

e[ad]

ESCUELA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Perfiles alares en la náutica.

Lancha con bulbo para Acapulco, México.

Candidato a Magister: Marco Antonio Salas Alarcón.

Escuela de Arquitectura y Diseño, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Director de Tesis: Sr. Boris Ivelic Kusanovic.

2016.

Tesis para optar al grado de Magíster en Arquitectura y Diseño, mención Náutico y Marítimo.

Índice.

Abstract.	5.	6. Hipótesis.	50.
Resumen.	6.	7. Metodología.	51.
1. Encargo.	8.	7.1 Espiral de diseño.	51.
2. Objetivos.	8.	7.2 Modelo de pruebas.	51.
3. Fundamento teórico.	9.	7.3 Canal de arrastre.	51.
3.1 Lugar.	9.	7.4 Canal de olas.	52.
3.2 Equipamiento marítimo.	18.	7.5 Planos y modelo digital.	52.
3.3 Embarcaciones con bulbo en proa.	35.	7.6 Cálculo de la potencia efectiva.	52.
3.4 Embarcaciones con bulbo sumergido.	37.	8. Resultados.	53.
3.5 Estado del arte.	40.	8.1 Espiral de diseño.	53.
4. Fundamento Creativo.	41.	8.2 Modelo de pruebas. Primera etapa.	54.
5. Fundamento Técnico.	44.	8.3 Modelo de pruebas. Segunda etapa.	81.
5.1 Flotabilidad y estabilidad.	44.	8.4 Modelo de habitabilidad. Tercera etapa.	86.
5.2 Perfiles alares.	46.	8.5 Planos y modelo digital.	87.
5.3 Olas.	47.	9. Conclusión.	113.
5.4 Teoría de modelos.	48.	10. Bibliografía.	114.
5.5 Proceso constructivo para lanchas de aluminio.	49.		

Abstract.

Encargo.

Dar una mejor implementación de la habitabilidad para embarcaciones turísticas, evitar el mareo y goce del fondo marino, permitirían reoriginar las lanchas de Acapulco. Una embarcación tipo hyswas podría aportar a la recuperación de la ciudad.

Objetivo.

Lancha turística para Acapulco, cuya habitabilidad permita embarcar y desembarcar en forma fluida y segura, sin mareo en la navegación y permita observar el fondo marino.

Fundamento.

Hyswas: embarcación dotada de bulbo en su quilla y perfiles alares, que adaptamos para la habitabilidad. Una embarcación que se levanta de la superficie del mar y corta la ola, haciéndose invisible a ella. Se levanta mediante los perfiles alares, y la velocidad, separándose de la ola.

Hipótesis

1. Mediante un bulbo de quilla sumergido, evitar el cabeceo. Mediante perfiles alares, evitar los movimientos de escora al levantarse la lancha de la ola.
2. Mediante rampa articulada de popa, lograr extensión hasta conectar con muelle o playa.
3. Generar accesos al bulbo y dotarlo de ventanas.

Metodología

1. Espiral de Diseño
2. Remolque de modelo a escala reducida en canal de pruebas.

Resultados

Se logró exitosamente levantar la lancha y disminuir notablemente los movimientos de cabeceo.

Conclusión

Se comenzó al revés de los desarrollos de Carolina Chávez, con perfiles pequeños al bulbo.

Resumen.

Origen del encargo

Nace como un nuevo desarrollo de la tesis: " Sistema de transporte colectivo para pasajeros mediante embarcación hyswas para el territorio marítimo de Valparaíso"

Actualidad del encargo

Una mejor implementación de la habitabilidad para embarcaciones turísticas, como evitar el mareo y un pleno goce del fondo marino, permitirían reoriginar las lanchas de Acapulco.

Importancia de resolver el encargo

La ciudad balneario de Acapulco, por los acontecimientos de violencia de los últimos años, ha ido perdiendo flujo turístico. Una embarcación tipo hyswas podría aportar a la recuperación del balneario.

Objetivo general

Lancha turística para Acapulco, cuya habitabilidad permita embarcar y desembarcar en forma fluida y segura, sin mareo en la navegación y permita observar el fondo marino.

Objetivos específicos

1. Evitar marearse en una lancha dedicada al paseo, tanto en aguas calmas como en aguas turbulentas.
2. Acceso fluido y seguro para embarcar y desembarcar, tanto en muelles como en playas.
3. Permitir contemplar el fondo marino con su flora y fauna.

Fundamento teórico

En la evolución técnica de los últimos años ha aparecido el Hyswas, esto es una embarcación dotada de bulbo en su quilla y perfiles alares, que adaptamos para la habitabilidad de nuestra embarcación.

Fundamento creativo

Una embarcación que se levanta de la superficie del mar y corta la ola, haciéndose invisible a ella, evitando que sus pasajeros se mareen, volviéndola habitable a la contemplación del interior oceánico.

Fundamento técnico

Se levanta del agua mediante los perfiles alares, y la velocidad, generando diferencias de presión (principio de Bernoulli) separándose de la ola. El bulbo sumergido no es afectado por las olas de superficie en los movimientos de cabeceo.

Hipótesis

1. Mediante un bulbo de quilla sumergido, evitar el cabeceo. Mediante perfiles alares, evitar los movimientos de escora al levantarse la lancha de la ola.
2. Mediante rampa articulada de popa, lograr extensión hasta conectar con muelle o playa.
3. Generar accesos al bulbo y dotarlo de ventanas.

Metodología

1. Espiral de Diseño
2. Remolque de modelo a escala reducida en canal de pruebas.
3. Partir de un modelo probado con perfiles alares, agregándole el bulbo, para posteriormente rebajar la envergadura de los perfiles.

Resultados

1. Se logró exitosamente levantar la lancha y disminuir notablemente los movimientos de cabeceo.
2. Faltan pruebas de funcionamiento de rampa de acceso, habitabilidad y rebaje de envergadura de perfiles alares.

Conclusión

Se partió al revés de los desarrollos de Carolina Chávez, con perfiles pequeños al bulbo. En este caso a perfiles de mayor envergadura se le agregó el bulbo. Resta por saber cual es la envergadura adecuada.

1. Encargo.

A. Origen del encargo

Nace como un nuevo desarrollo de la tesis: " Sistema de transporte colectivo para pasajeros mediante embarcación hyswas para el territorio marítimo de Valparaíso"

B. Actualidad del encargo

Una mejor implementación de la habitabilidad para embarcaciones turísticas, como evitar el mareo y un pleno goce del fondo marino, permitirían reoriginar las lanchas de Acapulco.

C. Importancia de resolver el encargo

La ciudad balneario de Acapulco, por los acontecimientos de violencia de los últimos años, ha ido perdiendo flujo turístico. Una embarcación tipo hyswas podría aportar a la recuperación del balneario.

2. Objetivos.

A. Objetivo general

Lancha turística para Acapulco, cuya habitabilidad permita embarcar y desembarcar en forma fluida y segura, sin mareo en la navegación y permita observar el fondo marino.

B. Objetivos específicos

1. Evitar marearse en una lancha dedicada al paseo, tanto en aguas calmas como en aguas turbulentas.
2. Acceso fluido y seguro para embarcar y desembarcar, tanto en muelles como en playas.
3. Permitir contemplar el fondo marino con su flora y fauna.

3. Fundamento teórico.

3.1. Lugar.

3.1.1. Acapulco a distintas escalas.

Acapulco se encuentra en la costa sur del Pacífico mexicano, en las coordenadas $16^{\circ}51'06''\text{N}$ $99^{\circ}54'35''\text{O}$. Es la ciudad más grande del Estado de Guerrero y el puerto más cercano a Ciudad de México (304 km). El Estado de Guerrero (Enmarcado en el contorno blanco), colinda al norte con los estados de México y Morelos, al noroeste con el estado de Michoacán, al noreste con el estado de Puebla, al este con el estado de Oaxaca y al sur con el Océano Pacífico.

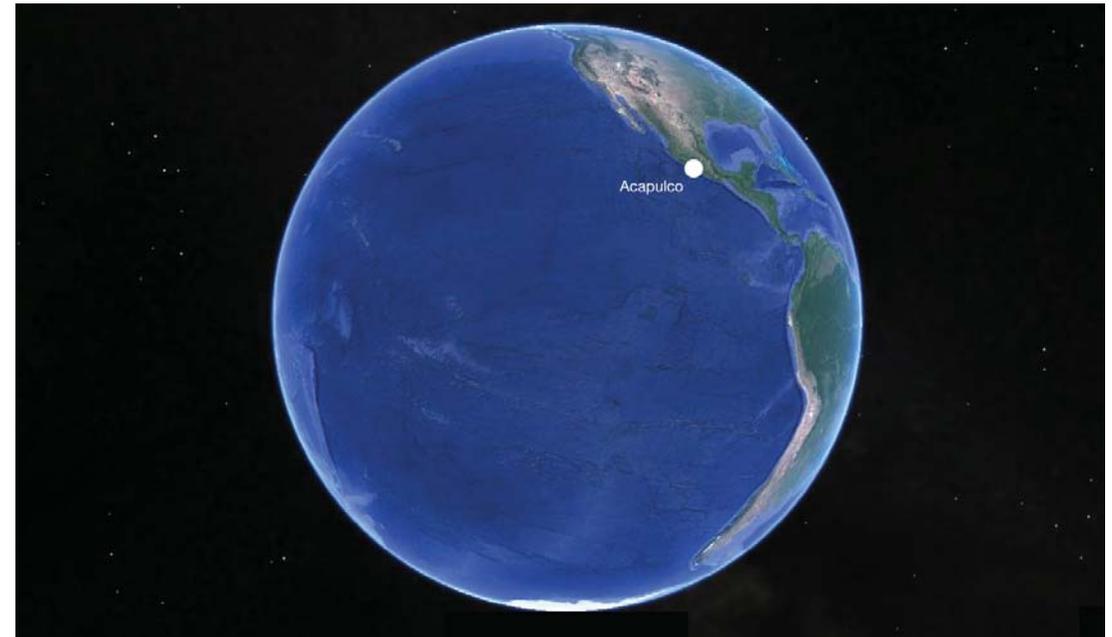


Figura 1. Localización de Acapulco en el Océano Pacífico. Fuente: Google Earth, editado.

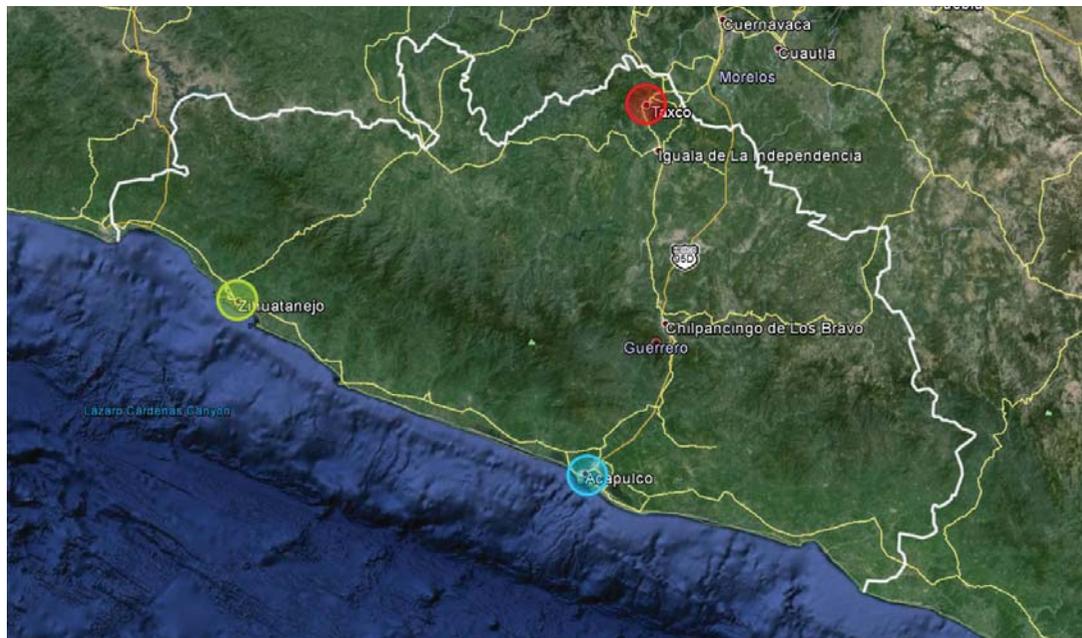


Figura 2. Localización de Acapulco en el Estado de Guerrero. Fuente: Google Earth.

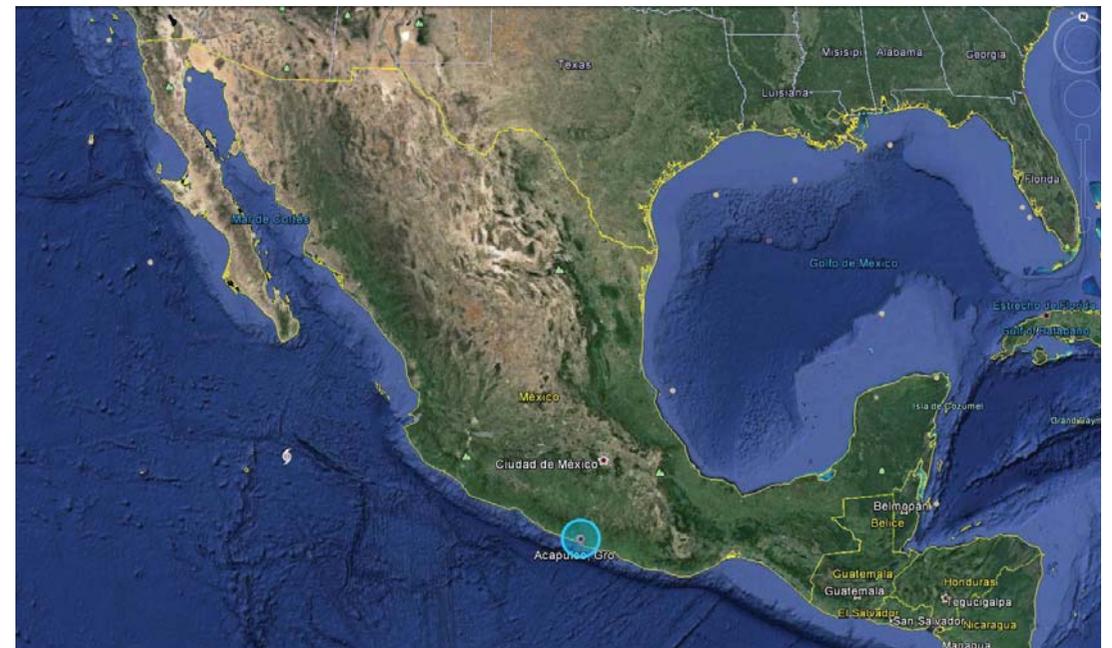


Figura 3. Localización de Acapulco en México. Fuente: Google Earth.

La capital es Chilpancingo de los Bravo, y su ciudad más grande y única zona metropolitana es el Puerto de Acapulco.

Los destinos de Taxco de Alarcón (Marcado en rojo), Ixtapa – Zihuatanejo (Marcado en verde) y el Puerto de Acapulco (Marcado en azul) conforman el Triángulo del Sol. Son los tres principales destinos turísticos del Estado.

Al este de Acapulco se encuentra la Laguna de Coyuca y los puntos de interés turístico conocidos como Pie de la Cuesta y Barra de Coyuca.

Hacia el oeste se encuentra la zona Diamante, de más reciente desarrollo urbano. Ahí se encuentran también diversos puntos de interés como Playas de mar abierto, el Aeropuerto (Contorno rojo), Barra Vieja y la Laguna de Tres Palos.



Figura 5. Playas en la bahía de Acapulco. Fuente: Google Images.

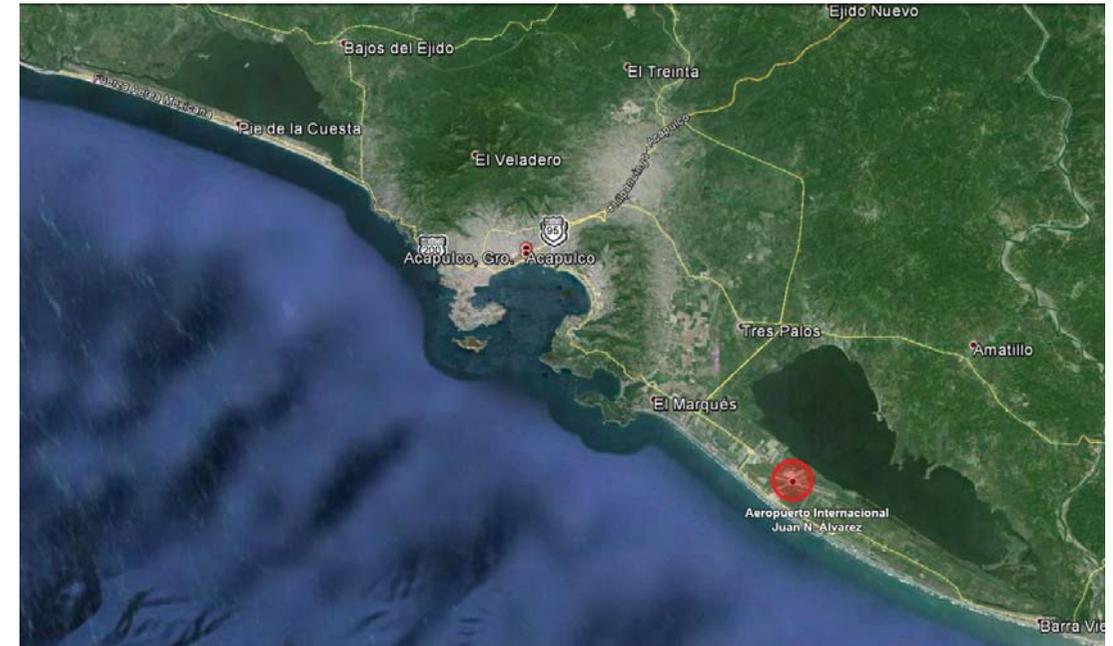


Figura 4. Acapulco y zona metropolitana. Fuente: Google Earth.

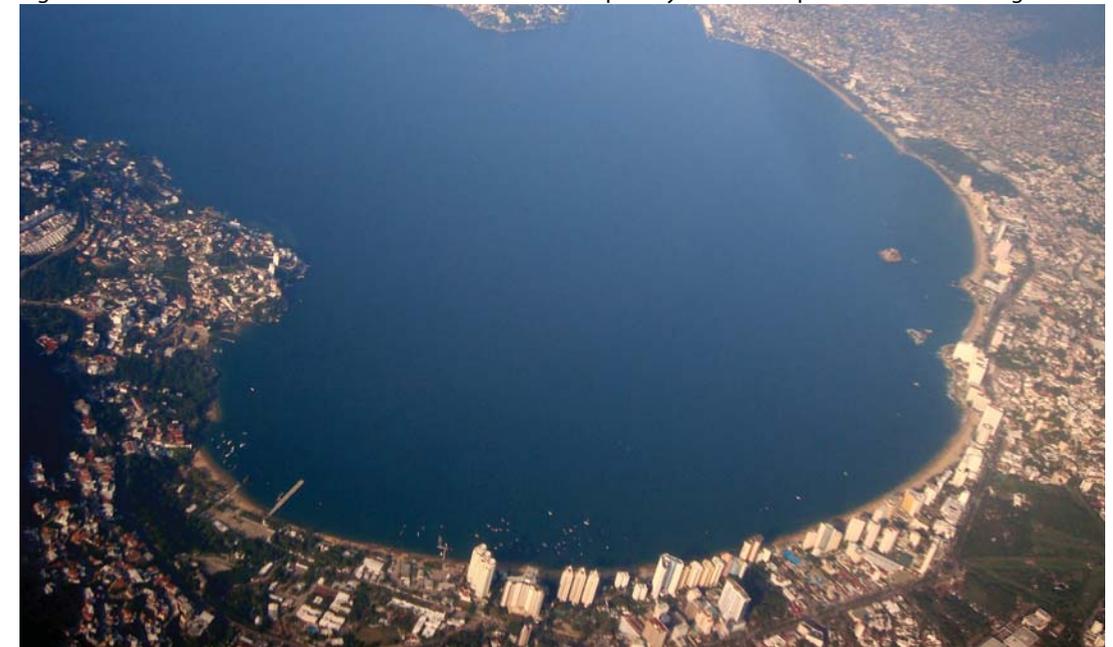


Figura 6. Vista aérea de la bahía. Fuente: Google Images.

3.1.2. Zonificación turística y mar de Acapulco.

Acapulco se divide en tres zonas turísticas: Acapulco Tradicional o Náutico (verde), Acapulco Dorado (dorado) y Acapulco Diamante (rosa).

Acapulco Tradicional, ubicado en la Península de Las Playas, concentra la mayor infraestructura de embarque y actividad náutica.

Acapulco Dorado, es el borde costero de la Bahía de Santa Lucía, desde Parque de La Reina hasta la Base Naval.

Se considera Acapulco Diamante, a la zona de borde costero y desarrollo urbano aledaño, desde Punta Bruja hasta el Aeropuerto Internacional Benito Juárez.

Podemos dividir el mar de Acapulco en:

Mar abierto:

Aguas no protegidas por la tierra. Ahí prolifera la pesca deportiva y artesanal. Como vía, comunica las bahías y el canal de Bocachica.

Bahías y canal:

Aguas protegidas. La principal extensión es la icónica Bahía de Santa Lucía (dorado). Le sigue la bahía de Puerto Marqués (rosa). Se comunican a través de sus playas y muelles. También está el canal de Bocachica (verde) que comunica la península de Las Playas con la Isla de La Roqueta.

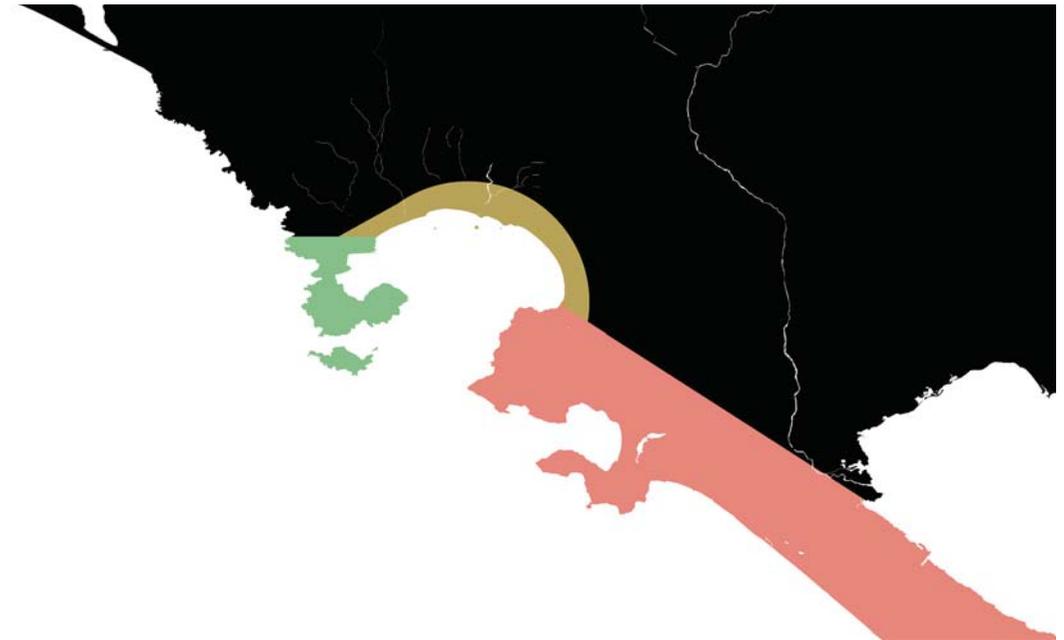


Figura 7.

Zonificación turística de Acapulco. Fuente: Google Earth, editado.

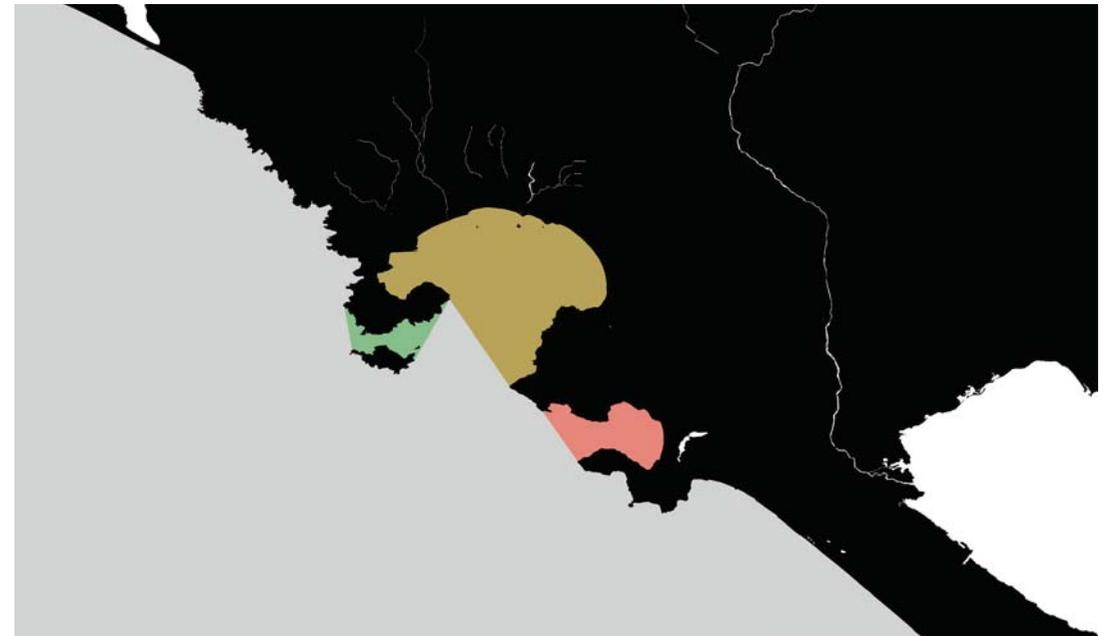


Figura 8.

Bahías y canal de Acapulco. Fuente: Google Earth.

3.1.3. Condiciones Marítimas.

3.1.3.1. Batimetría de Acapulco.

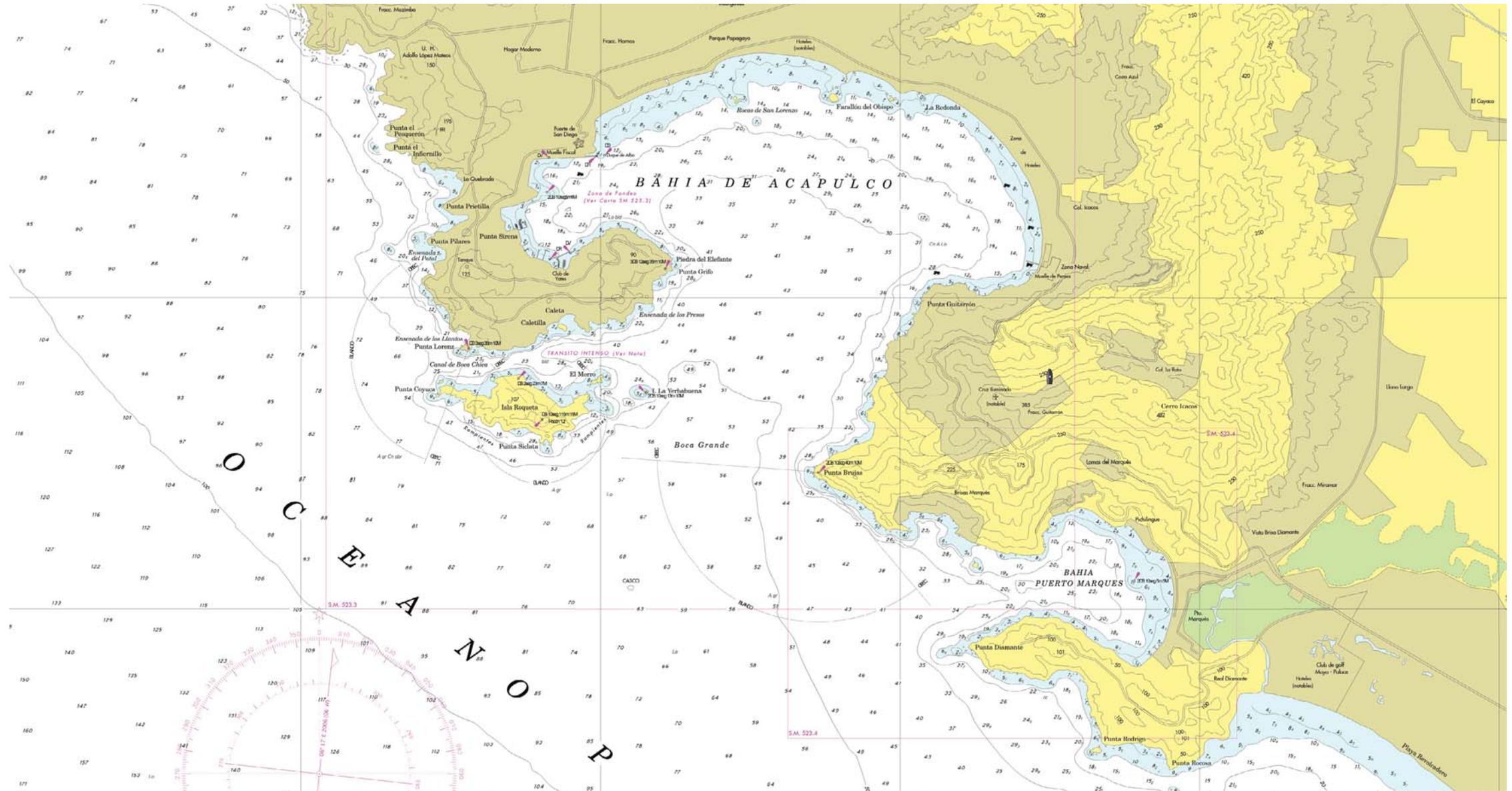


Figura 9.

Fragmento de carta náutica de Acapulco. Digahom 2015.

3.1.3.2. Oleaje.

Monitoreando el oleaje en Acapulco desde el día 1ro. De Abril del 2015 de manera regular, determino que la altura máxima de ola hasta ahora es de 6 pies. Actualmente he solicitado datos de oleaje de años anteriores para conocer los máximos de altura de ola históricos.

3.1.3.3. Marea.

La altura máxima de marea es de 0.7 m. y la mínima en de -0.2 m.

3.1.3.4. Corrientes.

Las corrientes que recorren la región Marítima de Acapulco son la Corriente Cálida Norecuatorial y la Contracorriente Ecuatorial. A la derecha se muestra un mapa con las corrientes oceánicas. Acapulco marcado en un círculo rojo.

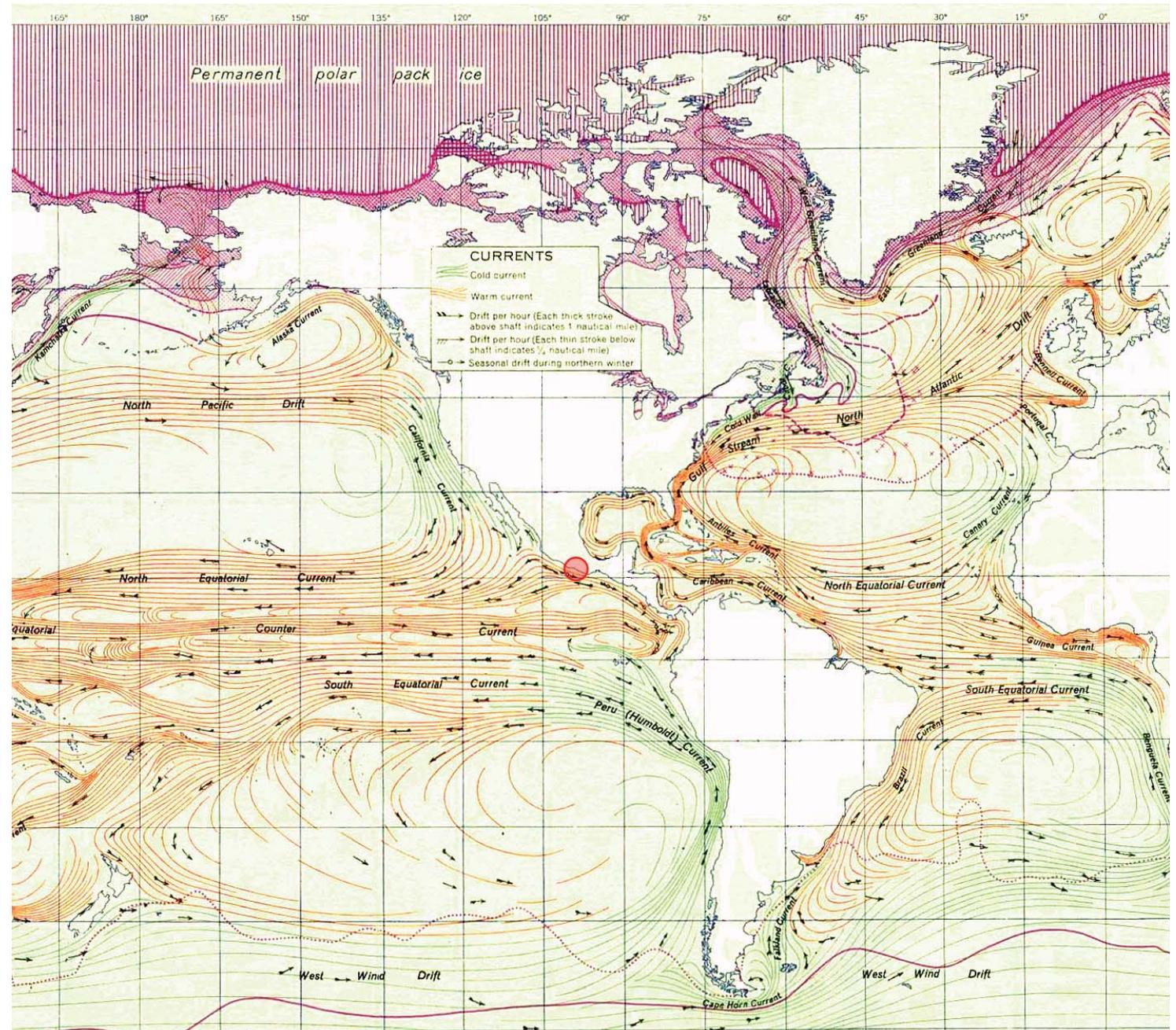


Figura 10.

Fragmento de "Ocean Currents and Sea Ice from Atlas of World Maps." . Fuente: US Army, 1943..

3.1.4. Condiciones meteorológicas.

3.1.4.1. Pluviometría.

Según la estación del Servicio Meteorológico Nacional ubicada en Acapulco de Juárez, la normal de precipitación anual entre los años 1951 y 2010 fue de 1,336.8 mm. La máxima mensual fue de 818.5 mm en Agosto de 1988. La máxima diaria fue de 273.4 mm el 2 de Junio del 2006. La temporada de huracanes en el Pacífico nororiental inicia oficialmente el 15 de mayo y termina el 30 de noviembre.

3.1.4.2. Temperatura.

Según la misma estación del Servicio Meteorológico Nacional, la normal de temperatura máxima anual entre los años 1951 y 2010 fue de 31.3 °C. La máxima mensual fue de 35.8 °C en Mayo de 1974. La máxima diaria fue de 39.5 °C el 5 de enero de 1987. En igual rango de años la normal de temperatura mínima anual fue de 24.5 °C. La mínima mensual fue de 20 °C en Marzo de 2001. La mínima diaria fue de 16 °C en los días 5 de Octubre de 1972 y 3 de Abril del 2001. La normal de temperatura media anual fue de 27.9 °C en el mismo período.

3.1.4.3. Vientos.

Según en derrotero de Acapulco publicado en el sito de la Secretaría de Marina Armada de México, los vientos dominantes tienen dirección oeste-suroeste en los meses de enero a junio y sólo del oeste-noroeste en

los meses agosto, octubre y noviembre, presentan velocidad entre 2.52 y 8.64 Km/h.

3.1.4.4. Asoleamiento.

En verano, la salida del sol es alrededor de las 05:10 y la puesta de sol alrededor de las 18:15. A continuación se presenta un diagrama de la posición del sol en Acapulco en verano.



Figura 11.

Asoleamiento de Acapulco.

3.1.5. Equipamiento Urbano.

3.1.5.1. Vías de comunicación.

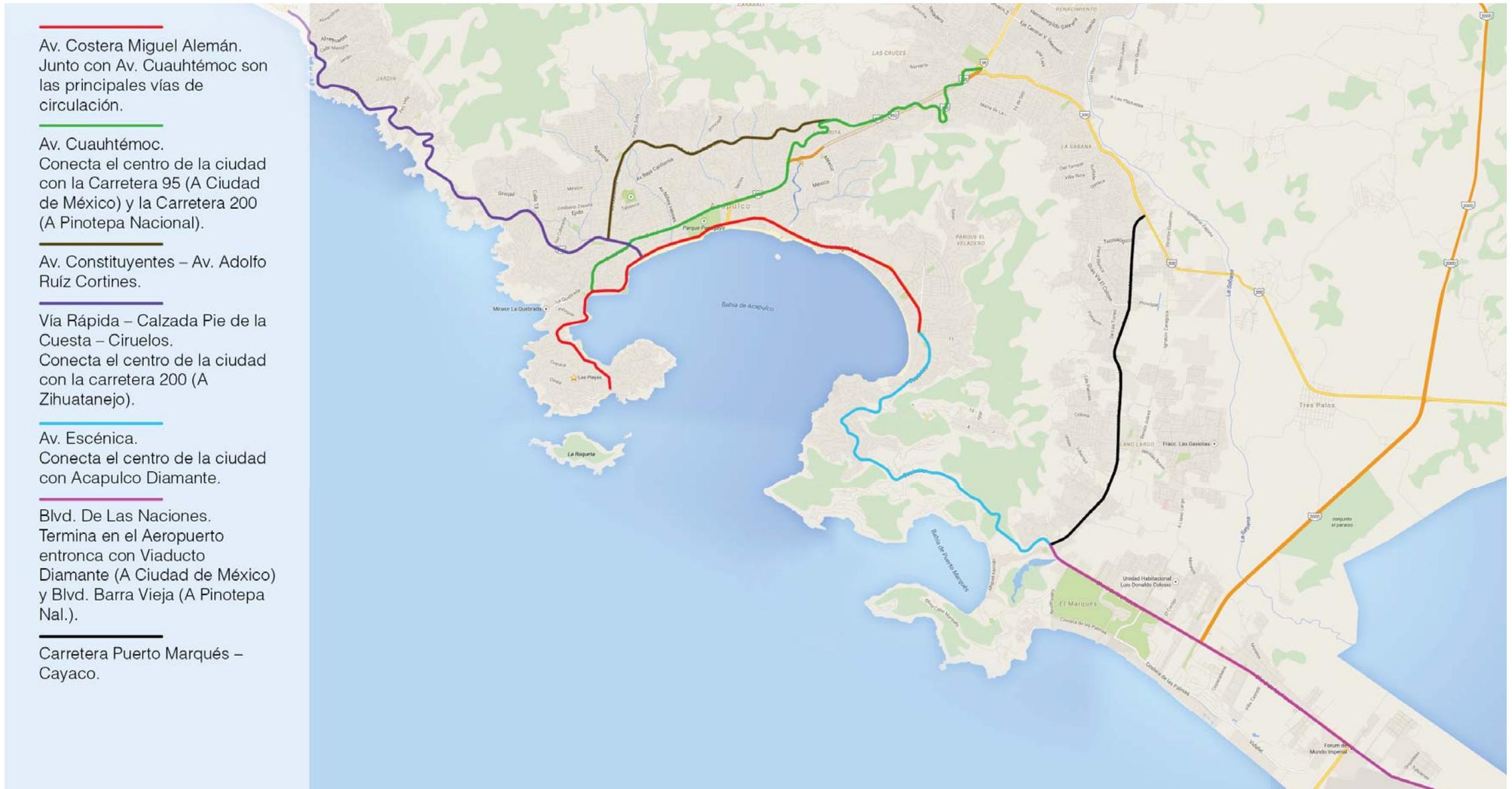


Figura 12.

Principales vías de circulación en Acapulco. Fuente: Google maps. Editado.

3.1.5.2. Casas y edificios.

Acapulco tiene 203,313 hogares que repartidos en casas, edificios, conjuntos habitacionales, fraccionamientos etc. También hay hoteles de 3 a 5 estrellas.

3.1.5.3. Plazas, recintos educacionales, comercio y recintos deportivos.

El Puerto cuenta con 1,151 escuelas de educación básica y media superior. También tiene 3 Universidades públicas y otras 40 Instituciones privadas de educación superior. Cuenta con diversas plazas y parques, en donde destaca como principal el Parque Papagayo.

Cuenta también con 9 centros comerciales. Existen varios mercados destacando el mercado central, la central de abastos y el mercado de la Progreso.

Las principales unidades deportivas son la Unidad Deportiva Acapulco, Unidad Deportiva Vicente Suárez y la Unidad Deportiva Renacimiento, así como diversas canchas y albercas públicas y privadas para la práctica del deporte. Existen 4 campos de golf. Se practican también deportes diversos náuticos.

3.1.5.4. Playas.

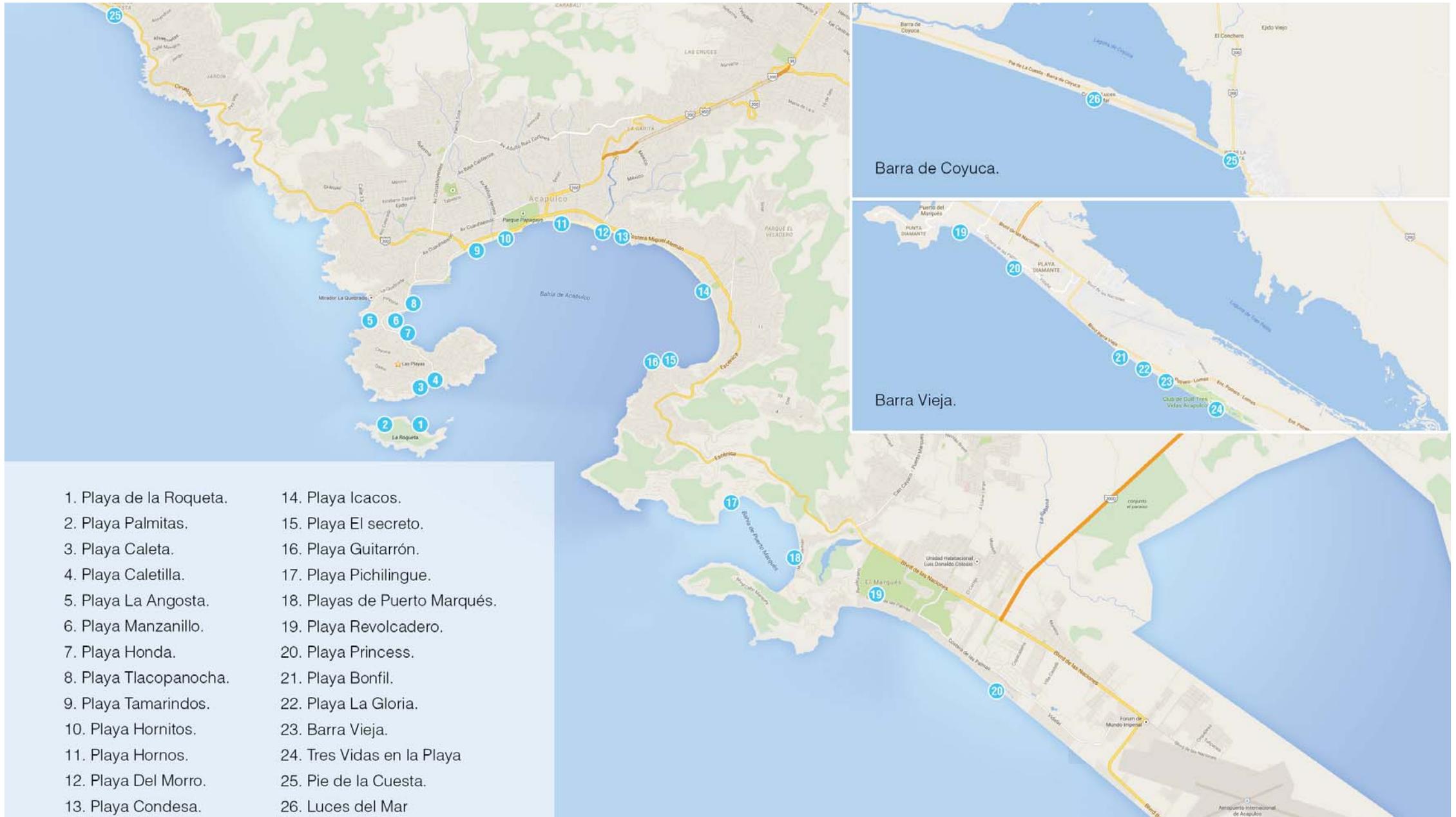


Figura 13.

