

LAS COMPETICIONES ACADÉMICAS EN EL PROYECTO “PROMARC”. EL MUNDO DE LOS EKRAÑOPLANOS

Luis Pérez Rojas, Canal de Ensayos Hidrodinámicos, Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Navales, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; luis.perezrojas@upm.es

Jesús Valle Cabezas, Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Navales, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; jesus.valle@upm.es

Eloy Carrillo Hontoria, Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Navales, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; eloyjoaquin.carrillo@upm.es

Antonio Souto Iglesias, Universidad Politécnica de Madrid, Canal de Ensayos Hidrodinámicos, ETSI Navales, Avda. Arco de la Victoria s/n, 28044 Madrid, España; antonio.souto@upm.es

RESUMEN/ABSTRACT.

Las competiciones académicas han sido uno de los recursos utilizados por el proyecto europeo PROMARC, “Promoting Marine Research Careers”, con el fin de animar a la gente joven a buscar puestos de trabajo en la investigación y en la innovación en el sector de la tecnología marina. El proyecto liderado por la WEGEMT, Asociación Europea de Universidades del ámbito de la tecnología marina y ciencias afines, ha recogido la participación de ocho Universidades, tres Asociaciones Europeas y una Fundación.

El diseño de ekranoplanos ha sido el centro de una de estas competiciones, finalizando con una serie de ensayos de los finalistas en el Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la ETSI Navales de la Universidad Politécnica de Madrid.

Después de una revisión de los objetivos y estructura del proyecto y del concepto de este tipo de artefactos, se describe la competición en sus aspectos principalmente técnicos, finalizando con los logros obtenidos.

1.- INTRODUCCIÓN.

Europa posee una importante economía marítima y una significativa posición global en este sector. La fortaleza de la industria marítima europea está basada en su carácter emprendedor y en su habilidad para innovar. Las compañías marítimas europeas sólo podrán mantener su ventajosa situación de producir productos innovadores si estas industrias pueden captar personal de I+D altamente cualificado.

Una posición de liderazgo en el conocimiento y en la tecnología de productos marinos avanzados en sostenibilidad, competitividad y seguridad, se logra no sólo con ingenieros navales, ingenieros marinos y de “off-shore” sino con científicos del mundo oceánico, economistas y financieros del transporte marítimo, así como con graduados en ingeniería que lleven a cabo las labores de investigación y desarrollo en este sector marítimo.

El proyecto europeo “Promoción de los Estudios relativos a la Investigación Marina”, PROMARC, recientemente terminado y llevado a cabo por universidades y empresas de 17 países diferentes de toda Europa tenía como objetivos:

1. Analizar e investigar los esquemas nacionales actuales encaminados a promocionar el sector del transporte marítimo.
2. Investigar y analizar las demandas y ofertas de las capacidades humanas necesarias para el desarrollo del sector, actuales y futuras.
3. Crear material promocional como folletos y trípticos sobre las oportunidades en el sector marítimo en temas de investigación y desarrollo, no olvidando la distribución “on-line”.
4. Realizar actividades para promover la tecnología del mundo marino en escuelas, incluyendo visitas y una web interactiva en Internet.
5. Realizar actividades encaminadas a captar graduados para dedicarse a la investigación, tales como competiciones académicas, talleres de trabajo temáticos o “escuelas de verano”.

En [1] se presentaba este proyecto europeo, focalizando las actuaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de la Universidad Politécnica de Madrid. Este artículo se centra en una de las actuaciones indicadas en el proyecto: las competiciones académicas, en particular la dedicada al diseño y construcción de ekranoplanos por parte de los alumnos.

2.- LAS COMPETICIONES ACADÉMICAS.

Típicamente, una competición académica es un desafío entre alumnos para demostrar su habilidad en temas académicos a un nivel superior al que puede darse en una clase magistral o en unas prácticas de laboratorio. Un amplio espectro de posibilidades se abre en este mundo, como puede verse en la siguiente dirección:

http://www.artofproblemsolving.com/Wiki/index.php/Academic_competitions

El sentido y el objetivo de las competiciones académicas en el mundo de la ingeniería se refleja de una forma muy adecuada en [2], donde dice: «Las competiciones interuniversitarias que tienen por objeto el desarrollo de un objeto concreto, reconocible por todos los públicos y que mueve toda una industria, son un ejemplo, por un lado, de cómo se puede enseñar, aprender e innovar “haciendo”, y por otro lado, de cómo con los recursos justos, sin gastos multimillonarios, pueden alcanzarse metas importantes, siendo la flexibilidad y la accesibilidad a los medios necesarios la característica de toda la gestión del proyecto, resultando los aspectos burocráticos meras anécdotas».

