

# PERFILES HIDRODINAMICOS EN LA NÁUTICA

Habitabilidad polifuncional en una embarcación rápida de desembarco, para los habitantes del Fiordo Comau.

Dirección de Tesis: Boris Ivelic Kusanovic.

Candidato a Magíster: Wolfgang Alejandro Breuer Narváez.



# Contenido

<b>Abstract</b>			
Version en español	5		
English version	5		
<b>Resumen general</b>	6		
<b>I Encargo</b>	9		
A. Origen del encargo	10		
B. Actualidad del encargo	10		
C. Importancia de resolver el encargo	10		
<b>II Objetivos</b>	11		
A. Objetivo general	12		
B. Objetivo específico	12		
<b>III Fundamentos</b>	13		
A. Fundamento Teórico	14		
A. 1. La fundación desde el mar.			
A. 1. a. La expansión del hombre por las aguas del mundo	14		
A. 1. b. La importancia de la cercanía al agua en la vida	15		
A. 1. c. América en el mundo.	15		
A. 1. d. El Pacífico.	16		
A. 1. e. ¿Por qué la navegación?	17		
A. 2. Las civilizaciones antiguas y su relación con las aguas	18		
A. 2. a. Egipto	18		
A. 2. b. Fenicia	18		
A. 2. c. Grecia	19		
A. 2. d. China y Asia	20		
A. 2. e. Pueblo Vikingo	20		
A. 2. f. Navegantes Patagónicos	22		
A. 3. La Patagonia occidental	23		
A. 3. a. El lugar de la obra, Patagonia Occidental	23		
A. 3. a. 1. El arraigo en el Fiordo.	23		
A. 3. a. 2. Arraigo de dos Ciudades Puerto, Hamburgo y Róterdam	24		
A. 3. a. 3. Mapa de la Patagonia Occidental	25		
A. 4. Fiordo Comau	26		
A. 4. a. Proyectos de investigación en el fiordo	26		
A. 4. b. Los recursos del Fiordo.	27		
A. 4. c. Los habitantes del Fiordo	28		
A. 4. d. Rutas de Navegación por Fiordo Comau	29		
A. 4. d. La conectividad del Fiordo Comau	30		
A. 4. e. Inicio del viaje al Fiordo Comau	30		
A. 4. f. 1. Hornopirén.	31		
A. 4. h. 2. La Arena	33		
A. 4. h. 3. Cholgo	34		
A. 4. h. 4. Quiaca	35		
A. 4. h. 5. Telele	36		
A. 4. h. 6. Leptepu	37		
A. 4. h. 7. Huinay	38		
A. 5. Dialogo con “La pregunta por la técnica” de Martín Heidegger	39		
A. 5. a. Un fin motiva la técnica	40		
A. 5. b. La causa de un fin, la técnica	41		
A. 5. c. El efecto de la técnica en la navegación	42		
A. 5. d. La provocación técnica en un Fiordo.	43		
A. 5. e. La experimentación técnica del diseño.	44		
A. 5. f. Abrir el destino de un lugar.	44		
A. 5. g. La esencia de la técnica en la Patagonia.	45		
A. 6. Las peculiaridades de los objetos	47		
A. 6. a. Las peculiaridades	48		
A. 6. a. 1. La plegabilidad	48		
A. 6. a. 2. El abrir y cerrar	48		
A. 6. a. 3. La adosabilidad	49		
A. 6. a. 4. La tridimensionalidad	49		
A. 6. a. 5. La polifuncionalidad	49		
B. Fundamento Técnico	51		
B. 1. Introducción a los perfiles hidrodinámicos en la náutica	51		
B. 1. a. Principios de perfiles alares	52		
B. 1. a. 1. Teorema de Bernoulli.	53		
B. 1. a. 2. Claude Navier y Sir George Stokes	54		
B. 1. a. 3. Osborne Reynolds	54		
B. 1. b. Perfiles alares	54		

