



# CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

DOCUMENTO N°: **CRIBAV-03-02**

*Fecha:* **09/12/1998**

*Código SubProyecto:* **Nomenclatura**

TÍTULO DEL DOCUMENTO

## **NOMENCLATURA PARA LOS DOCUMENTOS DE CRIBAV**

**Autores:**

Eloy López

Emiliano Moyano

Francisco Jesús Velasco

# CRIBAV

---

CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

DOCUMENTO N°: **CRIBAV-03- 02**

*Fecha:* **09/12/1998**

*Código SubProyecto:* **Nomenclatura**

TÍTULO DEL DOCUMENTO

## **NOMENCLATURA PARA LOS DOCUMENTOS DE CRIBAV**

**Autores:**

Eloy López

Emiliano Moyano

Francisco Jesús Velasco

**Grupo:** UC

**Responsable del Grupo:** Francisco Jesús Velasco

**Responsable del Informe:** Eloy López

*SubProyecto:* Nomenclatura

*Version:* 02

**CRIBAV** 

---

  
CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

**Lista y Filiación de Autores:**

cnplogae@lg.ehu.es

emoyano@macc.unican.es

velasco@teisa.unican.es

**Agradecimientos:**

**Lista de distribución:**

cribav

## **CRIBAV**

---

CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

### **Resumen:**

Se presenta una nomenclatura para los ejes de coordenadas, las variables que describen el movimiento del buque así como algunos términos matemáticos y de control. Los descriptores alfanuméricos se han propuesto para su utilización en programas. Se ha utilizado como modelo el informe [2].

También se incluyen, términos náuticos relativos al buque y a la navegación, una tabla de conversión de unidades náuticas, otra de factores de escala y las escalas de la fuerza del viento de Beaufort y del estado de la mar de Douglas.

### **Summary:**

A notation for the body-fixed and earth-fixed reference frames, variables used for marine vehicles and some mathematical and control terms are introduced. Report[2] has been used as a model.

Nautical terms relating to the vessel and to navigation, a table of conversion of nautical units, another of scale factors and Beaufort and Douglas scales of wind and sea state have also been included.

## CONTENIDO

<b>1</b>	<b>DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE REFERENCIA .....</b>	<b>0</b>
1.1	SISTEMA DE REFERENCIA MÓVIL $F_B (O_B X_B Y_B Z_B)$ .....	0
1.2	SISTEMA DE REFERENCIA FIJO $F_E, (O_E X_E Y_E Z_E)$ .....	0
<b>2</b>	<b>SÍMBOLOS Y DESCRIPTORES ALFANUMÉRICOS .....</b>	<b>0</b>
2.1	VARIABLES NÁUTICAS.....	0
2.1.1	<i>Términos relacionados con el buque</i> .....	0
2.1.2	<i>Términos del propulsor y actuadores</i> .....	0
2.1.3	<i>Variables</i> .....	0
2.1.4	<i>Derivadas de las variables</i> .....	0
2.1.5	<i>Desviaciones de los controles de superficie</i> .....	0
2.1.6	<i>Aceleraciones</i> .....	0
2.1.7	<i>Sistema móvil</i> .....	0
2.2	TÉRMINOS MATEMÁTICOS .....	0
2.2.1	<i>Matrices y normas</i> .....	0
2.3	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA .....	0
2.4	SUBÍNDICES.....	0
<b>3</b>	<b>NOMENCLATURA NÁUTICA.....</b>	<b>0</b>
3.1	ORDENACIÓN ALFABÉTICA INGLESA .....	0
3.2	ORDENACIÓN ALFABÉTICA ESPAÑOLA .....	0
<b>4</b>	<b>TABLA DE CONVERSION.....</b>	<b>0</b>
4.1	VALORES NUMÉRICOS .....	0
<b>5</b>	<b>FACTORES DE ESCALA.....</b>	<b>0</b>
<b>6</b>	<b>CÓDIGO METEOROLÓGICO INTERNACIONAL .....</b>	<b>0</b>
6.1	ESCALA DE VIENTO DE BEAUFORT .....	0
6.2	ESCALA DOUGLAS DEL ESTADO DE LA MAR .....	0
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>0</b>

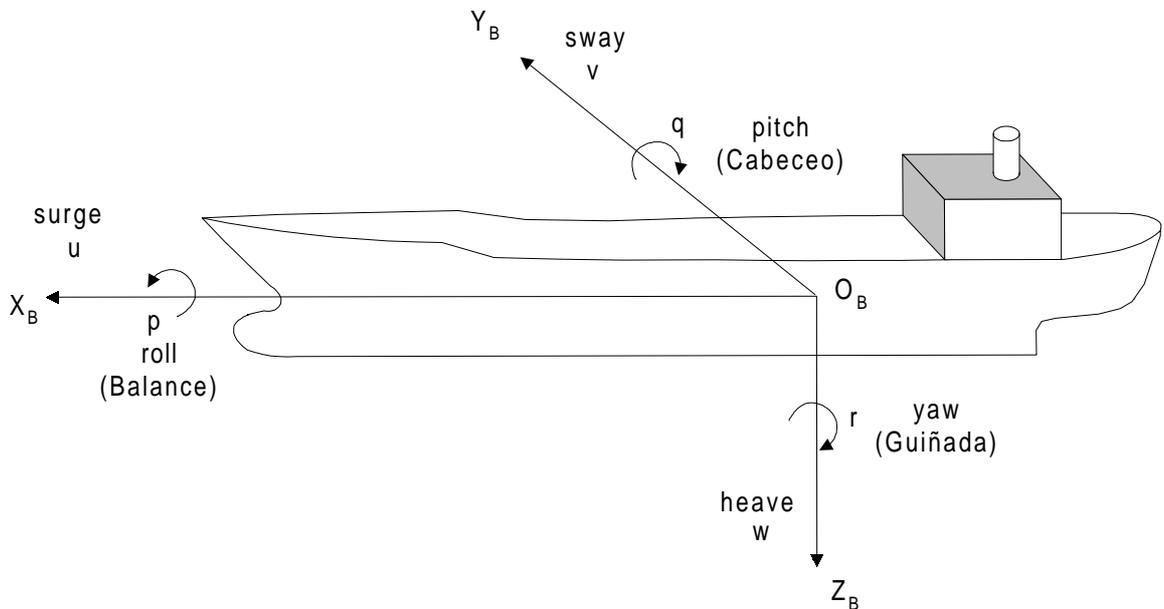
# 1 DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE REFERENCIA

Para la representación de la dinámica del buque se utilizan dos sistemas de referencia. Un sistema de referencia móvil situado en el buque y otro fijo. Los dos sistemas de referencia son dextrógiros y ortogonales.

## 1.1 SISTEMA DE REFERENCIA MÓVIL $F_B (O_B X_B Y_B Z_B)$

El sistema de referencia móvil se define según la figura 1.

El origen  $O_B$  está situado en el centro de los ejes principales de inercia.  $X_B$  es positivo hacia delante,  $Z_B$  es positivo hacia abajo e  $Y_B$  es positivo a estribor.