Playas de Acapulco. Fuente: Google maps. Editado.

3.1.5.5. Realidad Socio-económica.

Según la INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), Acapulco tiene 789,971 habitantes. 382,276 son hombres (48.0%), y 407,695 mujeres (52.00%). El 38.3% de los habitantes es menor de 20 años.

Según la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), hecha por el INEGI, la población económicamente activa para 2013, era de 529,349 de 14 años y más, de los cuales 291,954 están ocupados. 171,165 hombres y 120,789 mujeres, es decir, un trabajador por 2.39 personas del total de la población.

En 2005, un año antes del inicio de la Guerra contra el narcotráfico, el PIB de Acapulco fue de 38,592,218 Millones de pesos.¹

Al 2010 existía una población de 233,795 personas de 5 y más años con primaria terminada, y un total de. La Población derechohabiente a servicios de salud, para el 2010, era de 446,163.

El sector primario aporta 3,334 empleos, 3,076 hombres y 268 mujeres. El sector secundario le corresponde la generación de 48,779, empleos en los cuales se ocuparon 40,377 hombres y 8,442 mujeres. El sector terciario (en donde se encuentra el turismo) aporta 239,545 empleos de los cuales 127,466 son hombres y 112,079 mujeres.

La principal actividad económica del puerto es el turismo, que en el año 2012 alcanzó la cifra de 9,126,511 visitantes y generó una derrama económica de \$ 26,728 millones de pesos (MXN).

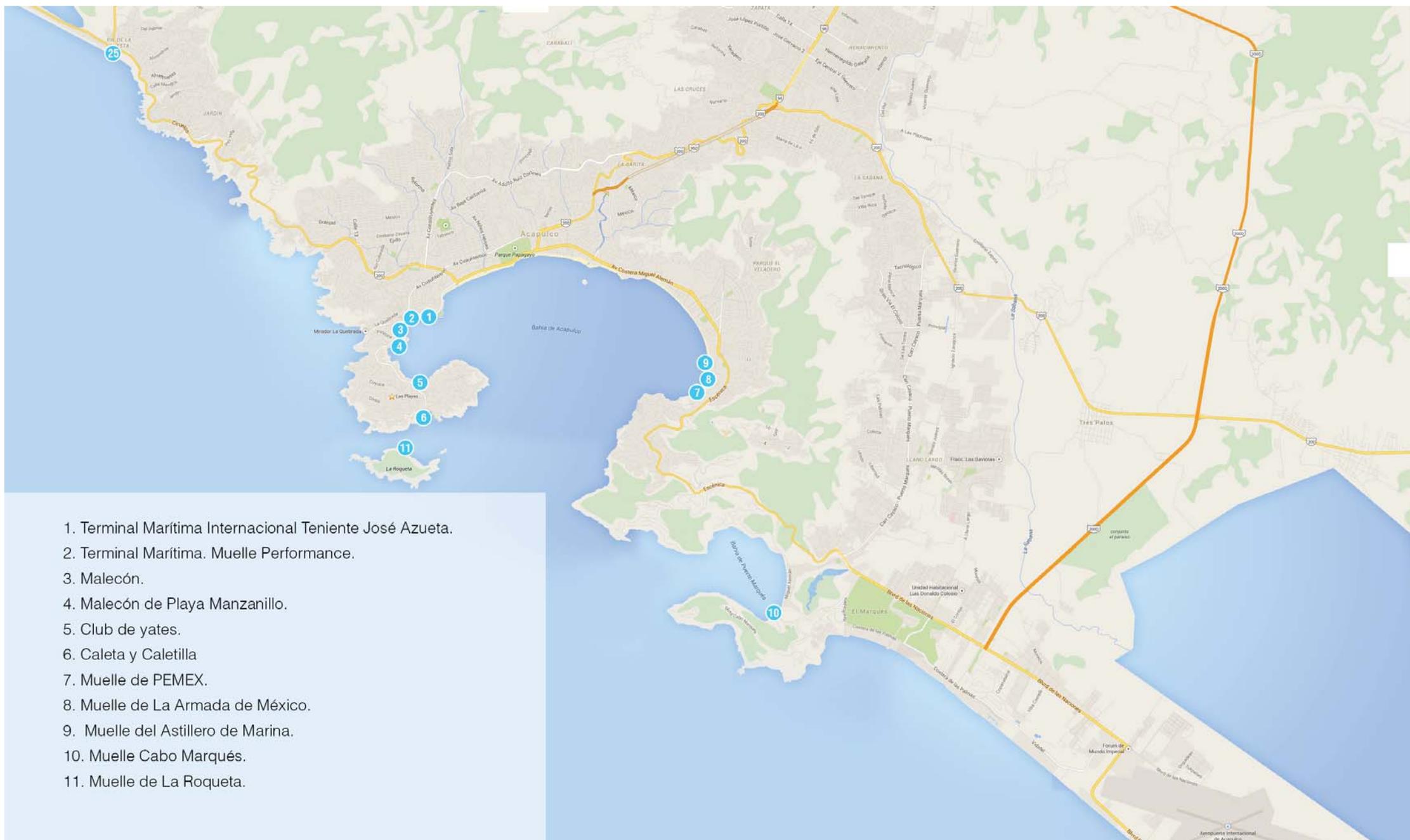
3.1.5.6. Matriz energética.

Acapulco cuenta con energía eléctrica en casi todo su territorio. Éste servicio lo presta la paraestatal CFE (Comisión Federal de Electricidad). El sistema alcantarillado y agua potable está a cargo de la paraestatal CAPAMA (Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Acapulco). Cuenta también con empresas privadas de gas que suministran los hogares y empresas.

3.2. Equipamiento Marítimo.

3.2.1. Puerto y muelles.

Para conocer mejor el puerto y los muelles de Acapulco se realizaron las fichas informativas que se presentan a continuación.



1. Terminal Marítima Internacional Teniente José Azueta.
2. Terminal Marítima. Muelle Performance.
3. Malecón.
4. Malecón de Playa Manzanillo.
5. Club de yates.
6. Caleta y Caletilla
7. Muelle de PEMEX.
8. Muelle de La Armada de México.
9. Muelle del Astillero de Marina.
10. Muelle Cabo Marqués.
11. Muelle de La Roqueta.

Figura 14.

Muelles de Acapulco. Fuente: Google maps. Editado.

3.2.1.1. Terminal Marítima Internacional Teniente José Azueta.

Muelle de Altura.

Tiene 198 m de longitud por 11 m de ancho, 2.3 m de altura y 10 m de profundidad, estructura de concreto armado, 1 banda de atraque, 198 m de longitud de atraque para movimiento de altura y uso comercial.

Servicios: Agua e iluminación.

Tiene profundidad suficiente para recibir el hywsas.



Figura 15.

Vista del muelle. Fuente: Panoramio.com

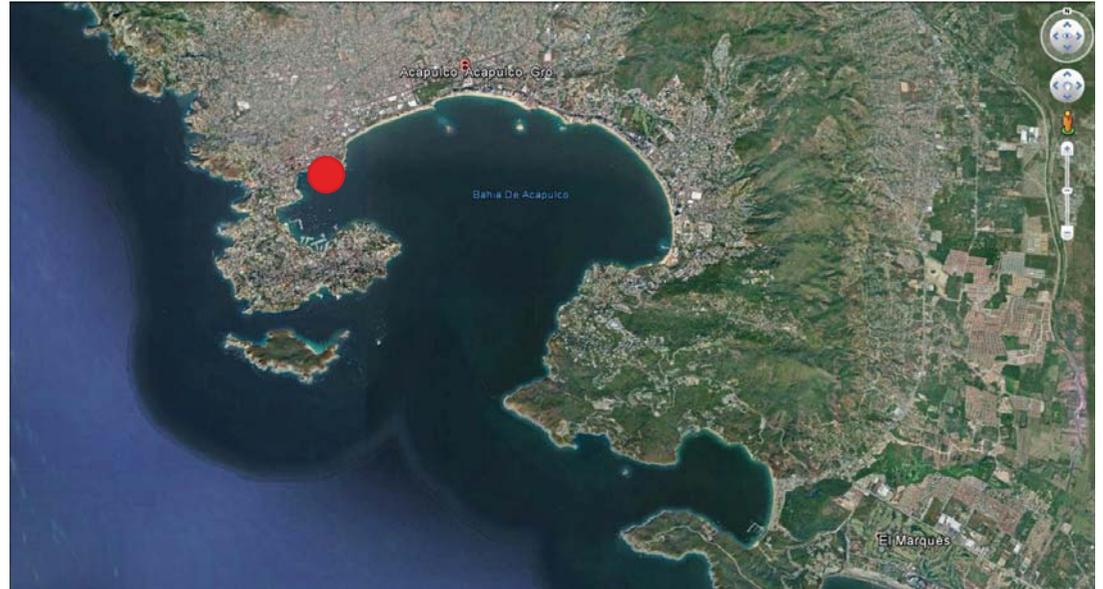


Figura 16

Arriba: Localización del muelle. Abajo: Vista en planta del muelle. Fuente: Google Earth.

3.2.1.2. Terminal Marítima. Muelle Performance.

Tiene 150 m de longitud por 11 m de ancho 2.3 m de altura y 7 m de profundidad, estructura de concreto armado, 2 bandas de atraque, 150 m de longitud de atraque para movimiento de cabotaje y uso comercial.

Servicios: Agua e iluminación.

Tiene profundidad suficiente para recibir el hywsas.

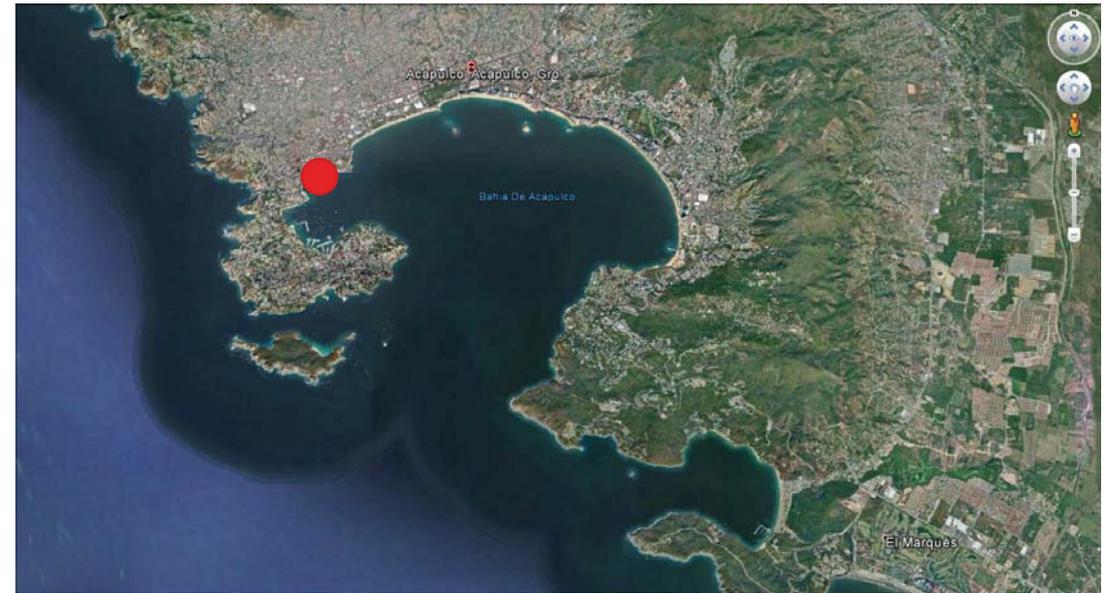


Figura 17.

Vista del muelle. Fuente: Panoramio.com

Figura 18.

Arriba: Localización del muelle. Abajo: Vista en planta del muelle. Fuente: Google Earth.

3.2.1.3. Malecón.

Tiene una longitud aproximada de 260 m y una profundidad de 2 a 6 m.
Habilitado para uso comercial y deportivo.

Tiene partes con profundidad suficiente para recibir el hywsas.

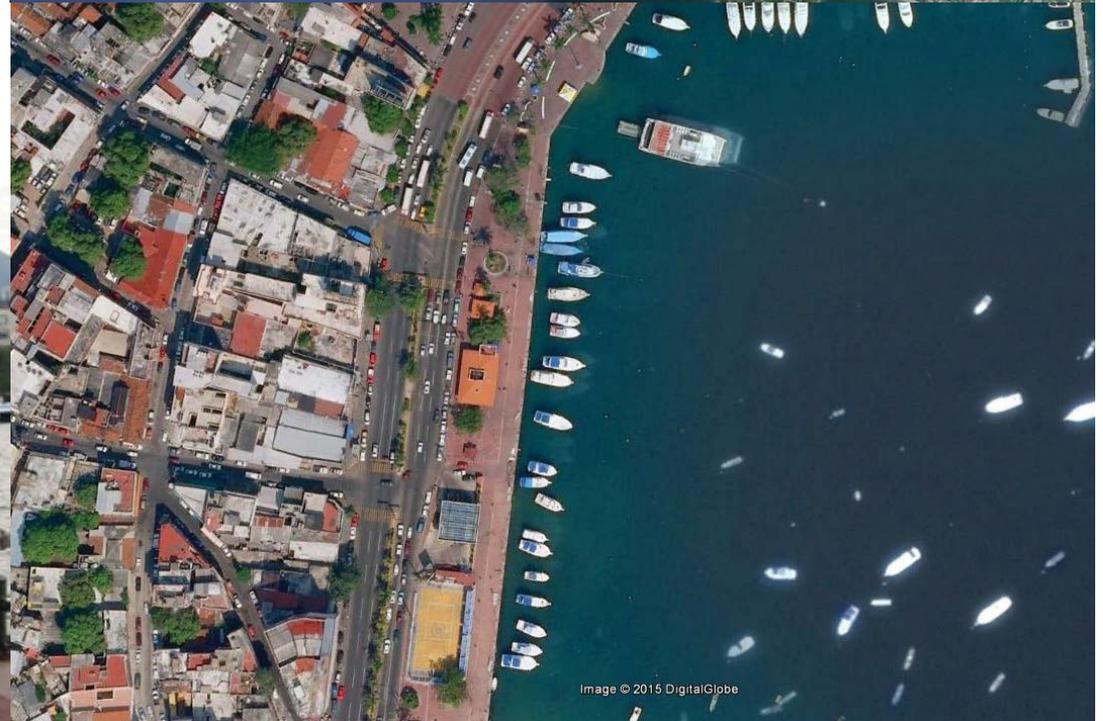
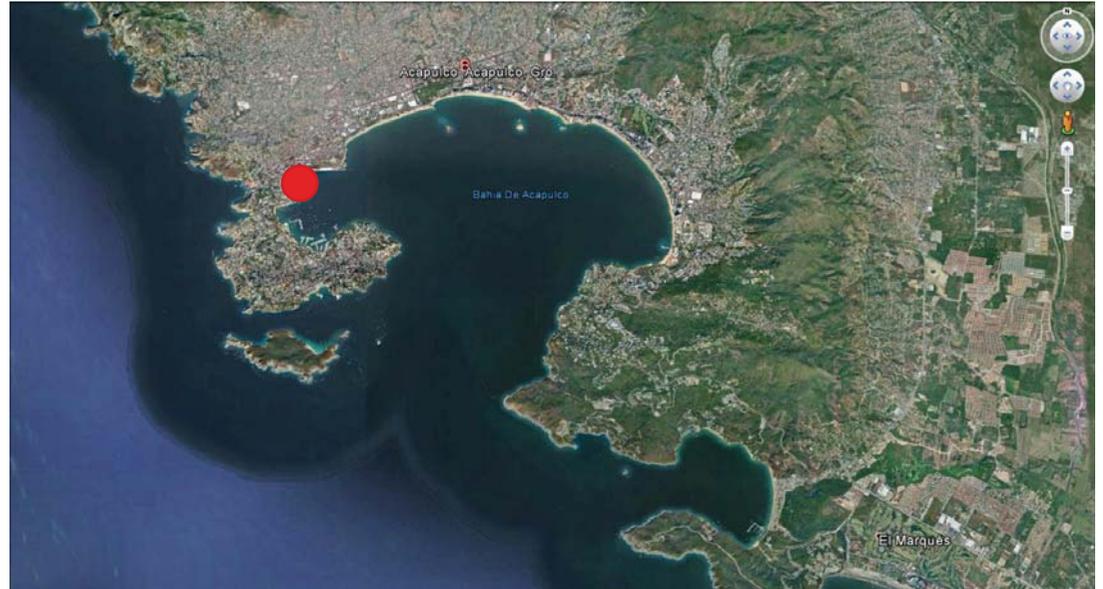


Figura 19.

Vista del muelle. Fuente: Panoramio.com

Figura 20.

Arriba: Localización del muelle. Abajo: Vista en planta del muelle. Fuente: Google Earth.

3.2.1.4. Malecón de Playa Manzanillo.

Ubicado entre playa Tlacopanocha y playa Manzanillo. Cuenta con dos muelles. El primero con una longitud aproximada de 30 m y el segundo con una longitud aproximada de 10 m. Profundidad de 3 a 6 m. Alberca embarcaciones de recreo y de pesca deportiva.

Tiene profundidad suficiente para recibir el hywsas.

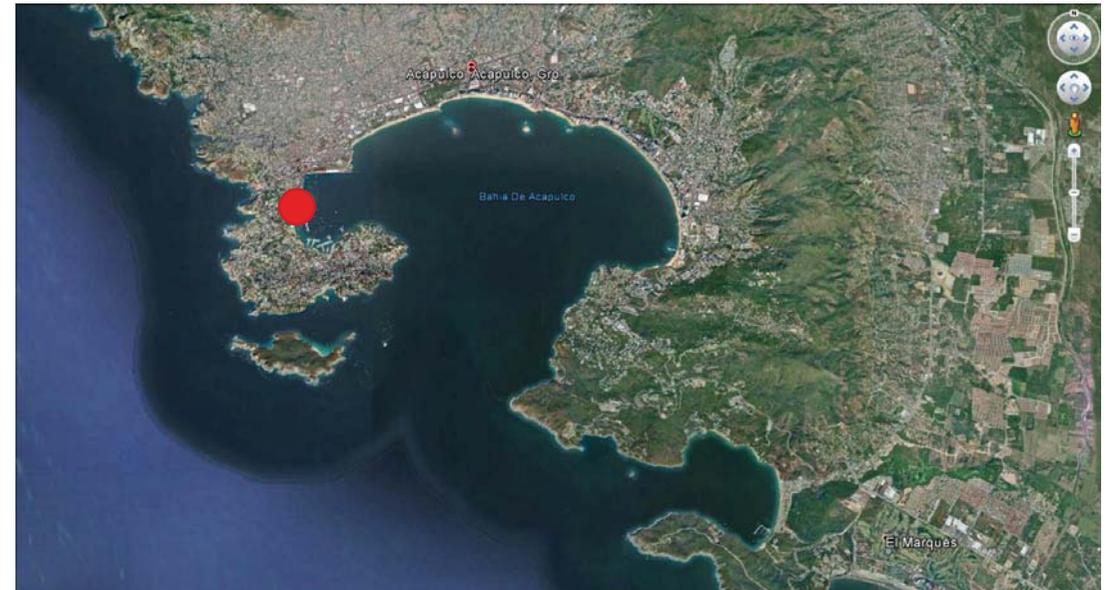


Figura 21.

Vista del muelle. Fuente: Panoramio.com

Figura 22.

Arriba: Localización del muelle. Abajo: Vista en planta del muelle. Fuente: Google Earth.

3.2.1.5. Club de yates.

Muelle Club de Yates. Tiene 1473 m de longitud por 4.5 m de ancho 1.5 m de altura. Estructura de concreto armado, 3 bandas de atraque, 2315 m de longitud de atraque para movimiento local turístico. El Club de Yates cuenta con 4 balizas de acceso; Longitud por 2.4 m de ancho, para movimiento local turístico.

Tiene profundidad suficiente para recibir el hywsas.

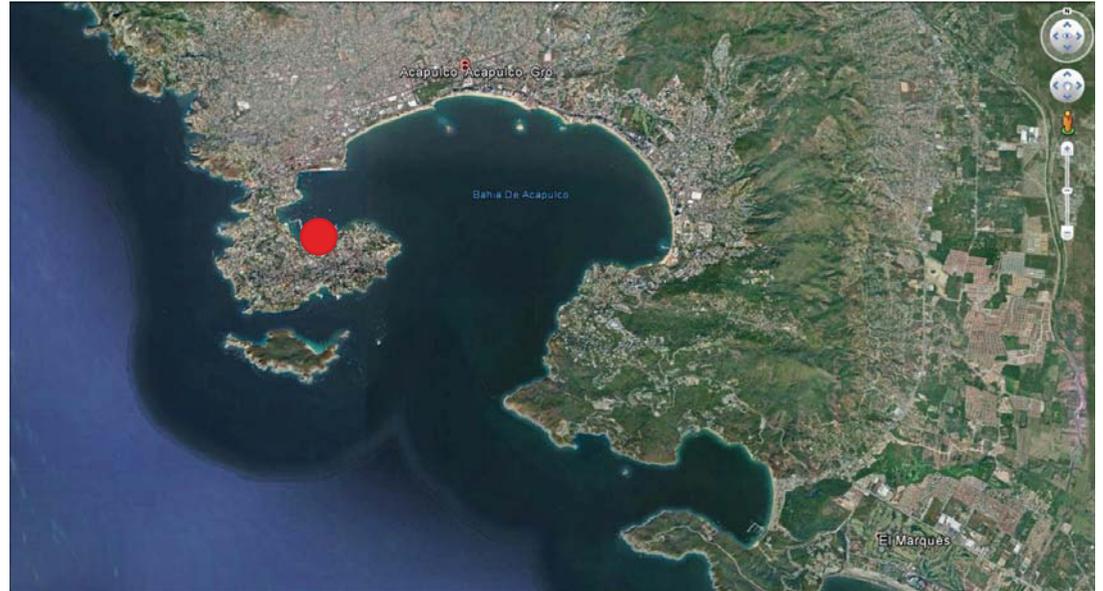


Figura 23.

Vista del muelle. Fuente: Panoramio.com



Figura 24.

Arriba: Localización del muelle. Abajo: Vista en planta del muelle. Fuente: Google Earth.

3.2.1.6. Caleta y Caletilla.

Dos embarcaderos situados en el Islote de Caletilla. Son operados por cooperativas de turismo. Ahí se encuentran las tradicionales lanchas de fondo de cristal.

No tiene profundidad suficiente para recibir el hywsas.

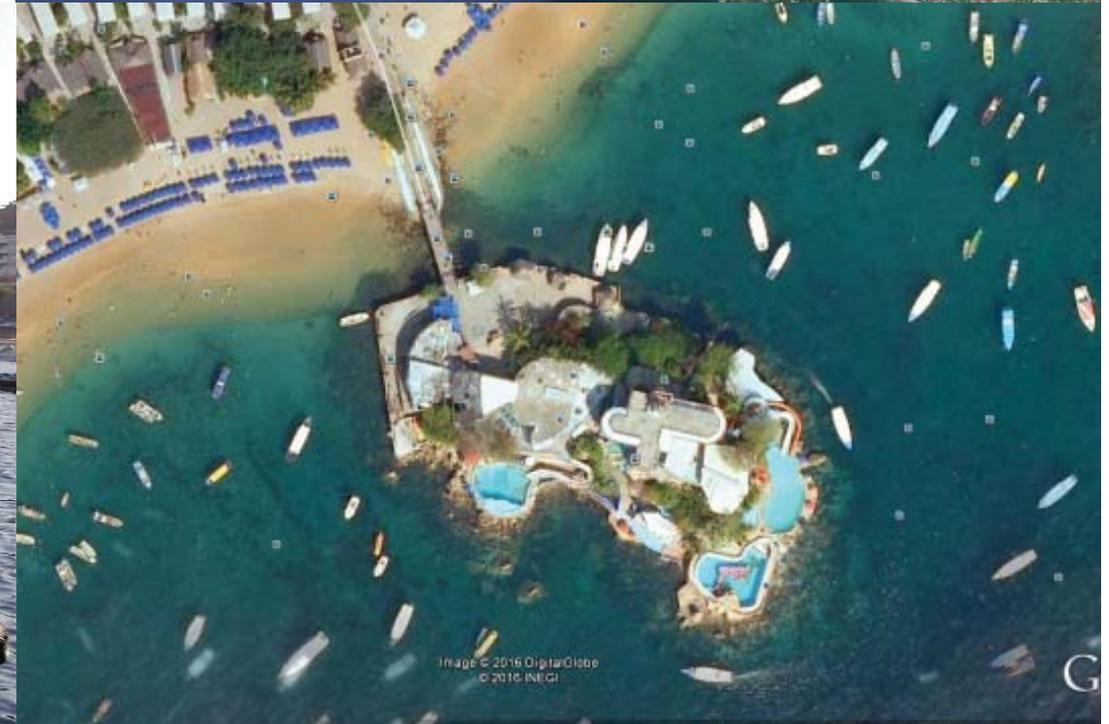
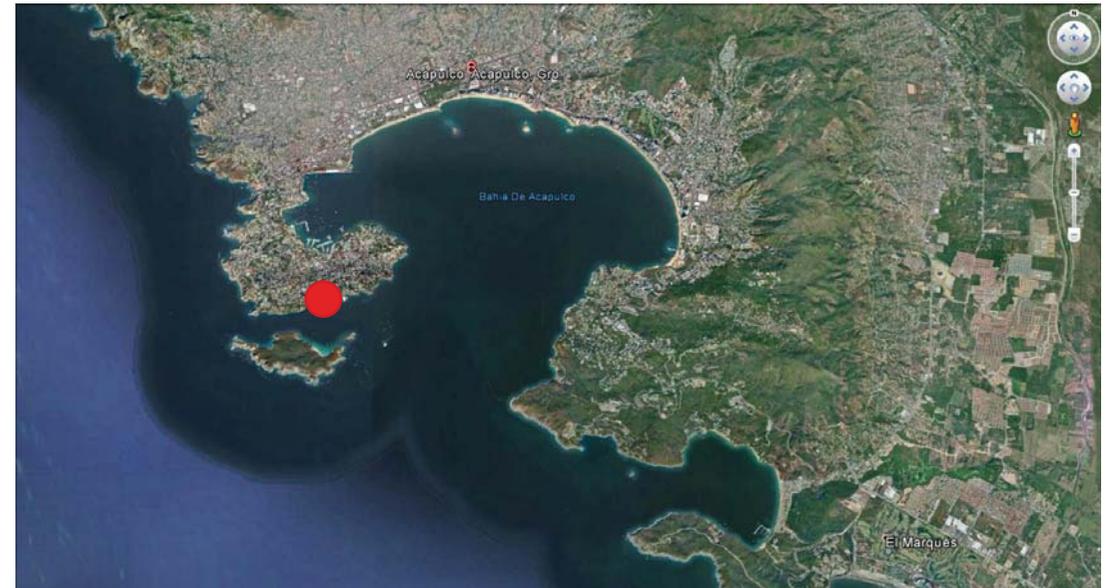


Figura 25

Vista del muelle. Fuente: Panoramio.com

Figura 26.

Arriba: Localización del muelle. Abajo: Vista en planta del muelle. Fuente: Google Earth.

3.2.1.7. Muelle de PEMEX.

Tiene 48 m de longitud por 5 m de ancho, 3 m de altura y 5 m de profundidad.
Estructura de concreto armado, dos bandas de atraque, 80 m de longitud

No disponible para uso comercial.

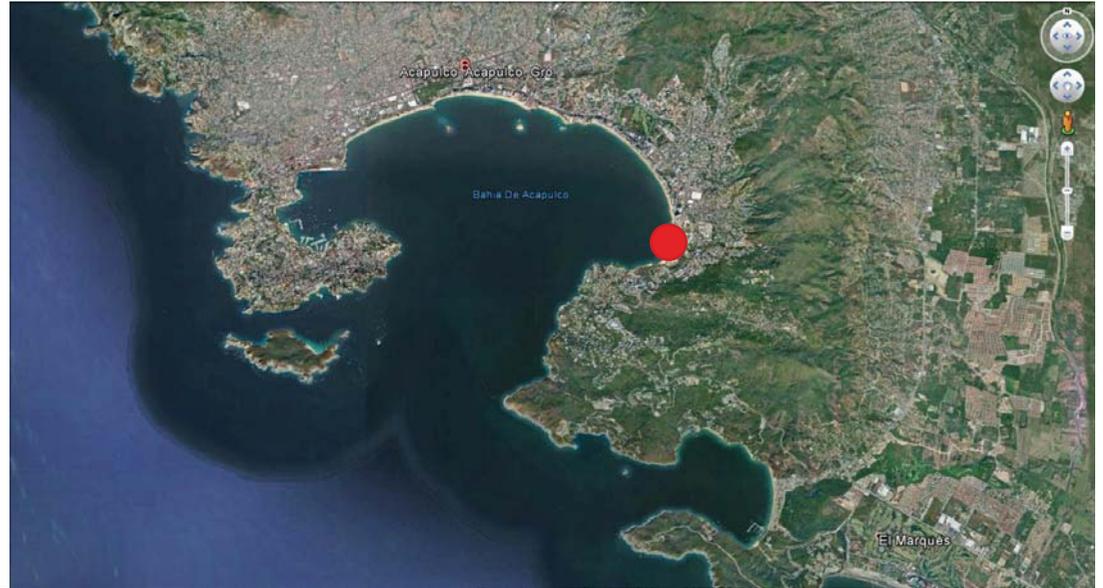


Figura 27.

Vista del muelle. Fuente: Panoramio.com

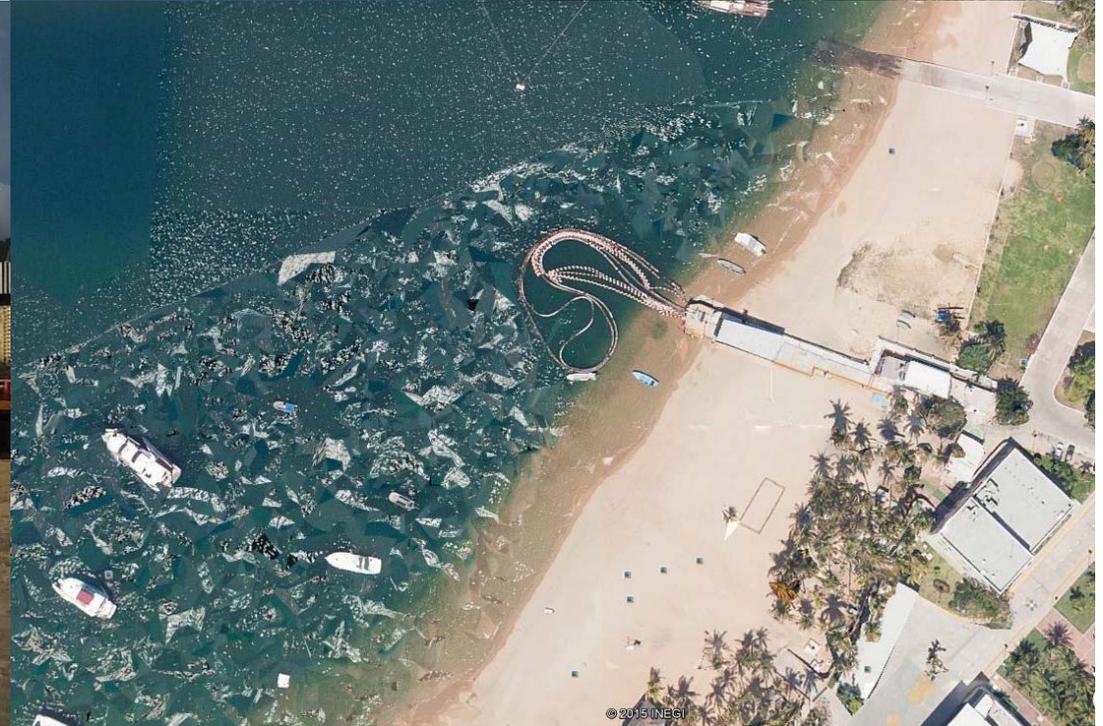


Figura 28.

Arriba: Localización del muelle. Abajo: Vista en planta del muelle. Fuente: Google Earth.

3.2.1.8. Muelle de La Armada de México.

Muelle Armada de México. Tiene 225 m de longitud por 10 m de ancho 3 m de altura y 5 m de profundidad, estructura de concreto armado, 2 bandas de atraque, 205 m de longitud de atraque para movimiento local.

Servicios: Agua e iluminación.

No disponible para uso comercial.

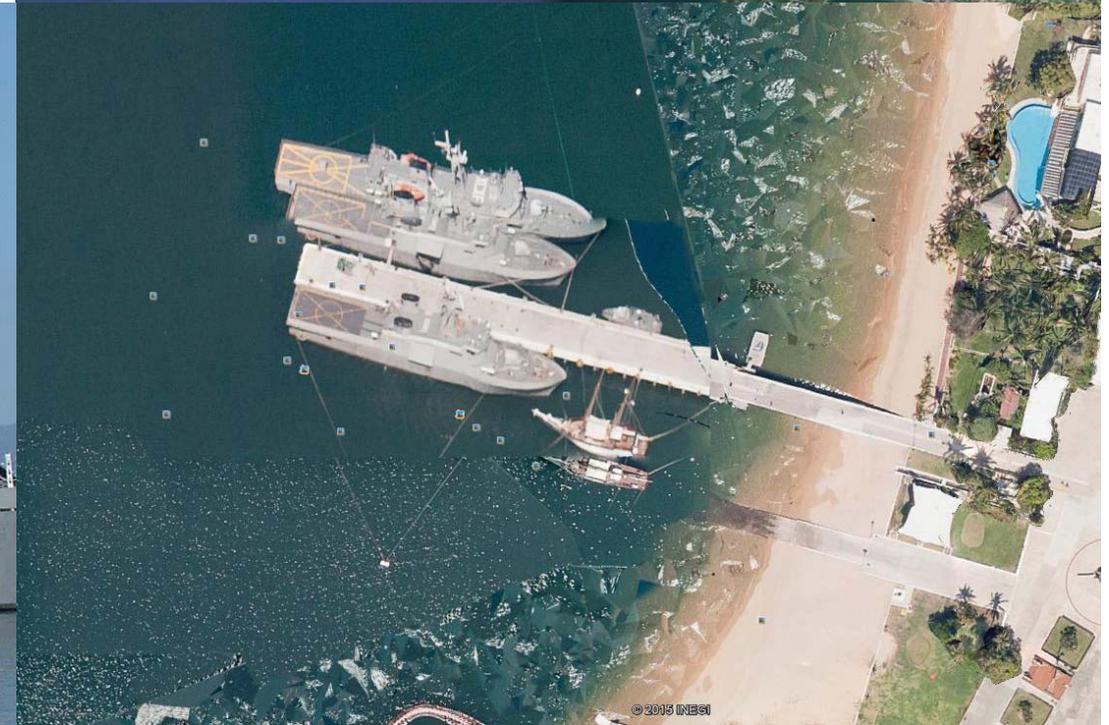
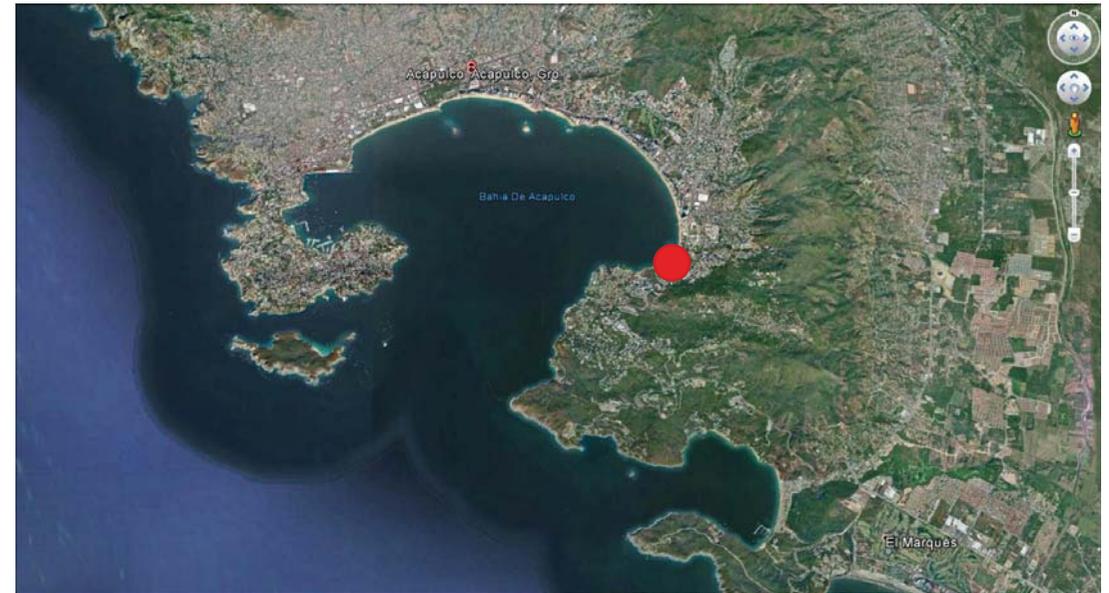


Figura 29.

Vista del muelle. Fuente: Panoramio.com

Figura 30.

Arriba: Localización del muelle. Abajo: Vista en planta del muelle. Fuente: Google Earth.

3.2.1.9. Muelle del Astillero de Marina.

Tiene 21 mts. De longitud por 3.5 m de ancho 1.5 m de altura y 3 m de profundidad, estructura de concreto armado, 3 bandas de atraque, 39 m De longitud de atraque para movimiento local.

Servicios: Electricidad.

No disponible para uso comercial.



Figura 31..

Vista del muelle. Fuente: Derrotero del Puerto de Acapulco.

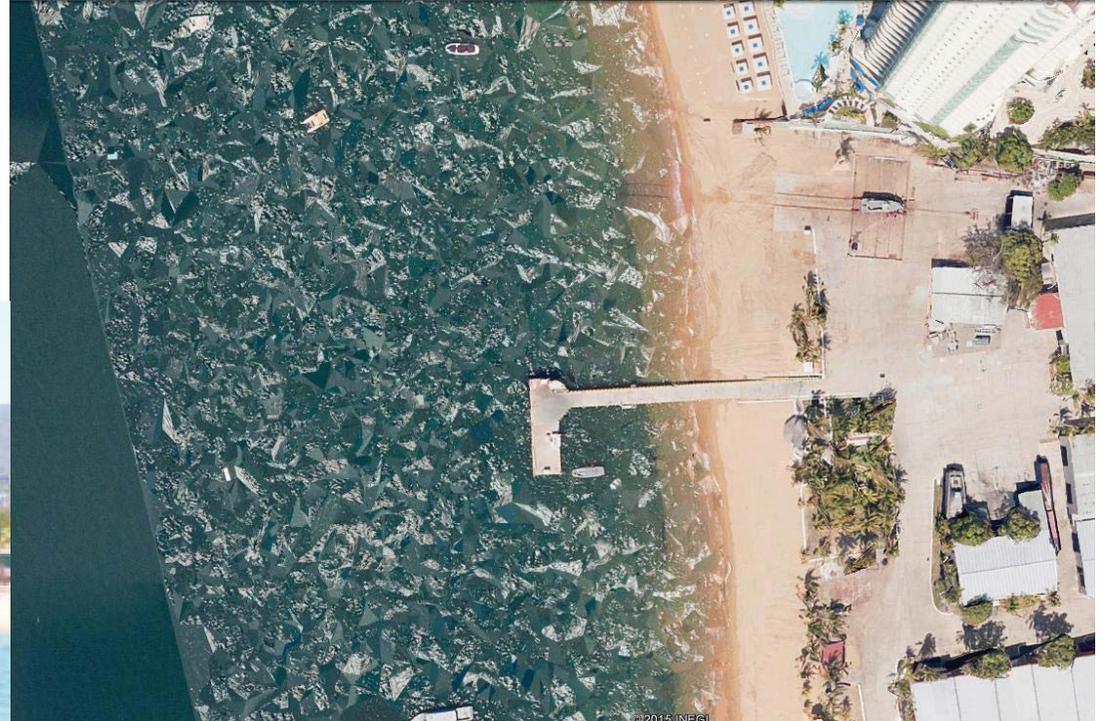
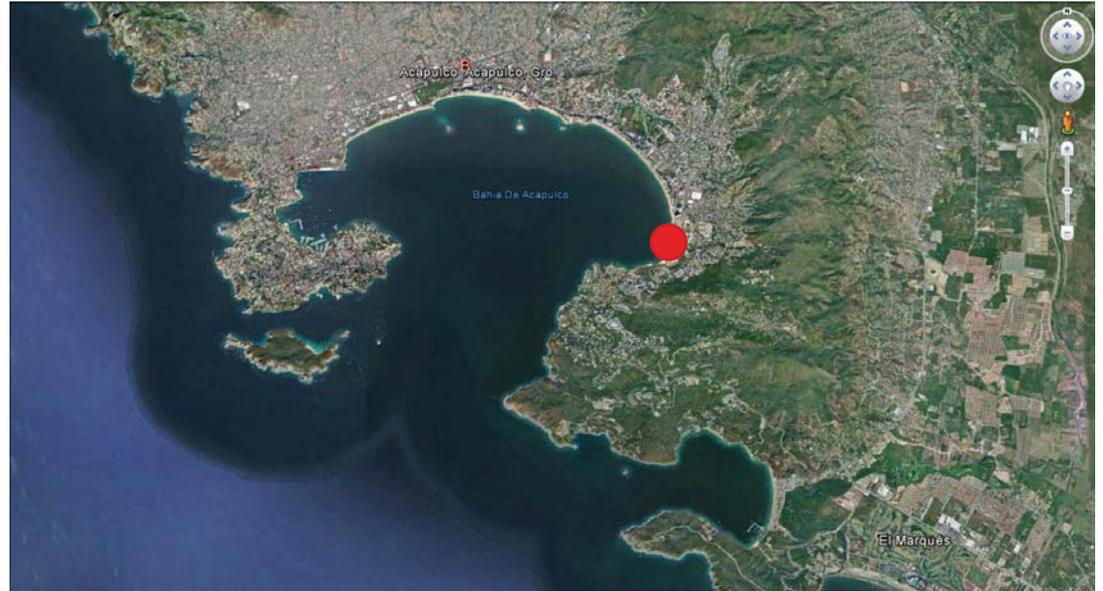


Figura 32.

Arriba: Localización del muelle. Abajo: Vista en planta del muelle. Fuente: Google Earth.

3.2.1.10. Muelle Cabo Marqués.

Muelle ubicado en la ex playa mahagua. Es el único muelle de la zona diamante. Calados superiores a 3 m.

Servicios: Electricidad, Agua potable, Gasolinera náutica, helipuerto, entre otros.

Tiene profundidad suficiente para recibir el hywsas.

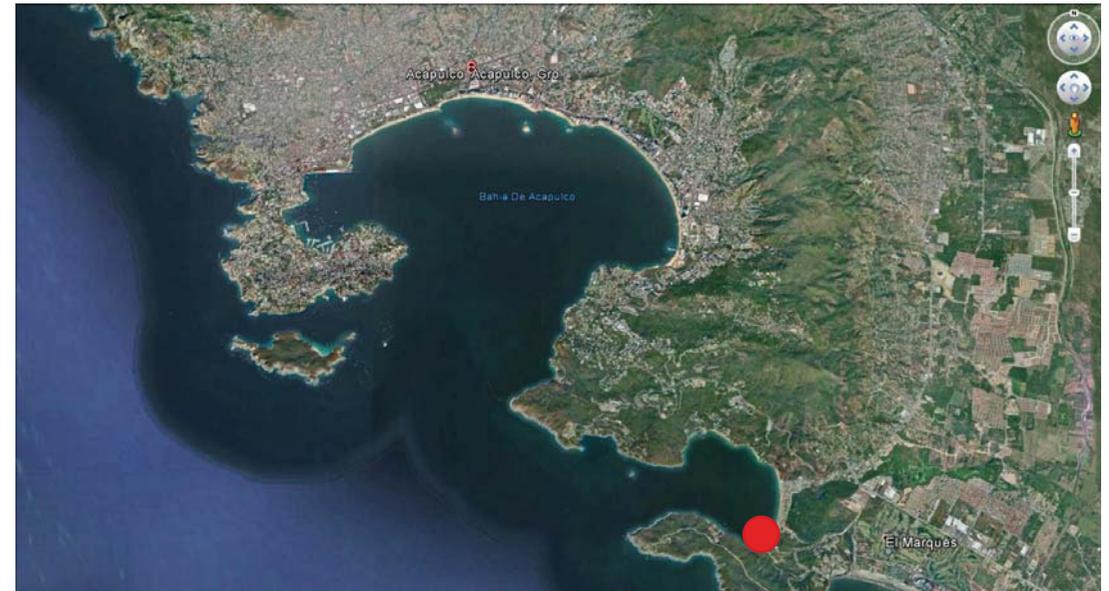


Figura 33.

