

*Jorge L. Alonso*  
Arquitecto Naval – Candidato PhD  
[j.lopez@vicusdt.com](mailto:j.lopez@vicusdt.com)  
+34 662 197 540

***Desarrollo de una Serie Estandarizada de Hélices Contra-Rotativas con Especial Interés en la Navegación sobre Hidroalas***

*Jorge L. Alonso, Aitor Juandó*

## ÍNDICE

- 1) INTRODUCCIÓN
- 2) VERIFICACIÓN DEL SET-UP
- 3) DEFINICIÓN DE LA MATRIZ DE ESTUDIO
- 4) RESULTADOS DE LA MATRIZ
- 5) CONCLUSIONES

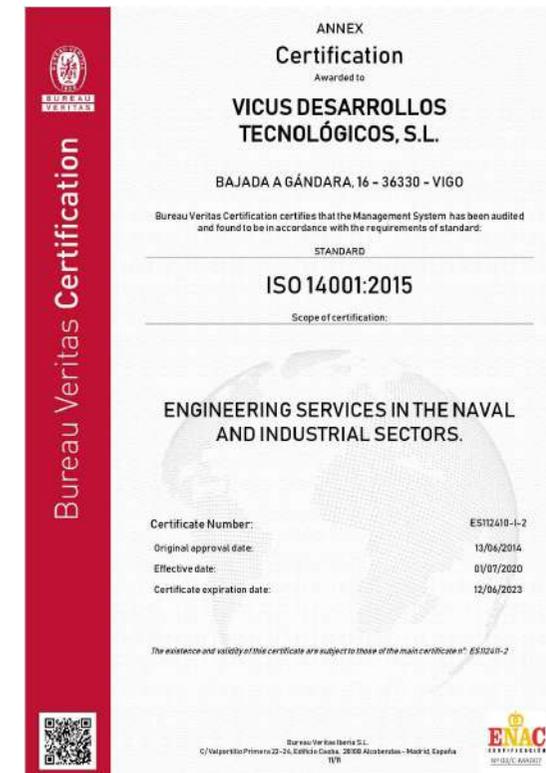
## SOBRE NOSOTROS



## EL EQUIPO

- ✓ 15 ingenieros en diferentes áreas:
  - ✓ Arquitectos Navales
  - ✓ Ingenieros Mecánicos
  - ✓ PHDs
- ✓ Expertos en CFD
- ✓ Teamwork
- ✓ Especialistas en Tecnología
- ✓ Cooperación Internacional

## CERTIFICATES



# Somos parte de... grupo emenasa

Grupo Emenasa está compuesta por 14 compañías que trabajan en armonía compartiendo conocimientos, tecnología y experiencias para ofrecer soluciones más eficientes e innovadoras.

La experiencia acumulada durante más de medio siglo nos permite estudiar un Mantenimiento Íntegro de los buques, ingeniería, producción, distribución y servicios técnicos especializados.



TURNOVER

+ 100 M€



STAFF

+600



ENGINEERS

+150



PRODUCTIVE AREA

20.000 m<sup>2</sup>



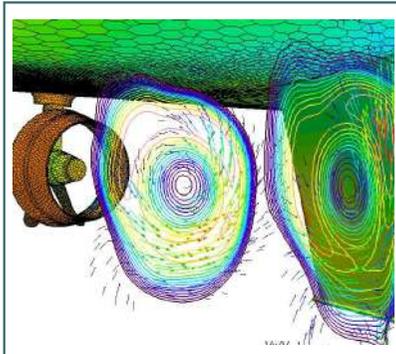
MACHINNING

300.000 h/year

## LO QUE HACEMOS

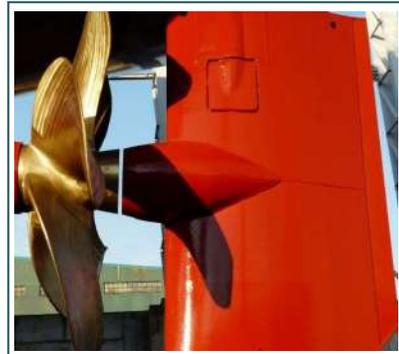
### INGENIERÍA DE PROPULSIÓN MARINA. ESTUDIOS CFD, ANÁLISIS Y DISEÑO.