Ambos puntos, en la gestión de los medios y en los procesos de aprendizaje e innovación, nos pueden dar una pista de cuál puede ser el camino a seguir, porque son una muestra de cómo puede cambiar el proceso de “enseñar” y “aprender” en las Universidades, no queriendo decir que ni en todo, ni siquiera en parte, tenga que haber competición de por medio.

Además, así se hace frente a dos de las críticas que habitualmente se le hace a ciertos modelos de enseñanza universitaria: que la formación impartida es excesivamente teórica y que esta formación no se ajusta a las necesidades del

mercado laboral. Es cierto que la formación es excesivamente teórica pero también lo es que ésta es absolutamente necesaria. El error está en la falta de experiencias prácticas que ayuden a consolidar los conocimientos teóricos con más profundidad y más rápidamente, llegando así al aspecto fundamental de nuestro modelo actual: la experiencia práctica requiere de medios que no siempre parecen estar al alcance. Conseguir estos medios requiere, por una parte, unos costes en tiempo y dedicación del profesor que rara vez son reconocidos y, por otra parte, los costes económicos para su implantación y mantenimiento.

La segunda crítica señala que la formación impartida no se ajusta a la necesidad del mercado laboral, indicando en algunos casos la inconveniencia de la sobrecualificación de nuestros alumnos. Ciertamente es que esta crítica fue hecha por última vez hace tres o cuatro años, cuando aún no se había producido la crisis económica y vivíamos una situación de bonanza. Ahora está claro que si alguien tiene el futuro en sus manos son esos alumnos “sobrecualificados”.

Es hacia el alumnado a quién están dirigidas todas estas iniciativas, que buscan potenciar en ellos el afán por explorar las alternativas profesionales que se les abren al término de sus estudios, e incluso antes, incluyendo en estas alternativas el trabajo en investigación, la realización de tesis doctorales, estancias en otras universidades, etc., si al fin encuentran alguna satisfacción en el ámbito del mundo académico, o bien en el mundo empresarial en sus divisiones de investigación y desarrollo de productos.

Esta competición sin duda sirve a los intereses formativos de los alumnos que participan en primera persona, pero también a aquellos otros que habiendo sido compañeros de éstos saben que bien podrían haber participado y que estar o no estar en la competición es una cuestión de elección personal y no una cuestión de suerte. Este convencimiento en buena parte del alumnado puede contribuir a alejar de éstos la desafección hacia la Universidad, sentimiento que por el contrario se acrecienta con modelos educativos basados en la exigencia de un conocimiento casi exclusivamente teórico de las materias concretas, modelos que condenan el

conocimiento práctico, la interdisciplinariedad de materias o la complementariedad de conceptos, al representar un papel secundario.

Uno de los factores a destacar en este tipo de trabajos es el convencimiento por parte de los alumnos de formar parte de un equipo que tiene un objetivo común. Este trabajo en equipo muestra todo su potencial al constatar cómo se amplía la perspectiva de solución de un problema por parte de un miembro del equipo después de plantear el mismo al resto de compañeros y debatir sobre él en las reuniones periódicas. Así el trabajo en equipo es otra de las virtudes del método, donde intervienen en la búsqueda de soluciones alumnos de distintas áreas o disciplinas, garantizando así una visión global o más amplia de los distintos problemas.

3.- LOS EKRAÑOPLANOS.

Los ekranoplanos son embarcaciones que vuelan a baja altura sobre el agua empleando el efecto suelo. En apariencia un ekranoplano es un artefacto parecido a un avión, aunque en realidad es un barco que vuela sobre un colchón de aire, de manera similar a como lo haría un aerodeslizador cerca de la superficie del mar.

Los ekranoplanos utilizan el “efecto suelo” para volar. Se denomina **efecto suelo** o **ground effect** al fenómeno aerodinámico que se da cuando un cuerpo, con una diferencia de presiones entre la zona que hay por encima de él y la que hay por debajo, está muy cerca de la superficie terrestre, lo que provoca unas alteraciones en el flujo de aire que pueden aprovecharse en diversos campos.

A diferencia de los aviones convencionales, que vuelan por fenómenos de circulación alrededor de las alas que generan una sustentación, los ekranoplanos utilizan para volar la sobrepresión que se produce delante y debajo de sus alas en las cercanías de la superficie del agua, que forma un colchón de aire que asegura una cierta sustentación del aparato. Para poder hacer esto, los ekranoplanos tienen unas alas especiales. Mientras que en los aviones convencionales las alas son

bastante finas en los extremos para evitar que se formen turbulencias que reducen la sustentación del aparato, los ekranoplanos tienen alas que consiguen que el colchón de aire que se forma bajo ellas sea lo mayor posible.