		<b>V Metodologías</b>	96
		A. Espiral de Diseño	97
		A.1. RAN 0	97
		A. 1. a. Requerimientos del cliente	98
		A. 1. b. Requerimientos Técnicos	98
		A. 1. c. Requerimientos de Diseño	99
		A. 1. d. Requerimientos Legales	100
		A.2. Espiral de Diseño	100
		B. Teoría y aplicación de Modelos	102
		B. 1. Modelos	102
		B. 1. a. La dimensión de los modelos en el diseño	102
		B. 1. b. La utilización de los modelos en proyectos de obras marítimas	102
		B. 1. c. Modelo para estudio de perfiles Hidrodinámicos	103
		B. 1. d. Modelo para estudio de habitabilidad en embarcación rápida	103
		B.2. Modelo de pruebas Hidrodinámicas	104
		B. 2. a. Primer Modelo: metálico	104
		B. 2. b. Segundo Modelo: Fibra de Vidrio	105
		B. 2. c. Sistema de calibración de perfiles alares	107
		B. 3. Modelo Hidrodinámico en Pruebas de Canal	109
		B. 3. a. 1. Introducción	109
		B. 3. b. 1. Sesión de pruebas N° 1. Canal de prueba de Ritoque, Ciudad Abierta	110
		B. 3. b. 2. Sesión de pruebas N° 2. Canal de Valdivia, Universidad Austral de Chile	110
		B. 3. b. 3. Sesión de pruebas N° 3. Canal de prueba de Ritoque, Ciudad Abierta	111
		B. 3. b. 4. Sesión de pruebas N° 4. Canal de Valdivia, Universidad Austral de Chile	112
		B. 3. b. 5. Sesión de pruebas N° 5. Canal de prueba de Ritoque, Ciudad Abierta	112
		B. 3. b. 6. Sesión de pruebas N° 6. Canal de prueba de Ritoque, Ciudad Abierta	113
		B. 3. b. 7. Sesión de pruebas N° 7. Canal de prueba de Ritoque, Ciudad Abierta	113
		B. 3. b. 8. Sesión de pruebas N° 8. Laguna Sausalito, Viña del Mar	114
		B. 3. b. 9. Sesión de pruebas N° 9. Laguna Sausalito, Viña del Mar	114
		B. 3. b. 10. Sesión de pruebas N° 10. Canal de prueba de Ritoque, Ciudad Abierta	115
B. 2. Las embarcaciones con hidroalas	56		
B. 2. a. Introducción Histórica y las aplicaciones de Hidroalas	56		
B. 2. b. Objetos de desarrollo hidrodinámico y aerodinámico conjunto	57		
B. 2. b. 1. El hidroavión.	58		
B. 2. b. 4. El Hidroplano	60		
B. 2. c. Conformación de las embarcaciones con Hidroalas	63		
B. 2. d. Utilización de hidroalas en la actualidad	71		
B. 2. e. Embarcación de referencia de Astillero SITECNA.	74		
B. 3. Los prototipos	75		
C. Fundamento Creativo	79		
C. 1. La observación	79		
C. 1. a. El origen en la observación	79		
C. 1. b. El acto, la pisada entre las orillas	81		
C. 2. a. La velocidad y el tiempo de la navegación en los fiordos	83		
C. 2. b. La velocidad en la obra náutica	84		
C. 2. c. El testimonio en las aguas de la Patagonia	84		
C. 3. Travesía al Fiordo Comau			
Travesía al Fiordo Comau y Valdivia (Octubre – Noviembre 2007)	86		
C. 3. a. La navegación como acto sobre el agua	87		
C. 3. b. El viaje hacia las aguas Patagónicas	87		
C. 3. c. La microhabitabilidad por tierra, el bus	88		
C. 3. d. Navegación por el Fiordo Comau	89		
C. 4. Una embarcación con hidroalas para el Fiordo Comau	91		
C. 4. a. Relación de la embarcación con el Fiordo	91		
C. 4. b. El modo de arribar a las orillas del Fiordo	92		
C. 4. c. La macrohabitabilidad de La embarcación	92		
C. 4. d. La macrohabitabilidad de la embarcación en velocidad	93		
C. 4. e. La macrohabitabilidad en permanencia	93		
C. 4. f. La macrohabitabilidad en Tierra	93		
C. 4. g. Microhabitabilidad	93		
IV Hipótesis	94		