*Figura 1: Sistema de referencia móvil*

En la tabla 1 se presenta un resumen de la notación normalmente utilizada para definir los movimientos del buque.

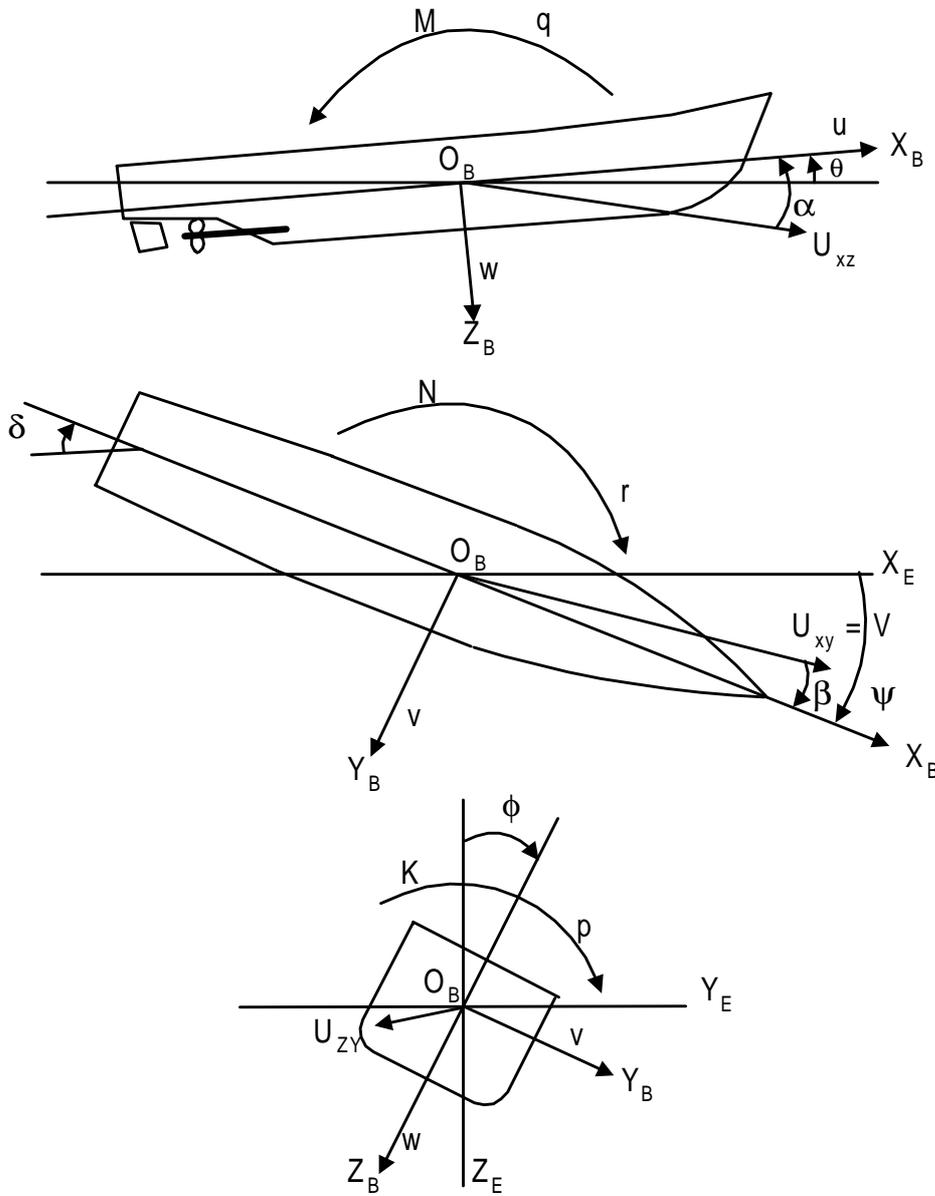


Figura 2: Componentes del vector velocidad

Tabla 1

GDL		fuerzas y momentos	vel. lineal y angular	despl. lineal y angular
1	movimiento en la dirección $x$ (surge)	X	$u$	$x$
2	movimiento en la dirección $y$ (sway)	Y	$v$	$y$
3	movimiento en la dirección $z$ (heave)	Z	$w$	$z$
4	rotación alrededor del eje $x$ (roll)	K	$p$	$\phi$
5	rotación alrededor del eje $y$ (pitch)	M	$q$	$\theta$
6	rotación alrededor del eje $z$ (yaw)	N	$r$	$\psi$

## 1.2 SISTEMA DE REFERENCIA FIJO $F_E, (O_E X_E Y_E Z_E)$

El sistema de referencia fijo  $F_E$  está situado en la superficie de la tierra, con el origen  $O_E$  cerca del buque.  $Z_E$  es positivo hacia abajo,  $X_E$  es positivo hacia el norte e  $Y_E$  es positivo hacia el este. La figura 2 presenta el plano  $O_E X_E Y_E$ .

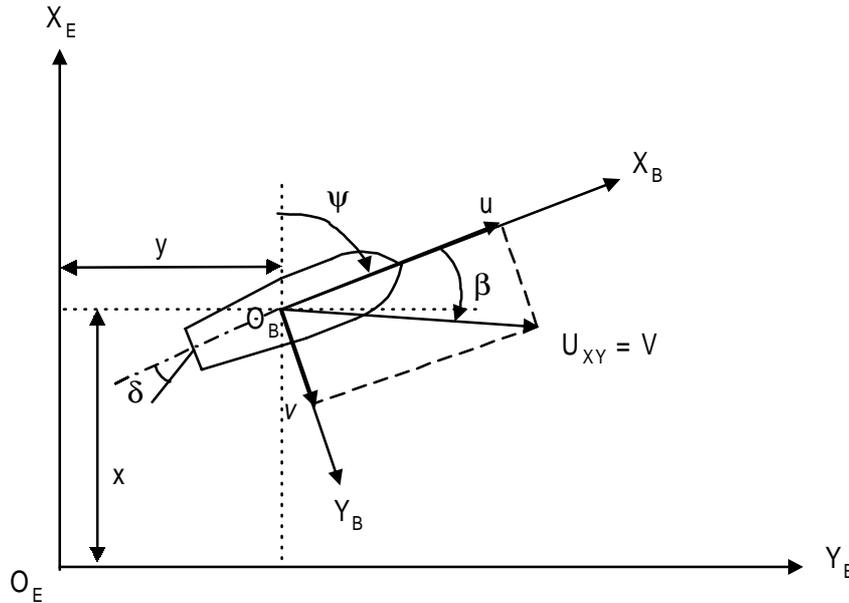


Figura 3: Sistema de referencia fijo  $F_E, (O_E X_E Y_E Z_E)$

## 2 SÍMBOLOS Y DESCRIPTORES ALFANUMÉRICOS

### 2.1 VARIABLES NÁUTICAS

#### 2.1.1 TÉRMINOS RELACIONADOS CON EL BUQUE

Nombre	Símbolo	Alfanumérico	Unidad
Ship inertia tensor	$I$	IAC	$\text{kgm}^2$
Tensor de inercia del buque			
x body axis moment of inertia	$I_x$	IX	$\text{kgm}^2$
Momento de inercia del buque respecto al eje x			
x-y body axis product of inertia	$I_{xy}$	IXY	$\text{kgm}^2$
Momento de inercia del buque respecto al plano xy			
x-z body axis product of inertia	$I_{xz}$	IXZ	$\text{kgm}^2$
Momento de inercia del buque respecto al plano xz			
y body axis moment of inertia	$I_y$	IY	$\text{kgm}^2$
Momento de inercia del buque respecto al eje y			
y-z body axis product of inertia	$I_{yz}$	IYZ	$\text{kgm}^2$

