

Modelo electromecánico de una embarcación tipo catamarán

Laura María Núñez Álvarez
Juan Camilo Urbano Gómez
Juan Pablo Giraldo Grajales
Andrés David Wagner Arena
Daniel Padierna Vanegas
Obed Pantoja Hernández
José Mauricio Jaramillo Pulgarín
Johan Gerardo Morales Barbosa

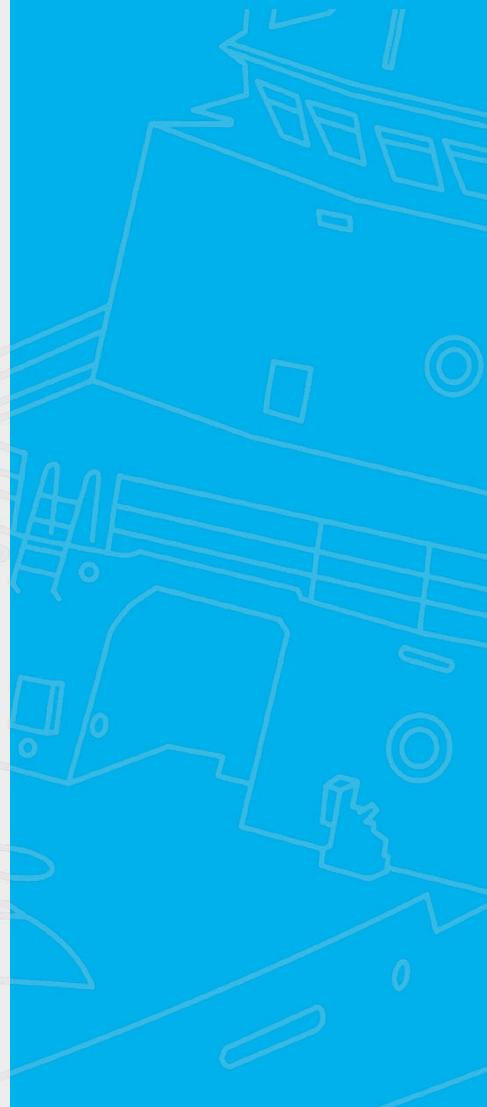


Tabla de contenido

01

INTRODUCCIÓN

Cómo aporta un modelo dinámico al diseño de un catamarán.
Metodología empleada.

02

SUPOSICIONES DEL MODELO

Descripción del prototipo, hipótesis de modelado y definición del sistema.

