Determinación de los Parámetros de Productividad en los Procesos de Carenamiento en un Varadero Mediano

Barberán Nazareno, José L.
Astilleros Navales Ecuatorianos
Supervisor de Varadero
Cañar y Vivero, Guayaquil, Ecuador.
jlbarberan@gmail.com
593 4 449657 / Fax: 593 4 2 443333

Marín López, José R.
Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar,
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Profesor
Km. 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador
jrmarin@espol.edu.ec
593 4 2269462 / Fax: 593 4 850663

RESUMEN

Se determinaron Parámetros de Productividad en los trabajos de mantenimiento de 16 embarcaciones en el varadero de ASTINAVE, en Guayaquil, Ecuador, en el periodo Abril 08 hasta Enero 2009. Se describen, definen las unidades para su evaluación y se clasifican los procesos típicos que se desarrollan para el mantenimiento de buques. Con los tiempos (hombres-hora) registrados se calcularon los valores medios, desviaciones estándar y Coeficiente de Variación de los parámetros de cada proceso. Los valores medios resultantes son: Cambio de planchaje 0.220 H-H/kg, Limpieza del Casco 0.435 H-H/m^2-máq, Pintado 0.027 H-H/m^2-máq, Protección catódica 0.116 H-H/Kg, Medición de espesores 0.030 H-H/prueba, Sistema de Propulsión 130.92 H-H/línea, Sistema de Gobierno 54.89 H-H/línea, Varada/Desvarada 43.97 H-H/maniobra, Válvulas de Fondo 15.83 H-H/#válv, y, Tanques de combustible 0.0093 H-H/gal.

De acuerdo con el Coeficiente de Desviación, se agruparon los procesos como de Alta desviación (>20%): Limpieza de casco, Protección catódica, Sistema de propulsión, y Sistema de gobierno; procesos de Desviación Intermedia (12-20%): Medición de espesores, Varada/desvarada, y Tanques de combustible. En el grupo de Baja desviación (<12%) se incluyen: Cambio de planchaje, Pintado, y Válvulas de fondo. Los valores medios de los procesos con Baja Desviación pueden ser utilizados para efectos de planificación y control.

SUMMARY

Productivity parameters were determined in maintenance work of 16 ships in the slipways of ASTINAVE, at Guayaquil, Ecuador, in the period between April 2008 until January 2009. Typical processes applied during ship maintenance, its units to be evaluated and a classification is presented. With the registered time (man-hour), mean values, standard deviations and variation coefficients were calculated for each process. Mean value results were: Plating replacement 0.220 H-H/kg, Hull cleaning 0.435 H-H/m^2-maq, Painting 0.027 H-H/m^2-máq, Cathodic protection 0.116 H-H/Kg, Thickness measurement 0.030 H-H/test, Propulsion system 130.92 H-H/line, Steering system 54.89 H-H/line, Dockage/undockage 43.97 H-H/maneuver, Sea Valves 15.83 H-H/#valv, and, Fuel tank cleaning 0.0093 H-H/gal.

According to the variation coefficient, the processes were grouped as High deviation (>20%): Hull cleaning, Cathodic protection, Propulsion system, and Steering system; processes with Intermediate deviation (12-20%): Thickness measurement, Dockage/undockage, and Fuel tank cleaning. With Low deviation (<12%) were: Plating replacement, Painting, and Sea valves. It is considered that mean values of the processes with Low deviation may be used for planning and control purposes.

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PRODUCTIVIDAD EN LOS PROCESOS DE CARENAMIENTO EN UN VARADERO MEDIANO

1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Los periodos entre carenamiento de cada embarcación son establecidos generalmente por las Sociedades de Clasificación, Autoridad Marítima, ó, Empresas de Seguros, para ello el armador debe coordinar las entradas en el varadero conforme a las disponibilidades de ambos. El armador desea que los períodos de carenamiento sean cortos para cumplir con sus compromisos, y para reducir costos, mientras que el varadero no tiene área para recibir todos los buques que lo requieren. Estas limitaciones de tiempo y espacio obligan a que el varadero tenga un control efectivo de las actividades programadas para el cumplimiento de lo planificado.