B. 3. Modelos de habitabilidad	115	F. 10. Volumen de desplazamiento	152
B. 3. a. Modelo N° 1	116	F. 11. MID B	152
B. 3. b. Modelo N° 2	117	F. 12. MID F	153
B. 3. c. Modelo N° 3	118	F. 13. T.P.C. (TM)	153
B. 3. d. Modelo N° 4	119	F. 14. KB	153
B. 3. e. Modelo N° 5	119	F. 15. Datos cortes casco para calculo inercia	153
B. 3. f. Modelo N° 6	120	F. 16. Análisis y evaluación de estándares IMO, para embarcación de 12 mts eslora, aluminio, con carga de 10.831 ton	155
B. 3. g. Modelo N° 7	121		
B. 3. h. Modelo N° 8	122		
C. Investigación de comportamiento hidrodinámico; sustentación y arrastre de perfiles hidroalares.	123	VI Resultados.	157
C. 0. Introducción general de la investigación	123	A. Modelo N° 9. Resultados de habitabilidad, propuesta de tesis	159
C. 1. Túnel de medición Hidrodinámica para perfiles hidroalares.	124	A. 1. a. Aspectos generales de la propuesta.	159
C. 2. Túnel hidráulico para medición de perfiles hidroalares.	127	A. 1. b. Casco-superestructura como un fuselaje.	159
C. 3. Sistema de medición	134	A. 1. c. Características generales.	160
C. 3. b. Parámetros cinemáticos para las ecuaciones de medición del Túnel Hidráulico.	135	A. 1. d. Distribución general de la embarcación.	161
C. 3. b. 1. Sustentación	135	A. 1. e. El puente de mando.	161
C. 3. b. 2. Arrastre	136	A. 1. f. Interior polifuncional	162
D. Análisis hidrodinámico para embarcación con hidroalas con el cálculo del número de Reynolds.	140	A. 1. g. Bajo cubierta y sistema de propulsión.	162
D. 0. Introducción al análisis hidrodinámico comparativo	140	A. 1. h. Accesos de la embarcación.	162
D. 1. Cálculo del Número de Reynolds	141	B. 1. Conversiones generales pruebas de canal . .	169
D. 2. Cálculo de coeficiente de Resistencia total de modelo	142	B. 2. a. Sesión N° 2 - Prueba N° 10	170
D. 3. Cálculo de Resistencia total de modelo	142	B. 2. b. Sesión N° 2 - Prueba N° 11	172
D. 4. Cálculo de velocidad del prototipo	143	B. 2. c. Sesión N° 2 - Prueba N° 12	174
D. 5. Cálculo de la Resistencia	143	B. 2. d. Sesión N° 2 - Prueba N° 13	176
D. 6. Cálculo de la Resistencia Residual del Prototipo	144	B. 2. e. Sesión N° 2 - Prueba N° 14: Prueba a contra ola	178
D. 7. Cálculo de la Resistencia Friccional del Prototipo	144	B. 2. f. Sesión N° 8 Prueba N° 15	179
D. 8. Cálculo de la Resistencia Total del Prototipo	145	B. 2. g. Sesión N° 9 Prueba N° 4	180
F. Curvas hidrostática y curvas cruzadas	146	B. 2. h. Sesión N° 9 Prueba N° 6	181
F. 1. Modelo de casco analizado.	146	B. 2. i. Sesión N° 9 Prueba N° 7	181
F. 2. Volumen desplazado y el largo del brazo de adrizamiento según escora	147	B. 2. j. Sesión N° 9 Prueba N° 9	182
F. 3. Tabla de Valores generales	151	C. 1. Sesiones experimentales iniciales de Túnel Hidrodinámico	183
F.4. Gráficos de cada uno de los ángulos de escora con el brazo de adrizamiento y el calado y el volumen desplazado	151	C. 2. Valores de resistencia del sistema de medición.	190
F. 5. Curvas de estabilidad estática	151	C. 6. Sesión experimental de mediciones con Túnel Hidrodinámico	196
F. 6. Curvas cruzadas	152	D. 6. a. Sesión N° 5. Prueba N° 4.	196
F. 8. Curvas Hidrostáticas para embarcación de 12mts.	152	D. 6. b. Sesión N° 6. Prueba N° 1.	199
F. 9. Draft	152	D. 6. c. Sesión N° 6. Prueba N° 2.	202
		D. 6. d. Sesión N° 6. Prueba N° 3.	205
		VII Conclusiones.	209
		VIII Discusión Bibliográfica.	211

