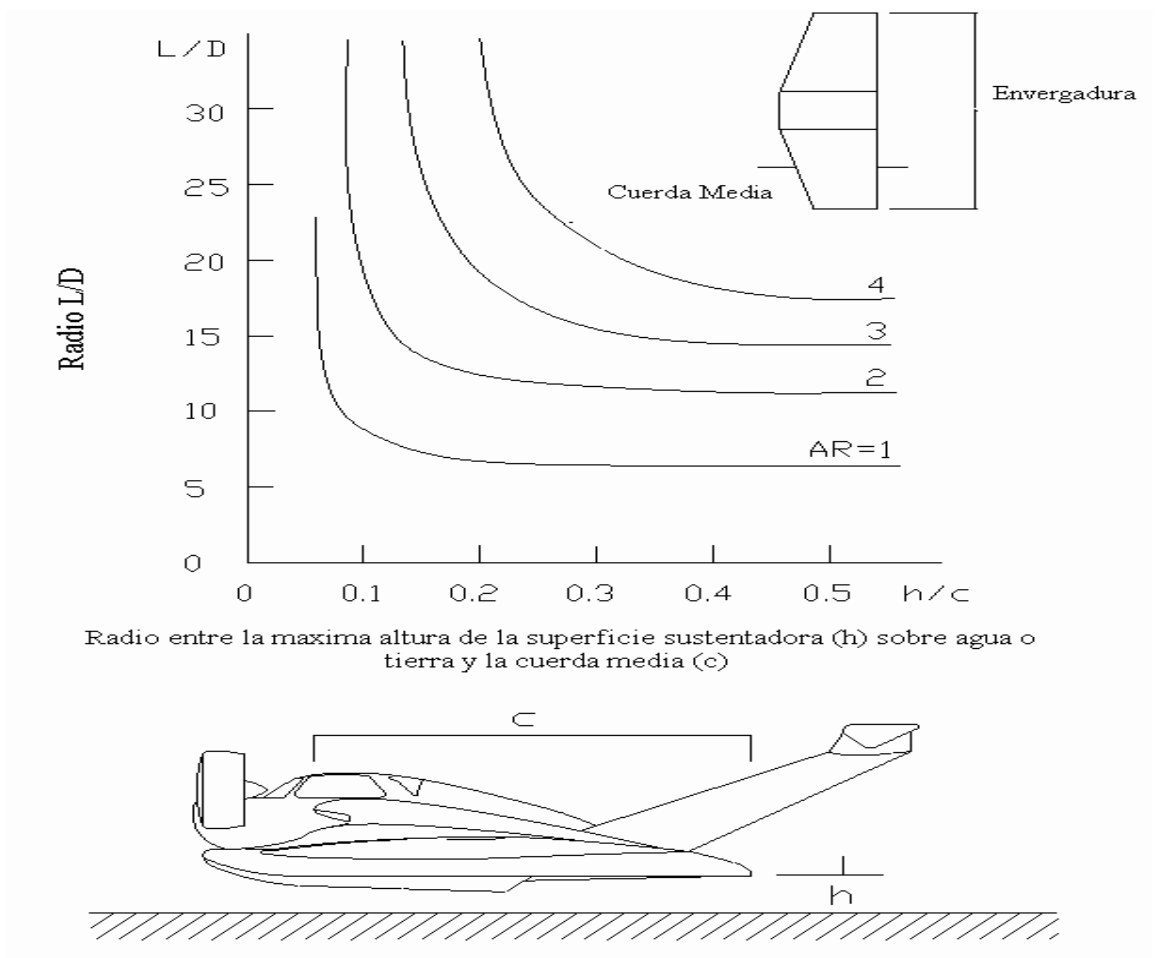


Figura 17: Cuerda media-eficiencia L/D.

Cualquiera que haya sacado la mano por la ventana de un automóvil en movimiento notará que la mano tiende a elevarse y a moverse hacia atrás ligeramente. El primer efecto es conocido como sustentación y el segundo como arrastre. El objetivo natural del diseñador es obtener la mayor sustentación posible con el arrastre mínimo, es decir, que se pueda levantar más y se obtenga la menor resistencia posible. La eficiencia del ala puede definir como el cociente entre la sustentación L y el arrastre D , L/D . El comportamiento de la eficiencia se puede observar en la figura 1, contra el cociente entre la cuerda c (distancia entre la punta del perfil alar y la cola o borde de fuga de este) y la altura entre superficies entre la masa de agua y la superficie del ala h , h/c . De la gráfica podemos inmediatamente notar que con el aumento del valor de h/c la eficiencia disminuye, lo que en otras palabras se podría interpretar como "**mientras mayor sea la aeronave, ésta volará más eficientemente**", consecuencia de que con la mayor magnitud de la cuerda se disminuye el cociente h/c . En resumen, mientras más grande mejor

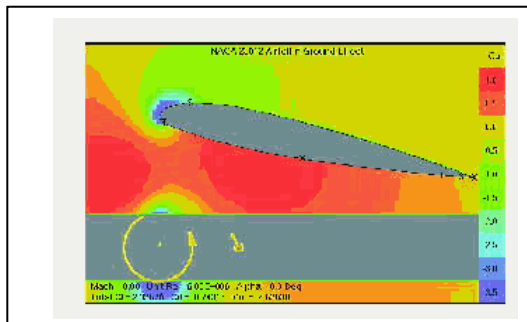


Figura 18: Ala en efecto suelo

La figura, muestra los flujos a través del ala tanto en vuelo libre como en vuelo con efecto suelo. De ella se observa que la envergadura en efecto suelo es equivalente a una envergadura de considerablemente mayor tamaño en vuelo libre, esto es debido a la superior presión presente en la primera y a la diferente circulación de aire en la ala sometida al efecto suelo. Bajo el ala y debido a la cercanía con la superficie, como se describió anteriormente, se crea un colchón de muy alta presión por lo cual mientras menor sea la altura a la que vuele el vehículo la presión será mayor, como lo muestra la gráfica de simulación por computadora mostrada en la figura, de nuevo se puede ver que mientras la velocidad del vehículo aumente, este cojín de presión será mayor. Esta proximidad representa un incremento en la sustentación de un 75 % con respecto a un perfil en vuelo libre.

Esto se explica en términos de la diferencia del arrastre ocasionado por las dos situaciones.



Figura 19: Ekranoplano ruso en el Caspio

En general hay dos tipos de arrastre. Aquél debido a la fricción y el inducido debido a la producción de sustentación. Este último es conocido simplemente como arrastre inducido. Cuando un avión vuela a una altura considerable, la sustentación del ala crea un campo de flujo hacia abajo que está delimitado por un par de vórtices en las puntas de las alas, como los que se pueden ver en los aviones acrobáticos durante una exhibición aérea debido a la condensación del agua en las puntas y usted se puede imaginar la cantidad de energía que estos vórtices transportan, produciendo el arrastre inducido. Ahora bien, el flujo hacia abajo en un vehículo de efecto suelo no puede ser el mismo dado que el terreno está en el camino de éste. Este hecho nos provee por conclusión que el ala que se encuentra bajo condiciones de efecto suelo producirá un, menor arrastre inducido y por lo tanto tendrá una mayor eficiencia que aquél que se mueva lejos del suelo, debido a que el flujo que induce el arrastre inducido está restringido por la proximidad de la superficie.

En este punto, y como presumiblemente ya se lo está preguntando, es preciso realizar una distinción entre los vehículos de efecto suelo. Un hovercraft es indudablemente un vehículo de efecto suelo por definición, ya que se desplaza sobre un colchón de aire tal como ha sido descrito. Pero es preciso diferenciar entre un vehículo WIG que se desplaza sobre un colchón *dinámico* de presión y un hovercraft que cabalga sobre un colchón *estático* de presión. Dado que el fenómeno de efecto suelo en el vehículo WIG es mantenido por la presión del aire atrapado entre las dos superficies relevantes, no se requerirá extraer potencia de

la planta motriz de la aeronave para mantenerlo, cosa que no pasa en el hovercraft donde se necesita de la potencia y una hélice que mantenga el colchón estático inflado. De cualquier manera es acertado decir que la definición más sencilla para el vehículo de ala en efecto suelo es ekranoplano.

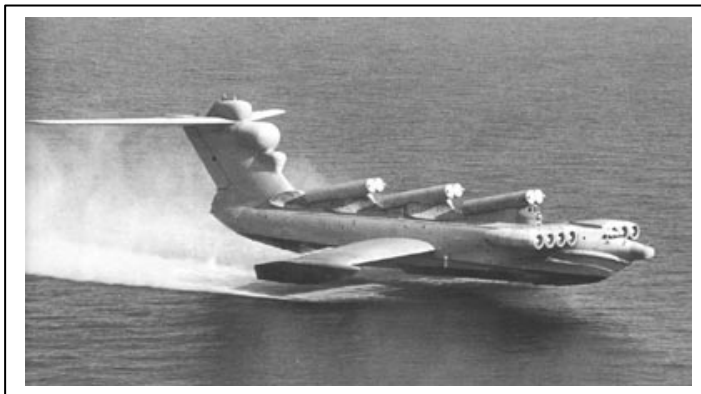


Figura 20: WIGE Orlonok, diseñado en 1984 en Rusia.

- Etapas del vuelo WIG: En la figura se muestran las diferentes etapas de vuelo de un vehículo WIG, tal y como se han mostrado en los vehículos más grandes producidos hasta hoy, el Orlonok, De acuerdo con M. Leroy Spearman, quien ha estudiado el vuelo WIG en el Centro de Investigación de Langley, Nasa, asegura que el proceso para obtener el estado de vuelo descrito ha de pasar por cuatro etapas principales. El proceso como se verá, tiene solo dos factores principales que son el poder de la planta motriz, idealmente montada en la parte frontal del fuselaje y el diseño del ala. El cambio en la vectorización del empuje del motor combinado con el ángulo de los flaps del ala. El proceso global es conocido como PAR (Power Argumentation):

- ◆ Efecto Suelo con Motor: Sobre la superficie desde el reposo (velocidad cero), el escape de la planta motriz es dirigido bajo el ala. Esto implica necesariamente que la planta motriz, usualmente turbojets, turbofans ó ventiladores, tenga dispositivos adicionales que permitan el control del flujo. Esta circulación crea un colchón de aire bajo las alas contenido por flotadores localizados en las puntas de éstas y por la deflexión de los flaps. La alta presión toma forma bajo las alas y levanta el vehículo fuera del agua.

- ◆ Ala Aumentada: Usando el efecto de ariete del colchón de aire y la aceleración de la planta motriz delantera, la aeronave empieza a moverse hacia delante en efecto suelo. Los flaps aún se mantienen abajo para poder atrapar más aire.

- ◆ Desempeño a Baja Velocidad: Moviéndose fuera del efecto suelo, la aeronave obtiene alta sustentación a bajas velocidades dirigiendo el escape de la planta motriz sobre el ala con los flaps aún extractos. El fluido tiende a seguir el contorno del ala debido al Efecto Coanda (adherencia del fluido a las superficies curvas debido a efectos viscosos).

- ◆ Desempeño de Crucero: Fuera del efecto suelo y a una velocidad de crucero y altitud, la aeronave obtiene sustentación a bajos ángulos de ataque con empuje aumentado conseguido al dirigir el escape del motor sobre los flaps retraídos.

Diagrama de Von Karman-Gabrielli

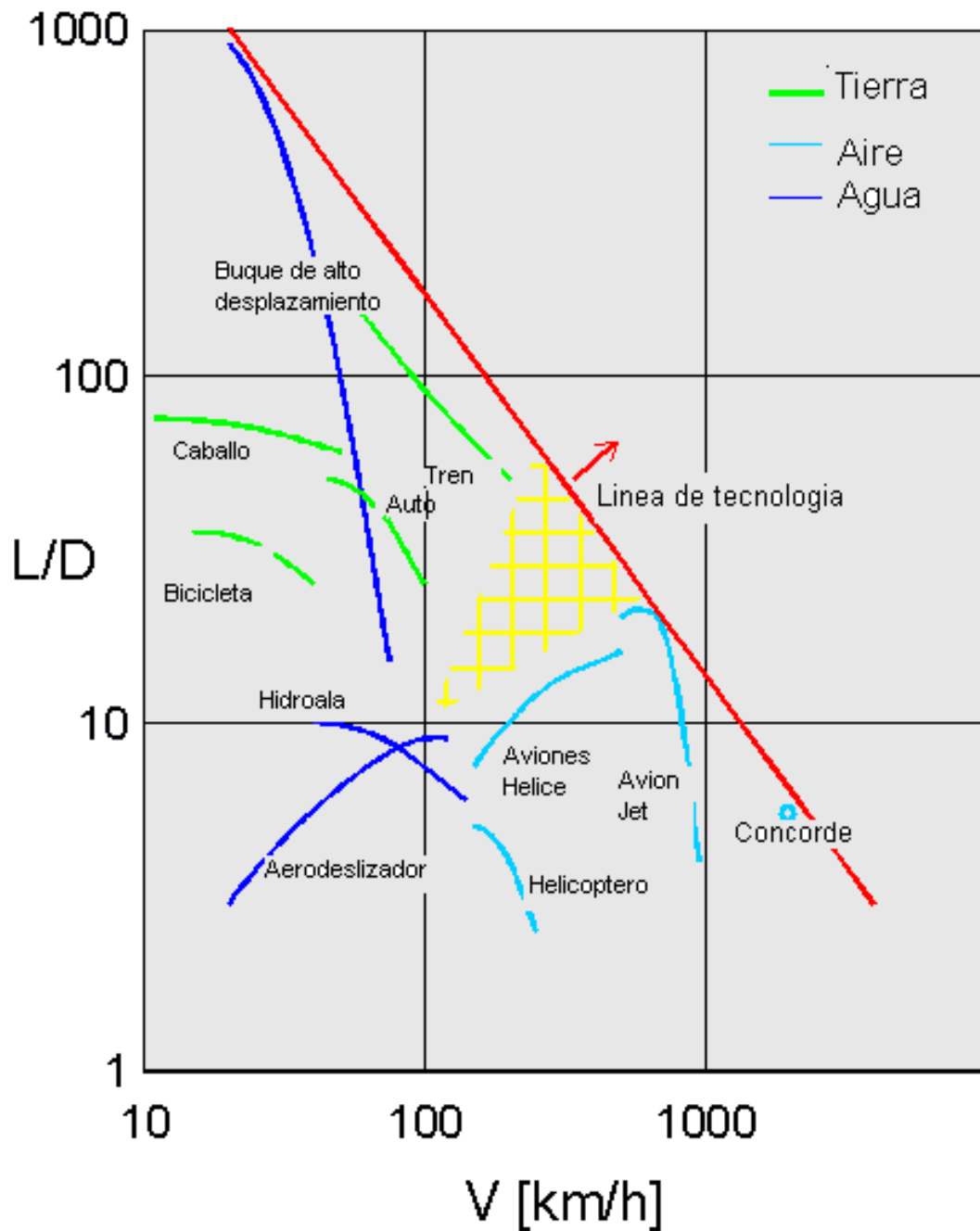


Figura 21: Diagrama Velocidad – Eficiencia de un WIGE.

- La eficiencia comparada: Una de las maneras de comparar la eficiencia entre diferentes tipos de vehículos es mediante el diagrama de Von Karman Gabrielli. Este diagrama tiene por ejes la eficiencia aerodinámica L/D contra la velocidad de operación, como puede verse en la figura.

Este diagrama tiene características interesantes como la línea de Von Karman Gabrielli, que indica el límite tecnológico. Por otro lado encontramos la línea amarilla, en donde ningún tipo de vehículo aparece hasta la fecha de elaboración del diagrama. Esto quiere indicar que los WIG llenan un nicho, contribuyen con complementar el espectro disponible. Ahora entonces es necesario examinar si lo hacen con una eficiencia notable.

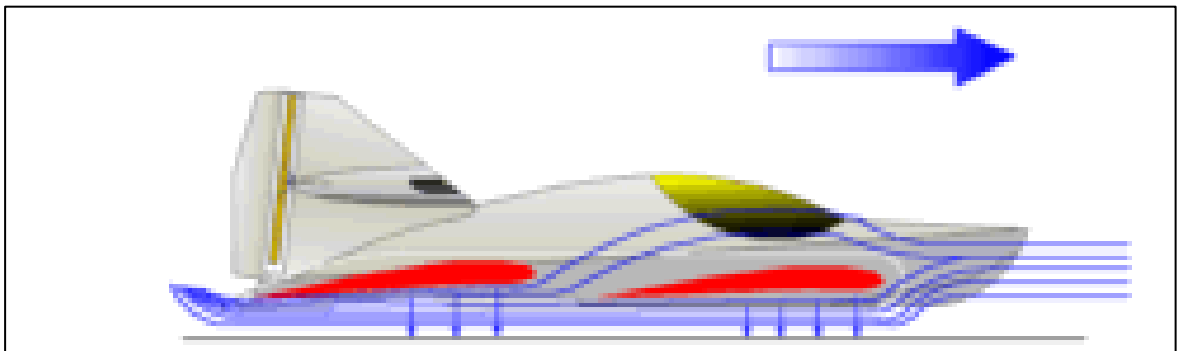


Figura 22: El sistema de sustentación tipo tandem, Aumenta la eficiencia WIGE*.

Potencia Requerida para diferentes modos de Transporte. P/W esta normalizada

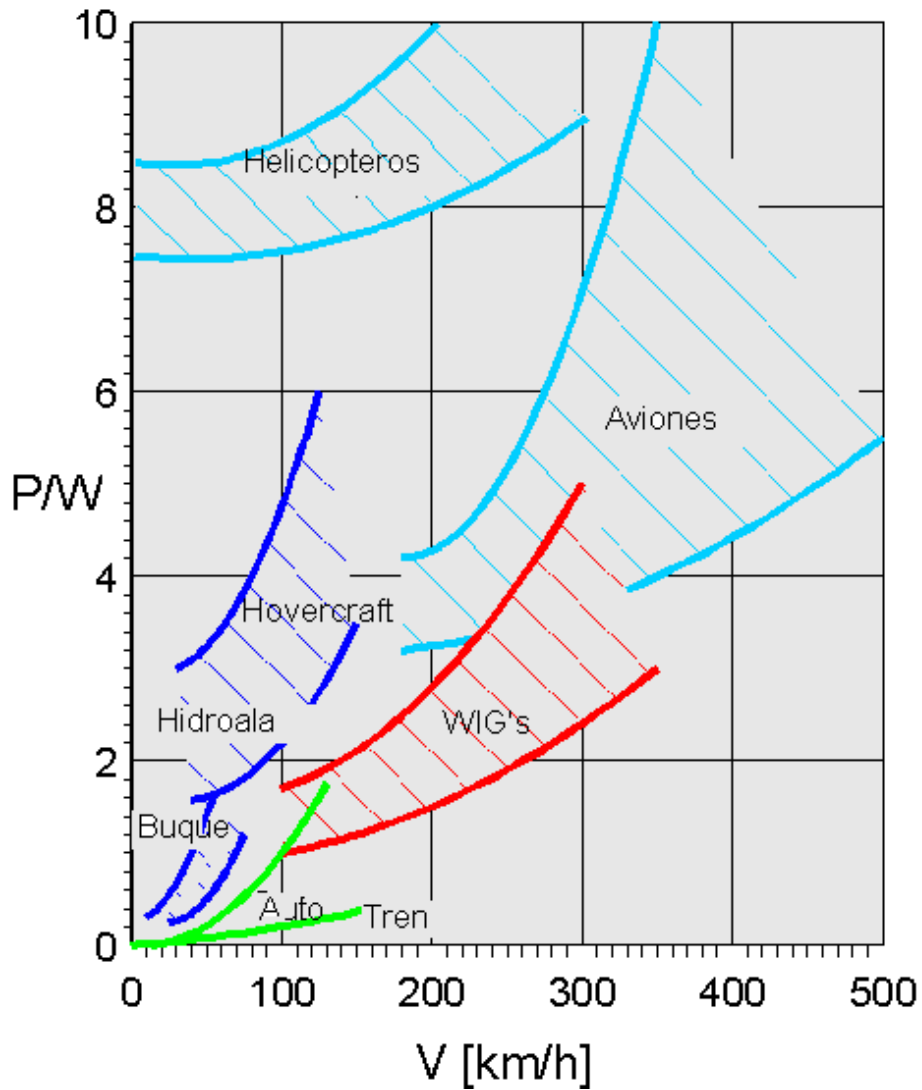


Figura 23: Diagrama Velocidad – Potencia consumida.

La manera preferida de aproximarse a esta pregunta consiste en observar la relación Potencia-Peso requerida en cada uno de los tipos principales de transporte enfrentado a la velocidad de operación como lo muestra la figura. En

esta se puede observar que los WIG requieren relativamente mucho menor potencia de operación comparados con un avión en le rango de los 300-400 km/h y menor que los Hovercraft y los Hidrofoils a la misma velocidad. Esto garantiza un mayor alcance y un consumo de combustible mucho más deseable, mientras que la carga útil es muy superior.

- Virtudes y Garantías: Las ventajas de los vehículos WIG ahora son evidentes, un examen más detallado de las ventajas en conclusión es ahora posible de especificar:

- Los vehículos WIG son eficientes en el consumo de combustible dado que requieren menos potencia para mantenerse en vuelo que los aviones de cotas superiores por las implicaciones aerodinámicas ya descritas. Además el aire es más denso al nivel del mar.
- Alta carga útil. Mientras la masa aumenta el cojín de presión aumenta, y mientras el tamaño de las alas (y por consiguiente el tamaño global del vehículo) aumenta, la eficiencia aerodinámica aumenta.
- No requieren alcanzar cotas altas, lo que significa un ahorro de energía por unidad de tiempo notable.

- Tiene tanto confort como un buque de pasajeros e incluso superior. Un vehículo WIG por su techo de servicio no requiere presurización, lo que infiere que se necesitan menos sistemas de apoyo al ambiente para el ser humano reduciendo los costos y los requisitos médicos

Su velocidad no es considerablemente inferior a la de crucero de un avión de línea, es decir altas velocidades subsónicas en los WIG de la siguiente generación. No es necesario crear nueva infraestructura como instalaciones especializadas de transbordo (puertos ó aeropuertos), las instalaciones de mantenimiento no serán diferentes a las de un buque.

Los WIG pueden llegar a lugares que el avión no puede alcanzar con facilidad, tales como archipiélagos lejanos, regiones polares, etc. Esta característica, sumada a su alcance, tamaño y velocidad los hacen ideales para labores de rescate y como efectivas plataformas médicas.

Son extremadamente seguros. Como los WIG no se elevan más allá del tamaño de las olas, la pista está siempre disponible, lo que descarta la posibilidad de desastre debido a que el vehículo "se caiga". El efecto psicológico es máximo, pues la pista siempre estará cerca debajo y la vista del pasajero. Los WIG por lo tanto no requieren de regulaciones tan estrictas como las aeronaves y sus componentes y repuestos tendrán costos inferiores también.

Aunque las ventajas de los WIG son contundentes sobre los demás medios de transporte actuales, existen ciertos problemas intrínsecos al efecto suelo en sí y problemas del proceso de arranque.

➤ **Problemas de los vehículos WIG**

✓ **Problema:** *Alta velocidad y potencia de despegue.*

El proceso descrito en la sección de etapas del vuelo WIG necesita una considerable entrada de potencia y de elementos alares adicionales para el PAR. Para evitar todo este proceso es necesaria una gran velocidad de despegue lo cual sólo es aplicable para vehículos livianos. Para separarse del agua, el WIG tendrá que superar la distancia de su casco lo cual produce cantidades enormes de arrastre, siendo la potencia requerida para vencer este arrastre la potencia del motor.

Las soluciones planteadas hasta el momento, son: El empleo de tecnología hovercraft para levantar el vehículo de manera estática. Otros investigadores plantean las ventajas del empleo de casco doble (catamarán), que elimina de inmediato el arrastre y proporciona un canal de aire para el efecto suelo y como rasgo adicional origina una gran estabilidad y flotabilidad en el agua.

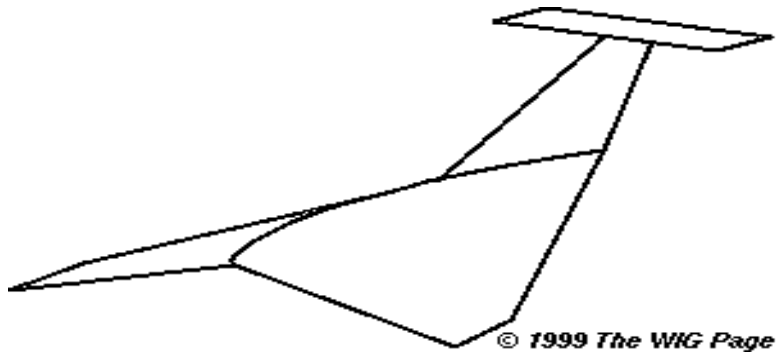


Figura 25: Lippich doble delta.



Figura 26: Volga 2

✓ **Problema:** *Respaldo Financiero.*

Hoy en día pocos organismos se atreven a hacer inversiones en tecnologías revolucionarias como los WIG. Requieren del diseñador garantías de buen y seguro funcionamiento del aparato. Para ello es necesaria la construcción de un prototipo y eso es una aventura costosa ya que los prototipos de menor tamaño tienen vicios y dificultades de operación y pierden las ventajas de ahorro de combustible de los vehículos de mayor tamaño.

✓ **Problema:** *Seguridad de operación.*

Si bien es sabido que las olas se distribuyen normalmente, es posible e incluso inevitable que se produzca una ola de tamaño superior a la altura de vuelo del WIG. Por este hecho es necesario aumentar la robustez de la estructura ó conseguir volar por encima de la ola. El prototipo propuesto tiene una mayor capacidad de volar por encima del efecto suelo en caso de una emergencia.