La determinación de los parámetros para cada actividad que se desarrolla durante el carenamiento de un buque, únicamente se la puede realizar en el área de trabajo, en forma específica. Además, cada una de dichas actividades se evalúa en diferente forma.

Este trabajo permitirá disponer de información real sobre la metodología que se sigue en los procesos de carenamiento de buques en un varadero local, además también permitirá disponer de los parámetros de productividad, que permita comparar con procesos y parámetros de productividad en otros varaderos. Tal como dice un proverbio norteamericano, “lo que no se puede medir, no se puede evaluar, lo que no se puede evaluar no se puede controlar y lo que no se puede controlar no se puede mejorar”.

En el varadero de ASTINAVE, se puede dar mantenimiento simultáneamente hasta ocho buques de los cuales cuatro pueden estar bajo techo. El varadero cuenta con una plataforma de varamiento de 35 metros de longitud, 10 de ancho, un área de transferencia de 4000 m^2, un winche con capacidad de halado de 700 toneladas, seis carros para transferencia, y, cinco carros para varar en extensiones. Además se dispone de dos máquinas semiautomáticas para pintar, un compresor estacionario eléctrico, cinco máquinas para arenado (“*sandblasting*”), un compresor portátil, dos montacargas, una grúa telescópica de dos toneladas, entre otras facilidades.

Clasificación de los Procesos de Carenamiento.- En este trabajo, los procesos de carenamiento, cuya descripción se presenta en el apéndice, se los ha agrupado en tres áreas y se han establecido las unidades de medición, de la siguiente manera:

Cuadro 1.- Clasificación de los Procesos, Equipos y Unidades

	ÁREA		PROCESO	MAQUINARIA	PARAMETROS	OBSERVACIONES
1	Procesos referentes al casco	1	Cambio de planchaje	Equipos de oxicorte, máquinas para soldar, tecles, camarones, grúa	H*H/Kg	Espesores 4 -12 mm
		2	Limpieza	Compresor, máquina para sandblasting, escafandra	H*H/m^2	Obra Viva
		3	Pintado	Compresor, máquinas para pintar, y herramientas de medición	H*H/m^2-Capa-Máq.	Obra Viva
		4	Protección Catódica	Equipo de oxicorte, máquinas para soldar, tecles, grúa	H*H/Kg	Ánodos hasta 10 Kg
		5	Medición de Espesores	Equipo de audio gage y picasal	H*H/Prueba	Exterior del casco
2	Procesos referentes a maniobras	1	Sistema de propulsión	Grúa, tecles, camarones, masa, llaves de golpe, montacargas, calibrador, micrómetro, extractor de mergollar, gatas hidráulicas, estrobos	H*H/Línea	No incluye reparación
		2	Sistema de gobierno	Grúa, tecles, camarones, masa, llaves de golpe, montacargas, calibrador, micrómetro, extractor de mergollar, gatas hidráulicas, estrobos	H*H/Línea	No incluye reparación
		3	Varada y desvarada	Montacargas, grúa, carros para varar, winche, plataforma de varamiento, aparejos, tiras, molinetes, templadores, puntales , tablas, tucos de madera	H*H/Maniobra	Buques hasta 400 ton
3	Procesos referentes interiores del casco	1	Válvulas de fondo	Llaves inglesa, francesa, de tubo, compresor, circuito de prueba de válvulas	H*H/Válv	Válv. hasta 127 mm
		2	Limpieza de tanques Comb	Wippe, liencillo, liquido para desgasificar, recipientes para desalojo de residuos	H*H/Gal	Desalojo de residuos

Limitaciones de los Equipos, [2] y [3].- A continuación se presentan, las características y las limitaciones de los equipos utilizados en los diferentes procesos.