Vista del muelle. Fuente: casasacapulcodiamante.mx.

Figura 34.

Arriba: Localización del muelle. Fuente: Google Earth.
Abajo: Proyección del muelle. Fuente: GMD Resorts.

3.2.1.11. Muelle de La Roqueta.

Ubicado en la playa homónima de La Isla. Calados superiores a 3 m.

Tiene partes con profundidad suficiente para recibir el hywsas.

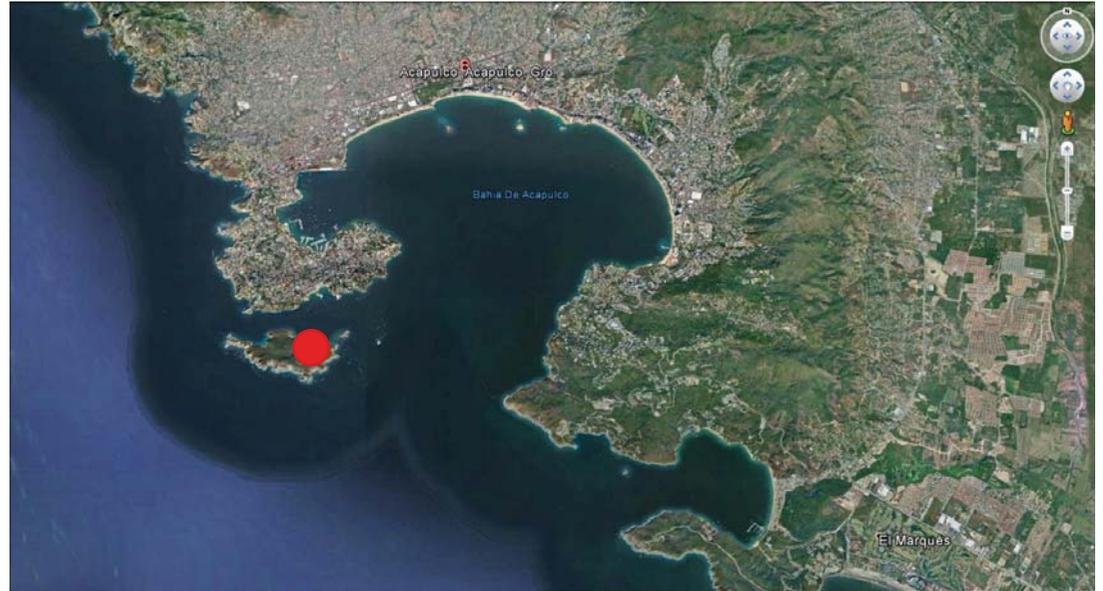


Figura 35.

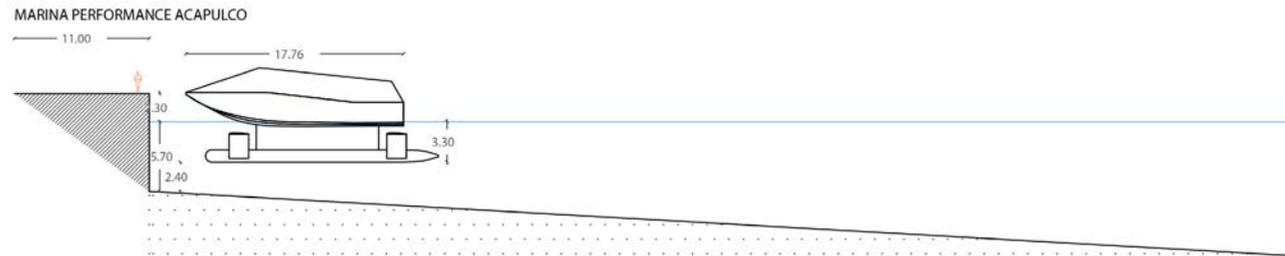
Vista del muelle antes de su remodelación. Fuente: Panoramio.com

Figura 36.

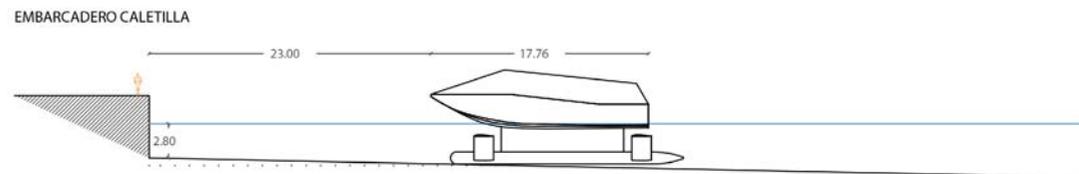
Arriba: Localización del muelle. Abajo: Vista en planta del muelle. Fuente: Google Earth.

Un hyswas es una embarcación de calado relativamente profundo, lo cual le representa un problema a la hora de acercarnos a una orilla a embarcar. Con los datos recabados con ayuda del Derrotero del puerto de Acapulco y carta náutica, se realizan cortes de playas y muelles, así conoceremos cuánto nos podemos acercar a la orilla y poder plantear una solución.

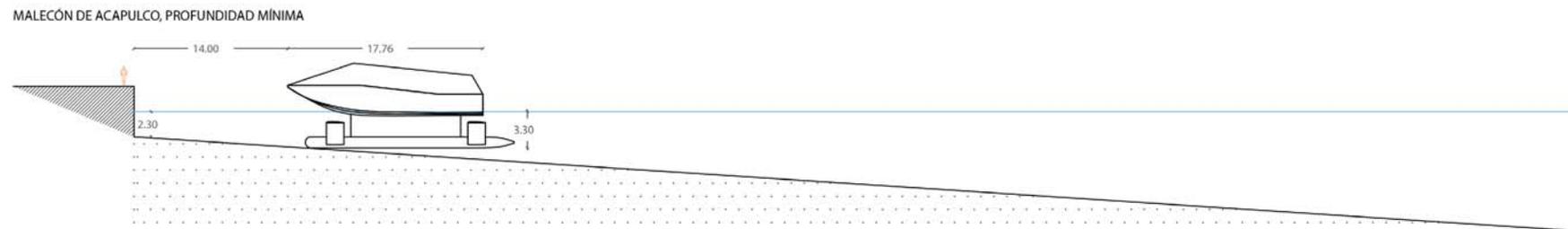
Antecedentes de muelle en la pág. 21.



Antecedentes de muelle en la pág. 25.

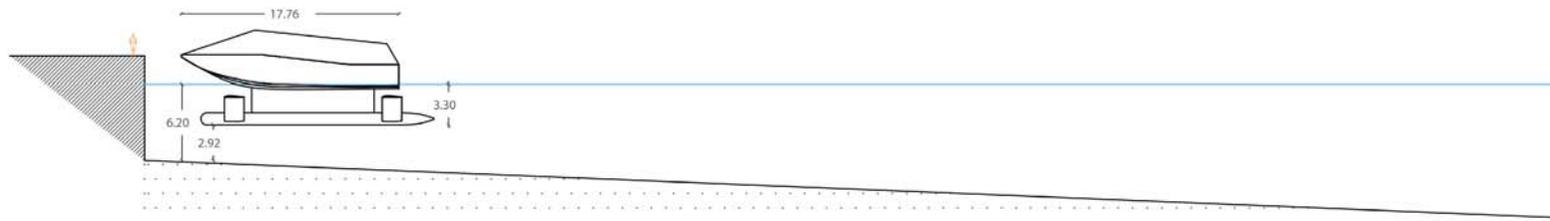


Antecedentes de muelle en la pág. 22.



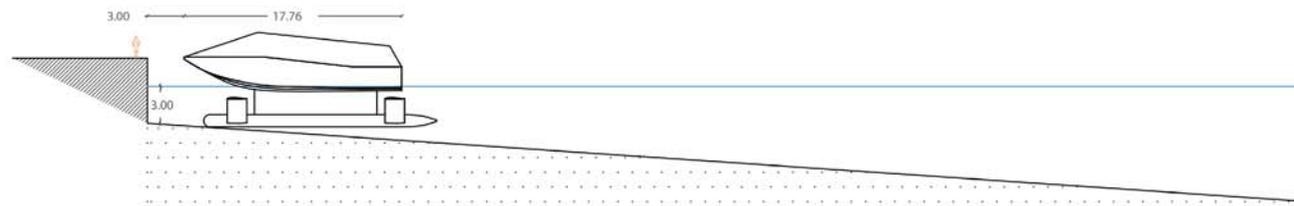
Antecedentes de muelle en la pág. 22.

MALECÓN DE ACAPULCO, PROFUNDIDAD MÁXIMA



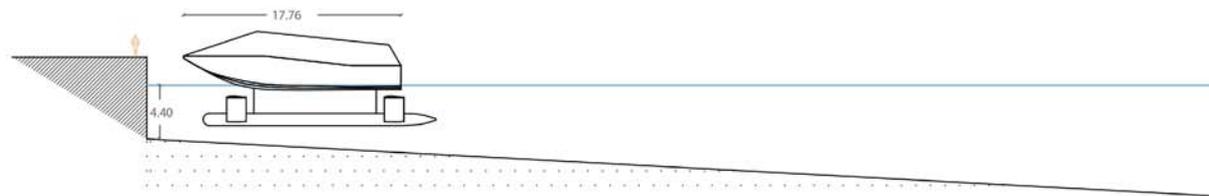
Antecedentes de muelle en la pág. 23.

EMBARCADERO PLAYA MANZANILLO, PROFUNDIDAD MÍNIMA



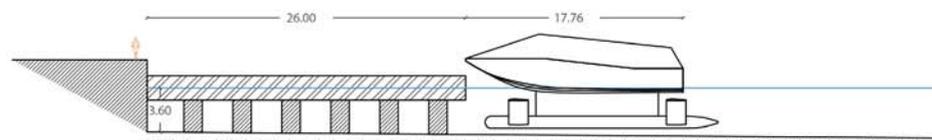
Antecedentes de muelle en la pág. 23.

EMBARCADERO PLAYA MANZANILLO, PROFUNDIDAD MÁXIMA



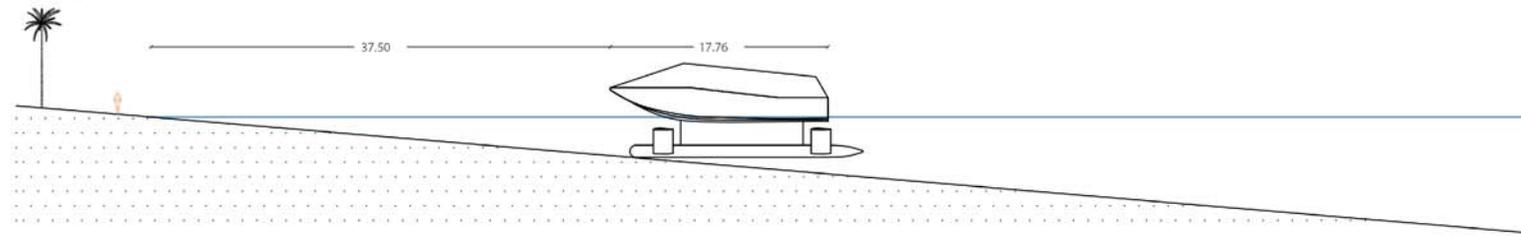
Antecedentes de muelle en la pág. 30.

MUELLE PLAYA DE LA ROQUETA



Ubicación de playas en la pág. 17.

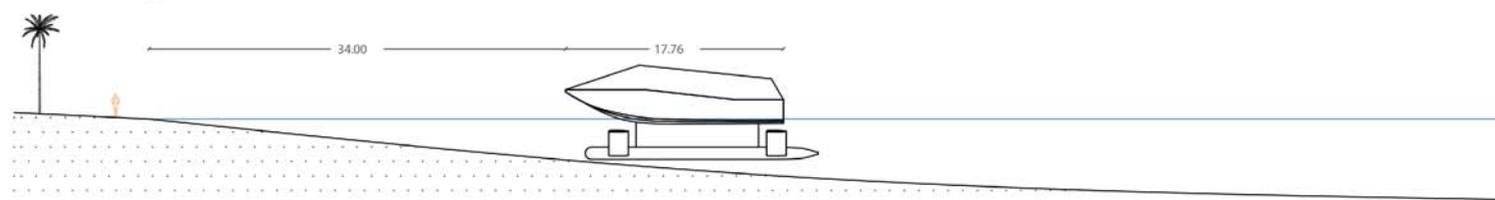
PLAYA ICACOS



PLAYA HORNOS



PLAYA PUERTO MARQUÉS



Se analiza la posibilidad usar una rampa telescópica para llegar a la orilla, sin embargo, llegamos a la conclusión de que esta opción no sería viable debido a la profundidad de la mayoría de las playas del puerto y la distancia que la rampa debía cubrir.

Por tal motivo se decide emplear una rampa pivotante para llegar a los muelles y una embarcación auxiliar para embarcar en las playas.



EMBARCADERO PLAYA MANZANILLO, PROFUNDIDAD MÍNIMA

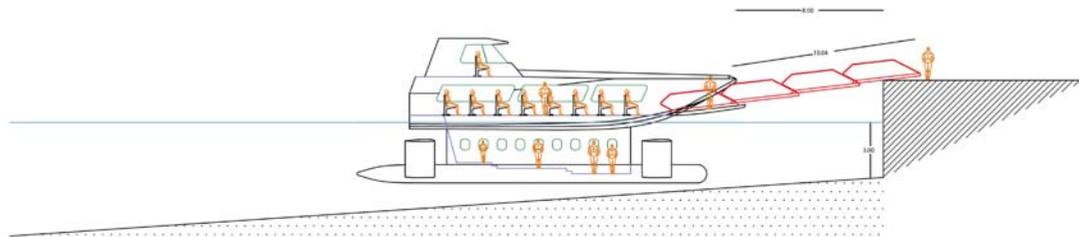


Figura 37. Estudio de la posibilidad de emplear una rampa telescópica. Fuente: Propia.

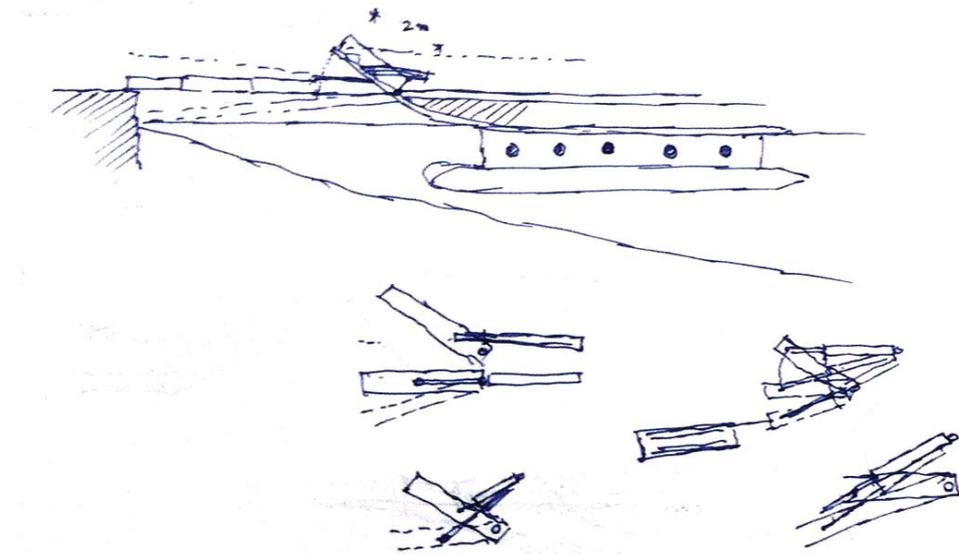


Figura 38. Estudio de la posibilidad de emplear una rampa telescópica. Fuente: Ivelic 2016.

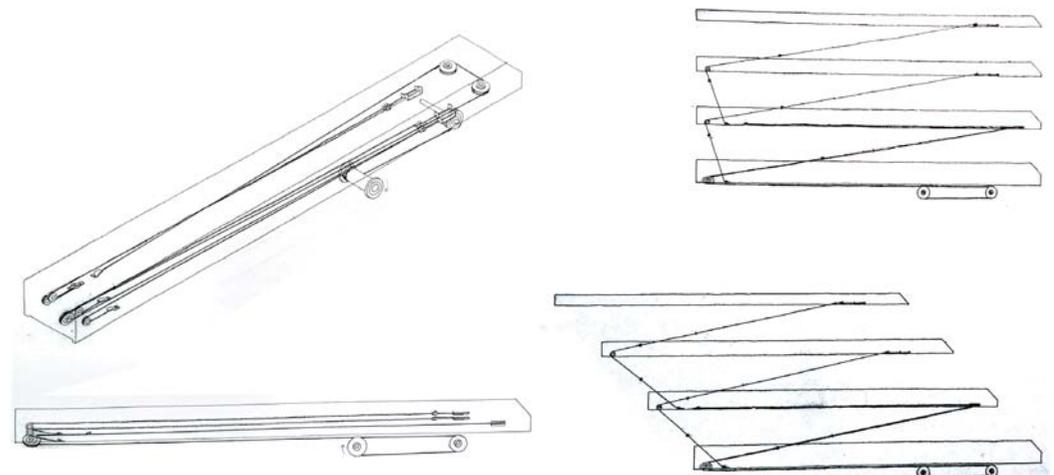


Figura 39. Estudio de la escalera de bombero. Fuente: Técnicas del diseño. Escalera de bombero.

3.3. Embarcaciones con bulbo en proa.

Resultado del avance teórico y experimental de la náutica surgieron los buques con bulbo en su proa.

Según Carlier, podemos entender por bulbo de proa como “todo engrosamiento de volumen situado en la proa, sea o no protuberante más allá de la curva de la roda, sin importar su forma y tamaño.

3.2.2. Acción del bulbo.

En los buques rápidos actúa por atenuación del sistema de olas de proa y reducción, por tanto, de la resistencia por formación de olas.

En los buques lentos, en la situación de lastre, pueden obtenerse grandes beneficios del bulbo, ya que éste disminuye radicalmente la resistencia por olas rompientes, que en estos buques supone porcentajes en torno al 20% de la resistencia total. En la situación de plena carga el ahorro obtenido es menor, ya que la incidencia de las olas rompientes en la resistencia total es igualmente mucho más baja.

3.2.1. Tipos de bulbo.

Carlier define las siguientes tipificaciones de bulbos en proa.

Según intersección con la carena:



Figura 40.

Arriba: Buque con bulbo en proa. Google Images.
Abajo: Buque con bulbo en proa. Google Images.

Bulbos integrados: Se unen a la carena con continuidad y suavidad.

Bulbos postizos: Son añadidos a una carena son bulbo. Tiene discontinuidad con la forma de la carena.

Según aspecto de las secciones del bulbo en: bulbos elípticos, en gota de agua y en penoza.

Según tipo de perfil longitudinal en: alto, normal y bajo.

3.2.1. Parámetros del bulbo.

Carlier define los siguientes parámetros del bulbo en proa: Altura, protuberancia y área.

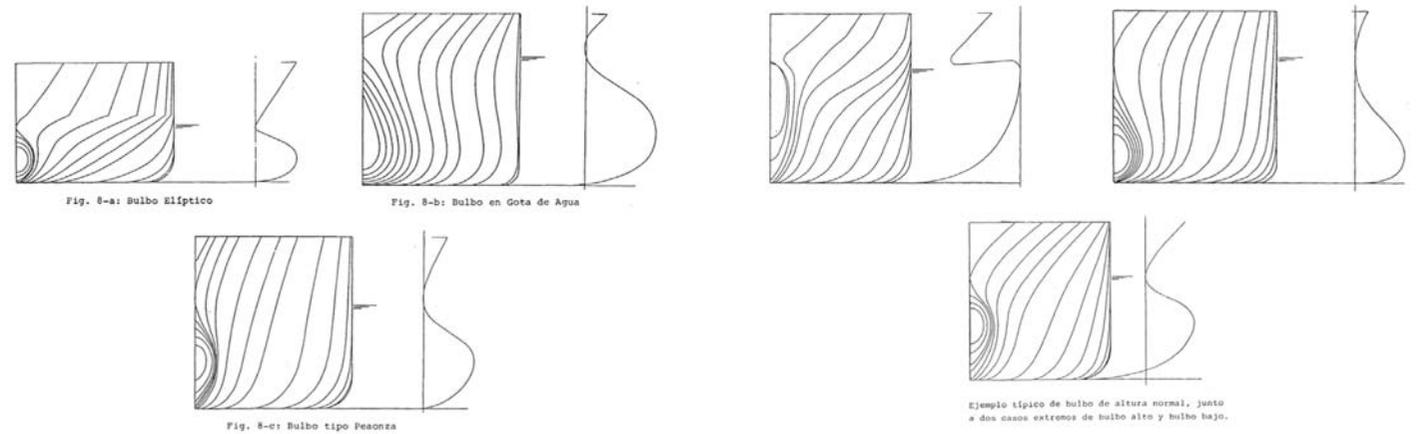
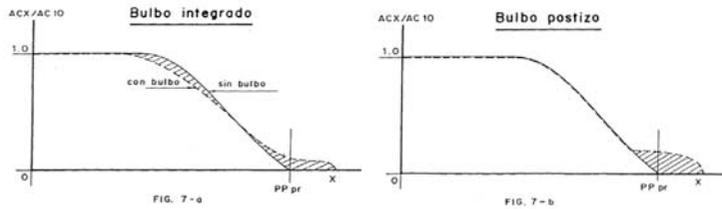
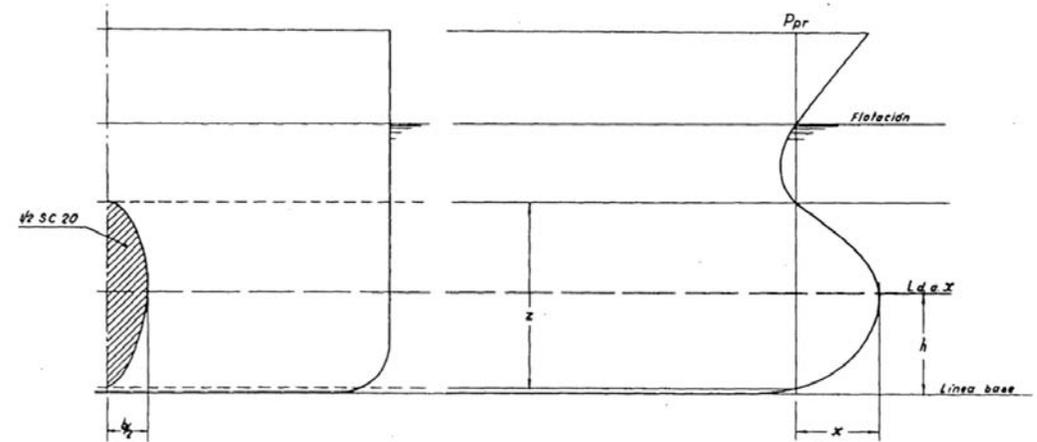


Figura 41.

Tipos de bulbo en proa . Carlier 1985.

3.4. Embarcaciones con bulbo sumergido.

Las embarcaciones emplean también bulbos sumergidos con distintos fines. En algunos veleros son empleados como lastres.

En la evolución técnica de la náutica surgieron los Swath, catamaranes con un bulbo en cada quilla, y posteriormente los Hyswas, monocascos con un bulbo en su quilla y perfiles alares.

3.3.1. Swath y Hyswas.

“El término Swath es una sigla que significa “Small Waterplane Área Twin Hull”; en español “Catamarán de pequeña área de flotación”. Esta característica hace que esta embarcación se vea menos afectada por los movimientos de las olas, comparándola con los monocascos o catamaranes equivalentes.” Chavez. 2013.

“El concepto de Hyswas (Hydrofoil small water área ship) significa, en español “Nave con hidroala y pequeña área en la flotación”. Esta embarcación ofrece una considerable mejora en cuanto a los movimientos en el agua agitada. Esto en comparación a los actuales monocascos” Chavez. 2013.

Remítase a la tesis “Sistema de transporte colectivo para pasajeros mediante embarcación hyswas para el territorio marítimo de Valparaíso”, Pág. 62. para revisar antecedentes de ambos tipos de embarcación.

En la búsqueda de una navegación lo más calma posible, se escoge para esta tesis desarrollar un Hyswas.



Figura 42.

Izquierda: Buque Swath. Derecha: Hyswas. Fuente: Google Images.

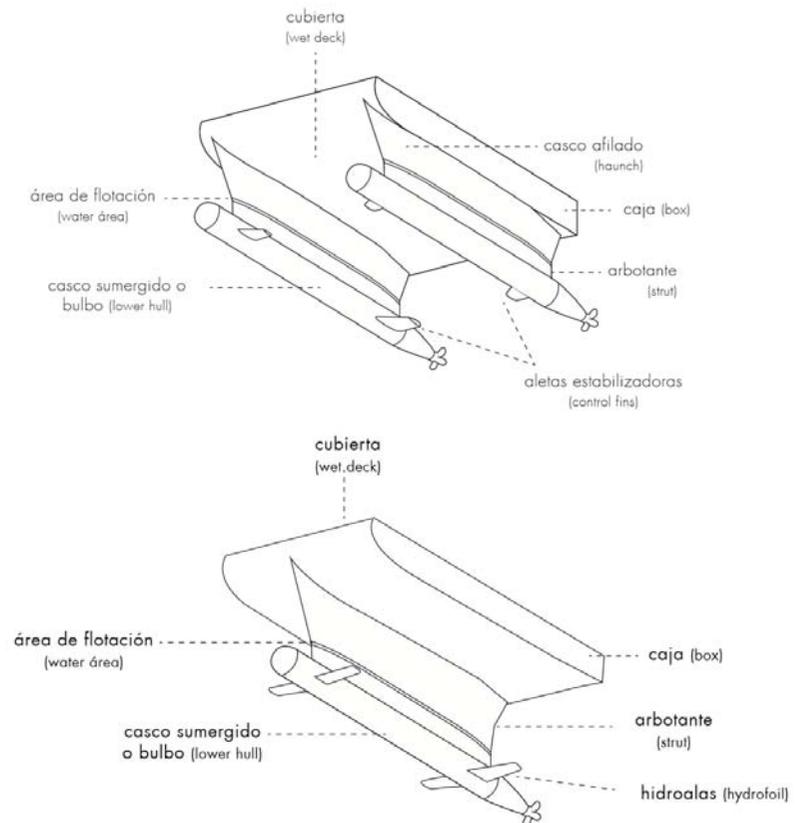


Figura 43.

Partes del Swath y del Hyswas. Chávez, 2013.

3.3.2. Hyswas para Valparaíso.

Revisaremos los antecedentes del casco desarrollado en “Sistema de transporte colectivo de pasajeros, mediante embarcación tipo “Hyswas” para el territorio marítimo de Valparaíso.” Por Carolina Chávez. Se considera esta tesis nuestro principal referente. Para tener antecedentes más detallados de la prueba de modelo, revise la tesis citada, págs. 345 – 368.

En dicha investigación se propone un sistema de transporte colectivo para las caletas de la V Región de Chile mediante un Hyswas. Es el primer casco de éste tipo desarrollado por el Magister.

Se plantea la primer hipótesis, un casco trimarán, con bulbo sumergido. Al colocarlo en el agua se mantiene adrizado, pero al moverlo se escora.

Para mejorar la estabilidad se agrega peso al bulbo, esto con el fin de bajar el centro de gravedad. Con ello se logra mejorar la estabilidad estática. Al probarlo en el canal de flujo continuo, no se obtiene la sustentación esperada. Se alarga el arbotante, esto con el fin aumentar la profundidad de los perfiles alares y lograr más diferencia de presión. Se consigue mejorar la estabilidad estática, pero al avance se sigue escorando.

Producto de la observación de las estelas generadas en el casco se hacen modificaciones a éste. Con ello se logra reducir la formación de olas del casco. Se mejora la estabilidad pero al elevarse el casco se sigue escorando.

Posteriormente se intercambiará el casco por una plataforma más liviana, con esto se bajó más el centro de gravedad. El casco se sigue escorando. En las posteriores pruebas se seguirá agregando peso al bulbo.

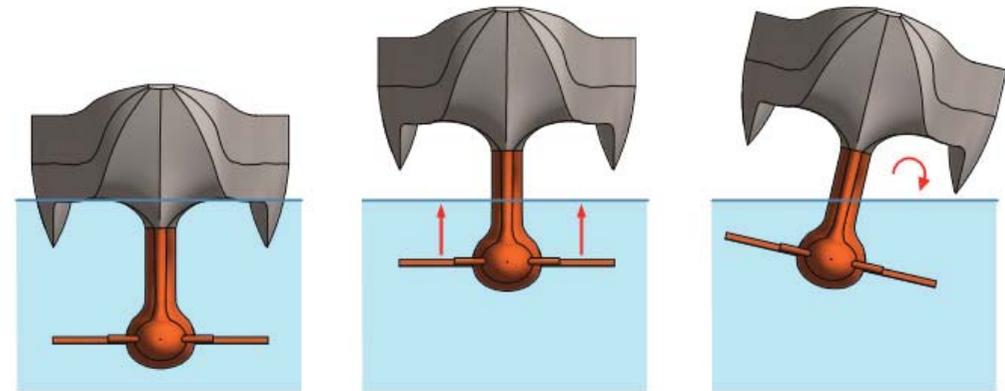


Figura 44.

Secuencia de la caída o escora del casco cuando se eleva por la sustentación de las alas.

Fuente: Chávez, 2013.

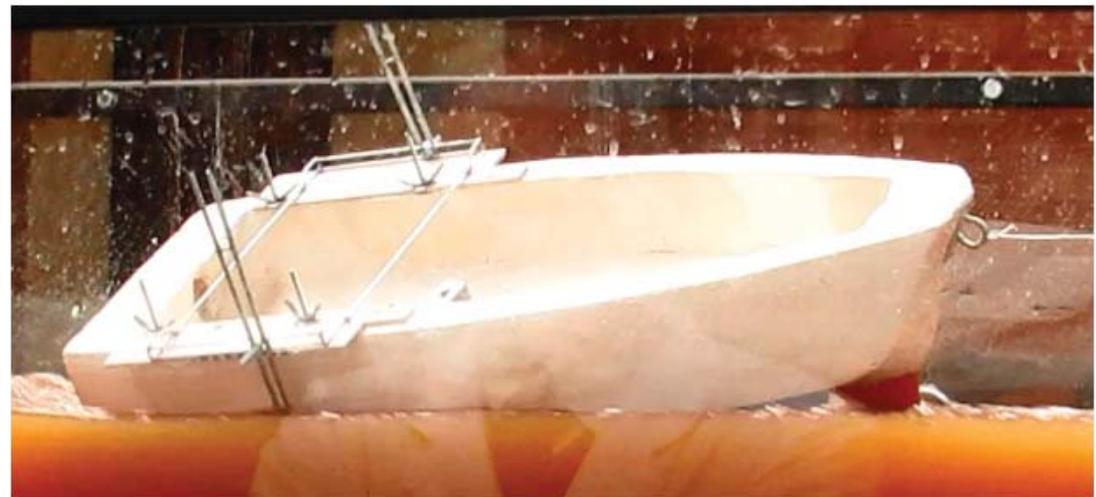


Figura 45.

Modelo escorado durante pruebas en el canal de flujo continuo.

Fuente: Chávez, 2013.

En las pruebas se mejora la estabilidad bajando el peso de gravedad, pero no se logra la sustentación esperada.

Podemos considerar los siguientes antecedentes como información imprescindible para el desarrollo de nuestro casco.

Que la escala del modelo debería ser mayor. La escala utilizada en ésta investigación fue 1:40 , lo que presenta inconvenientes de precisión de diversas índoles. Para nuestra investigación se escoge la escala de 1:16.

Que debemos de tener la posibilidad de seguir bajando el centro de gravedad, ya que se observó en el modelo que al bajar el centro de gravedad se mejoraba la estabilidad estática.

En el modelo citado, se comenzó con perfiles de menor envergadura y se fue agregando superficie de sustentación con forme avanzaron las pruebas. Para nuestro modelo consideraremos tener una superficie de sustentación sobrada para después ir restando envergadura a los perfiles.

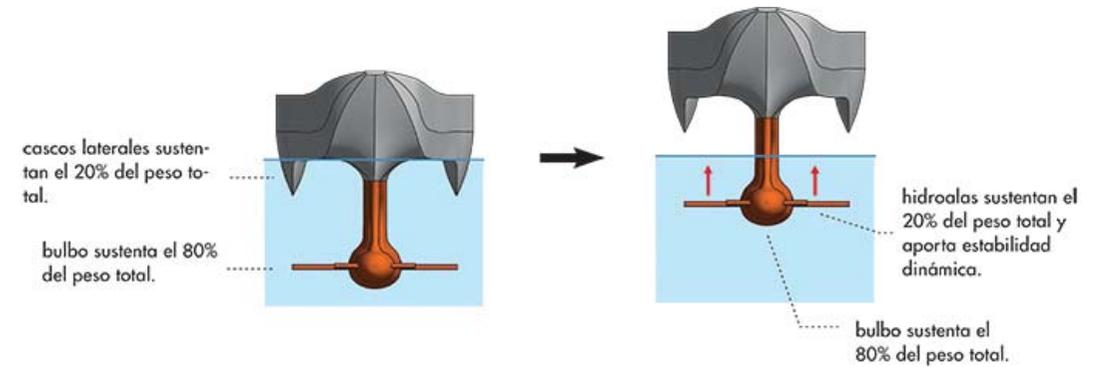


Figura 46.

Hipótesis funcionamiento de Hyswas . Fuente: Chávez 2013.

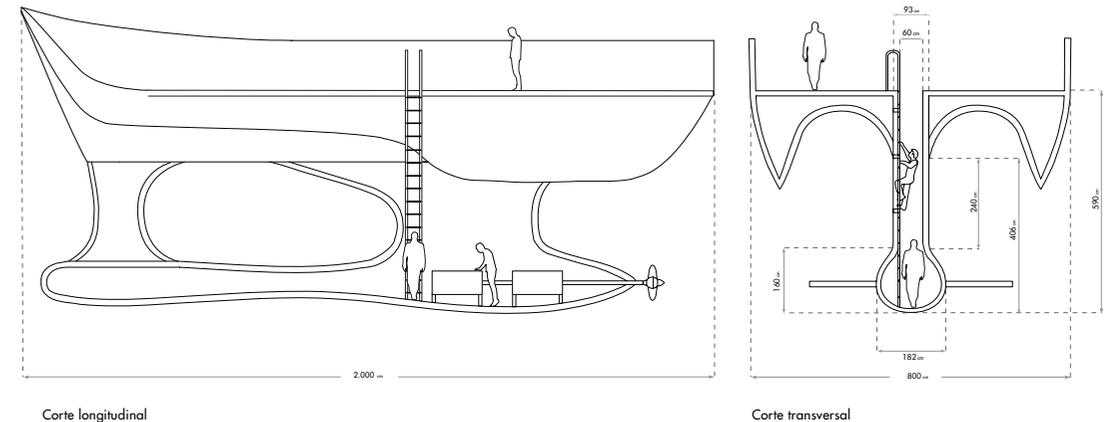


Figura 47.

Hipótesis habitabilidad de Hyswas . Fuente: Chávez 2013.

3.5. Estado del Arte.

Podemos definir al Estado del arte como el estudio de otras obras que hayan atendido una problemática similar. Se revisan sistemas de transporte marítimos y fluviales en México y el mundo. Se revisan también otras enmarcaciones Hyswas, teniendo como antecedente principal el casco desarrollado en “Conectividad en las ciudades costeras y su extensión hacia el mar.” También se realiza un estudio paramétrico sobre las embarcaciones turísticas disponibles en Acapulco.

El estudio del Estado del arte nos permitió abordar el desarrollo en nuestra embarcación con una perspectiva más amplia sobre la habitabilidad y accesibilidad.



Figura 48.



Izquierda: Water Taxi Dubai. Fuente: Gulfnews.com.
Derecha: Catamaran UXII. Fuente: Familyvacationhub.com



Figura 49.



Izquierda: CutyCat 3ra. Generación. Fuente: Brisbanetimes.com.au.
Derecha: Water taxi Estambul. Fuente: Deniztaksi.com.tr

EMBARCACIÓN	ESLORA (m)	MANGA (m)	CALADO (m)	VELOCIDAD (kn)	PERSONAS
EMBARCACIONES DISPONIBLES A LA RENTA EN ACAPULCO.					
AZIMUT 53'	16.45	4.75	1.35	33	15
AZIMUT 46'	14.93	4.36	1.02	30	15
AZIMUT 62'	19.86	5.09	1.51	30	30
SEARAY 370 SUNDANCER	11.43	3.66	0.99	38	10
SEARAY 450 SUNDANCER	13.84	4.01	1.17	36.8	16
SEARAY 280 SUNDANCER	8.74	2.69	1.07	36	8
ULTRAMAR CANCÚN/PLAYA DEL CARMEN					
Catamarán UXII					25 150
Monocasco Yacatecutli					25 450
Ultrajet I y II					25 250
Catamarán Omacahtl					20 150
RTA Dubai					
Water Taxi	10.8	4.1			35 11
Ferry Dubai	32	7.2			23 98
Brisbane					
City Cat 3ra. Generación					25 162
City Ferries/City Hoppers					10 68.00
Estambul Water Taxi					
Estambul Water Taxi	10.9	4.3			12
Trinidad y Tobago Water Taxi.					
Trinidad y Tobago Water Taxi.	41.2	10.9			37 413

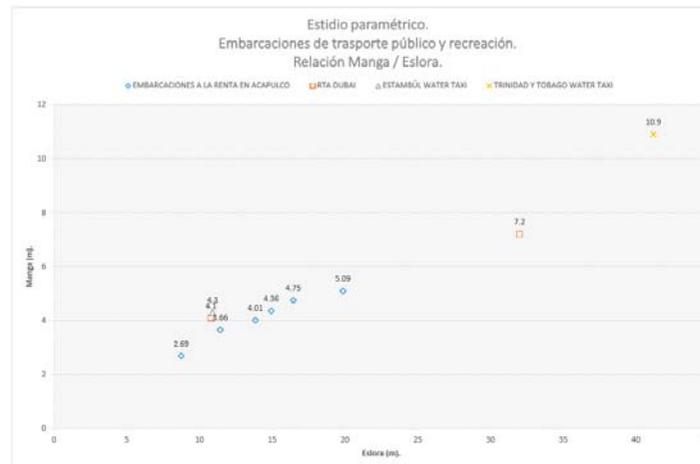
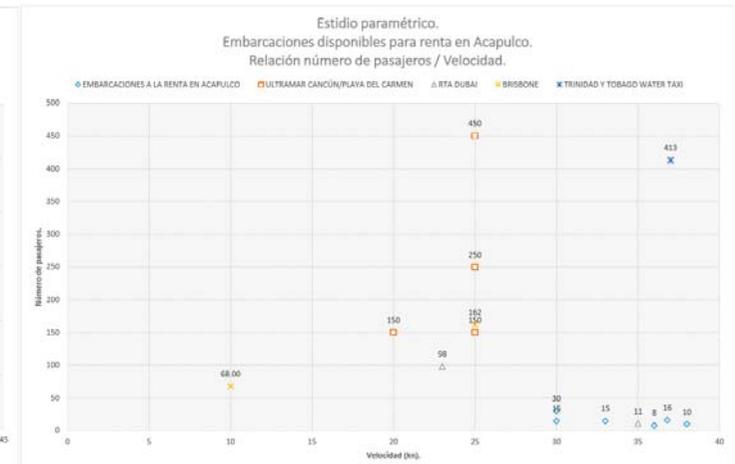


Figura 50.



Estudio paramétrico de embarcaciones disponibles a la renta en Acapulco. Fuente: Propia.

4. Fundamento creativo.

Una embarcación que se levanta de la superficie del mar y corta la ola, haciéndose invisible a ella, evitando que sus pasajeros se mareen, volviéndola habitable a la contemplación del interior oceánico.

Relación técnica y poética.

Revisaremos la interpretación que propone Jaime Reyes sobre la relación entre la técnica y la poesía planteada en la fábula de los señores del fuego, contenida en la página 79 del volumen II del poema Amereida, y su injerencia en el presente proyecto.

Se toman como referencia ciertas indicaciones de Heidegger y Ortega y Gasset para definir a la técnica.

Heidegger escribe sobre la técnica: “el fabricar y el producir, entendido como lo entendían los griegos, no significa tanto poner a punto, manipular y operar, sino lo que nuestra palabra alemana herstellen y el término latino producere, literalmente dicen: producere, es decir, sacar y traer a luz algo que antes no estaba ahí como presente”

Para Ortega y Gasset la técnica es “lo contrario de la adaptación del sujeto al medio, puesto que es la adaptación del medio al sujeto”

Tomando en cuenta estas indicaciones, veamos las dos perspectivas de la técnica planteadas en la fábula. ¿De qué manera los personajes tratarán de adaptarse al cambio inminente que sufrirá su medio?. Por una parte los

señores del fuego tratarán de dominar los poderes de la naturaleza encarándola directamente con su fuerza bruta. En cambio, el arca aprovechará la fuerza de las presiones del mar para flotar.

Es en ésta última perspectiva de la técnica es donde orientamos el desarrollo de nuestro proyecto. Acerca de ella escribe Reyes:

“La verdadera cuestión es la admiración profunda por el vuelo o por la flotabilidad. Es decir, la construcción de un real elogio a las fuerzas de la naturaleza y no su sometimiento. La diferencia está en un universo elogiado en lugar de un universo vencido. La poesía es un modo peculiar de elogio. Esta diferencia está en la esencia de la verdadera innovación.”

Para experimentar con la sustentación de los perfiles en el proyecto nos valemos de las similitudes dinámicas. Es decir, escalamos factores de nuestro prototipo aparte de la dimensión, como lo puede ser la velocidad o la masa. En cierto modo escalamos la fuerza de la naturaleza para poderla hacer más controlable.

Levantarse de la superficie y cortar la ola.

Navegar supone el desplazarse en el límite de dos fluidos: el aire y el agua. Esto hace a una embarcación susceptible a los embates del viento y la ola. Parte de esta fuerza natural será transmitida a los pasajeros a través del casco, provocando mareo a los más sensibles. En nuestro proyecto nos valemos de los perfiles alares para levantar el casco de la línea de agua y cortar la ola, protegiendo a los pasajeros de estos embates, y evitando que se mareen.

Se trata de aprovechar la fuerza de sustentación, ya no tanto para mejorar el rendimiento del barco si no para mejorar la experiencia del sujeto en su traslado por el mar.

Embarcación habitable a la observación del interior oceánico

Las características de un casco Hyswas son diferentes a un casco convencional. Estas características nos abren nuevas posibilidades para el habitar.

Convertimos el arbotante de la embarcación, que en velocidades menores se encontrará sumergido, en un espacio habitable para la observación.

Acapulco reúne diversos destinos de observación bajo la superficie de sus aguas, tal es el caso de estatuas, barcos hundidos, y arrecifes. Disponemos pues de este espacio, concebido en un inicio para contribuir a la sustentación del barco, como un espacio habitable para observar estos tesoros ocultos

Embarcación habitable a la observación del interior oceánico

Las características de un casco Hyswas son diferentes a un casco convencional. Estas características nos abren nuevas posibilidades para el habitar.

Convertimos el arbotante de la embarcación, que en velocidades menores se encontrará sumergido, en un espacio habitable para la observación.

Acapulco reúne diversos destinos de observación bajo la superficie de sus aguas, tal es el caso de estatuas, barcos hundidos, y arrecifes. Disponemos

pues de este espacio, concebido en un inicio para contribuir a la sustentación del barco, como un espacio habitable para observar estos tesoros ocultos.

Acapulco y su vía marítima.

Revisemos ahora las vías de desplazamiento marítimo del puerto a nivel local. Pudiéramos hablar a nivel internacional de la vía marítima que conecta a Acapulco con el mundo, utilizada por los pocos cargueros y cruceros que siguen arribando. Sin embargo la vía marítima que nos interesa revisar es a nivel local. La que conecta ciertas partes de la ciudad con otras. Ésta es la vía por la cual transita nuestra embarcación.

Cabe mencionar que el traslado de pasajeros por esta vía es predominantemente turístico. En su mayoría lanchas de cooperativas prestadoras de servicios turísticos, yates recreativos y de pesca deportiva.

Podemos definir 4 vías marítimas en Acapulco.

La bahía de Santa Lucía, conecta mediante sus aguas todas las playas que se encuentran en su perímetro. Conforman el anfiteatro principal del puerto. Cuenta con diversos puntos de embarque, como la terminal marítima, el malecón, club de yates y embarcadero de Playa Manzanillo.

La bahía de Puerto Marqués, de igual manera conecta las playas de su perímetro. Para embarcarse cuenta con el muelle Mahagua. Algunas lanchas embarcan desde las playas.