2.4 EL EFECTO MAGNUS

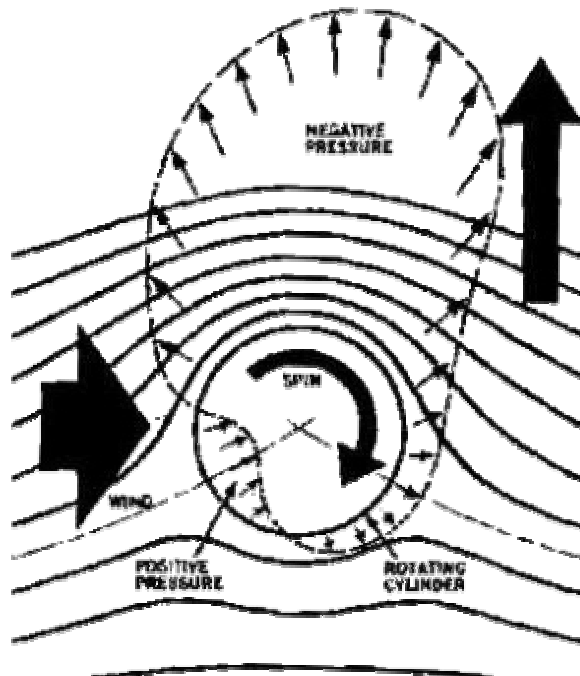


Figura 27: Cilindro giratorio en un fluido¹

En algunos deportes como el tenis, béisbol, fútbol etc. es impresionante ver como se desconcierta al oponente cuando se cambia la trayectoria de la pelota (por ejemplo un tiro libre en fútbol o una bola curva en béisbol), gracias a la habilidad natural del jugador para darle "efecto" a la bola. En realidad éste si le está dando un efecto: El efecto Magnus.

¹ En los años veinte en Alemania, Antón Flettner, desarrolló un barco de cilindros rotativos. Que sustituía las velas por cilindros rotativos movidos por motor. El barco se movía, debido al efecto Magnus, No obstante, seguía dependiendo del viento. Cruzó el Atlántico varias veces pero el barco resultaba poco rentable y el proyecto fue abandonado.

Dicho efecto produce un cambio en el camino esperado del objeto durante su recorrido por el aire, que no coincide con el movimiento de un cuerpo arrojado "normalmente".

Este fenómeno es producido básicamente por la rotación impuesta a la pelota en el momento en el cual es lanzada hacia algún objetivo,

Esta rotación es inducida en el caso del fútbol, al golpear el balón con una dirección no alineada con el centro de masa, lo cual causa que salga dando vueltas mientras está en el aire.

Muchos de los deportistas famosos conocen el fenómeno empíricamente y lo usan para su beneficio. El buen manejo del efecto puede producir un incremento en sus niveles de eficiencia en un partido.

2.4.1 Modelo teórico: Se puede hacer un modelo teórico de lo que sucede uniendo tres elementos simples: un fluido horizontal uniforme, un dipolo fuerte sumidero y un vértice. Al sumarlos nos da como resultado una esfera (o un cilindro) en rotación con una velocidad relativa con respecto al fluido uniforme, como se ve en la figura.

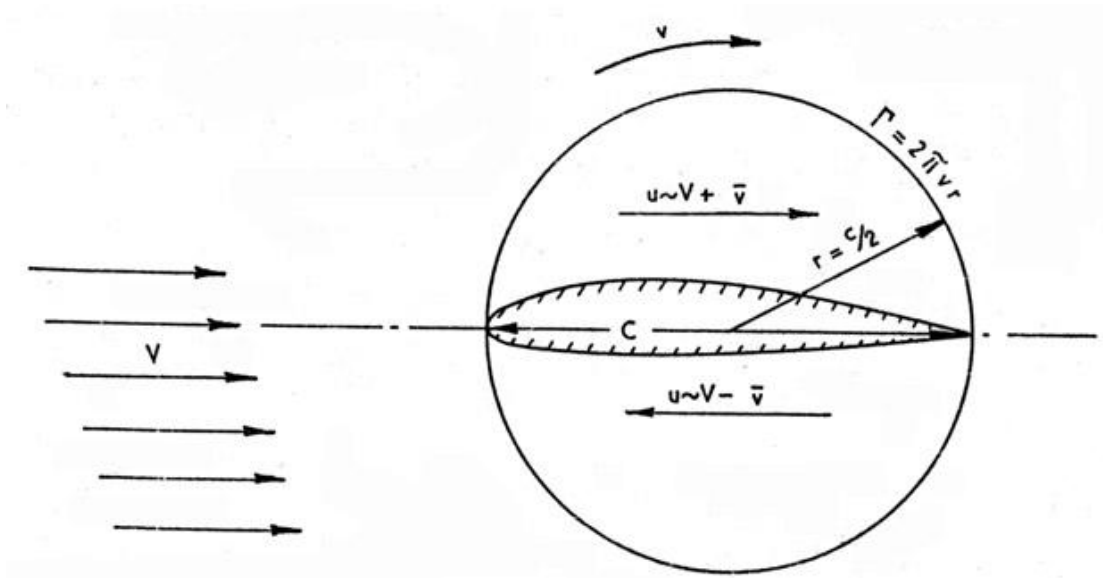


Figura 28: Esfera con efecto Magnus.

Por medio de la ley de Bernoulli, y haciendo el análisis para el punto superior e inferior de la pelota, llegamos a:

$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 = P_i + \frac{1}{2} \rho (V - \bar{v})^2$$

$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 = P_s + \frac{1}{2} \rho (V + \bar{v})^2$$

Donde se usa la velocidad promedio, la cual sabemos que es igual a:

$$\bar{v} = \frac{\pi v}{2}$$

Luego resolviendo para P_s (presión superior) y P_i (presión inferior), restándolas y multiplicando por el diámetro c' podemos llegar a una expresión de la fuerza de sustentación por unidad de longitud:

$$L = \rho V \pi r^2 c = \rho V \Gamma$$

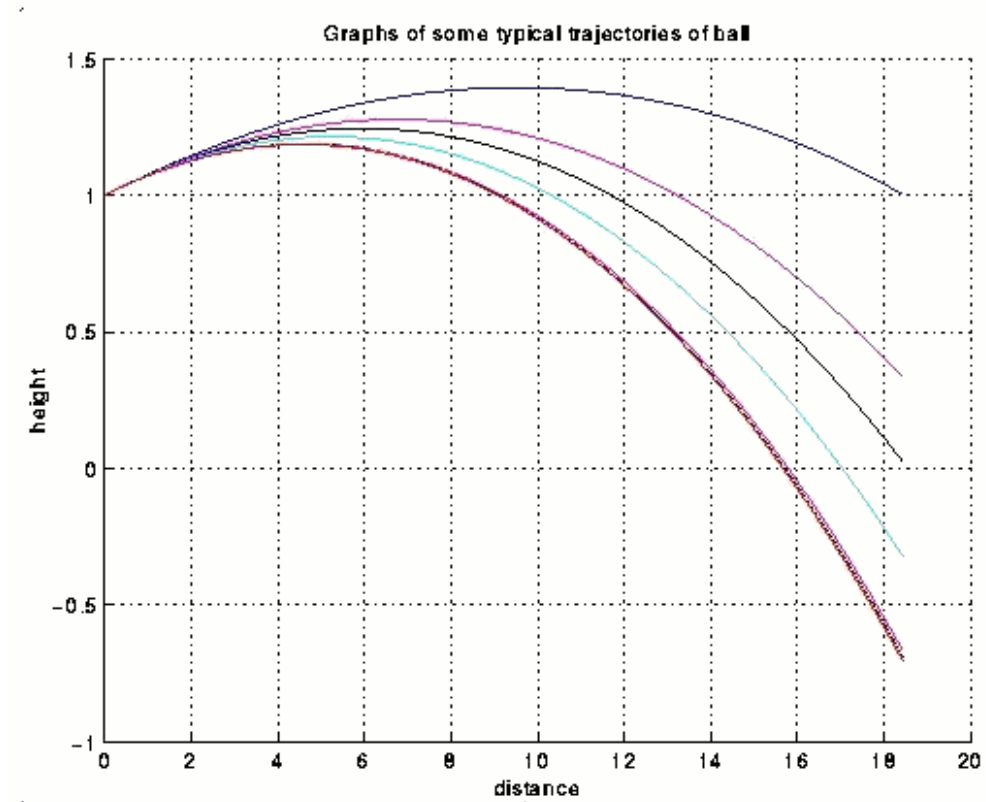


Figura 29: Distancia de recorrido comparada.

La gráfica es de Altura vs. Distancia, podemos observar, la primera línea, en su trayectoria parabólica ya que no tiene rotación, y a las otras apartarse de ese patrón.

2.5 EL EFECTO ISOCRONO

La curva engendrada por el movimiento de un punto de una circunferencia; que rueda sin deslizar sobre una recta fija u otra curva. Cualquiera que esta sea se llama cicloide.

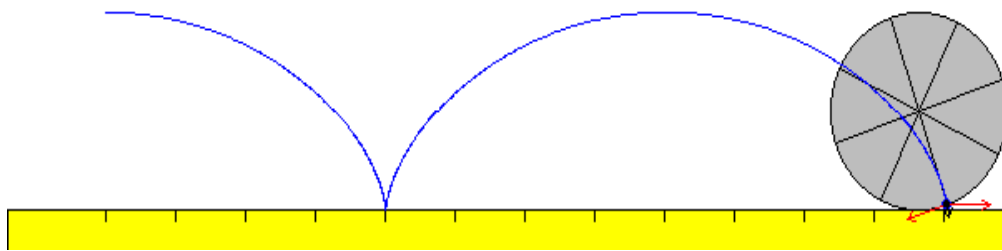


Figura 30: La cicloide

Posee, muchas propiedades interesantes, las cuales pueden ser aplicadas a la construcción de máquinas y mecanismos. Mejorando en mucho su rendimiento.

En coordenadas paramétricas (P, es el punto azul que gira), la ecuación es:

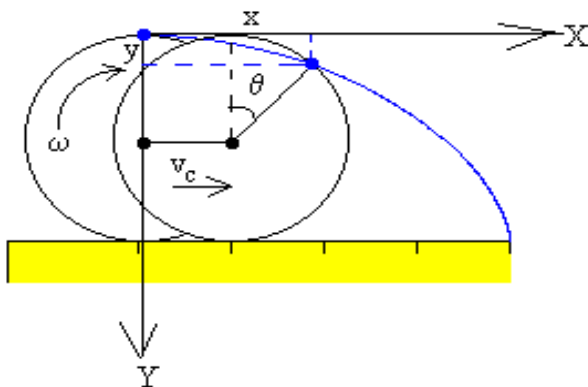


Figura 31: Punto generatriz de la cicloide

$$x = R (\theta + \sin \theta)$$

$$y = R (1 - \cos \theta)$$

Si el punto P en el instante inicial está en la parte superior del disco, al cabo de un cierto tiempo t las coordenadas del punto P serán, tal como se muestra en la figura. Siendo R, el radio y θ el ángulo de giro.

2.5.1 Propiedades de la cicloide: Esta curva matemática, posee muchas propiedades. Se enumeran algunas a continuación:

- La cicloide, genera un perfil armónico .Como consecuencia de su movimiento. (Acuerdos ò redondeos de Agnesi*)
- El radio de curvatura es doble de la normal.
- La evoluta de una cicloide es otra cicloide igual, esto permite el movimiento isocrono* .
- La longitud de una cicloide, es ocho veces el radio del circulo generador.
- El área limitada por la cicloide y la base recta, es tres veces el área del circulo generador.
- Es la trayectoria de un péndulo isocrono, en el vacío.
- Las trayectorias ortogonales de una cicloide, son cicloides iguales invertidas.
- La envolvente de una cicloide es otra cicloide.
- La proyección de una hélice circular en un plano normal a la base es una cicloide.
- Las cicloides, descritas por curvas diferentes al circulo son llamadas RULETAS y también son isocronas.

- La envolvente del círculo es una hipocicloide (Isocrona)
- Es la braquistocrona, o sea la curva del tiempo más corto entre dos puntos A y B. El tiempo no depende solo de la forma del camino sino también de la velocidad de la partícula* .

2.6 PARÁMETROS DEL FLUJO EXTERNO

Para la experimentación en mecánica de fluidos, se han desarrollado máquinas ordenadoras y potentes softwares que permiten hoy día la solución matemática de muchos problemas. Que hasta hace poco tiempo eran inabordables. Sin embargo son todavía muchos los problemas que solo pueden atacarse desde el punto de vista experimental.

Las variables que suelen intervenir en un problema de mecánica de fluidos se pueden reducir a solo ocho, estas son:

- La fuerza
- La longitud
- La velocidad
- La densidad
- La viscosidad dinámica
- La aceleración de la gravedad
- La velocidad del sonido
- La tensión superficial

Para diseñar un vehículo, que interactúe en medio fluido. Se requieren ensayos experimentales en que se introduzcan y comprueben variantes de diseño. Para ello se debe proceder de la siguiente manera:

1. Construir un prototipo del mismo tamaño
2. Considerar una de las variables

Con respecto a la condición primera, en la práctica se asume como irrealizable. Desde el punto de vista de los costos. Se suele emplear un modelo reducido a escala $\frac{1}{2}$ a $1/100$. El nuevo problema es como predecir el comportamiento del modelo a escala y su relación con el prototipo. A partir de los resultados experimentales.

Al reducir el número de variables, se simplifica el problema. A solo cinco variables o números adimensionales (Euler, Reynolds, Froude, Mach, Weber). De esta manera, en el caso general el estudio de un fenómeno de flujo externo. Consiste en la investigación de la función:

$$E_u = f(F_r, R_e, M_a, W_e)$$

2.6.1 Semejanza de modelos: Un modelo es un vehículo a escala reducida del original. El ensayo con modelos reducidos y prototipos no es exclusivo de la mecánica de fluidos; pero en ella se han empleado más que en ninguna otra rama de la ingeniería. La resistencia de aviones y barcos, se experimenta con maquetas a escala en canales de ensayos hidrodinámicos y túneles de viento.

2.6.2 Teoría de modelos: El problema, de cómo predecir el comportamiento del prototipo a partir de los resultados experimentales del modelo a escala; tiene dos condiciones básicas e ineludibles (Teorema de Buckingham) estas son:

- El modelo ha de ser geoméricamente semejante al prototipo
- El modelo ha de ser dinamicamente semejante al prototipo

Para cumplir dichas condiciones, en adelante designaremos con el subíndice p, a las magnitudes del prototipo y con m las del modelo.



Figura 32: Modelo de un WIGE de combate

Ser geoméricamente semejante, al prototipo implica por tanto que las longitudes(L), superficies(A) y volúmenes (V). Homólogos en el modelo y en el prototipo deben verificar las siguientes condiciones:

$$L_p/L_m=? ; A_p/A_m=?^2 ; V_p/V_m=?^3$$

Donde el parámetro ?, es la relación entre modelo y prototipo.

Ser dinamicamente semejante, implica que los flujos ò sea las líneas de corriente, han de ser semejantes entre modelo y prototipo. Para ello es necesario que las velocidades, aceleraciones, fuerzas etc. Se hallen también en relaciones bien determinadas. Para ello es necesario analizar la semejanza dinámica y los gradientes de presión en las cinco variables definidas antes.

2.6.2.1 Numero de Euler: Este es un parámetro adimensional, de semejanza en los problemas en que solo actúan las fuerzas debidas al gradiente de presiones.

Si el modelo es geoméricamente semejante al prototipo y no interviene mas fuerza que la debida al gradiente de presiones automáticamente el número de EULER en los puntos homólogos, es igual tanto en el modelo como en el prototipo.

De lo anterior se puede deducir, que para hallar las fuerzas a que estará sometido un perfil de ala cuya sección transversal es conocida debemos asumir que:

- La corriente de fluido, tendrá lugar en los planos horizontales (Corriente bidimensional).Las partículas del fluido no sufren aceleración vertical.

- Tanto las fuerzas debidas a la viscosidad como las restantes fuerzas enumeradas con anterioridad. Se estiman de escasa importancia y podrán ser despreciadas.
- Las únicas fuerzas que actúan sobre el perfil, serán pues las debidas al gradiente de presiones.
- En el infinito la corriente es uniforme, y además en todos los puntos del infinito, la velocidad es la misma e igual a V_8 .
- La ecuación de Bernoulli, se cumplirá no solo entre los puntos situados en la misma línea de corriente (Si la viscosidad es nula); sino entre dos puntos cualquiera del fluido, porque supondremos que todas las partículas del fluido transportan la misma energía (Movimiento irrotacional).
- De lo anterior se infiere que al aplicar la ecuación de Bernoulli entre dos puntos del plano transversal del perfil se tiene que:

$$P - P_0 = \frac{\rho}{2}(V_8^2 - V_a^2)$$

De las anteriores afirmaciones se deduce la formulación matemática del numero de EULER. El numero de EULER, puede considerarse como el cociente entre una fuerza de inercia y una fuerza debida al gradiente de presiones. Por ser $Z_a = Z_8$ y denominando a $P - P_8 = \Delta P$, se tiene:

$$\Delta P / (\rho V_8^2 / 2) = 1 - (V / V_8)^2$$

La semejanza dinámica y geométrica entre modelo y prototipo, se cumple en ambos miembros de la ecuación.

Al despejar el valor de $\sqrt{8}$ del primer miembro, se tiene el llamado número de EULER, cuya fórmula matemática es la siguiente:

$$E_u = V / (\sqrt{2} \rho P / \mu)$$

Para hallar la presión en los diferentes puntos del prototipo se emplea la ecuación de semejanza:

$$E_{up} = E_{um}$$

2.6.2.2 Número de Froude: Cuando se analiza la salida de un fluido por una superficie libre, existe predominio de la gravedad. El número de FROUDE, es el parámetro adimensional de semejanza en los problemas con predominio de la gravedad. Se define como el cociente entre la fuerza de inercia y la gravedad en el fluido.

$$\text{Fuerzas de inercia} = \rho L^2 V^2 = V^2 / Lg$$

$$\text{Fuerza de gravedad} = \rho L^3 g$$

Luego la expresión matemática para el número de FROUDE, es:

$$F_r = V / (\sqrt{Lg})$$

Para ahorrar tiempo, de manera análoga se obtendrán en su momento las formulas de paso útiles para cada variable. Estas permiten hallar las escalas de velocidad, caudales, tiempos y fuerzas; entre modelo y prototipo.

2.6.2.3 Número de Reynolds: En los ensayos aerodinámicos realizados por la NASA, en túneles de viento. Las fuerzas predominantes son la presión y la viscosidad. De la ecuación de NEWTON, para la viscosidad. Se deduce que es proporcional a μVL . Por tanto, al dividir la fuerza de inercia y la de viscosidad es:

$$\text{Fuerzas de inercia/fuerza de viscosidad } L^2 V^2 / \mu VL$$

Esta relación, es el llamado numero de Reynolds. Al reducir tenemos:

$$R_e = LV / \nu$$

Para que el modelo y el prototipo sean aerodinámicamente semejantes es menester que su número de Reynolds sea idéntico en ambos casos.

$$R_{em} = R_{ep}$$

2.6.2.4 Número de Mach: Los problemas en que el número de MACH tiene importancia, son aquellos en que la compresibilidad tiene importancia. Como en este caso se considera prácticamente solo el fluido incompresible, el número de MACH es poco relevante a velocidades subsónicas, pero es un factor que siempre está actuando. Se puede definir como el cociente de las fuerzas de inercia a las de elasticidad.

$$\text{Fuerzas de inercia/fuerzas de elasticidad} = \rho L^2 V^2 / E L^2$$

Como el parámetro $C = \sqrt{E/\rho}$, es la llamada velocidad del sonido (330m/s aire y 1400m/s agua).

Luego el número de MACH, es $Ma = v/C$ de donde v es la velocidad del vehículo.

2.6.2.5 Número de Weber: La tensión superficial (σ), es una fuerza superficial por unidad de longitud. Por tanto una relación entre las fuerzas inerciales y la fuerza debido a la tensión superficial es:

$$\text{Fuerza de inercia/fuerza de tensión superficial} = \rho L^2 V^2 / \sigma L$$

Al escribir de otra forma esta relación adimensional tenemos el llamado número de WEBER.

$$W_e = V / (\sigma / \rho L)$$

El número de WEBER, es el parámetro importante en los problemas con predominio de la tensión superficial.

Es importante destacar por último, que en el ensayo de los perfiles de ala de aviones, que el único parámetro relevante a velocidades subsónicas es el número de REYNOLDS. Si esto se cumple las configuraciones de corrientes tanto en el modelo y el prototipo, son semejantes.

2.6.3 Resistencia de los fluidos: Al iniciar este capítulo, describimos el accionar del aerodeslizador. Y como es obvio es un vehículo que interactúa en dos medios.

Es por tanto muy importante esbozar un sólido marco teórico. El cual permite

aproximarnos lo más fielmente posible en la medida de los recursos disponibles a la solución del diseño planteado.

Cuando un cuerpo sólido se mueve en un fluido. Por ejemplo, en un avión en el aire, se originan unas fuerzas que no tienen lugar cuando una nave espacial se mueve en el vacío. Las resultantes de las mismas fuerzas en la dirección normal al movimiento son el empuje ascensional. La resultante de las fuerzas debidas a las presiones normales puede a veces dar origen a una resistencia que se llama resistencia de presión. En los fluidos reales hay que tener en cuenta que la viscosidad dinámica es distinta de cero.

2.6.3.1 La paradoja de D`àlembert: En el seno de un fluido que se mueve con una velocidad de corriente imperturbada V_8 en sentido positivo, se coloca un cilindro transversal como el mostrado en la figura.

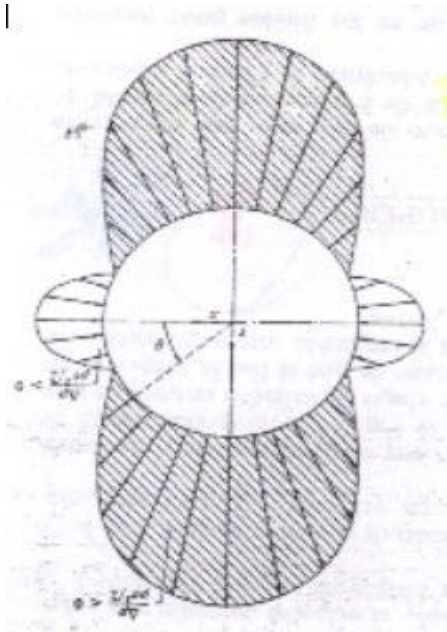


Figura 33: El cilindro de D`alembert

La velocidad de cualquier punto de la superficie del cilindro es V_s . Que viene dada por la formula.

$$V_s = 2V_8 \text{ Sen } \theta$$

Si el cilindro se mueve en un fluido ideal, el arrastre o resistencia es nulo.

Para el caso del presente trabajo, es de considerar que un fluido no ideal; $\mu \neq 0$. El agua y el aire, son fluidos poco viscosos ejercen sobre un cilindro en movimiento una gran resistencia. Este hecho se conoce como paradoja de D`alembert.

La explicación de esta paradoja nos conduce lógicamente a dos conceptos de primordial importancia en mecánica de fluidos, la capa límite y el desprendimiento de la capa límite.

2.6.3.2 La capa límite: La teoría de la capa límite ideada al comienzo de este siglo por PRANDTL ha revolucionado la aeronáutica y toda la mecánica de fluidos, hasta el punto de que se considera a PRANDTL como el fundador de la mecánica de fluidos moderna.

Esta teoría, encuentra aplicación en los fluidos poco viscosos como el agua y el aire, y por tanto es una teoría fundamental en aeronáutica y en la arquitectura naval.

Al sumergir un cuerpo sólido en una corriente de fluido poco viscoso (Agua-Aire).A nivel microscópico se observa la formación de un perfil de distribuciones de velocidades en una película muy fina próxima al cuerpo sumergido(capa límite).

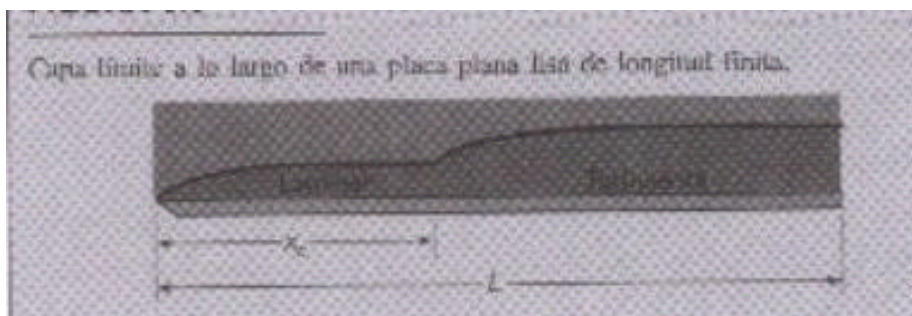


Figura 34: La capa límite

➤ Propiedades de la capa límite:

- Si el fluido fuera ideal la teoría hidrodinámica, nos da la distribución de velocidades de la curva a.
- Si los efectos de viscosidad son muy apreciables (Reynolds bajo), la distribución de velocidades es parabólica (curva b).
- Si los efectos de viscosidad son poco apreciables (Reynolds alto) la distribución de velocidades es logarítmica (curva c y d). Este tipo de curvas son propias del agua y el aire.
- La capa límite escapó a la observación experimental antes de PRANDTL, por no disponer de instrumentos de medida de la velocidad lo suficientemente precisos.
- Tiene espesores muy pequeños del orden de micras.
- En la capa límite, se hacen sentir intensamente los efectos de la viscosidad y rozamiento. Aunque μ sea muy pequeña, porque el gradiente de velocidades es grande.
- La resistencia a la deformación debida a la viscosidad tiene lugar en todo el seno del fluido real. Pero si la viscosidad μ es pequeña solo tiene importancia en una película fina (capa límite) y le llamaremos rozamiento pelicular o simplemente rozamiento de superficie.
- Fuera de esta película, un líquido poco viscoso; como el aire o el agua se comporta como un fluido ideal.

- Al exterior de la capa límite, se pueden aplicar los distintos métodos matemáticos para obtener las distribuciones de presiones que nos sirven para hallar el arrastre.
- En el interior de la capa límite, las ecuaciones de Navier- Stokes en donde interviene la viscosidad son muy importantes. Y prácticamente sin importancia fuera de la misma.
- Si se supone la capa límite infinitesimal, se simplifican grandemente las ecuaciones de Navier-stokes. Anteriormente a PRANDTL, no había sido posible integrarlas.
- Empleando, el reparto de velocidades y de presiones por la teoría del fluido ideal en las proximidades de la pared se puede determinar la evolución del fluido en la capa límite y los esfuerzos ejercidos sobre esta pared, ya que la presión se transmite a través de la capa límite sin cambiar de dirección de manera que sigue siendo normal a la superficie del cuerpo y sin cambiar tampoco de valor, lo cual permite el cálculo de estas presiones.

El impacto del descubrimiento de la capa límite, ha sido y continúa siendo grande. En nuestros días el progreso de los computadores, permite resolver ecuaciones bastante complicadas. Ya en 1964, en los laboratorios LANGLEY de la NASA. en Virginia. Se pudo predecir el diagrama polar de presiones del ala de un avión. En el cual se trazaron la curva de arrastre y la de empuje, con una exactitud del 97%. Hoy día la exactitud llega al 99%.