## CRIBAV

### CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

<i>Momento de inercia del buque respecto al plano yz</i>			
z body axis moment of inertia	$I_z$	IZ	kgm <sup>2</sup>
<i>Momento de inercia del buque respecto al eje z</i>			
Radius of gyration, x direction in $F_B$	$r_x$	RX	m
<i>Radio de giro en la dirección del eje x</i>			
Radius of gyration, y direction in $F_B$	$r_y$	RY	m
<i>Radio de giro en la dirección del eje y</i>			
Radius of gyration, z direction in $F_B$	$r_z$	RZ	m
<i>Radio de giro en la dirección del eje z</i>			
Turning radius	$R$	R	m
<i>Radio de giro de la curva de evolución</i>			
Centre of gravity x position in $F_B$	$X_G$	XCG	m
<i>Coordenada x del centro de gravedad.</i>			
Centre of gravity y position in $F_B$	$Y_G$	YG	m
<i>Coordenada y del centro de gravedad</i>			
Centre of gravity z position in $F_B$	$Z_G$	ZG	m
<i>Coordenada z del centro de gravedad</i>			
Centre of buoyancy x position in $F_B$	$X_B$	XB	m
<i>Coordenada x del centro de carena</i>			
Centre of buoyancy y position in $F_B$	$Y_B$	YB	m
<i>Coordenada y del centro de carena</i>			
Centre of buoyancy z position in $F_B$	$Z_B$	ZB	m
<i>Coordenada z del centro de carena</i>			
Transverse metacentric heigh	$GM_T$	GMT	m
<i>Altura metacéntrica transversal</i>			
Longitudinal metacentric heigh	$GM_L$	GML 0	m
<i>Altura metacéntrica longitudinal</i>			
Ship length ( $L_{pp}$ )	$L$	LEN	m
<i>Eslora entre perpendiculares</i>			
Ship breadth	$B$	BREADTH	m
<i>Manga</i>			
Ship draft	$T$	DRAFT	m
<i>Calado</i>			
Ship total mass	$m$	MASS	kg
<i>Masa total del buque</i>			
Displaced volume of water (displacement)	$\nabla$	DISPL	m <sup>3</sup>
<i>Desplazamiento en volumen</i>			
Wing planform area	$S$	S	m <sup>2</sup>
Vehicle weight	$W$	W	N
<i>Peso del buque</i>			

### 2.1.2 TÉRMINOS DELPROPULSOR Y ACTUADORES

Nombre	Símbolo	Alfanumérico	Unidad
Propeller thrust	$T$	TRUST	
<i>Empuje de la hélice</i>			
Propeller revolutions	$n$	REV	
<i>Revoluciones del propulsor</i>			
Diameter of propeller	$D_P$	DIAMETER	m
<i>Diámetro del propulsor</i>			
Drag force	$D$	DRAG	N
<i>Fuerza de arrastre</i>			
Actuator speed	$U_A$	UACT	m/s
<i>Velocidad del actuador</i>			

## CRIBAV

### CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

#### 2.1.3 VARIABLES

Nombre	Símbolo	Alfanumérico	Unidad
Roll rate <i>Velocidad de rotación respecto al eje x en <math>F_B</math></i>	$p$	P	rad/s
Pitch rate <i>Velocidad de rotación respecto al eje y en <math>F_B</math></i>	$q$	Q	rad/s
Yaw rate <i>Velocidad de rotación respecto al eje z en <math>F_B</math></i>	$r$	R	rad/s
Total inertial velocity <i>Velocidad total</i>	$U$	U	m/s
Inertial velocity in $F_B$ x direction <i>Componente del vector velocidad sobre el eje x</i>	$u$	UB	m/s
Inertial velocity in $F_B$ y direction <i>Componente del vector velocidad sobre el eje y</i>	$v$	VB	m/s
Inertial velocity in $F_B$ z direction <i>Componente del vector velocidad sobre el eje z</i>	$w$	WB	m/s
Pitch angle <i>Ángulo de cabeceo (giro alrededor del eje y)</i>	$\theta$	THETA	rad
Roll angle <i>Ángulo de balance (giro alrededor del eje x)</i>	$\phi$	PHI	rad
Heading angle (yaw angle) <i>Rumbo</i>	$\psi$	PSI	rad
Angle of attack in pitch <i>Ángulo de ataque en cabeceo</i>	$\alpha$	ALPHA	rad
Angle of attack in yaw (drift angle) <i>Ángulo de deriva</i>	$\beta$	BETA	rad
x position of origin of body frame $F_B$ in $F_E$ <i>Coordenada x del origen del sistema de referencia móvil <math>F_B</math> en <math>F_E</math></i>	$x$	X	m
y position of origin of body frame $F_B$ in $F_E$ <i>Coordenada y del origen del sistema de referencia móvil <math>F_B</math> en <math>F_E</math></i>	$y$	Y	m
z position of origin of body frame $F_B$ in $F_E$ <i>Coordenada z del origen del sistema de referencia móvil <math>F_B</math> en <math>F_E</math></i>	$z$	Z	m
Quaternion parameter <i>Cuaternión</i>	$q_0$	Q0	-
Quaternion parameter <i>Cuaternión</i>	$q_1$	Q1	-
Quaternion parameter <i>Cuaternión</i>	$q_2$	Q2	-
Quaternion parameter <i>Cuaternión</i>	$q_3$	Q3	-
Velocity of wind in $F_E$ x direction <i>Coordenada x de la velocidad del viento en <math>F_E</math></i>	$W_{XE}$	WXE	m/s
Velocity of wind in $F_E$ y direction <i>Coordenada y de la velocidad del viento en <math>F_E</math></i>	$W_{YE}$	WYE	m/s
Velocity of wind in $F_E$ z direction <i>Coordenada z de la velocidad del viento en <math>F_E</math></i>	$W_{ZE}$	WZE	m/s
Velocity of wind in $F_B$ x direction <i>Coordenada x de la velocidad del viento en <math>F_B</math></i>	$W_{XB}$	WXB	m/s
Velocity of wind in $F_B$ y direction <i>Coordenada y de la velocidad del viento en <math>F_B</math></i>	$W_{YB}$	WYB	m/s
Velocity of wind in $F_B$ z direction <i>Coordenada z de la velocidad del viento en <math>F_B</math></i>	$W_{ZB}$	WZB	m/s