Equipo para Cambio de Planchaje (Grupo 1/1).- Consiste de cilindros para oxígeno y acetileno, de 10 m^3 y 9 Kg, respectivamente, reguladores de presión, sopletes para corte, máquinas para soldar, con ciclo de servicio 60%. Una de las limitaciones es la pérdida de tiempo, cuando se descargan los cilindros de oxígeno y acetileno.

Equipo para Limpieza ("sandblasting") (Grupo 1/2).- Consiste de 5 cajones para arena de 1 m^3 c/u, y, 5 máquinas para sandblasting, de 3 $pies^3$ de capacidad c/u. El equipo recibe aire comprimido a 125 psig. La limitación es que cada máquina tiene que tener un compresor, de manera que cuando se opera con dos máquinas de arenado ("*sandblasting*"), debe instalarse en forma provisional uno portátil.

Equipo para Pintar (Grupo 1/3).- El equipo para pintar consiste de una máquina para pintar con salida por ciclo de 180 cc. El equipo recibe aire comprimido de un compresor estacionario eléctrico de 125 psig. En la pistola de pintado se instala una boquilla ("*spray*"), descargando con el modelo más comúnmente usado, 3.5-4 litros/min cuando opera con una presión de 3800 psi.

Equipo para Protección Catódica (Grupo 1/4).- Los equipos para protección catódica son los mismos, que para cambio de planchaje.

Equipo para Medición de Espesores ("*Audio Gage*") (Grupo 1/5).- El equipo medidor de espesores (Ultrasonido), tiene un palpador de cristal simple, y es capaz de medir espesores sobre la pintura; no necesita ser calibrado para medir espesores cuando se cambia de material. La principal desventaja, consiste en que la línea de retardo se daña cuando trabaja sobre superficies rugosas.

Equipo para Sistema de Propulsión (Grupo 2/1).- Está compuesto por tecles y camarones de hasta 2 toneladas, una grúa con capacidad máxima de 2 toneladas, montacargas, extractores de mergollar y herramientas para medición de claros. La limitación principal de los equipos consiste en que parte del proceso es mediante fuerza manual y la grúa puede extender la pluma ("boom") una distancia máxima de 6 m.

Equipo para Sistema de Gobierno (Grupo 2/2).- Está compuesto por tecles y camarones de hasta 2 toneladas, una grúa con capacidad máxima de 2 toneladas, montacargas, extractores de mergollar, y, herramientas para medición de claros. La limitación principal de los equipos consiste en que parte del proceso usa fuerza manual.

Equipo para Varada y Desvarada (Grupo 2/3).- El equipo para varar y desvarar los buques consiste de un motor de 200 HP de potencia. El winche es de la marca Buckan, el tambor para recoger el cable, tiene 1.6 metros de longitud, y un diámetro de 2.04. La plataforma de varamiento tiene una longitud de 35 metros, ancho de 10. Los carros sobre los cuales se varan los buques son 4, y, se dispone de 2 carros con brazos hidráulicos. Para incrementar el calado disponible se pueden instalar extensiones a continuación de la plataforma. La principal limitación de este equipo es el calado sobre la plataforma, lo que depende del nivel de agua de las mareas. Otra limitación es la capacidad del winche para halar el peso combinado de la plataforma y el buque.

Equipo para Válvulas de Fondo (Grupo 3/1).- El equipo consiste en llaves inglesas, francesas, y, compresor de hasta 150 psi. La principal limitación de los equipos es que los trabajos dependen mucho de la destreza del obrero.

Equipo para Tanque de Combustible (Grupo 3/2).- El equipo para desalojo, limpieza y desgasificación de tanques de combustible consiste en baldes, raquetas o podones. La principal limitación es que los trabajos dependen del tamaño y la configuración del tanque.

2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PRODUCTIVIDAD

Registro de Datos.- A continuación se presenta un resumen de las características principales de las embarcaciones analizadas. Se trata de embarcaciones con esloras entre 20 y 45 metros, y con calados ligeros entre 1.2 y 2.8 metros.