03

DESARROLLO DEL MODELO

Ecuaciones de balance y constitutivas

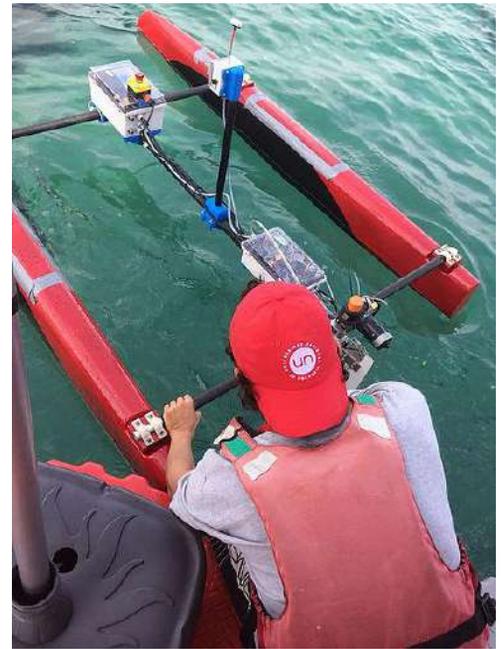
04

RESULTADOS

Simulación, resultados y conclusiones

Introducción

Hydrómetra



Introducción

Metas
Plan



Riesgos
Pruebas

**Diseño en
espiral**



**Modelos
estáticos**



GAP

**Modelos
integrados**

Introducción

Modelos integrados

Menos
iteraciones

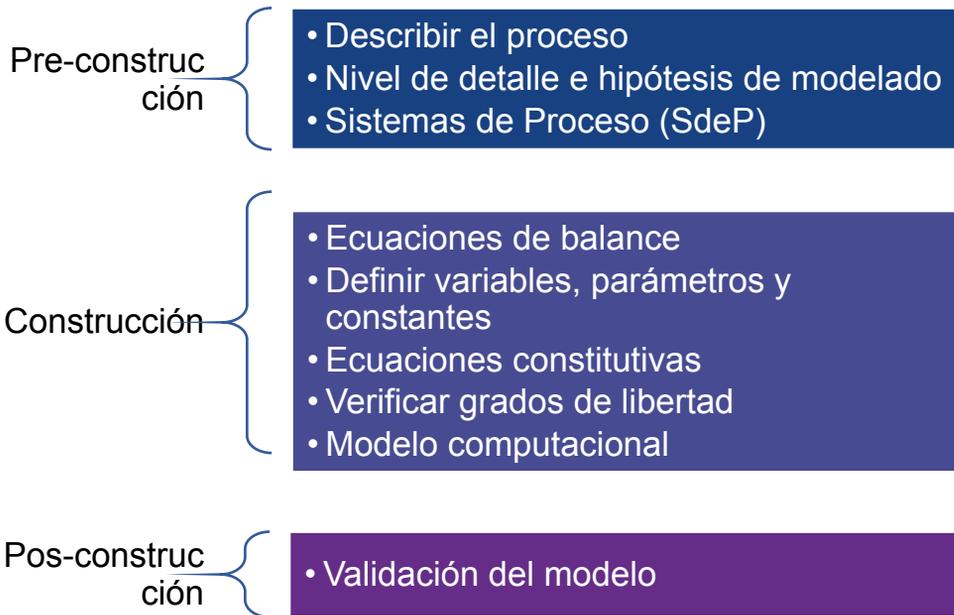
Corrección
oportuna

Mayor
eficiencia,
menor consumo

Menores costos

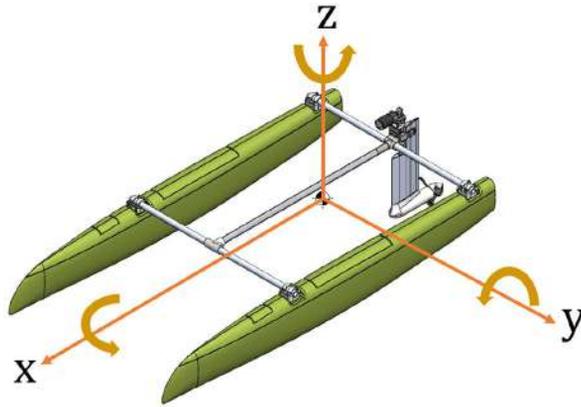
Introducción

Metodología



Álvarez, et al (2009)

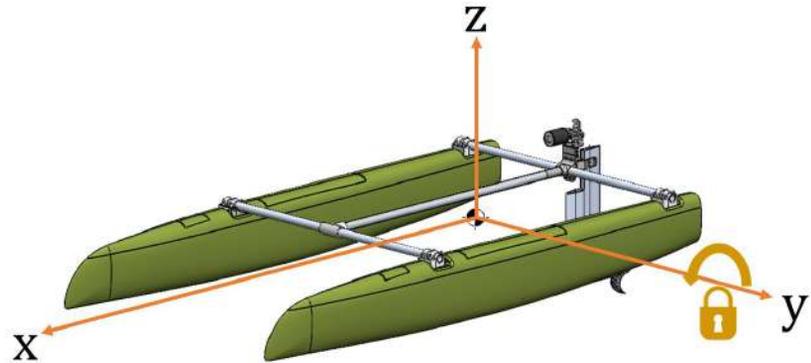
Descripción del proceso y nivel de detalle



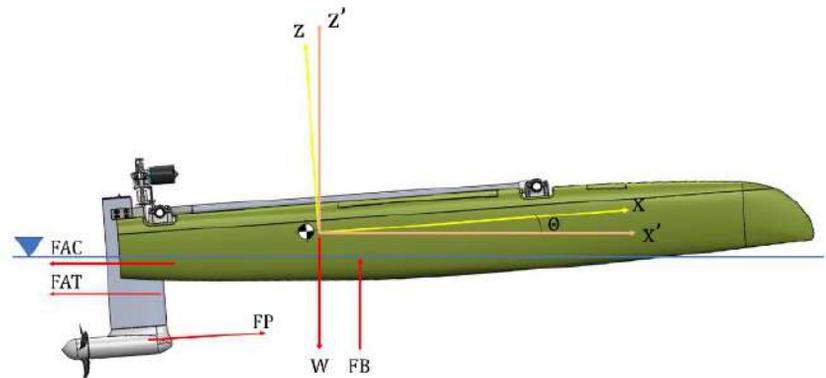
- Velocidad en el eje X (avance).
- Desplazamiento en el eje Z (arfada).
- Potencia promedio necesaria.
- Consumo energético.
- Eficiencia del sistema motor-propela.