Canal de Bocachica. Comunica la Isla de la roqueta con la península

de las playas. Es la vía marítima más transitada de Acapulco. Podemos embarcarnos desde Caleta o Caletilla para desembarcar en alguno de los muelles de la isla.

Mar abierto. Esta vía es prácticamente utilizada para la pesca deportiva, sin embargo es necesario también salir a mar abierto para pasar de una bahía a otra. Lógicamente solo podremos trasladarse a esta zona por mar.

El desconocido como horizonte.

Según el texto Hay que ser Absolutamente Moderno de Godofredo Iommi, Baudelaire se abre la modernidad. Ya no será la armonía como fundamento de la belleza o viceversa.

En nuestro proyecto acogemos esta perspectiva poética de la técnica, pues no buscamos en la armonía la belleza ni en la belleza armonía. El desconocido, al menos para nosotros, es la sustentación de nuestro barco. Y es en aras de este desconocido que encaminamos nuestros experimentos.

Conclusión.

En el fondo lo que buscamos es una embarcación que se levante de la superficie del mar y corte la ola, haciéndose invisible a ella, evitando que sus pasajeros se mareen, volviéndola habitable a la contemplación del interior oceánico. Es mediante la sustentación que buscamos el elogio de las fuerzas naturaleza traduciéndola creativamente, según nosotros.

5. Fundamento técnico.

5.1. Flotabilidad y estabilidad.

Si el lector no está familiarizado con los conceptos básicos de estabilidad y flotabilidad en una embarcación, se recomienda revisar la tesis “ Lancha rápida con perfiles hidrodinámicos para la accesibilidad y conectividad de la Patagonia occidental” pág 112.

PROPIEDADES EMBARCACIÓN		
LOA	5.00	mt
Bmid	2.18	mt
Draft	1.50	mt
Depth	2.21	mt

LOA	Eslora
Bmid	Manga
Draft	Calado
Depth	Puntal
T	Calado
g.e.	Densidad/ Gravedad Especifica Agua
TPC	Tonelada Por Centimetro de Inmersión
Lwl	Eslora-Línea de agua
Bwl	Manga-Línea de agua
Vol	Volumen Desplazado
Despla	Desplazamiento

Curvas hidrostáticas.

Las curvas hidrostáticas son una manera de ver gráficamente información concerniente a la embarcación en diferentes niveles de calado.

Como parte del desarrollo de ésta investigación se concentraron los datos de las curvas hidrostáticas para el casco propuesto en la tesis : “Conectividad en las ciudades costeras y su extensión hacia el mar.” Nos apoyamos con la herramienta de Análisis Hidrostáticos del software Rhino 3d.

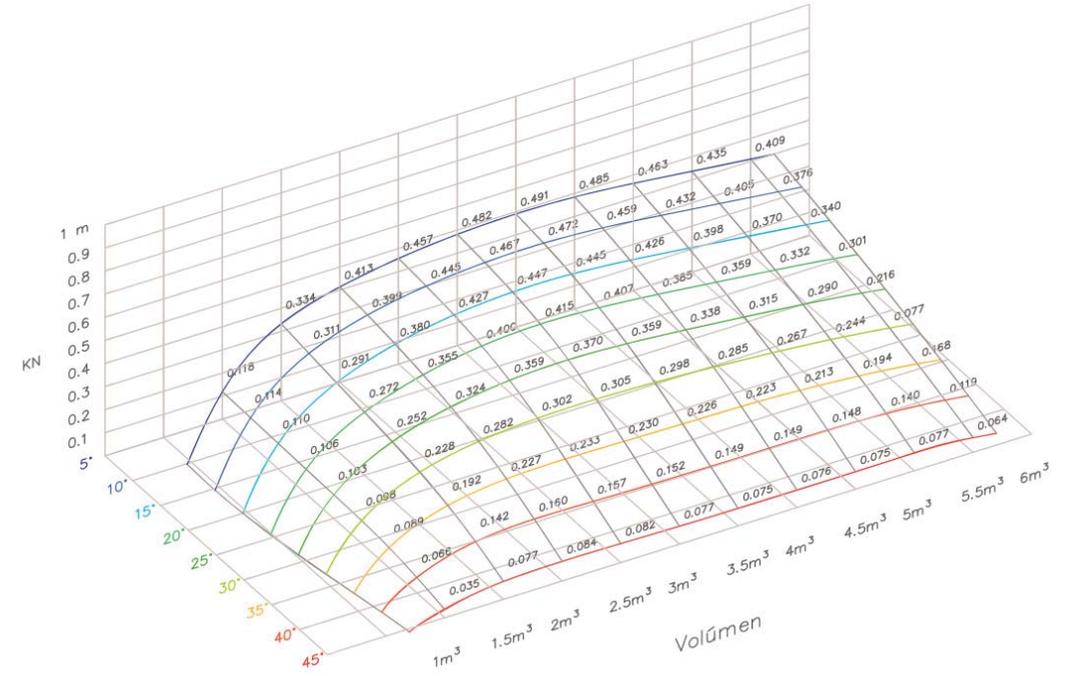
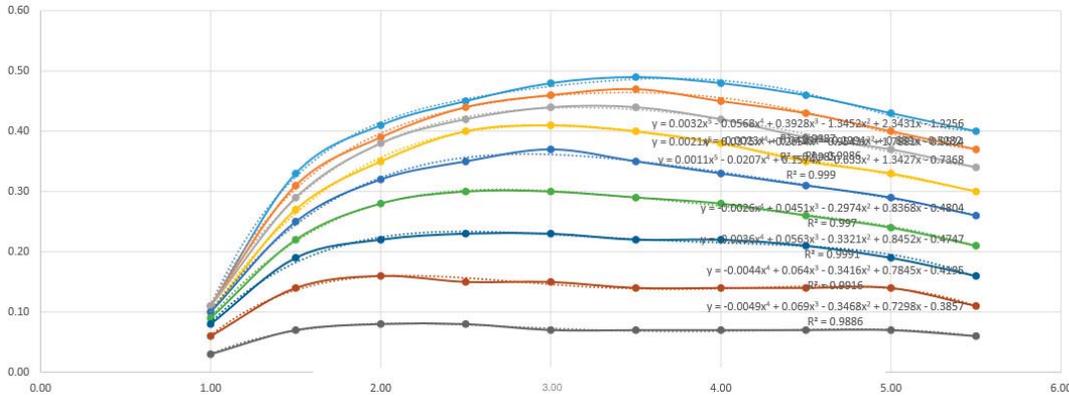
LCB	Longitud-Punto de referencia-Punto de de Boyantez
KB	Distancia Quilla-Punto de Boyantez
CB	Coefficiente de Block
LCF	Longitud-Punto de referencia-Punto de flotación
KF	Distancia Quilla-Punto de flotación
Aw	Área del plano de flotación
CW	Coefficiente del Área del plano de flotación
S	Área mojada del casco
Moment Inercia	Momento de Inercia
BM	Radio Metacéntrico Transversal
KM	Posición Vertical del Metacentro

Cortes	T mt	g.e. TM/m3	TPC TM TM	Lwl mt	Bwl mt	Vol m3	Desplazamiento TM	LCB mt	KB mt	CB	LCF mt	KF mt	Aw m2	CW	S m2	Momento Inercia m4	BM mt	KM mt
Lb L1	0.15	1.025	0.015	4.18	0.52	0.1021	0.1047	0.2303	0.1050	0.312	0.0505	0.15	1.48	0.681	1.73583	0.0197	0.19	0.30
Lb L2	0.30	1.025	0.015	4.18	0.52	0.3753	0.3847	0.0141	0.1929	0.574	0.0541	0.30	1.49	0.685	5.42277	0.0198	0.05	0.25
Lb L3	0.45	1.025	0.003	3.40	0.28	0.4942	0.5065	0.0547	0.2318	1.137	0.4053	0.45	0.29	0.303	7.03149	0.0013	0.00	0.23
Lb L4	0.60	1.025	0.002	3.21	0.23	0.5262	0.5394	0.0738	0.2493	1.184	0.3683	0.60	0.19	0.254	7.53365	0.0005	0.00	0.25
Lb L5	0.75	1.025	0.002	3.20	0.23	0.5542	0.5680	0.0892	0.2708	1.011	0.3836	0.75	0.19	0.258	7.97015	0.0005	0.00	0.27
Lb L6	0.90	1.025	0.003	3.26	0.24	0.5853	0.5999	0.1036	0.3005	0.846	0.3190	0.90	0.25	0.321	8.45994	0.0007	0.00	0.30
Lb L7	1.05	1.025	0.006	3.97	1.76	0.6388	0.6547	0.1294	0.3578	0.087	0.5658	1.05	0.55	0.079	9.59958	0.1231	0.19	0.55
Lb L8	1.20	1.025	0.015	4.37	1.86	0.7799	0.7994	0.1983	0.4989	0.080	0.3935	1.20	1.48	0.183	12.1556	0.4026	0.52	1.02
Lb L9	1.35	1.025	0.043	4.62	1.93	1.1549	1.1838	0.1971	0.7551	0.096	0.0232	1.35	4.23	0.474	16.6666	1.0062	0.87	1.63
Lb L10	1.50	1.025	0.073	4.80	1.98	2.0628	2.1143	0.1971	1.0527	0.145	0.3006	1.50	7.09	0.747	20.9876	1.7117	0.83	1.88
Lb L11	1.65	1.025	0.079	4.91	2.00	3.1754	3.2548	0.2465	1.2360	0.197	0.3686	1.65	7.66	0.783	23.0685	1.8679	0.59	1.82
Lb L12	1.80	1.025	0.080	4.94	2.00	4.3347	4.4431	0.2798	1.3668	0.244	0.3667	1.80	7.76	0.787	24.9387	1.8910	0.44	1.80
Lb L13	1.95	1.025	0.080	4.97	2.00	5.5015	5.6390	0.2977	1.4746	0.285	0.3622	1.95	7.80	0.787	26.7982	1.9036	0.35	1.82
Lb L14	2.10	1.025	0.004	0.50	0.98	5.8202	5.9657	0.2570	1.5026	5.683	2.2033	2.10	0.37	0.759	34.8882	0.0207	0.00	1.51

Curvas cruzadas.

Las curvas cruzadas son un gráfico que muestra el valor del brazo de adrizamiento (GZ) en diferentes valores de desplazamiento y ángulos de escora considerando la quilla (Q) como centro de gravedad.

Se muestran las curvas cruzadas para el casco antes citado.



ÁNGULOS DE ESCORA

Áng. Giro	5		10		15		20		25		30		35		40		45	
	Vol m3	KN eje X m																
0																		
1	1.00	0.11	1.00	0.110	1.00	0.11	1.00	0.10	1.00	0.10	1.00	0.09	1.00	0.08	1.00	0.06	1.00	0.03
2	1.50	0.33	1.50	0.310	1.50	0.29	1.50	0.27	1.50	0.25	1.50	0.22	1.50	0.19	1.50	0.14	1.50	0.07
3	2.00	0.41	2.00	0.390	2.00	0.38	2.00	0.35	2.00	0.32	2.00	0.28	2.00	0.22	2.00	0.16	2.00	0.08
4	2.50	0.45	2.50	0.440	2.50	0.42	2.50	0.40	2.50	0.35	2.50	0.30	2.50	0.23	2.50	0.15	2.50	0.08
5	3.00	0.48	3.00	0.460	3.00	0.44	3.00	0.41	3.00	0.37	3.00	0.30	3.00	0.23	3.00	0.15	3.00	0.07
6	3.50	0.49	3.50	0.470	3.50	0.44	3.50	0.40	3.50	0.35	3.50	0.29	3.50	0.22	3.50	0.14	3.50	0.07
7	4.00	0.48	4.00	0.450	4.00	0.42	4.00	0.38	4.00	0.33	4.00	0.28	4.00	0.22	4.00	0.14	4.00	0.07
8	4.50	0.46	4.50	0.430	4.50	0.39	4.50	0.35	4.50	0.31	4.50	0.26	4.50	0.21	4.50	0.14	4.50	0.07
9	5.00	0.43	5.00	0.400	5.00	0.37	5.00	0.33	5.00	0.29	5.00	0.24	5.00	0.19	5.00	0.14	5.00	0.07
10	5.50	0.40	5.50	0.370	5.50	0.34	5.50	0.30	5.50	0.26	5.50	0.21	5.50	0.16	5.50	0.11	5.50	0.06

5.2. Perfiles alares.

Un perfil alar es la forma del área transversal de un elemento que, al desplazarse en un fluido, genera una diferencia de presiones y fuerza de sustentación. Se emplean en el diseño de superficies de sustentación, como las alas de una aeronave.

Se denomina Hydrofoil o hidroala a una embarcación que emplea superficies de sustentación para elevar su casco. Con esto, reducirá la fricción y el efecto de la ola.

Elementos de un perfil alar.

“1. La línea de cuerda: es una línea recta que une el borde de ataque y el borde de fuga del perfil.

2. La cuerda: es la longitud de la línea anterior. Todas las dimensiones de los perfiles se miden en términos de la cuerda.

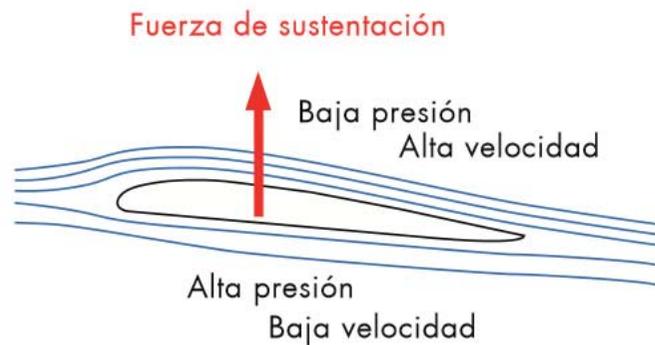


Figura 51. Esquema Efecto Bernoulli en un perfil alar. Conectividad en las ciudades costera y su extensión hacia el mar. Chavez 2013.

3. La línea de curvatura media: es la línea media entre el extradós y el intradós.

4. Curvatura máxima: es la distancia máxima entre la línea de curvatura media y la línea de cuerda. La posición de la curvatura máxima es importante en la determinación de las características aerodinámicas de un perfil.

5. Espesor máximo: es la distancia máxima entre la superficie superior e inferior (extradós e intradós). La localización del espesor máximo también es importante.

6. Radio del borde de ataque: es una medida delafilamiento del bordedeataque. Puede variar desde 0, para perfiles supersónicosafilados, hasta un 2 por 100 (de la cuerda) para perfiles más bien achatados.” (Arriagada, 2006,7).

Se recomienda al lector remitirse a la tesis “Lancha rápida con perfiles hidrodinámicos para la accesibilidad y conectividad de la Patagonia occidental “ pág. 72 para más antecedentes.

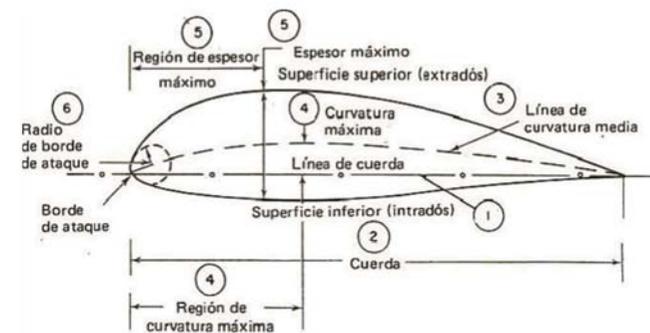


Figura 52. Elementos de un perfil alar. Diseño de habitabilidad en una embarcación con hidroalas para los canales de la Patagonia occidental Chilena. Arriagada J. 2006.

5.3. Olas.

Las olas son ondas que se desplazan a través del agua, transportando energía. Se generan por el arrastre de la fricción del viento con la superficie del agua. Revise mayores antecedentes sobre olas en la tesis “Sistema de transporte colectivo de pasajeros, mediante embarcación tipo “Hyswas” para el territorio marítimo de Valparaíso.” pág. 182.

Asomeramiento.

Una ola que se propaga disminuye gradualmente su longitud y celeridad de onda e incrementa su altura, deformándose. Las aguas se definen como profundas, someras o intermedias, según la relación entre la profundidad y la longitud de onda.

Arrufo y quebranto.

Los esfuerzos de arrufo y quebranto son combinaciones de fuerzas que sufren las embarcaciones y pueden causarles severos daños estructurales. Se llama arrufo al esfuerzo eleva simultáneamente proa y popa acentuando una curvatura central coincidente con el valle de la ola. A la inversa, el quebranto acentúa la curvatura coincidente a la cresta de la ola.

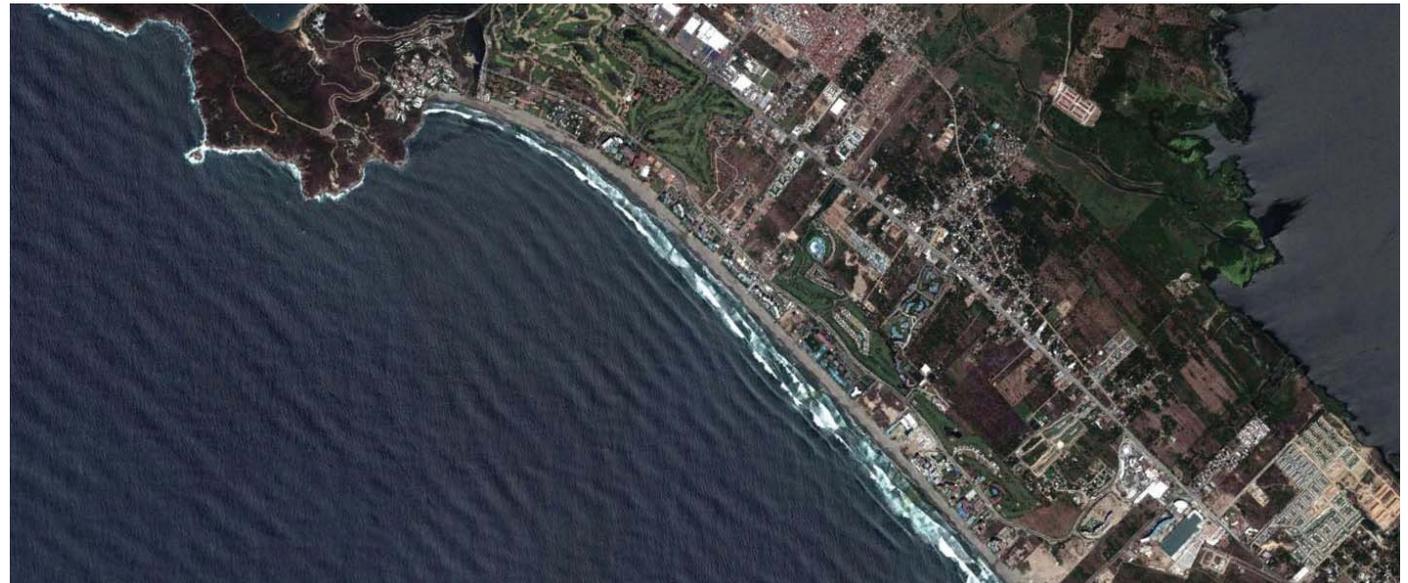


Figura 53.

Oleaje en las playas de Acapulco. Fuente: Google Earth.

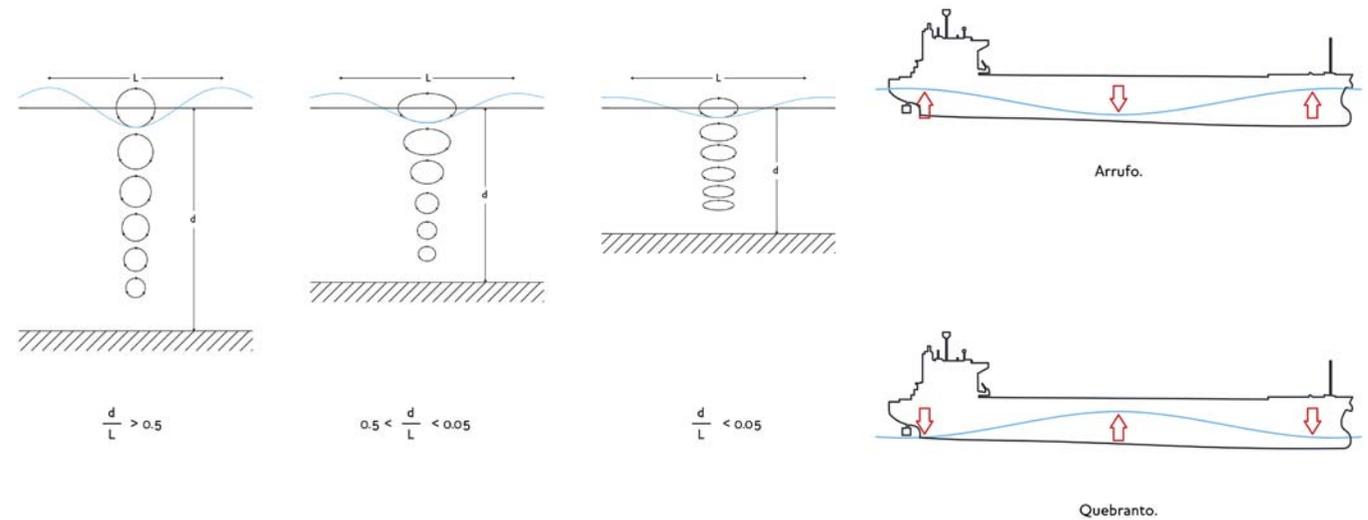


Figura 54.

Asomeramiento y combinación de fuerzas de arrufo y quebranto. Fuente: Propia.

5.4. Teoría de modelos.

La teoría de modelos se emplea en la realización de modelos a escala para pruebas en canales de arrastre, de flujo continuo, túneles de viento o similares. Esto con el fin de que los resultados de las pruebas sean lo más cercano a realidad.

Semejanza geométrica y cinemática.

Para esta investigación cobran relevancia las semejanzas de dimensión, masa y velocidad.

Se escogió la escala 1:16. La semejanza dimensional se define como:

$$\lambda = \frac{L_p}{L_m} \quad L_m = \frac{L_p}{\lambda}$$

En donde la longitud del modelo (L_m) es igual a la longitud del prototipo (L_p) dividido entre la escala (λ).

La semejanza de masa se define como:

$$\lambda^3 = \frac{M_p}{M_m} \quad M_m = \frac{M_p}{\lambda^3}$$

En donde la masa del modelo (M_m) es igual a la masa del prototipo (M_p) dividido entre la escala (λ) al cubo.

La semejanza de velocidad según el Número de Froude se define como:

$$V_m = V_p \sqrt{\frac{L_m}{L_p}} = \frac{V_p}{\sqrt{\lambda}} \quad V_m = \frac{V_p}{\sqrt{\lambda}}$$

En donde la Velocidad de modelo (V_m) es igual a la velocidad del prototipo dividido entre la raíz cuadrada de la escala.

5.5. Proceso constructivo para lanchas de aluminio.

En las investigaciones anteriores se han estudiado las ventajas del empleo del aluminio náutico en la construcción de embarcaciones con hidroalas. Se considera un material ligero, comparado con otros materiales como el acero o la fibra de vidrio, así como su relativo bajo costo de mantenimiento y reparación.

Se toma como referencia del proceso constructivo de la empresa Sitecna para lanchas de aluminio. Así lo describe Leslie Krebs:

“1. El diseño de la estructura se realiza por medio de programas CAD-CAM (Diseño asistido por computadora y fabricación asistida por ordenador); Sitecna utiliza el programa MaxSurf, lo que permite la definición exacta de las piezas que componen la estructura. Todo el proceso de diseño es digital, no se construyen modelos.

2. Una vez definidas las piezas, se cortan con una máquina por medio de control numérico (corte de plasma), siendo finalmente las piezas exactamente iguales a como se definieron.

3. Se construye de afuera hacia adentro. Primero se arma el forro (bandas y paredes laterales) y luego se presentan en un bastidor y se sueldan las cuadernas. Esto para acelerar el proceso constructivo.

4. Las planchas son cortadas lisas y toman la curvatura del casco al ser soldadas.

5. Se suelda la quilla y las vigas longitudinales, estructuradas por medio de perfil en L.

6. El plegado de planchas en caso de ser necesario se hace en forma manual.

7. Luego de tener la estructura del casco se construyen las zonas estancas y la superestructura.

8. Se instalan los diferentes sistemas; bombas, motores, sistemas eléctricos, etc.

9. Se construyen e instalan los elementos correspondientes a la habitabilidad de la lancha.”



Figura 54.

Proceso constructivo de cascos en aluminio. Fuente: Krebs, 2013.

6. Hipótesis.

1. Mediante un bulbo de quilla sumergido, evitar el cabeceo. Mediante perfiles alares, evitar los movimientos de escora al levantarse la lancha de la ola.
2. Mediante rampa articulada de popa, lograr extensión hasta conectar con muelle o playa.
3. Generar accesos al bulbo y dotarlo de ventanas.

7. Metodología.

7.1. Espiral de diseño.

El proyecto de un buque, o en nuestro caso de una lancha, es un proceso iterativo y cíclico. La espiral de diseño es una metodología desarrollada para ordenar los requerimientos en un proyecto de arquitectura naval, que puede también aplicarse a otros proyectos de arquitectura y diseño. Se definen las fases del proyecto como:

Proyecto conceptual: Su objetivo es estudiar la viabilidad del proyecto, se estima el coste de la obra y se definen las especificaciones.

Proyecto Preliminar: Definición precisa de las características de la obra y oferta económica del constructor.

Proyecto contractual: Soporte técnico al contrato.

Podemos ubicar esta investigación en la etapa de proyecto conceptual.

7.2. Modelo de pruebas.

Se desarrollo un modelo con semejanza dinámica de dimensión y masa. Se trabaja a partir del casco utilizado en el proyecto “Lancha rápida con perfiles hidrodinámicos para la accesibilidad y conectividad marítima de La Patagonia Occidental”. Sobre él se diseña un bulbo y arbotante. Se adapta a la escala 1:16. Posteriormente se modificará el sistema calibración y se

realizará un modelo de habitabilidad que muestre la super estructura de la nave.

7.3. Canal de arrastre.

Utilizamos el canal de arrastre de Ciudad Abierta, para probar el modelo a escala de nuestra embarcación. Los ensayos se realizan remolcando el modelo y obteniendo mediciones sobre su roce y velocidad. El roce se mide con un dinamómetro montado en el casco y la velocidad con un sistema telemétrico. Los datos son recabados en la computadora y graficados por un software. De esta manera calculamos la potencia necesaria para nuestro prototipo.

Se realizan pruebas previas sin medición y remolcando con un sistema de rueda de bicicleta. Ahí probaremos con diferentes ángulos de ataque en las alas y variaremos la masa del modelo. Después de encontrar el comportamiento esperado en el modelo (reducir cabeceo y escora) remolcaremos con un sistema de escalera y contrapesos que brinda una aceleración constante. Entonces se recabaran las mediciones con dinamómetro. Para conocer el sistema de remolque del Magister, revise la tesis “Lancha rápida con perfiles hidrodinámicos para la accesibilidad y conectividad marítima de La Patagonia Occidental” pág. 145.



Figura 54. Esquema partes de una embarcación Swath. Fuente: Carolina Chávez, 2013, Sistema de transporte colectivo para pasajeros mediante embarcación hyswas para el territorio marítimo de Valparaíso

7.4. Canal de olas.

Se hicieron ensayos en el canal de olas de la Escuela para revisar el comportamiento del casco ante el oleaje de manera estática. Se suspendió el modelo a la altura de línea de agua en vuelo a 16 nudos. Posteriormente se generó el oleaje a diferentes configuraciones.

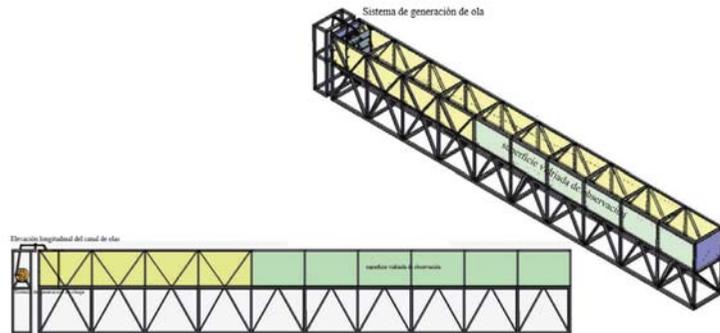


Figura 55. Esquema canal de olas. Magister Náutico y Marítimo, 2010.

7.5. Planos y modelo digital.

Se modeló digitalmente el casco con Rhino 3d. A partir de él se proyectó la habitabilidad de la embarcación con en el mismo software. De este modelo obtuvimos planos y perspectivas. También nos ayudó a materializar el modelo de habitabilidad con ayuda de herramientas CAM y analógicas.

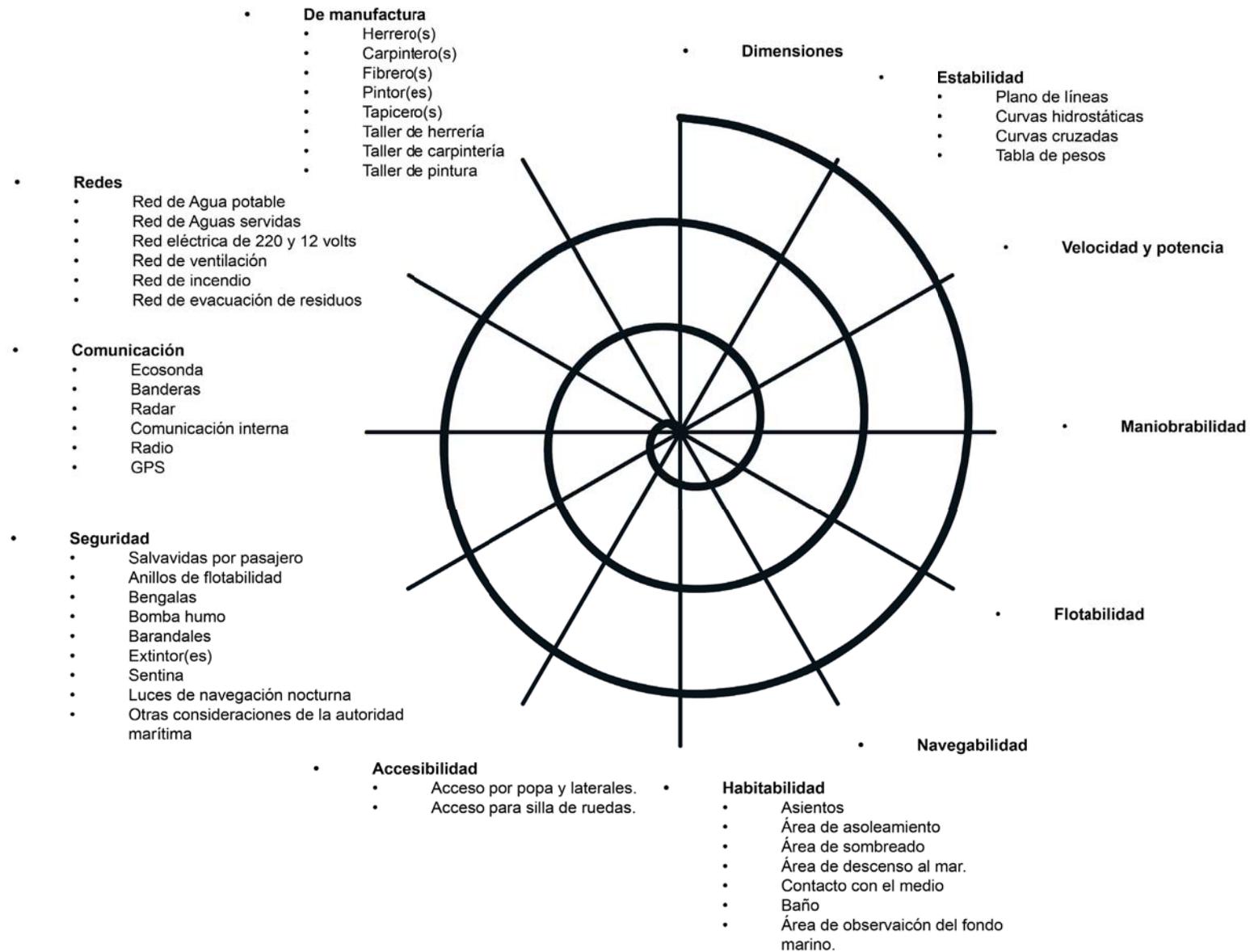
7.6. Cálculo de potencia efectiva.

Se realiza el cálculo de potencia efectiva con los datos recogidos por el dinamómetro en las pruebas de canal de arrastre. Para este cálculo utilizamos una plantilla en Excel desarrollada por el magister de la Escuela.

Se calcula la potencia efectiva en los segundos 3, 6, 9 y 13 de la prueba No. 5, considerada la prueba representativa. El dinamómetro arroja mediciones de roce y velocidad. Estos datos se grafican en una plantilla Excel y se determina la relación óptima de potencia y velocidad para la embarcación.

8. Resultados.

8.1. Espiral de diseño.



8.2. Modelo de pruebas. Primera etapa.

Se empleó el canal de arrastre de Ciudad Abierta. Los ensayos se realizan remolcando el modelo y obteniendo mediciones sobre su roce y velocidad. El roce se mide con un dinamómetro montado en el casco y la velocidad con un sistema telemétrico. Los datos son recabados en la computadora y graficados por un software. De esta manera calculamos la potencia necesaria para nuestro prototipo.

El modelo se remolca a base de un sistema de poleas y contrapeso de caída libre. Cada prueba se mide con contrapesos distintos. Las gráficas fueron obtenidas por un software propiedad de la PUCV. El software nos arroja los datos en una tabla de Excel. Éstos serán utilizados para el cálculo de la potencia efectiva.

Se trabaja a partir del casco desarrollado en el proyecto “Lancha rápida con perfiles hidrodinámicos para la accesibilidad y conectividad marítima de La Patagonia Occidental” de Leslie Krebs.

Los resultados que obtuvo Krebs fueron: “Cálculo potencia efectiva, velocidad crucero 20 nudos: 360HP; máxima: 25 nudos 480HP. Angulo ataque del perfil: 1,5° en popa y 2,5 ° en proa. 15 Toneladas de desplazamiento.”



Figura 56.

Pruebas de modelo de Leslie Krebs. Fuente: Krebs, 2013

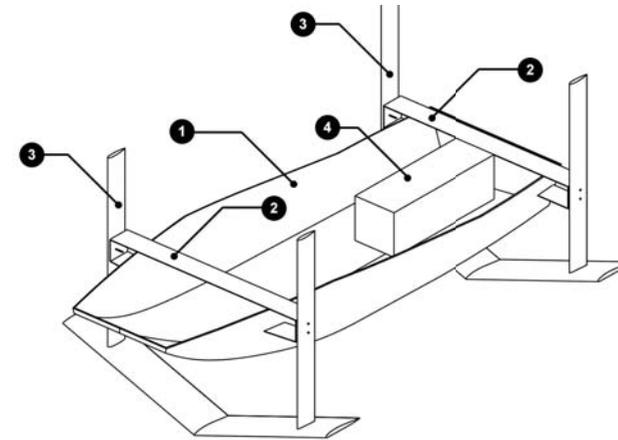


Figura 57.

Elementos del modelo de Krebs. Fuente: Propia.

Los componentes del modelo son:

1. Casco. Fabricado en láminas de fibra de vidrio y reforzado en su interior con resina y fibra de vidrio. Tiene 1110 mm de eslora por 355 mm de manga.
2. Sistema de sujeción. Fabricado en aluminio, une el casco con las alas.
3. Alas de proa y popa. Fabricadas en madera protegidas con un glass y laca.
4. Dinamómetro y caja. Medirá la resistencia al avance.

Para ésta investigación se escoge las escala 1:16.

La hipótesis específica del modelo fué fabricar un bulbo y arbotante montable al modelo existente con la posibilidad de variar el peso para ajustar la densidad. El bulbo deberá permitir la regulación de grados en los ángulos de ataque de las alas.

El bulbo se torneó de un barrote de madera. Se sustrajo material con formón para permitir espacio a las alas y rauter manual para recibir al arbotante

La forma del arbotante se cortó de un bloque madera en la cierra de cinta. Después se corto en la parte superior la forma de la cuaderna maestra para embonar al casco. Se hacen dos barrenos por donde atravesarán los pernos que ensamblan el modelo.

Se colocaron dos pernos sobre la base plana del bulbo con tuercas inserto. Estos pernos atraviesan el arbotante y casco y se atornillan por dentro del mismo.

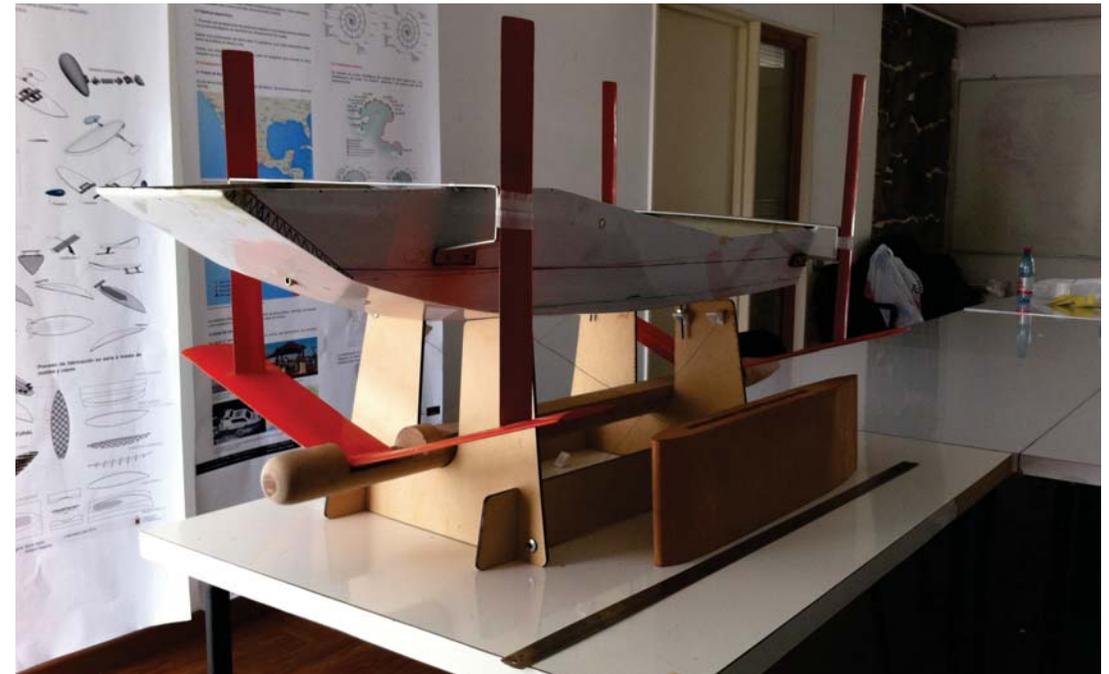


Figura 58.

Fabricación de modelo Hyswas. Fuente: Propia.

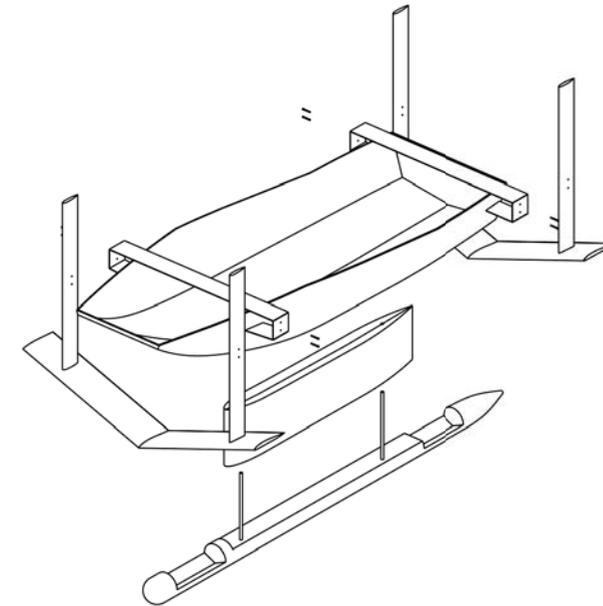


Figura 59.

Despiece de modelo Hyswas. Fuente: Propia.

Los elementos que componen al modelo son:

Elemento.	Peso (kg).
1. Casco y sist. de sujeción de alas	4.275
2. Dinamómetro y caja.	1.34
3. Hidroala proa.	0.915
4. Hidrpala popa.	0.88
5. Bulbo.	1.665
6. Arbotante	1.955
Total.	11.03

La madera resultó adecuada para la geometría del bulbo y arbotante. Se había considerado hacer huecos para agregar peso y así aumentar la densidad de los elementos pero el material resultó adecuado en relación con la semejanza de peso del prototipo.

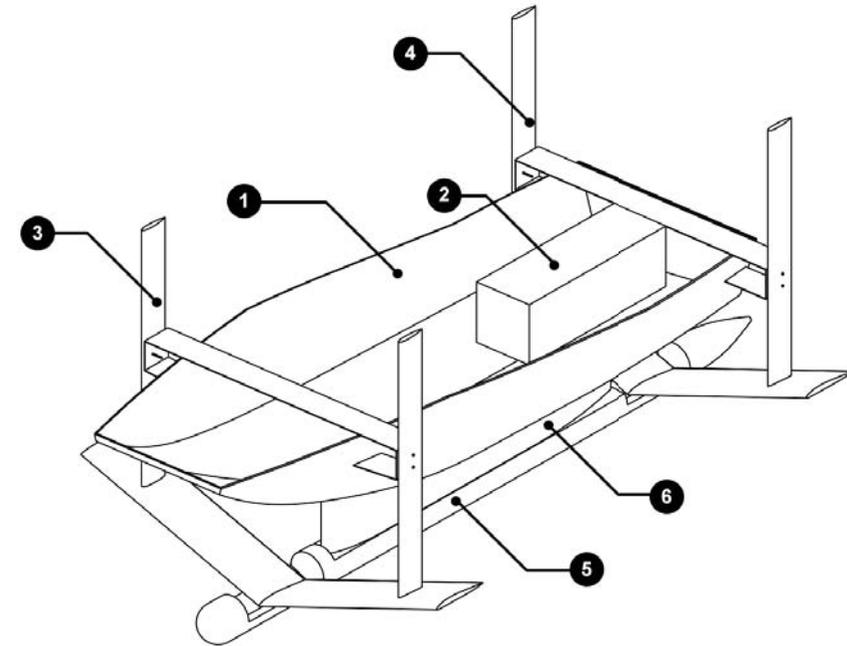


Figura 60.

Elementos del modelo Hyswas. Fuente: Propia.



Figura 61.

Fabricación de modelo Hyswas. Fuente: Propia.



Figura 62.

Modelo en el canal de olas. Fuente: Propia.

Los cuatro puntos donde se unen las alas con el aluminio son los ejes de giro.

El tornillo de arriba es el pivote, el de abajo asegura el ángulo de ataque.

Con esto tendremos la posibilidad de realizar pruebas con distintos ángulos de ataque. El rango en ala de proa es de 0° a 5° , en ala de popa es de 0° a 3° .

Instrumentos de medición.

1. Dinamómetro electrónico para 50 N marca Handpi modelo HP-50.
2. Sensor de velocidad con estructura metálica
3. Módulo de comunicación inalámbrico para dinamómetro electrónico
4. Módulo de medición, cálculo y transmisión de datos de velocidad
5. Módulo USB de recepción de datos inalámbricos.
6. Cargador de Batería de Plomo del Módulo de velocidad.

El dinamómetro se posiciona adentro del casco, en una caja hermética. Registrará la fuerza de arrastre. El sensor de velocidad se posicionara en la base flotante del canal de arrastre.

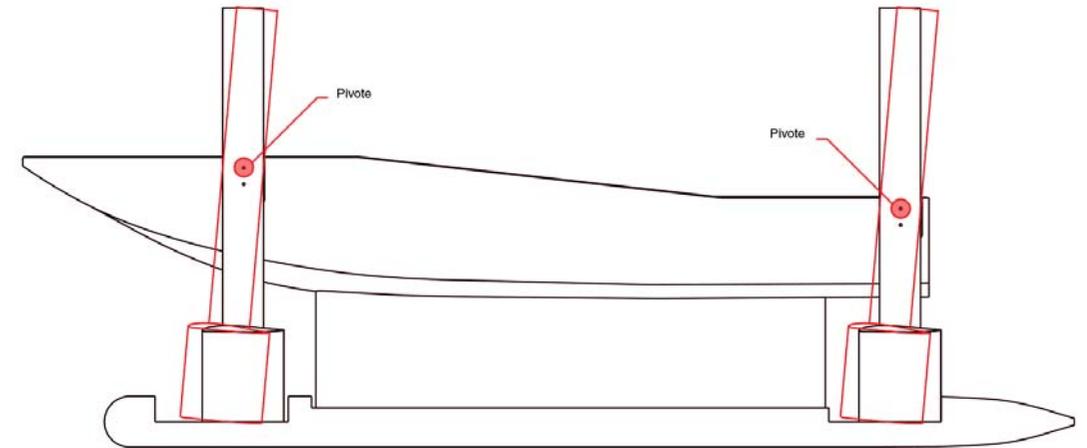


Figura 63.

