

Modelo de toma de decisiones  
para la selección del sistema de  
propulsión

## **PLATAFORMA ESTRATÉGICA DE SUPERFICIE**

CF Daniel Álvarez Berdugo  
CC Miguel A. Romero A  
TN Juan E. Cruz





# ARMADA DE COLOMBIA



Comunicaciones Estratégicas ARC

*2023, año del Bicentenario Naval*



[www.armada.mil.co](http://www.armada.mil.co)

Protegemos el azul de la bandera

ión \_\_\_\_ - Abril/2021



# Tabla de contenidos

**01**

Introducción

**02**

Marco Teórico

**03**

Potencia y  
Configuraciones

Análisis de parámetros y  
condiciones analizadas  
para el modelo

**04**

Modelo Costo y  
Desempeño

**05**

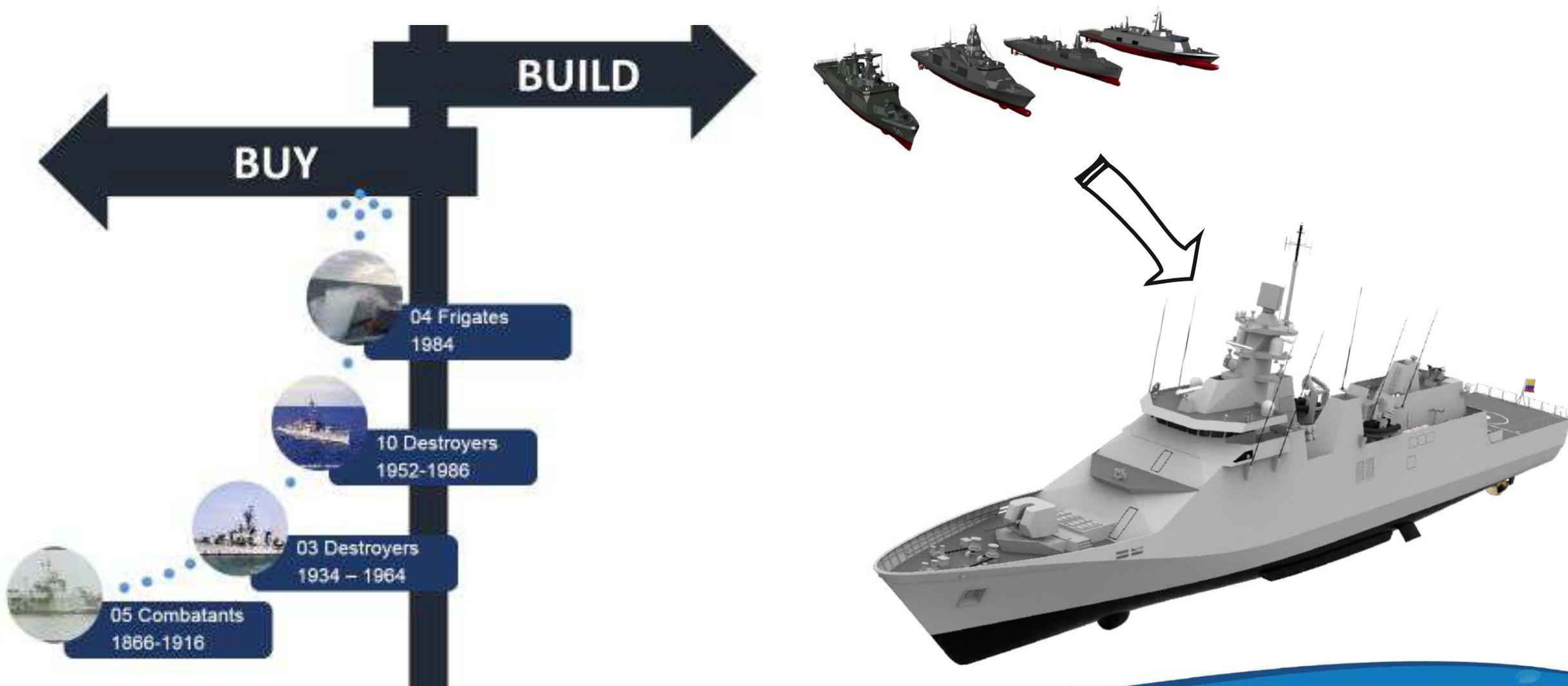
Otros Factores

Emisiones, firmas y  
redundancia.