La revolución en la aerodinámica, debido a las computadoras es muy grande. El número de Reynolds, determina si el flujo es lamiar ($Re < 2000$) y si el flujo es turbulento ($Re > 12000$). El efecto que esto provoca en la capa limite, es la aparición de fronteras bien definidas una laminar, una transitoria y una turbulenta.

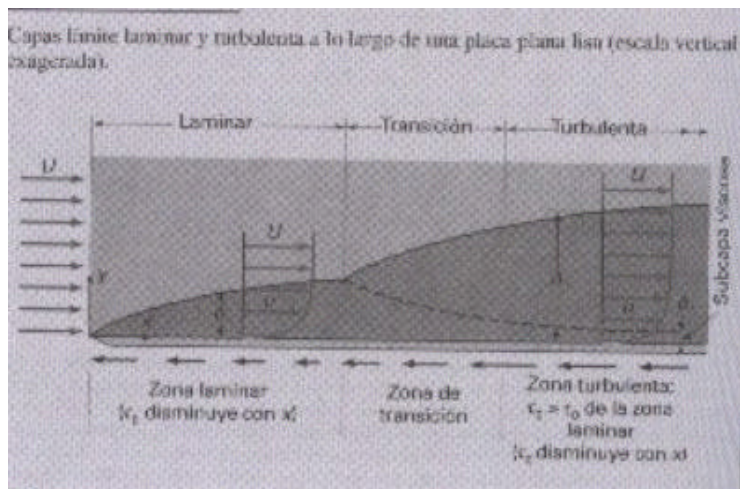


Figura 35: Las zonas de la capa límite.

- Desprendimiento de la capa límite: La noción de la capa limite, conduce al concepto de la resistencia de superficie. El fenómeno del desprendimiento de la capa limite, conducirá al concepto de la resistencia de forma. Dicha resistencia de forma es la producida por un gradiente de presiones adverso que se origina al desprenderse la capa limite y que depende en gran manera de la forma del contorno.

Por tanto, la resistencia de superficie está causada directamente por la viscosidad; la resistencia de forma directamente por el gradiente de presiones.

Pero indirectamente por la viscosidad, que junto con la forma adversa del contorno producen el desprendimiento de la capa límite.

En años recientes (NASA 1999), investigaciones con inyecciones de plasma en la carena de vehículos supersónicos. Retrasaron e incluso impidieron el desprendimiento de la capa límite. Originando un nuevo e interesante fenómeno el hiperimpulsor de campo de la capa límite, que por los resultados preliminares. Promete incrementar la velocidad de un vehículo en forma sustancial.

2.6.3.3 Sumario: Los contornos bien fuselados, evitan en el fluido real el fenómeno del desprendimiento, y por tanto la resistencia de forma, reduciéndose esta a la resistencia de superficie en la capa límite.

Al aplicar concavidades en la superficie, se puede inducir el llamado efecto Magnus y disminuir gradualmente esta resistencia también.

Al desprenderse la capa límite, se origina la llamada zona de baja presión. En la cual se forman los vértices de Von Karman, los cuales inducen vectores de arrastre o contra circulación que causan resistencia al avance.

Los cuerpos con alta resistencia de forma, se llaman ROMOS. Los cuerpos con baja resistencia de forma se denominan fuselados.

Es de tener en cuenta, que el cálculo de un fluido en su acción divergente(salida) es mas complicado y difícil que en su acción convergente(entrada).

Por ultimo de acuerdo al principio de conservación de la energía. La energía perdida por resistencia de forma, se transforma en energía térmica. En promedio, la elevación de la temperatura es de $0,00234^{\circ}\text{C}$. Por metro de caída libre en el caso del agua.

2.6.4 Resistencia de superficie y de forma de un cuerpo que se mueve en el seno de un fluido: El estudio de la resistencia de los contornos en movimientos, ha progresado gracias en gran parte a los ensayos con modelos reducidos que se estudiaron a partir de la segunda mitad del siglo XIX. Lo más importante de estos estudios, es su aplicación al campo de la navegación aérea y naval.

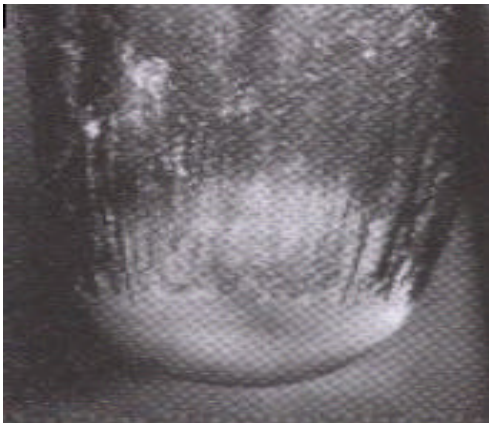


Figura 36: Movimiento en el seno de un fluido.

2.6.4.1 Ideas generales sobre la resistencia de un cuerpo que se mueve en el seno de un fluido:

- Si el cuerpo se mueve en un fluido ideal ($\mu=0$) la resistencia que experimenta es cero.
- Si el contorno (Avión, Submarino) está totalmente sumergido en un fluido real, por lo menos en la capa límite se origina una resistencia de superficie de la misma naturaleza que la que se origina en los conductos abiertos o cerrados.
- La teoría de la capa límite es aplicable al problema del fluido en reposo y el contorno en movimiento.
- Este problema, plantea dos facetas con flujo laminar y turbulento.
- El fenómeno del desprendimiento de la capa límite juega un papel importante en la resistencia del cuerpo que se mueve en el seno del fluido.
- La resistencia de forma está íntimamente relacionada, al desprendimiento de la capa límite.
- Si el cuerpo o contorno está sumergido parcialmente en el fluido, aparecen los fenómenos de resistencia por gravedad. De tal modo que se originan tres tipos de resistencia, por viscosidad, por forma y por olas.

2.6.4.2 Coeficiente aerodinámico de arrastre: Por observaciones empíricas, se llegó a la conclusión de que la fuerza de resistencia o arrastre w es función de las siguientes variables: V_8 , L , A , ρ , μ .

Y su ecuación, se puede escribir de la siguiente forma.

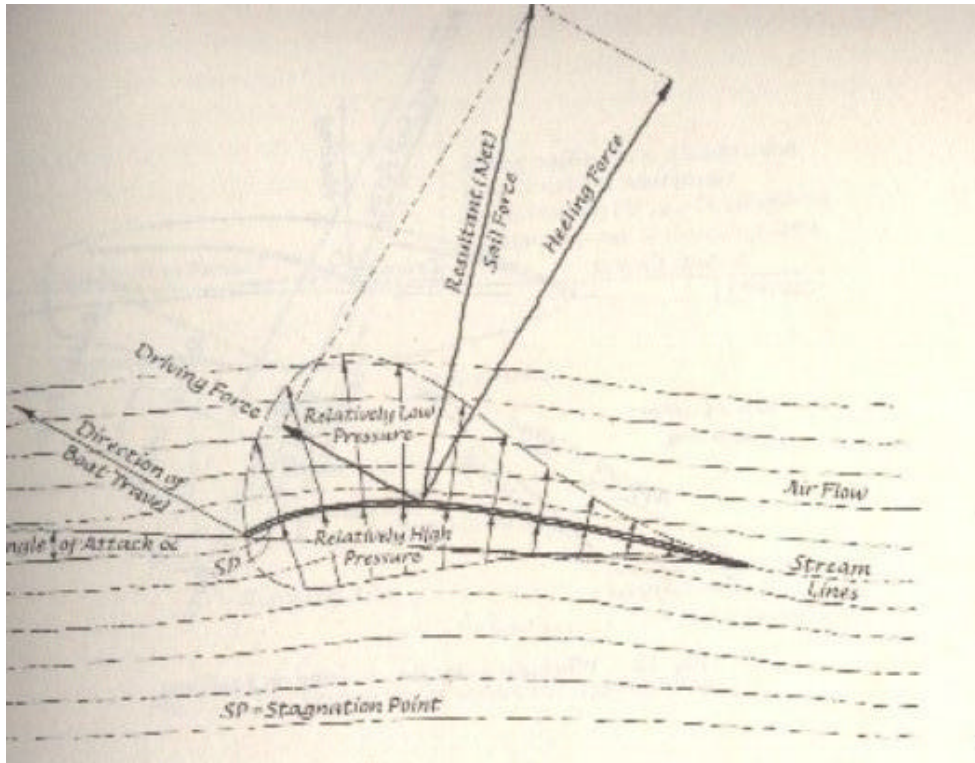


Figura 37: Coeficiente aerodinámico de arrastre.

$$W = C_w A \rho V_8^2 / 2$$

De donde C_w , es el coeficiente adimensional de arrastre, ρ , es la densidad del fluido. V_8 , es la velocidad del fluido imperturbado y w , es la resistencia al arrastre.

De esta fórmula, se puede inferir que el ensayo de modelos para estudiar cuerpos que se mueven en un fluido y están totalmente sumergidos en él; constituye un problema de semejanza dinámica con predominio de la viscosidad.

Para obtener experimentalmente el valor de C_w ; se emplea el siguiente procedimiento:

- Construir un modelo a escala.
- Ensayar el modelo a escala de tal manera que el número de Reynolds; tanto de modelo como de prototipo; sean iguales.
- Medir con una balanza aerodinámica, el arrastre w .
- Medir θ fijar la V_∞ , aguas arriba del modelo y la θ , midiendo para ello la presión P y el valor de la temperatura absoluta del fluido.
- Aplicar la ecuación, para obtener el valor C_w

Como el número de Reynolds, se ha mantenido constante según la ecuación para C_w será igual en el modelo y en el prototipo e independiente por tanto de la escala. El coeficiente C_w depende sólo de la geometría del perfil y del ángulo de ataque.

2.6.4.3 El coeficiente hidrodinámico y la resistencia de carena: El problema de la resistencia de las naves, que se desplazan en el agua (Barcos, submarinos); es complicado por tratarse de tres fuerzas opuestas al movimiento, resistencia de superficie, resistencia de forma y resistencia de olas.

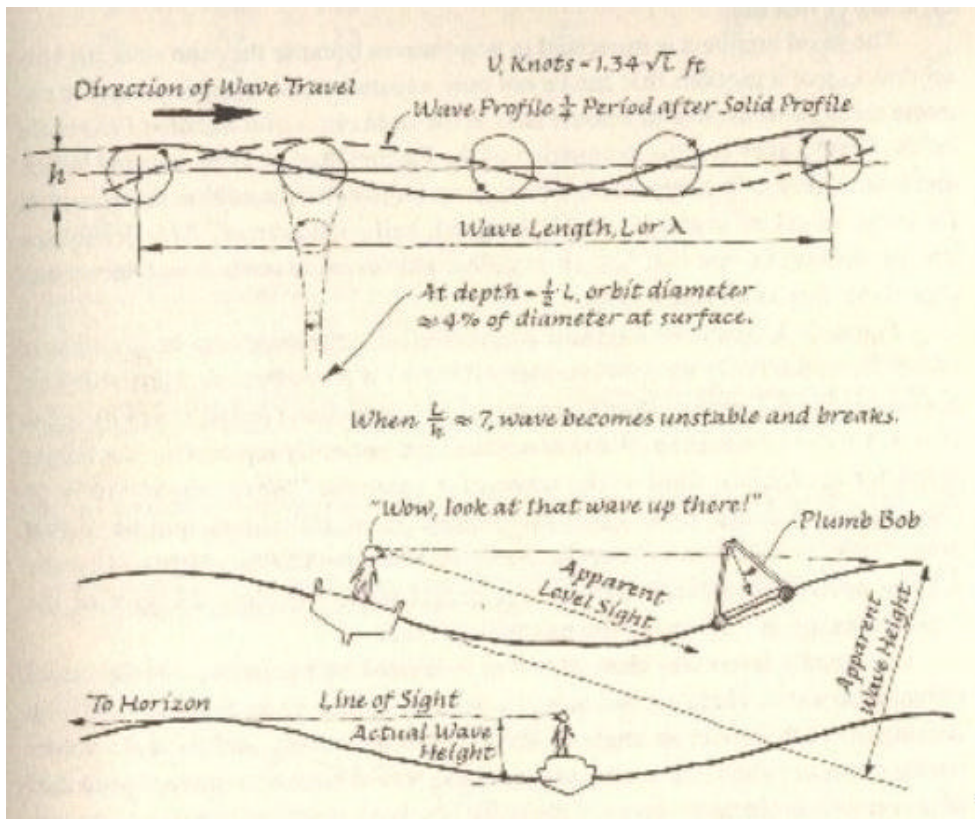


Figura 38: Resistencia y movimiento de las olas

El barco en su movimiento, produce dos sistemas de olas divergentes en la proa (adelante) y en la popa (atrás). Y un sistema de olas transversales (yacting) perpendiculares al eje de la nave. En este tipo de resistencia, juega un papel muy importante la gravedad, pero también la viscosidad. Por tanto según lo expresado anteriormente, para el modelo y el prototipo los números de Reynolds y fraude deben ser idénticos. Lo cual resultaría imposible (solo se cumple si modelo y prototipo son iguales).

Para el análisis hidrodinámico de un modelo, suele procederse de la siguiente manera en un canal de pruebas:

- Se construye un modelo a escala
- Se arrastra el modelo por el canal y se mide el arrastre con la balanza.
- Se calcula la resistencia debida a la viscosidad en el modelo.
- Se halla la resistencia por formación de olas.
- Se calcula la resistencia, total como la suma de ambas.

2.6.5. Empuje ascensional y fuerza de sustentación: Cuando un cuerpo se mueve en el seno de un fluido real, se experimenta una resistencia al movimiento, que se llama fuerza de arrastre. Esta fuerza en muchos casos va acompañada de otra llamada empuje ascensional.

Esta fuerza, es la causa de la sustentación de un avión en contra de la fuerza de la gravedad.

Para entender el empuje ascensional, primero será analizado en una geometría simple (cilindro circular) y luego se calcula en un cuerpo de geometría bien fuselada (perfil de ala de avión).

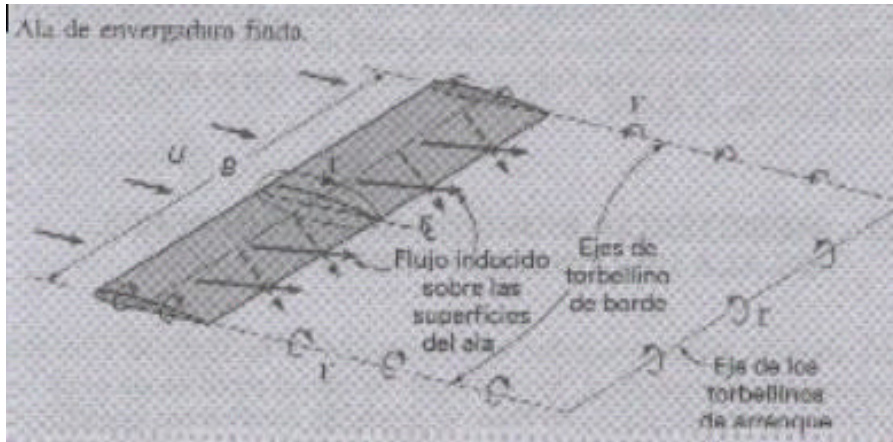


Figura 39: Ala de avión

Es importante recordar que el problema es mecánicamente semejante para un fluido en movimiento y el modelo quieto que para un fluido quieto y el modelo en movimiento. Es semejante al efecto Magnus como podemos apreciar.

2.6.5.1 Empuje ascensional en un perfil de ala de un avión: La circulación en el perfil de ala de un avión viene dada por la fórmula empírica siguiente:

$$\Gamma = V_{\infty} \Gamma_0 \text{ Sen } \alpha$$

De esta, se infiere que el valor del empuje ascensional lo determina la fórmula empírica* siguiente:

$$A = S \rho V_{\infty}^2 C_a / 2$$

De donde las variables que la constituyen son:

- S , superficie del perfil proyectada ($S = Lb$).
- V_8 , velocidad del fluido acompasado.
- ρ , densidad del fluido (aire).
- C_a , coeficiente de empuje ascensional ($C_a = 2\rho k \sin a$)
- L , cuerda del perfil y b , es la luz del mismo.
- A , es la fuerza de empuje ascensional.

2.6.5.2 Circulación en un perfil de ala: En un perfil de ala, como se muestra en la figura. Cuando se inicia el vuelo se distinguen tres tiempos. Para estudiar el fenómeno se supone que el perfil está en reposo. En las etapas de vuelo se distinguen los siguientes instantes:

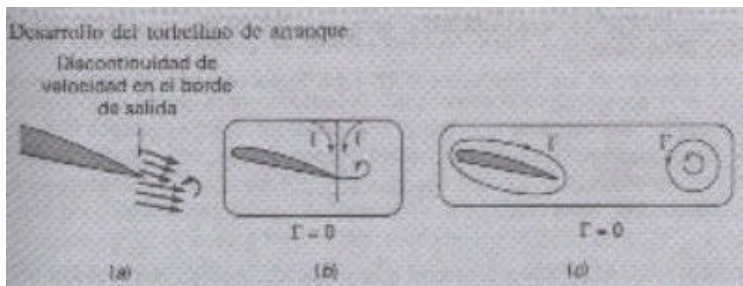


Figura 40: Vector de circulación G

- En un fluido real la viscosidad origina en el borde de salida la separación y esta un torbellino denominado torbellino inicial con circulación ρ , no igual a cero.

- El torbellino inicial es llevado corriente abajo quedando alrededor del ala, se ha establecido la circulación.

2.6.5.3 Propulsión por hélice: La hélice se diferencia del ala de un avión en el tipo de movimiento que es de rotación y traslación en el caso de la hélice. Y de solo traslación en el caso del ala.

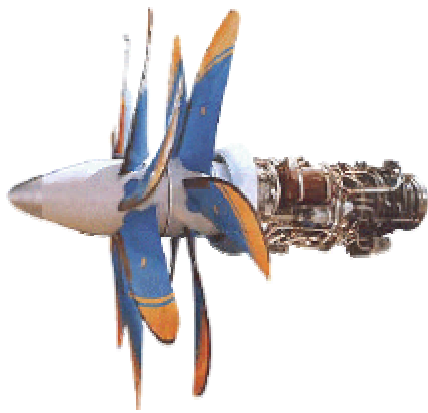


Figura 41: Hélice

Pero si cortamos transversalmente la hélice, podemos notar que se comporta como un perfil del ala de un avión. Pues tiene análogas propiedades.

De la fórmula de la cantidad de movimiento, se tiene el valor de una fórmula empírica para determinar el valor de la fuerza propulsiva de la hélice:

$$F = Q(V_2 - V_1)$$

La potencia propulsiva de La hélice la determina:

$$P_p = Q(V_2 - V_1)V_1$$

2.6.6. Flujo externo sobre cuerpos sumergidos: Como se pudo ver anteriormente, en toda superficie aerodinámica se experimentan varias regiones de notables cualidades. Una aceleración del flujo desde el punto A hasta B y una desaceleración desde B hasta el borde de salida. En el punto c, conocido como el punto de separación, el gradiente de velocidad es cero. El flujo separado produce la llamada estela que está constituida por los vértices de Von Karman (arrastre).

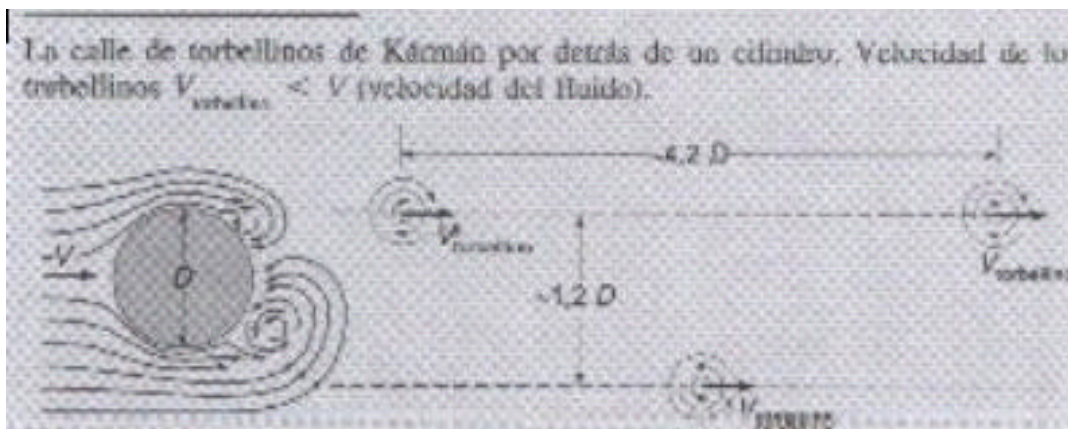


Figura 42: Vértices de Von Karman

2.6.6.1 Ecuaciones de movimiento: El flujo se divide como ya fue expuesto en dos tipos según el número de Reynolds. El flujo laminar ($Re < 2000$) y turbulento ($Re > 12000$).

Las ecuaciones generales de movimiento de un fluido se denominan NAVIER-STOKES. Pueden simplificarse hasta el punto de ser resueltas utilizando el concepto de la capa limite. Las ecuaciones para flujo laminar y turbulento son: Estas ecuaciones sirven para localizar la posición de la capa limite y la región turbulenta y la capa amortiguada.

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} &= f_{mx} - \frac{\partial P}{\rho \partial x} + \frac{\mu}{\rho} \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right] \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} &= f_{my} - \frac{\partial P}{\rho \partial y} + \frac{\mu}{\rho} \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right] \\ \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} &= f_{mz} - \frac{\partial P}{\rho \partial z} + \frac{\mu}{\rho} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right] \end{aligned}$$

Figura 43: Ecuaciones de Navier-Stokes

2.6.6.2 Coeficiente de forma: El arrastre de un perfil (fuerza que se opone al avance), se obtiene en función de un coeficiente de forma de tipo empírico, llamado C_d . El valor de este arrastre viene dado por la ecuación:

$$F_d = C_d [\rho V_8^2] A / 2g$$

Donde A, es el área proyectada del perfil. La NASA, estudio varios tipos de perfiles y tabuló los resultados.

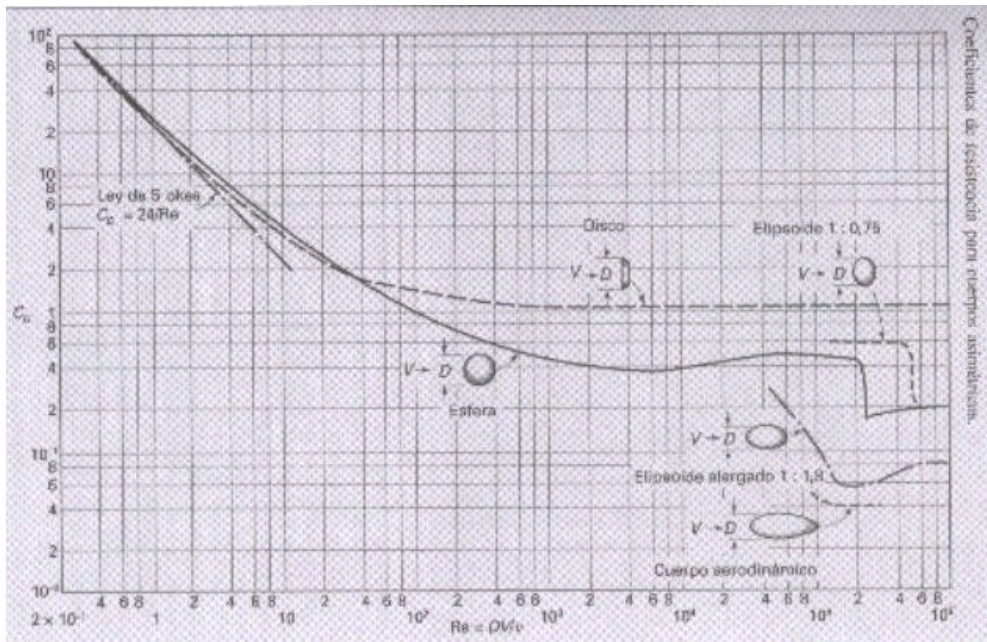


Figura 44: Perfiles aerodinámicos

Por último, el arrastre para un cuerpo aerodinámico depende del número de Reynolds. Mientras que en los perfiles romos es esencialmente constante, en un amplio intervalo de números de Reynolds.

2.7 ESTRUCTURA ALIGERADA

En el presente proyecto, el objetivo estructural base. Es obtener la máxima resistencia posible, al mínimo costo y peso ligero. Para ello es imperioso aplicar el diseño estructural con el uso de materiales compuestos y construcciones aligeradas.

2.7.1 La viga hexagonal: La viga hexagonal, es la que posee la mayor capacidad portante bajo el mismo parámetro de área transversal. Esto se debe a que la cantidad I/S es la mayor posible.



Forma de la sección	Área de la sección F	Coordenadas de los ejes principales de la sección	Momentos de inercia según J_x, J_y ; centroidales J_{x_1}, J_{y_1} por J_x y J_y respecto al eje libre J_1	Módulos de la sección: W_x, W_y por J_x y J_y respecto al eje libre W_1	Radio de giro $i_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}}$ $i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}}$
Hexágono regular  Los ejes $x-x$ e $y-y$ son principales centroidales	$F = 0,866d^2 = 2,598R^2$	$y_1 = \frac{d}{2}$	$J_x = J_y = \frac{5\sqrt{3}}{16} R^4 = 0,5413R^4 = 0,06d^4$ $J_1 = 0,533F \frac{d^4}{4}$	$W_x = W_y = \frac{5}{8} R^3 = 0,625R^3 = 0,12d^3$ $W_1 = 0,5413R^3 = 0,06d^3$ $W_1 = 0,430F \frac{d^3}{2}$	$i_x = i_y = 0,456R = 0,203d$ 

Figura 45: La viga hexagonal

2.7.2. La viga curva: La viga curva, es capaz de resistir mucha mayor carga(esfuerzo) debido a que su eje centroidal no coincide con su eje neutro, como en el caso de la viga recta.