# Abstract

## Encargo:

La habitabilidad de una lancha para los mares Australes de clima extremo.

## Objetivos:

- a. Desarrollar una lancha rápida y de emergencia para los habitantes de la Patagonia.
- b. Capacidad de desembarco seguro y fluido en cualquier borde-mar de sus poblados.
- c. Lancha de uso polifuncional: traslado de pasajeros, policlínico, oficinas públicas.

## Fundamento:

- a. La fundación desde el mar, con la tradición de la embarcación Chilota;
- b. lo moderno del hidroala, con lo antiguo del trasbordador;
- c. lancha auto-sustentable sin requerir infraestructura portuaria.

## Hipótesis:

- a. como el trasbordador, generar el acceso por proa, para lograr unir fluidamente - tierra y mar - plegando los perfiles hidrodinámicos;
- b. utilizando polifuncionalidad, transformabilidad y planta libre lograr habitabilidad interior en el ir, estar y desembarcar.

## Metodología:

Fundamentalmente por realización de modelos hidrodinámicos y de habitabilidad.

## Resultados:

- a. puerta-rampa de acceso y plegabilidad de los perfiles;
- b. superestructura aerodinámica, baja, hermética y segura en velocidad.
- c. lancha de uso polifuncional.

## Conclusiones:

- a. la velocidad en sustentación, navegación fluida y suave, evitando la molesta ola corta
- b. El principio del trasbordador: puente entre orillas.
- c. re-ubicar el puente de mando, poca visibilidad de maniobra.
- d. tres logros fundamentales:
  - 1. sistema de coordenadas de graduación de perfiles.
  - 2. diseño y construcción de túnel hidrodinámico.
  - 3. incorporación del perfil diedro

## Assignment:

Habitability for a boat for the southern seas with extreme weather.

## Objectives:

- a. To develop an emergency speedboat for the Patagonia's inhabitants.
- b. Capability, safe and smooth, for disembarkation at any sea-edge in towns.
- c. Boat for polyfunctional use: transfer of passengers, polyclinics, public offices.

## Background:

- a. Foundation from the sea, with the tradition of the boat Chilote.
- b. The modernity of the hydrofoil, with the antiquity of the ferry.
- c. self-sustaining boat, without requiring port infrastructure.

## Hypothesis:

- a. as the ferry, generate access by bow for achieve a unite fluently - land and sea – by the pleat of the hydrofoil
- b. using polyfunctional, and transformability reach interior rooms open plan on the go, and be landed.

## Methodology:

mainly implementation of models of mobile parts.

## Results:

- a. Door-ramp and pliability of the profiles;
- b. superstructure aerodynamics, low speed in tight and secure.
- c. multi-use boat.

## Conclusions:

- a. speed lift, smooth navigation and smooth, avoiding the annoying short wave
- b. The ferry's bridge between banks.
- c. re-locate the bridge, low visibility to maneuver.
- d. three major achievements:
  - 1. coordinate system for grading profiles.
  - 2. design and construction of hydrodynamic tunnel.
  - 3. incorporation profile dihedral

## RESUMEN GENERAL

## I. EL ENCARGO

### A. Origen del encargo

Nace de los proyectos de investigación de la PUCV iniciados en 1987 en el Fiordo Comau y de los estudios de perfiles hidrodinámicos investigados por el taller de magíster, desde 2006.