**06**

Resultados y  
conclusiones

# 1. Introducción



# 1. Introducción



FASE CONCEPTUAL

FASE DEFINICIÓN

FASE EJECUCIÓN

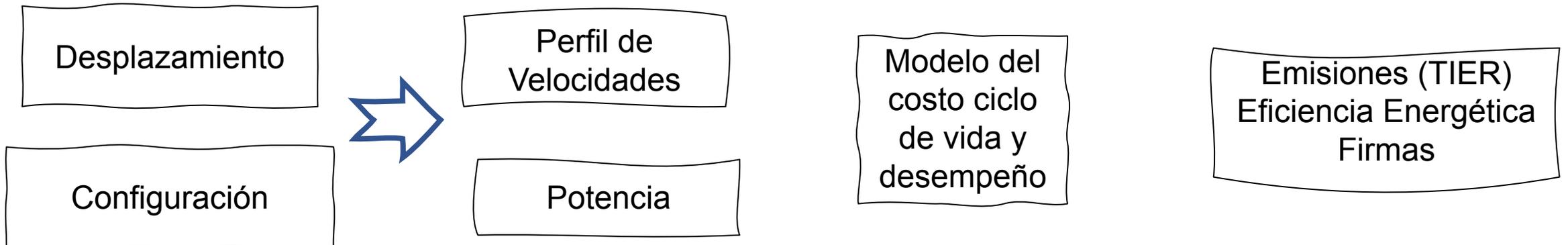
FASE SERVICIO

DISEÑO Y  
DESARROLLO

GR UP OS CO NS TR UC TIV OS	000	
	100	
	200	
	300	
	400	
	500	
	600	
	700	
	F20	
	800	

# 1. Introducción

El proyecto PES presentó la necesidad de seleccionar el sistema de propulsión para la plataforma, por ello se desarrolló un **modelo de evaluación** de las configuraciones de propulsión **CODAD** (Combined Diesel and Diesel), **CODOE** (Combined Diesel or Electric), **CODAG** (Combined Diesel and Gas) y **CODOG** (Combined Diesel or Gas) disponibles en el mercado, permitiendo a la Armada de Colombia a identificar técnicamente la configuración de propulsión óptima para la Plataforma Estratégica de Superficie – PES.





## 2. Marco Teórico



Existe una progresiva **tendencia** hacia la **propulsión eléctrica parcial o total**.

- Tendencia hacia los sistemas híbridos
- Necesidad de análisis multivariado (fase de diseño □ la fase de retiro)
- Decisiones tomadas durante las primeras fases de diseño generaran impacto significativo a lo largo de todo el ciclo de vida

Fragata ASW Tipo 23 de la Marina Británica

F125 Marina Alemana

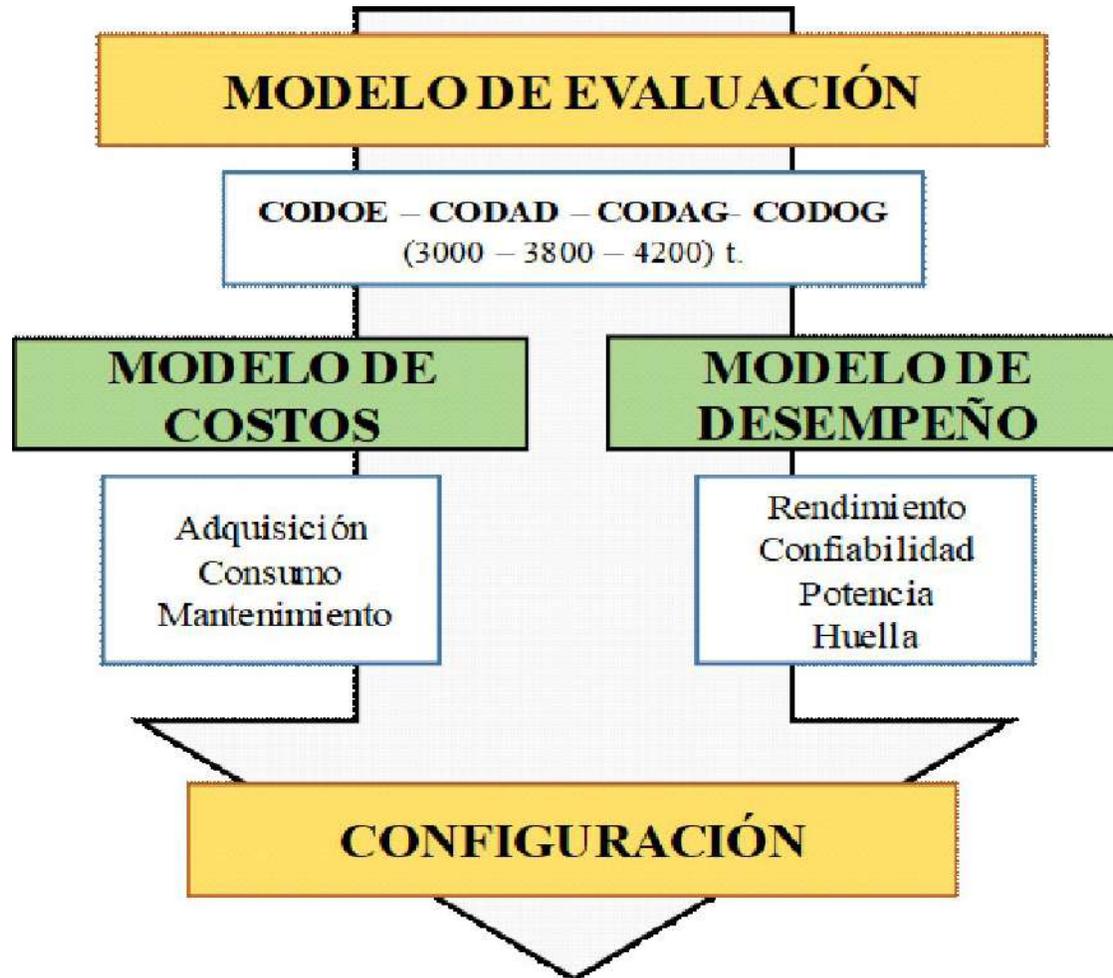
F110 Marina Española

FREMM de las Marinas Italiana y Francesa

### Parámetros de diseño PES.

Datos generales para el diseño	Valor
Tiempo de vida (años)	30
Horas de operación por año	2500
Desplazamiento (ton)	3000-3800-4200
Tripulación (und)	100 trip +30