Hipótesis de modelado

Trimado fijo

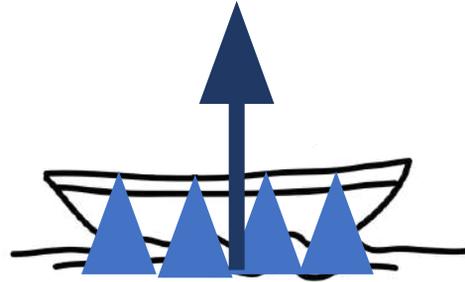


Modelo 2D simplificado

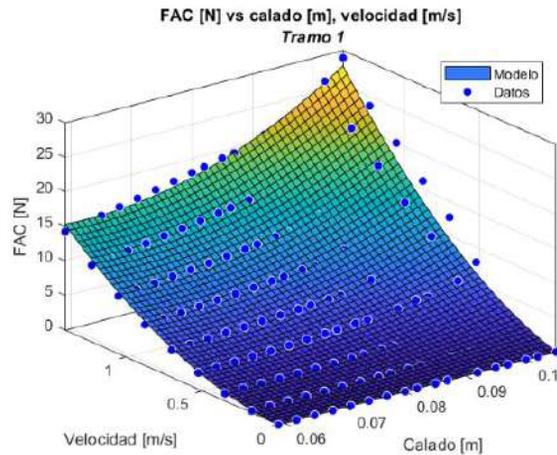


Hipótesis de modelado

Fuerza boyante

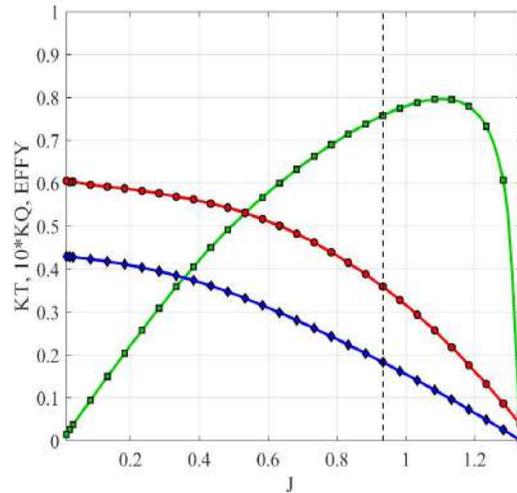


Fuerza de arrastre

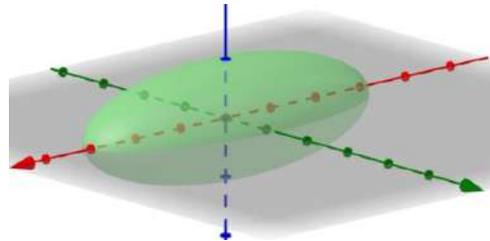


Hipótesis de modelado

Fuerza de Propulsión

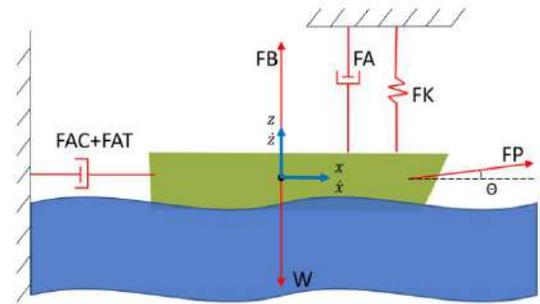
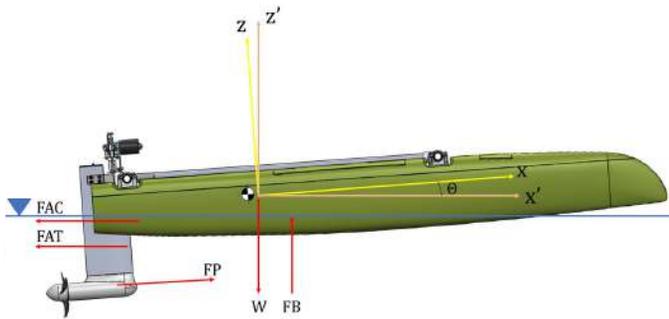