Desde **2007**: **+1500** *proyectos* completados para **+500** *clientes* en **50** *países*



#### Hidrodinámica (CFD)

- Resistencia
- Autopropulsión
- Comportamiento en la mar y maniobras
- Optimización de Casco



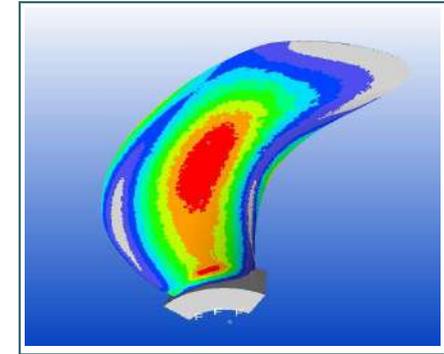
#### Propulsión

- Hélices, timones, toberas
- Diseño y análisis de líneas de ejes
- Cálculos de impacto en Clases de Hielo



#### Aerodinámica (CFD)

- Dispersión de Gases de Escape
- Radiación de Humos por Fuego
- Helipuertos
- HVAC

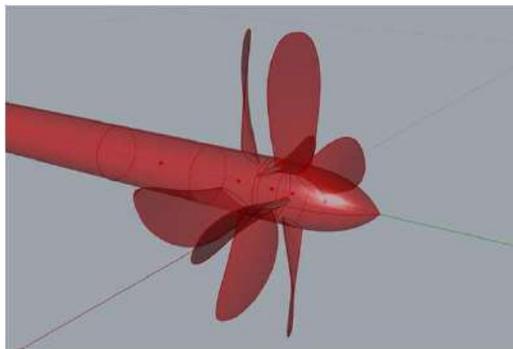
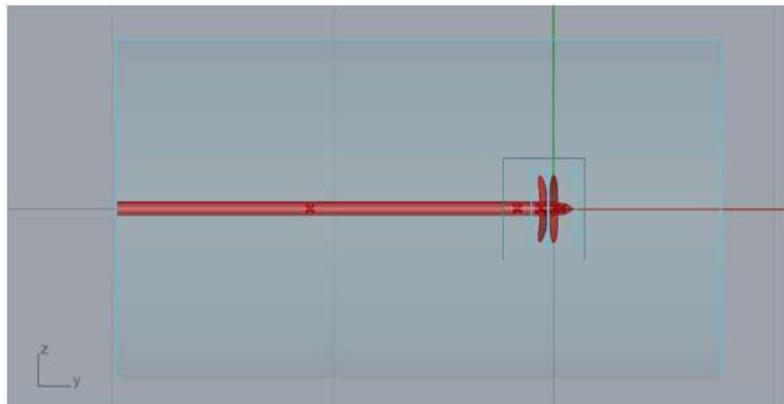


#### Análisis Estructural (FEM)

- Estrés
- Fatiga
- Análisis acoplado con CFD
- Shock DDAM con FEMAP  
NX Nastran

# Verificación del Set-Up OpenFOAM

## Definición de las Geometrías



Hélice de Proa

$r/R$	$P/D$	$C/D$	$t/C$	$f_M/C$
0.200	1.426	0.108	0.221	0.002
0.300	1.396	0.125	0.169	0.036
0.400	1.366	0.140	0.132	0.043
0.500	1.336	0.155	0.103	0.040
0.600	1.310	0.170	0.079	0.035
0.700	1.291	0.179	0.060	0.028
0.800	1.278	0.175	0.046	0.025
0.900	1.269	0.150	0.037	0.021
0.950	1.267	0.122	0.344	0.018
1.000	1.267	-	-	-