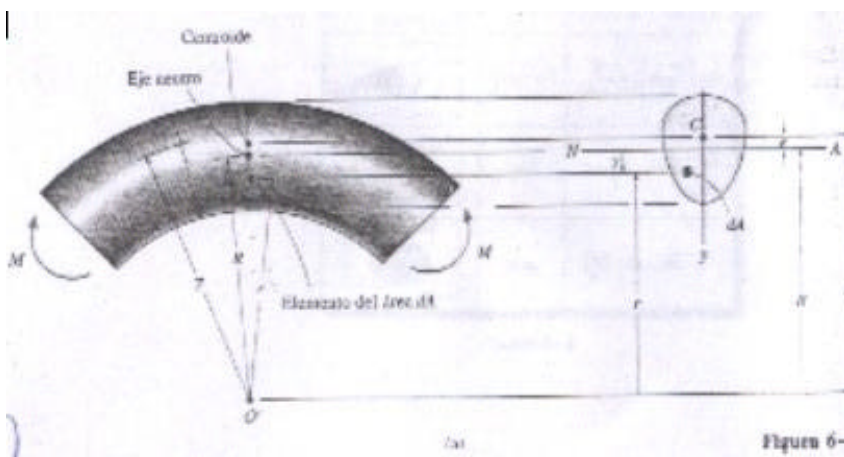


Figura 46: La viga curva

Matemáticamente, el fenómeno se puede describir de la siguiente manera:

- La deformación unitaria en la franja de material localizada en r se define por: $\epsilon = d\theta (R - r)/r$

- Si definimos, un nuevo parámetro $k = d\theta/d\theta$; entonces tenemos que:

$$\epsilon = k(R - r)/r$$

- La deformación unitaria normal varia en forma hiperbólica.
- Al aplicar la ley de Hooke ($s = E\epsilon$) tenemos:

$$s = Ek(R - r)/r$$

- Determinando la posición del eje neutro, y relacionando la distribución del esfuerzo con el momento interno; tenemos :

$$SF_x = F_R \quad ? \quad \int s d_A = 0$$

- Al sustituir, s por su valor. Tenemos que:

$$\int EK [(R - r)/r] d_A = 0$$

- Despejando las constantes (E , k y R) se tiene:

$$R \int s d_A / r - \int s d_A = A$$

- Al despejar, obtenemos el valor de R . Que es la posición del eje neutro, desde el centro de curvatura.

$$R = A / \int (d_A / r) \quad (d_A/r)$$

- Si se relaciona, la distribución del esfuerzo con el momento flexionante resultante (Que el momento interno M , sea igual al momento de la distribución del esfuerzo en el eje neutro) tenemos:

$$M = \int y s d_A$$

- Si se reemplaza $y = R - r$, se tiene que la anterior ecuación se

$$\text{transforma en: } M = Ek(R^2 \int dA/r - 2R \int dA + \int r dA$$

- Aplicando reducción matemática, tenemos:

$$M = EkA (? - R)$$

- Al reemplazar, en la ecuación del esfuerzo tenemos:

$$s = M(R - r)/Ar (? - R)$$

- Si ahora, reemplazamos $y = R - r$ ò $r = R - y$; la distancia $e = ? - R$ que generalmente. Permanece constante, al sustituirla en la ecuación del esfuerzo tenemos: **$s = My/Ae(R - y)$**

- Esta es la ecuación de la viga curva, claramente se puede notar que de la distancia e ; hace que resista mayor cantidad de esfuerzo.

2.7.3. Construcción ligera: Básicamente existen tres tipos de construcción ligera, por las condiciones, por la forma y por el interés. La motivación por obtener, construcciones aligeradas en el vehículo, se centra en los siguientes aspectos:

- La carga sobre la estructura del vehículo disminuye y por tanto también su peso.

- La disminución del peso y el incremento de la resistencia general aumenta la capacidad de carga útil.
- Los gastos de mantenimiento y combustible disminuyen.
- Facilidad de servicio y transporte.
- Es optima para la construcción de vehículos.
- Absorbe mayores vibraciones, cargas y choques.
- Proporciona protección antitérmica.
- Para resistir formas variables de construcción.
- Se logra la misma capacidad de carga, con el empleo de menos material.
- La posibilidad de aplicar materiales más resistentes.
- La posibilidad de reemplazar el acero por materiales más ligeros.

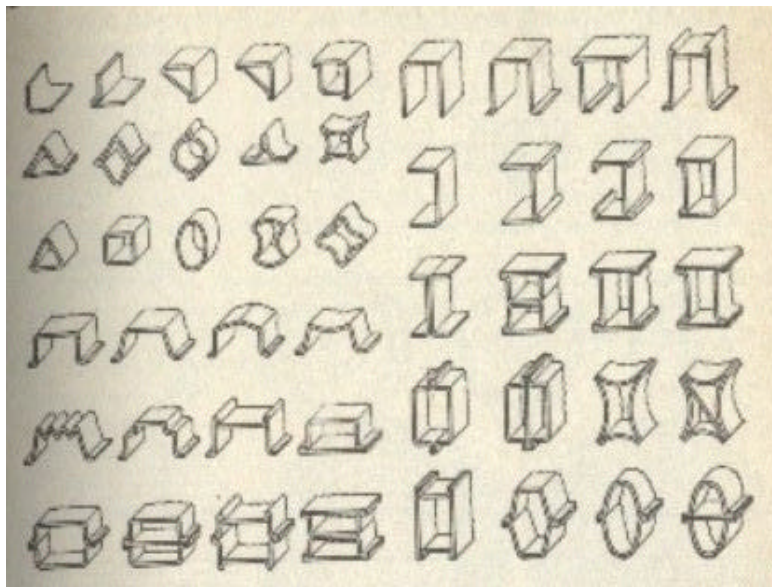


Figura 46: Perfiles aligerados típicos

La teoría clave, en una estructura por construcción aligerada es obtener; cuerpos geométricos de igual resistencia pero de inferior peso. Por eso, en elementos solicitados a flexión, torsión o pandeo, lo mejor es eliminar material del interior del elemento y desplazarlo a las zonas del borde altamente solicitadas.

2.8. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS DEL VEHICULO

El siguiente análisis de costo beneficio. Se realizó, con base en los vehículos típicos que prestan servicio en la bahía de Cartagena. Cabe anotar que los márgenes de rentabilidad en temporada alta difieren de los de operación regular, debido a las frecuencias de operación y los costos del flete de abordaje.

2.8.1 Rentabilidad para temporada alta: La temporada alta típica en Cartagena de indias, se da en semana santa vacaciones de medio año y vacaciones de fin de año.

Para el cálculo de la rentabilidad de operación de un vehículo típico, se toma como base el dato estadístico*, en la temporada de 2003 (semana santa).

En este período se tuvieron un total de 8251 pasajeros. Movilizados por 584 lanchas. El promedio de pasajeros por lancha es 14,13. Para el presente estudio, se tomará un promedio ponderado de 14 pasajeros por lancha en cada viaje.

- En temporada alta, el costo del viaje redondo es de \$25000 día.
- La temporada es de 4 días.
- El costo operativo de la lancha por día es de \$100 000.
- La ganancia neta de la operación en temporada alta es \$ 1.000.000.

Durante la temporada de medio año y de fin de año, la duración es de 60 días por cada una. Los datos según DIMAR, son los siguientes:

- El costo del pasaje unitario es de \$25 000.
- La duración de la temporada es de 60 días.
- El costo operativo de la nave es \$6.000.000.
- La ganancia neta es de \$15.000.000.

Para tener un estimativo con datos reales y proyecciones, es necesario una muestra durante un año. Y luego proyectar los datos obtenidos.

Muelle	17-abr		18-abr		19-abr		20-abr	
	L	P	L	P	L	P	L	P
Todo Mar - Bocagrande	28	270	36	431	39	31	17	8
Marina Santa Cruz – Zapatero	10	18	7	18	8	13	12	18
Club de Pesca -	33	130	11	6	16	81	11	54
Marina Santa Cruz - Bosque	0	0	16	167	0	0	0	0
Santa Cruz - Manga	19	192	8	76	6	43	0	0
Marina - Manzanillo	8	72	9	46	0	0	0	0
Muelle Los Pegasos	15	243	11	268	14	260	10	215
Muelle Maicay	8	124	0	0	13	126	0	0
Muelle Club Náutico	2	11	0	0	0	0	0	0
Todo Mar - Albornoz	2	18	0	0	16	167	0	0
Subtotal por día	104	1164	98	888	112	560	50	295
Total lanchas	584							
Total pasajeros		8251						

Tabla 3: Puertos de embarque en la bahía de Cartagena

2.8.2 Estos son datos estadísticos, para la temporada de Semana Santa en **2003:** DIMAR.

2.8.3 Resultados de los datos de campo:

<i>PREGUNTA</i>	<i>SI</i>	<i>NO</i>
1. Usuarios de los medios de transportes marinos	41/80	39/80
2. Emplean el servicio diariamente	15/41	26/41
3. Satisfechos con el confort a bordo	22/41	19/41
4. Satisfecho con los horarios de operación	22/41	19/41
5. Requiere mayor publicidad este servicio	38/41	3/41
6. El transporte marítimo, es mejor que el transporte terrestre	24/41	17/41
7. El transporte marítimo debe ser mas rápido que en la actualidad	26/41	15/41
8. Se deberían establecer nuevas rutas	36/41	5/41
9. El transporte marítimo es más seguro que el transporte terrestre.	22/41	19/41
10. Sabe usted que es un ekranoplano.	6/41	35/41

Tabla 4: Resultados de la encuesta

2.8.4. Datos con respecto a la población total de la ciudad: Cartagena de indias posee una población estimada en cerca de 932 000 Hb.

PREGUNTA	SI	NO
1. USUARIOS	477 650 HB	454 350 HB
2. SERVICIO DIARIO	174 750 HB	302 900 HB
3. CONFORTABLES	256 300 HB	221 350 HB
4. HORARIOS	256 300 HB	221 350 HB
5. REQUIEREN PUBLICIDAD	442 700 HB	34950 HB
6. MEJOR QUE EL TERRESTRE	279 600 HB	198 050 HB
7. RÀPIDO	302 900 HB	174 750 HB
8. NUEVAS RUTAS	419 400 HB	58250 HB
9. SEGURO	256 300 HB	221 350 HB
10. QUE ES UN EKRANOPLANO	69900 HB	407 750 HB

Tabla 5: Resultados en numero de habitantes

2.8.5 Datos estadísticos en gráficos: Los muelles de la ciudad están divididos por zonas, Este, Oeste y Norte. Al sur de Cartagena no existen muelles. DIMAR

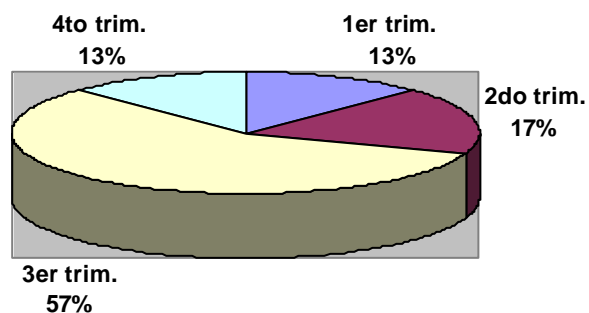


Tabla 6: El gráfico indica el flujo de turistas por zonas de muelles y época del año en %.

2.9 DISEÑO FUNCIONAL

En este apartado, se trata de obtener la conceptualización del llamado diseño funcional. Un enfoque de diseño que es útil para crear productos que sean eficientes. No es suficiente con el diseño mecánico o ergonómico. También se requiere que el diseño sea funcional.

2.9.1 Parámetros del diseño funcional: El esquema básico para el diseño funcional de cualquier producto es aquel que tiene en cuenta los aspectos de marketing (mercadeo), normas y reglamentos, compras, la ingeniería del producto y el servicio post venta. En el esquema siguiente se indican estas relaciones

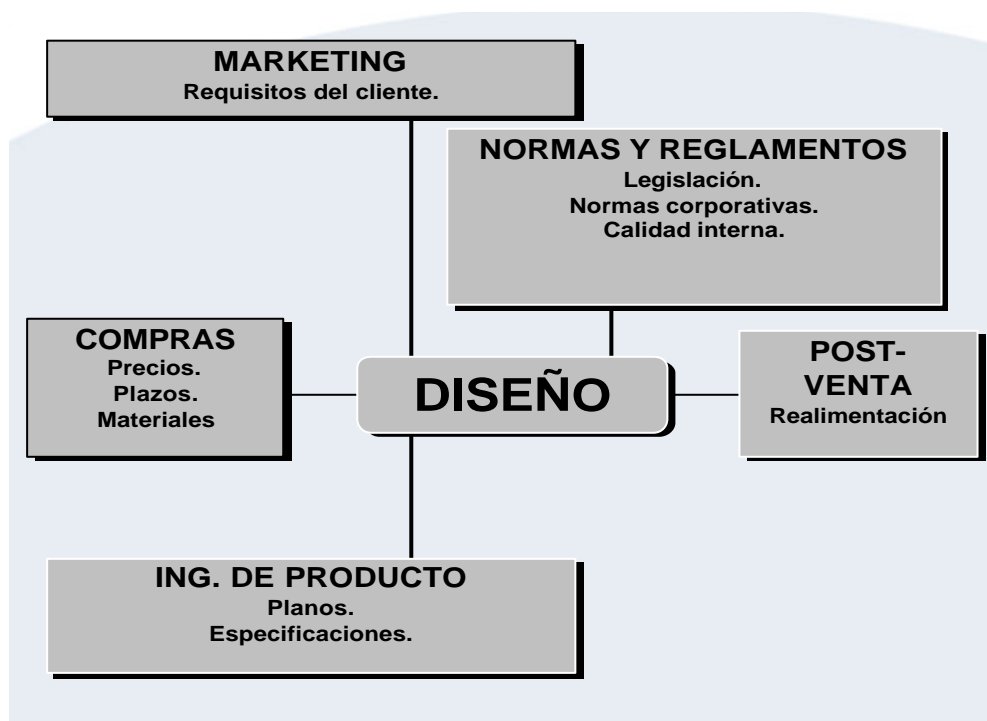


Figura 47: Flujo del diseño

2.9.2 El proceso de diseño: El proceso de diseño, es más bien una receta secuencial de pasos para llegar a una meta; el producto terminado. Saber que un flujo de materia prima, entran a un sistema HOMBRE-MAQUINA, llamado proceso y se obtiene una salida llamada producto final o terminado. Dicho producto está sometido a una revisión para posteriores cambios o mejoras.(Rediseño)

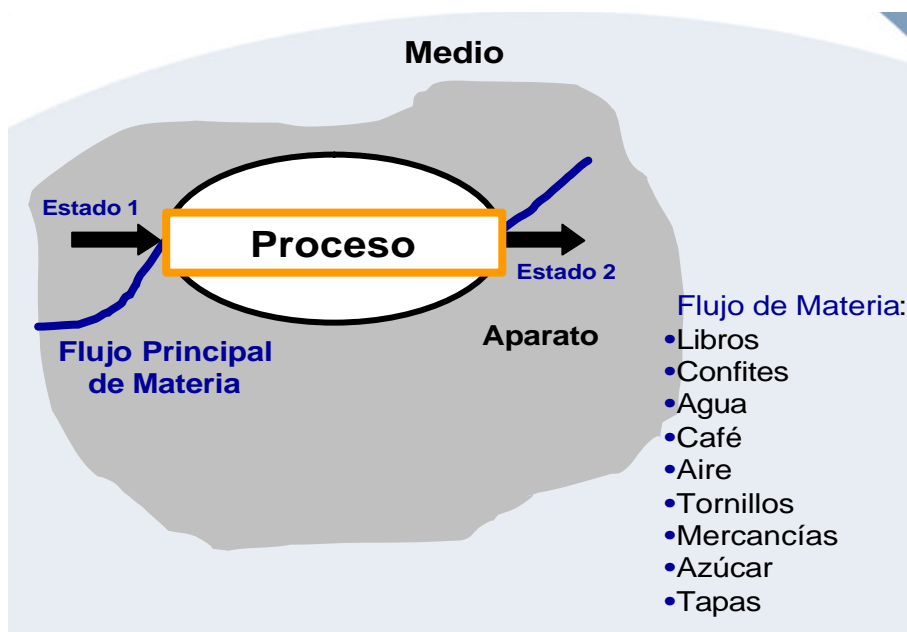


Figura 48: El proceso del diseño

2.9.3. Concepto de artefacto: Artefacto, es el concepto macro o global de un diseño. Un artefacto puede ser una máquina, un aparato o un instrumento. Esto de acuerdo a sus funciones operativas. En la tabla se representan los datos pertinentes a cada uno.

Máquina	Aparato	Instrumento
Máquina de Moler	Cafetera	Separador y contador de monedas
Flujo de Utilidad		
Energía → Mecánica Fuerza y Movimiento Torque, RPM ® Potencia Con este artefacto es posible moler materiales diferentes : maíz, carne, queso, banano,...., etc.	Materia → Café Del estado 1 en granos al estado 2 en tinto Con este artefacto se hace única y exclusivamente Café	Información → Valor \$ totales en un conjunto de monedas Este artefacto separa las monedas y da cuenta de la plata que representan .

Figura 49: Artefacto

2.9.4. Estrategias para el diseño de productos: Para que un sistema(producto), sea cómodo, seguro y atractivo. Se requiere del diseño, bajo una serie de pasos llamados árbol de objetivos. Los cuales son una guía ordenada de acciones y parámetros a ser tenidos en cuenta durante el diseño. Para el presente trabajo, se determinaron los siguientes parámetros del diseño funcional para el árbol de objetivos, sabiendo que se trata de un nuevo sistema de transporte rápido, cómodo, seguro y atractivo.

2.9.4.1. Comodidad: La comodidad de un vehículo, está íntimamente ligada a que el artefacto posea tiempos breves de recorrido y costos bajos para el usuario. El poseer tiempos breves de recorrido, implica que el sistema sea fácilmente accesible por el usuario (fácil acceso a la terminal y frecuencia de servicio). Poseer alta velocidad de desplazamiento y baja probabilidad de demoras (Poca interferencia de transito, pocas fallas, ser poco afectado por el clima).

Los costos bajos de operación, van acompañados de unas políticas de precios apropiados al servicio.

2.9.4.2. Seguridad: La seguridad de un vehículo, es tal vez el primer pilar del diseño. En muchas ocasiones se sacrifica en función de los otros dos. Está íntimamente ligada a ella, el que el vehículo produzca pocas muertes en accidentes (respuesta rápida de los servicios de emergencias), pocas lesiones y pocos daños a propiedades.

2.9.4.3. Atractivo: Por ultimo, que el vehículo sea atractivo implica serlo tanto para el usuario como para el público en general. Para el usuario, el vehículo debe poseer, un ambiente interior agradable (ergonómico), poco ruidoso y con gran campo visual.

Para el público en general, el vehículo debe producir poco ruido exterior y no tener obstrucciones visuales.

3. DISEÑO PRELIMINAR DEL VEHICULO:

En este apartado se consignan las tablas de los parámetros teóricos, del ensayo de los modelos del vehículo prototipo. Planos, dimensiones y materiales preliminares. Serán expuestos, con el cuidado de saber, que debido al corto tiempo para el desarrollo del presente proyecto. A la fecha de entrega del trabajo escrito. Aun no se han podido desarrollar, los experimentos con los modelos (físicos y matemáticos) y la construcción del prototipo a escala real, para probar la hipótesis planteada.

Es por tanto pertinente aclarar, que el día de la sustentación del trabajo serán entregados como anexos al mismo junto con las fotografías, tablas de resultados, vídeo de fabricación y operación; y las observaciones y resultados del proyecto.

Es por último, a modo de sugerencia, el que se otorgue un tiempo más prudente para la entrega de los trabajos de grado, ya que trabajos como el presente, requieren técnica y logísticamente un dilatado tiempo de labores entre las diferentes etapas. Para un mejor resultado final, y desarrollar mejores estrategias. Pero, a pesar de todos los inconvenientes llevamos adelante el trabajo. Y entregamos justo a tiempo.

Como se expresó con anterioridad, Para el presente trabajo se escogió el llamado árbol de objetivos para el diseño del vehículo. Este método en otra variante se denomina la espiral del diseño. Este sistema es muy empleado en arquitectura naval. Cabe anotar que cada giro de la espiral (rediseño) implica gastos, que hacen más costoso el vehículo. Por tanto estos giros hacen que el diseño llegue a su nivel de incompetencia (principio de PETER). Por encima del cual, el vehículo no es rentable.

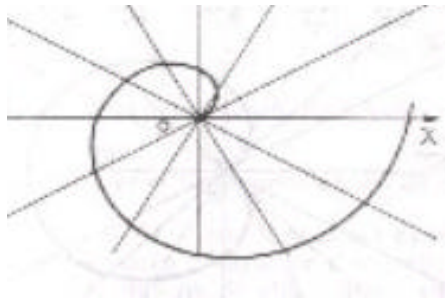


Figura 50: La espiral del diseño*

La constituyen los siguientes pasos:

- EL CONCEPTO INICIAL, esta es la idea básica de la que parte el diseño.
- DISPOSICIÓN GENERAL, es el primer punto de la espiral y consiste en los dibujos y esquemas preliminares.
- FORMULACIÓN, consiste en la construcción y elaboración de planos preliminares.
- CONFORMACIÓN, construcción de los planos definitivos del vehículo.

* En el presente trabajo, solo se puede ejecutar un solo giro de la espiral. Por razones de tiempo.

- SELECCIÒN, en esta etapa se determina el tipo de propulsión, los equipos de abordó y los sistemas operativos de la nave.
- CONSTRUCCIÒN, la etapa de construcción consiste en la elaboración de un cronograma de ejecución de obras.
- EXACTITUD Y RIGIDEZ, esta etapa consiste en determinar que tan resistente es la construcción realizada llámese modelo, prototipo ò piloto.
- ESPECIFICACIONES, esta etapa consiste en tabular las dimensiones finales del vehículo (prototipo). Al corregir los errores de diseño luego de ser ensayado.
- DATOS ECONÒMICOS, son los costos finales del proyecto (prototipo).

3.1 CONCEPTO INICIAL

Un vehículo rápido, seguro y eficaz; es ideal para el transporte de pasajeros y carga en la bahía de Cartagena. De las tecnologías existentes en la actualidad, se determinó que la mas adecuada para solucionar el problema planteado. Es la tecnología WIGE* .

Debido a su gran rendimiento, peso-potencia; superior desempeño en velocidad – potencia consumida y en la seguridad de operación. Pero cabe anotar que esta tecnología tiene múltiples inconvenientes para desarrollarla. Entre ellos, los

* Wing in ground efect o ala en efecto suelo.

intereses económicos de los fabricantes de vehículos (Autos, aviones y barcos). De no permitir que esta tecnología prospere porque se arruinaría su negocio (vender repuestos). Y por otra parte los intereses militares por mantenerla secreta y proteger los millonarios contratos con los fabricantes de vehículos actuales.

3.2 DISPOSICIÓN GENERAL:

En esta etapa, se presentan los dibujos y esquemas preliminares de diseño. El vehículo inició su recorrido en la espiral de diseño como idea y luego se transformó en trazos en la mesa de dibujo.



Figura 51: Dibujo preliminar del vehículo

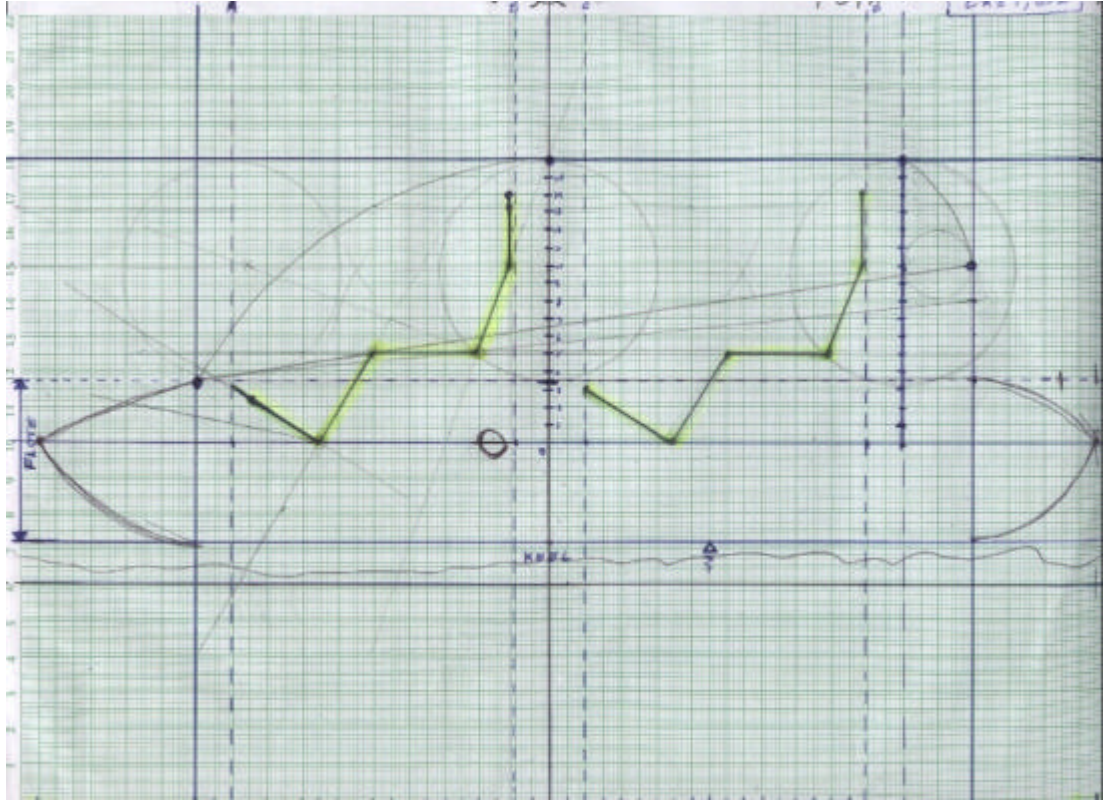


Figura 52: Esquema lateral del vehículo

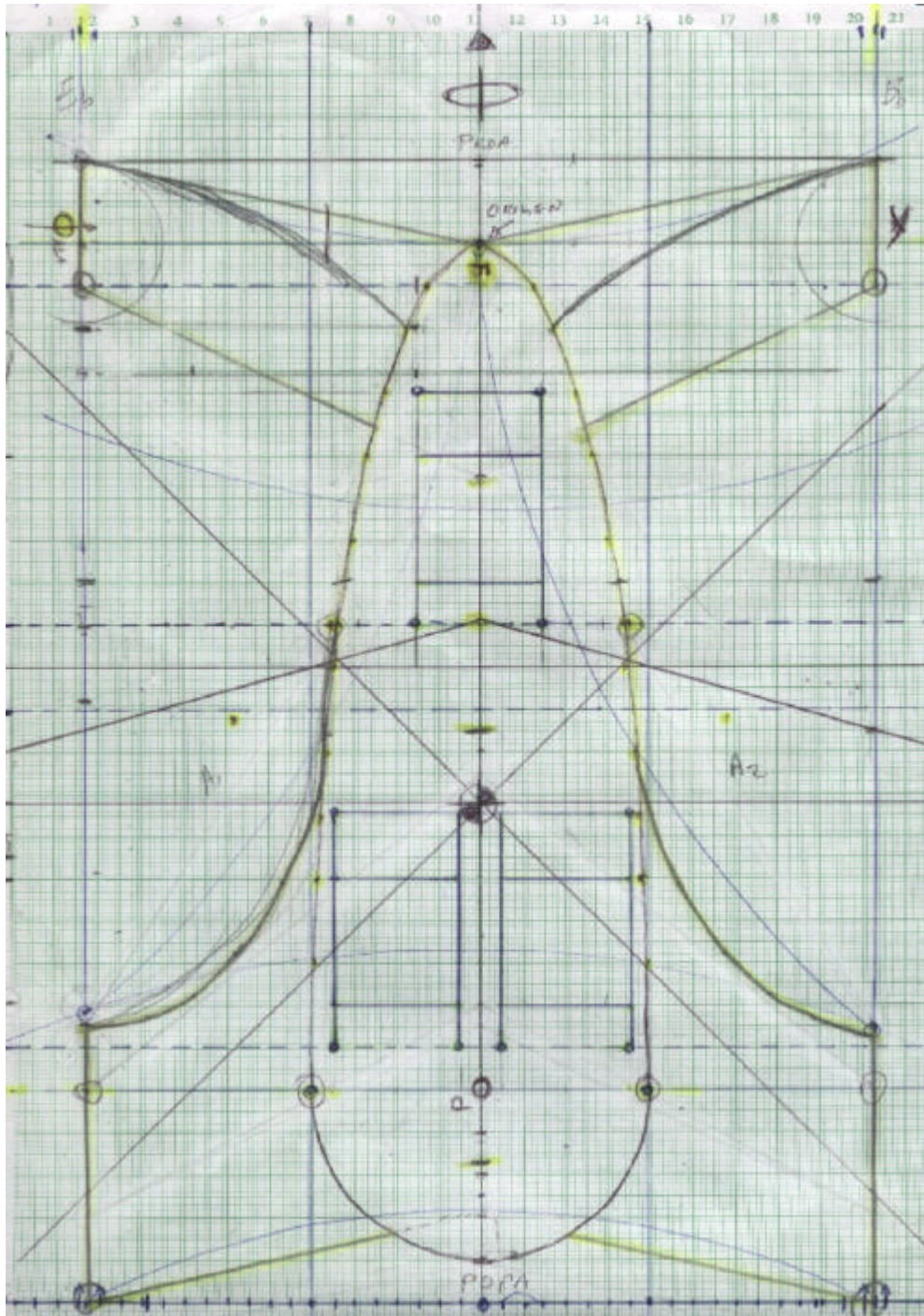


Figura 53: Esquema de vista superior, prototipo para 3 pasajeros.