**2.1.4 DERIVADAS DE LAS VARIABLES**

Nombre	Símbolo	Alfanumérico	Unidad
Time rate of change of roll rate <i>Derivada de la velocidad de rotación respecto al eje x en <math>F_B</math></i>	$\dot{p}$	PDOT	rad/s <sup>2</sup>
Time rate of change of pitch rate <i>Derivada de la velocidad de rotación respecto al eje y en <math>F_B</math></i>	$\dot{q}$	QDOT	rad/s <sup>2</sup>
Time rate of change of yaw rate <i>Derivada de la velocidad de rotación respecto al eje z en <math>F_B</math></i>	$\dot{r}$	RDOT	rad/s <sup>2</sup>
Time rate of change of total inertial velocity <i>Derivada de la velocidad del móvil</i>	$\dot{U}$	UDOT	m/s <sup>2</sup>
Time rate of change of $F_B$ x direction velocity <i>Derivada de la componente del vector velocidad sobre el eje x</i>	$\dot{u}$	UBDOT	m/s <sup>2</sup>
Time rate of change of $F_B$ y direction velocity <i>Derivada de la componente del vector velocidad sobre el eje y</i>	$\dot{v}$	VBDOT	m/s <sup>2</sup>
Time rate of change of $F_B$ z direction velocity <i>Derivada de la componente del vector velocidad sobre el eje z</i>	$\dot{w}$	WBDOT	m/s <sup>2</sup>
Time rate of change of pitch angle <i>Derivada del ángulo de guiñada</i>	$\dot{\theta}$	THETADOT	rad/s
Time rate of change of roll angle <i>Derivada del ángulo de balance</i>	$\dot{\phi}$	PHIDOT	rad/s
Time rate of change of heading angle <i>Derivada del ángulo del rumbo</i>	$\dot{\psi}$	PSIDOT	rad/s
Time rate of change of x position of centre of body-axes reference frame $F_B$ in $F_E$ <i>Derivada de la coordenada x del origen del sistema de referencia móvil <math>F_B</math> en <math>F_E</math></i>	$\dot{x}$	XDOT	m/s
Time rate of change of y position of centre of body-axes reference frame $F_B$ in $F_E$ <i>Derivada de la coordenada y del origen del sistema de referencia móvil <math>F_B</math> en <math>F_E</math></i>	$\dot{y}$	YDOT	m/s
Time rate of change of z position of centre of body-axes reference frame $F_B$ in $F_E$ <i>Derivada de la coordenada z del origen del sistema de referencia móvil <math>F_B</math> en <math>F_E</math></i>	$\dot{z}$	ZDOT	m/s
Time rate of change of quaternion <i>Derivada del cuaternión</i>	$\dot{q}_0$	Q0DOT	-
Time rate of change of quaternion <i>Derivada del cuaternión</i>	$\dot{q}_1$	Q1DOT	-
Time rate of change of quaternion <i>Derivada del cuaternión</i>	$\dot{q}_2$	Q2DOT	-
Time rate of change of quaternion <i>Derivada del cuaternión</i>	$\dot{q}_3$	Q3DOT	-

## CRIBAV

CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

### 2.1.5 DESVIACIONES DE LOS CONTROLES DE SUPERFICIE

Nombre	Símbolo	Alfanumérico	Unidad
Rudder angle (deflection) <i>Ángulo del timón</i>	$\delta_R$	DR	rad
“Effective” rudder angle ( $\delta_e = \delta_R$ for $v = r = 0$ ) <i>Ángulo "efectivo" del timón</i> ( $\delta_e = \delta_R$ para $v = r = 0$ )	$\delta_e$	DE	rad
Rudder angle ordered by autopilot <i>Ángulo del timón solicitado por el autopiloto</i>	$\delta^*$	DRO	rad
Flap deflection <i>Ángulo de la aleta</i>	$\delta_F$	DF	rad

### 2.1.6 ACELERACIONES

Nombre	Símbolo	Alfanumérico	Unidad
Normal acceleration at centre of gravity in $F_B$ <i>Aceleración normal al centro de gravedad en <math>F_B</math></i>	$a_n$	AN	$m/s^2$
Normal acceleration, not at centre of gravity, in $F_B$ <i>Aceleración normal, no al centro de gravedad, en <math>F_B</math></i>	$a_{n,i}$	ANI	$m/s^2$
x body axis accelerometer output at centre of gravity, in $F_B$ <i>Salida del acelerómetro eje x del sistema móvil en el centro de gravedad.</i>	$a_{nx}$	ANX	$m/s^2$
y body axis accelerometer output at centre of gravity, in $F_B$ <i>Salida del acelerómetro eje y del sistema móvil en el centro de gravedad.</i>	$a_{ny}$	ANY	$m/s^2$
z body axis accelerometer output at centre of gravity, in $F_B$ <i>Salida del acelerómetro eje z del sistema móvil en el centro de gravedad.</i>	$a_{nz}$	ANZ	$m/s^2$
x body axis accelerometer output, not at centre of gravity, in $F_B$ <i>Salida del acelerómetro eje x del sistema móvil no en el centro de gravedad</i>	$a_{nx;i}$	ANXI	$m/s^2$
y body axis accelerometer output, not at centre of gravity, in $F_B$ <i>Salida del acelerómetro eje y del sistema móvil no en el centro de gravedad</i>	$a_{ny;i}$	ANYI	$m/s^2$
z body axis accelerometer output, not at centre of gravity, in $F_B$ <i>Salida del acelerómetro eje z del sistema móvil no en el centro de gravedad</i>	$a_{nz;i}$	ANZI	$m/s^2$