Las figuras 1 y 2 [3], representan la distribución de presiones alrededor de un perfil y muestran claramente el “efecto suelo”. El color rojo muestra el área de sobrepresión, mientras que el verde es la presión ambiente y el azul la baja presión. La sobrepresión es relativamente escasa bajo un flujo libre.

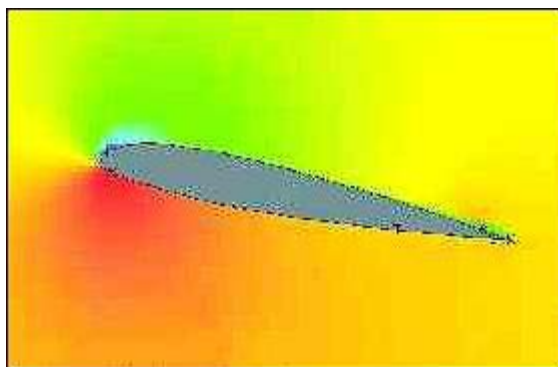


Figura 1. Perfil en flujo libre

En la figura 2 el área de sobrepresión es mucho mayor y es esta sobrepresión la que genera la sustentación. Igualmente se puede apreciar en la situación de “efecto suelo” la mayor contribución de la baja presión en la cara superior del borde de entrada. La suma de estos dos efectos hace que se aumente la relación sustentación/resistencia con respecto al comportamiento en flujo libre.

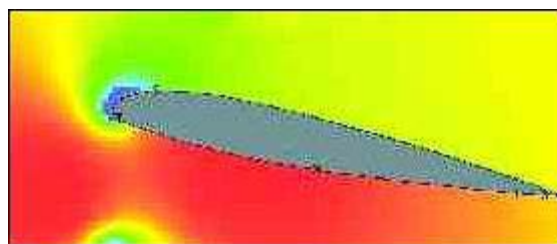


Figura 2. Perfil con “efecto suelo”

..

Este efecto también está en boga en la Formula 1, en donde se busca, al contrario que en aeronáutica, crear una zona de alta presión por encima del vehículo y una de baja presión por debajo. La diferencia de presiones provoca una succión

que "aplasta" al vehículo contra el suelo, mejorando el agarre, lo que se traduce en la posibilidad de trazar curvas a mayor velocidad.

Tras el despegue, el ekranoplano no mantiene ningún contacto con el agua, y es capaz de volar sobre el mar, terrenos nevados o helados e incluso sobre llanuras libres de obstáculos.

Los ekranoplanos son un invento ruso, y su nombre es una derivación de la denominación que recibe en ruso el efecto suelo: *экранный эффект* (экранный эффект). Este tipo de embarcaciones fueron concebidas a principio de la década de 1950 por el ingeniero soviético Rostislav Alexeiev, que trabajaba en la mejora de los hidroalas, que imagina un nuevo tipo de aparato que solventara las limitaciones irresolubles de éstos, nada más y nada menos que un barco capaz de volar. Con la ayuda del Gobierno, fueron desarrolladas por la Oficina de Estudios Especiales (OKB)-Alexeiev, situada en Nizhny Nóvgorod.

Tras construir algunos prototipos, en 1966 se fabrica el ekranoplano KM. Los servicios de inteligencia occidentales, en estado de confusión e incapaces de averiguar la auténtica naturaleza del ekranoplano, dieron en llamar a estos objetos masivos y muy rápidos «Monstruos del Mar Caspio», ya que ésta era la región donde hacían sus evoluciones. El avión pesaba 544 toneladas, medía 106 metros de longitud y 42m de envergadura y era capaz de superar los 400 km/h. Sus diez motores *dobryin vd-7* de 98KN cada uno, lo elevaban más de 30 centímetros sobre el agua pero no podía elevarse a más de 3 metros por riesgo a estrellarse. Podía hacer frente a olas de más de 5 metros sin ningún problema y se construyó para que sirviera como laboratorio volante para los científicos hasta 1980. Sin embargo el KM desaparecería en un accidente. Tras una ráfaga de viento que desestabilizó al aparato, el piloto, desobedeciendo las consignas de pilotaje del ekranoplano que le aconsejaban aproximarse a la superficie en caso de algún problema, optó —como habría hecho en el caso de tratarse de un avión convencional— por elevarse, el ekranoplano entonces pierde sustentación y se estrella contra el agua.