Cuadro 2.- Características principales de las embarcaciones analizadas, [1]

	CARACTERISTICAS PRINCIPALES							
#	**Embarcación**	**Eslora [m]**	**Manga [m]**	**Calado [m]**	**Fecha Ingreso**	**Fecha Salida**	**Tipo**	**Forma Varada**
1	**LG 23,4**	23.40	4.10	1.50	7 Julio/08	04 Agosto/08	Militar	Carros
2	**Catam 26,8**	26.80	10.80	1.52	19 Sept/2008	26 Sept./08	Civil	Plataforma
3	**Gabarra 37,5**	37.50	9.20	1.00	26 Junio/08	17 Sept./08	Civil	Carros
4	**LM 44,9**	44.90	7.00	1.95	7 Julio/08	1 Octubre/08	Militar	Carros
5	**LG 36**	36.19	5.80	1.60	09 Julio/2008	30 Julio/08	Militar	Carros
6	**Yate 24,5**	24.50	7.30	2.30	17 Sept./08	1 Octubre/08	Civil	Carros
7	**Tanq 86**	86.00	13.00	5.00			Civil	
8	**Rem 24,4**	24.40	7.10	2.59	6 Agosto/08	13 Agosto/08	Armada	Plataforma
9	**Yate 32,93**	32.93	6.30	2.44	9 Sept./08	15 Sept./08	Civil	Extensión
10	**LG 32**	32.00	6.86	1.88	15 Octubre/08	29 Octubre/08	Militar	Carros
11	**Yate 37,89**	37.89	6.92	1.85	18 Sept./2008	30 Nov./08	Civil	Carros
12	**Tanq 40,24**	40.24	7.62	2.45	14 Nov./2008	17 Nov./08	Armada	Plataforma
13	**Barcaza 28,45**	28.45	9.15	1.25	01 Abril/2008	26 Junio/08	Armada	Carros
14	**Yate 29,90**	29.90	6.60	1.98	27 Nov./2008	28 Nov./08	Civil	Extensión
15	**Yate 26,00**	26.00	5.96	1.80	14 Enero/2009	24 Enero/09	Civil	Carros
16	**Rem 21,95**	21.95	6.33	2.79	25 Enero/2009	27 Enero/09	Armada	Plataforma

Las embarcaciones clasificadas como *Armada* corresponden a las de que no son de uso bélico. Debe anotarse que el buque # 7 (Tanq 86) no fue varado, sino que se acoderó al los muelles y a flote se realizaron trabajos de cambio de planchaje.

Resumen de Datos.- El cuadro 3 presenta un resumen de los parámetros de productividad registrados, en el que se incluye también los valores promedio, μ, las desviaciones estándar, σ, y el Coeficiente de Variación en porcentaje de cada parámetro, definido como, [7]:

$$C_V = \frac{\overline{X}}{\sigma} 100, [\%] \qquad (1)$$

Los valores reportados corresponden a los procesos efectuados en diferentes buques, en el período de Abril/2008 a Enero/2009. En el apéndice se presentan los valores de los parámetros para cada una de las embarcaciones analizadas, [4].

Cuadro 3.- Parámetros de Productividad calculados, [1]