Calibración de modelo, esquema. Fuente: Propia.

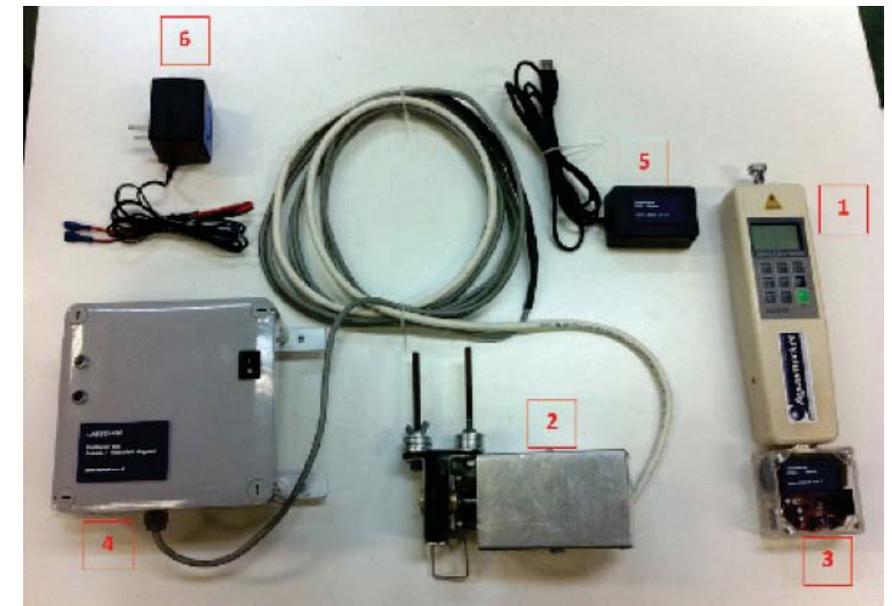
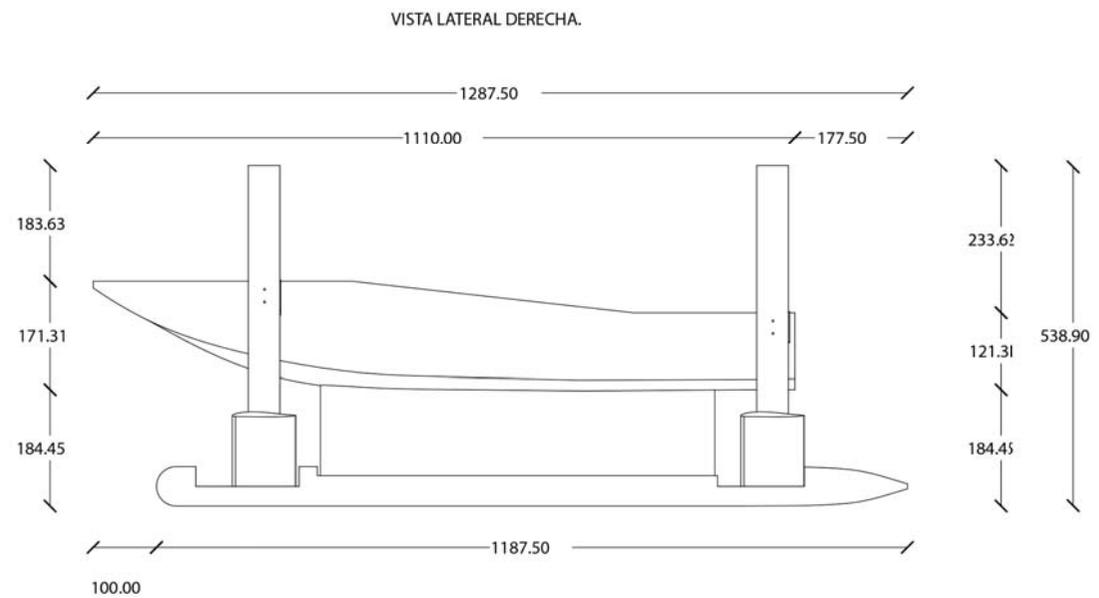
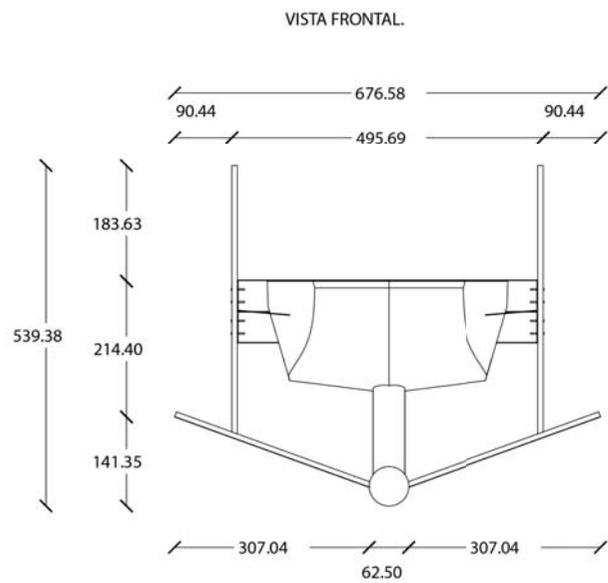
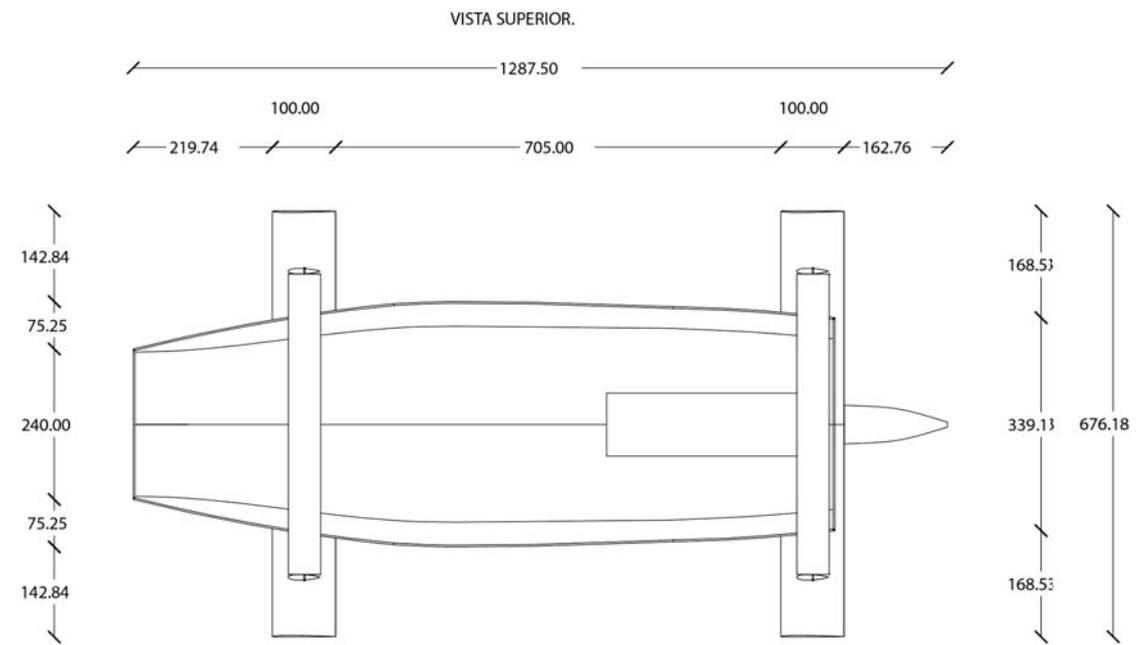


Figura 64.

Elementos de dinamómetro.. Fuente: Magister Náutico y Marítimo, 2010.

8.2.1 Planos de modelo.



8.2.2 Modelo digital.

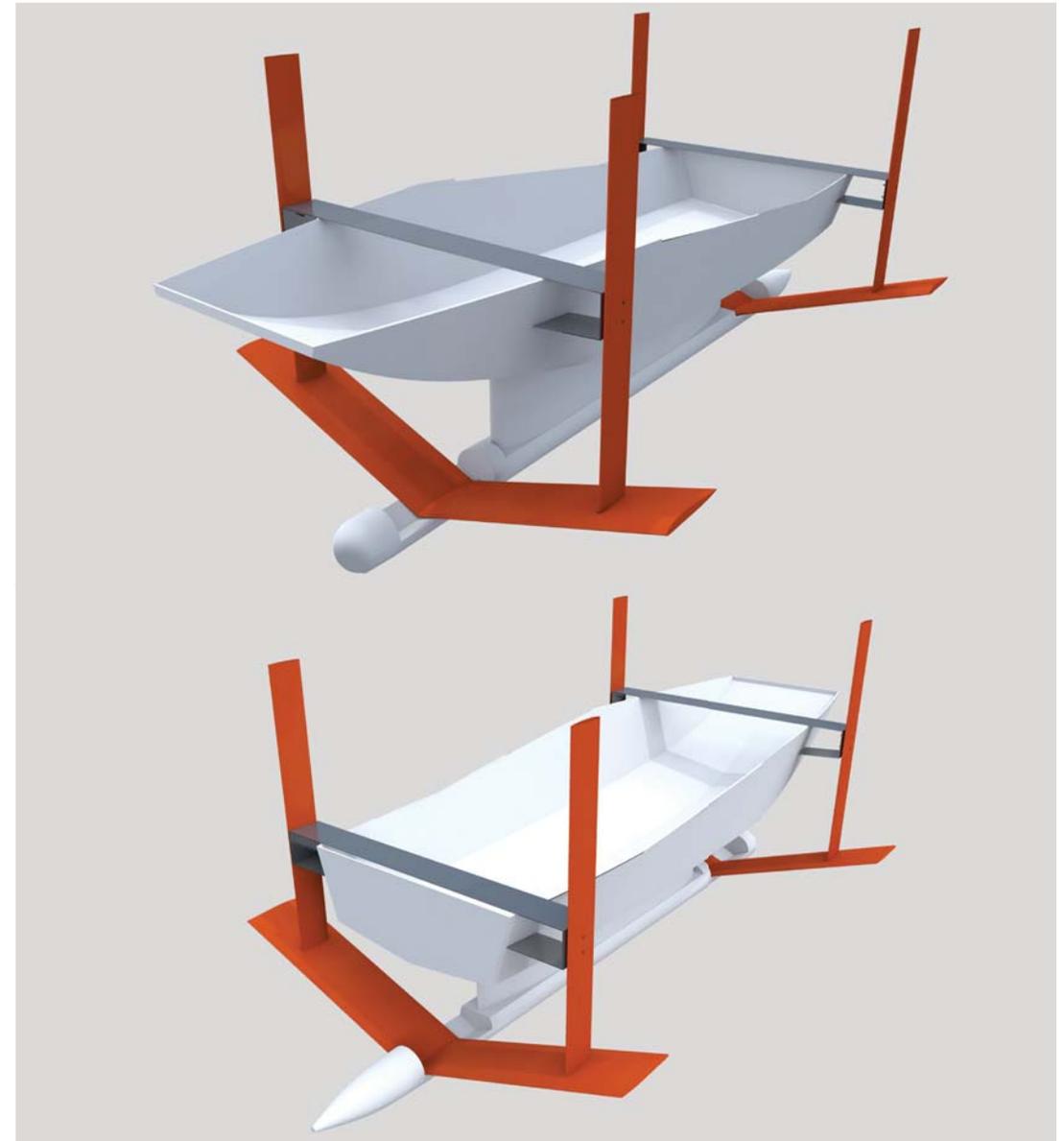
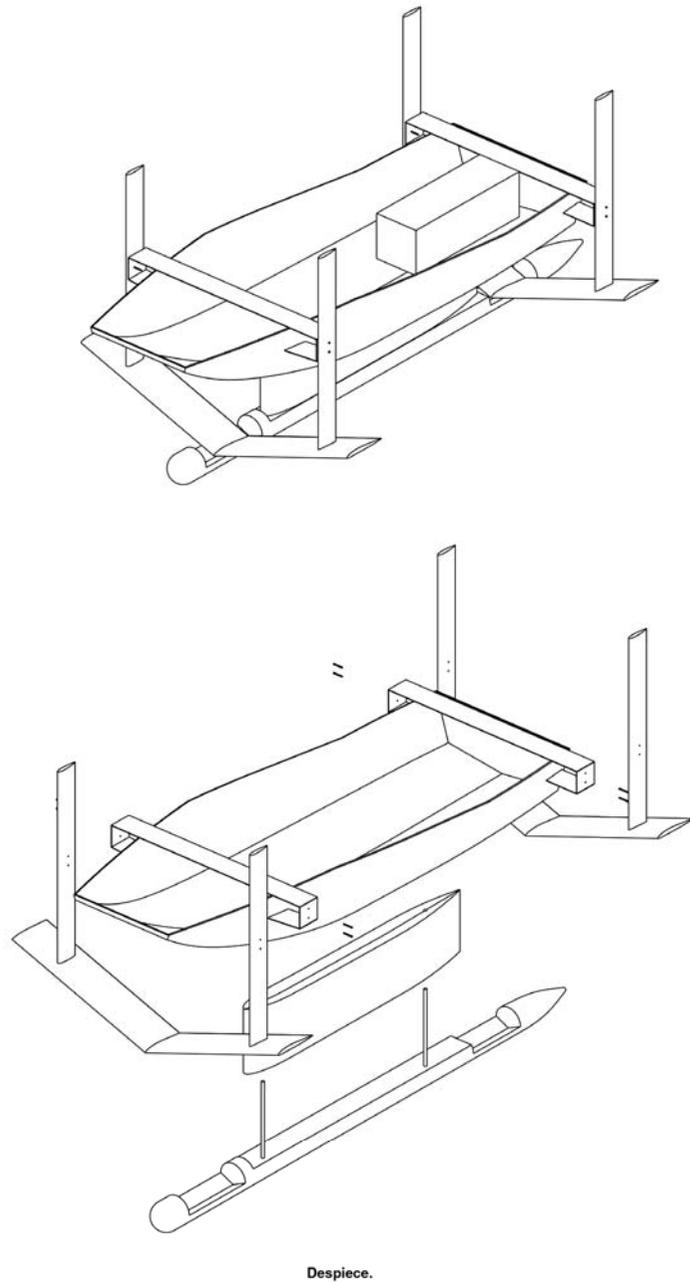


Figura 65.

Perspectivas del modelo digital. Fuente : Propia.

8.2.4. Canal de arrastre.

Previo a las pruebas con dinamómetro, se realizaron pruebas sin medición. Esto con el fin de comprobar el funcionamiento del modelo y calibrarlo según sea necesario. Las pruebas se realizan remolcando el modelo con una rueda de bicicleta. Se probó el modelo solamente con las alas, es decir, el modelo de la tesis “Lancha rápida con perfiles hidrodinámicos para la accesibilidad y conectividad marítima de La Patagonia Occidental”. Posteriormente se puso el bulbo y arbotante, se recalibró y se comprobó su funcionamiento.



Modelo sin bulbo. Fuente: Propia.



Modelo con bulbo. Fuente: Propia.

Comprando el comportamiento del modelo se observa que con el bulbo reduce el cabeceo del casco respecto a las pruebas sin bulbo. Se logra elevar el casco y se consigue una navegación más calma. La configuración de ángulos de ataque con bulbo es de 5° en proa y 2° en popa. Sin bulbo la configuración habría sido de 2.5° en proa y 1.5° en popa. Habiendo conseguido el comportamiento esperado del modelo, se realizarán las pruebas con medición.

Prueba No. 1.

Fecha: 28/11/2015.

Lugar: Estero Mantagua.

Peso del modelo: 11.03 kg.

Contrapeso: 10 kg

Ángulo de ataque ala de proa: 5°

Ángulo de ataque ala de popa: 2°

Velocidad en inicio de vuelo: 1 m/s

Resistencia en inicio de vuelo: 240 gr

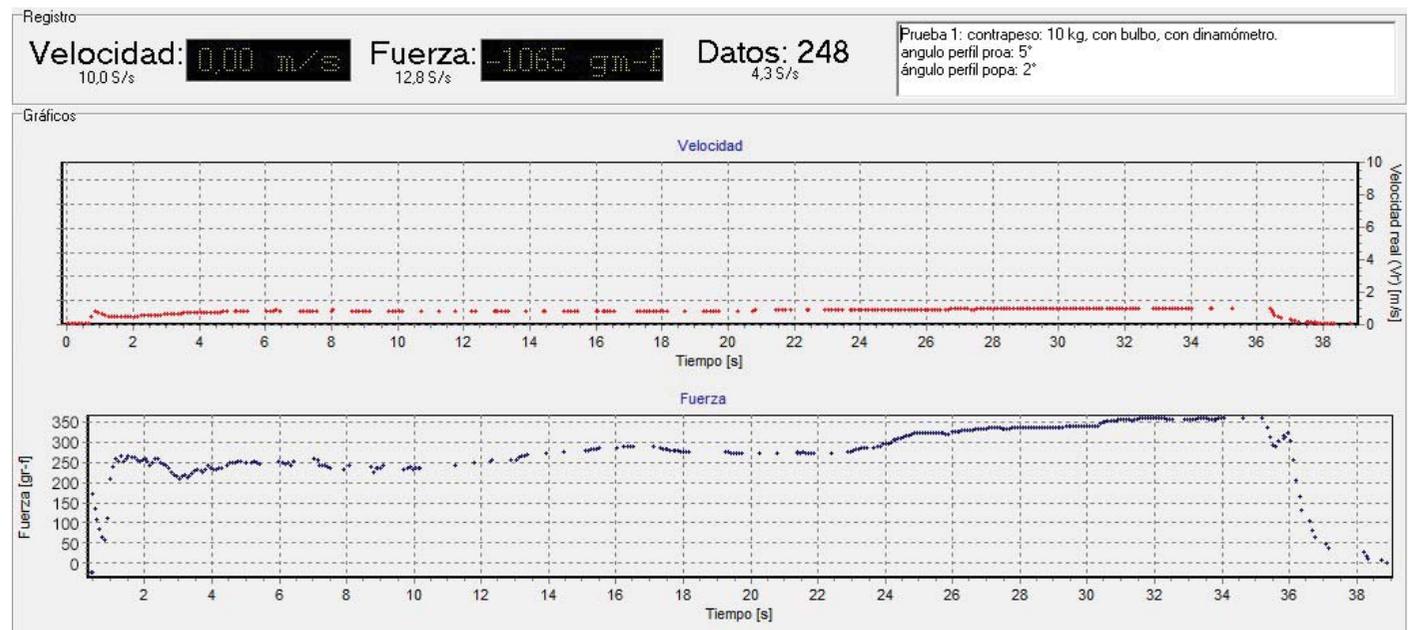


Gráfico Prueba No. 1.



Secuencia de arrastre Prueba No. 1.

El casco se levanta levemente a los 10 segundos de arrastre.

Prueba No. 2.

Fecha: 28/11/2015.

Lugar: Estero Mantagua.

Peso del modelo: 11.03 kg.

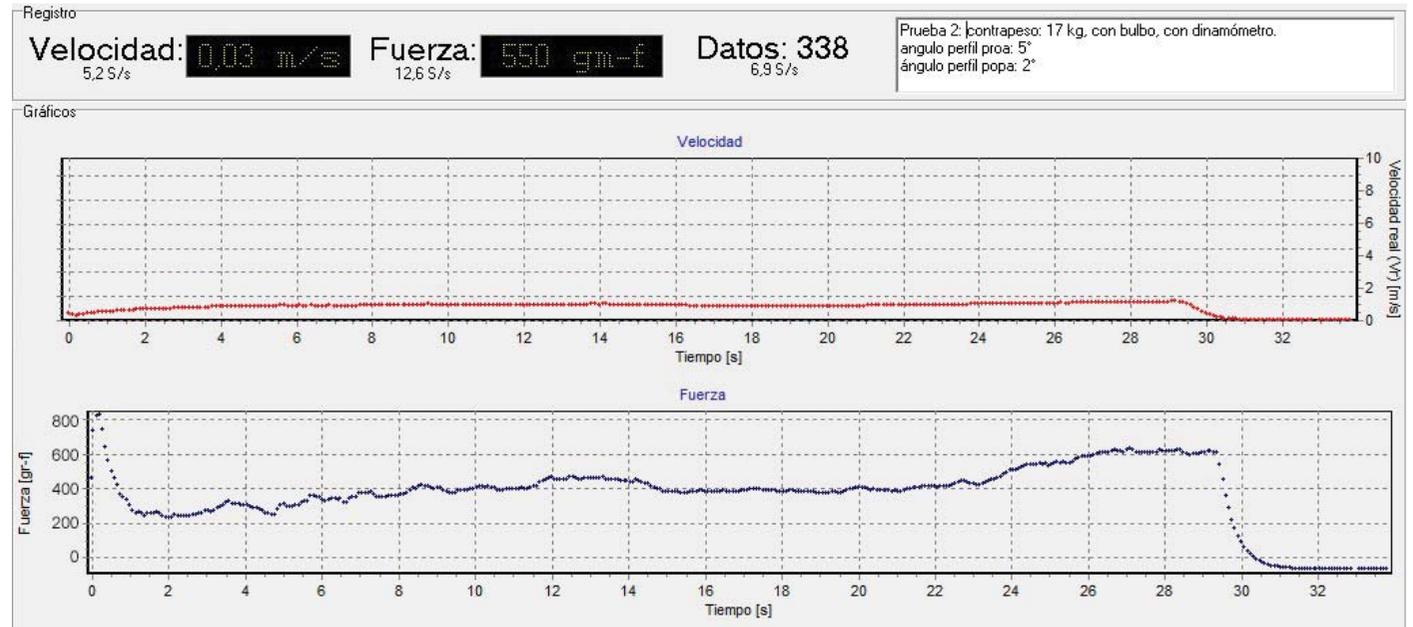
Contrapeso: 17 kg

Ángulo de ataque ala de proa: 5°

Ángulo de ataque ala de proa: 2°

Velocidad en inicio de vuelo: 1.7 m/s

Resistencia en inicio de vuelo: 400 gr



Secuencia de arrastre Prueba No. 2.

Prueba exitosa. El casco se levanta levemente a los 10 segundos de arrastre.

Prueba No. 3.

Fecha: 28/11/2015.

Lugar: Estero Mantagua.

Peso del modelo: 11.03 kg.

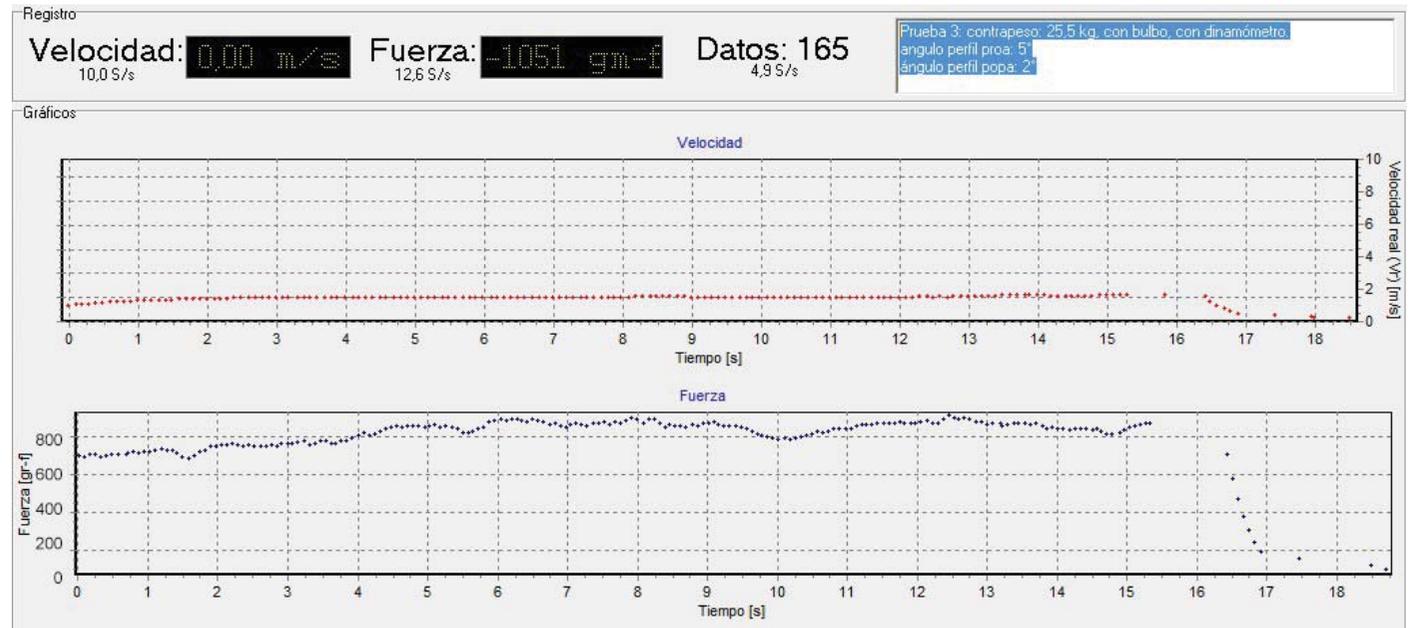
Contrapeso: 25.5 kg

Ángulo de ataque ala de proa: 5°

Ángulo de ataque ala de proa: 2°

Velocidad en inicio de vuelo: 2 m/s

Resistencia en inicio de vuelo: 800 gr



Secuencia de arrastre Prueba No. 3.

Prueba exitosa. El casco se levanta a a los 10 segundos de arrastre.

Prueba No. 4.

Fecha: 28/11/2015.

Lugar: Estero Mantagua.

Peso del modelo: 11.03 kg.

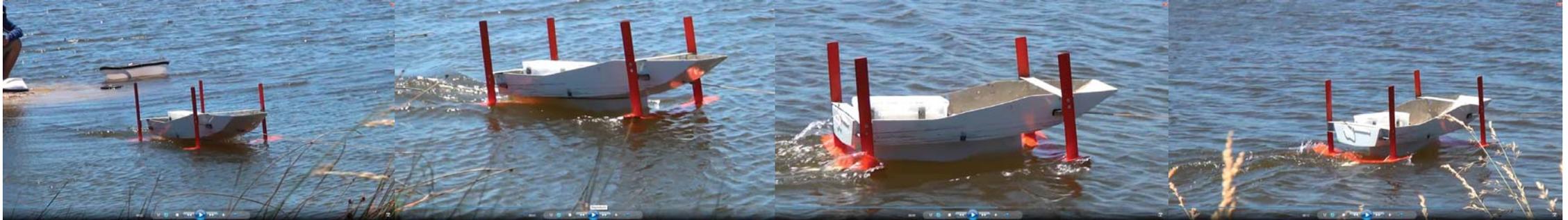
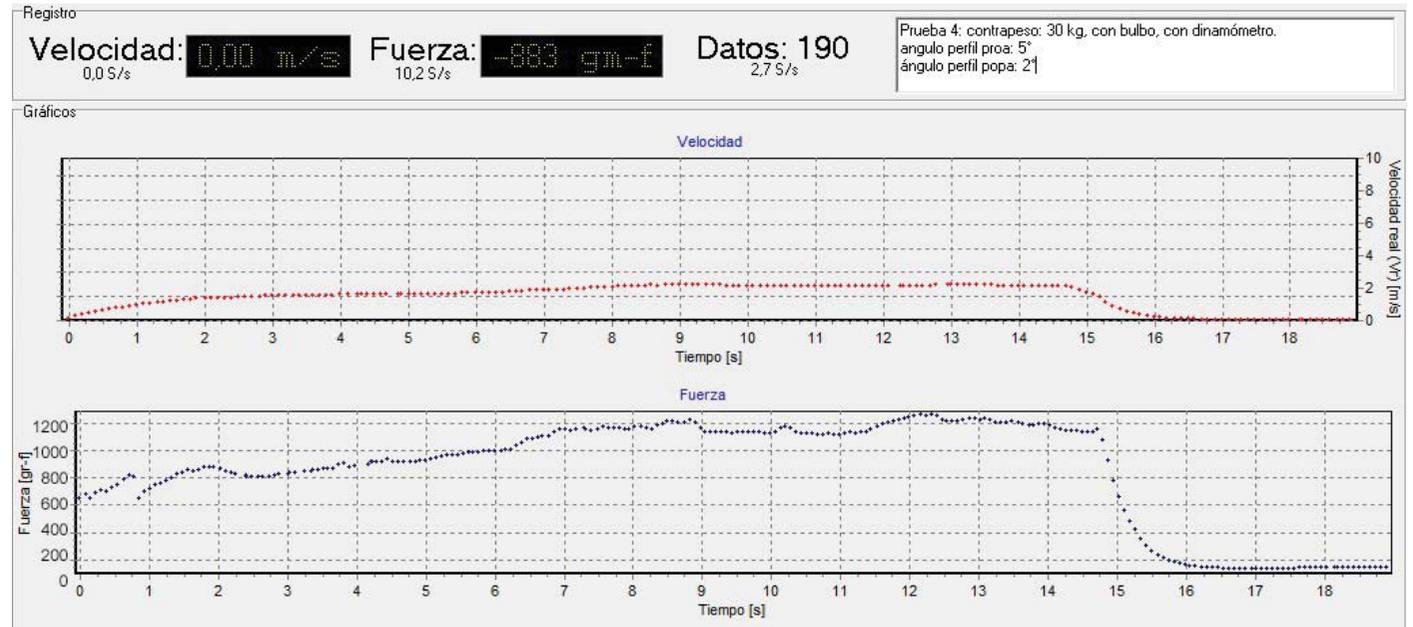
Contrapeso: 30 kg

Ángulo de ataque ala de proa: 5°

Ángulo de ataque ala de proa: 2°

Velocidad en inicio de vuelo: 2 m/s

Resistencia en inicio de vuelo: 900 gr



Secuencia de arrastre Prueba No. 3.

Prueba exitosa. El casco se levanta a los 5 segundos de arrastre.

Prueba No. 5.

Fecha: 28/11/2015.

Lugar: Estero Mantagua.

Peso del modelo: 11.03 kg.

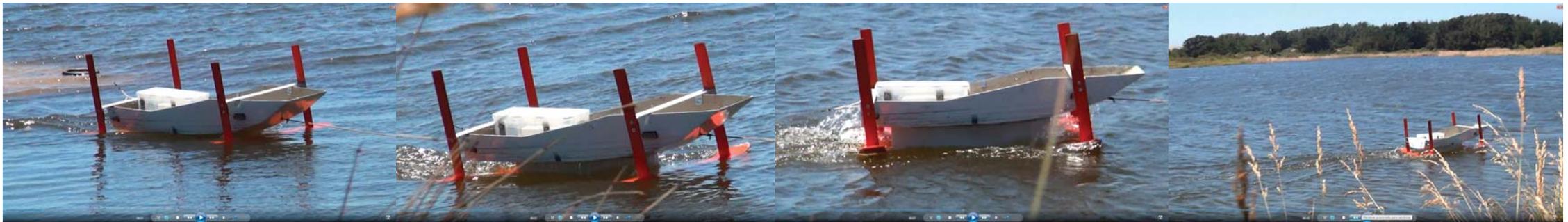
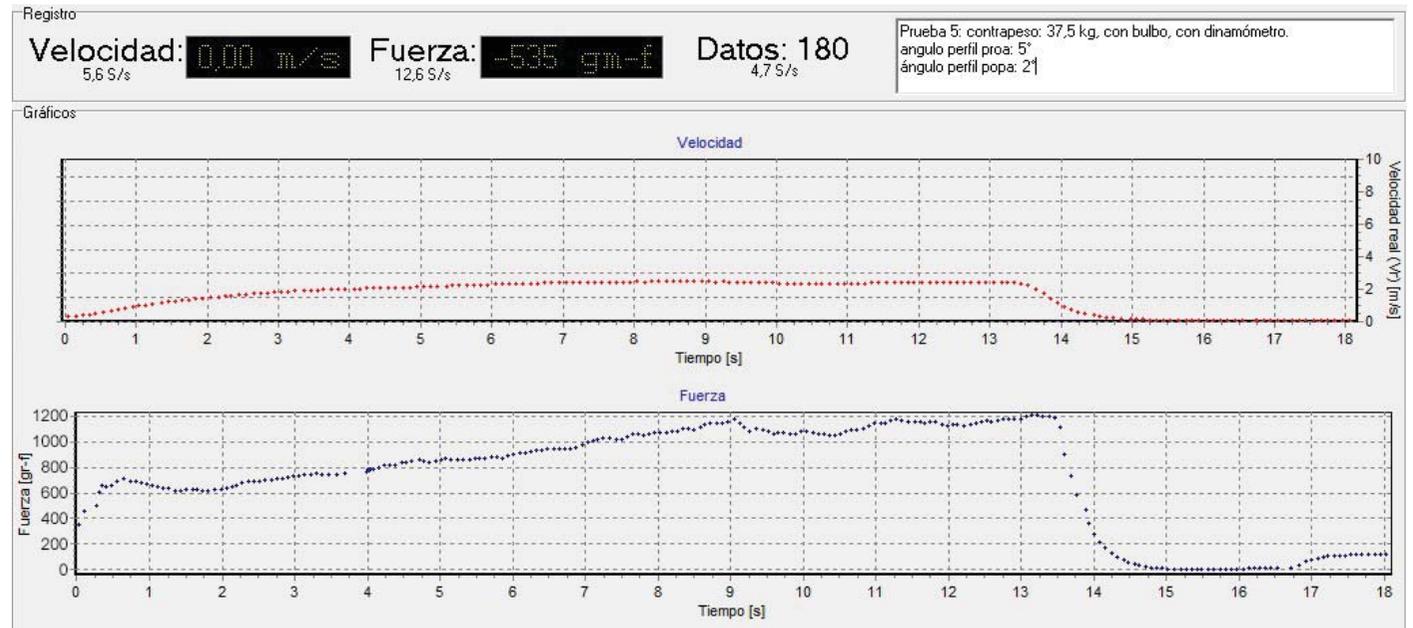
Contrapeso: 37.5 kg

Ángulo de ataque ala de proa: 5°

Ángulo de ataque ala de proa: 2°

Velocidad en inicio de vuelo: 2.2 m/s

Resistencia en inicio de vuelo: 700 gr



Secuencia de arrastre Prueba No. 5.

El casco se levanta a los 3 segundos de arrastre.

Prueba No. 6.

Fecha: 28/11/2015.

Lugar: Estero Mantagua.

Peso del modelo: 11.03 kg.

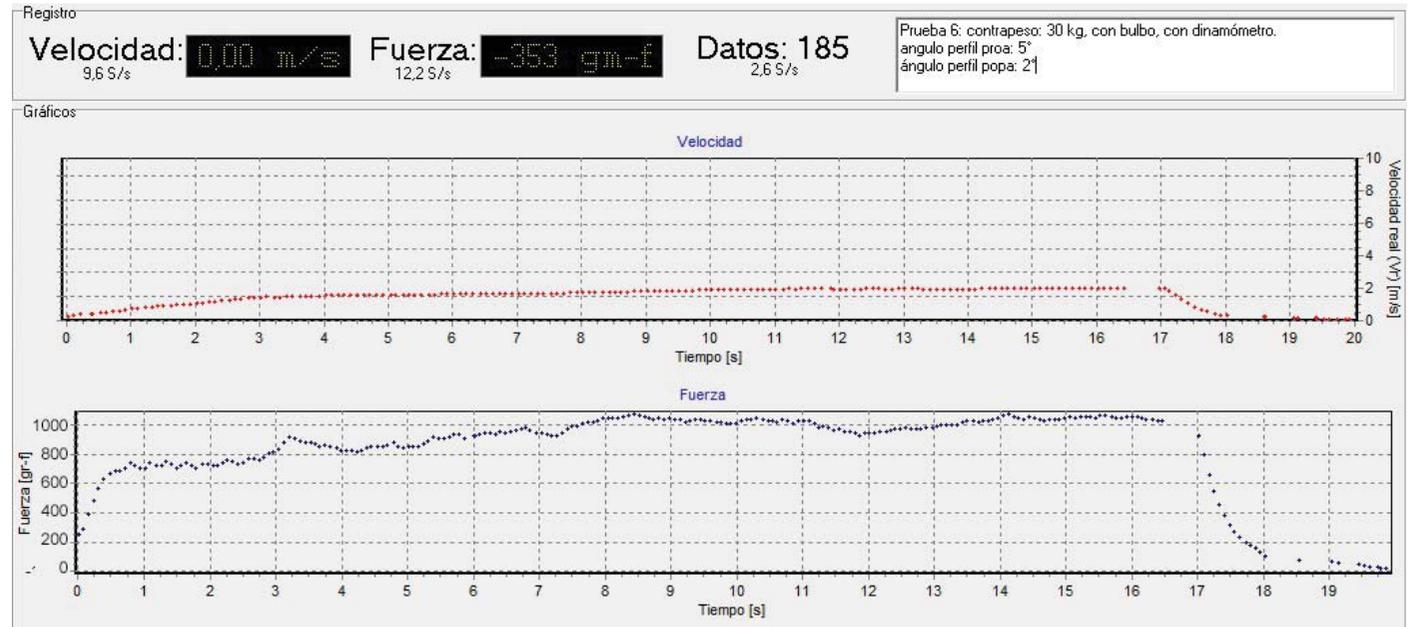
Contrapeso: 30 kg

Ángulo de ataque ala de proa: 5°

Ángulo de ataque ala de proa: 2°

Velocidad en inicio de vuelo: 2 m/s

Resistencia en inicio de vuelo: 900 gr



Secuencia de arrastre Prueba No. 6.

Prueba exitosa. El casco se levanta a los 7 segundos de arrastre.

8.2.5. Cálculo de potencia efectiva.

Se toma la prueba No. 5 como representativa. La prueba se realizó con un contrapeso de 37,5 Kg y ángulos de ataque en los perfiles alares de 5° en proa y 2° en popa.

Los resultados a tomar son la velocidad y fuerza del modelo en el los segundos 3, 6, 9 y 13.

Datos constantes para el cálculo de potencia efectiva.

	Modelo	Prototipo
Eslora	Lm= 1.187 mt	Lp= 18.99 mt
Escala	Λ=16	N/A
Superficie mojada (S)	Sm= 0.495 mt ²	Sp= 126.72 mt ²
Densidad del agua	Pm= 1000 Kg/m ³	Pp= 1000 Kg/m ³
Viscosidad del agua	μm= 0.001518 (Pas)	μp= 0.001518 (Pas)

A. Calculo de potencia efectiva para el segundo 3

Datos de la prueba:

Velocidad modelo: 1.7 m/s

Fuerza modelo: 725 gr * f

Tiempo: 3 seg

La velocidad del modelo en m/s se convierte a nudos, luego se pasa a velocidad de prototipo y por ultimo este resultado se pasa a m/s para cálculos posteriores.

Se calcula la velocidad del prototipo (Vp) en nudos, utilizando la velocidad del modelo (Vm). Velocidad arrojada por el dinamómetro en la prueba 5 para el segundo 3

$$1.7 \text{ m/s} * (1.944 \text{ nudos} / 1 \text{ m/s}) = 3.3048 \text{ nudos}$$

Luego, se pasa la velocidad del modelo a la del prototipo,

$$Vm = \frac{Vp}{\sqrt{\lambda}}$$

$$Vp = Vm * \sqrt{\lambda}$$

$$Vp = 3.3048 \text{ nudos} * \sqrt{16}$$

El resultado es 13.2192 nudos, pero para mejor manejo de datos se simplifica en 13.22 nudos. Este resultado se procede a pasar a m/s para cálculos posteriores.

$$13.22 \text{ nudos} \left(\frac{1 \text{ m/s}}{1.944 \text{ nudos}} \right) = 6.80 \text{ m/s}$$

La velocidad del prototipo de 13.22 nudos es igual a 6.80 m/s.

El segundo dato a transformar en la fuerza de roce o resistencia, la cual el dinamómetro nos da en gr * f. En este caso en el segundo 3 el dato de fuerza es de 725 gr * f, este dato lo convertiremos a N.

$$725 \text{ gr} \cdot f * \left(\frac{1 \text{ N}}{101.97 \text{ gr} \cdot f} \right) = 7.11 \text{ N}$$

Luego se calcula el Coeficiente de Resistencia Total del modelo (C_{TM}).

$$C_{TM} = \frac{R_{Tm}}{\frac{1}{2} * S * V^2 * \rho}$$

$$C_{TM} = \frac{7.11 \text{ N}}{715.275 \text{ N}}$$

$$C_{TM} = 0.01$$

Se calcula el No. De Reynolds del modelo (R_{LM}).

$$R_{LM} = \left(\frac{V_m * L_m * \rho_m}{\mu_m} \right)$$

$$R_{LM} = \left(\frac{1.7 \frac{m}{s} * 1.187 \text{ m} * 1000 \text{ Kg/m}^3}{0.001518 \text{ Pas}} \right)$$

$$R_{LM} = 1329314.89$$

Calculamos el Coeficiente Friccional del modelo (C_{Fm}).

$$C_{Fm} = \frac{0.075}{(\log R_{Lm} - 2)^2}$$

$$C_{Fm} = \frac{0.075}{(\log (1329314.89) - 2)^2}$$

$$C_{Fm} = 0.0044$$

Utilizando el Coeficiente Friccional obtenido, se calcula el Coeficiente de Resistencia Residual del modelo (C_{Rm}).

$$C_{Rm} = C_{Tm} - C_{Fm}$$

$$C_{Rm} = 0.01 - 0.004$$

$$C_{Rm} = 0.006$$

Luego se calcula la resistencia Friccional del modelo (R_{Fm}).

$$R_{Fm} = \frac{1}{2} * S * V_m^2 * \rho_m * C_{Fm}$$

$$R_{Fm} = \frac{1}{2} * 0.495 \text{ m}^2 * \left(\frac{1.7 \text{ m}}{s} \right)^2 * 1000 \text{ kg/m}^3 * 0.004$$

$$R_{Fm} = 2.86 \text{ N}$$

Se calcula la Resistencia Residual del modelo (R_{Rm}).

$$R_{Rm} = R_{Tm} - R_{Fm}$$

$$R_{Rm} = 7.11 N - 2.86 N$$

$$R_{Rm} = 4.25 N$$

Calcular el No. De Reynolds del prototipo (R_{Lp}).

$$R_{Lp} = \left(\frac{V_p * L_p * \rho_p}{\mu_p} \right)$$

$$R_{Lp} = \left(\frac{6.80 \frac{m}{s} * 18.99 m * 1000 Kg/m^3}{0.001518 Pas} \right)$$

$$R_{Lp} = 85067193,68$$

Calculo del Coeficiente Friccional del Prototipo (C_{fp}).

$$R_{Rp} = R_{Rm} * \lambda^3 * \frac{\rho_m}{\rho_p}$$

$$R_{Rp} = 4.25 N * 16^3 * \frac{1000 Kg/m^3}{1000 Kg/m^3}$$

$$R_{Rp} = 17408 N$$

Calculo del Coeficiente Friccional del prototipo (C_{Fp})

$$C_{Fp} = \frac{0.075}{(\log R_{Lp} - 2)^2}$$

$$C_{Fp} = \frac{0.075}{(\log(85067193,68) - 2)^2}$$

$$C_{Fp} = 0,0021$$

Calcular la Resistencia Friccional del Prototipo (R_{fp}).

$$R_{Fp} = \frac{1}{2} * S * V_p^2 * \rho_p * C_{Fp} + 0.0004$$

$$R_{Fp} = \frac{1}{2} * 126.72 m^2 * \left(\frac{6.80 m}{s} \right)^2 * 1000 kg/m^3 * (0.0021 + 0.0004)$$

$$R_{Fp} = 7324,42 N$$

Calculo de la Resistencia Total del prototipo (R_{Tp}).

$$R_{Tp} = R_{Fp} + R_{Rp}$$

$$R_{Tp} = 7324,42 N + 17408 N$$

$$R_{Tp} = 24732,42 N$$

Calculo de la potencia efectiva (EHP).

$$EHP = R_{Tp} * V_p$$

$$EHP = 24732,42 N * 6.80 m/s$$

$$EHP = 168180,456 Nm/s$$

La potencia efectiva se debe convertir a HP

$$168180,456 \frac{Nm}{s} * \left(\frac{1.3413 HP}{1000 \frac{Nm}{s}} \right) = 225,58HP$$

Calcular el 60% de la Potencia Efectiva EHP, la cual se considera como perdida. El 40% corresponde a la pérdida del motor a la hélice y 20% de perdida en la hélice misma.

$$\text{Perdida de Potencia} = 225,58 HP * 0.6$$

$$\text{Perdía de potencia} = 135,35 HP$$

Calculo de la Potencia Efectiva neta para le óptimo funcionamiento de la embarcación en modalidad hidrofoil.

$$EHP = EHP + \text{Perdida}$$

$$EHP = 225,58 HP + 135,35 HP$$

$$EHP = 360,93 HP$$

B. Calculo de potencia efectiva para el segundo 6.

Datos de la prueba:

Velocidad modelo: 2.1 m/s

Fuerza modelo: 920 gr * f

Tiempo: 6 seg

Cálculo de la velocidad del prototipo (Vp) en nudos, utilizando la velocidad del modelo (Vm).