Hélice de Popa

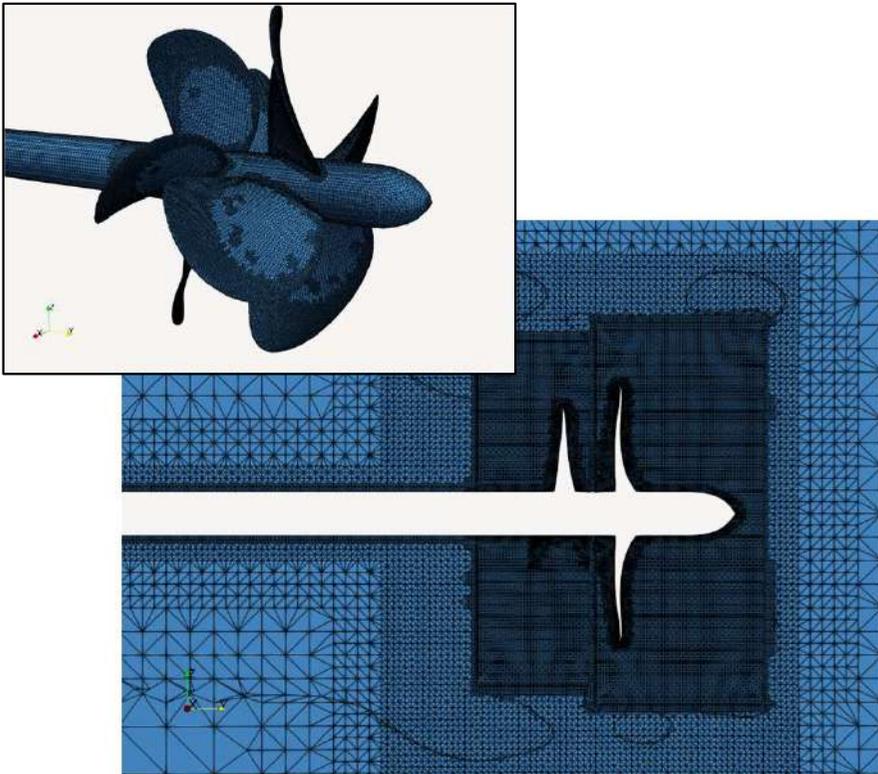
$r/R$	$P/D$	$C/D$	$t/C$	$f_M/C$
0.200	1.289	0.110	0.216	0.002
0.300	1.291	0.134	0.158	0.030
0.400	1.295	0.153	0.120	0.035
0.500	1.302	0.170	0.094	0.034
0.600	1.311	0.182	0.073	0.032
0.700	1.326	0.190	0.057	0.028
0.800	1.344	0.183	0.044	0.024
0.900	1.361	0.152	0.036	0.022
0.950	1.369	0.122	0.035	0.020
1.000	1.376	-	-	-

**Referencias**

- Hassan Ghassemi and Mohsen Taherinasab. Numerical calculations of the hydrodynamic performance of the contra-rotating propeller (CRP) for high-speed vehicle. Technical Report 2, 2013.
- M. L. Miller. Experimental determination of unsteady forces on contrarotating propellers for application to torpedoes. Final Report Ship Performance Dept., David W Taylor Naval Ship Research and Development Center, Bethesda, MD, 1981.

## Verificación del Set-Up OpenFOAM

### Definición de la Configuración de la Simulación



#### Malla

- 1.7 Millones de Celdas
- $y^+$  en las hélices entre 30 y 300 con funciones de pared

#### Simulación

- No estacionaria
- Paso de Tiempo máximo, 1.5 grados de la hélice
- Modelo de turbulencia k-Epsilon

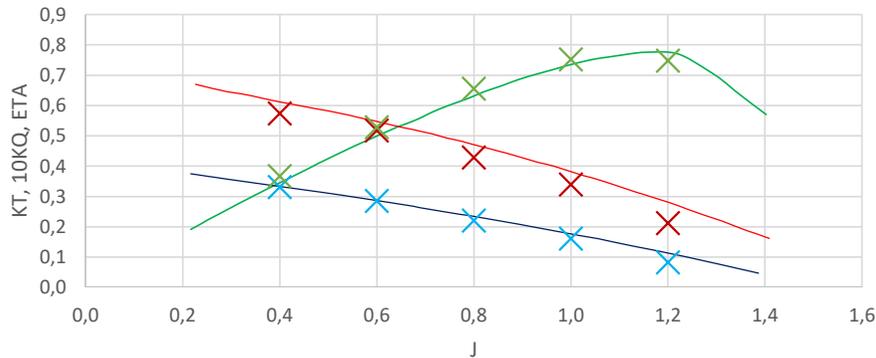
#### Referencias

- Hassan Ghassemi and Mohsen Taherinasab. Numerical calculations of the hydrodynamic performance of the contra-rotating propeller (CRP) for high-speed vehicle. Technical Report 2, 2013.
- M. L. Miller. Experimental determination of unsteady forces on contrarotating propellers for application to torpedoes. Final Report Ship Performance Dept., David W Taylor Naval Ship Research and Development Center, Bethesda, MD, 1981.