El prototipo de casco de aluminio, pertenece a la empresa Sitecna, adoptándose sus estándares constructivos.

### B. Actualidad del encargo

Se está licitando una embarcación de servicios para la zona, por parte de las autoridades regionales.

### C. Importancia de resolver el encargo

Introducción en Chile de perfiles hidroalares en las embarcaciones. Tecnología que evita roce, aumenta la velocidad y ahorra combustible. Adecuado para la región, por la incidencia de la destructiva y molesta ola corta.

## II. OBJETIVO

### A. Objetivo General

Desarrollar una embarcación rápida con hidroalas, que alcance la velocidad de 25 nudos o más, aumentando la seguridad y comodidad, con desembarco fluido de los colonos, sus cargas y enseres, promoviendo el desarrollo global de los fiordos patagónicos.

### B. Objetivo Específico

1. Embarcación de 12 mts. de eslora que logre transportar y asistir a 24 personas y sus cargas en el Fiordo Comau.
2. Embarco y desembarco directo en el borde-mar de sus pobladores.
3. Concepción interior de planta libre, transformable a los requerimientos de uso (transporte de pasajeros, carga, policlínico ambulante, oficinas de servicio público, carro bomba, ambulancia, etc.)

## III. FUNDAMENTO

### A. Fundamento Teórico

La fundación desde el mar, a partir de la tradición de la embarcación chilota.

### B. Fundamento Creativo

Aunar lo moderno del hidroala, con la levedad de las embarcaciones de Chiloé.

### C. Fundamento Técnico

Embarcación auto-sustentable que no requiere infraestructura portuaria.

## IV. HIPÓTESIS

A la manera del transbordador, crear el acceso por proa para unir fluidamente - tierra y mar - plegando los perfiles alares. Superestructura baja, aerodinámica y hermética. Cubierta de planta libre polifuncional y transformable, aplicando las peculiaridades del diseño mediante plegabilidad, abertura-cierre y polifuncionalidad de sus sistemas.

## V. METODOLOGÍA

1. Espiral de diseño.
2. Teoría de modelo y Proyecciones ortogonales.
3. Cálculo hidrodinámico (Estero, canal, túnel hidrodinámico).
4. Cálculo estático.
5. Cálculo hidrodinámico teórico, Curso de hidrodinámica II.

## VI. RESULTADOS

- a. Se logró presentar el modelo de una embarcación que emerge por el principio de sustentación en perfiles hidrodinámicos. Aúna el desembarco por la proa, mediante puerta-rampa y plegabilidad de los perfiles. Capacidad de varar en la playa para su fondeo y reparación.
- b. Superestructura aerodinámica y casco hidrodinámico a modo de fuselaje, de baja altura y hermético, para la seguridad en velocidad.
- c. Planta libre transformable para uso polifuncional y guardado de carga bajo cubierta.

## VII. CONCLUSIONES

1. Se aúnan tres cualidades náuticas:
  - a. La velocidad en sustentación, para una navegación fluida y suave.
  - b. La tradición de las embarcaciones de Chiloé, sin infraestructura portuaria.
  - c. El principio del trasbordador, que es un puente entre orillas.
2. En el modelo, re-ubicar el puente de mando y la lancha auxiliar, provocando mayor visibilidad de maniobra y reducido espacio en popa.
3. La utilización sistemática del modelo hidrodinámico, permite abrir este y otros resultados en modelos náuticos, como fue la demostración comparativa entre los distintos modelos de perfiles hidrodinámicos, destacando el gran rendimiento de los perfiles diedro.
4. El túnel hidrodinámico representa la etapa experimental de laboratorio, la que amplía los conocimientos de los perfiles y las variables que existen en el arrastre y la sustentación.