3.3 FORMULACIÒN

Los planos definitivos del vehículo, se determinan como anexos el día de la sustentación. Por ahora se presentan las dimensiones definitivas tabuladas y planos de trabajo para el prototipo.

<i>DIMENSIONES</i>	<i>UNIDADES</i>
Eslora	6,000 m
Manga	3,700 m
Puntal	0,560 m
Area del habitáculo	6,030 m ²
Volumen del habitáculo	2,681 m ³
Volumen de carga	0,740 m ³

Tabla 6: Dimensiones

3.4. CONFORMACIÒN

Estos planos serán entregados el día de la sustentación del trabajo, por las razones antes expuestas.

3.5. SELECCIÒN

Los equipos de propulsión se determinaron de la siguiente manera:

- Ensayo del prototipo como barco con un motor fuera de borda de 45 HP, cuyas especificaciones se pueden consultar en los anexos.

- Para la etapa de ensayos como ekranoplano (aerodeslizador), se determinó el uso de un motor para motocicleta de 12,5 HP. En los anexos se pueden consultar sus especificaciones.
- El sistema de hélice y tobera KORD, también se especifican en los anexos en detalle.

Los sistemas de la nave y la seguridad, son de acuerdo a los reglamentos O.M.I. para aerodeslizadores. Y pueden ser vistos en los anexos.

3.6. CONSTRUCCIÓN

El cronograma de aplicación de obras es de la siguiente manera:

OPERACIÓN	ACTIVIDAD	FECHAS
Construcción estructural	Elaborar la estructura del modelo, los prototipos y el prototipo del vehículo	14 a 18 de octubre
Conformado del vehículo	Armado y recubrimiento de la estructura. Pintura y acabados interiores.	20 a 25 de octubre
Pruebas de mar	Agenda de ensayos en la bahía de Cartagena, para constatar desempeño.	27 de octubre a 1 de noviembre
Evaluación de los resultados	Tabulación de resultados y conclusiones	3 a 8 de noviembre
Sustentación del trabajo de grado	Presentación a evaluadores CUTB	18 a 21 de noviembre

Tabla 7: Cronograma de actividades

3.7. RIGIDEZ Y EXACTITUD

A la fecha de entrega del presente trabajo (15 de octubre de 2003). No se cuenta con el listado definitivo de materiales y su correspondiente resistencia. Por tanto será entregados como anexos el día de la sustentación.

3.8. ESPECIFICACIONES

Los planos y tablas de parámetros del diseño del vehículo se presentan a continuación. Es bajo estos conceptos que construiremos y ensayaremos los modelos y prototipo. En la tabla 8 se muestran los parámetros generales del vehículo. Cabe anotar que las áreas de control tienen un ancho de 0,20 m.

El número de Euler es muy útil a cambios de altura (vertederos).

PARÁMETRO	SIMBOLO	VALOR
Densidad del aire	?	$1,68 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$
Velocidad teórica de diseño	V_8	170 m/s
Viscosidad dinámica del aire a 32° C	μ	$1,8 \times 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$
Viscosidad cinemática del aire a 32° C	?	$1,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Temperatura media	T	32° C
Gravedad promedio	g	$9,81 \text{ m/s}^2$
Velocidad del sonido	c	340 m/s
Angulo de ataque teórico	a	15°

Luz del perfil	b	3,70 m
Cuerda del perfil	L	*Variable según el área de control escogida
Circulación en el perfil	G	*Es de tipo empírica
Fuerza de sustentación	$F_L = C_L \rho V^2 A / 2$	*Variable según la cuerda y luz
Fuerza de propulsión de la hélice	$F_P = Q (V_{82} - V_{81})$	*Depende del perfil de la hélice
Potencia de accionamiento	$P = Q (V_{82} - V_{81}) V_8 / 2$	*Potencia desplegada por la hélice
Fuerza de arrastre	$F_D = C_D \rho V_8^2 A / 2$	*La determina el área del perfil
Coefficiente de arrastre	$C_D = C_L^2 L / \rho b$	*Se define en los ensayos
Coefficiente de sustentación	$C_L = 2 \rho n a$	*Se define al ensayar
Caudal de flujo	Q = Volumen / tiempo	*Variable
Area proyectada del vehículo	A	*Depende del lugar de análisis
Area del ala delta	Ad	8,94 m ²
Area de alerón canard	Aa	1,48 m ²
Area del timón	At	0,74 m ²
Area del estabilizador	Ae	1,48 m ²
Número de Reynolds	Re	12000
Número de Mach	M	0.5
Número de Weber	We	*Es importante en s
Número de Froude	Fr	*Relevante en cambio de altura

Tabla 8: Parámetros empleados en el Diseño Teórico

3.9. DATOS ECONÓMICOS

Los costos económicos del vehículo, solo se conocerán cuando se tengan por completo finalizados su construcción y ensayos. De tal manera que se tiene que entregar como anexo a este trabajo.

4. CONCLUSIONES

Con el presente trabajo, el objetivo principal; es contribuir al desarrollo de la tecnología de la transportación. Incrementando gradualmente la velocidad y la seguridad de los vehículos para el transporte de pasajeros y carga.

En años recientes, el desarrollo de esta tecnología, ha acortado la brecha que separa la velocidad de la tecnología informática de la tecnología de la transportación. En el futuro cercano esta distancia se acortará aun más.

Fenómenos físicos tales como el efecto suelo, el efecto Magnus y el efecto de curva Isocrona fueron, aquí aplicados. Pero, para el futuro quedan el desarrollo de vehículos, con base en la utilización de fenómenos físicos más interesantes como lo son: El efecto magnetohidrodinámico, vórtices de cavitación y el hiperimpulso por campos en la capa limite.

Que permitirán el desarrollo de vehículos de hiperimpulso ($V_8 > 40\ 000$ km/h). Los cuales acortaran definitivamente las distancias en la tierra. Estrechando a la raza humana en un gran abrazo de amistad y hermandad.

GLOSARIO

TERMINO	SIGNIFICADO MAS FRECUENTE
<i>Aerodeslizador</i>	Vehículo que se mueve sobre colchón de aire
<i>Ala</i>	Superficie o plano de sustentación
<i>Astillero</i>	Establecimiento donde se producen o reparan barcos.
<i>Efecto magnus</i>	Es la componente vectorial de empuje, debido a la rotación de un cuerpo dentro de un fluido en movimiento.
<i>Efecto isocrono</i>	Dos partículas de un fluido recorren una curva de una superficie, en el mismo tiempo. No importando su entrada.
<i>Efecto suelo</i>	Eliminación del arrastre sobre el ala de un vehículo, debido a la proximidad del suelo.
<i>Ekranoplano</i>	Vehículo con ala en efecto suelo.
<i>Ergonomia</i>	Ciencia que estudia la integración del hombre con las máquinas, Para evitar fatiga en las tareas a realizar.
<i>Flotar</i>	Sostenerse en suspensión un cuerpo sumergido, en un gas o líquido.
<i>Habitáculo</i>	Partes interiores de un vehículo empleadas por los pasajeros.
<i>Propulsor</i>	Mecanismo que impulsa al vehículo para su avance.
<i>Sensor</i>	Celdas fotosensibles integradas a un receptor, que permiten al vehículo captar información de su entorno.
<i>Toa</i>	Time of arrival(tiempo de llegada)
<i>Wige o Wise</i>	Wing in ground effect(Ala en efecto suelo)
<i>Zulu time</i>	Tiempo zulu, Horario del meridiano de londres

BIBLIOGRAFIA

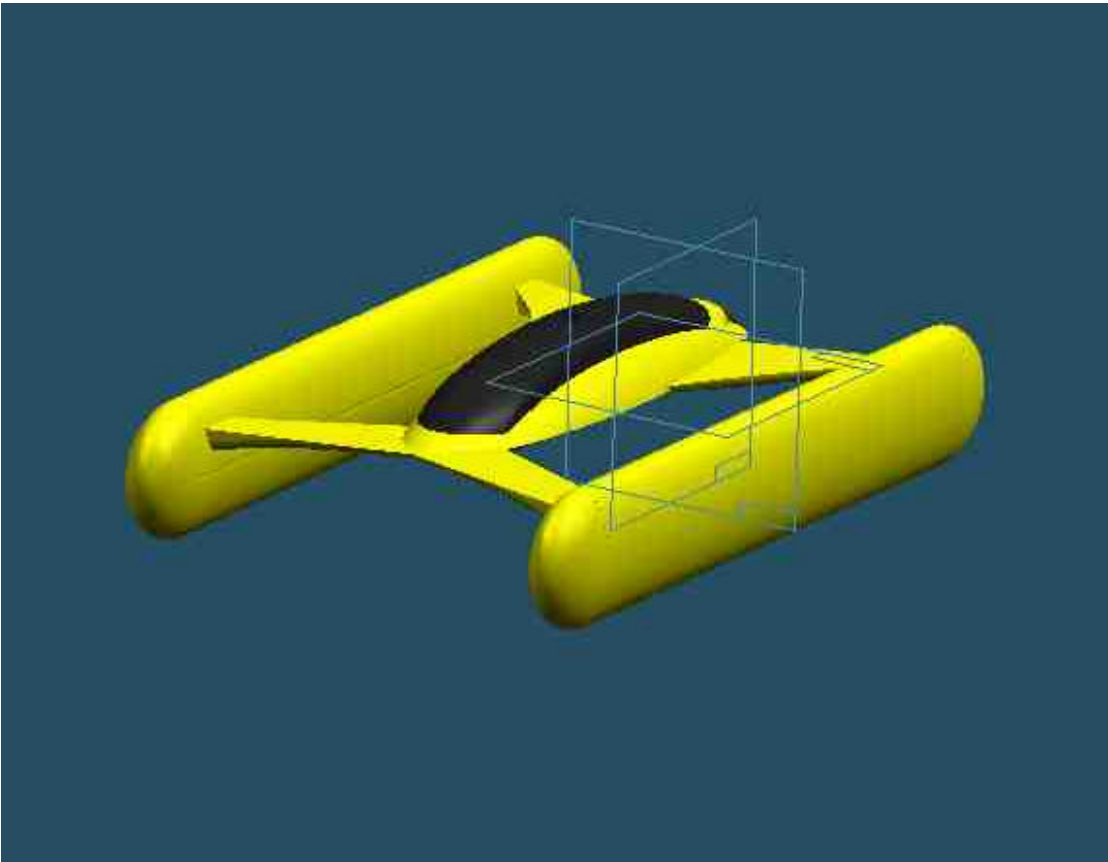
Atwood,Kenet. The Lateral Deflection of a Baseball and the Magnus Effect for Smooth Spheres, Lyman Briggs. (Am. J. Physics,vol 27,1959, pp 589-596)

Cole,Tim, *License to fly, 100 mph Airfoil Boats - airborne thrills Without a License*,Revista Popular Mechanics, Julio de 1989.

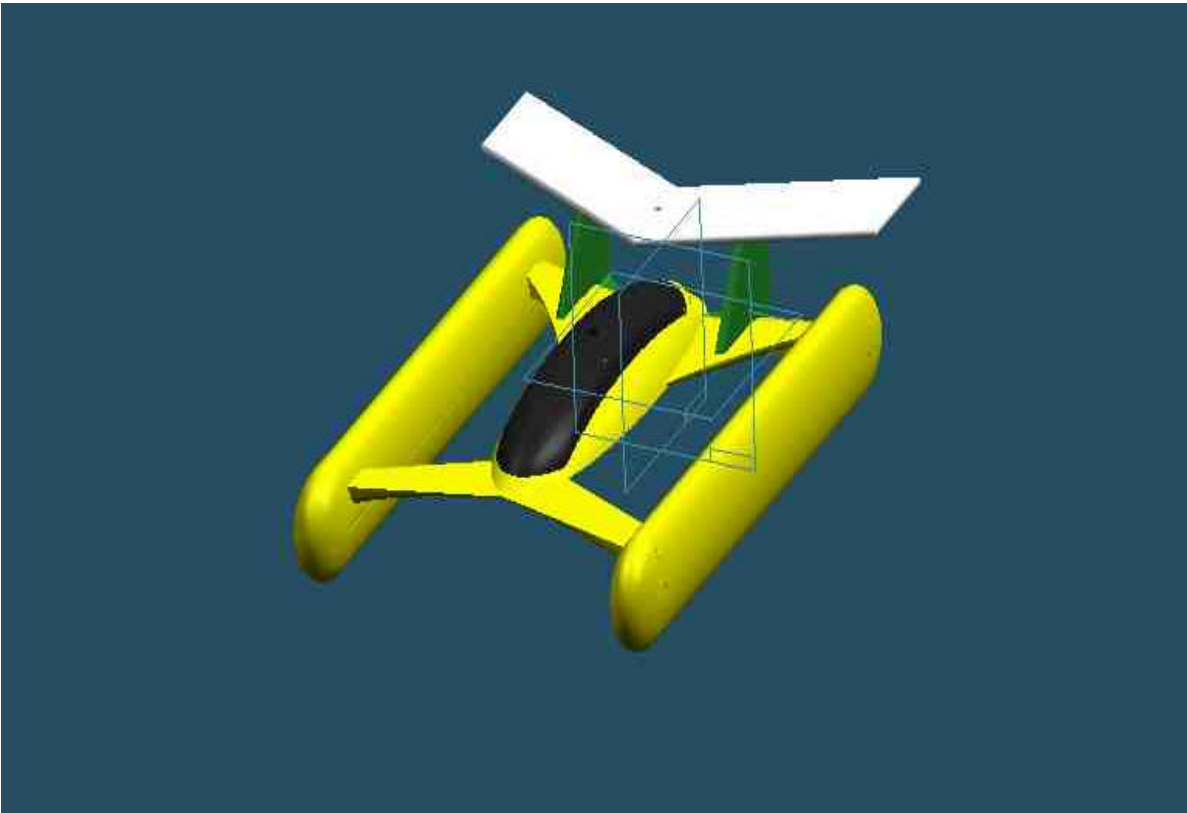
Dane,Abe, *Wingships, Massive wing in ground effect fliers combine jetliner speeds with steamship economy*, Revista Popular Mechanics , Mayo 1992.

Mellow,Craigh, *When ships have wings, The bigger they are the better they fly and they're made in Russia*,Revista Air&Space Smithsonian, Volumen 10 , numero 5, Diciembre de 1995 - Enero de 1996.

ANEXO A: Vehículo operando con motor fuera de borda.



ANEXO A: Vehículo operando como aerodeslizador.



ANEXO B:

Las directivas interinas acordadas para los Ekranoplanos(WIG).

El Subcomité acordó redactar una circular CSM sobre directivas Interinas para Ekranoplanos, que se destina para proporcionar una guía que sea efectiva y posible

de aplicar para los involucrados en el diseño, la construcción y operación de este tipo de naves. Las directivas interinas a redactar, se someterán al CSM 76 para su aprobación.

Estas naves que no están consideradas por el Código de Seguridad para Naves de

Alta Velocidad de 1994 o 2000, se apoyan en su modo operacional principal y únicamente, en las fuerzas aerodinámicas que les permiten operar a baja altura sobre la superficie del mar, pero sin el contacto directo con éste.

Consiguientemente,

su disposición, características de ingeniería, diseño, construcción y la operación, tiene un grado alto de características comunes con los de las aeronaves.

5

Sin embargo, las naves WIG operan con otros buques y deben utilizar las mismas reglas de prevención de colisiones que utilizan las naves tradicionales. Las enmiendas a las Reglas de Choques y Abordajes (Res.A.910(22), adoptadas en la Asamblea N°22 del 29 Noviembre 2001) y desarrolladas por el Subcomité de Seguridad de la Navegación, toman en cuenta las peculiaridades operacionales de este tipo de naves.

La OMI y la Organización Internacional de Aviación Civil (ICAO), han acordado que

cualquier nave WIG capaz de mantener el vuelo fuera de la influencia del efecto del

terreno, también debería estar sujeto a las reglas y regulaciones de ICAO. Los otros

tipos de naves, incluyendo aquellos con limitadas capacidades de vuelo, deberían cubrirse únicamente por el régimen regulatorio marítimo.

Las Directivas Interinas para Ekranoplanos, se destinan para lograr estándares comparables de seguridad a los del Convenio SOLAS 1974, e incluye las recomendaciones pertinentes adaptadas para el Código HSC 2000.

Las diferencias resultantes entre Ekranoplanos y las naves de alta velocidad, reflejadas en las Directivas Interinas incluyen:

Los Ekranoplanos tienen una velocidad más alta y por lo tanto a velocidades operacionales, las distancias recorridas son mayores.

Los Ekranoplanos tienen la posibilidad "anfibia", si son operados desde una base terrestre;

La necesidad de que los niveles de seguridad y riesgo sean evaluados sobre una base holística y reconociendo que los operadores deben tener altos niveles de entrenamiento; conocimientos y procedimientos completamente implementados; niveles altos de automatización y software sofisticado, todos ellos pueden hacer importantes contribuciones para disminuir la reducción de riesgos;

La capacidad reducida de los Ekranoplanos para llevar y desplegar equipo y sistemas tradicionalmente asociados con las naves;

El uso cambiado de la terminología tradicional de buque, tal como la estabilidad en la seguridad de los Ekranoplanos en su modo operacional y un correspondiente aumento en el uso de la terminología de la aviación, tal como la controlabilidad; y

La capacidad de algunos Ekranoplanos para mitigar los peligros asociados con su modo aerotransportado, por su capacidad para aterrizar sobre el agua en cualquier momento.

Las Directivas Interinas, que se espera sean aplicadas a las naves transportando 12

personas o más, están detalladas en tres partes:

Parte A provee información general aplicable a todos los buques;

6

Parte B incluye los requerimientos prescriptivos que pueden subordinarse a medidas

desarrollados mediante las recomendaciones de evaluación de la seguridad de la parte C; y

Parte C detalla las evaluaciones de seguridad requeridas para todos los buques.

Las Directivas Interinas se destinan para ser revisadas y reflejar las experiencias ganadas en su implementación y para fomentar mejoras en la seguridad de estos buques, de sus pasajeros y tripulación.

Revisión y acuerdo de las normas interinas

ANEXO C:

Es el catálogo del motor de motocicleta honda cg-125

ANEXO D:

FORMATO DE ENCUESTA

Nos interesa, la calidad de servicio de transporte acuático; prestado en la actualidad.

PREGUNTAS

1. Es usted, usuario de los medios de transportes marinos en la ciudad de Cartagena de Indias?
Si _ No _____
2. Utilizan este servicio de manera cotidiana?
Si _ No _____
3. Está satisfecho con el confort a bordo estos vehículos?
Si _ No _____
4. Está satisfecho con los horarios de operación?
Si _ No _____
5. Cree usted que requiere más publicidad este servicio?
Si _ No _____
6. Cree usted que el transporte marítimo dentro de la ciudad es mejor que el transporte terrestre a los mismos destinos?
Si _ No _____
7. Considera usted que el transporte marítimo de pasajeros dentro de la ciudad, debería ser más rápido que el de la actualidad?
Si _ No _____
8. Cree usted que el transporte marítimo de pasajeros dentro de la ciudad de Cartagena, debería tener otras rutas a nuevos destinos?
Si _ No _____
9. Considera usted que el transporte terrestre de pasajeros es más seguro que el transporte marítimo de pasajeros?
Si _ No _____
10. Sabe usted que es un ekranoplano.
Si ____ No _____

ANEXO E:

En el presente anexo se realiza el procedimiento de ensayo y fabricación del vehículo prototipo.

Este prototipo se construyó con materiales de bajo costo y una sola vuelta de espiral del diseño. El único propósito del prototipo es demostrar que la hipótesis planteada es cierta.

Este vehículo no es viable desde el punto de vista comercial (el prototipo construido), debido a que el diseño solo tiene una iteración de la espiral del diseño, la cual exige como mínimo 12 vueltas antes de construir un prototipo de pruebas.

Por lo tanto el vehículo construido, solo es una versión académica sin valor comercial alguno.

1. CALCULO DE LA BOYANZA DE LOS FLOTADORES

En el presente diseño se tuvieron dos opciones. Una opción de los flotadores del tipo simétricos y otra la de los flotadores asimétricos isócronos. Se escogió la última opción por brindar una mayor seguridad.

En la siguiente tabla se consignan los datos calculados:

Parámetro	Simétrico	Asimétrico
Proa	212,7 kg.	599 kg.
Central	3705 kg.	4542 kg
Popa	106,3 kg	372 kg.
TOTAL	* 4024 kg.	5513 kg.

ANEXO E. Tabla 1: Calculo de Boyanza.

* El dato total está multiplicado por dos.

2. CALCULO DEL NÚMERO DE CUADERNAS

La sección transversal, del flotador elegido es una combinación de un semicírculo y una elipse tal como se muestra en la figura, la carga de análisis es de 6000 kg. . Este sistema se angosta como un sistema de fuerza aplicada en una viga curva* . De acuerdo con la fórmula de la viga curva de la Pg 92. aplicándola al sistema tenemos:

- Esfuerzo en la madera: Para el presente diseño se escogió madera encolada y prensada de pino canadiense (Wopd Hand book página 736/748/749No. 95). En le país se conoce como Triples.

$$\sigma_t = 21,1 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_c = 3,2 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$s_{ct} = \frac{M(R-r)}{Ar(\Gamma-R)} \quad * \text{ Ecuación de la viga curva página 92}$$

* Parámetros

$$M = 2060 / \text{N} \cdot \text{m}$$

$$R = \frac{0,05}{\ln \frac{35}{30}}$$

$$r = 0,3, \vee, 0,35 \text{m}$$

$$A = 0,05 \text{t}$$

$$? = 0,325 \text{m}$$

Aplicando los parámetros tenemos:

$$\sigma_t = \frac{20602 \text{ N} \cdot \text{m} \left[\frac{0,05}{\ln \frac{35}{30}} - 0,3 \right]}{15 \cdot 10^{-3} t_t \left[0,325 - \frac{0,05}{\ln \frac{35}{39}} \right]} \equiv 21,1 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta t_t = 70 \text{ mm}$$

Para el esfuerzo de tensión en la fibra esforzada el espesor es

$$t = 70 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{20602 \text{ N} \cdot \text{m} \left[\frac{0,05}{\ln \frac{35}{30}} - 0,35 \right]}{15 \cdot 10^{-3} \left[0,325 - \frac{0,05}{\ln \frac{35}{30}} \right]} \text{ N/m}^2 \equiv 3,2 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

despejando el valor de t_c

$$t_c = 400 \text{ mm}$$

- Al efectuar varias iteraciones con diferentes tipos de carga y suponiendo que cada cuaderna tiene un espesor de $t = 6,35\text{mm}$, se obtiene el número de cuadernas para la carga respectiva según la tabla 2.