En 1972 se crea un nuevo ekranoplano, el “ORLYONOK” con 58 m de de largo y con alas son más finas que las del Monstruo del Mar Caspio. Estaba concebido para misiones de asalto y se construyeron únicamente 3 ó 4 unidades, realizando su último vuelo en 1993. En 1980, aparece el “LUN”, con una capacidad de carga de 1000 toneladas y su misión consistía en transportar y lanzar bombas nucleares. Esra aeronave de 74 m sería la única de su clase, puesto que las reducciones presupuestarias sufridas por el ejército soviético obligaron a suspender el programa. Tras el accidente del submarino “KOMSOMOLETS”, que costó la vida de 42 marineros, la URSS comienza en 1989 la construcción del “SPASATEL” («el salvador»), con capacidad para 500 personas, estaba destinado a ser un hospital volante para las tripulaciones de submarinos o navíos, pero jamás llegó a terminarse



Figura 3.- El “Orlyonok”

En épocas más recientes el uso de ekranoplanos ha decrecido a nivel mundial aunque últimamente se considera uno de los artefactos a desarrollar, por su óptima relación de velocidad, capacidad de carga y coste. Actualmente, el constructor aeronáutico estadounidense Boeing, con su Proyecto “PELICAN”, pretende construir un nuevo ekranoplano que sería la aeronave más grande jamás construida

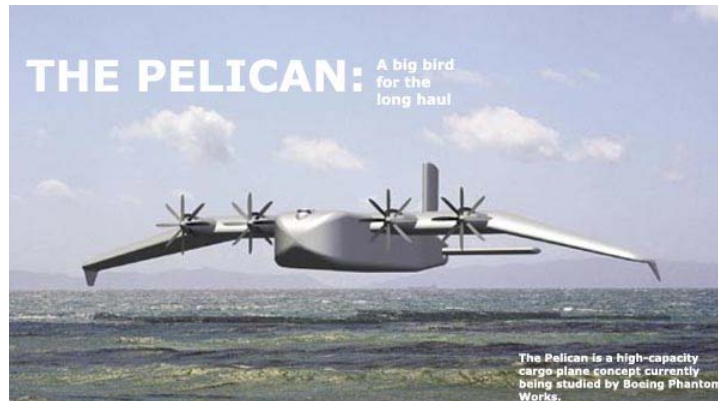


Figura 4. El proyecto americano de ekranoplanos

4- LAS REGLAS DE LA COMPETICIÓN

La competición se desarrolló según unas reglas publicadas y conocidas por todos los participantes, que son resumidas a continuación.

4.1.- Objetivo de la competición.

El objetivo de la competición era diseñar un ekranoplano que remolcado en el Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la ETSI Navales de la Universidad Politécnica de Madrid despegara con una velocidad inferior a los 3 m/s, no necesitando de sistema de propulsión ni de control.

4.2 –Requerimientos de los participantes.

Los equipos de estudiantes podían pertenecer a cualquier Universidad europea y no podían exceder de 5 miembros, siendo necesario demostrar que todos los participantes estaban estudiando en una Universidad europea.

4.3.- Fases de la competición.

La competición constaba de una serie de fases:

1. Inscripción:

Todos los equipos debían registrarse previamente y proporcionar un “nombre de identificación”.

2. Presentación del proyecto:

Consistente en la presentación de una memoria en donde claramente se reflejaran:

- ✓ Dimensiones y dibujos detallados del ekranoplano propuesto.
- ✓ Materiales y técnicas constructivas a utilizar en su fabricación.
- ✓ Desplazamiento y calado del ekranoplano.
- ✓ Cálculos teóricos o experimentales o cualquier otro tipo de datos que permitieran evaluar el comportamiento adecuado del ekranoplano.
- ✓ Punto de remolque.
- ✓ Estimación de la velocidad y distancia de despegue.
- ✓ Estimación de la altura continua de vuelo.
- ✓ Referencias.

3. Proclamación de finalistas:

El Comité Técnico Internacional seleccionaría las 5 mejores propuestas, basados en los siguientes criterios:

- ✓ La calidad de la definición del ekranoplano.
- ✓ La calidad de la documentación presentada.
- ✓ El cumplimiento de los requerimientos de la competición.
- ✓ La adecuación a su ensayo en el Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la ETSI Navales.

4. Fabricación:

Durante esta fase los finalistas construirían el modelo siguiendo las especificaciones de la memoria presentada, contando con una ayuda económica de 300€.

5. Entrega de los ekranoplanos:

En esta fase, el ekranoplano debería entregarse en fecha en las instalaciones del Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la ETSI Navales.