## 2. Marco Teórico



**Modelo de Costo:** Evaluación general del costo del ciclo de vida

**Modelo de Desempeño:** Análisis cualitativo/cuantitativo mediante el proceso analítico jerárquico (AHP)

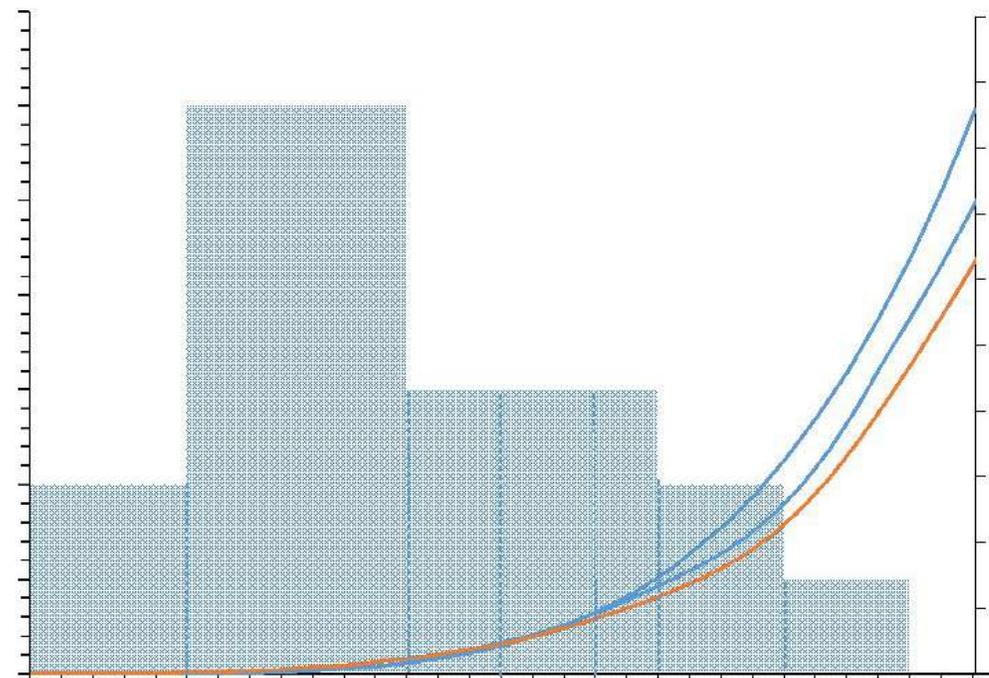


# 3.1 Análisis de Potencia



Se seleccionaron configuraciones de propulsión para **tres tipos de buques** con desplazamientos esperados de **3000, 3800 y 4200** toneladas. Asimismo, se evaluaron siete **(07) rangos de velocidad**.