## CRIBAV

### CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

#### 2.1.7 SISTEMA MÓVIL

Nombre	Símbolo	Alfanumérico	Unidad
Acceleration along the x-axis <i>Aceleración en la dirección del eje x</i>	$a_x$	AX	m/s <sup>2</sup>
Acceleration along the y-axis <i>Aceleración en la dirección del eje y</i>	$a_y$	AY	m/s <sup>2</sup>
Acceleration along the z-axis <i>Aceleración en la dirección del eje z</i>	$a_z$	AZ	m/s <sup>2</sup>
Total force along the x-axis <i>Componentes de las fuerzas hidrodinámicas en la dirección x</i>	$X$	XFORCE	N
Total force along the y-axis <i>Componentes de las fuerzas hidrodinámicas en la dirección y</i>	$Y$	YFORCE	N
Total force along the z-axis <i>Componentes de las fuerzas hidrodinámicas en la dirección z</i>	$N$	NFORCE	N
Thrust along the x-axis <i>Empuje en la dirección del eje x</i>	$F_{xT}$	FXT	N
Thrust along the y-axis <i>Empuje en la dirección del eje y</i>	$F_{yT}$	FYT	N
Thrust along the z-axis <i>Empuje en la dirección del eje z</i>	$F_{zT}$	FZT	N
Incremental x-axis force <i>Fuerza diferencial en la dirección del eje x</i>	$\delta X$	DFX	N
Incremental y-axis force <i>Fuerza diferencial en la dirección del eje y</i>	$\delta Y$	DFY	N
Incremental z-axis force <i>Fuerza diferencial en la dirección del eje z</i>	$\delta Z$	DFZ	N
Total rolling moment <i>Componente x de los momentos hidrodinámicos</i>	$K$	KTOT	Nm
Total pitching moment <i>Componente y de los momentos hidrodinámicos</i>	$M$	MTOT	Nm
Total yawing moment <i>Componente z de los momentos hidrodinámicos</i>	$N$	NTOT	Nm
Thrust contribution to rolling moment <i>Contribución del empuje al momento de balance</i>	$K_T$	KT	Nm
Thrust contribution to pitching moment <i>Contribución del empuje al momento de cabeceo</i>	$M_T$	MT	Nm
Thrust contribution to yawing moment <i>Contribución del empuje al momento de guiñada</i>	$N_T$	NT	Nm
Incremental rolling moment <i>Diferencial del momento de balance</i>	$\delta K$	DK	Nm
Incremental pitching moment <i>Diferencial del momento de cabeceo</i>	$\delta M$	DM	Nm
Incremental yawing moment <i>Diferencial del momento de guiñada</i>	$\delta N$	DN	Nm

## 2.2 TÉRMINOS MATEMÁTICOS

### 2.2.1 MATRICES Y NORMAS

Nombre	Símbolo	Alfanumérico	Unidad
Unidad matrix <i>Matriz unidad</i>	$I$	EYE	-
Unidad matrix of dimension n <i>Matriz unidad de dimensión n</i>	$I_n$	EYEN	-
Square root of -1 <i>Raíz de -1</i>	$j$	JAY	-
Complex conjugate <i>Conjugada</i>	$\bar{x}$	XBAR	-
Tranpose of complex conjugate <i>Asociada</i>	$x^H$	XH	-
Transpose <i>Traspuesta</i>	$x^T$	XTP	-
Pseudo-inverse <i>Seudoinversa</i>	$x^\dagger$	XPSINV	-
The i; j element of matrix <i>Elemento i; j de la matriz</i>	$[X]_{ij}$ or $x_{ij}$	XIJ	-
Determinant <i>Determinante</i>	$det(X)$	DETX	-
Trace <i>Traza</i>	$tr(X)$	TRX	-
The i'th eigenvalue <i>Autovalor i-ésimo</i>	$\lambda_i(X)$	EIGXI	-
Largest and smallest eigenvalue <i>Autovalores mayor y menor</i>	$\lambda_{max}(X), \lambda_{min}(X)$	EIGXMIN, EIGXMAX	- -
Structured singular value <i>Valor singular estructurado</i>	$\mu(G)$	SSVG	-
Spectral radius <i>Radio espectral</i>	$\rho(X)$	SRX	-
The i'th singular value <i>i-ésimo valor singular</i>	$\sigma_i(X)$	SVXI	-
Largest and smallest singular value <i>Mayor y menor valor singular</i>	$\bar{\sigma}, \underline{\sigma}$	SVXMAX, SVXMIN	- -
1-norm, $\max_j \sum_i  x_{ij} $ <i>Norma 1</i>	$\ x\ _1$	NORM1X	-
Frobenius norm <i>Norma de Fröbenius</i>	$\ x\ _F$	NORMFX	-
Spectral norm <i>Norma espectral</i>	$\ x\ _S$	NORMSX	-
H2-norm <i>Norma H2</i>	$\ G\ _2$	NORMH2X	-
Hankel norm <i>Norma Hankel</i>	$\ G\ _H$	NORMHANKX	-
Infinity norm <i>Norma infinito</i>	$\ G\ _\infty$	NORMINFX	-
$\mu$ -norm <i>Norma <math>\mu</math></i>	$\ G\ _\mu$	NORMMUX	-

## CRIBAV

### CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

A stochastic process <i>Proceso estocástico</i>	$x(t)$	X	-
Autocovariance function <i>Función autocovarianza</i>	$\phi_{xx}(\tau)$	COVX	-
Power spectral density <i>Densidad del espectro de energía</i>	$\Phi_{xx}(\omega)$	SPECX	-
Kronecker delta <i>Delta de Kronecker</i>	$\delta_{jk}$	KRONDELTAJK	-

## 2.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Nombre	Símbolo	Alfanumérico	Unidad
State matrix of the state equation <i>Matriz de estado de la ecuación de estado</i>	$A$	A	-
Control matrix of the state equation <i>Matriz de control de la ecuación de estado</i>	$B_u$	BU	-
Disturbances matrix of the state equation <i>Matriz de perturbación de la ecuación de estado</i>	$B_w$	BW	-
State matrix of the output equation <i>Matriz de estado de la ecuación de salida</i>	$C$	C	-
Control matrix of the output equation <i>Matriz de control de la ecuación de salida</i>	$D_u$	DU	-
Disturbances matrix of the output equation <i>Matriz de perturbación de la ecuación de salida</i>	$D_w$	DW	-
State vector <i>Vector de estado</i>	$x$	X	-
Derivative of state vector <i>Derivada del vector de estado</i>	$\dot{x}$	XDOT	-
Reference signal <i>Señal de referencia</i>	$r$	R	-
Error signal <i>Señal de error</i>	$e$	E	-
Control signal <i>Señal de control</i>	$u$	U	-
Measurement error <i>Medida del error</i>	$m$	M	-
Measured variables <i>Variables medidas</i>	$y$	Y	-
Exogenous input signal	$w$	W	-
Regulated output signal	$z$	Z	-
Transfer function of plant <i>Función de transferencia de la planta</i>	$G(s)$	G	-
Transfer function of controller <i>Función de transferencia del regulador</i>	$K(s)$	K	-
Transfer function of pre-compensator <i>Función de transferencia del precompensador</i>	$P(s)$	P	-
Transfer function of feedforward compensator of disturbances <i>Función de transferencia del compensador de perturbaciones por prealimentación</i>	$F(s)$	F	-