		CASCO					MANIOBRAS			INTERIORES DEL CASCO	
		CAMBIO DE PLANCH.	LIMPIEZA	PINTADO	PROTEC. CATÓD.	MEDIC. ESPESORES	SIST. DE PROP.	SIST DE GOB.	VARADA Y DESV.	VALV. DE FONDO	LIMPIEZA TK DE COMB.
#	BUQUE	[H*H/Kg]	H*H/m^2-maq	H*H/m^2-maq-capa	H*H/Kg	H*H/prueba	H*H/linea	H*H/linea	H*H/maniobra	H*H/Valv	H*H/gal
1	LG 23,4	0.200	0.286	0.032	0.100	0.025	152.00	72.00	48.00	16.00	0.0080
2	Catam 26,8			0.030	0.071		130.00	60.00	48.00		
3	Gabarra 37,5	0.214	0.500	0.026	0.135	0.030	140.00	56.00	50.00	17.50	0.0080
4	LM 44,9	0.259			0.110	0.035	204.00		55.00	16.57	0.0090
5	LG 36		0.474	0.030	0.100	0.025	192.00		40.00	17.50	0.0084
6	Yate 24,5	0.243		0.027	0.150	0.030	130.00	62.00	50.00	17.20	0.0087
7	Tanq 86	0.222	0.258								
8	Rem 24,4	0.236	0.444	0.028	0.109	0.038	35.00	68.00	51.50	15.00	0.0090
9	Yate 32,93		0.429	0.027	0.157	0.031	105.00	40.00	54.00		
10	LG 32	0.212	0.482	0.021	0.074	0.030		36.00	35.00		
11	Barcaza 28,45	0.269	0.540	0.024	0.145	0.035	150.00	40.00	35.50	16.66	0.0133
12	Yate 37,89	0.265	0.500	0.027	0.128	0.025	120.00		38.50	12.00	0.0100
13	Tanq 40,24						148.00	60.00	32.00		
14	Yate 29,90						65.00		49.00		
15	Yate 26			0.027		0.028			26.50	14.00	
16	Rem 21,95	0.075							46.50		
	Promedio	**0.220**	**0.435**	**0.027**	**0.116**	**0.030**	**130.92**	**54.89**	**43.97**	**15.83**	**0.0093**
	Desv. Estand.	**0.0560**	**0.0980**	**0.0030**	**0.0292**	**0.0043**	**47.28**	**13.08**	**8.71**	**1.85**	**0.0017**
	Coef. Variac.	**25.5**	**22.5**	**11.1**	**25.1**	**14.4**	**36.1**	**23.8**	**19.8**	**11.7**	**18.7**

Debe comentarse que en el caso de la embarcación 16, Rem 21.95, para los trabajos cambios de planchaje se utilizó el proceso de superposición, por lo que el tiempo de trabajo se redujo considerablemente. En el caso de la embarcación 8, Rem 24.4, los trabajos realizados en el sistema de propulsión incluyeron únicamente el desmontaje/montaje de la hélice. Y en el caso de la embarcación 14, Yate 29.90, por urgencia del armador se tuvo que trabajar en forma continua por 24 horas, reduciéndose los tiempos muertos por reinicio de labores.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La utilidad, para propósitos de Planificación y Control, de los parámetros de Productividad de los procesos de carenamiento depende de la baja variación de los valores reportados. En función de los coeficientes de Variación obtenidos, en este trabajo se clasificó los procesos como de Alta (C_V>20%), Intermedia (12-20%) y Baja (<12%), con los resultados que se presentan en el cuadro 4.

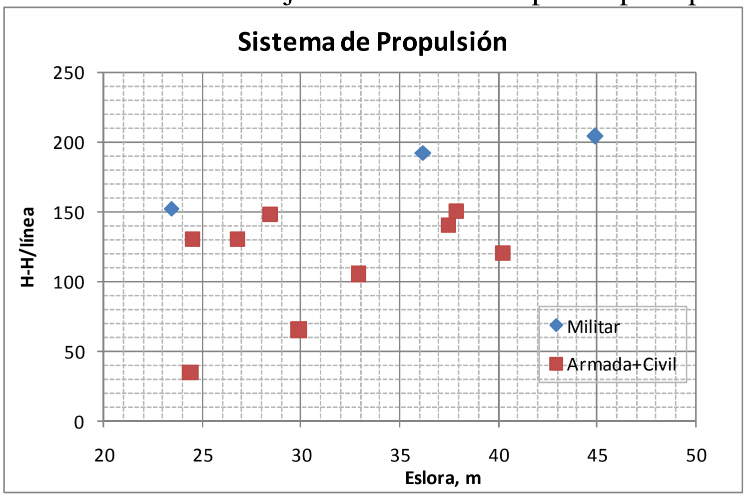
De acuerdo con los resultados obtenidos, el proceso con la más alta Variación son los trabajos en el Sistema de Propulsión. En esta variabilidad incide la diferencia de tamaño en el sistema que lleva a tener que manipular pesos diferentes; así mismo, las embarcaciones de guerra por su diseño son construidas con espacios reducidos en el fondo de las mismas, haciendo difícil el acceso a estas zonas e incrementando los tiempos requeridos para los trabajos. En el punto anterior también se mencionó que dos de la embarcaciones exigieron trabajos poco comunes (8 y 14), y si no se las incluye en el cálculo, el coeficiente de Variación se reduce al 20.8%, siendo el valor Medio de 147.10 H-H/línea.