6. Pruebas preliminares:

Cada finalista tendría un máximo de 4 horas de pruebas preliminares para hacer los últimos ajustes antes de la competición.

7. Competición y Ceremonia de clausura:

La competición tendría lugar de forma pública en el Canal de Ensayos de la ETSI Navales, teniendo cada equipo dos posibilidades para demostrar el vuelo de su artefacto en las condiciones descritas en la memoria presentada.

El Comité Técnico internacional seleccionaría a los ganadores, haciendo entrega de los premios en una ceremonia pública.

4.4.- Requerimientos técnicos

El ekranoplano debería probarse en el Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la ETSI Navales, perteneciente a la Universidad Politécnica de Madrid, que tiene 100 m de largo, 3,8 m de ancho y una profundidad de 2,2 m. las pruebas se realizarían en aguas tranquilas y la máxima velocidad del carro de remolque para proceder al despegue era de 3 m/s.

Para cada velocidad era posible determinar la distancia efectiva de despegue usando el gráfico de la figura 5, donde las zonas a la izquierda de la línea azul y a la derecha de la línea roja estaban reservadas para la aceleración y desaceleración del carro de remolque.

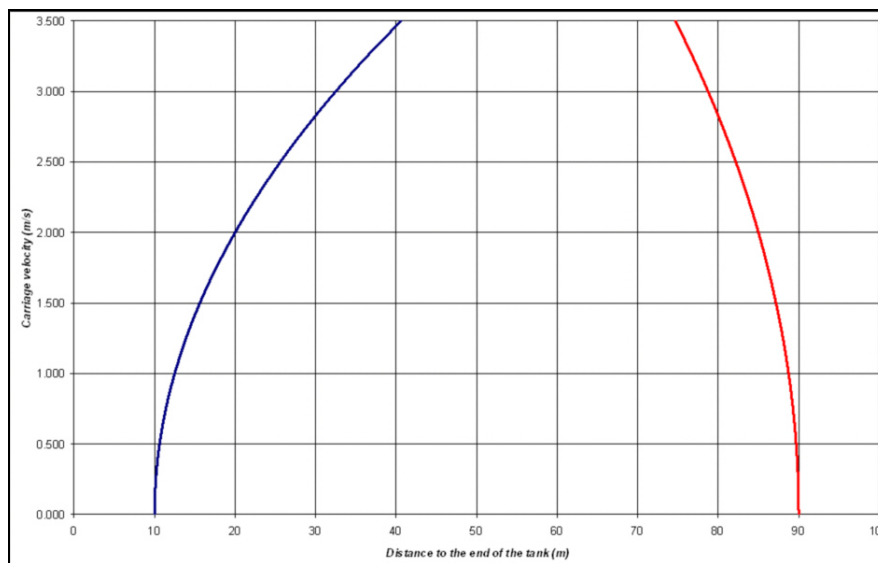


Figura 5. Zona efectiva de ensayo.

El ekranoplano debería ser remolcado con el cable no elástico y paralelo a la superficie del agua. Se puntuaba el mayor tamaño que alcanzase los objetivos marcados. Se remarcaba que no se estaba ensayando el modelo de un ekranoplano sino un ekranoplano pequeño. El software "Autowing" para el diseño de ekranoplanos se proporcionaba gratis a los participantes.

5- LA COMPETICIÓN.

Inicialmente se inscribieron 26 equipos de 4 países diferentes; si bien sólo 15 de ellos presentaron el informe correspondiente, conservándose la participación de los 4 países: España, Italia, Reino Unido y Turquía. Los equipos referidos en la siguiente lista fueron los que a juicio del Comité Internacional recogían los mayores méritos, según las bases establecidas,

Team 01: Aeronaval
Team 05: Los Ekranocé
Team 15: Los Isis Termotécnicos
Team 16: Ira Marina
Team 17: MAST Newcastle



Figura 6. Póster promocional.

5.1.- Team 01: Aeronaval.

Este proyecto eligió una forma típica de avión que proporcionaba el cuerpo principal con dos alas terminadas en dos cuerpos en forma de pontonas (figura 7).