Velocidad arrojada por el dinamómetro en la prueba 5 para el segundo 3

$$2.1 m/s * (1.944 nudos / 1 m/s) = 4.0824 nudos$$

Luego, se pasa la velocidad del modelo a la del prototipo,

$$V_m = \frac{V_p}{\sqrt{\lambda}}$$

$$V_p = V_m * \sqrt{\lambda}$$

$$V_p = 4.0824 nudos * \sqrt{16}$$

El resultado es 16.3296 nudos, pero para mejor manejo de datos se simplifica en 16.33 nudos. Este resultado se pasa a m/s para cálculos posteriores.

$$16.33 nudos \left(\frac{1 m/s}{1.944 nudos} \right) = 8.40 m/s$$

Trasformar la fuerza de roce o resistencia En este caso en el segundo 6 el dato de fuerza es de 920 gr * f, este dato lo convertiremos a N.

$$920 \text{ gr} * f * \left(\frac{1 \text{ N}}{101.97 \text{ gr} * f} \right) = 9.02 \text{ N}$$

Luego se calcula el Coeficiente de Resistencia Total del modelo (C_{TM}).

$$C_{TM} = \frac{R_{TM}}{\frac{1}{2} * S * V^2 * \rho}$$

$$C_{TM} = \frac{9.02 \text{ N}}{\frac{1}{2} * 0.495 \text{ m}^2 * \left(2.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 * (1000 \text{ Kg/m}^3)}$$

$$C_{TM} = 0,017$$

Se calcula el No. De Reynolds del modelo (R_{LM}).

$$R_{LM} = \left(\frac{V_m * L_m * \rho_m}{\mu_m} \right)$$

$$R_{LM} = \left(\frac{2.1 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 1.187 \text{ mt} * 1000 \text{ Kg/m}^3}{0.001518 \text{ Pas}} \right)$$

$$R_{LM} = 1642094,86$$

Calculamos el Coeficiente Friccional del modelo (C_{Fm}).

$$C_{Fm} = \frac{0.075}{(\log R_{LM} - 2)^2}$$

$$C_{Fm} = \frac{0.075}{(\log(1642094,86) - 2)^2}$$

$$C_{Fm} = 0,0042$$

Utilizando el Coeficiente Friccional obtenido, se calcula el Coeficiente de Resistencia Residual del modelo (C_{Rm}).

$$C_{Rm} = C_{TM} - C_{Fm}$$

$$C_{Rm} = 0,017 - 0.0042$$

$$C_{Rm} = 0,0128$$

Luego se calcula la resistencia Friccional del modelo (R_{Fm}).

$$R_{Fm} = \frac{1}{2} * S * V_m^2 * \rho_m * C_{Fm}$$

$$R_{Fm} = \frac{1}{2} * 0.495 \text{ m}^2 * \left(\frac{2.1 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2 * 1000 \text{ kg/m}^3 * 0.0042$$

$$R_{Fm} = 4,584 \text{ N}$$

Se calcula la Resistencia Residual del modelo (R_{Rm}).

$$R_{Rm} = R_{Tm} - R_{Fm}$$

$$R_{Rm} = 9.02 N - 4,584 N$$

$$R_{Rm} = 4,436 N$$

Calcular el No. De Reynolds del prototipo (R_{Lp}).

$$R_{Lp} = \left(\frac{V_p * L_p * \rho_p}{\mu_p} \right)$$

$$R_{Lp} = \left(\frac{8.40 \frac{m}{s} * 18.99 m * 1000 \text{ Kg/m}^3}{0.001518 \text{ Pas}} \right)$$

$$R_{Lp} = 105083003,95$$

Calculo del Coeficiente Friccional del Prototipo (C_{Fp}).

$$C_{Fp} = \frac{0.075}{(\log R_{Lp} - 2)^2}$$

$$C_{Fp} = \frac{0.075}{(\log(105083003,95) - 2)^2}$$

$$C_{Fp} = 0,002$$

Calculo la Resistencia Friccional del Prototipo (R_{Fp}).

$$R_{Fp} = \frac{1}{2} * S * V_m^2 * \rho_m * C_{Fp} + 0.0004$$

$$R_{Fp} = \frac{1}{2} * 126.72 m^2 * \left(\frac{8.40m}{s} \right)^2 * 1000 \frac{kg}{m^3} * (0.002 + 0.0004)$$

$$R_{Fp} = 10729,63 N$$

Calculo de la resistencia Residual del Prototipo (R_{Rp}).

$$R_{Rp} = R_{Rm} * \lambda^3 * \frac{\rho_m}{\rho_p}$$

$$R_{Rp} = 4,436 N * 16^3 * \frac{1000 \text{ Kg/m}^3}{1000 \text{ Kg/m}^3}$$

$$R_{Rp} = 18169,86 N$$

Calculo de la Resistencia Total del prototipo (R_{Tp}).

$$R_{Tp} = R_{Fp} + R_{Rp}$$

$$R_{Tp} = 10729,63 N + 18169,86 N$$

$$R_{Tp} = 28899,49 N$$

Calculo de la potencia efectiva (EHP).

$$EHP = R_{Tp} * V_p$$

$$EHP = 28899,49 N * 8.40 m/s$$

$$EHP = 242755,68 Nm/s$$

La potencia efectiva se debe convertir a HP

$$242755,68 \frac{Nm}{s} * \left(\frac{1.3413 HP}{1000 \frac{Nm}{s}} \right) = 325,60HP$$

Calcular el 60% de la Potencia Efectiva EHP, la cual se considera como perdida. El 40% corresponde a la pérdida del motor a la hélice y 20% de perdida en la hélice misma.

$$\text{Perdida de Potencia} = 325,60 HP * 0.6$$

$$\text{Perdía de potencia} = 195,36 HP$$

Calculo de la Potencia Efectiva neta para le óptimo funcionamiento de la embarcación en modalidad hidrofoil.

$$EHP = EHP + Perdida$$

$$EHP = 325,60 HP + 195,36 HP$$

$$EHP = 520,96 HP$$

C. Calculo de potencia efectiva para el segundo 9

Datos de la prueba:

Velocidad modelo: 2.4 m/s

Fuerza modelo: 1160 gr * f

Tiempo: 9 seg

Cálculo de la velocidad del prototipo (Vp) en nudos, utilizando la velocidad del modelo (Vm).

Velocidad arrojada por el dinamómetro en la prueba 5 para el segundo 3.

$$2.4 m/s * (1.944 nudos/ 1 m/s) = 4.6656 nudos$$

Luego, se pasa la velocidad del modelo a la del prototipo,

$$Vm = \frac{Vp}{\sqrt{\lambda}}$$

$$Vp = Vm * \sqrt{\lambda}$$

$$Vp = 4.6656 nudos * \sqrt{16}$$

El resultado es 18.6624 nudos, pero para mejor manejo de datos se simplifica en 18.7 nudos. Este resultado se procede a pasar a m/s para cálculos posteriores

$$18.7 nudos \left(\frac{1 m/s}{1.944 nudos} \right) = 9.64 m/s$$

La velocidad del prototipo de 18.7 nudos es igual a 9.64 m/s.

Trasformar la fuerza de roce o resistencia. En este caso en el segundo 6 el dato de fuerza es de 1160 gr * f, este dato lo convertiremos a N.

$$1160 \text{ gr} * f * \left(\frac{1 \text{ N}}{101.97 \text{ gr} * f} \right) = 11.38 \text{ N}$$

Luego se calcula el Coeficiente de Resistencia Total del modelo (C_{TM}).

$$C_{TM} = \frac{R_{Tm}}{\frac{1}{2} * S * V^2 * \rho}$$

$$C_{TM} = \frac{11.38 \text{ N}}{\frac{1}{2} * 0.495 \text{ m}^2 * \left(2.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 * (1000 \text{ Kg/m}^3)}$$

$$C_{TM} = 0,008$$

Se calcula el No. De Reynolds del modelo (R_{LM}).

$$R_{LM} = \left(\frac{V_m * L_m * \rho_m}{\mu_m} \right)$$

$$R_{LM} = \left(\frac{2.4 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 1.187 \text{ mt} * 1000 \text{ Kg/m}^3}{0.001518 \text{ Pas}} \right)$$

$$R_{LM} = 1876679,84$$

Calculamos el Coeficiente Friccional del modelo (C_{Fm}).

$$C_{Fm} = \frac{0.075}{(\log R_{lm}) - 2)^2}$$

$$C_{Fm} = \frac{0.075}{(\log(1876679,84) - 2)^2}$$

$$C_{Fm} = 0,004$$

Utilizando el Coeficiente Friccional obtenido, se calcula el Coeficiente de Resistencia Residual del modelo (C_{Rm}).

$$C_{Rm} = C_{Tm} - C_{Fm}$$

$$C_{Rm} = 0.008 - 0.004$$

$$C_{Rm} = 0.004$$

Luego se calcula la resistencia Friccional del modelo (R_{Fm}).

$$R_{Fm} = \frac{1}{2} * S * V_m^2 * \rho_m * C_{Fm}$$

$$R_{Fm} = \frac{1}{2} * 0.495 \text{ m}^2 * \left(\frac{2.4 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2 * 1000 \text{ kg/m}^3 * 0.004$$

$$R_{Fm} = 5,70 \text{ N}$$

Se calcula la Resistencia Residual del modelo (R_{Rm}).

$$R_{Rm} = R_{Tm} - R_{Fm}$$

$$R_{Rm} = 11.38 \text{ N} - 5.70 \text{ N}$$

$$R_{Rm} = 5.68 \text{ N}$$

Calcular el No. De Reynolds del prototipo (R_{Rp}).

$$R_{Rp} = \left(\frac{V_p * L_p * \rho_p}{\mu_p} \right)$$

$$R_{Rp} = \left(\frac{9.64 \frac{m}{s} * 18.99 \text{ mt} * 1000 \text{ Kg/m}^3}{0.001518 \text{ Pas}} \right)$$

$$R_{Rp} = 120595256,92$$

Calculo del Coeficiente Friccional del Prototipo (C_{fp}).

$$C_{fp} = \frac{0.075}{(\log R_{Rp} - 2)^2}$$

$$C_{fp} = \frac{0.075}{(\log(120595256,92) - 2)^2}$$

$$C_{fp} = 0,002$$

Calculo la Resistencia Friccional del Prototipo (R_{Fp}).

$$R_{Fp} = \frac{1}{2} * S * V_m^2 * \rho_m * C_{Fp} + 0.0004$$

$$R_{Fp} = \frac{1}{2} * 126.72 \text{ m}^2 * \left(\frac{9.64 \text{ m}}{s} \right)^2 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (0.002 + 0.0004)$$

$$R_{Fp} = 14131,25 \text{ N}$$

Calculo de la resistencia Residual del Prototipo (R_{Rp}).

$$R_{Rp} = R_{Rm} * \lambda^3 * \frac{\rho_m}{\rho_p}$$

$$R_{Rp} = 5.68 \text{ N} * 16^3 * \frac{1000 \text{ Kg/m}^3}{1000 \text{ Kg/m}^3}$$

$$R_{Rp} = 23265,28 \text{ N}$$

Calculo de la Resistencia Total del prototipo (R_{Tp}).

$$R_{Tp} = R_{Fp} + R_{Rp}$$

$$R_{Tp} = 14131,25 \text{ N} + 23265,28 \text{ N}$$

$$R_{Tp} = 37396,53 \text{ N}$$

Calculo de la potencia efectiva (EHP).

$$EHP = R_{Tp} * V_p$$

$$EHP = 37396,53 N * 9.64 m/s$$

$$EHP = 360502,55 Nm/s$$

La potencia efectiva se debe convertir a HP.

$$360502,55 \frac{Nm}{s} * \left(\frac{1.3413 HP}{1000 \frac{Nm}{s}} \right) = 483,54 HP$$

Calcular el 60% de la Potencia Efectiva EHP, la cual se considera como perdida. El 40% corresponde a la pérdida del motor a la hélice y 20% de perdida en la hélice misma.

$$\text{Perdida de Potencia} = 483,54 HP * 0.6$$

$$\text{Perdida de potencia} = 290,12 HP$$

Calculo de la Potencia Efectiva neta para el óptimo funcionamiento de la embarcación en modalidad hidrofoil.

$$EHP = EHP + \text{Perdida}$$

$$EHP = 483,54 HP + 290,12 HP$$

$$EHP = 773,66 HP$$

D. Calculo de potencia efectiva para el segundo 13

Datos de la prueba:

Velocidad modelo: 2.5 m/s

Fuerza modelo: 1180 gr * f

Tiempo: 13 seg

Cálculo de la velocidad del prototipo (Vp) en nudos, utilizando la velocidad del modelo (Vm).

Velocidad arrojada por el dinamómetro en la prueba 5 para el segundo 3.

$$2.5 m/s * (1.944 nudos/ 1 m/s) = 4.86 nudos$$

Luego, se pasa la velocidad del modelo a la del prototipo.

$$Vm = \frac{Vp}{\sqrt{\lambda}}$$

$$Vp = Vm * \sqrt{\lambda}$$

$$Vp = 4.86 nudos * \sqrt{16}$$

El resultado es 19.44 nudos, se simplifica en 19.4 nudos. Se pasa a m/s para cálculos posteriores.

$$19.4 nudos \left(\frac{1 m/s}{1.944 nudos} \right) = 10.16 m/s$$

La velocidad del prototipo de 19.4 nudos es igual a 10.16 m/s.

Trasformar la fuerza de roce o resistencia. En este caso en el segundo 6 el dato de fuerza es de 1180 gr * f, este dato lo convertiremos a N.

$$1180 \text{ gr} * f * \left(\frac{1 \text{ N}}{101.97 \text{ gr} * f} \right) = 11.57 \text{ N}$$

Luego se calcula el Coeficiente de Resistencia Total del modelo (C_{TM}).

$$C_{TM} = \frac{R_{Tm}}{\frac{1}{2} * S * V^2 * \rho}$$

$$C_{TM} = \frac{11.57 \text{ N}}{\frac{1}{2} * 0.495 \text{ m}^2 * \left(2.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 * (1000 \text{ Kg/m}^3)}$$

$$C_{TM} = 0,007$$

Se calcula el No. De Reynolds del modelo (R_{Im}).

$$R_{LM} = \left(\frac{V_m * L_m * \rho_m}{\mu_m} \right)$$

$$R_{LM} = \left(\frac{2.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 1.187 \text{ mt} * 1000 \text{ Kg/m}^3}{0.001518 \text{ Pas}} \right)$$

$$R_{LM} = 1954874,84$$

Calculamos el Coeficiente Friccional del modelo (C_{Fm}).

$$C_{Fm} = \frac{0.075}{(\log R_{Lm} - 2)^2}$$

$$C_{Fm} = \frac{0.075}{(\log(1954874,84) - 2)^2}$$

$$C_{Fm} = 0,004$$

Utilizando el Coeficiente Friccional obtenido, se calcula el Coeficiente de Resistencia Residual del modelo (C_{Rm}).

$$C_{Rm} = C_{Tm} - C_{Fm}$$

$$C_{Rm} = 0.007 - 0.004$$

$$C_{Rm} = 0,003$$

Luego se calcula la resistencia Friccional del modelo (R_{Fm}).

$$R_{Fm} = \frac{1}{2} * S * V_m^2 * \rho_m * C_{Fm}$$

$$R_{Fm} = \frac{1}{2} * 0.495 \text{ m}^2 * \left(\frac{2.5 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2 * 1000 \text{ kg/m}^3 * 0.003$$

$$R_{Fm} = 4,64 \text{ N}$$

Se calcula la Resistencia Residual del modelo (R_{Rm}).

$$R_{Rm} = R_{Tm} - R_{Fm}$$

$$R_{Rm} = 11.57 N - 4,64 N$$

$$R_{Rm} = 6.93 N$$

Calcular el No. De Reynolds del prototipo (R_{Lp}).

$$R_{Lp} = \left(\frac{V_p * L_p * \rho_p}{\mu_p} \right)$$

$$R_{Lp} = \left(\frac{10.16 \frac{m}{s} * 18.99 mt * 1000 Kg/m^3}{0.001518 Pas} \right)$$

$$R_{Lp} = 127100395,26$$

Calculo del Coeficiente Friccional del Prototipo (C_{Fp}).

$$C_{Fp} = \frac{0.075}{(\log R_{Lp} - 2)^2}$$

$$C_{Fp} = \frac{0.075}{(\log(127100395,26) - 2)^2}$$

$$C_{Fp} = 0,002$$

Calculo la Resistencia Friccional del Prototipo (R_{Fp}).

$$R_{Fp} = \frac{1}{2} * S * V_m^2 * \rho_m * C_{Fp} + 0.0004$$

$$R_{Fp} = \frac{1}{2} * 126.72 m^2 * \left(\frac{10.16m}{s} \right)^2 * 1000 \frac{kg}{m^3} * (0.002 + 0.0004)$$

$$R_{Fp} = 15696,90 N$$

Calculo de la resistencia Residual del Prototipo (R_{Rp}).

$$R_{Rp} = R_{Rm} * \lambda^3 * \frac{\rho_m}{\rho_p}$$

$$R_{Rp} = 6.93 N * 16^3 * \frac{1000 Kg/m^3}{1000 Kg/m^3}$$

$$R_{Rp} = 28385,28 N$$

Calculo de la Resistencia Total del prototipo (R_{Tp}).

$$R_{Tp} = R_{Fp} + R_{Rp}$$

$$R_{Tp} = 15696,90 N + 28385,28 N$$

$$R_{Tp} = 44082,18 N$$

Calculo de la potencia efectiva (EHP).

$$EHP = R_{Tp} * V_p$$

$$EHP = 44082,18 N * 10.16 m/s$$

$$EHP = 447874,95 Nm/s$$

La potencia efectiva se debe convertir a HP

$$447874,95 \frac{Nm}{s} * \left(\frac{1.3413 HP}{1000 \frac{Nm}{s}} \right) = 600,73 HP$$

Calcular el 60% de la Potencia Efectiva EHP, la cual se considera como perdida. El 40% corresponde a la pérdida del motor a la hélice y 20% de perdida en la hélice misma.

$$\text{Perdida de Potencia} = 600,73 HP * 0.6$$

$$\text{Perdida de potencia} = 360,44 HP$$

Calculo de la Potencia Efectiva neta para le óptimo funcionamiento de la embarcación en modalidad hidrofoil.

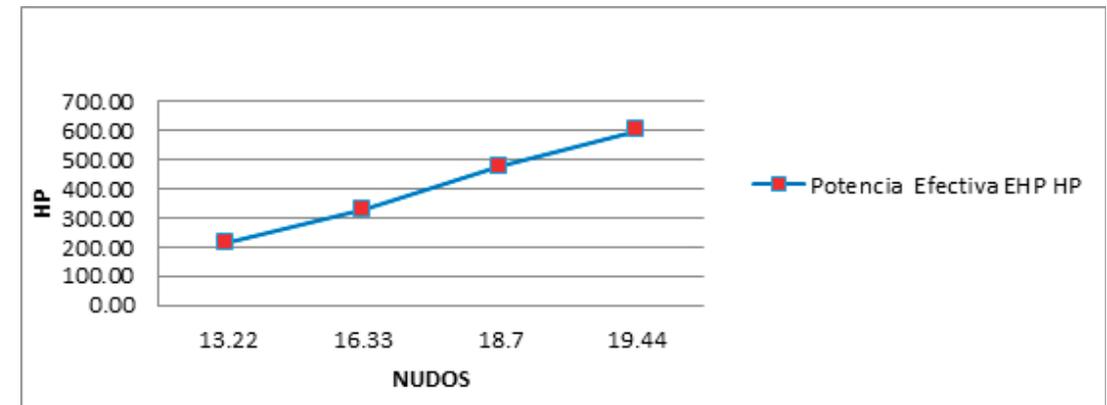
$$EHP = EHP + Perdida$$

$$EHP = 600,73 HP + 360,44 HP$$

$$EHP = 961,17 HP$$

Graficamos los datos obtenidos del Cálculo de potencia efectiva.

Velocidad prototipo Vp Nudos (kn)	Potencia efectiva EHP HP	EHP + Pérdida HP
13,22	215,44	344,71
16,33	328,10	524,96
18,7	477,25	763,59
19,44	601,88	963,01



Según los resultados obtenidos podemos concluir que la embarcación comienza el vuelo a los 13,22 kn. La potencia efectiva de la embarcación se define en 524,96 HP para alcanzar 16,33 kn, ya que para alcanzar los 18,7 kn se requieren 763,59 HP, 438 HP más.

8.4.1. Plantilla Excel: Velocidad - Fuerza.

Con la plantilla de Excel comprobamos los resultados obtenidos anteriormente.

CALCULO POTENCIA EFECTIVA																								
Identificación de embarcación:		Embarcación hidrofoil, mediciones casco																						
Tipo de ensayo:		Ensayo en sistema de arrastre flotante																						
Fecha:		01-12-2015																						
OBSERVACIONES:		DATOS MODELO Y PROTOTIPO																						
		Modelo:				Esloa				$L_m =$	1,187	[m]	Prototipo:				Esloa				$L_p =$	18,99	[m]	
						Escala				$B =$	16	[-]					Superficie mojada				$S_p =$	126,72	[m ²]	
						Superficie mojada				$S_m =$	0,495	[m ²]												
		Canal de pruebas				Longitud				$D =$	30	[m]	Agua navegación				Densidad				$\rho_p =$	1,000	[kg/m ³]	
DATOS PRUEBAS		CÁLCULOS																						
Prueba Nº	Velocidad modelo Vm [m/s] (NUDOS)	Resistencia Total R _{Tm} [kp] (N)	MODELO						PROTOTIPO									20% Perdida THP / DHP/ GHP BHP/HP HP	40% Perdida Helice HP	EHP + P Perdida HP				
			Coef. Res. Total C _{Tm} [-]	Nº Reynolds R _{Lm} [-]	Coefficiente Friccional C _{Fm} [-]	Coef. Res Residual C _{Rm} [-]	Resistencia Friccional R _{Fm} [N]	Resistencia Residual R _{Rm} [N]	Velocidad prototipo Vp [m/s] (NUDOS)	Nº Reynolds R _{Lp} [-]	Coefficiente Friccional C _{Fp} [-]	Resistencia Friccional R _{Fp} [N]	Resistencia Residual R _{Rp} [N]	Resistencia Total R _{Tp} [N]	Potencia Efectiva EHP HP									
Prueba 5 - 37,5 Kg 3 seg	1,70 3,30	0,725 7,110	0,0099	1.329.314,89	0,0044	0,006	3,1548	3,95	6,8000	85.067.193,68	0,0021	7.421,04	16.199,66	23.620,70	215,44	43,09	86,18	344,71						
Prueba 5 - 37,5 Kg 6 seg	2,10 4,08	0,92 9,022	0,0083	1.642.094,86	0,0042	0,004	4,6068	4,42	8,4000	105.083.003,95	0,0021	11.035,70	18.085,21	29.120,91	328,10	65,82	131,24	524,96						
Prueba 5 - 37,5 Kg 9 seg	2,40 4,67	1,16 11,376	0,0080	1.876.679,84	0,0041	0,004	5,8548	5,52	9,8400	120.595.256,92	0,0020	14.206,01	22.813,56	36.009,57	477,25	95,45	190,90	763,59						
Prueba 5 - 37,5 Kg 13 seg	2,50 4,66	1,18 11,572	0,0075	1.954.874,84	0,0041	0,003	6,9300	4,64	10,1600	127.100.395,26	0,0020	15.780,94	28385,28	44.166,22	601,85	120,38	240,75	963,01						
															Promedio EHP	405,67			649,07					

8.3. Modelo de pruebas. Segunda etapa.

Para la segunda etapa del desarrollo del modelo, se tendría que reducir el fuselaje de las alas ya que la sustentación del modelo debería estar sobrada. Reduciendo las alas lograríamos reducir el roce del modelo.

Para lograrlo se redujo la distancia entre los arbotantes de las alas y se planeó un nuevo sistema de sujeción. Se cortaron los arbotantes para posteriormente volver a unir en una matriz fabricada en mdf. El sistema de sujeción serían cuatro zapatas en impresión 3d. El principio de calibración sería el mismo del modelo anterior.

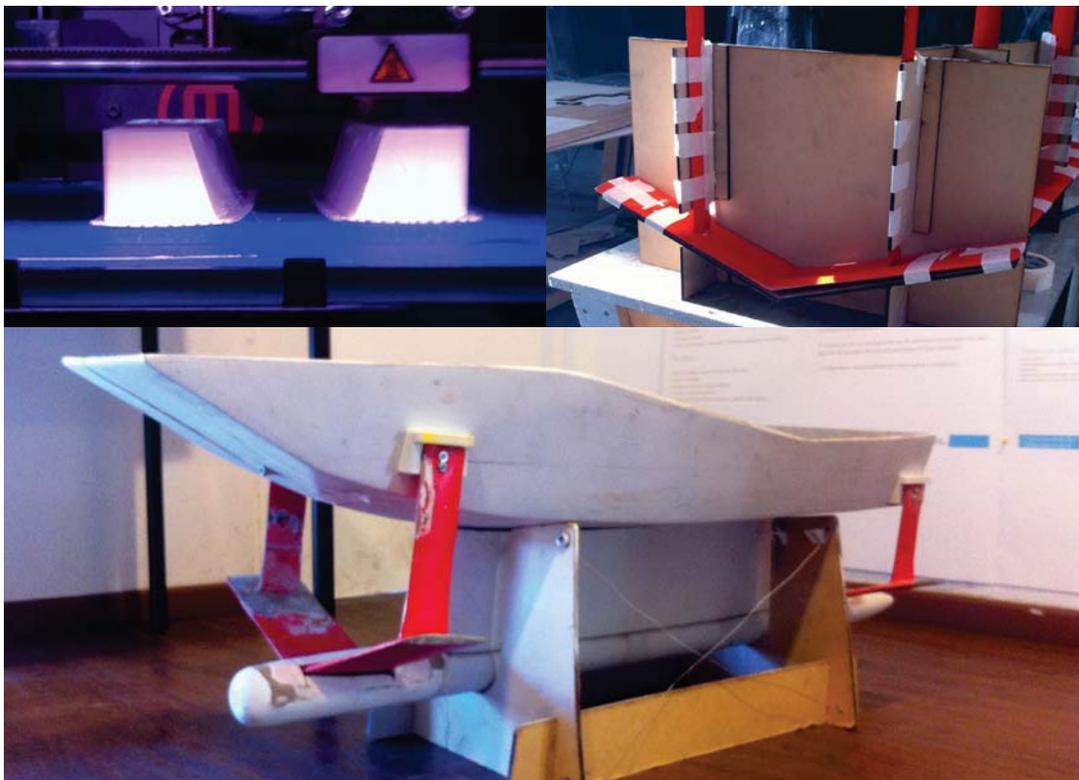


Figura 66. Fabricación del modelo. Segunda etapa. Fuente : Propia.

Elemento.	Peso (kg).
1. Casco y sist. de sujeción de alas	4.275
2. Dinamómetro y caja.	1.34
3. Hidroala proa.	0.915
4. Hidrpala popa.	0.88
5. Bulbo.	1.665
6. Arbotante	1.955
Total.	11.03

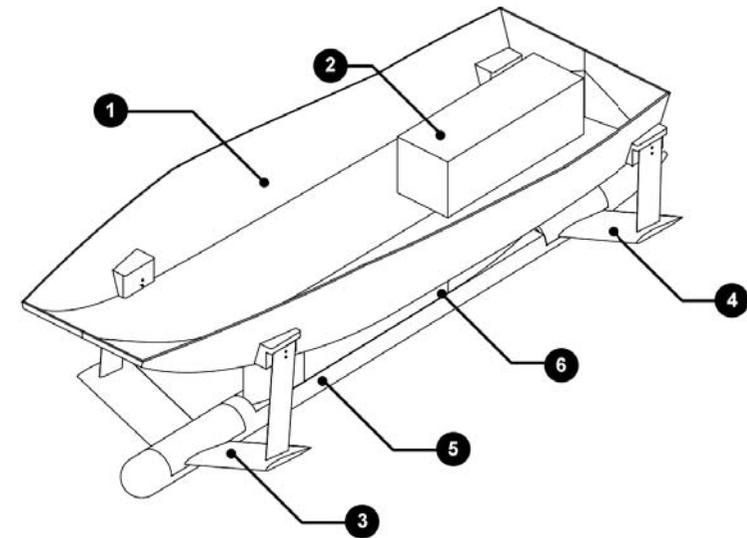
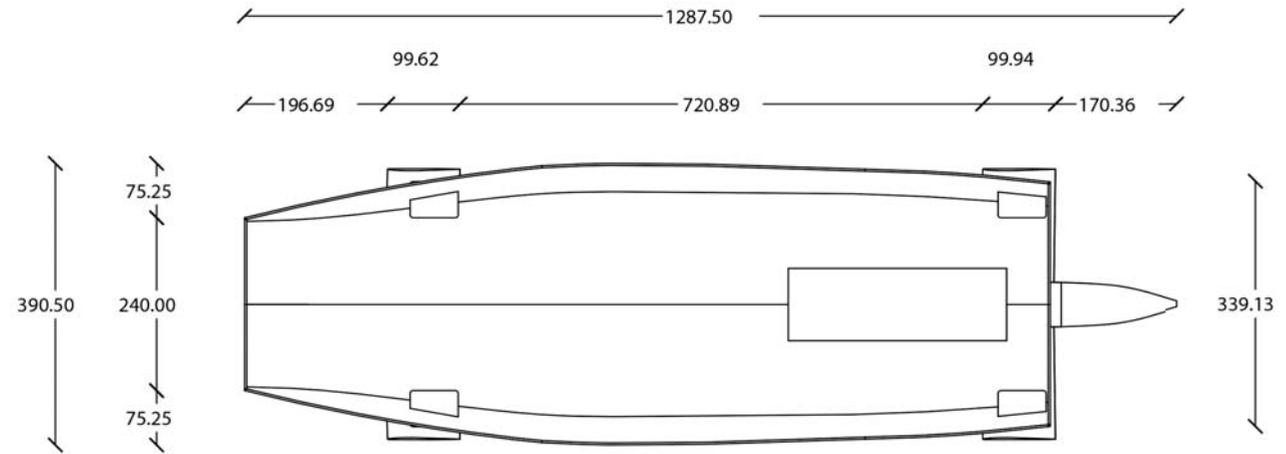


Figura 67.

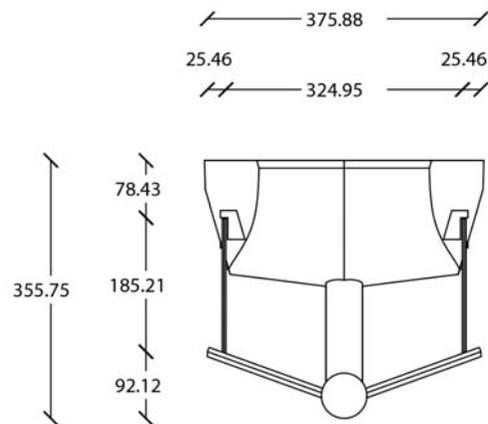
Elementos del modelo. Segunda etapa. Fuente : Propia.

Planos de modelo.

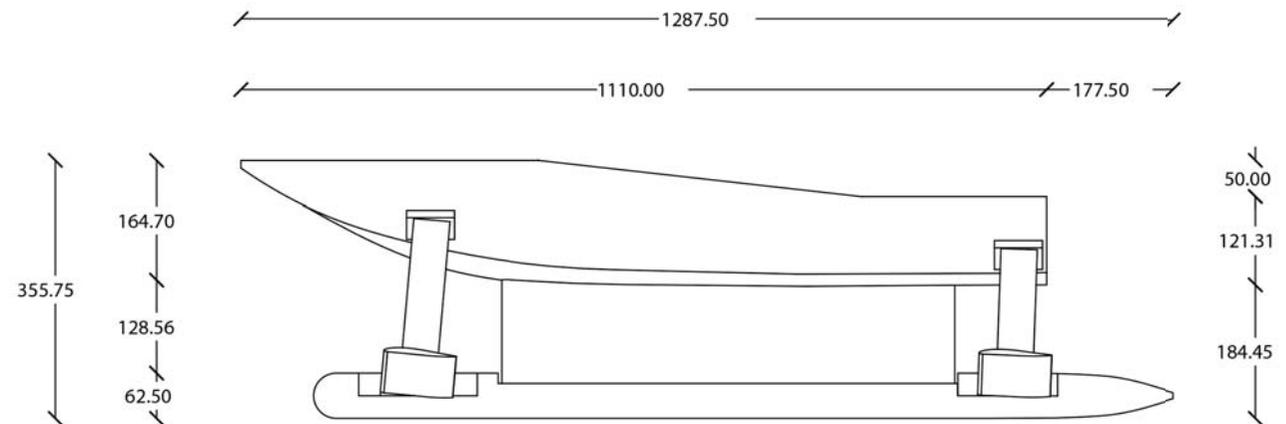
VISTA SUPERIOR.



VISTA FRONTAL.



VISTA LATERAL DERECHA.



8.3.1. Canal de olas.

Para revisar una aproximación al comportamiento de la embarcación desplazándose a través de las olas, se sometió el modelo al canal de olas. Se suspendió la embarcación con alambre de la estructura del canal para simular la altura de la línea de agua en vuelo.

Prueba No. 1.

Escala de modelo: 16.

Frecuencia: 35 Hz.

Altura de ola (escala real): 1 m.

Longitud de onda (escala real): 9.28 m.



Prueba No. 2.

Escala de modelo: 16.

Frecuencia: 30 Hz.

Altura de ola (escala real): 0.90 m.

Longitud de onda (escala real): 8.16 m.



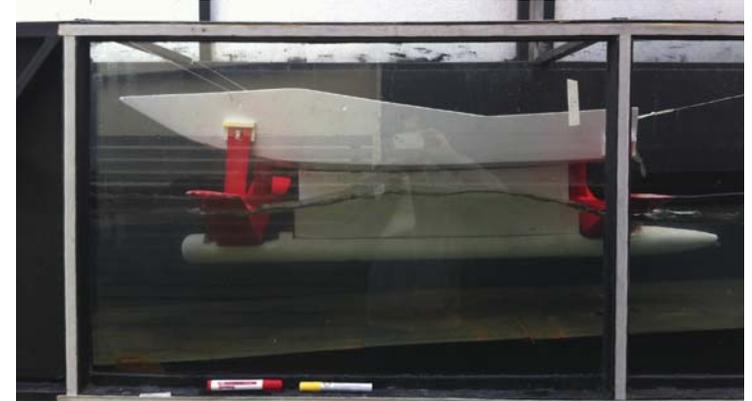
Prueba No. 3.

Escala de modelo: 16.

Frecuencia: 40 Hz.

Altura de ola (escala real): 1 m.

Longitud de onda (escala real): 10.88 m.



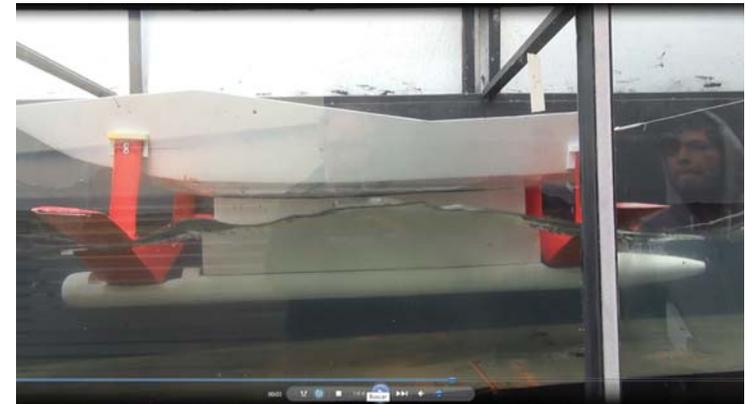
Prueba No. 4.

Escala de modelo: 16.

Frecuencia: 45 Hz.

Altura de ola (escala real): 1.5 m.

Longitud de onda (escala real): 11.52 m.



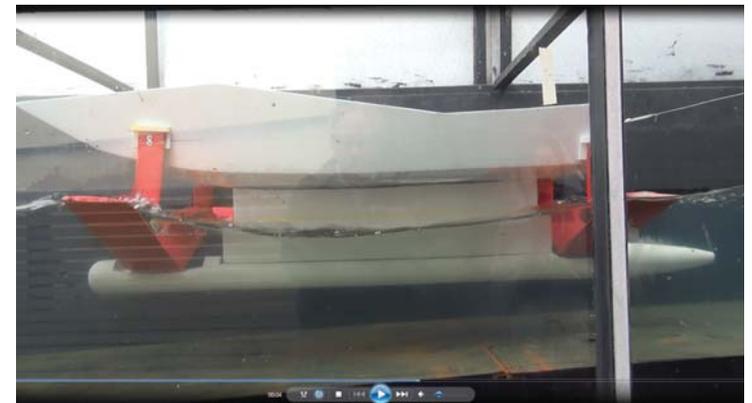
Prueba No. 5.

Escala de modelo: 16.

Frecuencia: 50 Hz.

Altura de ola (escala real): 1.25 m.

Longitud de onda (escala real): 13.76 m.



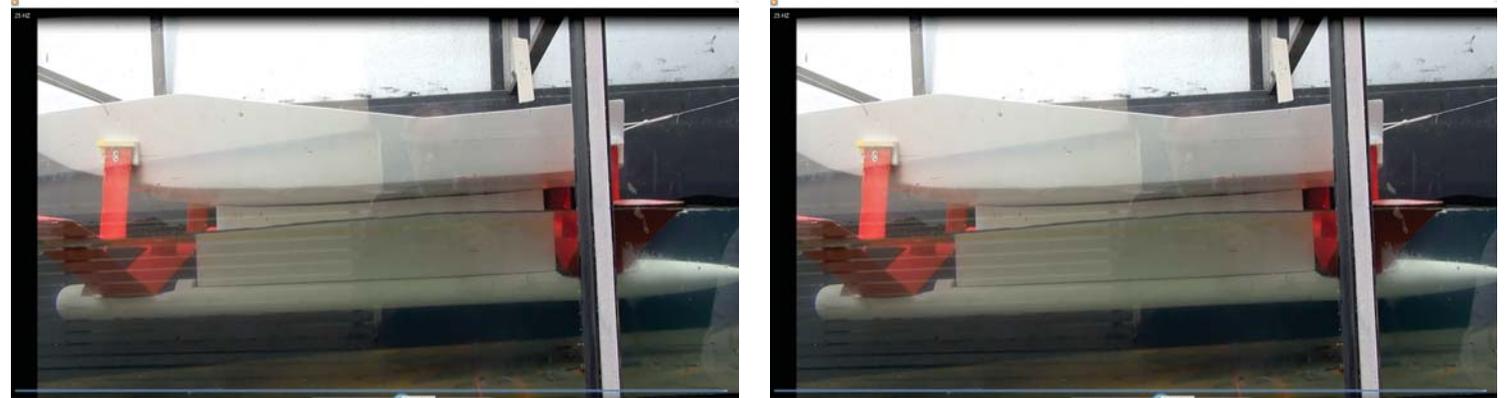
Prueba No. 6.

Escala de modelo: 16.

Frecuencia: 25 Hz.

Altura de ola (escala real): 0.50 m.

Longitud de onda (escala real): 6.40 m.



8.3.2. Canal de arrastre.

Antes de acortar las alas se probó el modelo con la envergadura actual. El modelo siguió presentando un buen funcionamiento. Posteriormente acortamos las alas, suponiendo que la superficie de sustentación está sobrada. Sin embargo descubrimos que las alas largas creaban un momento que mantenía adrizada la embarcación. Al acortar las alas, redujimos este momento, el cual es vencido por la boyantes del bulbo y arbotante. Como resultado, la embarcación se escora al elevarse. Como conclusión se considera que pudiera ser prudente aumentar la masa del bulbo y alargar las alas hasta llegar a un punto de equilibrio. La segunda opción es considerar unas alas más largas, como en la primera etapa del modelo, que generen el momento que mantiene adrizada la embarcación en movimiento.

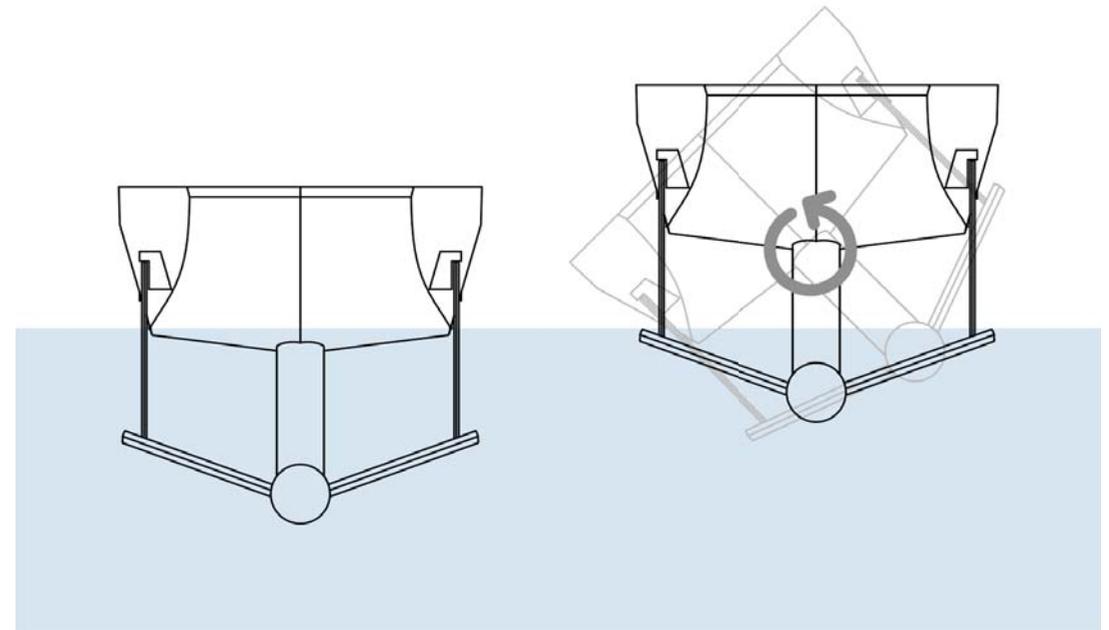


Figura 68.

Comportamiento del modelo en canal de arrastre. Fuente : Propia.

8.3. Modelo de habitabilidad.

Se desarrolla la súper estructura del modelo de manera desmontable. Con este modelo comprobaremos el funcionamiento de la rampa de acceso.

El modelo consta de dos piezas, la cubierta principal y la popa. La popa se atornilla al espejo del casco. La cubierta se monta sobre puesta al casco. Ambas piezas fueron fabricadas con plantillas de mdf cortadas en laser. Las plantillas se realizaron a partir del modelo digital. Después se conformaron las superficies con fibra de vidrio laminada. Se terminó de conformar con resina y fibra de vidrio en las partes interiores.

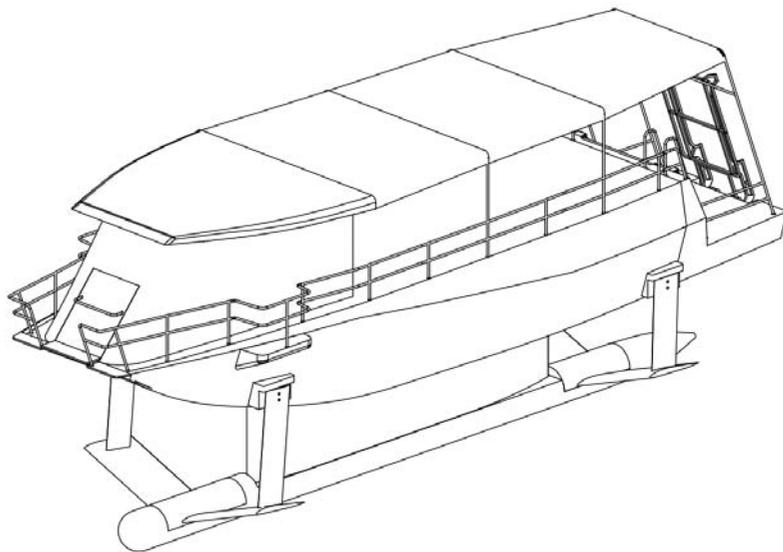


Figura 69.