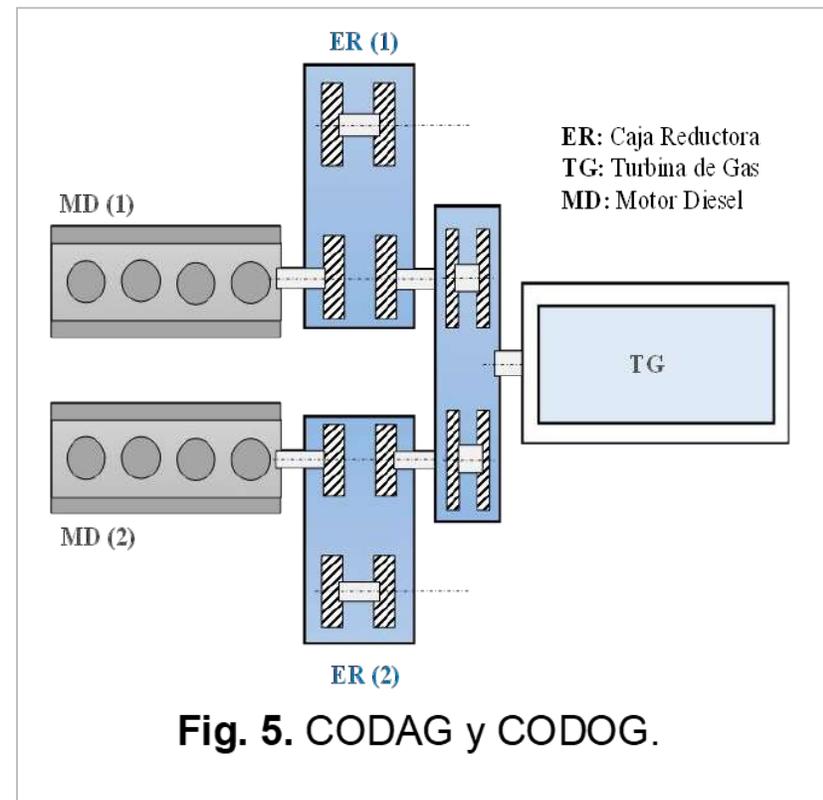
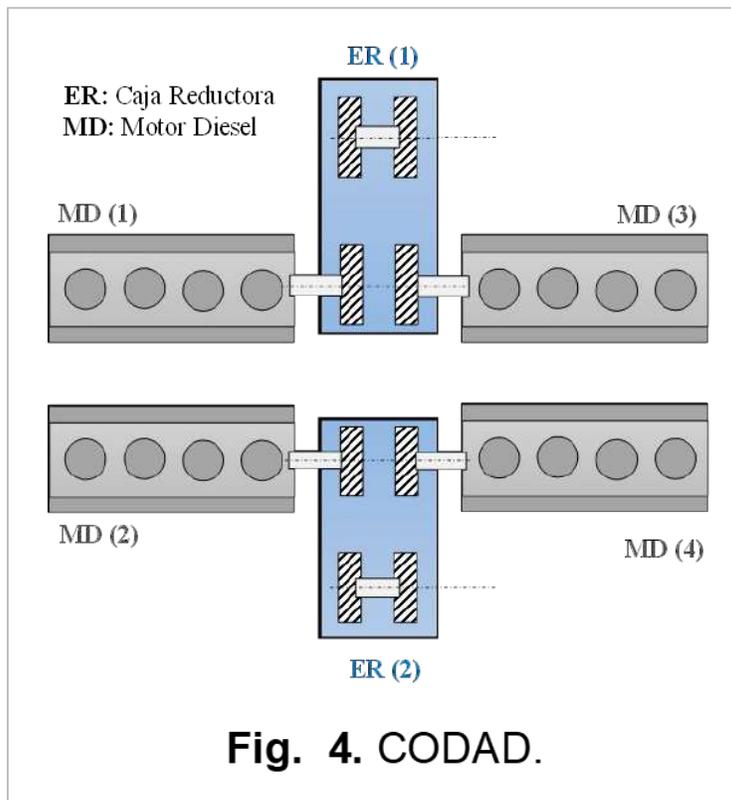
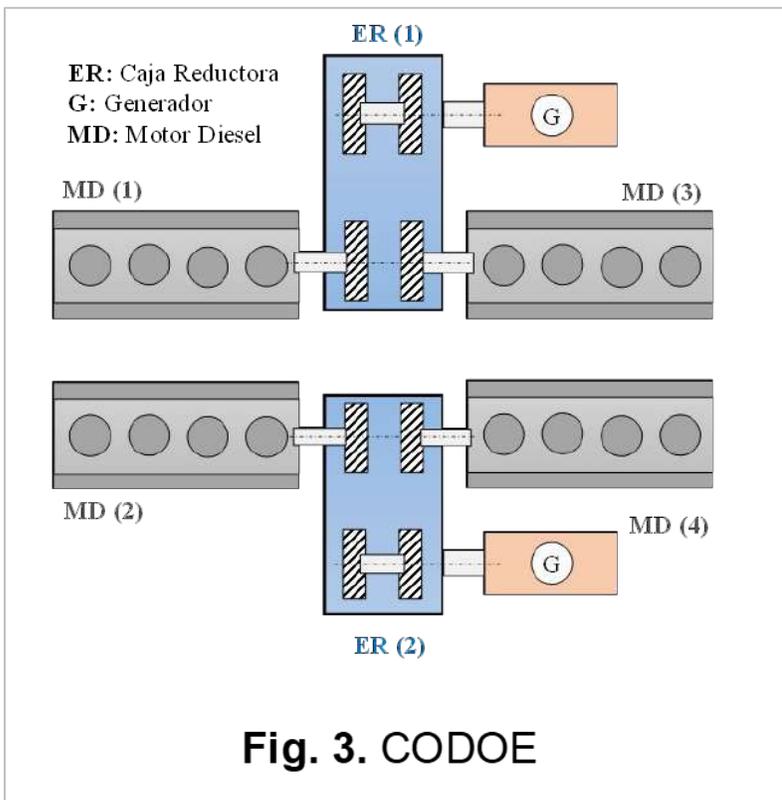
Operación	Velocidad (nudos)	PB (kW)	PB (kW)	PB (kW)
Vel. Bajas	5	104	103	19
TAP I	12	1203	1215	819
TAP II	15	2217	2315	2148
TAP III	18	4554	5025	4721
Escolta	20	6040	6893	7444
Max. Sostenida	24	12590	14353	16364
Max. Velocidad	28	23622	27260	31853



MAXSURF



# 3.2 Análisis de Configuraciones



## 3.2 Análisis de Configuraciones

Configuraciones analizadas por desplazamiento.

3000 Tn.		3800 Tn.		4200 Tn.	
Código	Configuración	Código	Configuración	Código	Configuración
1A	CODAD 3	2A	CODOE 3	3A	CODAD 2
1B	CODOE 3	2B	CODOG 3	3B	CODAG 2
1C	CODAG2	2C	CODOG+PTI 3	3C	CODOG 2
1D	CODAG + PTI 2	2D	CODAG 2	3D	CODAD 1
1E	CODOG 2	2E	CODOG 2	3E	CODOE 1
1F	CODOG + PTI 2	2F	CODAG 2	3F	CODOG 1
1G	CODAD 1	2G	CODOG 2	3G	CODAG 1
1H	CODOE 1	2H	CODAG+PTI 2		
1I	CODOG 1	2I	CODOG+PTI 2		
1J	CODAG 1	2J	CODAD 1		
		2K	CODOE 1		
		2L	CODOG 1		
		2M	CODAG 1		