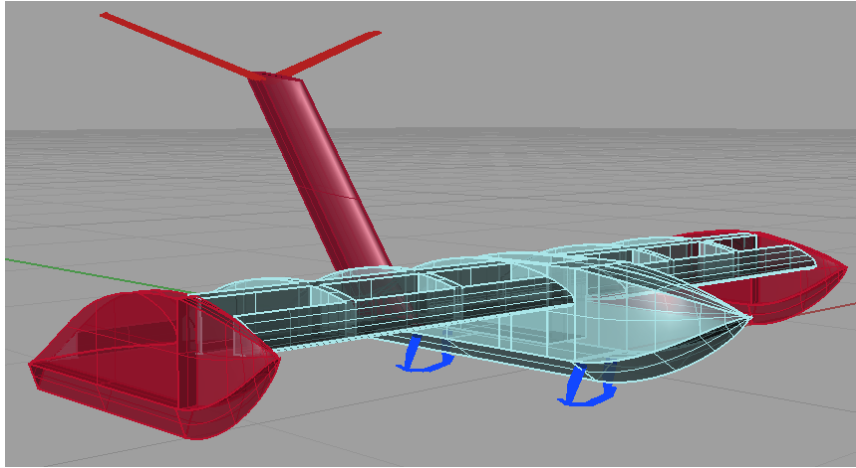


Figura 7. Team 01. Aeronaval.

Para las alas se eligió un perfil NACA 663. Se utilizó poliestireno expandido para la estructura y fibra de carbono para los “hidrofoils”, dando lugar a un artefacto de 1,15 m de largo, una envergadura de 2,32 m y un peso estimado de 1,8 kg.

5.2.- Team 05: Los Ekranocé.

Esta propuesta era un catamarán, de tal forma que cualquier deformación debida a los pesos fuera absorbida por los dos cascos y no se originara ningún ángulo de escora, y tenía una forma hidrodinámica correspondiente a una embarcación rápida.

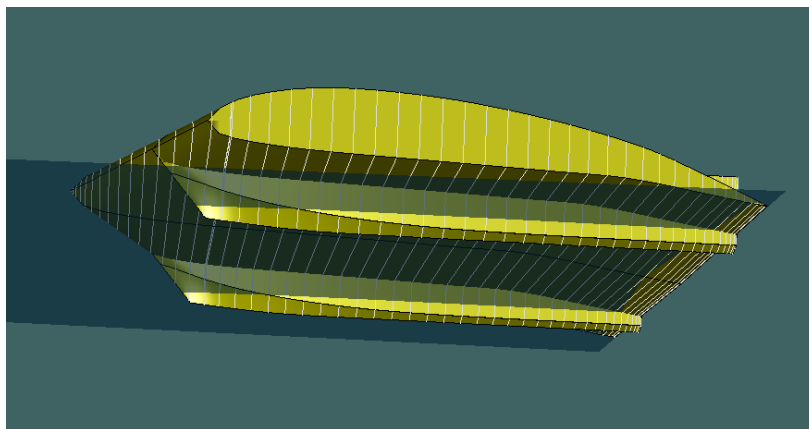


Figura 8. Team 05. Los Ekranocé.

Los materiales elegidos fueron tubos de fibra de carbono de 5 mm de diámetro, fibra de vidrio, resina de polyester, espuma de poliuretano y papel. Su eslora total era 1,44 m y su manga de 1,5 m.

5.3.- Team 15: Los Isis Termotécnicos.

El tipo catamarán también fue elegido por esta propuesta, con gran alerón y otro posterior de menor tamaño. La parte hidrodinámica poseía junquillos antispray y codillos.

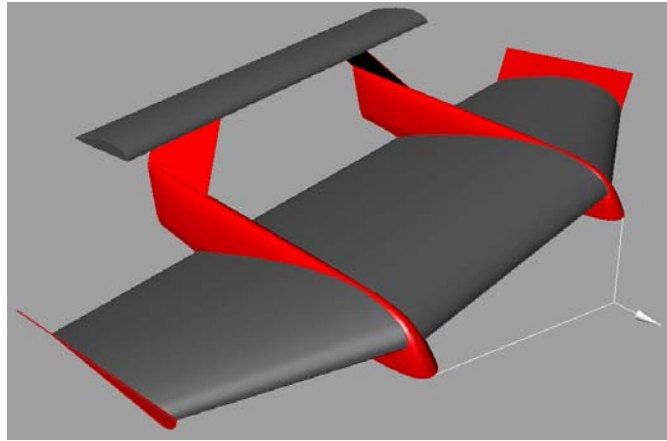


Figura 9. Team 15. Los Isis Termotécnicos.

La madera de balsa era el componente utilizado para la estructura, con alerones de madera de pino y las correspondientes pinturas e imprimaciones. Tenía una eslora de flotación de 0,534 m, cascos de 8,7 cm separados 60 cm y un peso total del orden de 0,5 kg.

5.4.- Team 16: Ira Marina

El proyecto se basaba en un perfil tipo Clark-Y, soportado por cuerpo central y dos flotadores en los extremos. Disponía de superficies horizontales en la parte trasera que tenían como misión estabilizar el movimiento del artefacto.