Imagen del Modelo. Tercera etapa. Fuente : Propia.



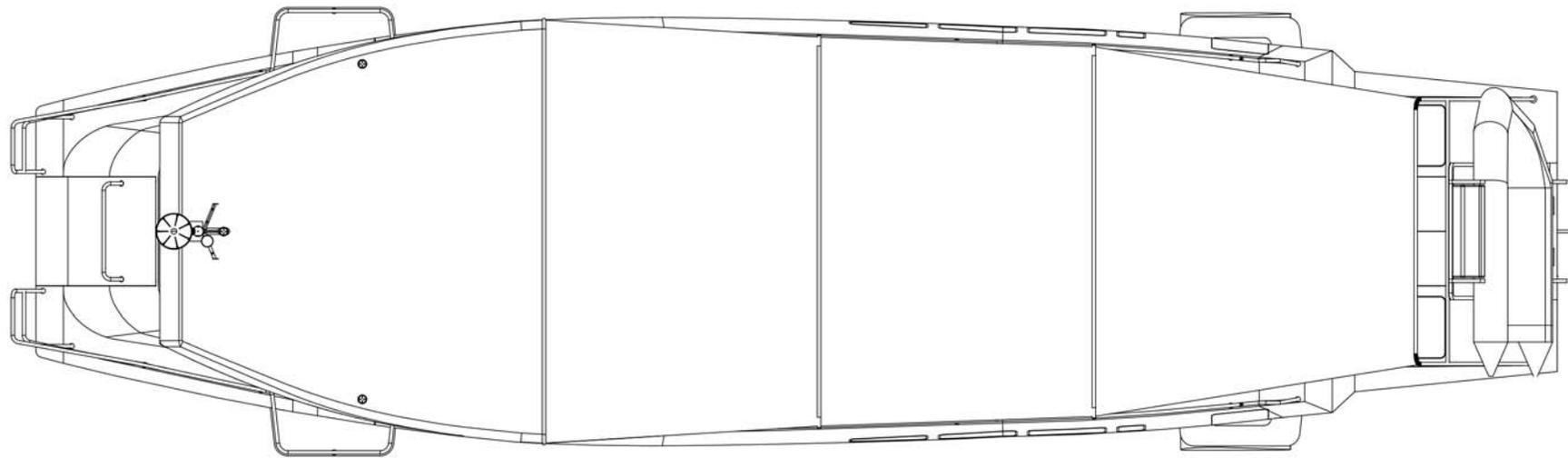
Figura 70.

Fabricación de modelo. Tercera etapa. Fuente : Propia.

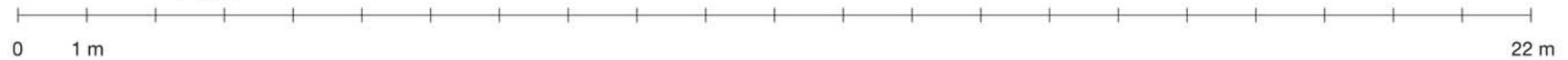
8.5. Planos y modelo digital.

8.5.1. Planos de habitabilidad.

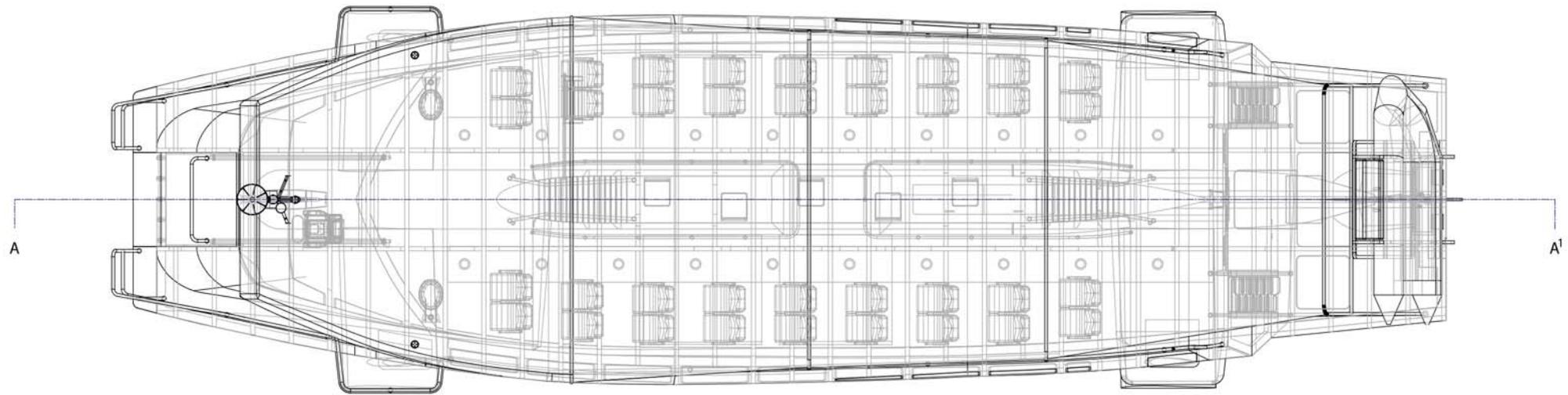
Planta.



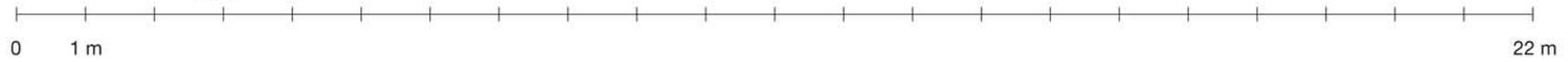
ESCALA GRÁFICA. 1 : 100



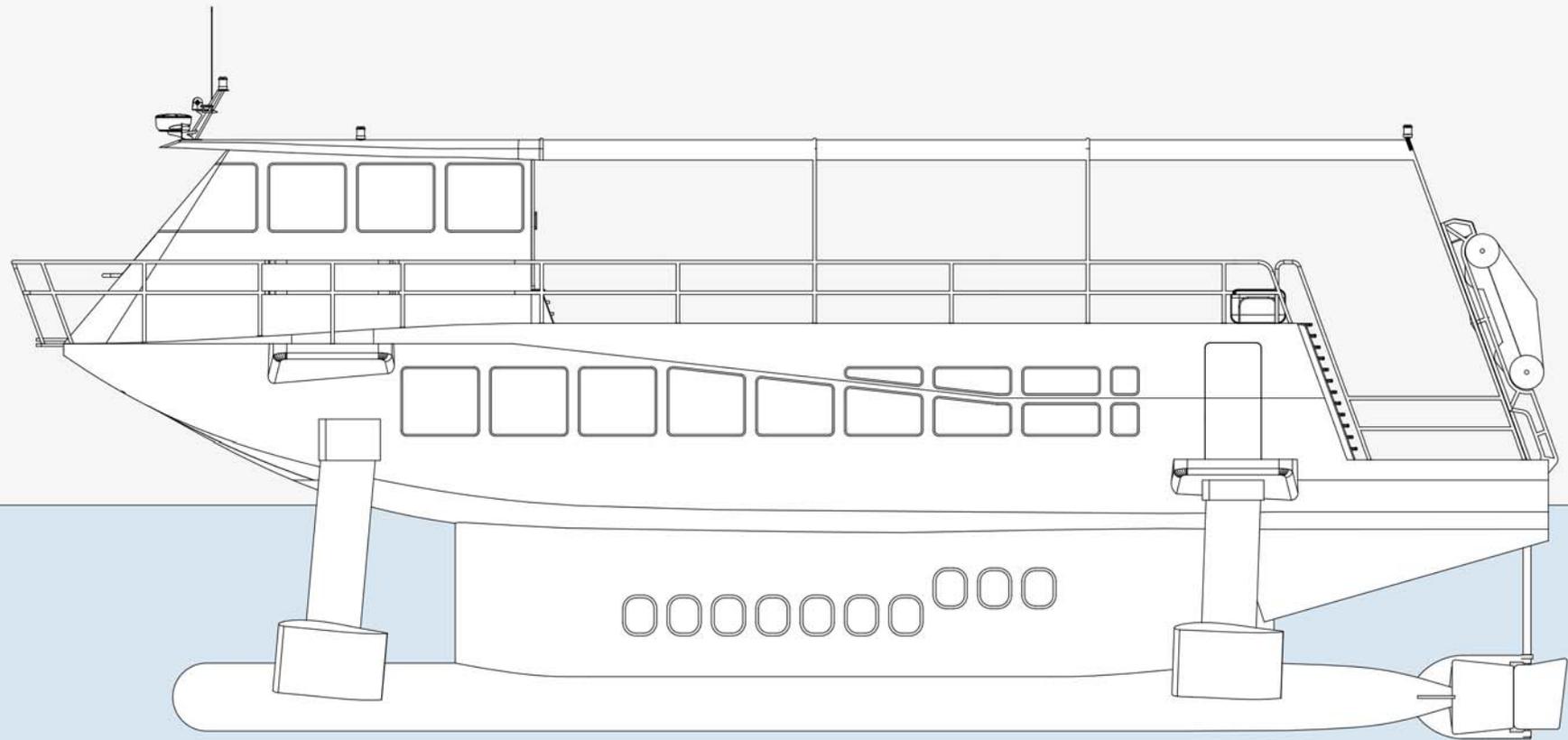
Planta.



ESCALA GRÁFICA. 1 : 100



Vista lateral.

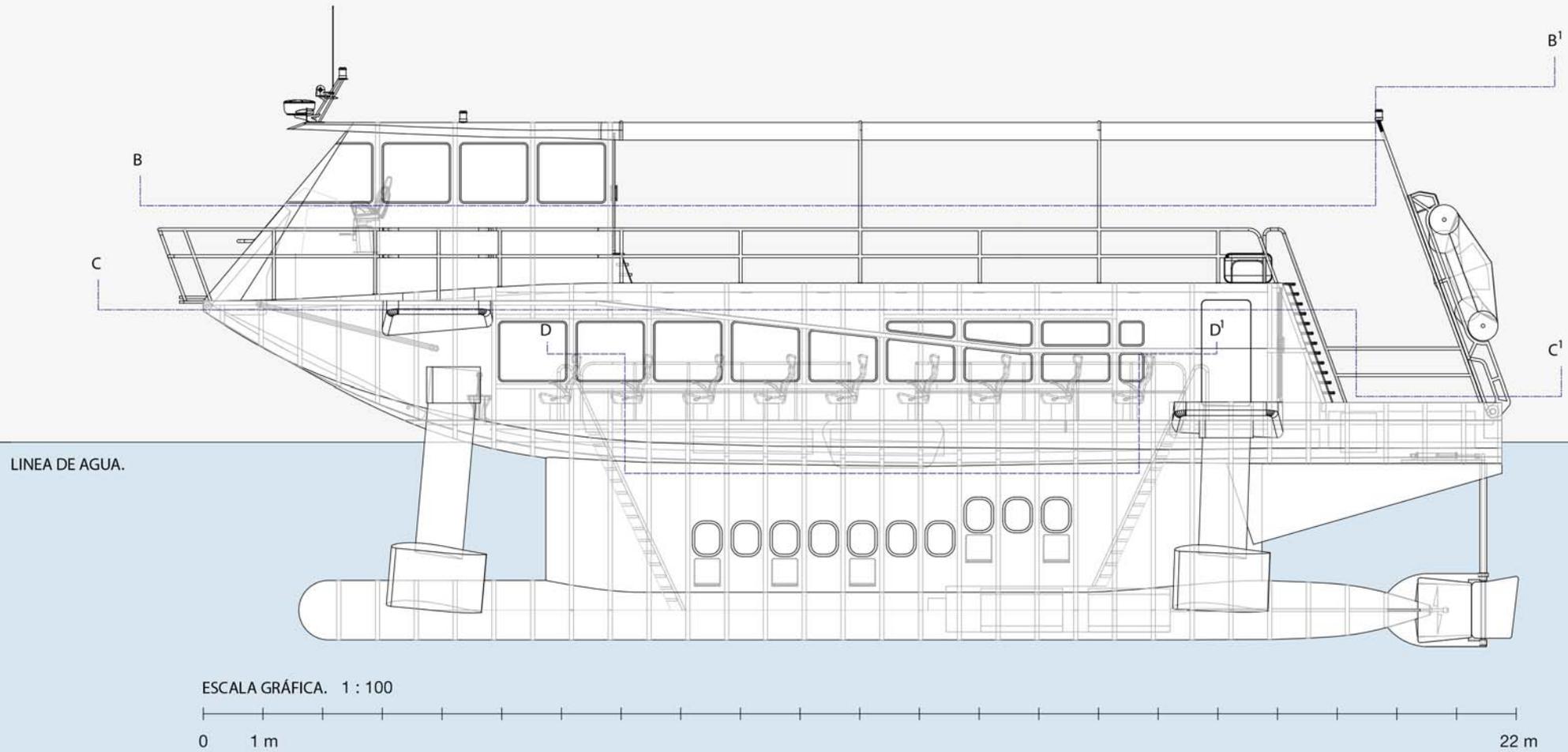


LINEA DE AGUA.

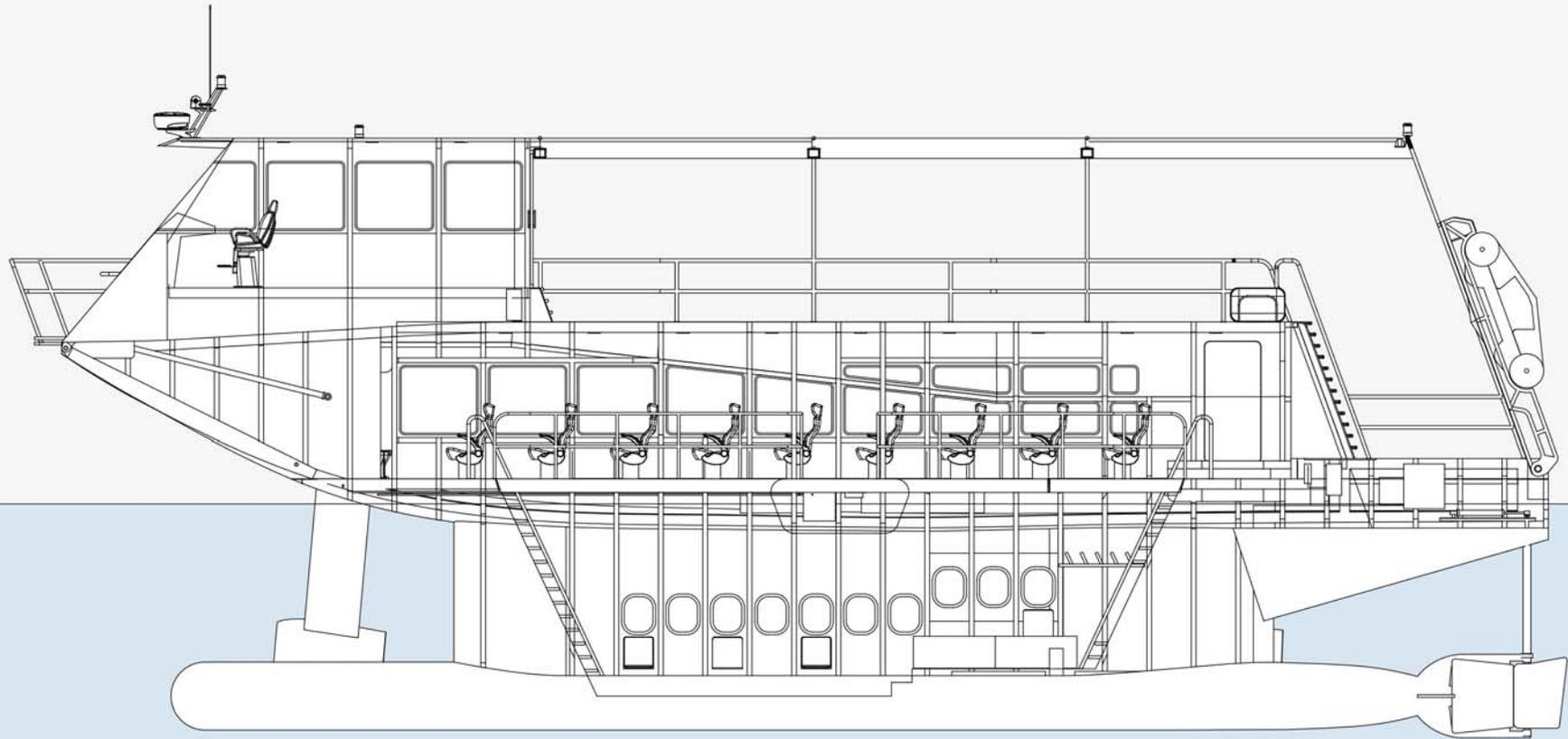
ESCALA GRÁFICA. 1 : 100



Vista lateral.



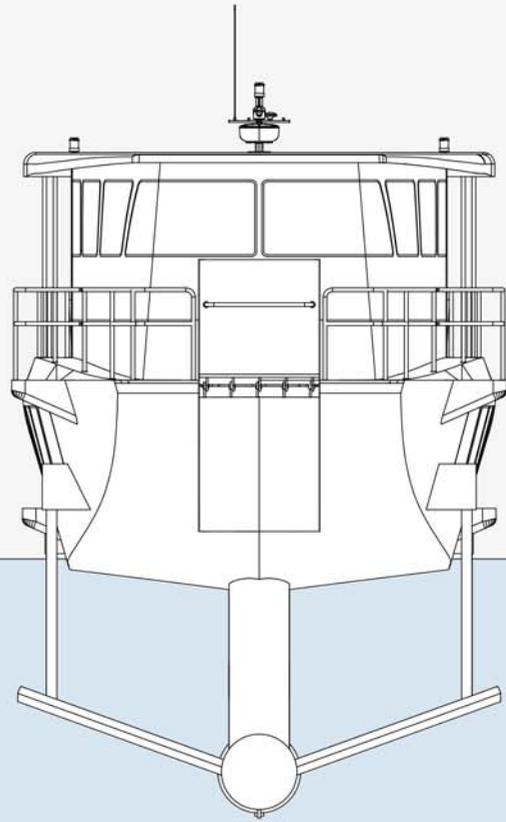
Vista lateral.Corte A-A₁.



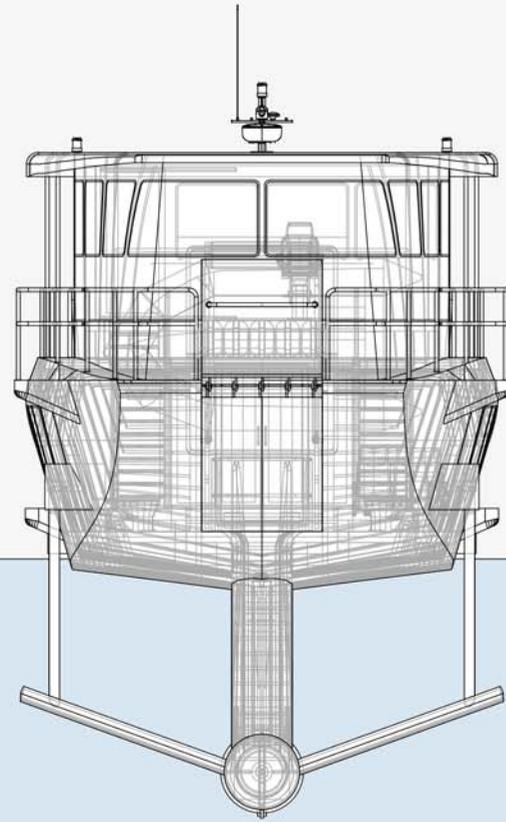
ESCALA GRÁFICA. 1 : 100



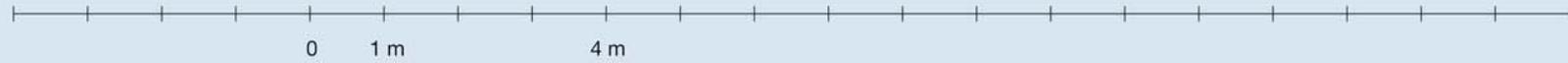
Vista frontal.



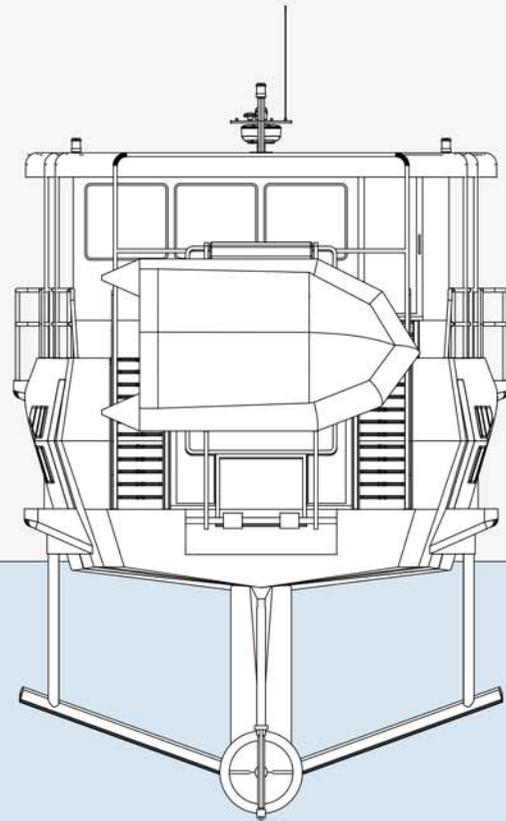
LINEA DE AGUA.



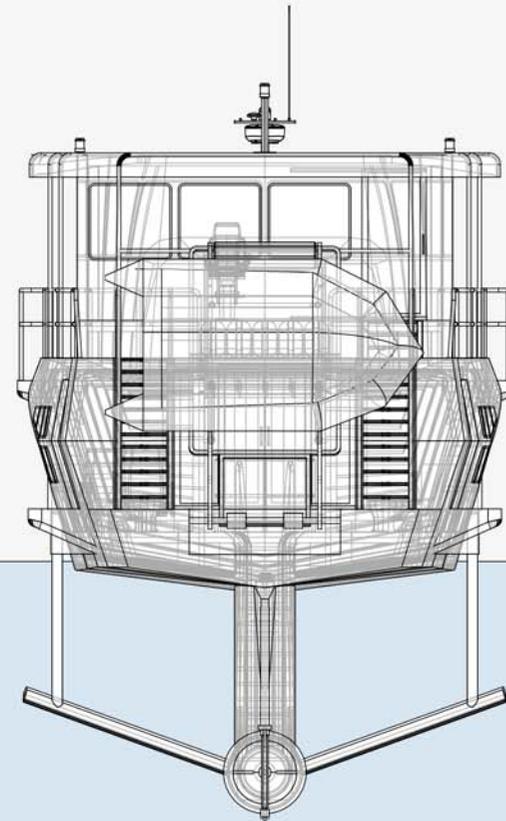
ESCALA GRÁFICA.



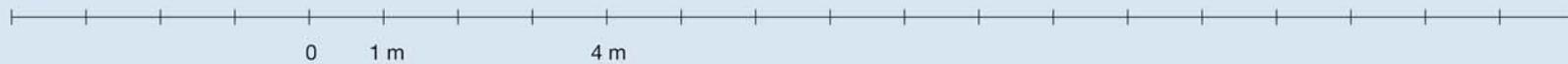
Vista posterior.



LINEA DE AGUA.

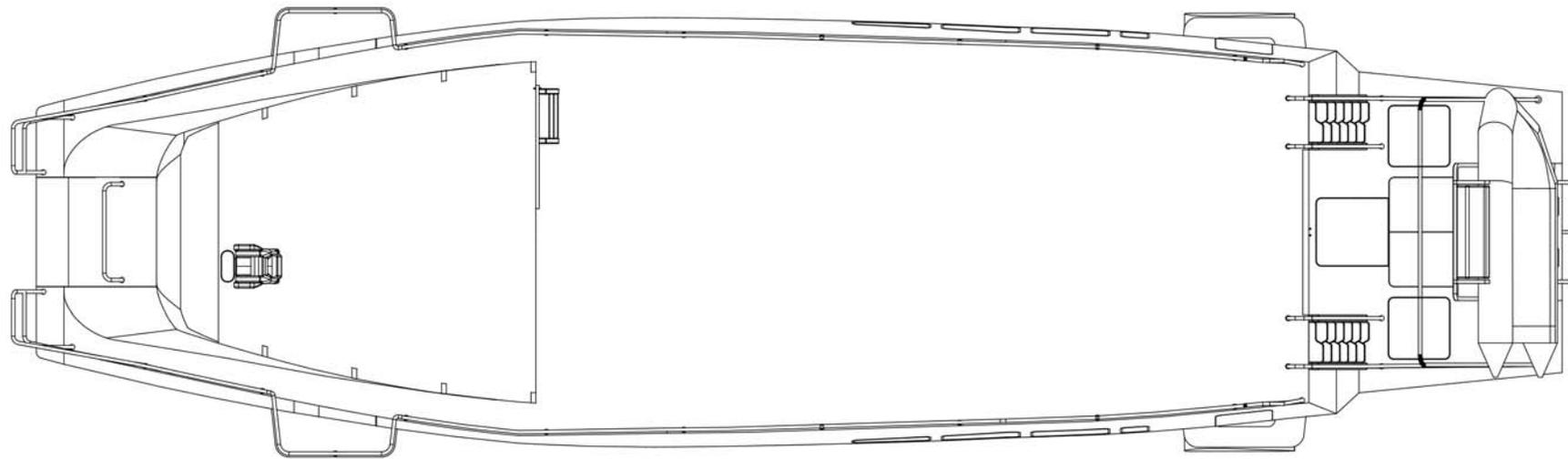


ESCALA GRÁFICA.



Cortes.

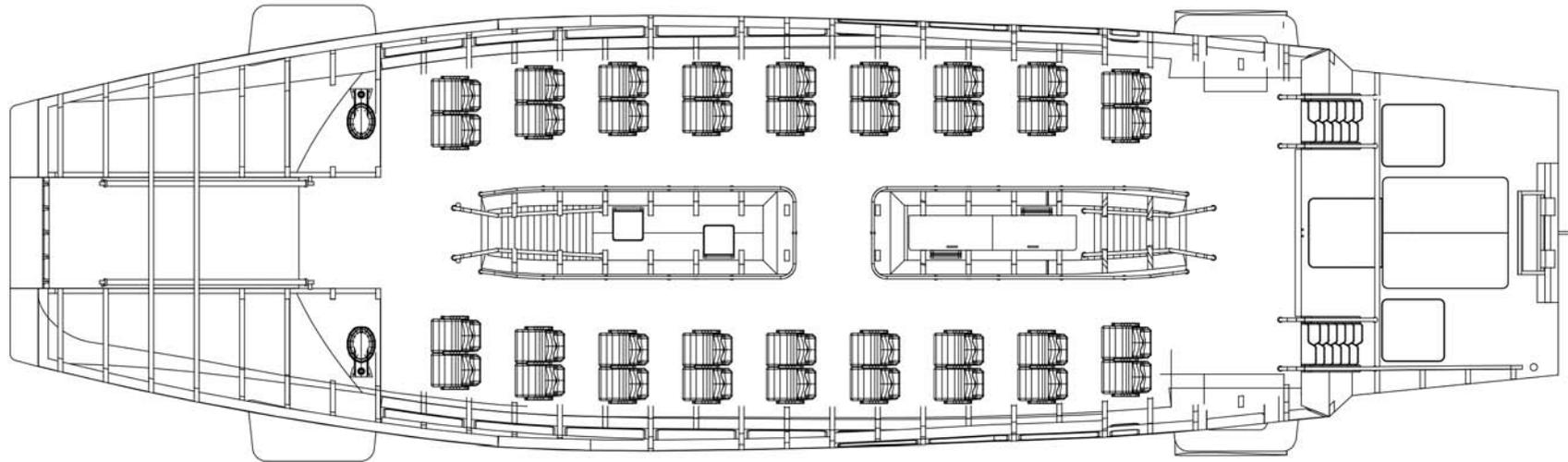
Planta. Cubierta principal y puente de mando. Corte B-B¹



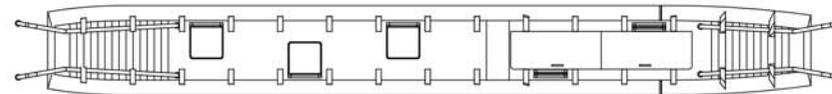
ESCALA GRÁFICA. 1 : 100



Planta. Segunda y tercer cubierta. Corte C-C¹.



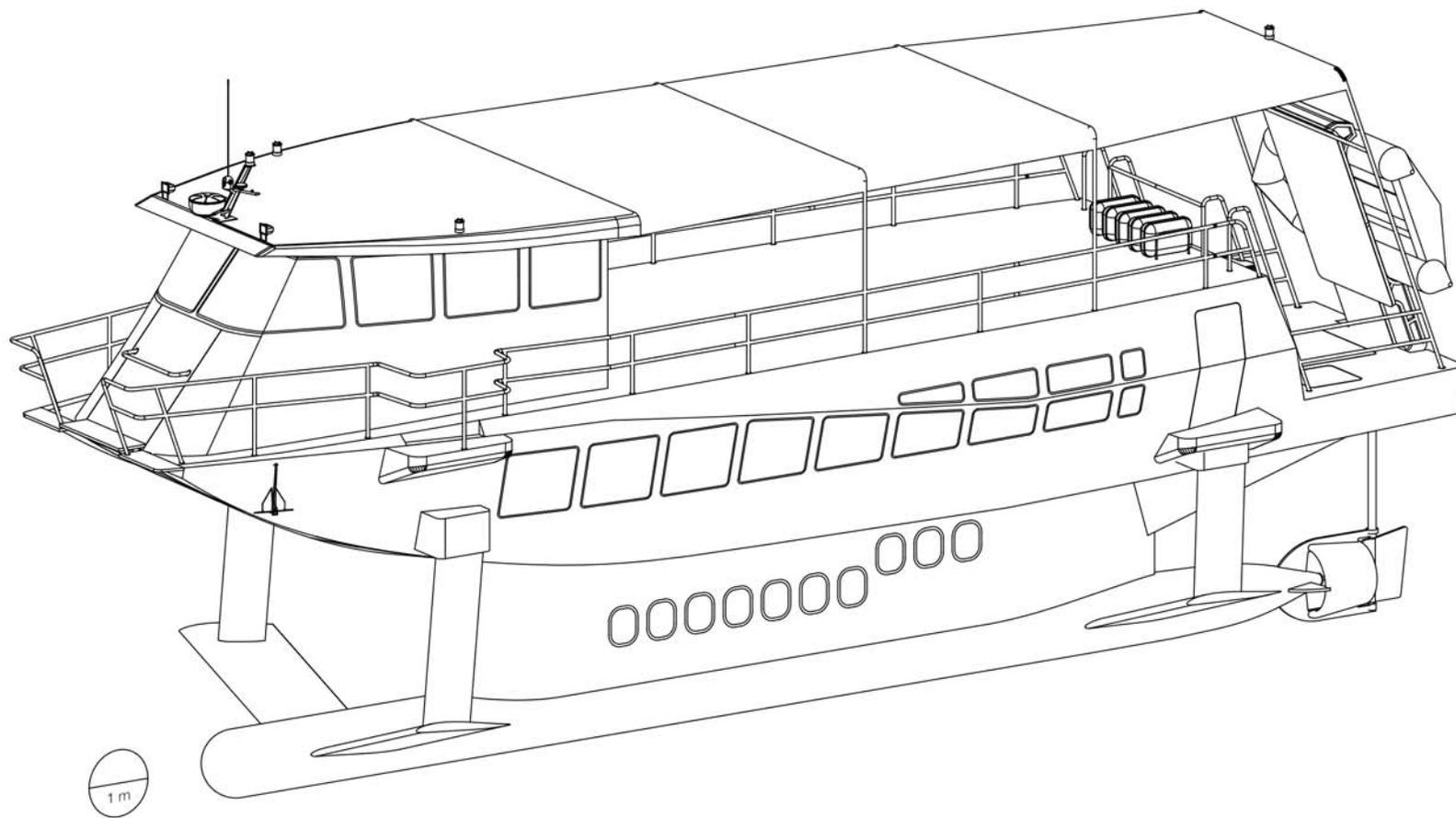
Planta. Tercer cubierta. Corte D-D¹



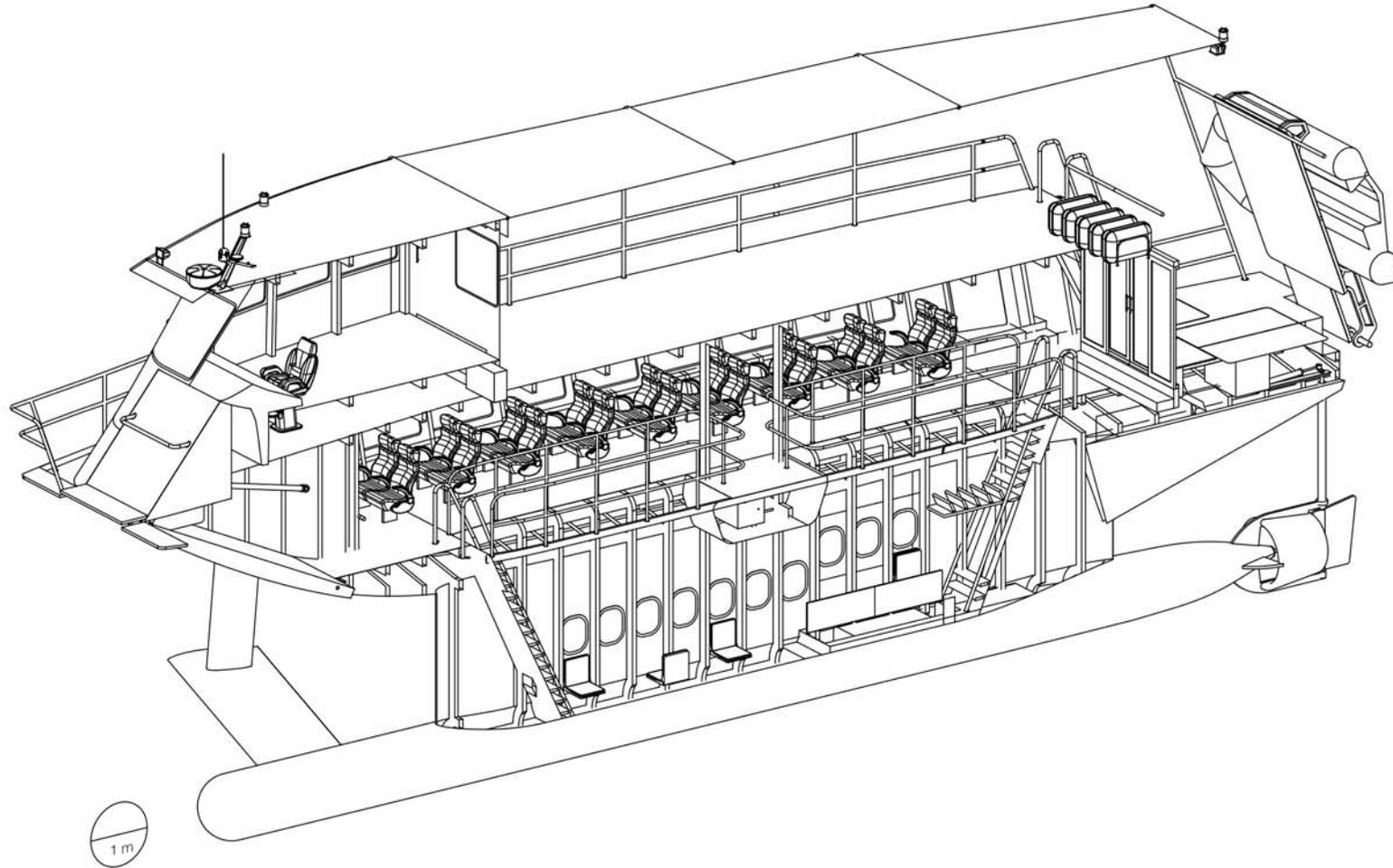
ESCALA GRÁFICA. 1 : 100



Isométrico.

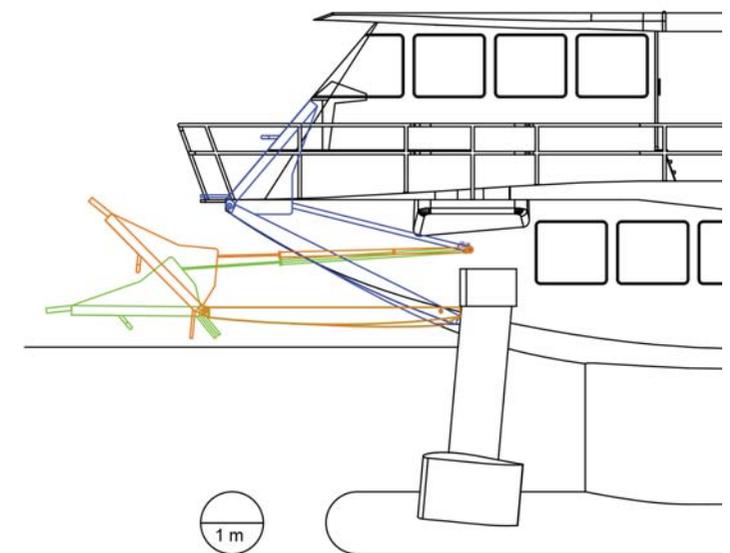
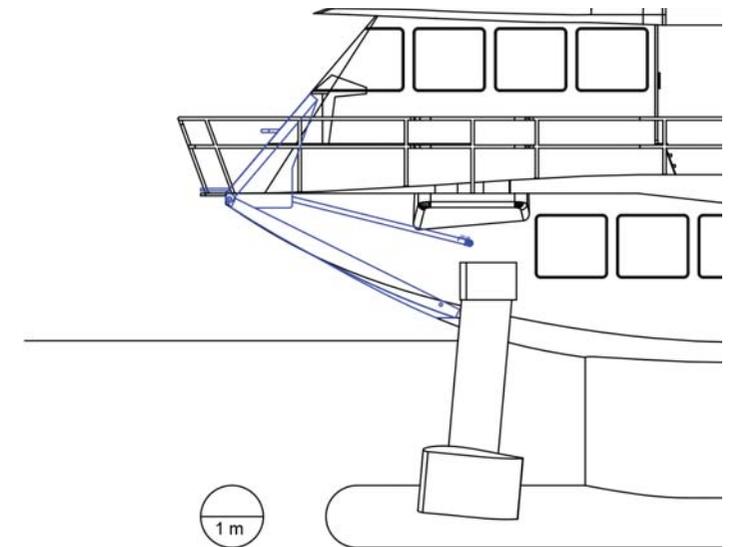
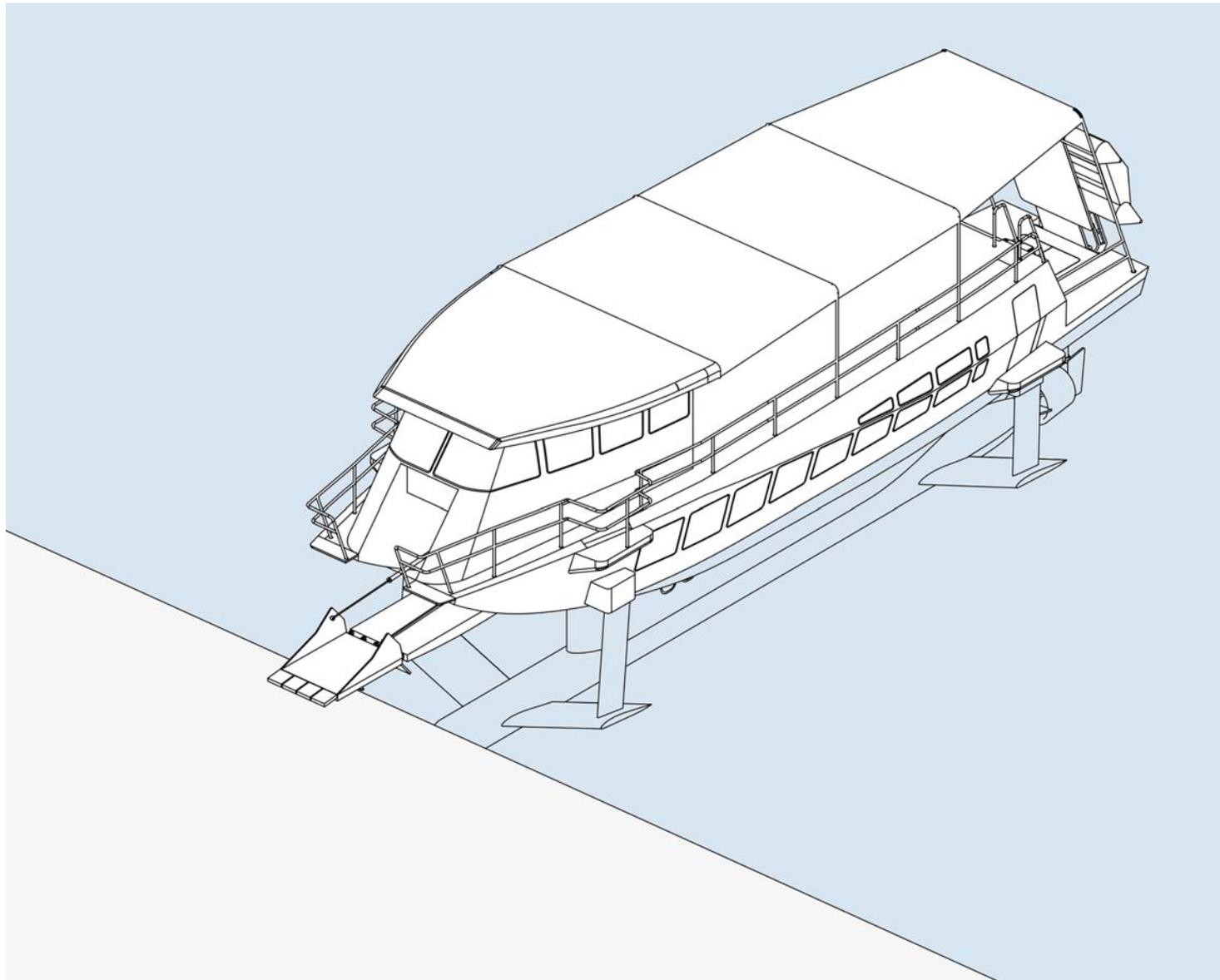


Isométrico, Corte A-A,



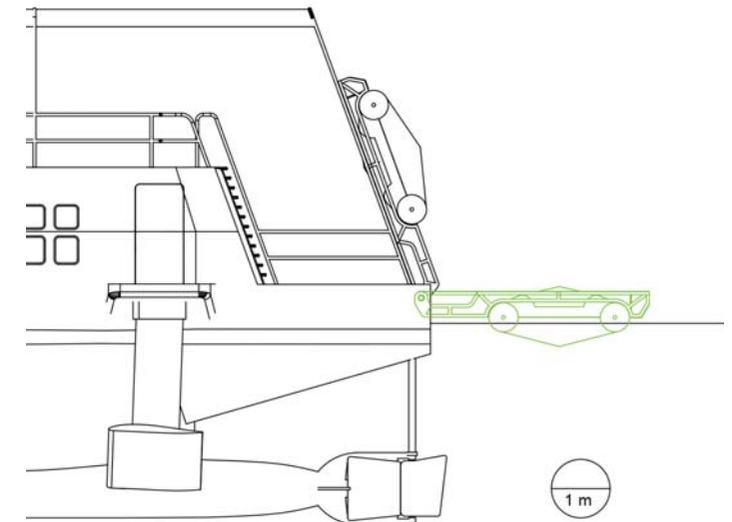
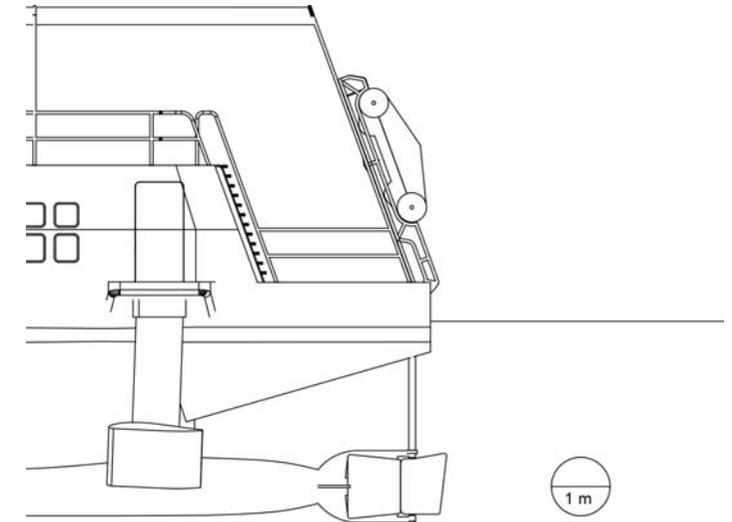
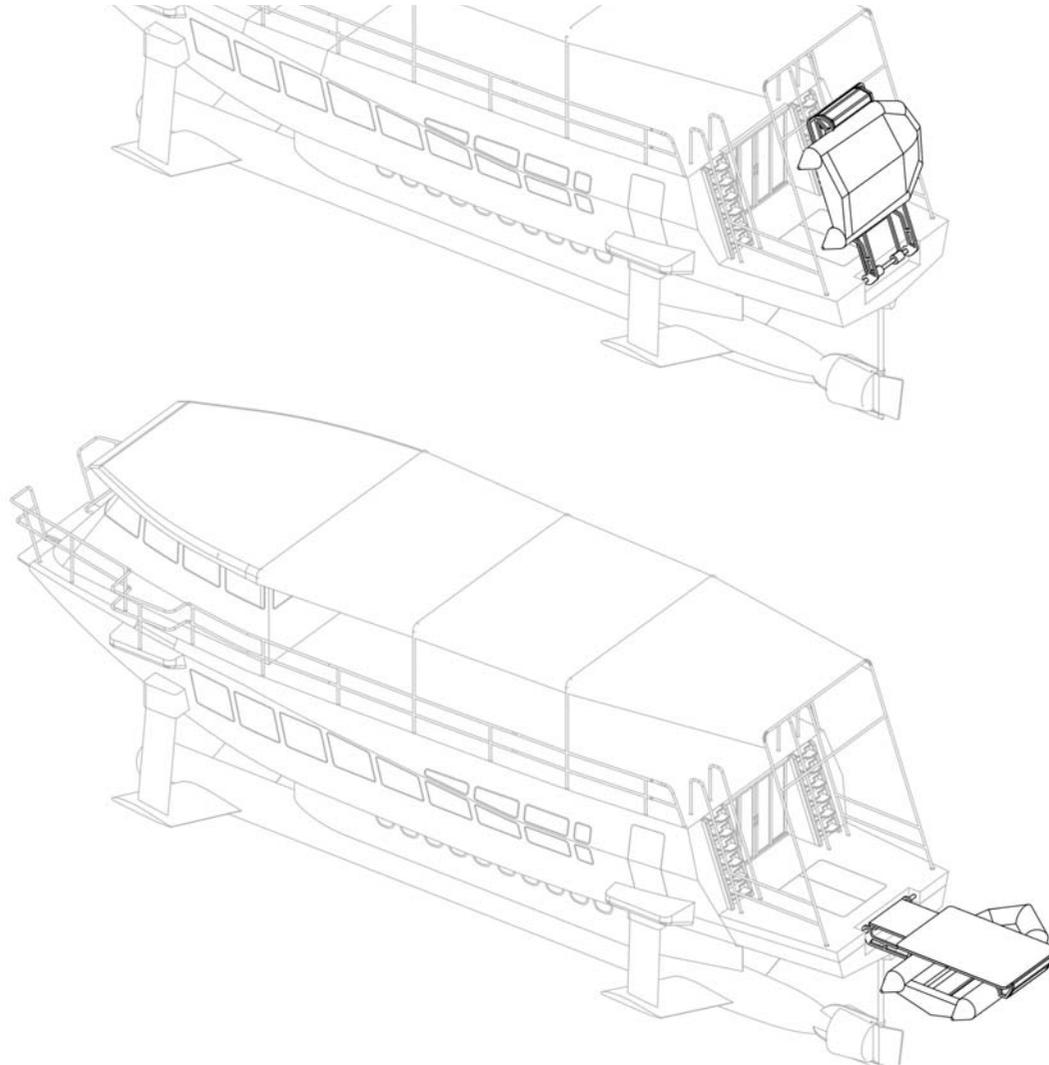
8.5.2. Planos de accesibilidad.