Carga (N)	Espesor Total	Número de Cuadernas
6000 kg * 9,81 m/s ²	400mm	67
3000 kg * 9,81 m/s ²	200mm	34
1765 kg * 9,81 m/s ²	12mm	20
1500 kg * 9,81 m/s ²	100mm	17

ANEXO E. Tabla 2: Número de Cuadernas de $t = 6,35\text{mm}$

LONGITUDES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA TUBOS DE ACERO
GALVANIZADO $\phi = 1" \wedge t = 1/8"$

?	R (m)	L=R ? (m)	T (m)
45°	4.83	3.85	0.36
22,5°	5.86	6.15	0.29

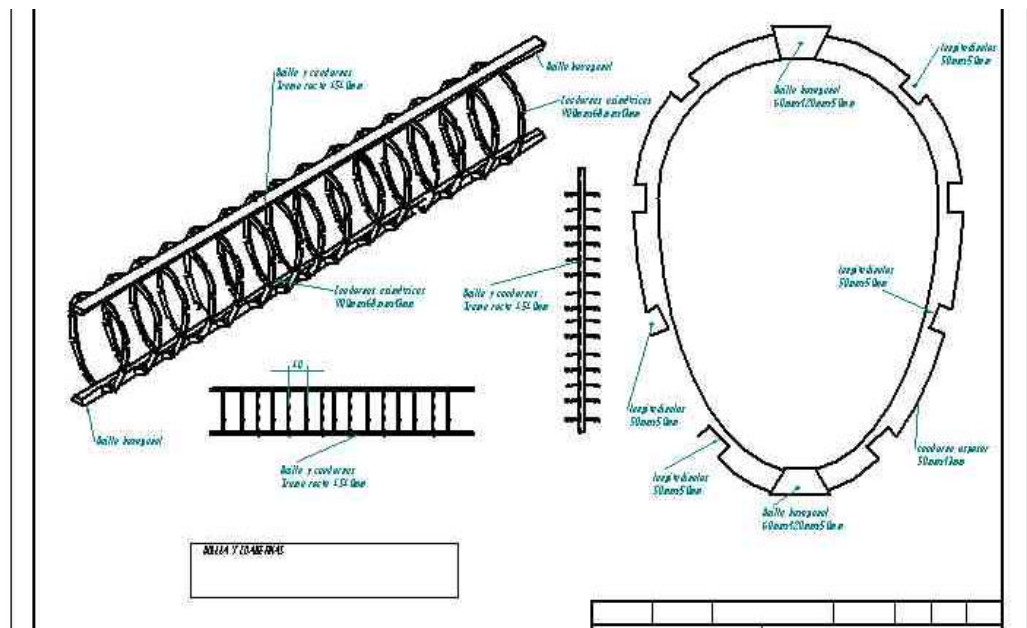
ANEXO E. Tabla 3

* De acuerdo con los planos mostrados

3.CÁLCULO DE LA QUILLA HEXAGONAL:

En la pagina 92,se encuentran consignados los parámetros de la viga hexagonal.El tramo recto de la quilla tiene 4,54m.Se hallan ubicadas 15 cuadernas de 13mm de espesor.Sujetas arriba y abajo por medias cañas hexagonales,según la figura adjunta.

En el cálculo ,no se tiene en cuenta la existencia de las otras ocho longitudinales(esloras),para así hallar una viga cuya sección transversal sea mucho mayor que la requerida incrementando así su sección transversal y por ende su factor de seguridad.



ANEXO E (Gráfico 1) : Quilla hexagonal y su cálculo como una viga recta.

ESFUERZOS UNITARIOS ADMISIBLES:

Para las condiciones de operación del sistema ,se toma una condición de uso con la fibra mojada.El material es pino canadiense del oeste,es madera estructural(Tomada de Word Handbook,Tropical Woods No 95,,pag 736) :

$s_{min} = 12,41 \text{ Mpa (Total , 62,05 Mpa)}$

$s = Mc/I = (16747Nm)(0,05m)/6 \times 10^{-6} m^4$

$s = 139,56 \text{ Mpa}^*$

**Es claro que el esfuerzo del sistema supera a la resistencia de la fibra.Pero s_{min} es la resistencia de una sola viga longitudinal y se trata de la resistencia combinada de cinco longitudinales , la resistencia de las cuadernas(20 en total) y casco exterior(175,93 Mpa).*

<p align="center"><u>BOYANZA</u></p>	<p align="center">Volumen=8934 m³ Es la flotabilidad total de la nave</p>	<p align="center">Fuerza de boyanza $F_b = ? Vol = 87642540 \text{ N} ?$ Esta fuerza ,está dirigida hacia arriba</p>
<p align="center"><u>PESO</u></p>	<p align="center">Masa del conjunto m= 991,42 Kg</p>	<p align="center">Fuerza de hundimiento $F_s = mg = 9725,83 \text{ N} ?$ Esta fuerza está dirigida hacia abajo</p>

ANEXO E .Tabla 4: La tabla presenta ,el balance de flotación de la nave.

Se puede apreciar que la fuerza de boyanza es superior al hundimiento.

4. CÁLCULO DE LOS COSTOS DEL PROTOTIPO:

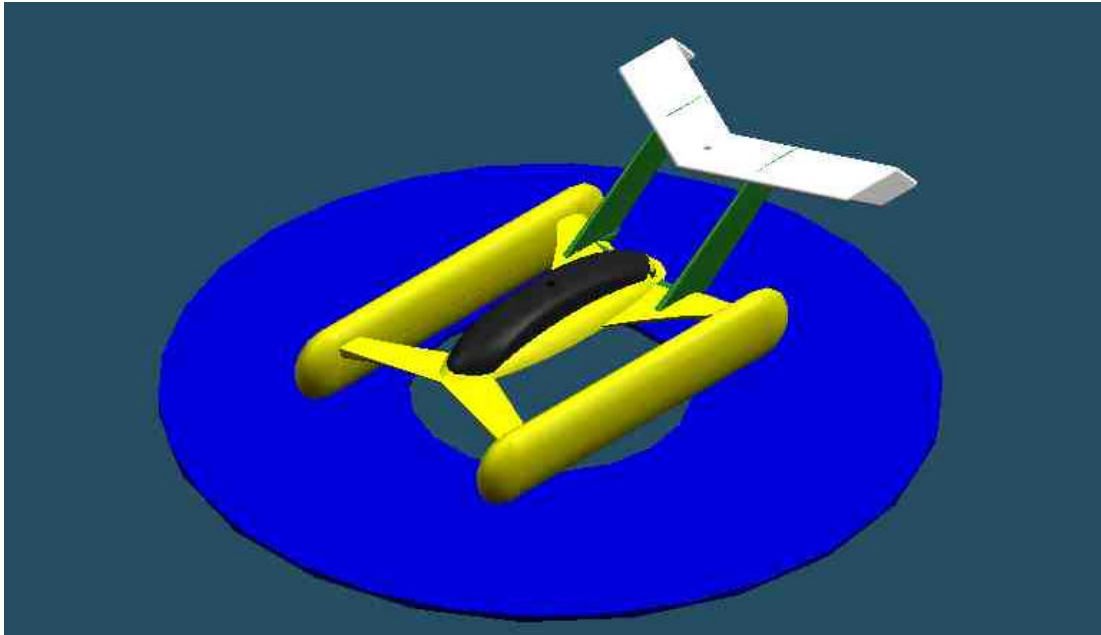
En la siguiente tabla ,se expresa de manera breve los costos generales del prototipo. Algunos costos son pasados a pesos de sus registros promedio en yenes japones* (Uso del CWC).En la tabla se incluyen tópicos variados,que afectarán la ejecución del proyecto:

TOPICO	COSTO UNITARIO	TOTAL
Ciculating Water Channel (CWC)*	\$500000/hora Se emplea durante 48horas	\$24 000 000 Aprox.
Soldadura MIG	\$60000/hora Uso 12 horas	\$720000 Aprox.
Tanque de argón	\$ 112000/recarga	\$112000 Aprox.
Soldador calificado SENA	\$ 32000/hora en 12 hrs	\$384000 Aprox.
Madera de pino del Canadá	\$ 112000	\$112000 Aprox
Triplex marino de 13mm	\$ 240000 de 3 planchas	\$ 240000 Aprox.
Fibra de vidrio (Robbit y Matt)	\$340 000 por 3 rollos	\$ 1 200 000 Aprox.
Resina de polietileno	\$ 735 000 por barril	\$ 735 000 aprox.
Catalizador de resina	\$ 53000 por galón	\$ 265 000 Aprox.
Pintura anti-corrosiva	\$ 18000 por galón	\$ 18 000 Aprox.
Transportes	\$ 120 000	\$ 120 000 Aprox.

ANEXO E. Tabla 5: Costos generales del proyecto. **Total: \$ 28 914 000 Aprox.**

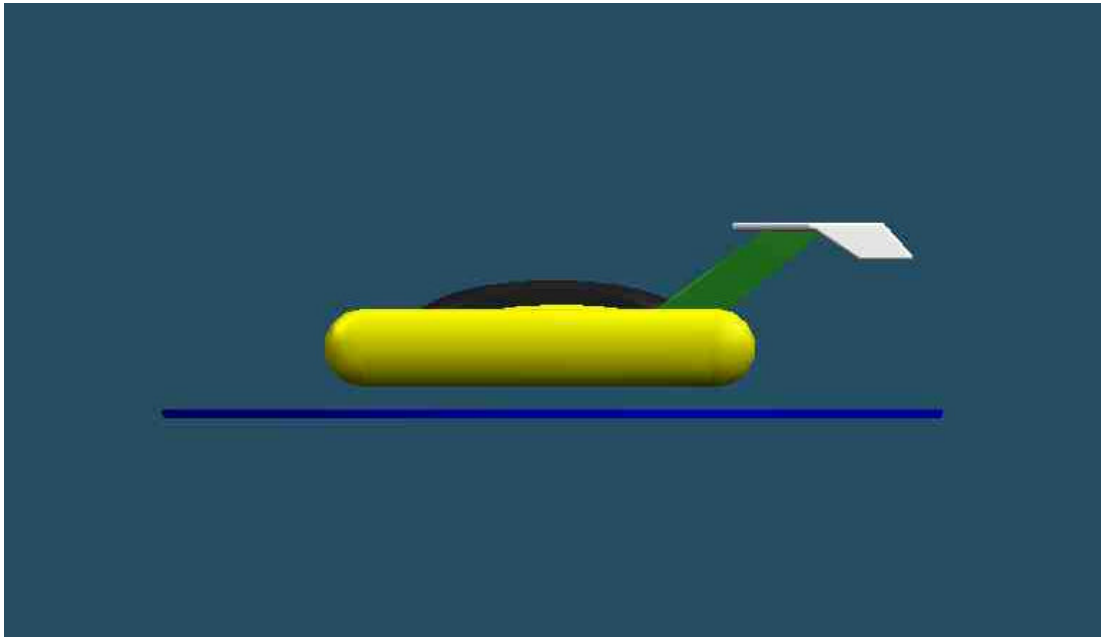
5.ISOMÉTRICO Y VISTAS DEL PROTOTIPO :

A continuación se muestran los isométricos y las vistas de la nave prototipo.La dimensiones ,son indicadas en cada figura.



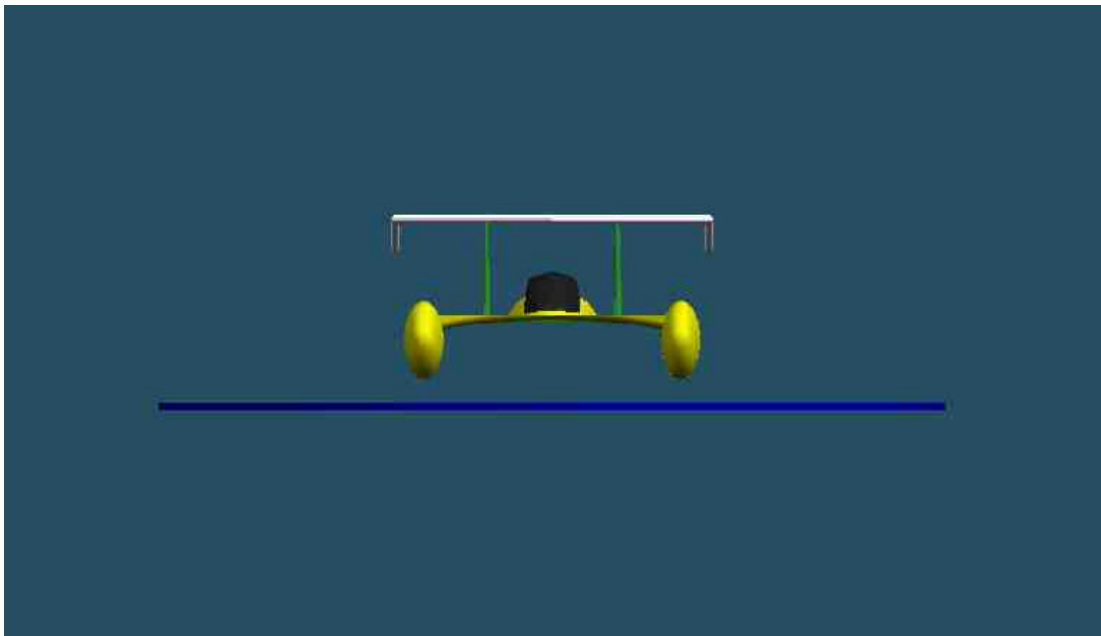
ANEXO E (plano 22) :

En la figura se presenta **el isométrico del vehículo prototipo**.Sus dimensiones son : Eslora(longitud) **6,00 m**; Manga(ancho) **3,70 m** y puntal(alto) **0,90 m** .



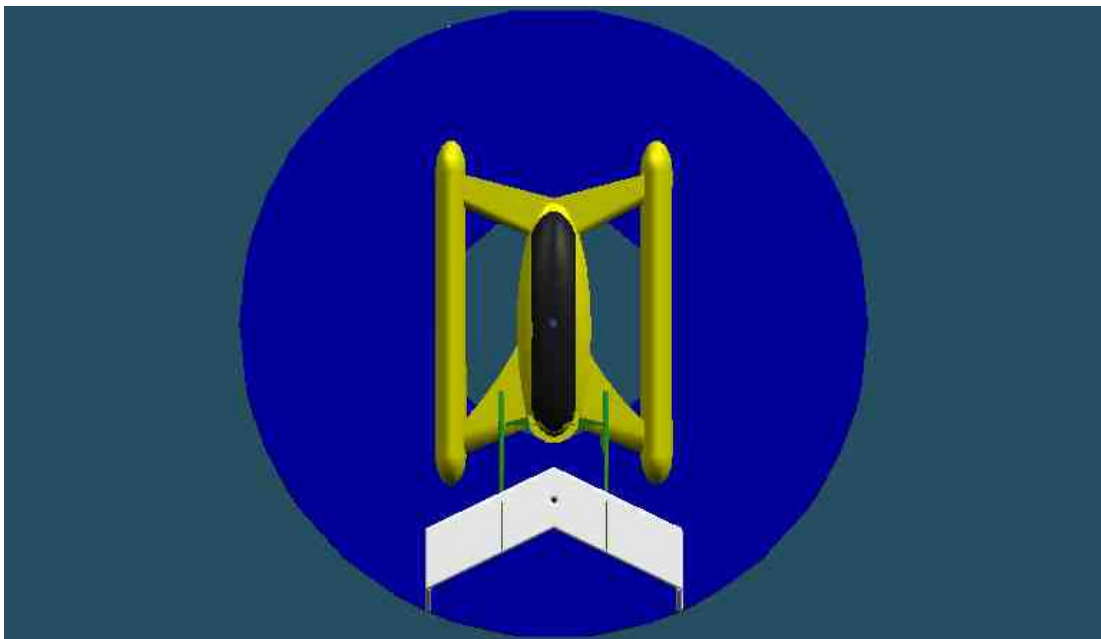
ANEXO E (plano 23) :

En la figura se presenta **la vista lateral izquierda (babor)** del vehículo prototipo. Sus dimensiones son : Eslora(longitud) **6,00 m** y puntal(alto) **0,90 m**.



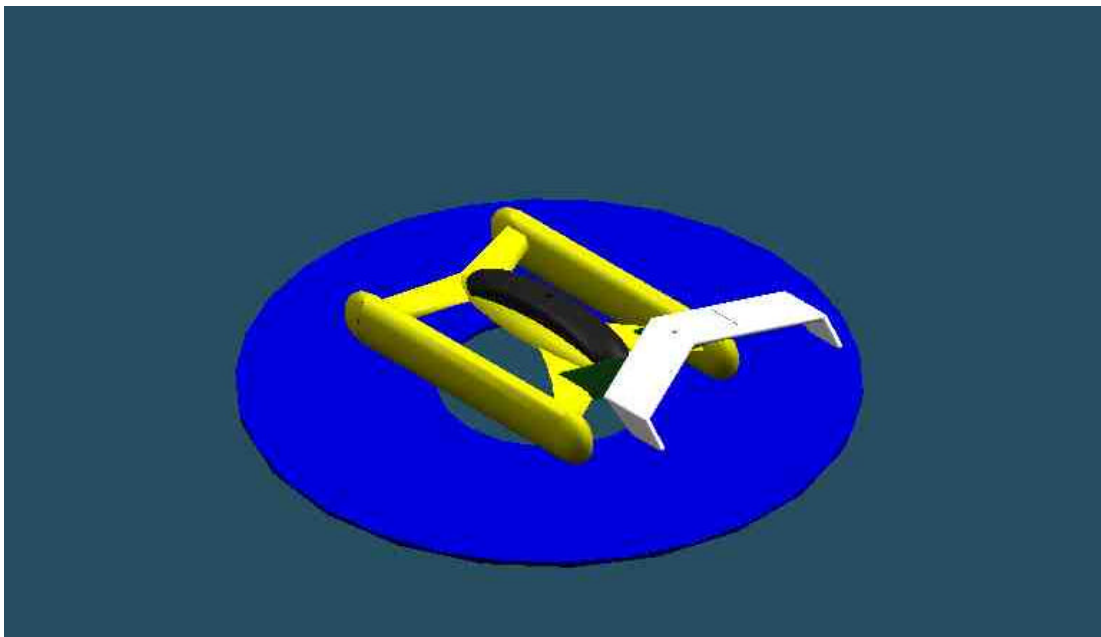
ANEXO E (plano 24) :

En la figura se presenta **la vista frontal del vehículo prototipo**. Sus dimensiones son : Manga(ancho) **3,70 m** y puntal(alto) **0,90 m**.



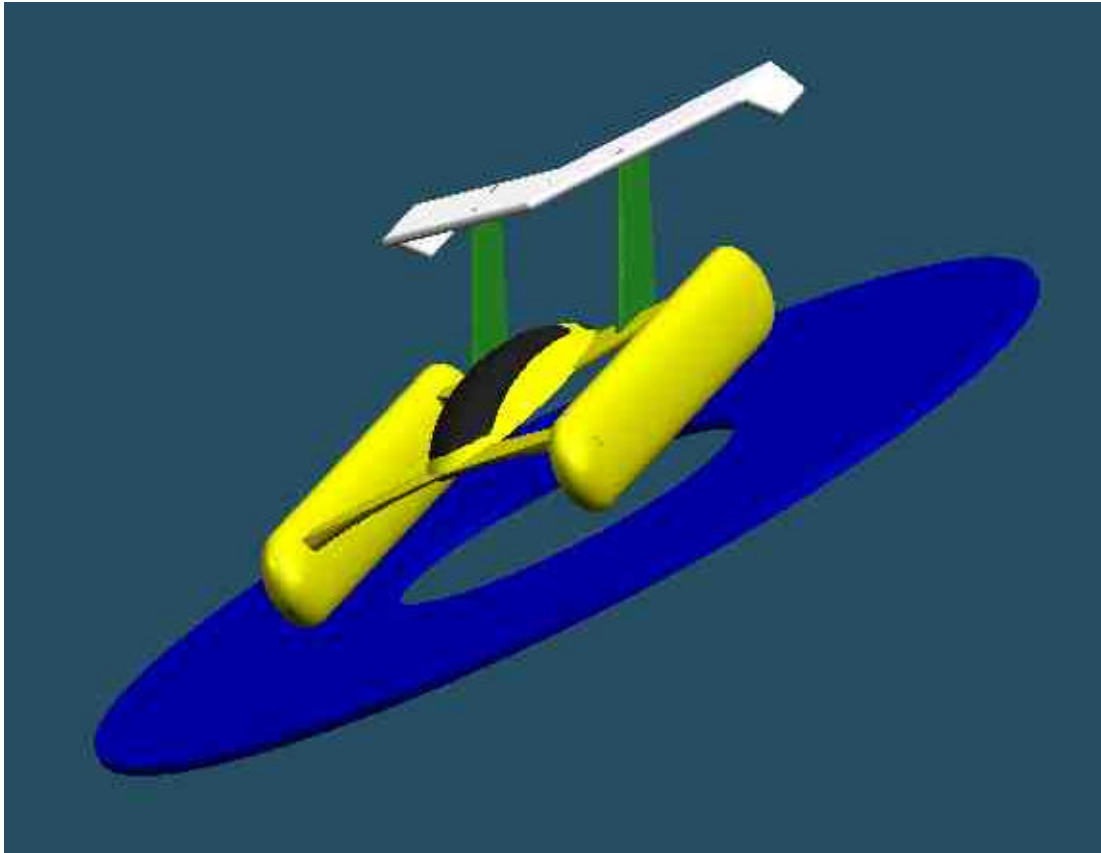
ANEXO E (plano 25) :

En la figura se presenta ***la vista superior del vehículo***. Sus dimensiones son :
Eslora(longitud) **6,00 m** y Manga(ancho) **3,70 m** .



ANEXO E (plano 26) :

En la figura se presenta ***el isométrico del vehículo prototipo***. Todos los gráficos se construyeron empleando el software **Solid Edge V9** de la CUTB.



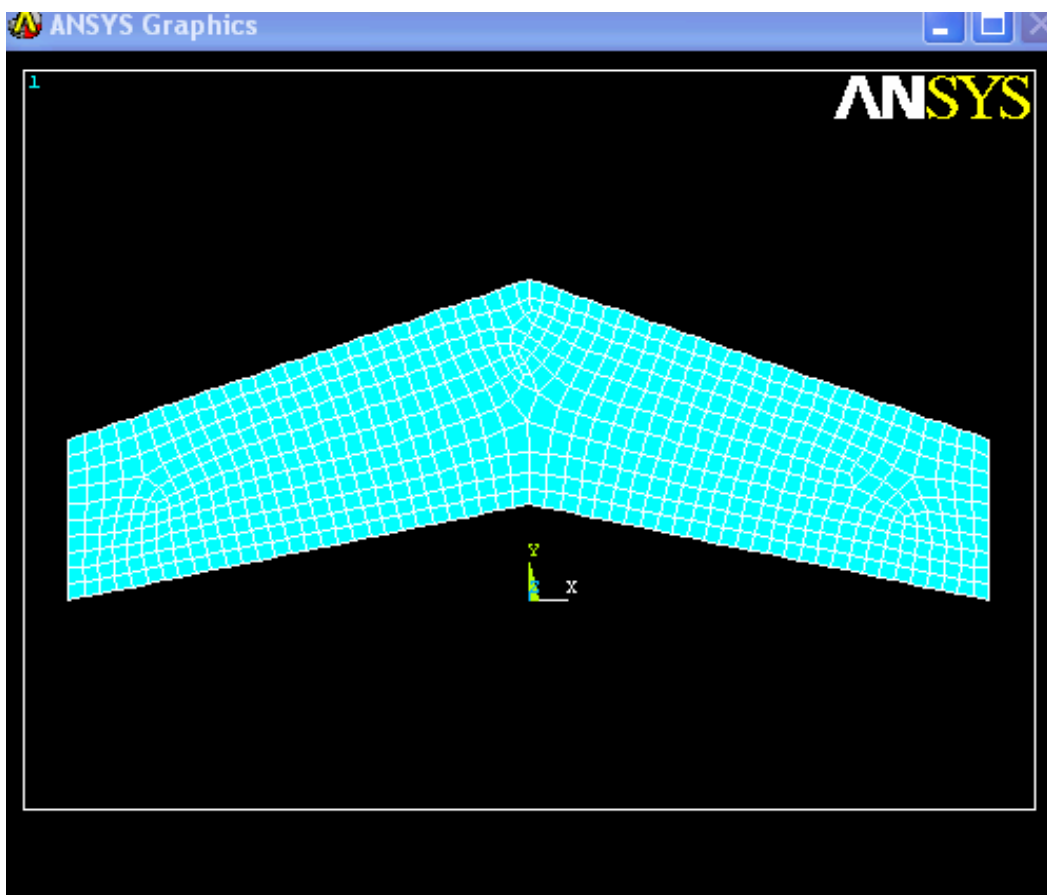
ANEXO E (plano 27) :

El vehículo prototipo, está siendo construido. Aunque, no es parte de este trabajo el construir el vehículo. Para que pueda existir credibilidad en esta tecnología y convencer a los escépticos. Es necesario la construcción. Su presentación al concluirlo, demostrará la validez de la hipótesis planteada en este trabajo*.

NOTA: Por razones de fuerza mayor (Robo en el SENA-naútico de los controladores del tanque de pruebas hidrodinámicas). Al momento de la entrega de este escrito. No se pudieron realizar los ensayos en la pileta, para determinar la geometría definitiva del vehículo prototipo. Adjuntamos el documento aclaratorio pertinente y notificamos que el problema está siendo solucionado (rehabilitando el panel de controles nuevamente). En pocos días, DIOS mediante podremos realizar los ensayos en la pileta y concluir la construcción del vehículo prototipo y efectuar con él las pruebas de mar correspondientes.

SIMULACIÓN POR ANSYS (parte A):

En las siguientes imágenes ,se registra,la simulación computarizada del comportamiento del alerón Canard ;de la nave bajo carga Omnidireccional .El sistema ,se radicó de manera solidaria a los flotadores y fueron aplicadas cargas teoricas de 60000 N .El material simulado es una lámina de 13mm de acero aisi-1020.Cuya resistencia ,será equivalente a la resistencia del alerón con material compuesto de la nave prototipo.

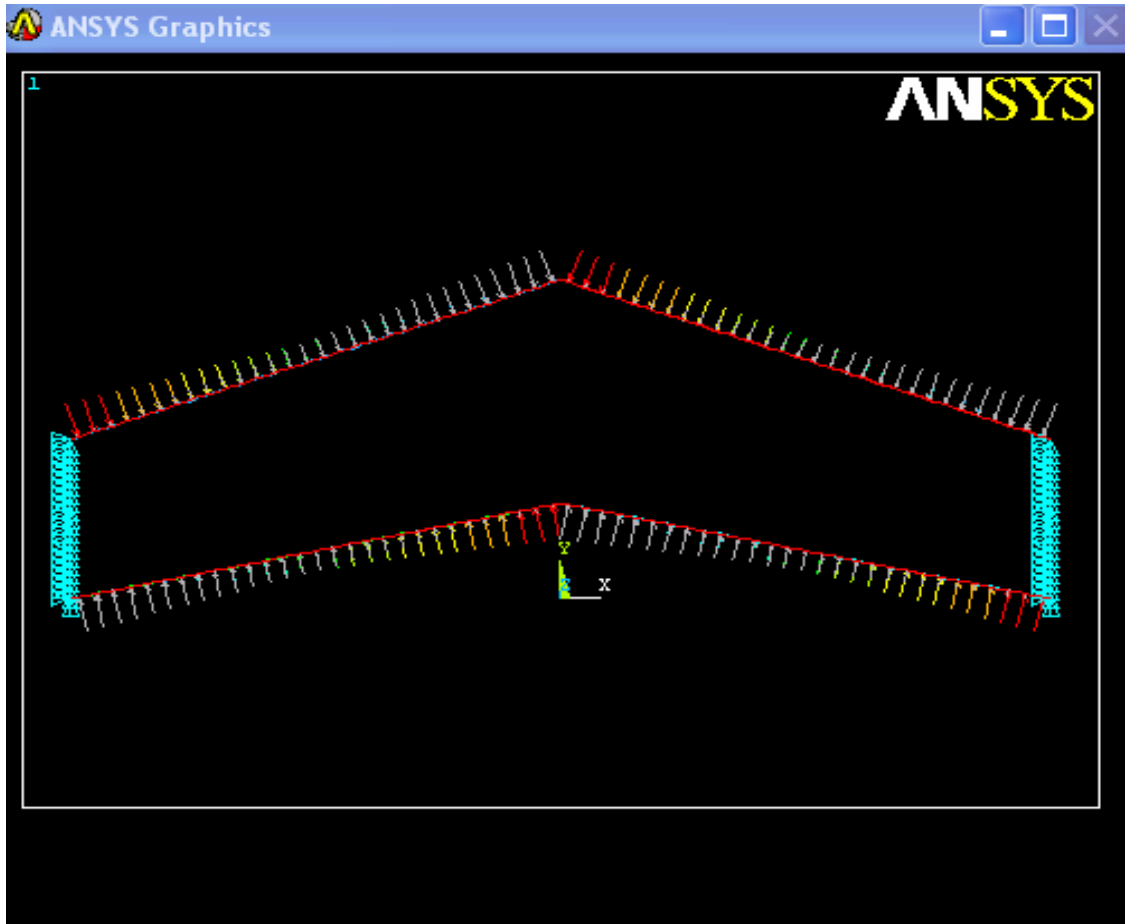


ANEXO E (Plano 5) :

El alerón se divide en nodos ,para que el programa pueda evaluar su comportamiento bajo la carga especifica.