## 4.1 Modelo de Costos

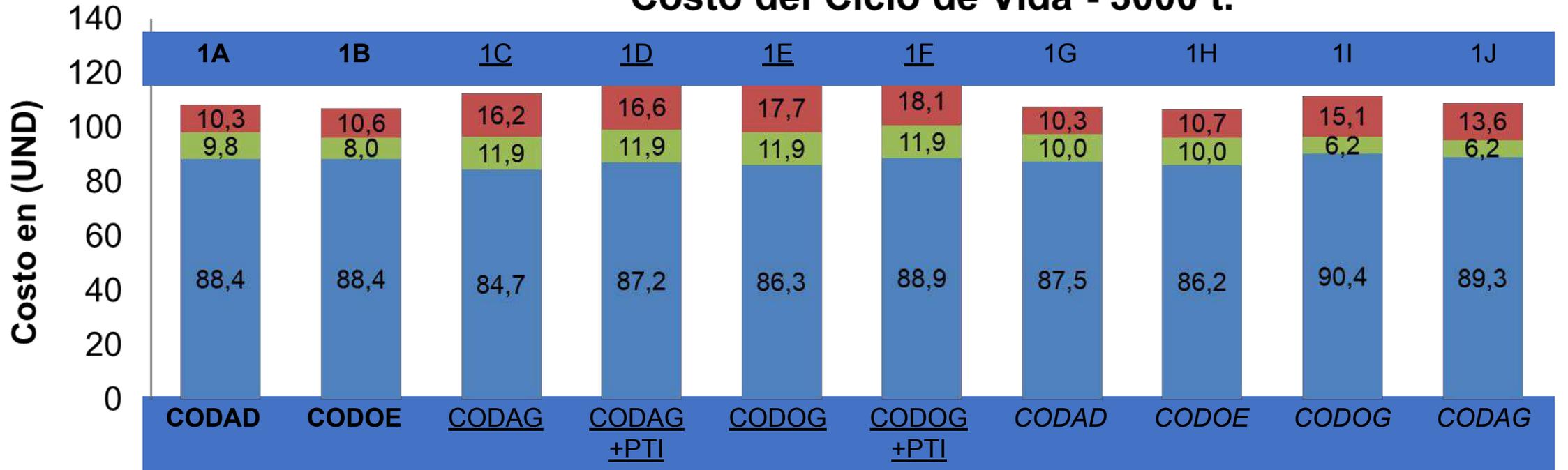


El modelo estimó los costos relativos de adquisición y operación en cada configuración propuesta, a través del análisis del costo de adquisición de tipo (ROM), mantenimiento y consumos, de combustible y lubricante:

- **Costo de adquisición:** contempla el costo de los motores de propulsión, es decir, en cada configuración se incluye el costo de los **motores diésel, motores eléctricos y/o turbinas a gas.**
- **Consumo:** el cálculo de consumo de combustible en el ciclo de vida se considera para el **tiempo de 30 años.**
- **Mantenimiento:** por un **período de 30 años**, incluyendo los consumibles de los mantenimientos cíclicos o preventivos generales recomendados, y considerando el parámetro de diseño de **2500** horas de operación para esta proyección.

# 4.2 Modelo de Costos

Costo del Ciclo de Vida - 3000 t.



■ Costo Combustible+Lubricante (UND) ■ Costos de Mantenimiento (UND) ■ Costos de Adquisición (UND)



## 4.2 Modelo de Desempeño



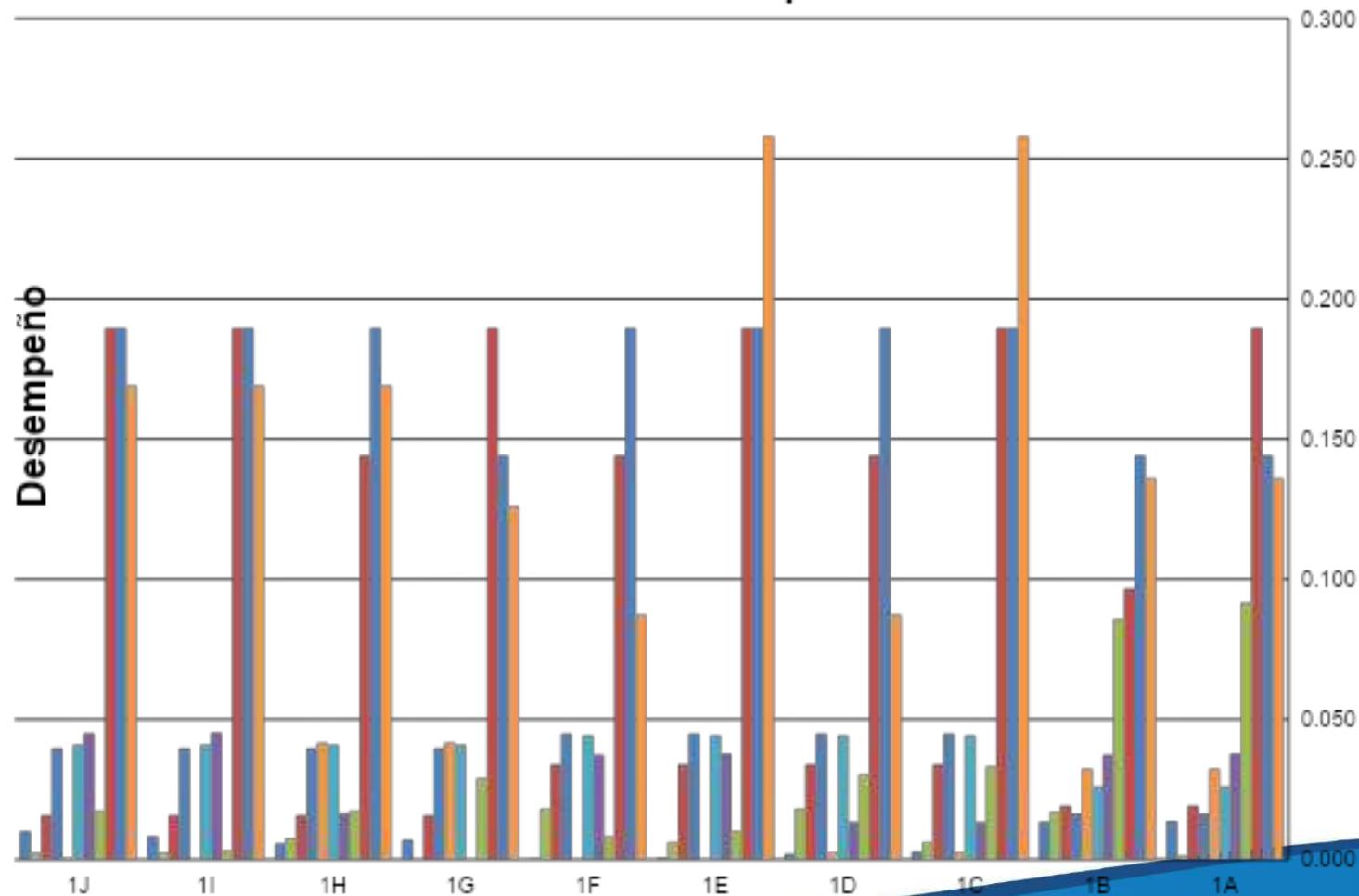
Para evaluar las características técnicas de las configuraciones, **se desarrolló el modelo de desempeño mediante el proceso analítico jerárquico (AHP)**, estableciendo niveles con valores ponderables en los criterios y subcriterios desarrollada a través de panel de expertos en Armada de Colombia y Cotecmar.