Masa añadida

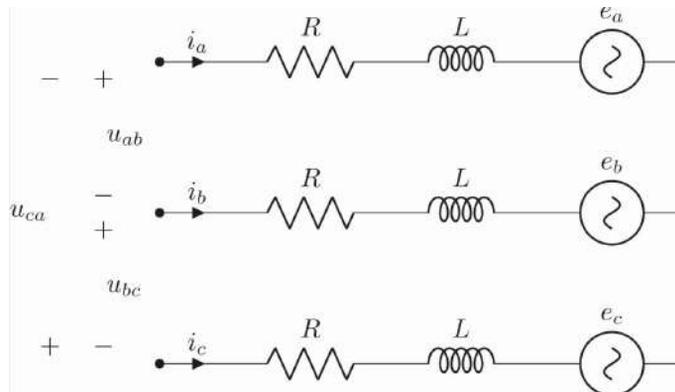


Process systems

Sistema mecánico

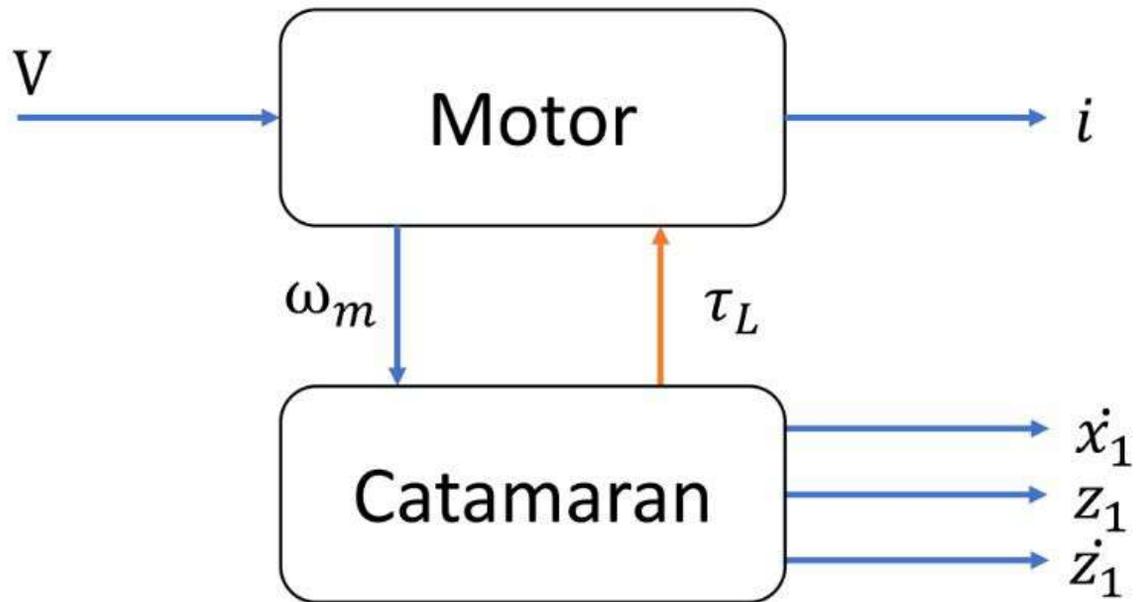


Sistema de potencia

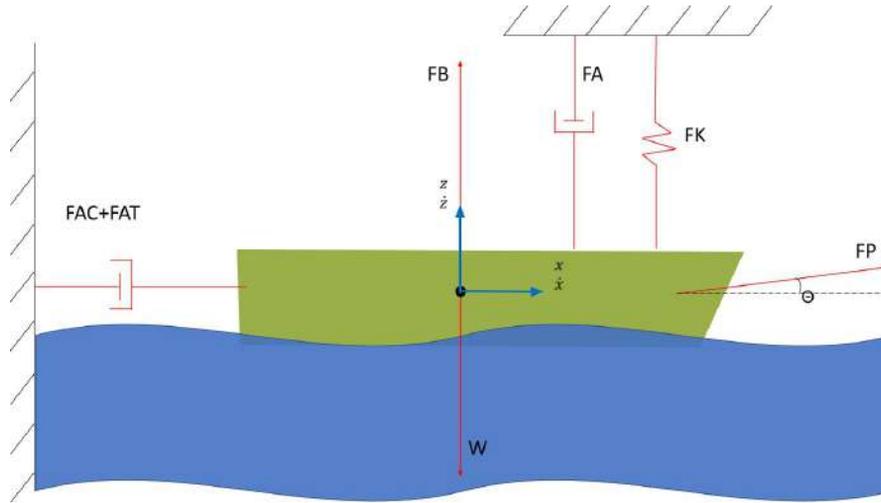


Process systems

Acople



Ecuaciones de balance



$$m\dot{x}_2 = FP\cos\theta - FAC - FAT$$

$$m\dot{z}_2 = FP\sen\theta - W + FB - FA - FK$$

FP: Fuerza de Propulsión.