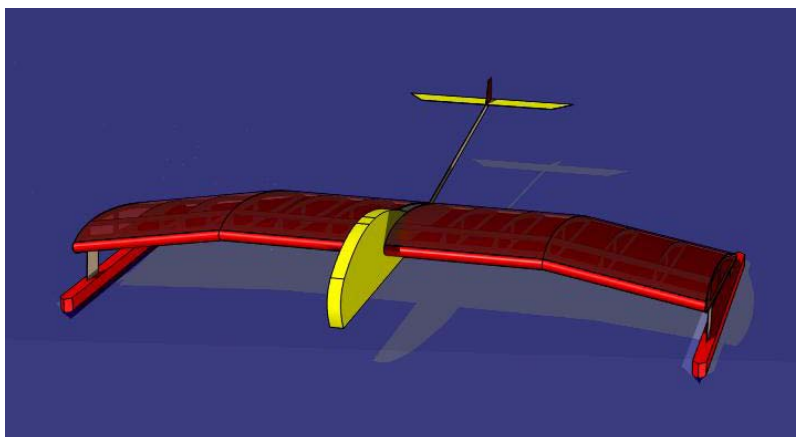


Figura 10. Team 16. Ira Marina.

Estaba construido con madera de balsa, contrachapado, poliuretano expandido y vinilo, dando lugar a un artefacto de 2,45 m de ancho y una eslora de 2,29 m.

5.5.- Team 17: MAST NEWCASTLE

Las formas de un trimarán con un ala de perfil NACA 63₂-615 fueron las utilizadas en este proyecto. La eslora total era de 2,3 m para una anchura próxima a los 3m, dando lugar a un peso aproximado de 6kg, utilizando como materiales el contrachapado y la espuma.

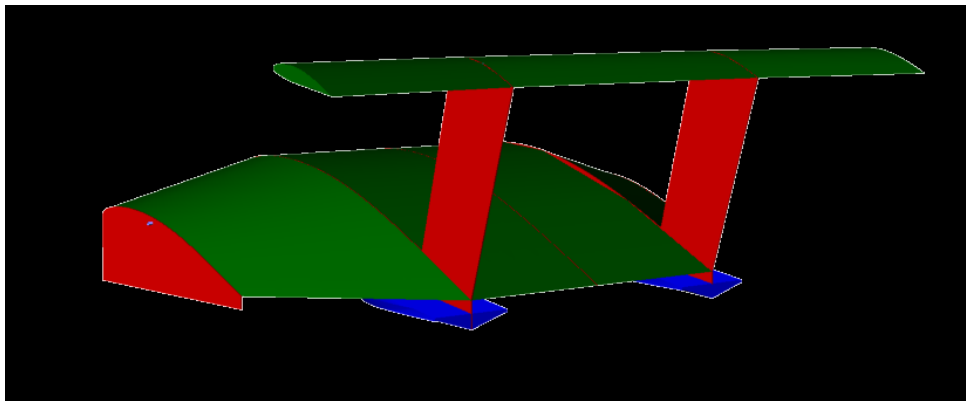


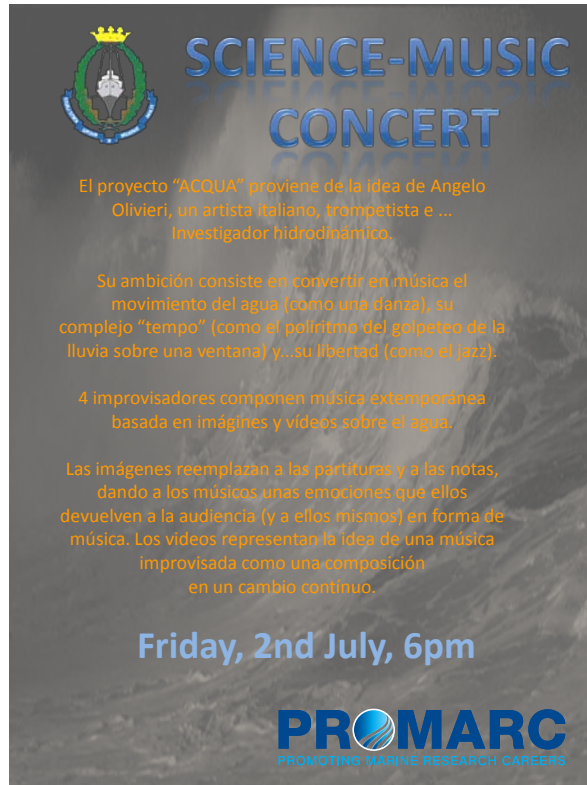
Figura 11. Team 17. MAST NEWCASTLE.