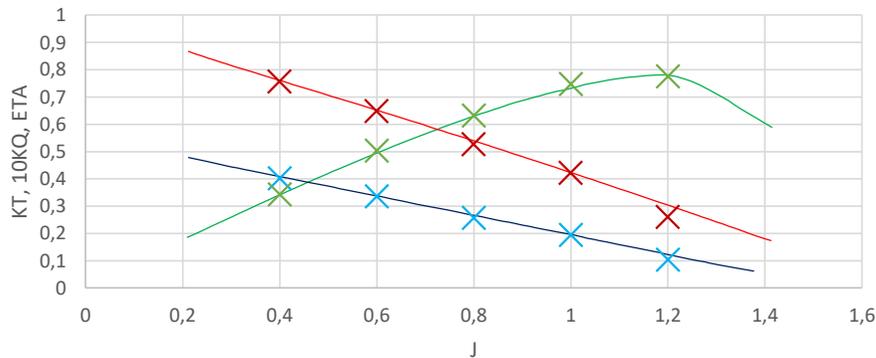
# Verificación del Set-Up OpenFOAM

## Resultados Numéricos

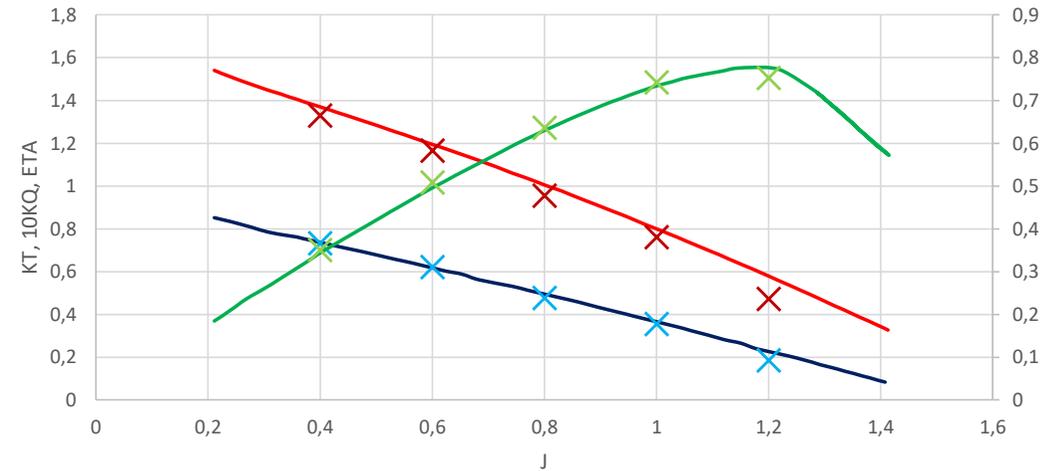
Hélice de Proa



Hélice de Popa



Hélice en Configuración CRP



— 10 KQ CRP EXP    — KT CRP EXP    x KT OpenFOAM  
x 10 KQ OpenFOAM    — Eff CRP EXP    x ETA OpenFOAM

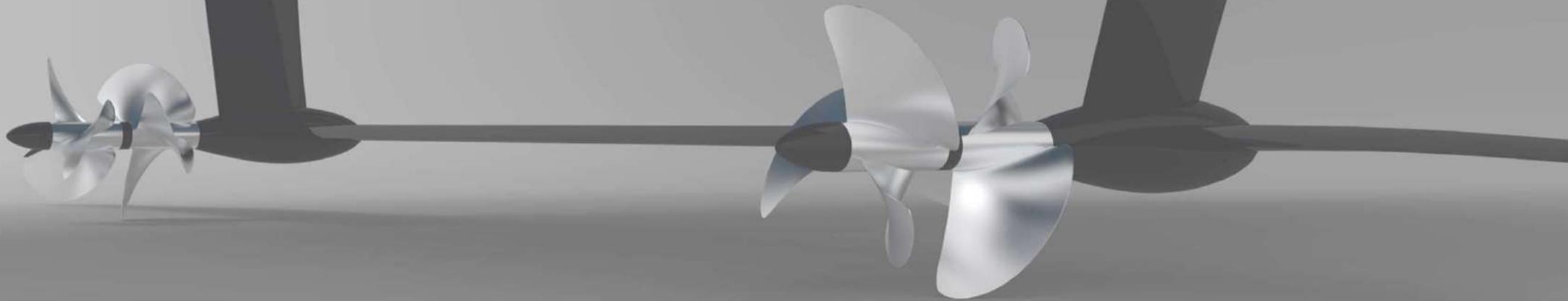
### Referencias

- Hassan Ghassemi and Mohsen Taherinasab. Numerical calculations of the hydrodynamic performance of the contra-rotating propeller (CRP) for high-speed vehicle. Technical Report 2, 2013.
- M. L. Miller. Experimental determination of unsteady forces on contrarotating propellers for application to torpedoes. Final Report Ship Performance Dept., David W Taylor Naval Ship Research and Development Center, Bethesda, MD, 1981.