FAC: Fuerza de Arrastre de los Cascos.

FAT: Fuerza de Arrastre del Timón.

FK: Fuerza asociada al Resorte del anclaje.

FA: Fuerza del amortiguador.

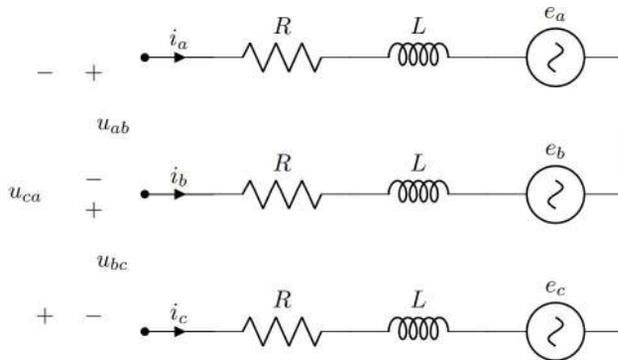
W: Peso de la embarcación.

FB: Fuerza Boyante.

\dot{x}_2 : Aceleración eje x.

\dot{z}_2 : Aceleración eje z.

Ecuaciones de balance



Momenzadeh, et al (2014)

$$V_{La} = u_a - V_{Ra} - e_a$$

$$V_{Lb} = u_b - V_{Rb} - e_b$$

$$V_{Lc} = u_c - V_{Rc} - e_c$$

Donde:

U_i : Voltaje en la línea.

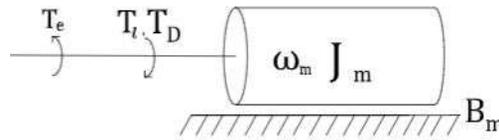
V_{Li} : Voltaje del inductor en la línea.

e_i : fuerza contraelectromotriz en la línea.

V_{Ri} : Voltaje de la Resistencia en la línea.

$$i = a, b, c.$$

Ecuaciones de balance



$$J_m \frac{d\omega_m}{dt} = \tau_e - \tau_l - \tau_D$$

Donde

τ_e : torque eléctrico.

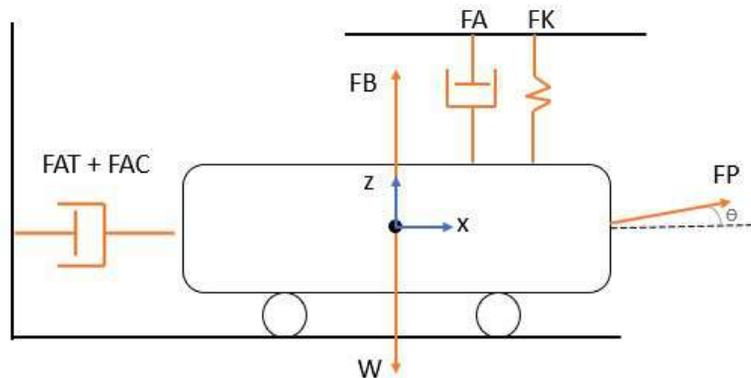
τ_l : torque de carga.

τ_D : torque debido a amortiguador rotacional

ω_m : velocidad angular

J_m : momento de inercia del rotor.

Ecuaciones constitutivas



Fuerza de propulsión (FP)

$$FP = K_T \rho \left(\frac{W}{2\pi} \right)^2 D^4$$

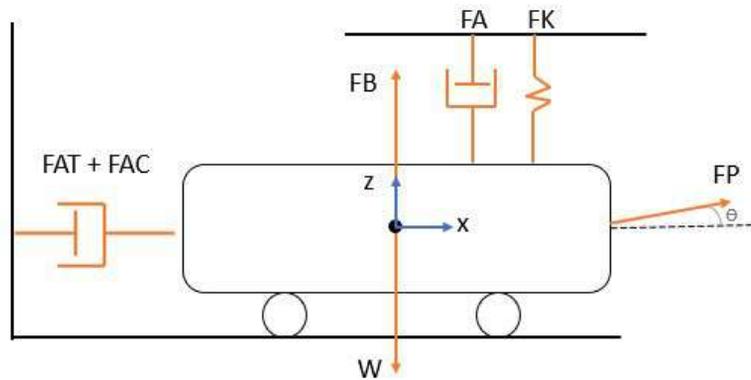
Fuerza de arrastre del timón (FAT)

$$FAT = g(v)$$

Fuerza de arrastre de los cascos (FAC)

$$FAC = f(c, v)$$

Ecuaciones constitutivas



Fuerza boyante (FB)

$FB = h(c)$ \longrightarrow Principio de Arquímedes.