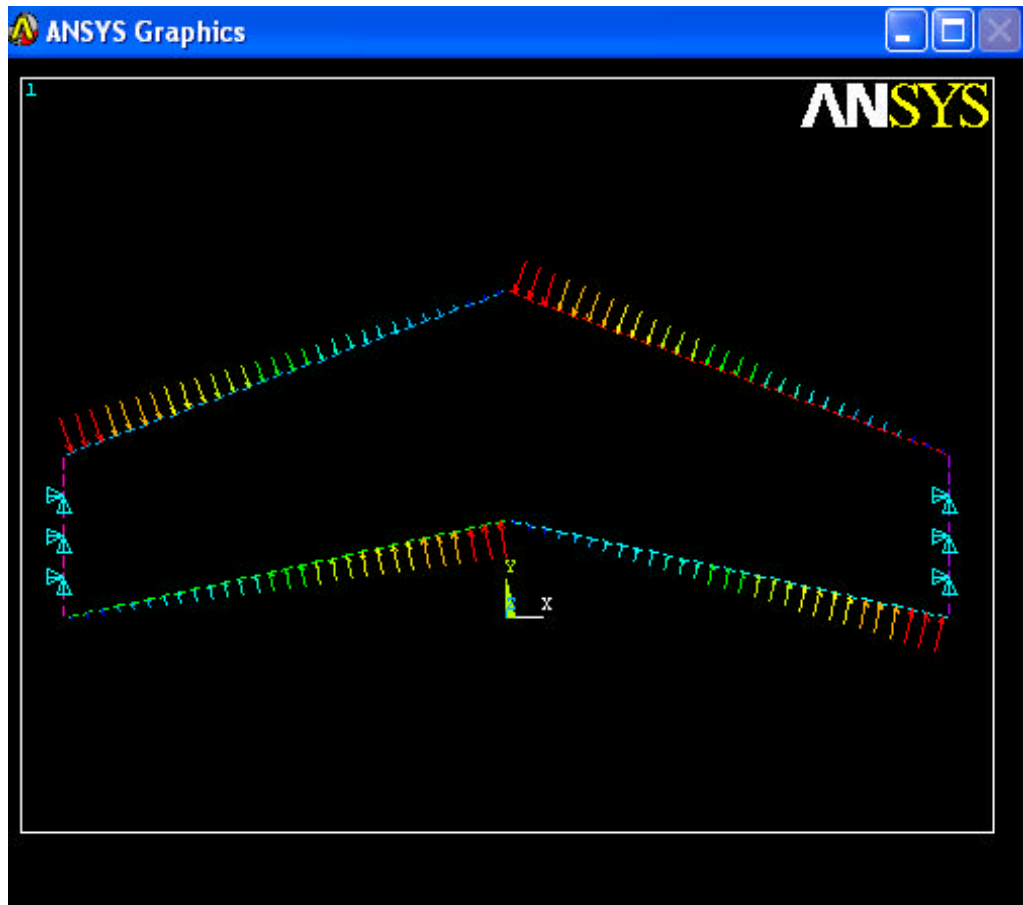
APLICACIÓN DE LAS CARGAS Y RADICACIÓN DE LOS APOYOS:

En las dos siguientes imágenes, se pueden apreciar la aplicación de la carga Omnidireccional ;en los contornos del alerón canard.Y la reacción en los apoyos.



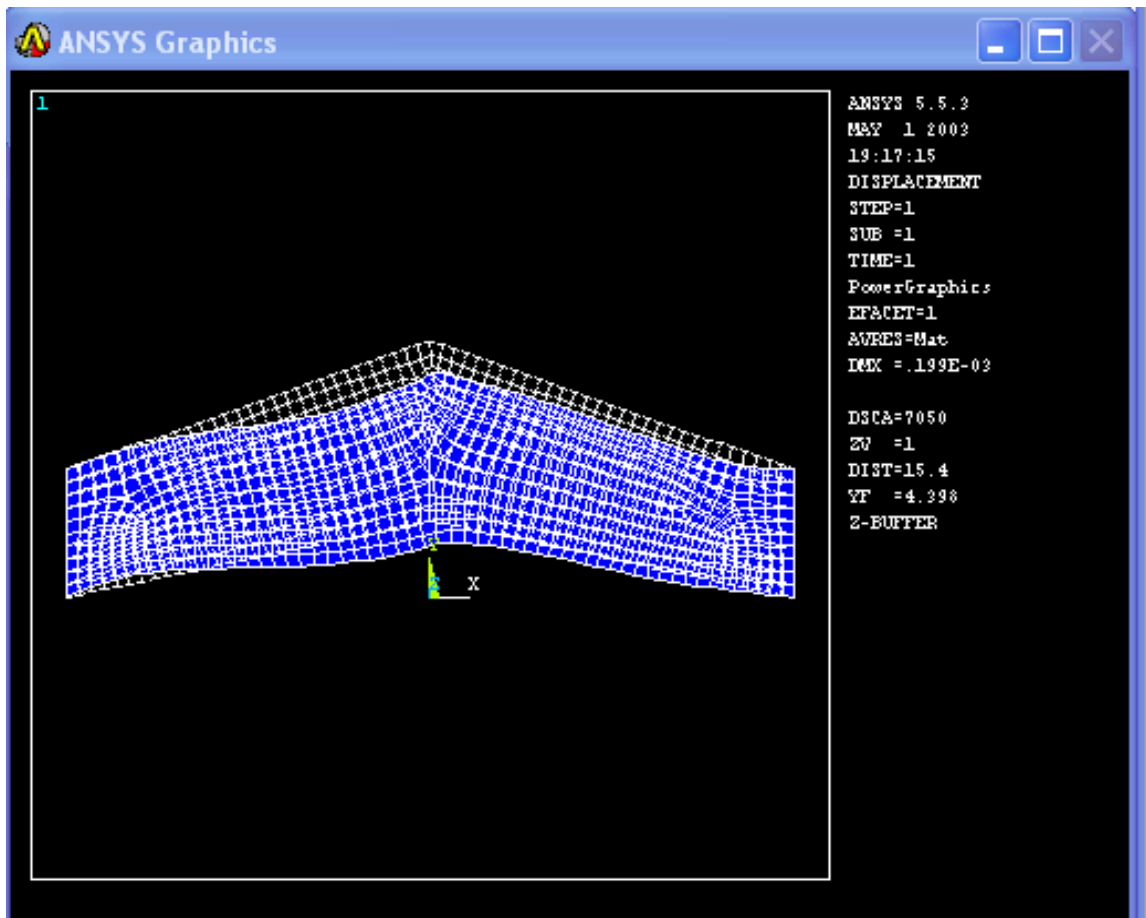
ANEXO E (Plano 6) :

El alerón se muestra esforzado , bajo la carga especifica.Esta carga puede asumirse proveniente de factores diversos tales como: El viento,las vibraciones por la operación,la carga de los pasajeros,el propio peso de la nave,la carga portante ,etc.Es de tener en cuenta que mediante el programa se pueden simular diversas condiciones de carga incluyendo averias.Segun sea el caso .



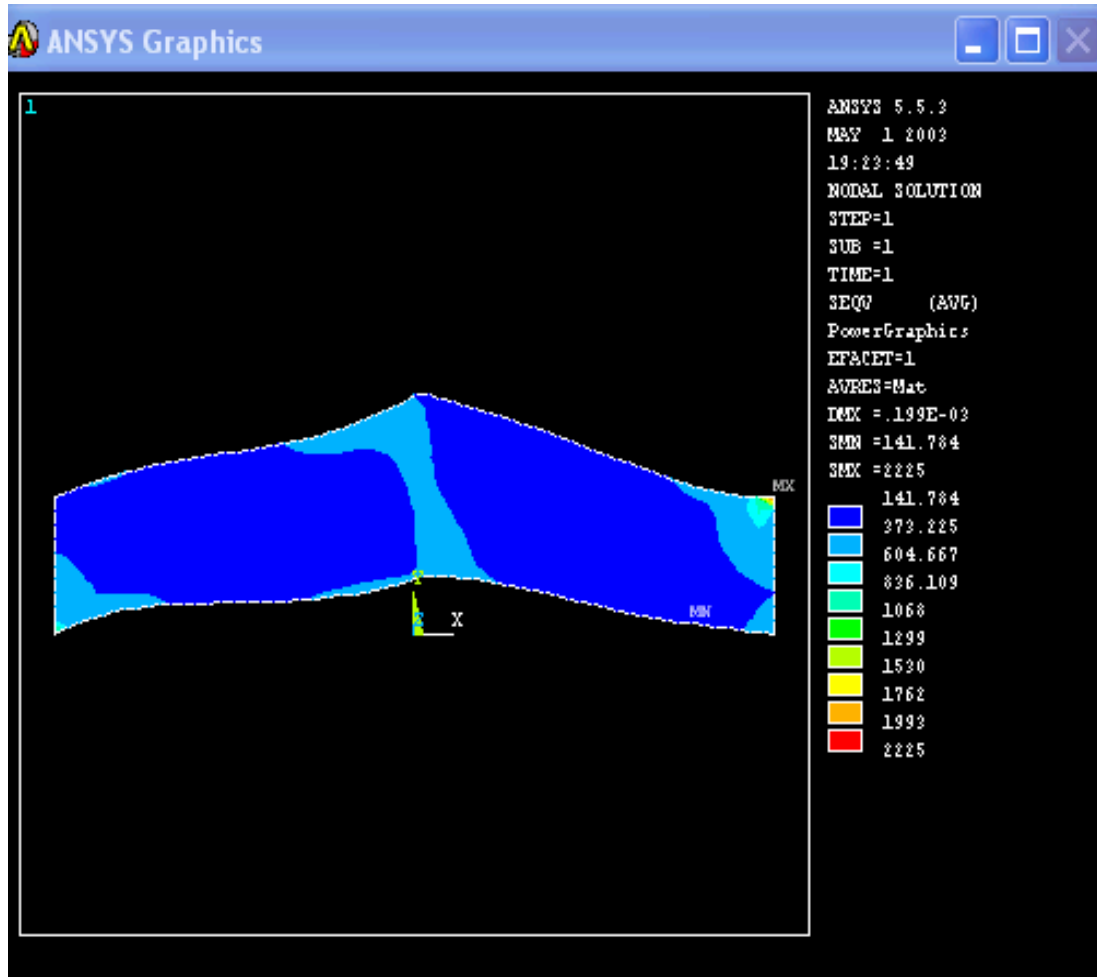
ANEXO E (Plano 7) :

El alerón se muestra esforzado , bajo la carga específica. Se pueden apreciar , las radicaciones o uniones a las dos quillas de los flotadores. Actuando en los planos x,y,z.



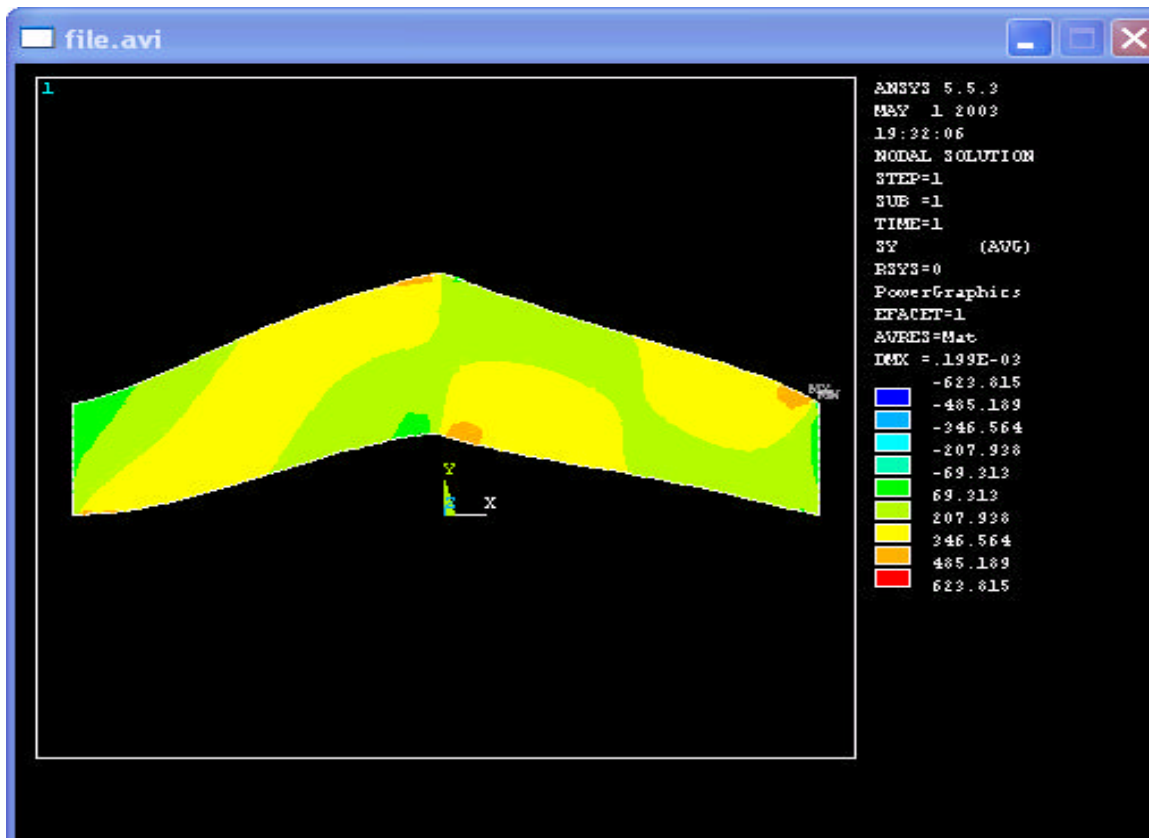
ANEXO E (Plano 8) :

El alerón se muestra esforzado al ser analizado mediante el programa ,es pertinente aclarar que la gráfica es parte de una animación obtenida durante la simulación computarizada. Los pasos secuenciales también se registran para aclarar dudas. (planos x,y,z).



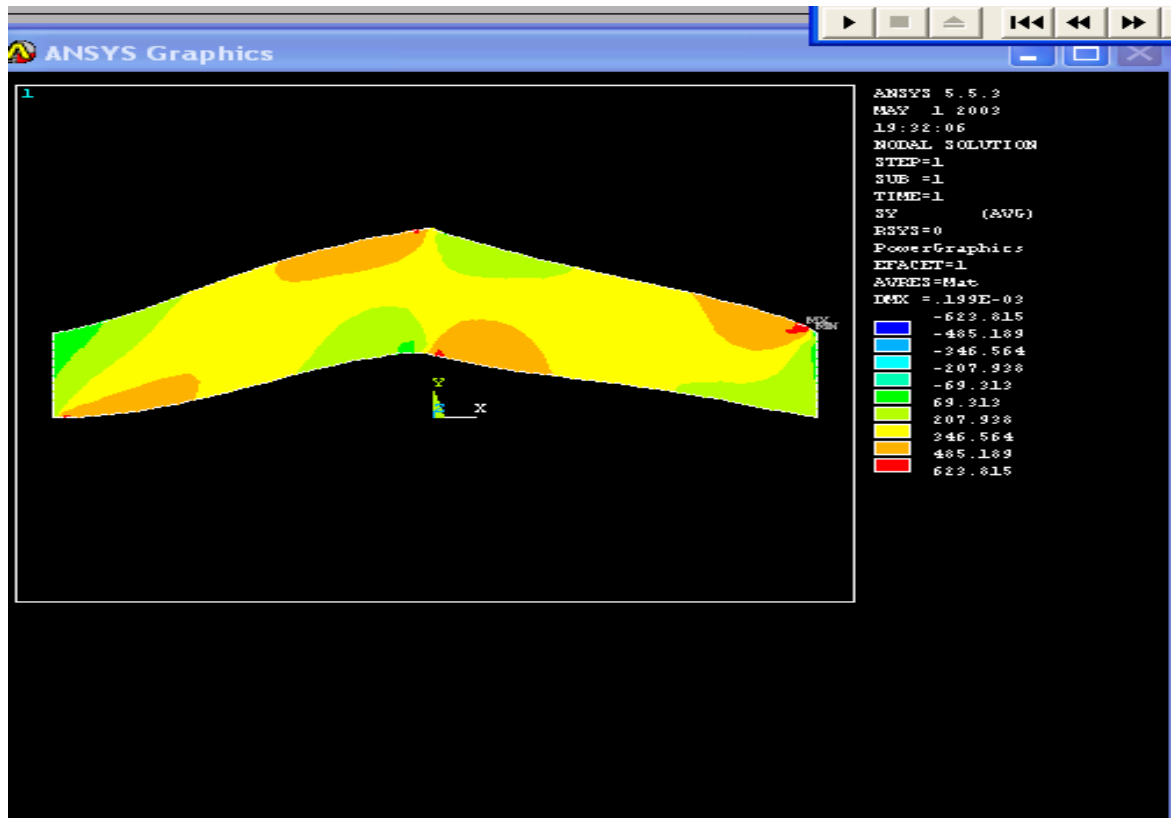
ANEXO E (Plano 9) :

El alerón se muestra bajo los sistemas esforzados de Von mises-Hencky. Se muestran las zonas de mayor esforzamiento (Apoyos) y las de menor (Centro del alerón).



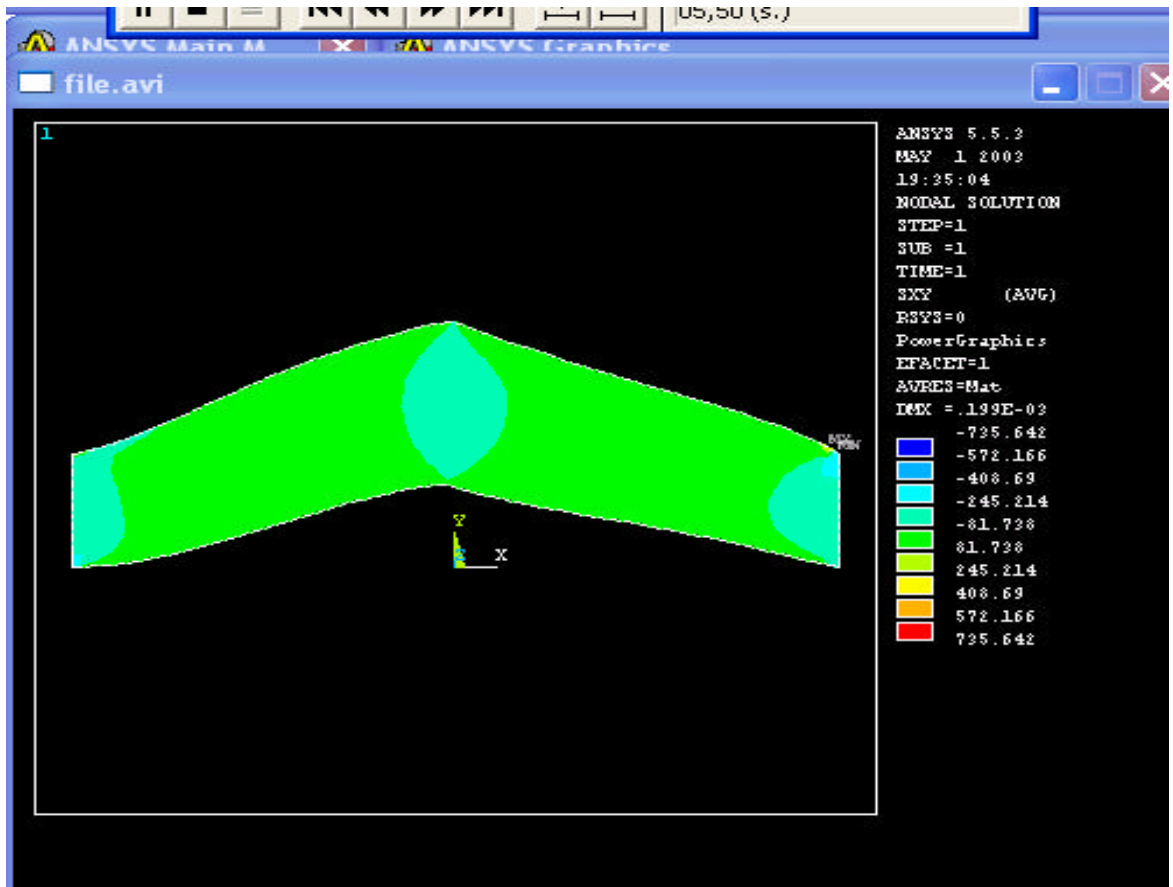
ANEXO E (Plano 10) :

El alerón se muestra bajo los sistemas esforzados de Von mises-Hencky. La energía de la deformación causada por la carga aplicada. Actúa sobre el alerón del modo indicado. La tabla de colores indica los puntos de esfuerzos.



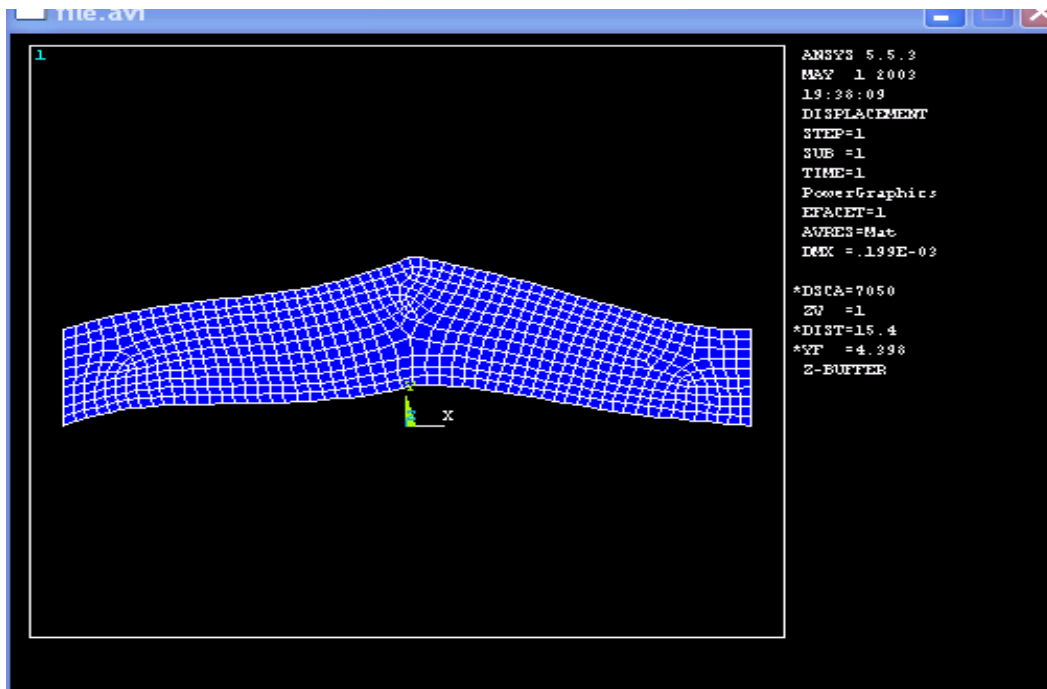
ANEXO E (Plano 11) :

El alerón se muestra bajo los sistemas esforzados de Von mises-Hencky. La simulación continua, en la secuencia animada, se puede apreciar el crecimiento de las zonas de mayor esfuerzo (Rojo-naranja).



ANEXO E (Plano 12) :

El alerón se muestra bajo los sistemas esforzados de Von mises-Hencky. La s secuencia animada ,se completa en su totalidad y el sistema se prepara para un nuevo ciclo. Se aprecian las zonas de mayor esfuerzo mediante la tabla de colores.