## Definición de la Matriz de Estudio

### Rango de Aplicación del Estudio

- Distribución de potencia balanceada entre hélices
- Altos Grados de Avance (0.7 - 1.5)



## Definición de la Matriz de Estudio

### Definición de la Matriz de Estudio de Hélices Contra-Rotativas

Forward Propeller Diameter	Aft Propeller Diameter	Forward Blade Count	Aft Blade Count	Forward P/D	Aft P/D
<i>Ref<sub>D</sub></i>	83.33%	4	4	68.75%	87.50%
<i>Ref<sub>D</sub></i>	83.33%	4	5	68.75%	87.50%
<i>Ref<sub>D</sub></i>	83.33%	5	4	68.75%	87.50%
<i>Ref<sub>D</sub></i>	83.33%	3	5	68.75%	87.50%
83.33%	<i>Ref<sub>D</sub></i>	4	4	<i>Ref<sub>P/D</sub></i>	75.00%
83.33%	<i>Ref<sub>D</sub></i>	4	5	<i>Ref<sub>P/D</sub></i>	75.00%
83.33%	<i>Ref<sub>D</sub></i>	5	4	<i>Ref<sub>P/D</sub></i>	75.00%
83.33%	<i>Ref<sub>D</sub></i>	3	5	<i>Ref<sub>P/D</sub></i>	75.00%
91.67%	91.67%	4	4	81.25%	81.25%
91.67%	91.67%	4	5	81.25%	81.25%
91.67%	91.67%	5	4	81.25%	81.25%
91.67%	91.67%	3	5	81.25%	81.25%

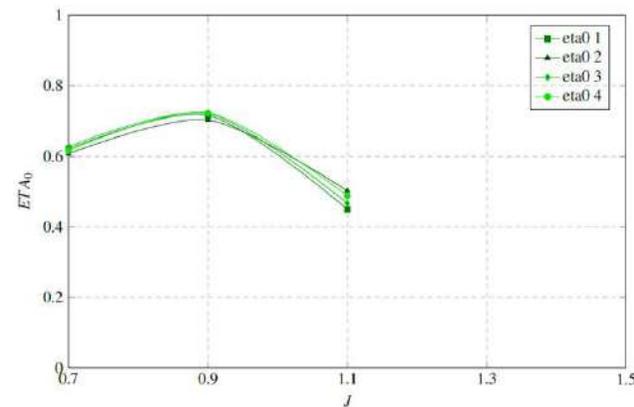
Table 1: Matrix of Cases for Contra-Rotating Propellers

## Resultados de la Matriz de Estudio

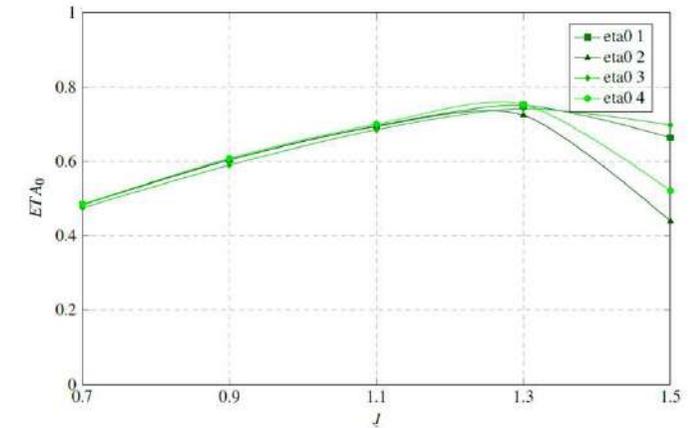
### Resultados Numéricos de la Matriz de Estudio de Hélices Contra-Rotativas



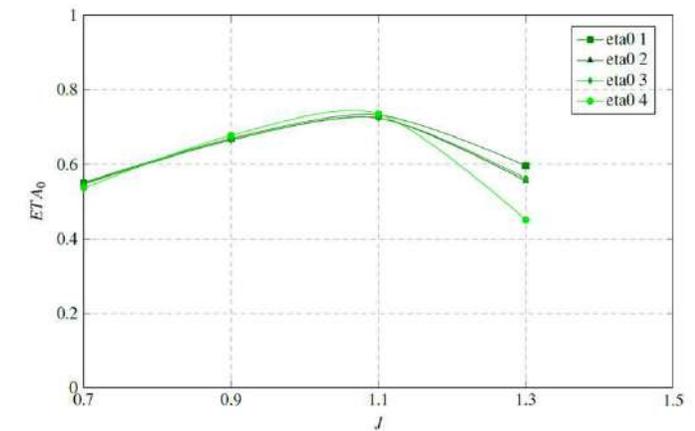
4.1 Group 1: Forward Diameter  $Ref_D$ ; Aft Diameter  $0.833 \cdot Ref_D$