Fuerza del resorte (FK)

$$FK = kz_1$$

Fuerza del amortiguador (FA)

$$FA = \beta z_2$$

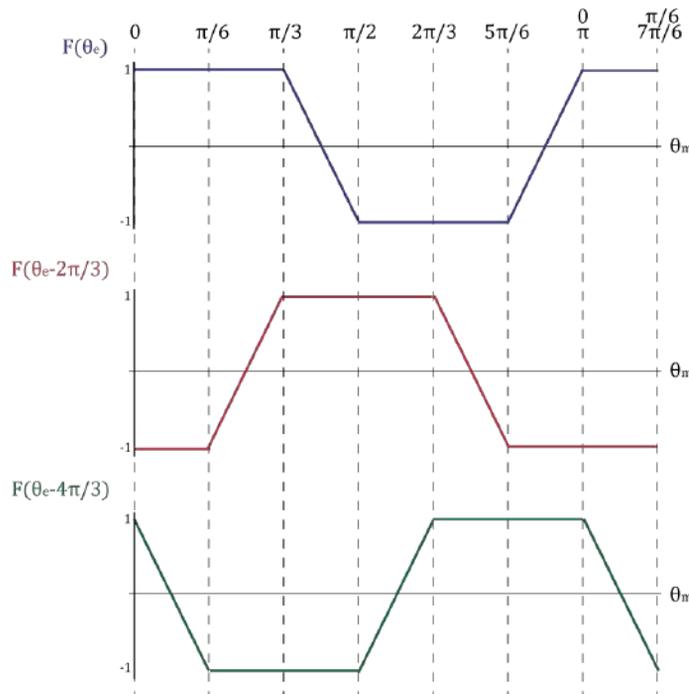
Ley de Hooke

Ecuaciones constitutivas

Voltaje inducido en cada línea $e_k = \frac{k_{em}}{2} \omega_m F_k(\theta_e)$

Torque eléctrico en las fases $T_{ek} = \frac{k_{tm}}{2} F_k(\theta_e) i_k$

$k = a, b, c.$



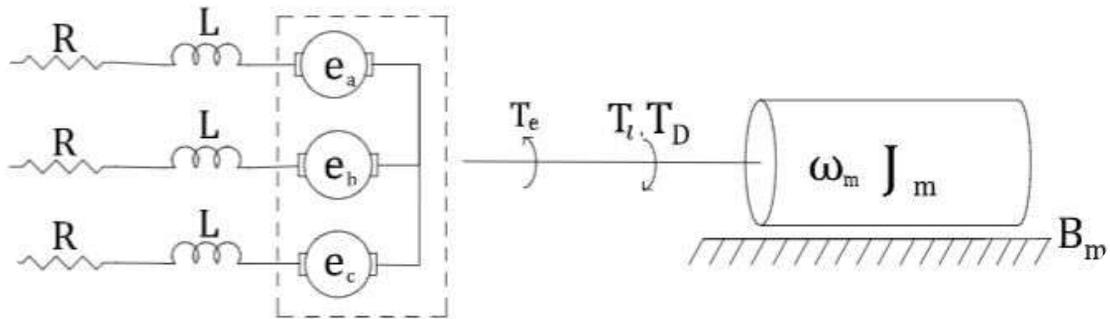
Ecuaciones constitutivas

Torque de carga de la propela

$$\tau_L = K_Q \rho \left(\frac{\omega_m}{2\pi} \right)^2 D^5$$

Torque de fricción viscosa

$$\tau_D = B_m \omega_m$$

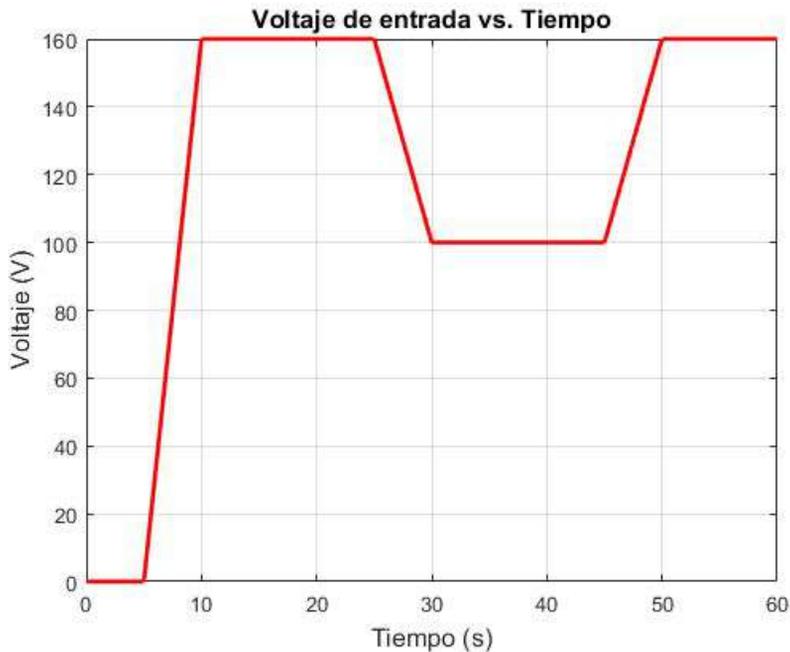


Simulación

Entrada del sistema:

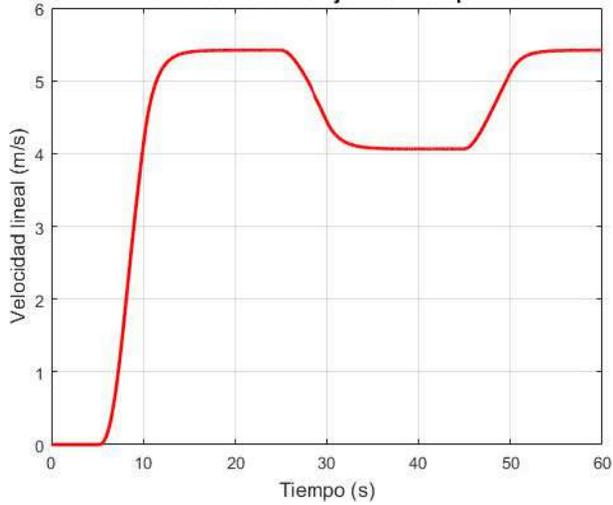
En un principio no se alimenta para que se distinga el arranque de todo el sistema.

Estos valores de voltaje se escogen para analizar diferentes perfiles de velocidad