Los días previos a la prueba final, los equipos finalistas hicieron sus últimos ajustes para llegar a la prueba final del día 2 de Julio de 2010, ante una audiencia de más de 150 personas y con la televisión regional en directo.

Una vez realizadas las pruebas, el primer premio fue concedido al equipo “Aeronaval” y el segundo premio al equipo “Los Isis Termotécnicos”.

La ceremonia de entrega tuvo lugar en un acto en donde se fundieron la ciencia y el arte, la hidrodinámica y el jazz. El Dr. Angelo Olivier, un investigador del Canal de Ensayos Hidrodinámicos de Roma (INSEAN) presentó un trabajo sobre los vórtices inducidos en las “olas rompientes” de un barco como un ejemplo de complementariedad entre los trabajos hidrodinámicos experimentales y las simulaciones numéricas. A continuación de esta sesión técnica, el mismo

investigador, un renombrado saxofonista, presentó un concierto de jazz. El anuncio de este evento nos da claramente idea de su contenido:



**SCIENCE-MUSIC
CONCERT**

El proyecto "ACQUA" proviene de la idea de Angelo Olivieri, un artista italiano, trompetista e ... Investigador hidrodinámico.

Su ambición consiste en convertir en música el movimiento del agua (como una danza), su complejo "tempo" (como el polirritmo del goteo de la lluvia sobre una ventana) y...su libertad (como el jazz).

4 improvisadores componen música extemporánea basada en imágenes y videos sobre el agua.

Las imágenes reemplazan a las partituras y a las notas, dando a los músicos unas emociones que ellos devuelven a la audiencia (y a ellos mismos) en forma de música. Los videos representan la idea de una música improvisada como una composición en un cambio continuo.

Friday, 2nd July, 6pm

PROMARC
PROMOTING MARINE RESEARCH CAREERS

Figura 12 Anuncio del concierto de jazz.

Las siguientes figuras dan una idea de la fase final de la competición,



Figura 13 Aeronaval.



Figura 14. Los Ekranokvó.



Figura 15. Los Isis Termotécnicos.



Figura 16. Ira Marina.



Figura 17. MAST Newcastle

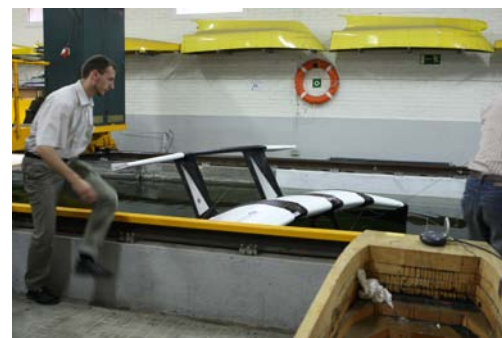


Figura 18. Modelo en el Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la ETSI Navales.



Figura 19. Imágenes de la retransmisión en directo de la televisión local.

6- CONCLUSIONES.

El objetivo de estas competiciones, de acuerdo con el proyecto PROMARC, era estimular el interés de los estudiantes universitarios en la investigación y

desarrollo de nuevos productos. Es evidente que este objetivo se alcanzó dado que su difusión llegó a la mayoría de las universidades europeas relacionadas con el sector marítimo y se alcanzó una participación significativa. La participación y la repercusión en los medios ponen de manifiesto el éxito de esta actividad.

Igualmente el éxito se muestra en la continuidad, de esta forma la competición de los ekranoplanos tiene una nueva versión, fuera del proyecto PROMARC ya finalizado, en una competición académica sobre “marine gliders”, aunque esa “es otra historia”.

Finalmente señalar que el proyecto PROMAR ha alcanzado sus objetivos de concienciar y establecer una serie de instrumentos en la comunidad marítima que promuevan la vocación profesional de los jóvenes a la investigación y desarrollo.

REFERENCIAS:

- [1] Pérez Rojas, I., Herreros Sierra, M.A., Sánchez Sánchez, J.M., Pérez Arribas, F., «La promoción de las vocaciones en la investigación del mundo marítimo. El proyecto “PROMARC”», XXI COPINAVAL, octubre 2009, Montevideo (Uruguay).

- [2] Henríquez, V., Monzón, M., «Impacto de las fórmulas de competición interuniversitaria en la formación académica», XVIII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, noviembre 2010, Ciudad Real.

- [3] Edgar, J., “Between Wind and Waves: Ekranoplans”, <http://www.se-technology.com/wig/index.php>., issue 586, 20 de noviembre 2002.