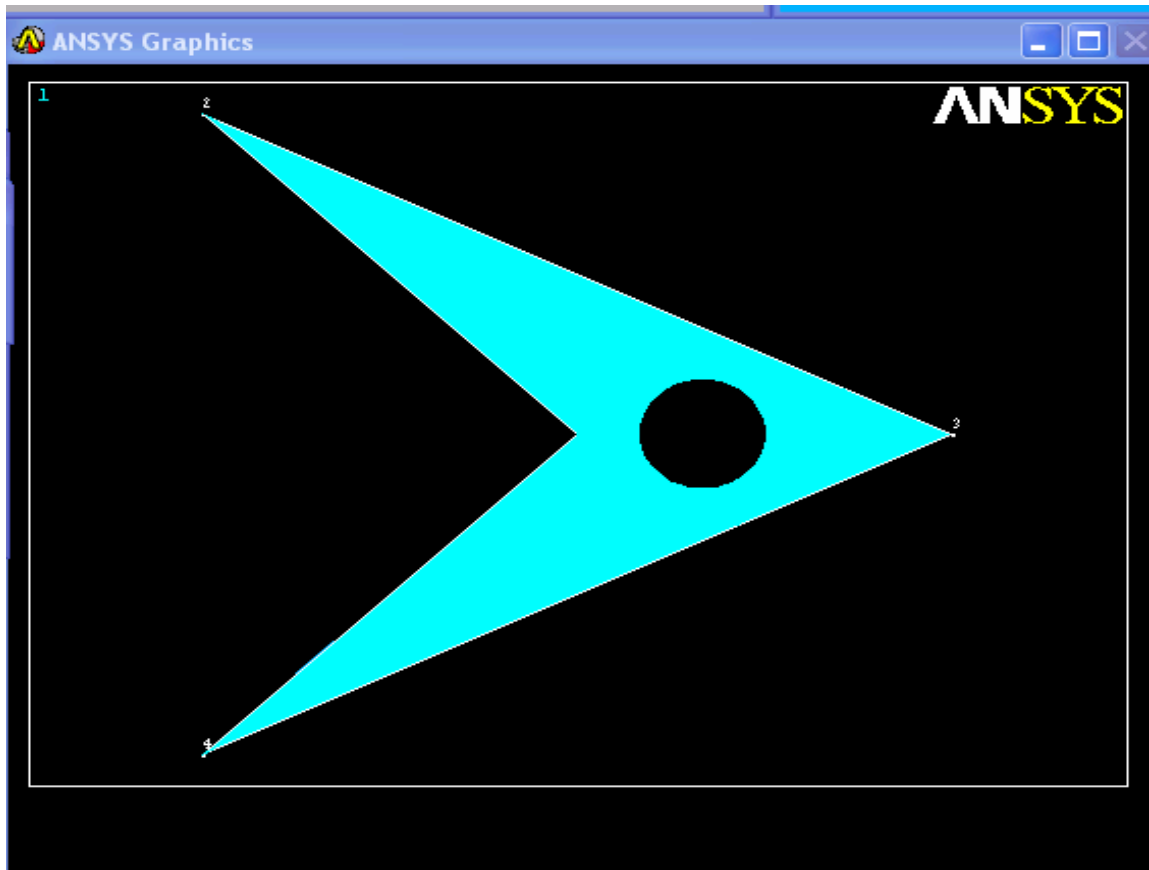
ANEXO E (Plano 13) :

El sistema ,retorna a la normalidad.Para iniciar un nuevo ciclo de simulaciones.

En los graficos,se pueden apreciar la fecha de elaboración y el horario secuencial.

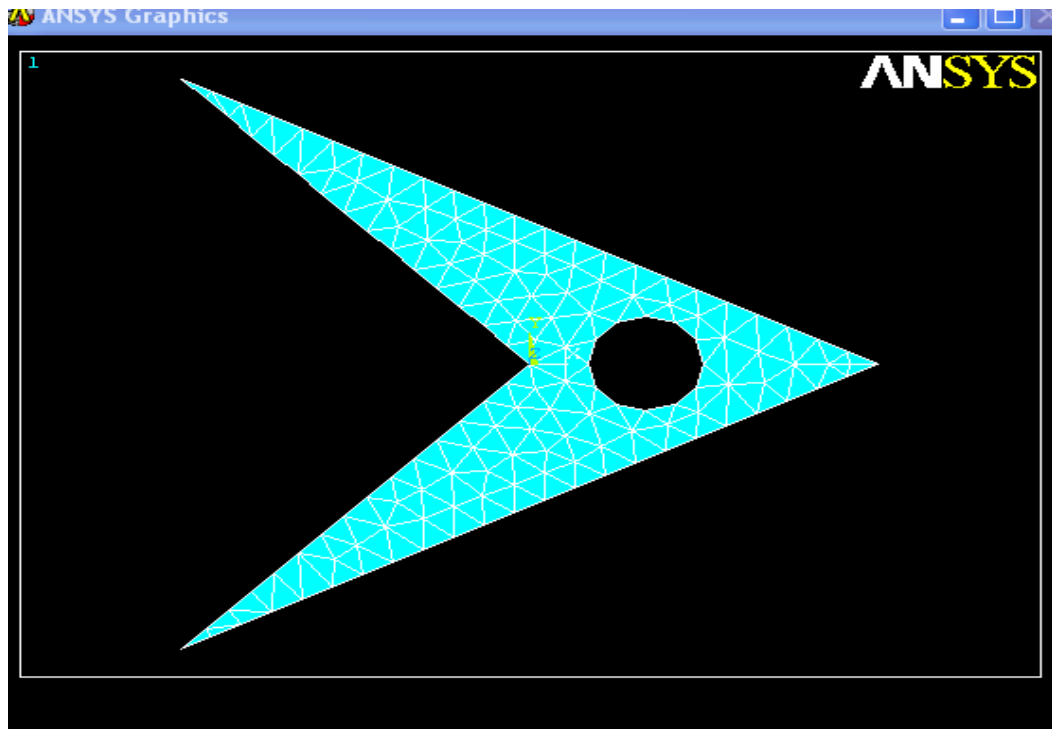
SIMULACIÓN POR ANSYS (parte B):

En las siguientes imágenes ,se registra,la simulación computarizada del comportamiento del ala delta ;de la nave prototipo bajo carga Omnidireccional .El sistema ,se radicó de manera solidaria a los flotadores y fueron aplicadas cargas teoricas de 60 KN .El material simulado es una lámina de 13mm de acero aisi-1020.Cuya resistencia ,será equivalente a la resistencia del alerón con material compuesto de la nave prototipo.A ser fabricada,según criterio de diseño.



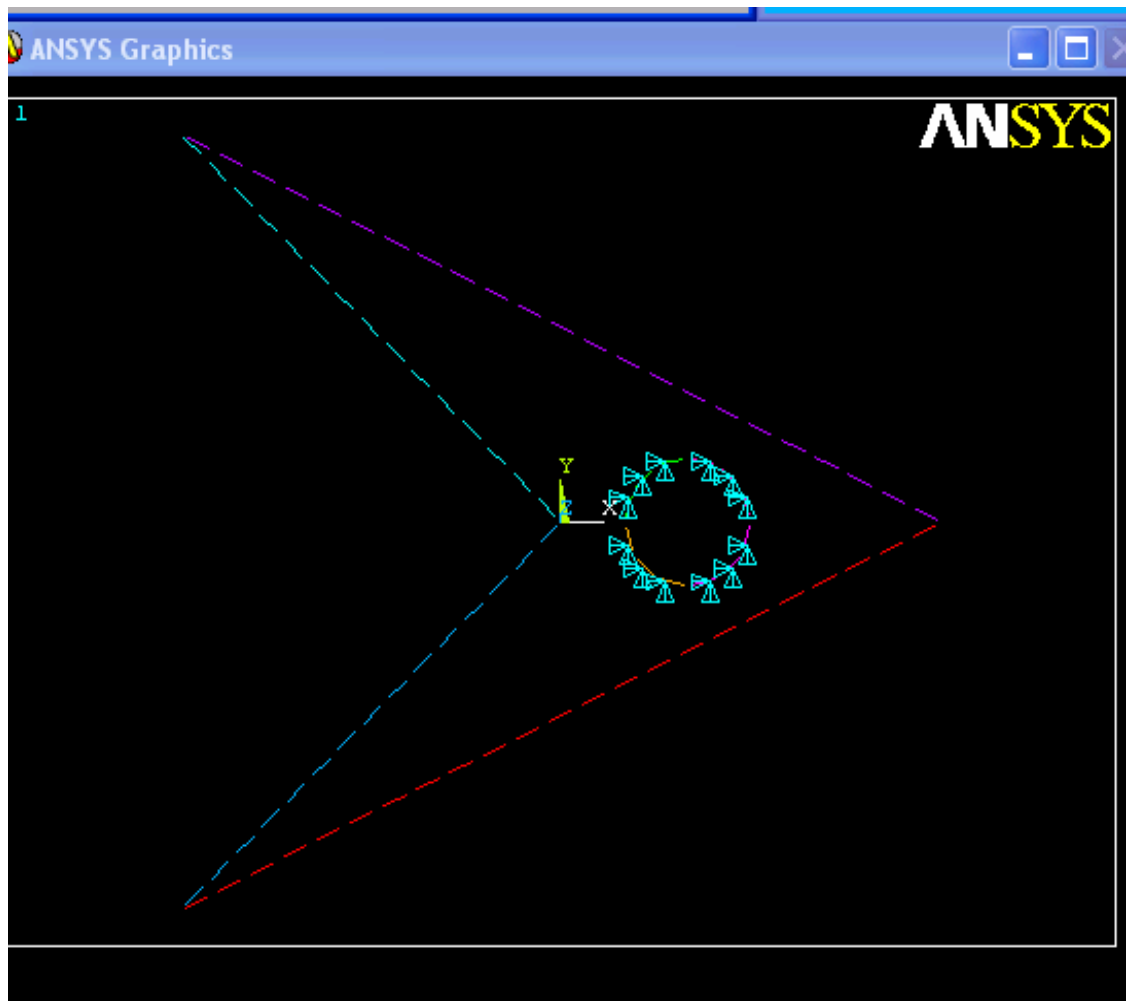
ANEXO E (Plano 14) :

En el grafico,se puede apreciar la ubicación de los keypoints del ala delta,el orificio es la zona de ubicación del centro de masas del sistema.



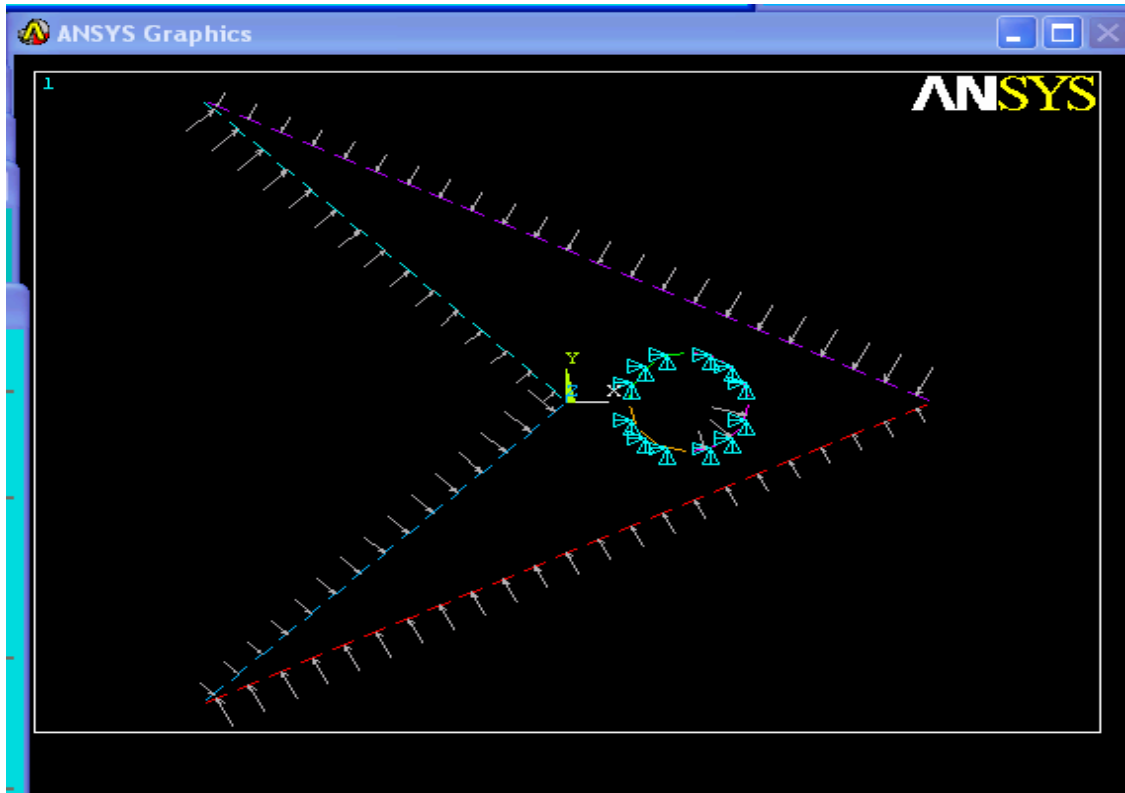
ANEXO E (Plano 15) :

En el grafico,se puede apreciar la aplicación del enmallado del ala delta .



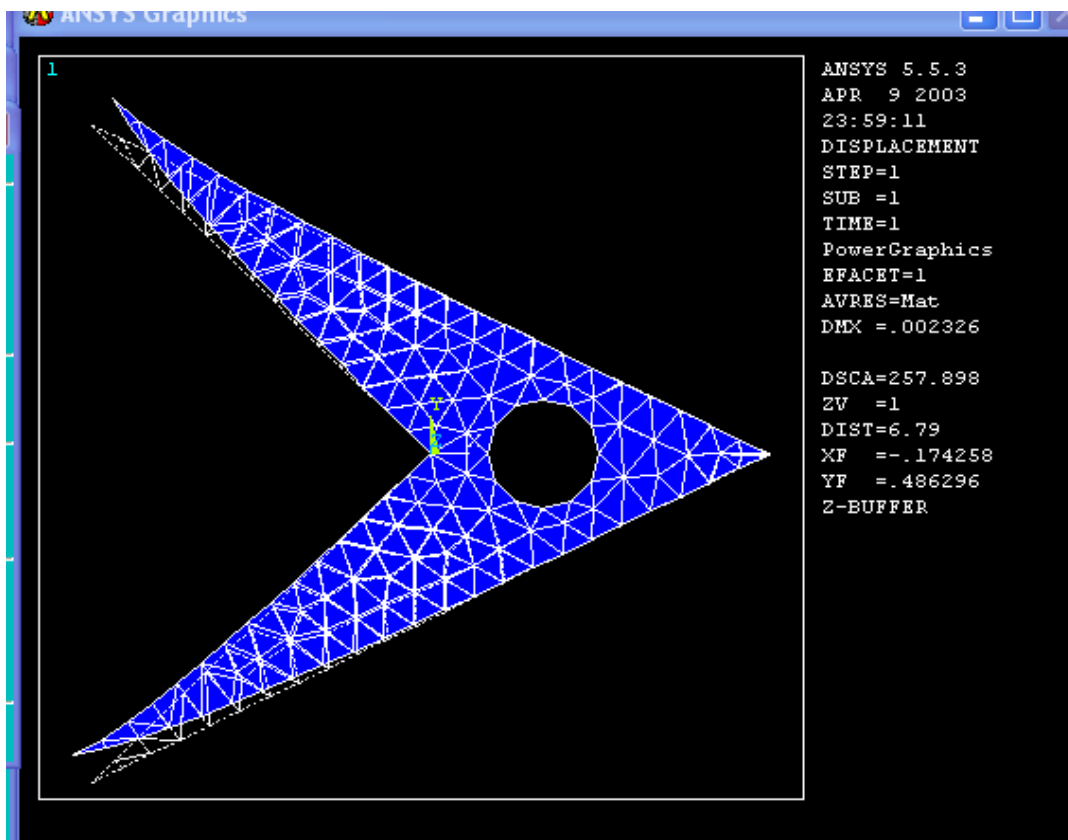
ANEXO E (Plano 16) :

En el grafico,se puede apreciar la aplicación de los puntos de fijación del sistema ,alrededor del centroide del ala delta .



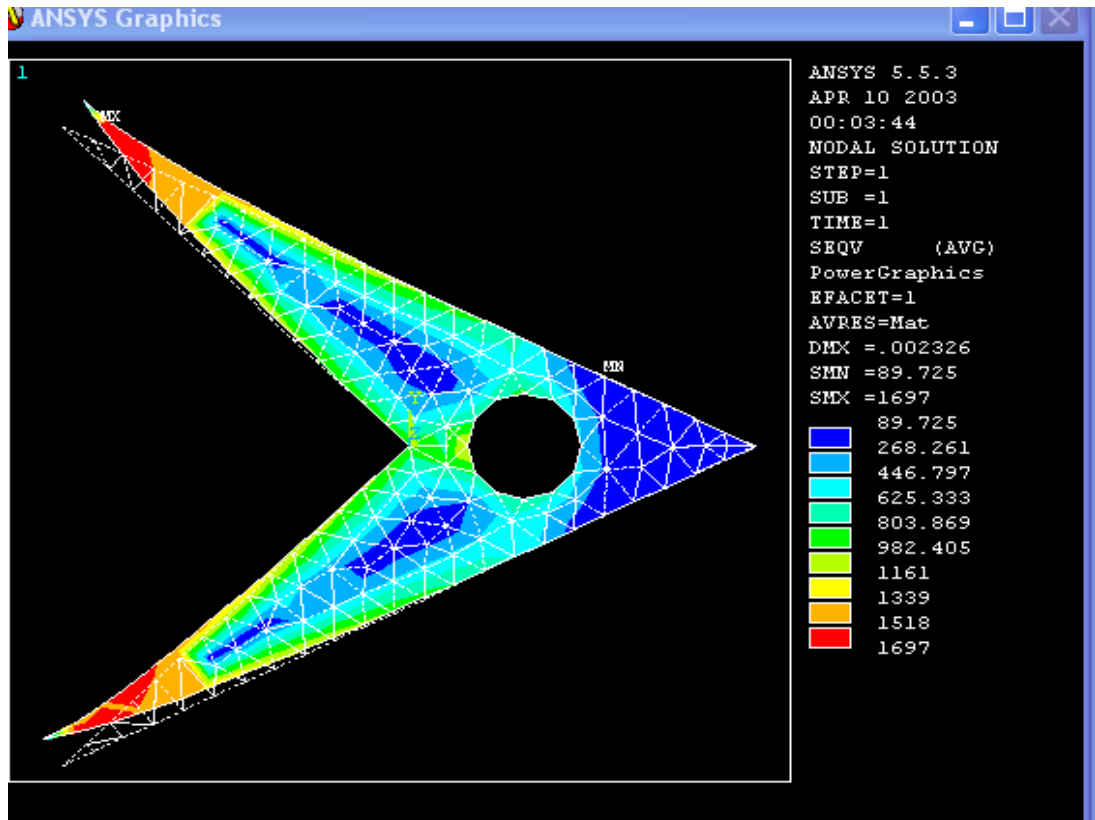
ANEXO E (Plano 17) :

En el gráfico, se puede apreciar la aplicación de las cargas de prueba del sistema; alrededor del ala delta .



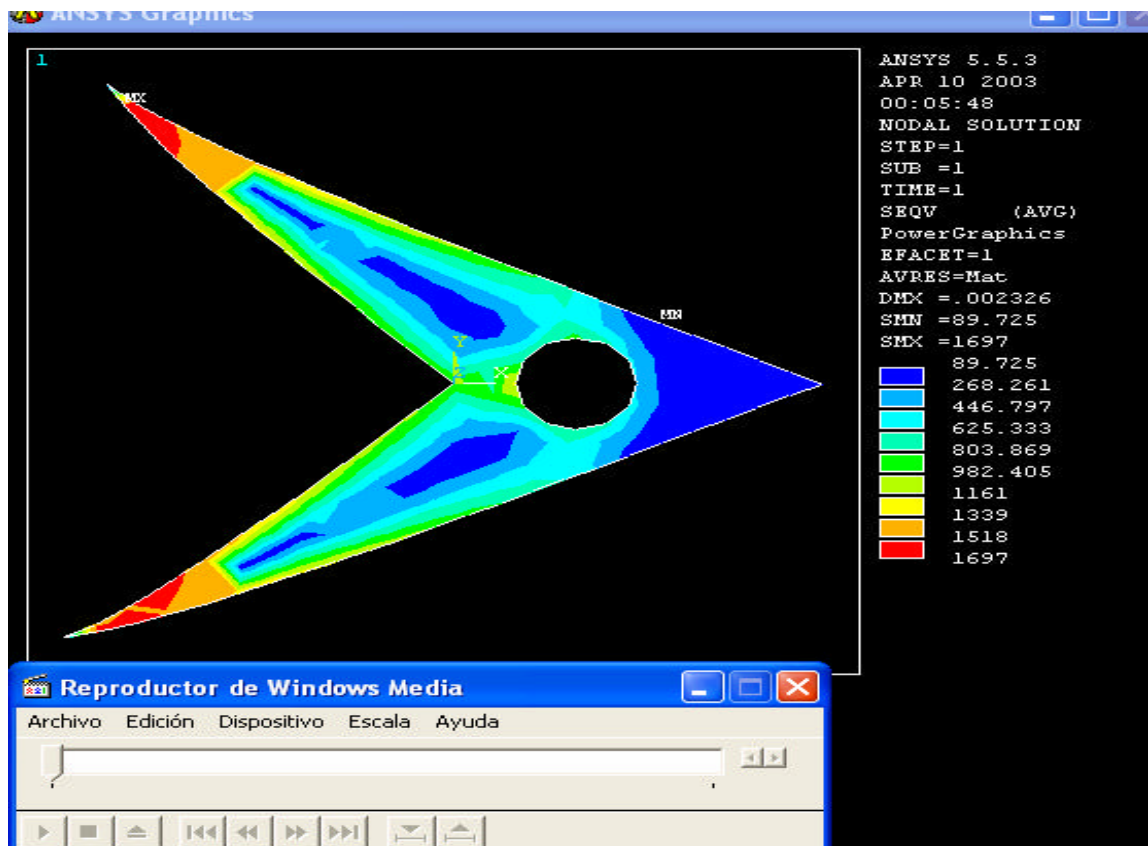
ANEXO E (Plano 18) :

En la figura se observa ,el inicio de la simulación del comportamiento del ala delta bajo ;las cargas de prueba.



ANEXO E (Plano 19) :

En la figura se observan ,el comportamiento del ala delta bajo las cargas de prueba.Los puntos criticos y el sistema de esfuerzos son presentados.Como se puede observar ,los puntos de anclaje a los flotadores son los más criticos.



ANEXO E (Plano 20) :

En la figura se observa ,la finalización de la simulación computarizada y el comportamiento del ala delta bajo las cargas de prueba.Los puntos críticos y las zonas de menor esfuerzo se observan en la figura.Por medio de gráficas de colores.

The image shows a screenshot of a software window titled "PRRSOL Command". The window contains a table of data with three columns. The first column lists node numbers from 156 to 176, followed by a summary row labeled "TOTAL VALUES". The second and third columns contain numerical values for each node. The window has a standard Windows-style title bar with a close button (X) in the top right corner and a "File" menu option in the top left corner.

156	32,863	21,612
157	57,686	42,220
158	19,148	20,869
159	24,491	47,477
160	-46,183	37,581
161	1,7613	54,385
162	-5,2439	29,281
163	-34,337	63,401
164	-24,260	35,017
165	-78,627	79,162
166	-13,487	-72,207
167	-116,78	61,372
168	-45,681	12,672
169	-71,657	-27,635
170	-15,476	-37,720
171	-23,495	-133,29
172	-25,958	-147,62
173	-8,5867	-52,560
174	34,805	-65,914
175	32,990	-11,796
176	102,75	10,479
TOTAL VALUES		
VALUE	-58,919	49,081

ANEXO E (Plano 21) :

En la tabla ,se muestran las cargas en los nodos analizados,por razones de espacio;sólo se muestran los veinte ultimos.

ANEXO F:

Lecturas de referencia y complementarias

Revistas

1. Mellow, Craig, *When ships have wings, The bigger they are the better they fly and they're made in Russia*, Revista Air&Space Smithsonian, Volumen 10 , numero 5, Diciembre de 1995 - Enero de 1996.

2. Cole, Tim, *License to fly, 100 mph Airfoil Boats - airborne thrills Without a License*, Revista Popular Mechanics, Julio de 1989.

3. Dane, Abe, *Wingships, Massive wing in ground effect fliers combine jetliner speeds with steamship economy*, Revista Popular Mechanics , Mayo 1992.

Páginas WWW

Radarcorp Website

<http://home.mira.net/~radacorp>

Opstal, Edwin van. (1997, April 4). Wing in ground effect Home Page.

<http://www.io.tudelft.nl/~twaio/edwin/htm130/whatswg.html>.

Wing in Ground Effect to the Rescue

David L. Trottman

Army Management Staff College Class 97-3

http://www.amsc.belvoir.army.mil/ground_effect.htm

Russian Aviation Page. Caspian monsters.

<http://aeroweb.lucia.it/~agretch/RAFAQ/WIG.html>

Fellows, Harner, Pickett, & Welch, (1996). Airlift 2025: The first with the most.

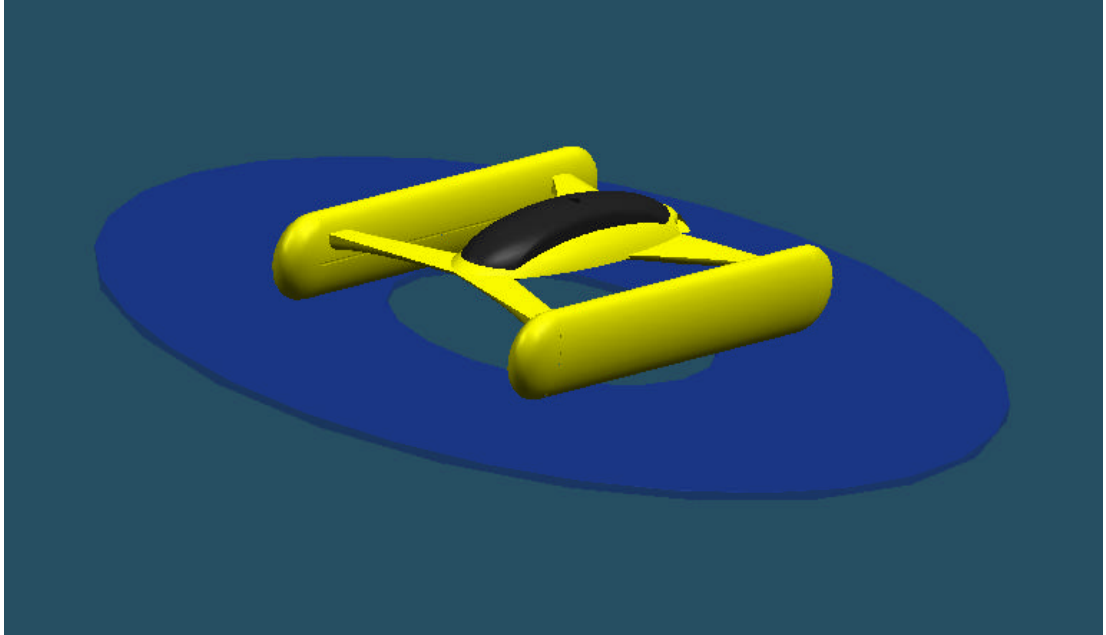
<http://www.au.af.mil/au/2025/volume2/vol2ch04.pdf>

Mobility forces. (1997). <http://www.dtic.dla.mil/execsec/adr95/mobility5.html>

Defense Science and Technology Strategy - Vision. (1997).

<http://www.dtic.mil/dstp/DSTP/strategy/strat1.html>

sankukay@latinmail.com



La verdad no tiene prisa, el tiempo siempre le dará la razón .