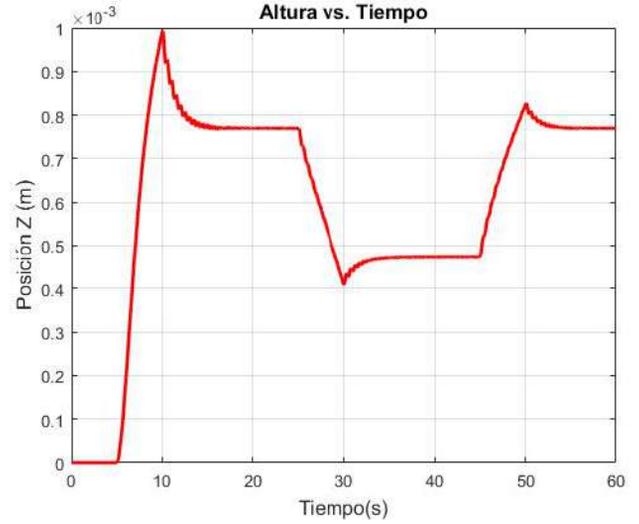


Simulación

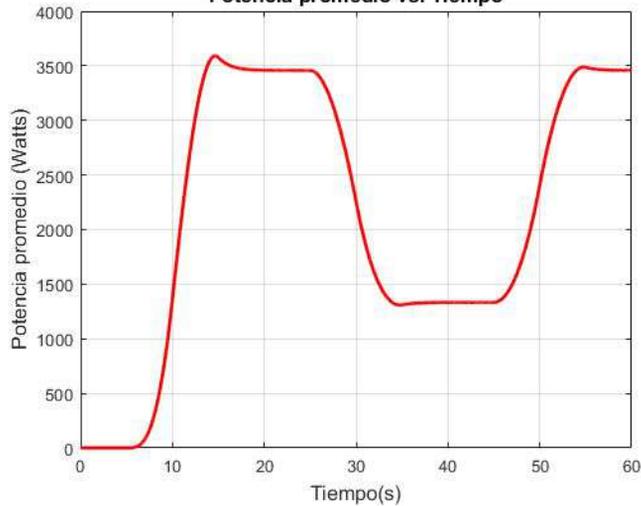
Velocidad en el eje x vs. Tiempo



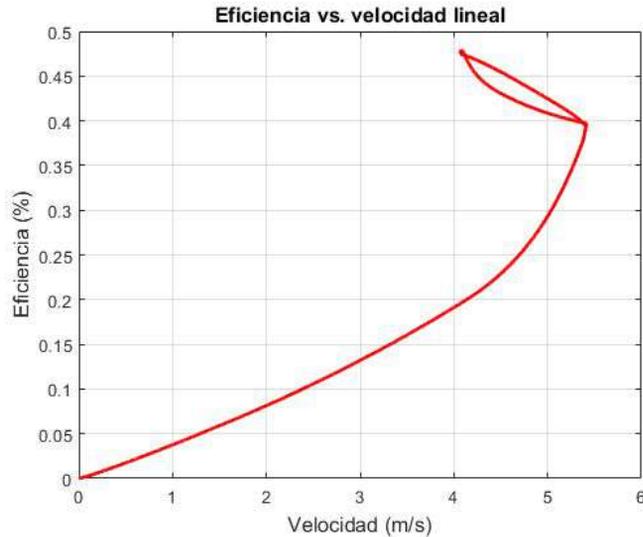
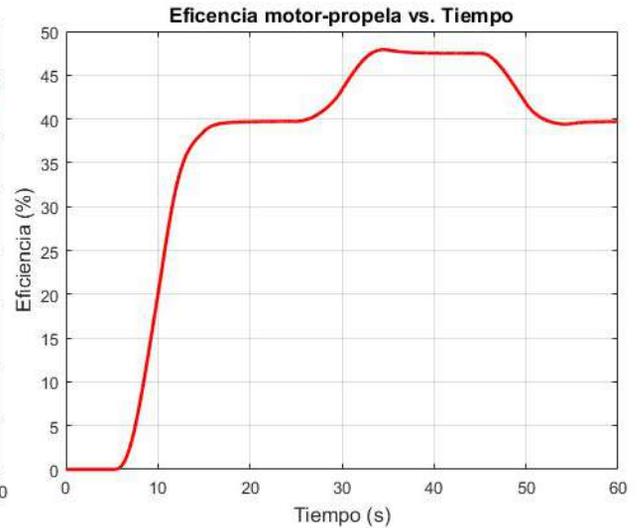
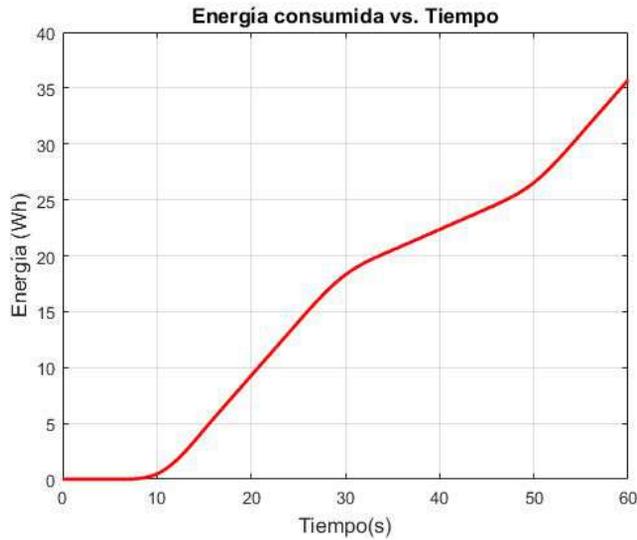
Altura vs. Tiempo



Potencia promedio vs. Tiempo



Simulación



Conclusiones

La determinación del consumo energético puede incidir en aspectos económicos y ambientales.

Verificación de parámetros en el diseño de embarcaciones de una forma más precisa.

Para mayor competitividad se debe buscar reducir los grados de libertad.

Bibliografía

Alvarez, H., Lamanna, R., Vega, P., & Revollar, S. (2009). Metodología para la obtención de modelos semifísicos de base fenomenológica aplicada a una sulfitoradora de jugo de caña de azúcar. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 6(3), 10-20.

M. M. Momenzadeh, A. F. Ahmed, and A. Tolba, "Modelling and Simulation of The BLDC Electric Drive System Using SIMULINK/MATLAB for a Hybrid Vehicle," 2014. Accessed: Apr. 13, 2021. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/262933380_Modelling_and_Simulation_of_The_BLDC_Electric_Drive_System_Using_SIMULINKMATLAB_for_a_Hybrid_Vehicle.