4.2 Group 2: Forward Diameter  $0.833 \cdot Ref_D$ ; Aft Diameter  $Ref_D$



4.3 Group 3: Forward Diameter  $0.917 \cdot Ref_D$ ; Aft Diameter  $0.917 \cdot Ref_D$



## Definición de la Matriz de la Segunda Fase

### Definición de la Segunda Fase de la Matriz de Casos de Estudio de las Hélices Contra-Rotativas

Forward Propeller Diameter	Aft Propeller Diameter	Forward Blade Count	Aft Blade Count	Forward P/D	Aft P/D
<i>Ref<sub>D</sub></i>	83.33%	3	5	68.75%	87.50%
83.33%	<i>Ref<sub>D</sub></i>	3	5	87.50%	68.75%
91.67%	91.67%	3	5	78.125%	78.125%

Table 2: Matrix of Cases for Contra-Rotating Propellers

## Resultados de la Matriz de la Segunda Fase

### Resultados Numéricos de la Segunda Fase de la Matriz de Hélices Contra-Rotativas

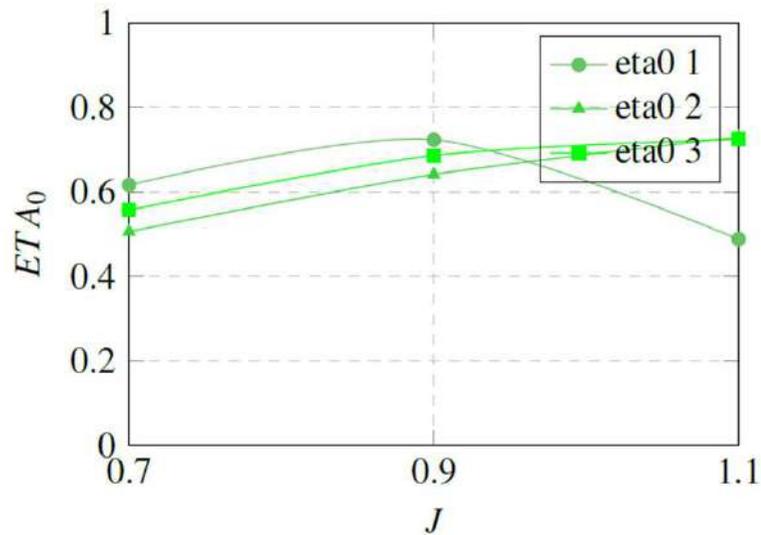


Fig. 2: Comparison of ETA0 for Second Stage

J	$K_t/J^2$ [1]	J	$K_t/J^2$ [2]	J	$K_t/J^2$ [3]
0.7	0.920	0.7	1.627	0.7	1.178
0.9	0.360	0.9	0.681	0.9	0.472
1.1	0.076	1.1	0.256	1.1	0.173