Curvas por criterios y niveles

Criterios	2 <sup>do</sup> Nivel	3 <sup>er</sup> Nivel	Curva
Rendimiento	Consumo	Tránsito y Patrulla	Exponencial Dec
		Máxima Velocidad	Exponencial Dec
Confiabilidad	BMEP	[Grilla de datos]	Logarítmica
	VMP		Logarítmica Dec
	Relación S/D		Lineal
Potencia	TBO Primotores	[Grilla de datos]	Lineal Dec
	TBO Generadores		Lineal Dec
Huella	Tránsito y Patrulla	[Grilla de datos]	Exponencial Dec
	Máxima Velocidad		Exponencial Dec
Huella	Peso/Potencia	[Grilla de datos]	Logarítmica Dec
	Área		Lineal Dec

# 4.2 Modelo de Desempeño

Resultado de Desempeño - 3000 t.



# 4.2 Modelo de Desempeño

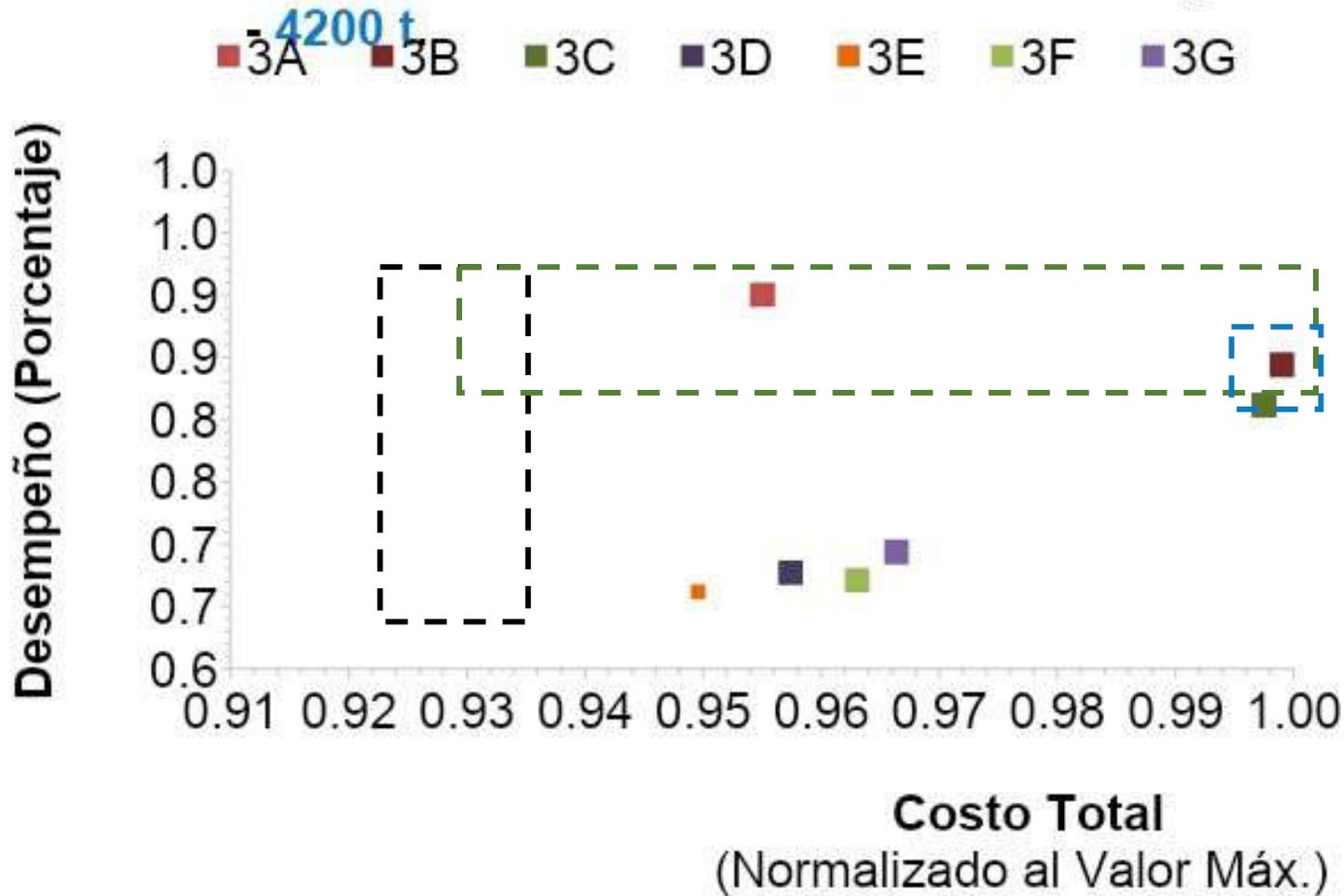
Comparación de Alternativas - 3000 t.