Planos de rampa de acceso

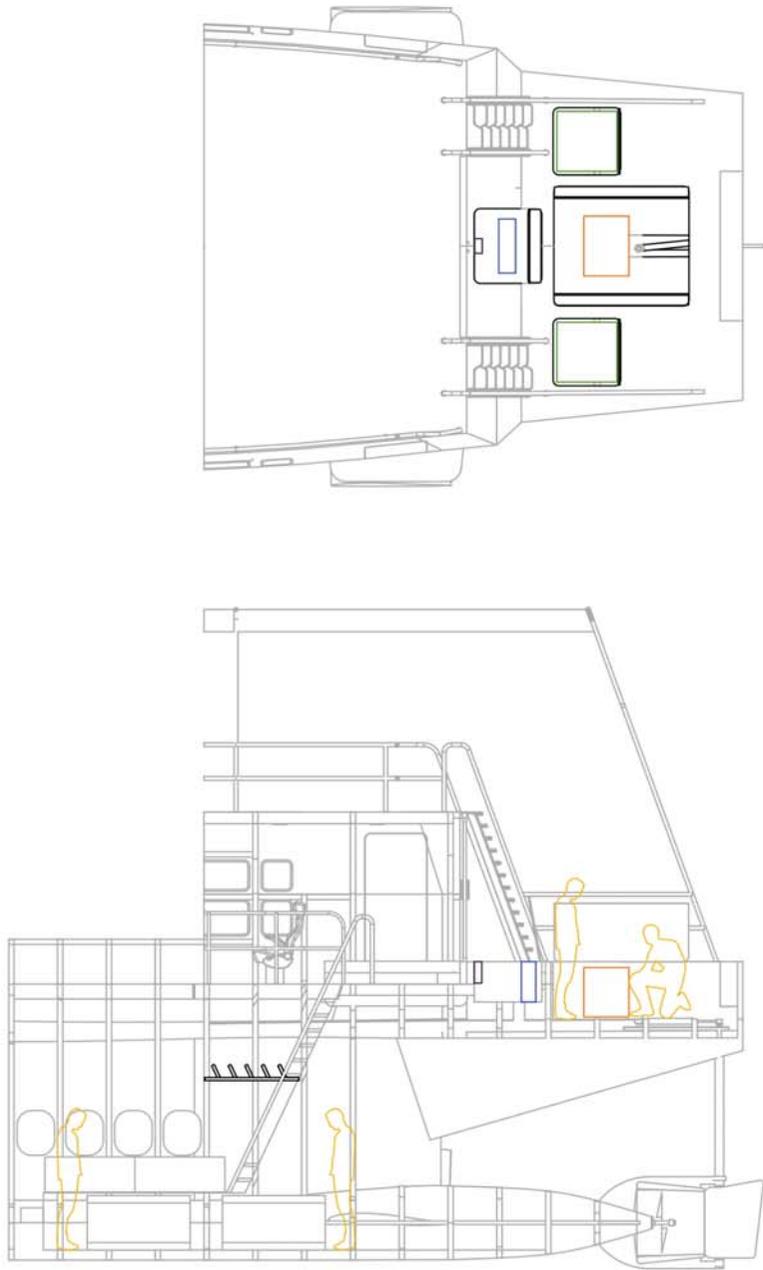


Plataforma de zodiac

Ya que la embarcación tiene un calado mayor a 3 m, no es posible acercarse demasiado a la orilla. Según el estudio de declives de las playas en Acapulco, concluimos que para acceder a las playas necesitaríamos una embarcación auxiliar. Por tal motivo se equipa un bote zodiac en la proa. Está montado en una plataforma pivotante.

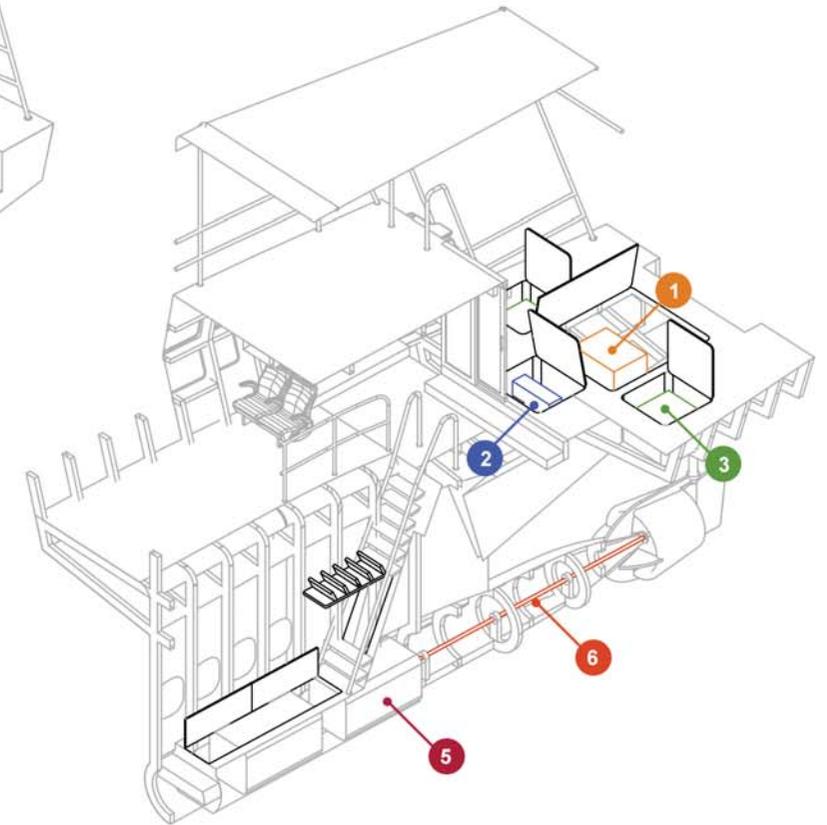
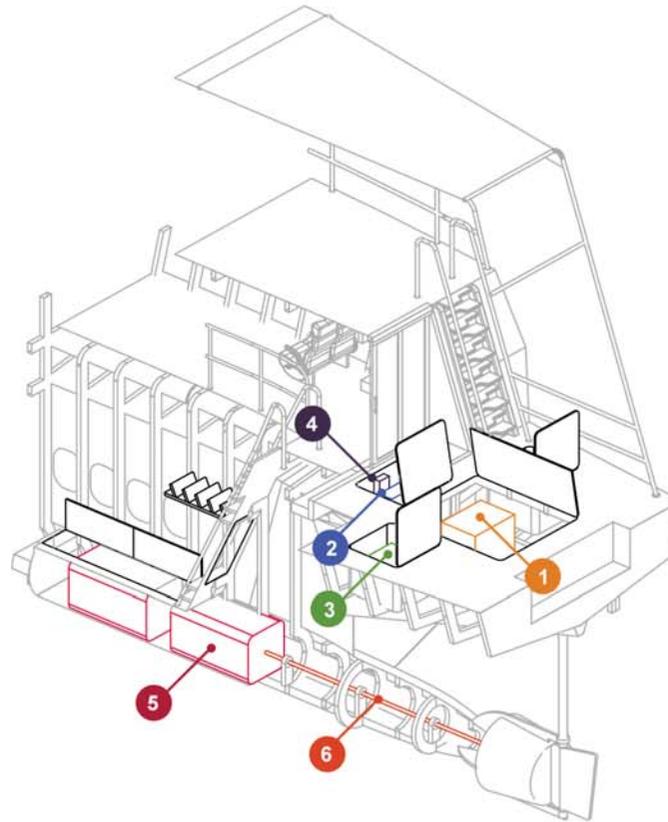


Sala de máquinas.

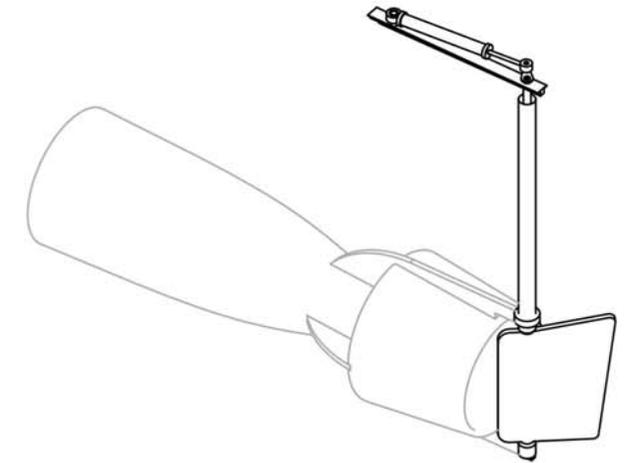
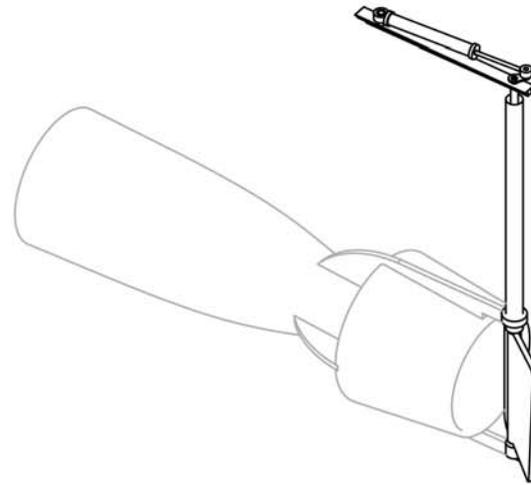
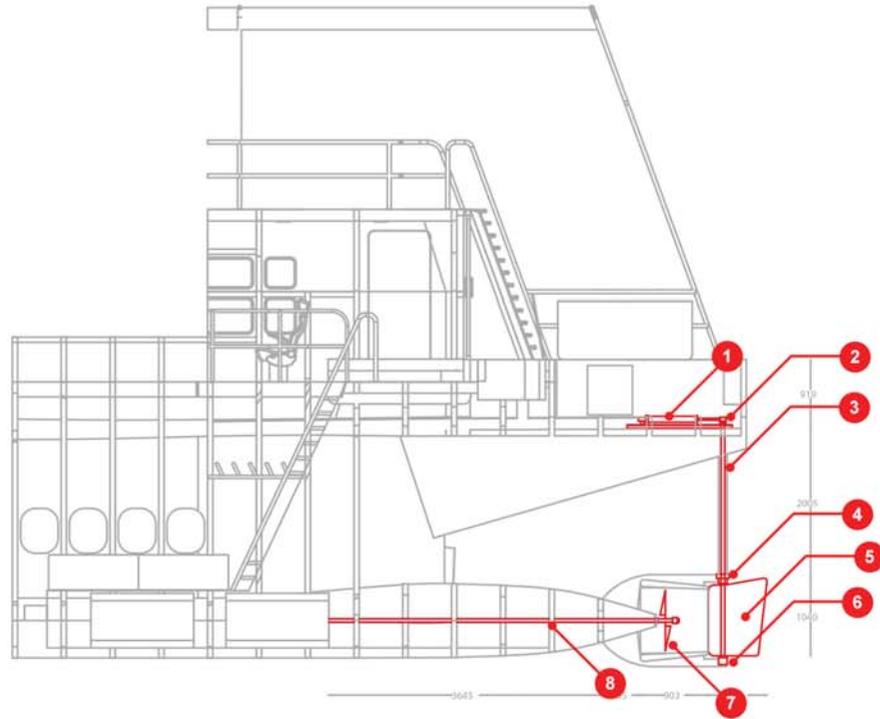
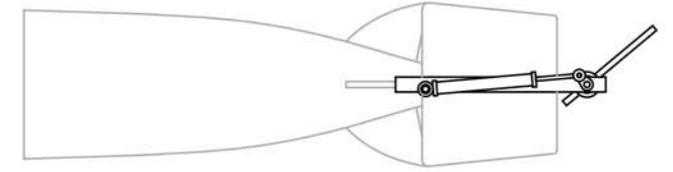
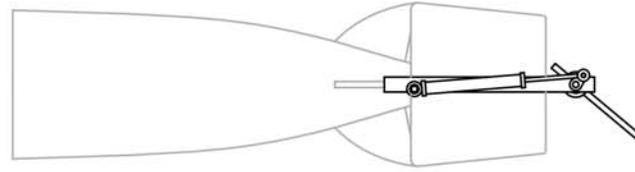


Elementos:

1. Generador eléctrico.
2. Batería 12 V. APM Technologies, B/BMS-Li 12/360
3. Dos Tanques de petróleo 250 lts.
5. Dos motores LPMR 50.6.09 AW
6. Eje.



Timón.

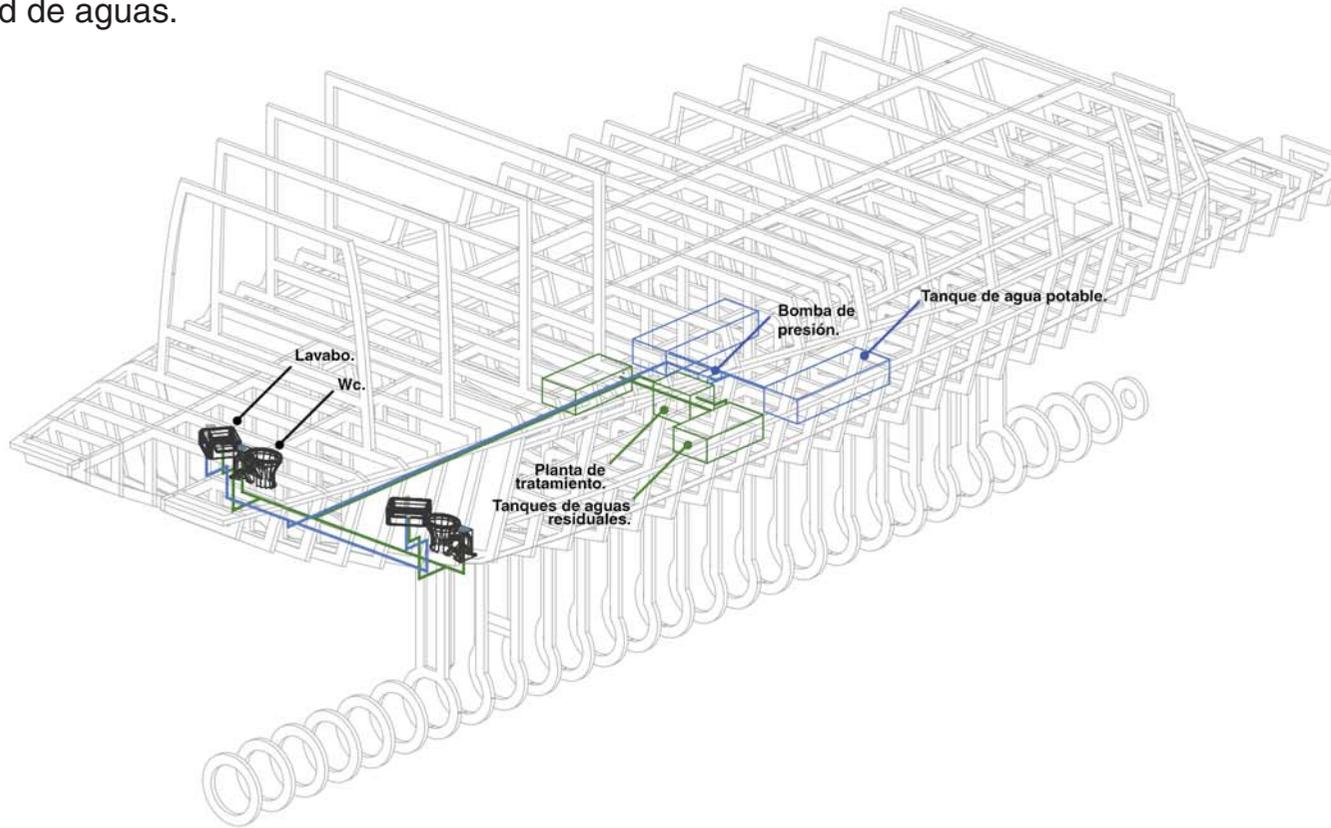


Elementos:

- 1. Cilindro hidráulico.
- 2. Cuadrante.
- 3. Mecha.
- 4. Machón
- 5. Timón.

- 6. Tintero.
- 7. Hélice.
- 8. Eje.

Red de aguas.

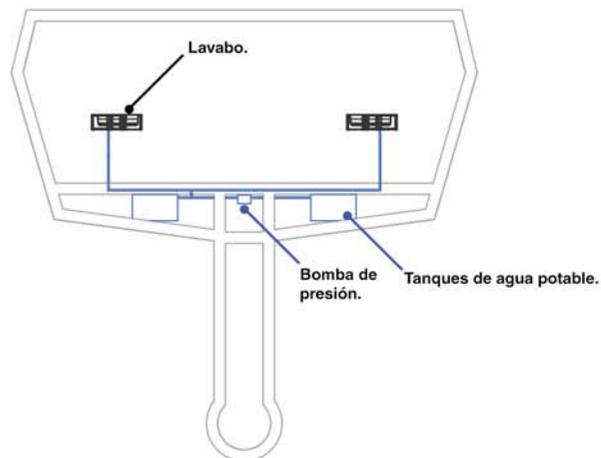


Elementos:

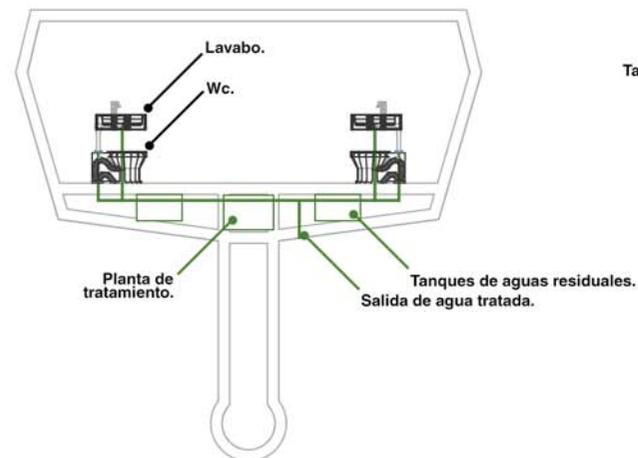
1. Dos tanques de agua potable (350 lts.)
3. Dos tanques de aguas residuales. (220 lts.)
4. Planta tratadora.

Los tanques de agua potable abastecerán los lavabos. Los de agua salada los escusados. Las aguas residuales podrán ser tratadas y desechadas en el mar o desechadas en fosa séptica en tierra.

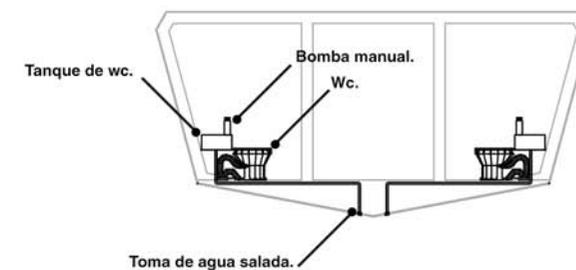
Red de agua potable.



Red de aguas residuales.

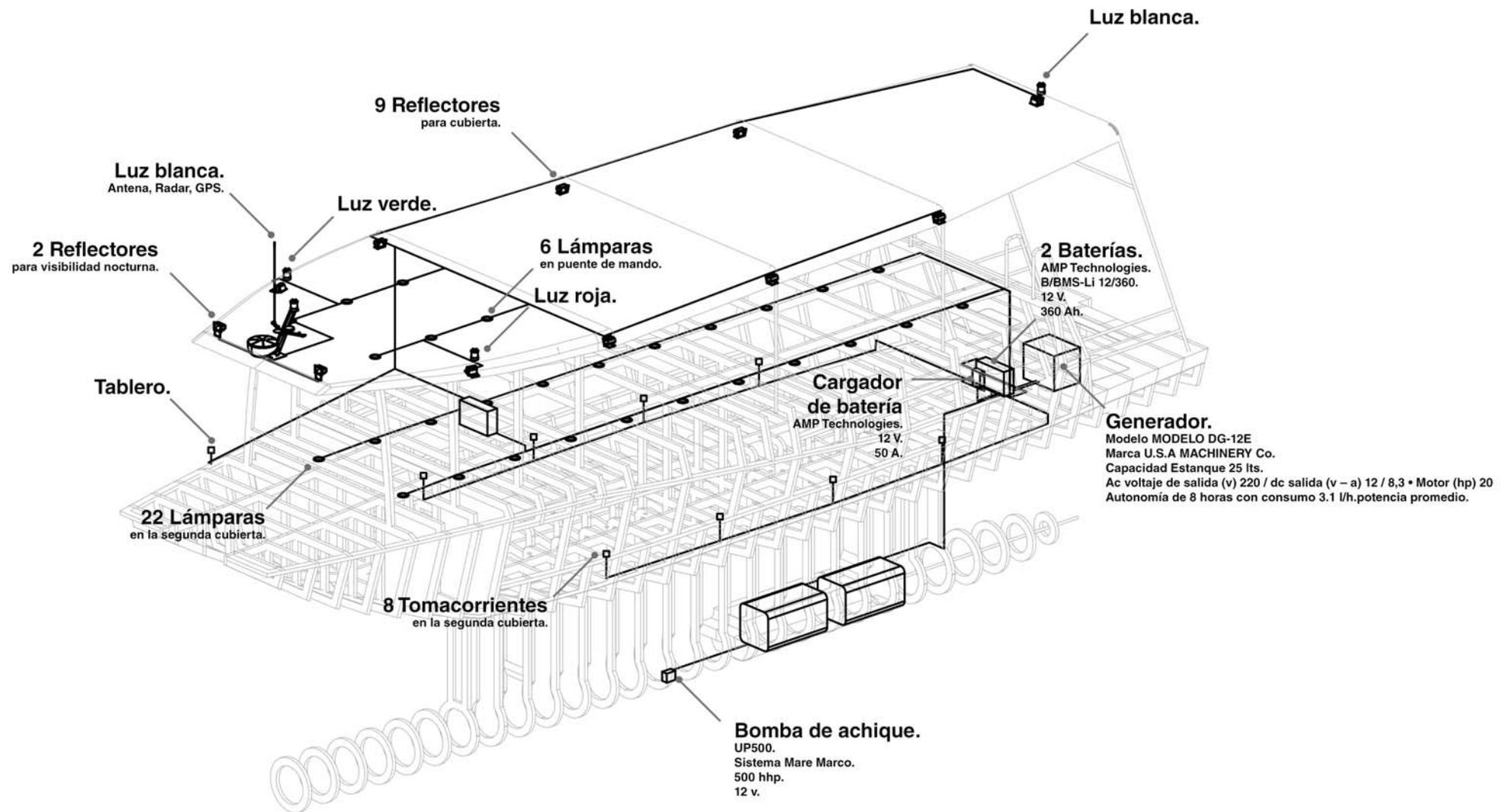


Red de agua salada.

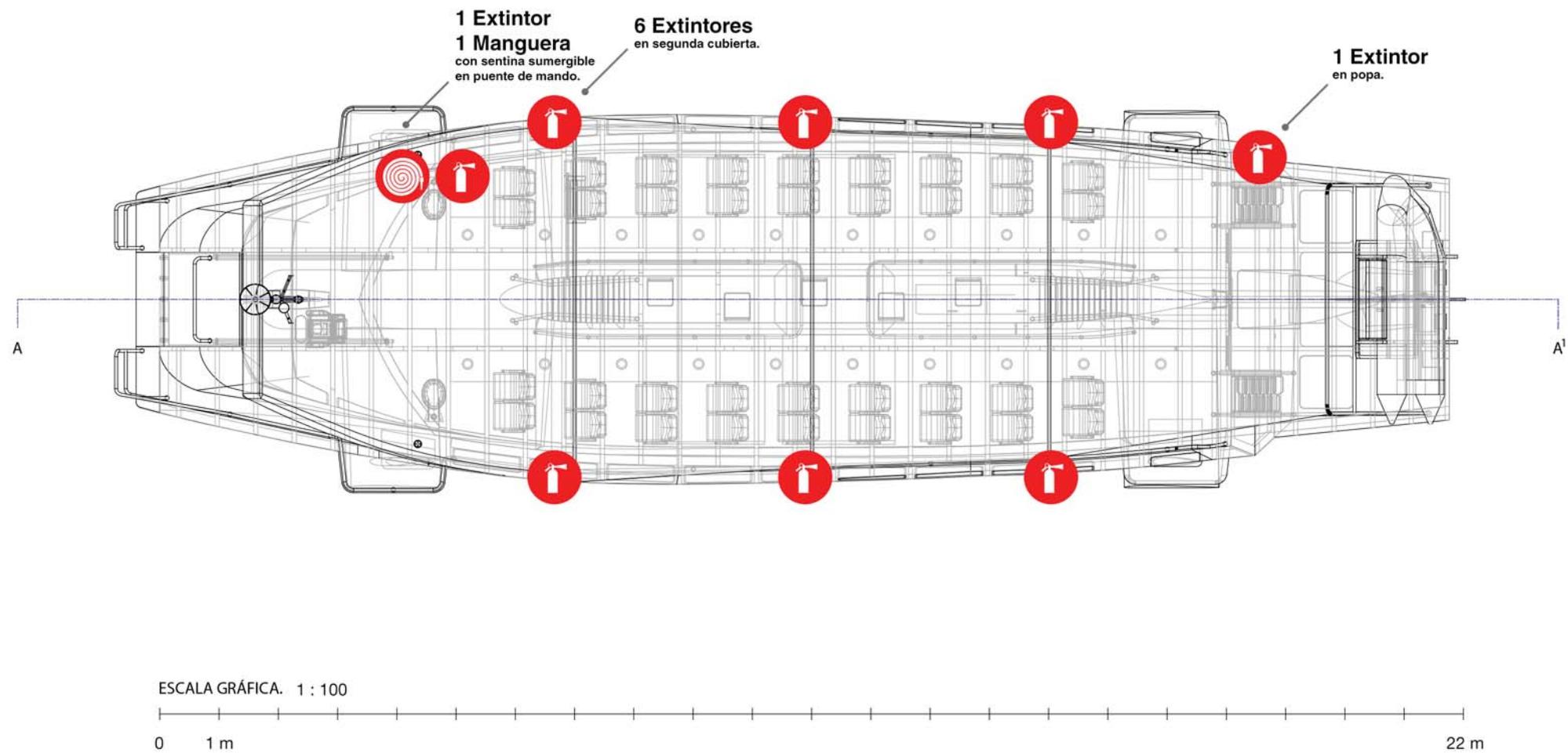


Toma de agua salada.

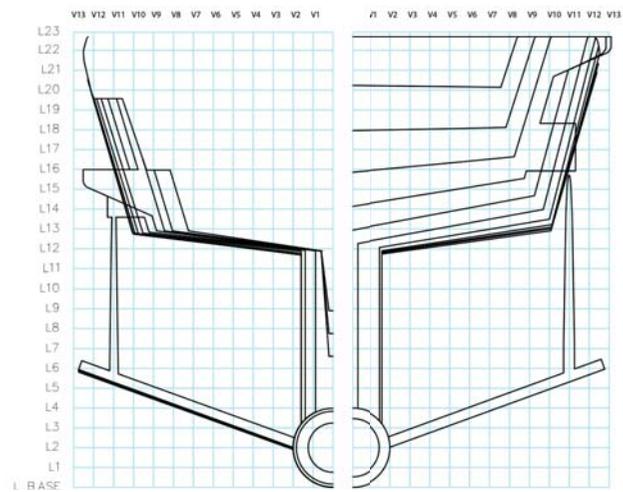
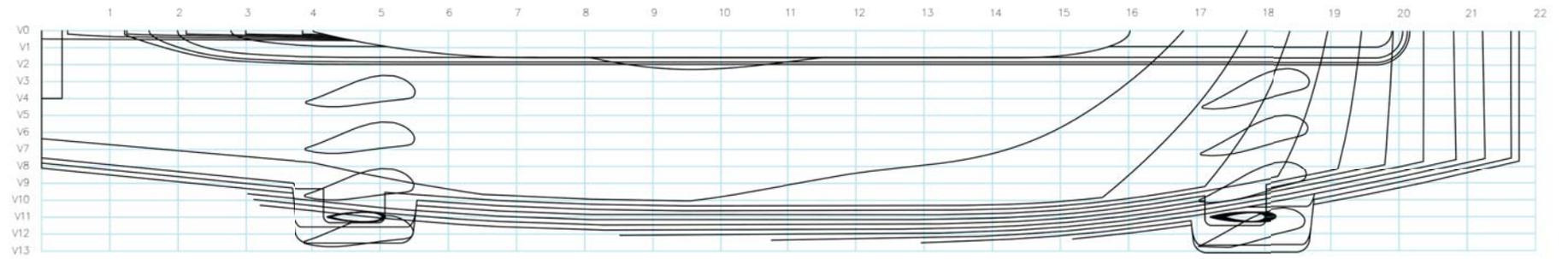
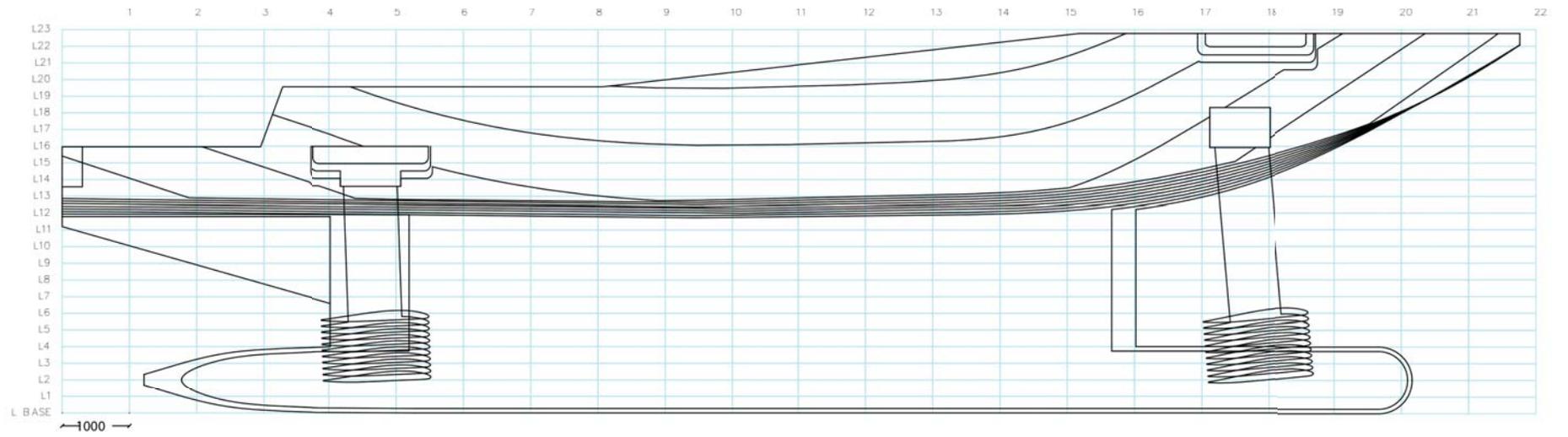
Red de eléctrica.



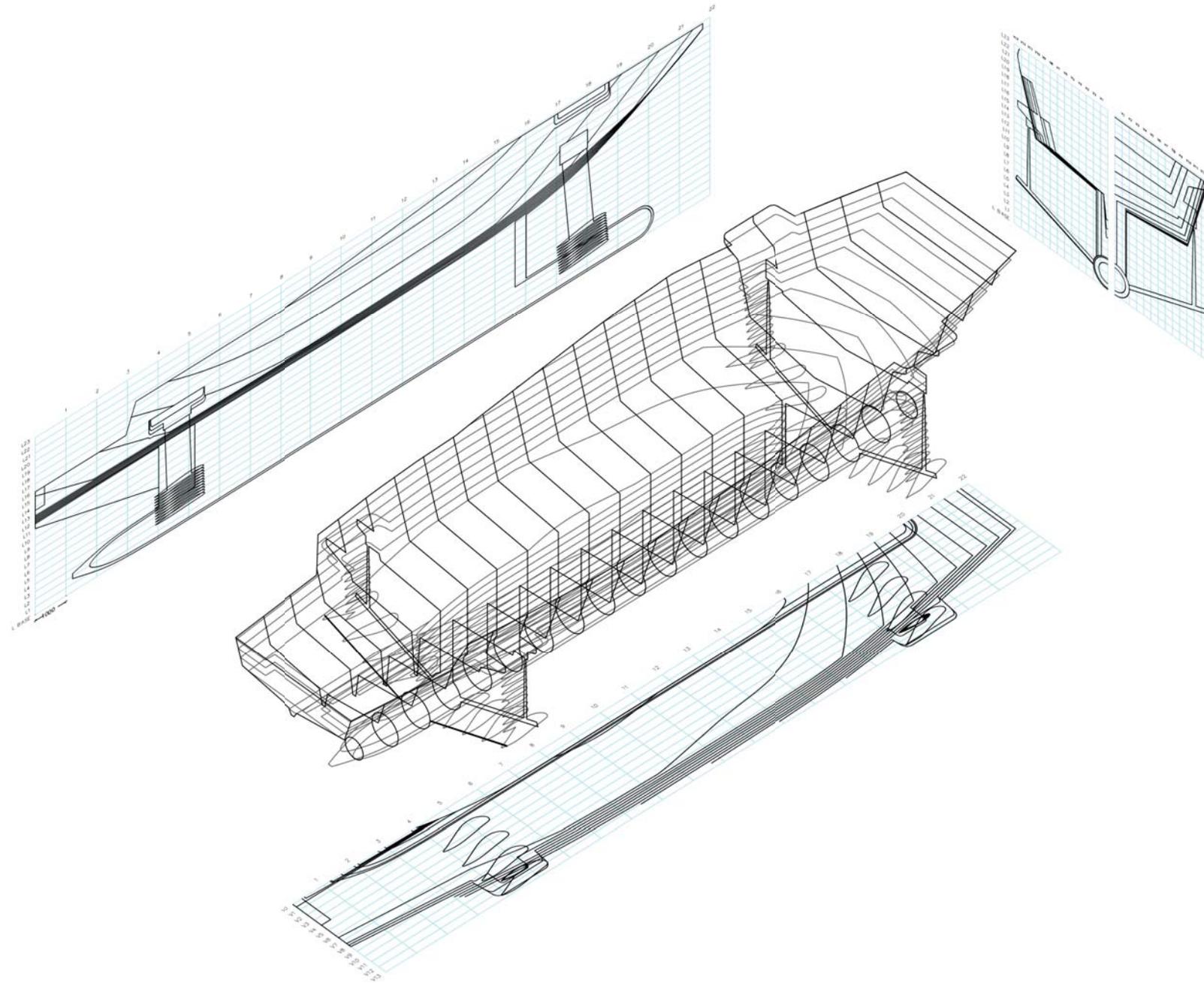
Red de incendio.



Plano de líneas.



Plano de líneas.



Perspectivas.



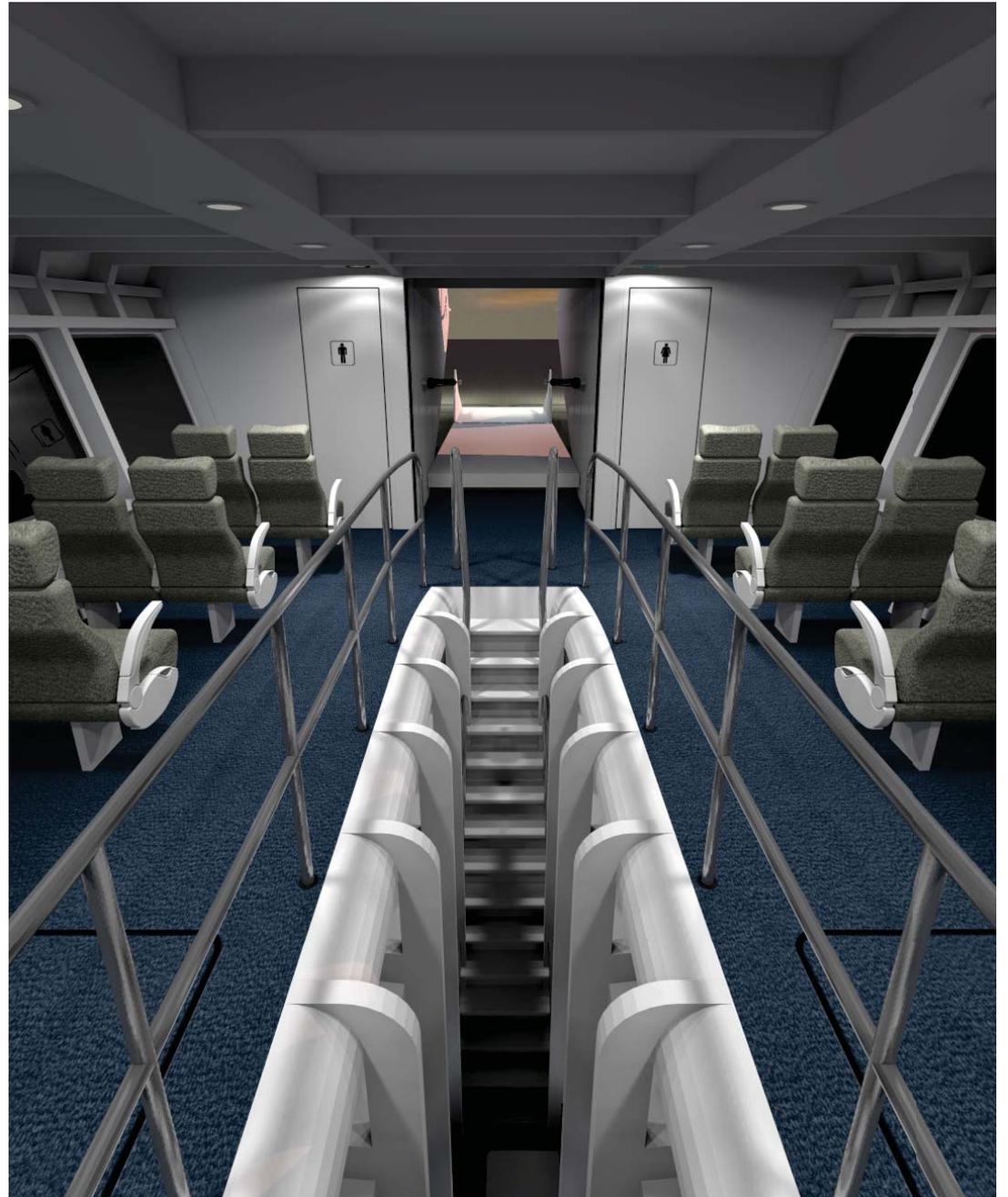
Perspectivas.



Perspectivas.



Perspectivas.



Perspectivas.



Perspectivas.



9. Conclusión

Se comenzó al revés de los desarrollos de Carolina Chávez, con perfiles pequeños al bulbo. En este caso a perfiles de mayor envergadura se le agregó el bulbo.

En la primer etapa del modelo se logró levantar el casco y reducir los movimientos de cabeceo en el avance. La embarcación comienza el vuelo a 13 nudos de velocidad. La configuración de ángulos de ataque es de 5° en proa y 2° en popa. Se calculó la potencia efectiva en 500 HP.

En la segunda etapa del modelo, al acortar las alas, redujimos el momento que ellas provocan, el cual es vencido por la boyantes del bulbo y arbotante. Como resultado, la embarcación se escora al elevarse. Se considera prudente aumentar la masa del bulbo y alargar las alas hasta llegar a un punto de equilibrio. La segunda opción es considerar unas alas más largas, como en la primer etapa del modelo, que generen el momento que mantiene adrizada la embarcación en movimiento.

10. Bibliografía.

Dirección general adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología. (Consultado en 2015). Derrotero del puerto de Acapulco.

<http://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioAcapulco.pdf>

Dirección general adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología. (2015). Carta náutica de Acapulco.

US Army, 1943. Ocean Currents and Sea Ice from Atlas of World Maps.

Servicio Meteorológico Nacional. (2010). Normales climatológicas de Acapulco.

Sunearthtools.com. (Consultado en 2015). Asoleamiento de Acapulco.

Manuel Carlier De Lavallo. (1985). Análisis hidrodinámico y proyecto del bulbo de proa.

Carolina Chávez. (2013). Sistema de transporte colectivo para pasajeros mediante embarcación hyswas para el territorio marítimo de Valparaíso.

Jaime Reyes. (2004). Técnica y Poética

Varios Autores. (1986). Amereida II. Valparaíso: Taller de Investigaciones Gráficas, Escuela de Arquitectura y Diseño, PUCV.

Boris Guerrero. (2015). Flotabilidad y estabilidad. Teoría náutica 1.

Leslie Krebs. (2013). Lancha rápida con perfiles hidrodinámicos para la accesibilidad y conectividad de la Patagonia occidental.

María Josefa Arriagada Vilches,. Diseño de habitabilidad en una embarcación con hidroalas para los canales de la Patagonia occidental chilena.

Requerimientos de alto nivel. Introducción a Sistemas Marítimos. Sergio Ostornol. (2015).

Alejandro López, Mauricio Molina. (2016). Olas. Teoría Marítima.

Ramiro Mege.(2015). Análisis Dimensional y semejanza dinámica en embarcaciones. Teoría náutica 2.

Colofón.

Edición de tres ejemplares.

Impreso en Serprograft, Agua Santa 45. Viña del Mar, Chile.

10 de Enero del 2017.