## CRIBAV

### CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

Open-loop transfer function from w to z <i>Función de transferencia en lazo abierto entre w y z</i>	$P_{zw}$	PZW	-
Open-loop transfer function from u to z <i>Función de transferencia en lazo abierto entre u y z</i>	$P_{zu}$	PZU	-
Open-loop transfer function from w to y <i>Función de transferencia en lazo abierto entre w e y</i>	$P_{yw}$	PYW	-
Open-loop transfer function from u to y <i>Función de transferencia en lazo abierto entre u e y</i>	$P_{yu}$	PYU	-
Closed-loop transfer function from w to z <i>Función de transferencia en lazo cerrado entre w y z</i>	$T_{zw}$	TZW	-
Return difference	$F_i(s), F_o(s)$	FI, FO	-
Sensitivity function <i>Función sensibilidad</i>	$S(s)$	S	-
Complementary sensitivity	$T(s)$	T	-
Additive perturbation <i>Perturbación aditiva</i>	$\Delta_a(s)$	DELTA A	-
Input multiplicative perturbation <i>Perturbación multiplicativa</i>	$\Delta_i(s)$	DELTA I	-
Output multiplicative perturbation	$\Delta_o(s)$	DELTA O	-
Normalized uncertainty <i>Incertidumbre normalizada</i>	$\Delta^{\sim}(s) = W_i^{-1} \Delta W_j^{-1}$	DELTANORM	-
Weighting functions <i>Funciones ponderadoras</i>	$W(s)$	W	-
Crossover frequency <i>Frecuencia de cruce</i>	$\omega_c$	WC	rad/s
Bandwidth (-3 dB) <i>Ancho de banda</i>	$\omega_b$	WB	rad/s
Zeros <i>Ceros</i>	$z_i$	ZERO I	-
Poles <i>Polos</i>	$p_i$	POLE I	-
Gain margin ( $\frac{1}{ GK_{180^\circ} }$ ) <i>Margen de ganancia</i>	$A_m$	GM	-
Phase margin <i>Margen de fase</i>	$\phi_m$	PM	rad
Laplace operator <i>Operador de Laplace</i>	$s$	S	rad/s
Undamped natural frequency <i>Frecuencia natural</i>	$\omega_n$	WN	rad/s
Damping ratio <i>Coficiente de amortiguamiento</i>	$\zeta$	ZETA	-
Spatial frequency <i>Frecuencia espacial</i>	$\Omega$	OMEGA	rad/m
Circular frequency <i>Frecuencia angular</i>	$\omega$	WFREQ	rad/s

## 2.4 SUBÍNDICES

Nombre	Símbolo	Alfanumérico	Unidad
Body axis <i>Ejes móviles</i>	<i>M</i>	M	-
Centre of gravity <i>Centro de gravedad</i>	<i>G</i>	G	-
Earth-fixed reference frame <i>Sistema de referencia fijo</i>	<i>E</i>	E	-

## 3 NOMENCLATURA NÁUTICA

A continuación se relacionan algunos términos de nomenclatura relativos a partes del buque y navegación que consideramos que pueden ser de utilidad.

### 3.1 ORDENACIÓN ALFABÉTICA INGLESA

Abaft	A popa, a popa de.
Adjustable pitch propeller	Hélice paso variable.
After	Sección de popa, extremo de popa.
Ahead	Por la proa, avante.
Azimuth	Azimut.
Beacon	Baliza.
Beam (breadth)	Manga.
Bearing	Demora
Betweendeck	Entrepuente.
Bilge keel	Quilla de balance.
Blade	Pala de la hélice.
Bottom	Fondo.
Bow	Amura.
Bow fins	Aletas de proa
Bow thrust.	Impulsor de proa.
Brake	Freno.
Breadth (beam)	Manga.
Bridge	Puente.
Bulb	Bulbo.
Bulkhead	Mamparo.
Buoyancy	Flotabilidad.
Cant frame	Cuaderna radial.
Centre girder	Quilla vertical.
Centre of buoyancy	Centro de flotación.
Centre of floatation	Centro del área de flotación.
Centre of gravity	Centro de gravedad.
Centreline	Eje longitudinal
Compass	Compás, aguja.
Compass bearing	Demora de aguja.

## CRIBAV

### CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

Compass card	Rosa (aguja).
Controllable pitch propeller	Hélice de paso variable.
Course	Rumbo.
Crash stop	Parada de emergencia.
Current	Corriente.
Decca Navigator	Aparato de navegación Decca.
Deck	Cubierta.
Declination	Declinación.
Degree	Grado.
Depth	Puntal
Depth	Profundidad, sonda.
Deviation	Desvío.
Displacement	Desplazamiento.
Draft (draught)	Calado.
Drag	Fuerza de arrastre
Draught (draft)	Calado.
Drift	Deriva.
Drift (to)	Derivar.
DWT (Dead weight tonnage)	Peso muerto, tonelaje de peso muerto.
Engine room	Sala de máquinas.
Fathometer	Ecosonda, sonda acústica.
Fin	Aleta estabilizadora
Flaps	Aletas de popa
Flat keel	Quilla plana.
Flotation line	Línea de flotación
Flying bridge	Puente de navegación.
Fore end	Sección de proa, extremo de proa.
Forecastle	Castillo de proa
Forefoot	Pie de roda.
Forward	A proa, hacia proa.
Frame	Cuaderna.
Frame spacing	Distancia entre cuadernas.
Freeboard	Franco bordo
Front foils /T-foils	Aletas de proa
Great circle	Círculo máximo.
Gyro repeater	Aguja repetidora.
Gyro-compass	Aguja giroscópica.
Head	Proa
Heave	Arfada
Heel	Escora.
Heel (to)	Escorar.
Helm	Caña del timón.
Hold	Bodega.
Homing beacon	Radiofaro de recalada, radiobaliza direccional.
Horizon	Horizonte.
Hull	Casco.
Inertial navigation	Navegación inercial.
Initial stability	Estabilidad inicial.
Keel	Quilla.

## CRIBAV

### CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

Knot	Nudo (milla por hora).
Latitude	Latitud.
Left (USA)	Babor (timón).
Length	Eslora.
Length overall	Eslora total
Lengthbetween perpendiculars	Eslora entre perpendiculares
List	Escora.
List (to)	Escorar.
Log	Corredera.
Magnetic bearing	Demora magnética.
Magnetic compass	Aguja magnética.
Main deck	Cubierta principal.
Main frame	Cuaderna maestra.
Manoeuvrability	Maniobrabilidad.
Midships	Eje transversal
Mile	Milla.
Narrow waters	Aguas confinadas.
Navigate (to)	Navegar.
Navigating (navigation) bridge	Puente de navegación.
Navigation	Navegación.
Observation	Observación celeste.
Observed position	Situación astronómica.
Omega navigator	Sistema de navegación Omega.
P.P.I. (Position Plotting Indicator)	Pantalla del radar.
Parallel of latitude	Paralelo de latitud.
Path	Trayectoria.
Pitch	Paso de la hélice.
Pitch (to)	Cabecear, dar cabezadas.
Pivoting point	Centro de giro.
Port	Babor.
Port hand	Babor.
Port side	Costado de babor.
Position	Situación.
Pounding	Pantocazo
Propeller	Hélice.
Propeller shaft	Eje de la hélice.
Quarter	Aleta.
Radar	Radar.
Radar scanner	Antena del radar.
Radio navigation equipment	Equipo de radionavegación.
Radiobeacon	Radiobaliza.
Relative bearing	Marcación.
Rhumb line	Rumbo loxodrómico.
Rider plate	Sobrequilla.
Right (USA)	Estribor (timón).
Roll (to)	Dar balances, bandazos; balancear.
Rolling	Balanceo
Route	Ruta, travesía.
Rudder	Timón.
Sailing Directions	Derrotero.