Desempeño Total



# 5. Resultados

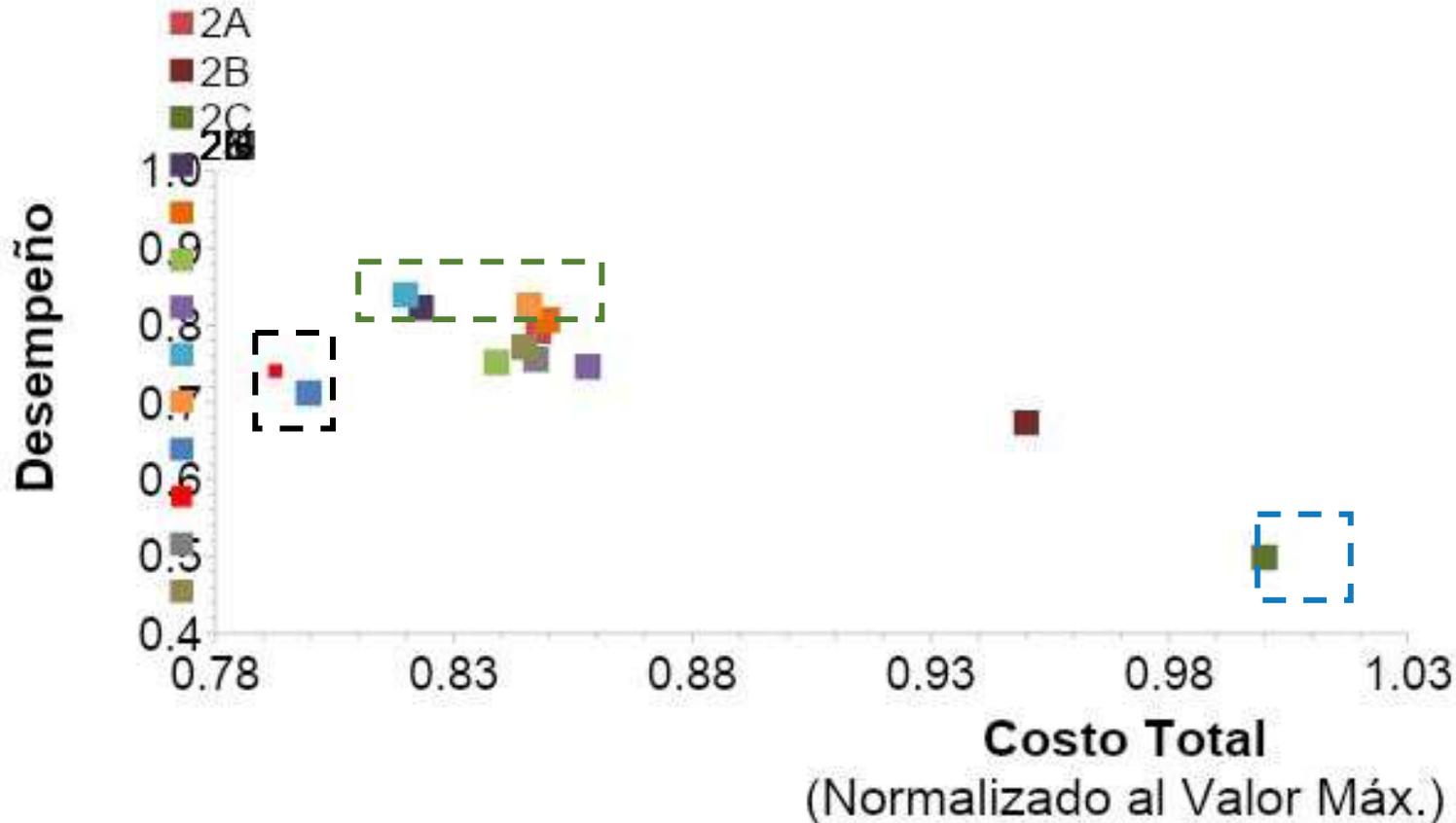
Modelo de Costos vs. Modelo de Desempeño



- Las configuraciones más **económicas** para esta situación son las 3E (**CODOE**); y 3A (**CODAD**)
- Más **costosa** la 3B (**CODAG**)
- Las de mayor **desempeño** fueron la 3A (**CODAD**) y 3B (**CODAG**).