Table 3:  $K_T/J^2$  Results

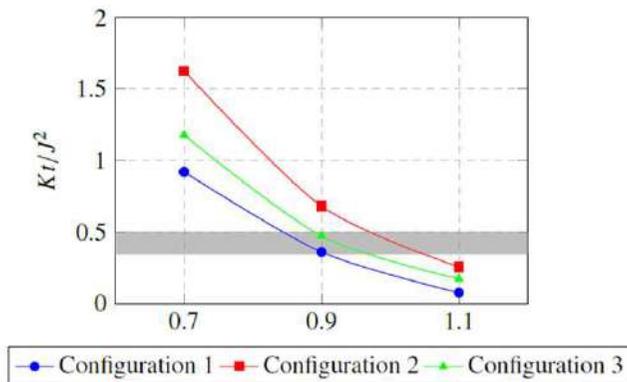
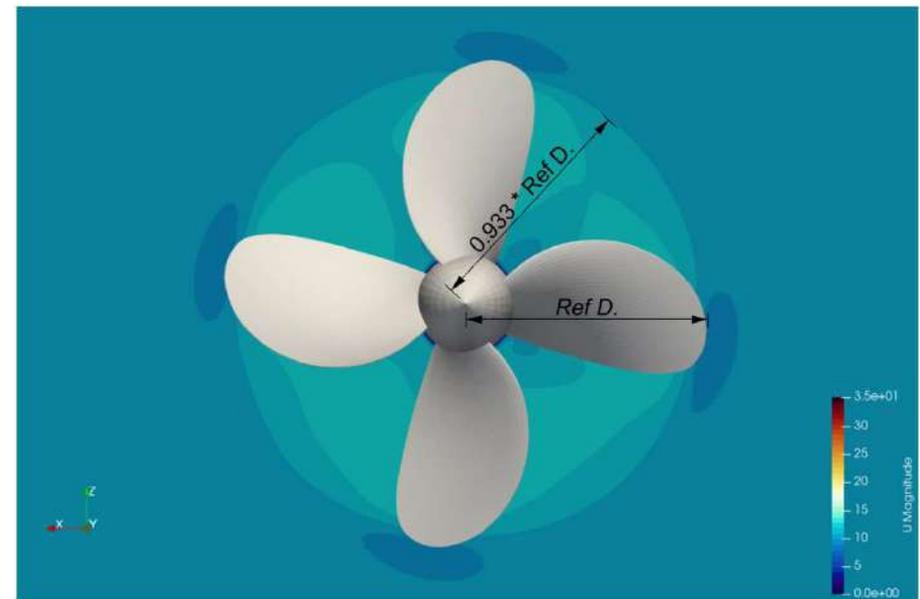
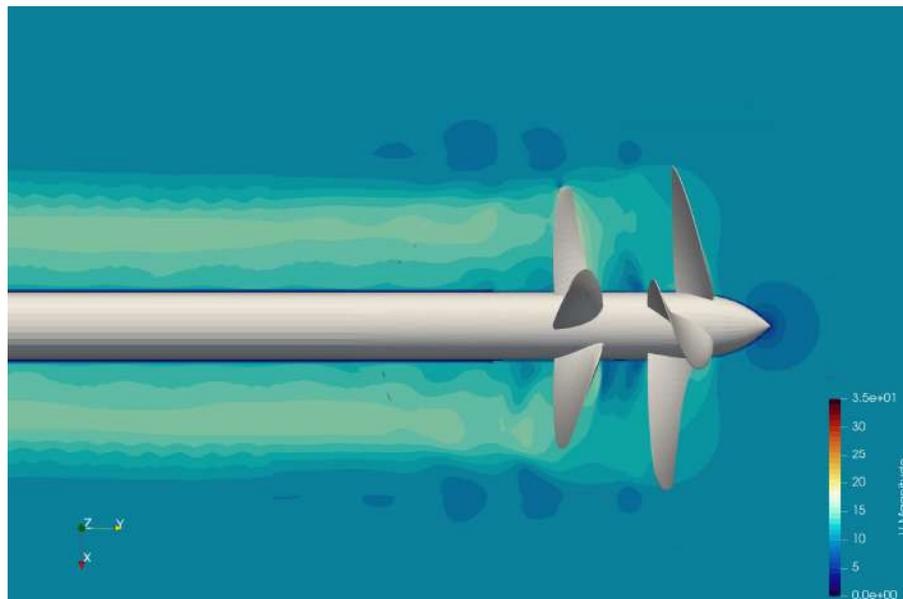


Fig. 3:  $K_t/J^2$  Graphic Results

## Análisis

### Análisis de los Resultados

Análisis del Campo de Estelas en la configuración Óptima  
(Diámetro de la Hélice de Proa > Diámetro de la Hélice de Popa)