## CRIBAV

### CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

Screw	Hélice.
Shaft	Eje.
Shallow waters	Aguas poco profundas.
Ship	Buque, barco.
Shipping	Navegación, transporte.
Side	Costado.
Single propeller	Una sola hélice.
Slamming	Pantocazo
Sonar system	Sistema sonar.
Sound signal	Señal sonora.
Sounding	Sonda.
South	Sur.
Speed	Velocidad.
Speed trial	Prueba de velocidad.
Spurling gate	Gatera, bocina de caja de cadenas.
Stability	Estabilidad.
Stabilizer fin	Aleta estabilizadora
Starboard	Estribor.
Starboard side	Costado de estribor.
Steam (to)	Navegar.
Stem	Roda
Stern	Popa.
Stern fins	Aletas de popa
Stern thrust	Impulsor de popa.
Straight	Derecho, recto.
Superstructure	Superestructura.
Swing (to) (swung)	Bornear, caer, girar.
T- foils	Aletas de proa
Thrust shaft	Eje de empuje.
Track	Derrota.
Transverse thrust	Empuje lateral.
Trim	Asiento
True bearing	Demora verdadera.
Tube	Bocina.
Turning circle	Círculo de evolución.
Twin propellers	Hélices gemelas.
Underwater	Submarino, inmerso, bajo el agua.
Upper deck	Cubierta superior.
Vessel	Buque, barco.
Voyage	Viaje por mar, travesía, viaje redondo.
Waterline	Línea de flotación.
Wave	Ola, onda.
Weather deck	Cubierta superior.
Wet deckness	Sección de cubierta mojada
Windward	Barlovento.
Yaw	Guiñada.
Yaw (to)	Dar guiñadas.
Zenith	Cenit.

## 3.2 ORDENACIÓN ALFABÉTICA ESPAÑOLA

A popa, a popa de.	Abaft
A proa, hacia proa.	Forward
Aguas confinadas.	Narrow waters
Aguas poco profundas.	Shallow waters
Aguja giroscópica.	Gyro-compass
Aguja magnética.	Magnetic compass
Aguja repetidora.	Gyro repeater
Aleta estabilizadora	Stabilizer fin / Fin
Aleta.	Quarter
Aletas de popa	Flaps / Stern fins
Aletas de proa	Bow fins
Aletas de proa	Front foils / T- foils
Amura.	Bow
Antena del radar.	Radar scanner
Aparato de navegación Decca.	Decca Navigator
Arfada	Heave
Azimut.	Azimuth
Babor (timón).	Left (USA)
Babor.	Port
Babor.	Port hand
Balanceo	Rolling
Baliza.	Beacon
Barlovento.	Windward
Bocina.	Tube
Bodega.	Hold
Bornear, caer, girar.	Swing (to) (swung)
Bulbo.	Bulb
Buque, barco.	Ship
Buque, barco.	Vessel
Cabecear, dar cabezadas.	Pitch (to)
Calado.	Draft (draught)
Calado.	Draught (draft)
Caña del timón.	Helm
Casco.	Hull
Castillo de proa	Forecastle
Cenit.	Zenith
Centro de flotación.	Centre of buoyancy
Centro de giro.	Pivoting point
Centro de gravedad.	Centre of gravity
Centro del área de flotación.	Centre of floatation
Círculo de evolución.	Turning circle
Círculo máximo.	Great circle
Compás, aguja.	Compass
Corredera.	Log
Corriente.	Current
Costado de babor.	Port side
Costado de estribor.	Starboard side

## CRIBAV

### CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

Costado.	Side
Cuaderna maestra.	Main frame
Cuaderna radial.	Cant frame
Cuaderna.	Frame
Cubierta principal.	Main deck
Cubierta superior.	Upper deck
Cubierta superior.	Weather deck
Cubierta.	Deck
Dar balances, bandazos; balancear.	Roll (to)
Dar guiñadas.	Yaw (to)
Declinación.	Declination
Demora	Bearing
Demora de aguja.	Compass bearing
Demora magnética.	Magnetic bearing
Demora verdadera.	True bearing
Derecho, recto.	Straight
Deriva.	Drift
Derivar.	Drift (to)
Derrota.	Track
Derrotero.	Sailing Directions
Desplazamiento.	Displacement
Desvío.	Deviation
Distancia entre cuadernas.	Frame spacing
Ecosonda, sonda acústica.	Fathometer
Eje de empuje.	Thrust shaft
Eje de la hélice.	Propeller shaft
Eje longitudinal	Centreline
Eje transversal	Midships
Eje.	Shaft
Empuje lateral.	Transverse thrust
Entrepunte.	Betweendeck
Equipo de radionavegación.	Radio navigation equipment
Escora.	Heel
Escora.	List
Escorar.	Heel (to)
Escorar.	List (to)
Eslora entre perpendiculares	Lengthbetween perpendiculars
Eslora total	Length overall
Eslora.	Length
Estabilidad inicial.	Initial stability
Estabilidad.	Stability
Estribor (timón).	Right (USA)
Estribor.	Starboard
Flotabilidad.	Buoyancy
Fondo.	Bottom
Franco bordo	Freeboard
Freno.	Brake
Fuerza de arrastre	Drag
Gatera, bocina de caja de cadenas.	Spurling gate
Grado.	Degree

## CRIBAV

### CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

Guiñada.	Yaw
Hélice de paso variable.	Controllable pitch propeller
Hélice paso variable.	Adjustable pitch propeller
Hélice.	Propeller
Hélice.	Screw
Hélices gemelas.	Twin propellers
Horizonte.	Horizon
Impulsor de popa.	Stern thrust
Impulsor de proa.	Bow thrust.
Latitud.	Latitude
Línea de flotación	Flotation line
Línea de flotación.	Waterline
Mamparo.	Bulkhead
Manga.	Beam (breadth)
Manga.	Breadth (beam)
Maniobrabilidad.	Manoeuvrability
Marcación.	Relative bearing
Milla.	Mile
Navegación inercial.	Inertial navigation
Navegación, transporte.	Shipping
Navegación.	Navigation
Navegar.	Navigate (to)
Navegar.	Steam (to)
Nudo (milla por hora).	Knot
Observación celeste.	Observation
Ola, onda.	Wave
Pala de la hélice.	Blade
Pantalla del radar.	P.P.I. (Position Plotting Indicator)
Pantocazo	Pounding / Slamming
Parada de emergencia.	Crash stop
Paralelo de latitud.	Parallel of latitude
Paso de la hélice.	Pitch
Peso muerto, tonelaje de peso muerto.	DWT (Dead weight tonnage)
Pie de roda.	Forefoot
Popa.	Stern
Por la proa, avante.	Ahead
Proa	Head
Profundidad, sonda.	Depth
Prueba de velocidad.	Speed trial
Puente de navegación.	Flying bridge
Puente de navegación.	Navigating (navigation) bridge
Puente.	Bridge
Puntal	Depth
Quilla de balance.	Bilge keel
Quilla plana.	Flat keel
Quilla vertical.	Centre girder
Quilla.	Keel
Radar.	Radar
Radiobaliza.	Radiobeacon
Radiofaro de recalada, radiobaliza direccional.	Homing beacon