# 5. Resultados

## Modelo de Costos vs. Modelo Desempeño - 3800 t.



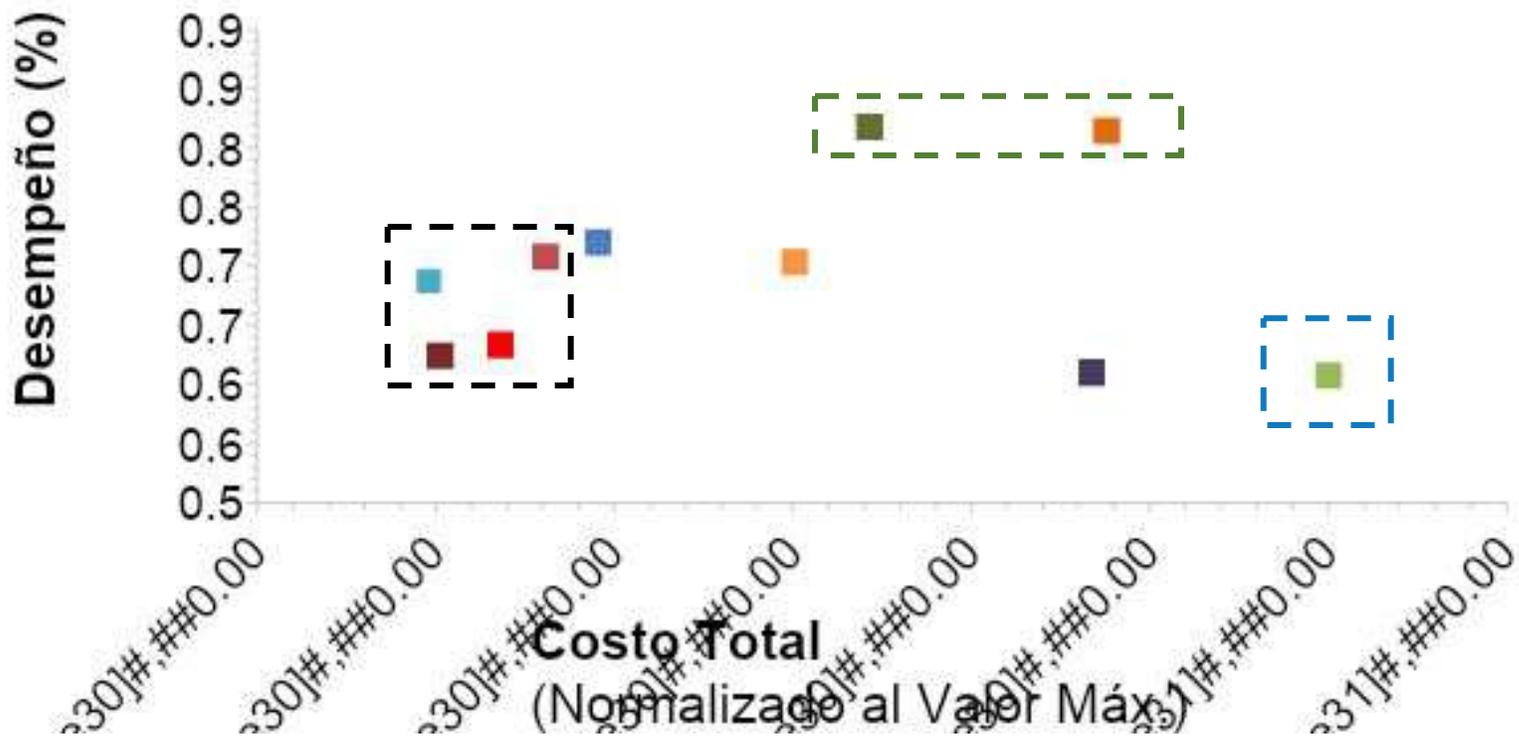
- Las configuraciones más **económicas** para esta situación son las 2K (**CODOE**); y 2J (**CODAD**),
- Más **costosa** la 2C (**CODOG+PTI**)
- Las de mayor **desempeño** fueron la 2H (**CODAG+PTI**) y la 2I (**CODOG+PTI**).

# 5. Resultados

## Modelo de Costos vs. Modelo de Desempeño -

3000 t.

■ 1A ■ 1B ■ 1C ■ 1D ■ 1E ■ 1F ■ 1G ■ 1H ■ 1I ■ 1J



- Las configuraciones más **económicas** para esta situación son las 1H - 1B (**CODOE**) y 1G - 1A (**CODAD**),
- Más **costosa** la 1F (**CODOG**)
- Las de mayor **desempeño** fueron la 1C (**CODAG**) y 1E (**CODOG**).



## 6. Conclusiones

El modelo resalta que las **configuraciones de tipo CODAD** (1B y 1H para 3000 t.; 2J para 3800 t.; 3A para 4200 t.) y **CODOE** (1B y 1H para 3000 t.; 2K para 3800 t.; 3E para 4200 t.), resultan ser las soluciones **más económicas** por el bajo costo adquisición y el bajo consumo.

Teniendo en cuenta lo anterior, la **alta relación costo/desempeño encontrada en cada una de las configuraciones CODAD y CODOE y su implementación de forma híbrida CODELAD**, aporta a la mitigación de generación de emisiones según lo reportado por diferentes autores y con ello facilita el cumplimiento del convenio internacional para **prevenir la contaminación por los buques (MARPOL) -Anexo IV en el nivel de TIER III.**



## 6. Conclusiones



Finalmente, para el **proyecto PES** es imperativa una **solución con un bajo costo del ciclo de vida**, que permita su consecución y sostenimiento a lo largo del mismo, por ello y a pesar de presentar un peso mayor comparado con otras alternativas que usan equipos como turbinas, y que entregue mejoras significativas en aspectos de **consumo de combustible, y disminución de firmas**, factores de importancia significativa para la Plataforma Estratégica de Superficie.



# 2023, Año del Bicentenario Naval



Comunicaciones Estratégicas ARC

# GRACIAS

*2023, año del Bicentenario Naval*



[www.armada.mil.co](http://www.armada.mil.co)

Protegemos el azul de la bandera

Información Pública Clasificado - Versión \_\_\_\_ - Abril/2021