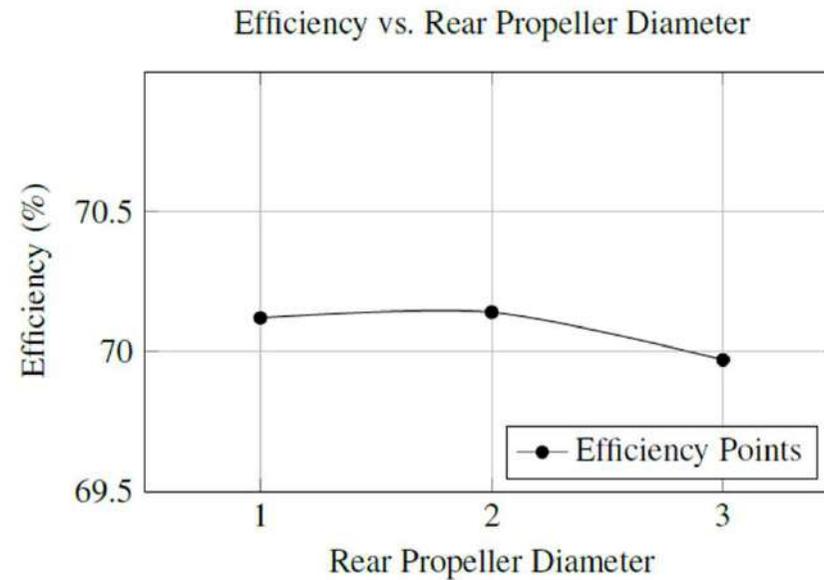


# Análisis

## Análisis de los Resultados

Forward Propeller Diameter	Aft Propeller Diameter	Forward Blade Count	Aft Blade Count	Forward P/D	Aft P/D
<i>RefD</i>	90.00%	3	5	68.75%	84.375%
<i>RefD</i>	* 93.33% *	3	5	68.75%	81.250%
<i>RefD</i>	96.67%	3	5	68.75%	78.125%

Table 4: Matrix of Last Stage of Cases for Contra-Rotating Propellers



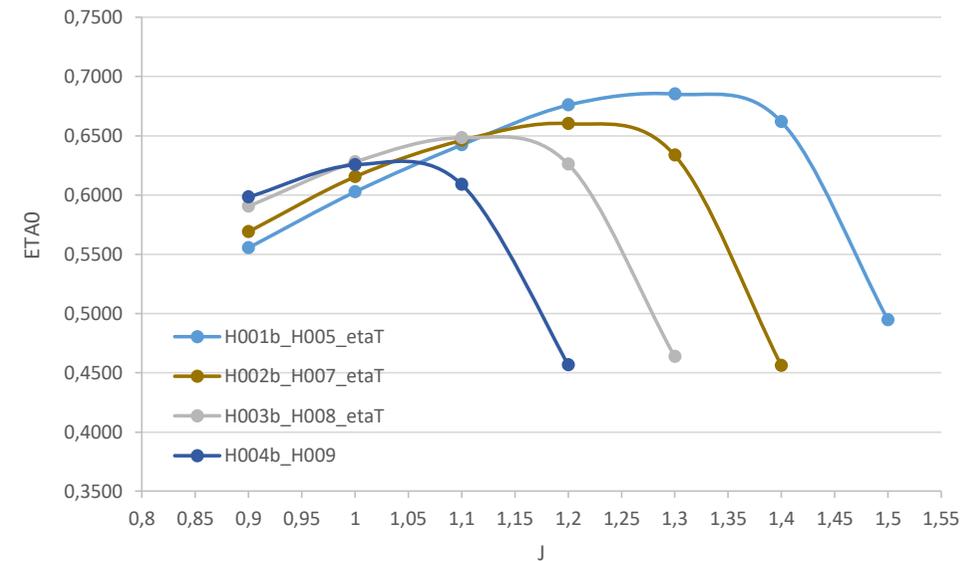
## Diferentes Configuraciones Prácticas

### Hélice de Proa

Id	D [mm]	EAR	Pef/D	Z	Rotation
H001b	Ref	0.8	91.875%	4	Right
H002b	Ref	0.8	86.250%	4	Right
H003b	Ref	0.8	80.625%	4	Right
H004b	Ref	0.8	74.375%	4	Right
H005b	Ref	0.8	68.750%	4	Right

### Hélice de Popa

Id	D [mm]	EAR	Pef/D	Z	Rotation
H006	90%	0.8	Ref	5	Left
H007	90%	0.8	93.75%	5	Left
H008	90%	0.8	87.50%	5	Left
H009	90%	0.8	81.25%	5	Left
H010	90%	0.8	75.00%	5	Left



# CONCLUSIONES

## RECOMENDACIONES EN EL DISEÑO DE LA GEOMETRÍA

- Número de Palas Proa > Número de Palas Popa
- Diámetro Hélice Proa > Diámetro Hélice Popa
- Análisis Individual del comportamiento de la Estela de la Hélice de Proa en Simulación de Aguas Abiertas

## TRABAJO FUTURO

- Integrar Análisis de Cavitación
- Extender Serie Estandarizada en base a las Recomendaciones Geométricas



*63º Congreso Internacional de  
Ingeniería Naval e Industria Marítima*

GRACIAS!

*Jorge López Alonso*  
*Arquitecto Naval – Candidato PhD*  
[j.lopez@vicsdt.com](mailto:j.lopez@vicsdt.com)  
*+34 662 197 540*