## CRIBAV

CONTROL ROBUSTO E INTELIGENTE DE BUQUES DE ALTA VELOCIDAD

Roda	Stem
Rosa (aguja).	Compass card
Rumbo loxodrómico.	Rhumb line
Rumbo.	Course
Ruta, travesía.	Route
Sala de máquinas.	Engine room
Sección de cubierta mojada	Wet deckness
Sección de popa, extremo de popa.	After
Sección de proa, extremo de proa.	Fore end
Señal sonora.	Sound signal
Sistema de navegación Omega.	Omega navigator
Sistema sonar.	Sonar system
Situación astronómica.	Observed position
Situación.	Position
Sobrequilla.	Rider plate
Sonda.	Sounding
Submarino, inmerso, bajo el agua.	Underwater
Superestructura.	Superstructure
Sur.	South
Timón.	Rudder
Trayectoria.	Path
Trimado	Trim
Una sola hélice.	Single propeller
Velocidad.	Speed
Viaje por mar, travesía, viaje redondo.	Voyage

## 4 TABLA DE CONVERSION

*Tabla 2*

Unidades	Sistema Inglés	Sistema Métrico
1 MILLA (mile)	2.000 yardas	1.852 metros
1 YARDA (yard)	3 pies	0.9144 metros
1 PIE (foot)	12 " (pulgadas)	0.3048 metros
1 PULGADA (inch)		2.54 cms
1 NUDO (knot)	1 milla / hora	1.852 km/h (0.515 m/seg)
1 CABLE (cable)	1/10 milla	185.2 m

### 4.1 VALORES NUMÉRICOS

Densidad del agua dulce	1.0 toneladas/metro <sup>3</sup>
Densidad del agua de mar	1.025 toneladas/metro <sup>3</sup>
Densidad del aire a 15°C	0.001225 toneladas/metro <sup>3</sup>
Viscosidad del agua dulce a 15°C	1.14 x10 <sup>-6</sup> kN segundos/metro <sup>2</sup>
Viscosidad del aire a 20°C	1.808 x10 <sup>-8</sup> kN segundos/metro <sup>2</sup>

## 5 FACTORES DE ESCALA

En la tabla 3 se presenta una lista de factores de conversión de escala para pruebas con modelos

$l_m$  Longitud del modelo a escala  
 $l_s$  Longitud del buque  
 R Razón entre las longitudes del buque y del modelo

$$R = \frac{l_s}{l_m}$$

Tabla 3

Cantidades	Ejemplos	Valores del modelo por
Masa	Masa del buque	$l_m / (l_s R^3)$
Longitud	Longitud del buque; todas las dimensiones; desplazamientos; amplitudes y longitudes de olas	1/R
Tiempo	Periodos de olas; intervalos entre sucesos	$1/\sqrt{R}$
Velocidad	Velocidad del buque; velocidades de cabeceo, balance y desplazamiento vertical;	$1/\sqrt{R}$
Aceleración	Aceleraciones de cabeceo, balance y desplazamiento vertical; aceleración debida a la gravedad	1
Angulo	Angulos de "roll", "yaw" y "picht"; rumbo; estabilizadores y timón; fases	1
Velocidad angular	Velocidades de "roll", "yaw" y "picht"; rumbo; estabilizadores y timón.	$\sqrt{R}$
Aceleración angular	Aceleraciones de "roll", "yaw" y "picht"; rumbo; estabilizadores y timón	R
Frecuencia	Frecuencia de olas; frecuencia de sucesos; rpm propulsor	$\sqrt{R}$
Fuerza	Fuerza de excitación; tensión; peso; empuje	$l_m / (l_s R^3)$
Momento	Momentos hidrodinámicos	$l_m / (l_s R^4)$

## 6 CÓDIGO METEOROLÓGICO INTERNACIONAL

A continuación, se presentan las escalas de viento de Beaufort y del estado de la mar de Douglas.

### 6.1 ESCALA DE VIENTO DE BEAUFORT

En la tabla 4 se presenta la escala Beaufort de la fuerza del viento. Se han incluido las columnas de las alturas probable y máxima probable de las olas como una guía, para mostrar aproximadamente el estado esperado en mar abierto y alejado de la costa.

*Tabla 4*

BEAUFORT'S WIND SCALE (Escala de viento de Beaufort)					
Escala	Velocidad del viento (Nudos)	Descriptive Term	Descripción	Altura probable de las olas (m.)	Altura máxima probable de las olas (m.)
0	< 1	Calm	Calma	0	0
1	1-3	Light air	Ventolina	0	0,1
2	4-6	Light breeze	Flojito	0,1	0,3
3	7-10	Gentle breeze	Flojo	0,4	1,0
4	11-16	Moderate breeze	Bonancible	1,0	1,5
5	17-21	Fresh breeze	Fresquito	2,0	2,5
6	22-27	Strong breeze	Fresco	3,0	4,0
7	28-33	Moderate gale (Near gale)	Frescachón	4,0	5,5
8	34-40	Fresh gale (Gale)	Temporal	5,5	7,5
9	41-47	Strong gale	Temporal fuerte	7,0	10,0
10	48-55	Whole gale	Temporal duro	9,0	12,5
11	56-63	Storm	Temporal muy duro	11,5	16,0
12	≥ 64	Hurricane	Huracán	≥ 14	-

## 6.2 ESCALA DOUGLAS DEL ESTADO DE LA MAR

En la tabla 5 se presenta la escala Douglas que es la que se utiliza habitualmente para definir el estado de la mar.

*Tabla 5*

DOUGLAS SEA SCALE (Escala Douglas de estado de la mar)			
Escala	Altura observada de las olas (m.)	Description of sea	Descripción del estado de la mar
0	0	Calm (glassy)	Calma (llana)
1	0-0,1	Calm (rippled)	Calma (rizada)
2	0,1-0,5	Smooth (wavelets)	Rizada (olas pequeñas)
3	0,5-1,25	Slight	Marejadilla
4	1,25-2,5	Moderate	Marejada
5	2,5-4,0	Rough	Fuerte marejada
6	4,0-6,0	Very rough	Gruesa
7	6,0-9,0	High	Muy gruesa
8	9,0-14,0	Very high°	Arbolada
9	> 14	Phenomenal	Enorme

## **7 BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Fossen, T. I. *Guidance and Control of Ocean Vehicles*. John Wiley & Sons, 1994
- [2] GARTEUR Action Group FM(AG08). *Open Communication Handbook, GARTEUR/TP-088-5*, March 1996.
- [3] Lewis, F. M. Motions in Waves and Controllability. *Principles of Naval Architecture (Vol. III)*, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1989.
- [4] Lloyd, A.R.J.M. *Seakeeping: Ship behaviour in rough weather*. John Wiley & Sons, 1989