Cuadro 4.- Clasificación según el Coeficiente de Variación

	Proceso	Coeficiente de Variación	Parámetro de Productividad	Desviación Estándar
Variación Alta	Cambio Planchaje	25.5	0.22	0.056
	Limpieza Casco	22.5	0.43	0.098
	Protección Catódica	25.1	0.12	0.029
	Sistema de Propulsión	36.1	130.9	47.3
	Sistema de Gobierno	23.8	54.9	13.1
Variación Intermedia	Medición de Espesores	14.4	0.030	0.0043
	Varada/Desvarada	19.8	44.0	8.7
	Limpieza Tk Combustible	18.7	0.0093	0.0017
Variación Baja	Pintado	11.1	0.027	0.0030
	Válvulas de Fondo	11.7	15.8	1.9

En la figura 1 se graficó el parámetro de Productividad de los trabajos de Sistema de Propulsión versus la Eslora del buque, separando las embarcaciones militares de las civiles, que incluyen las de la Armada pero de uso no bélico. Se nota primero que las embarcaciones militares tienen mayores tiempos que las de uso civil, y en ambos casos se puede establecer que la línea de tendencia tiene una pendiente positiva; esto a su vez es razonable dado que con la eslora se incrementan los tamaños de los elementos del sistema propulsor, y con ellos, el peso de los mismos y el tiempo para manipularlos.

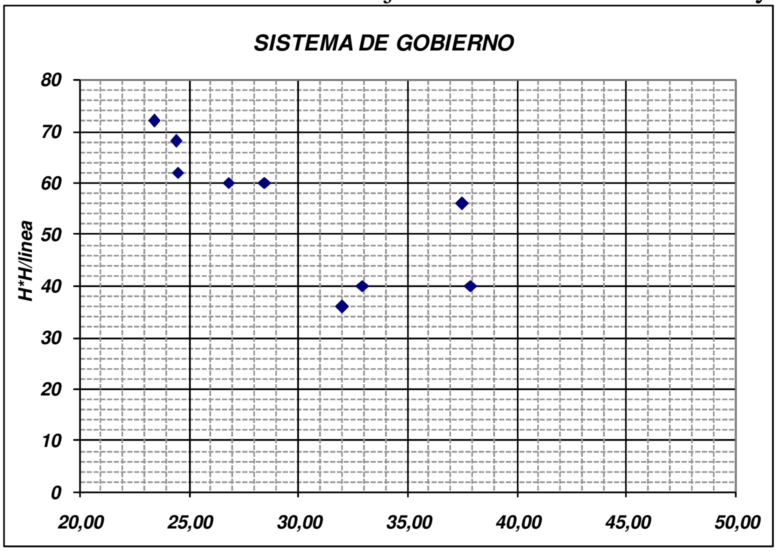
Figura 1.- Productividad de los trabajos del Sistema Propulsor por tipo de embarcación



El parámetro de Productividad de los trabajos en el sistema de Gobierno también muestra alta variación, sin embargo al graficarlos versus la eslora no se encontró el tipo de relación que se esperaba, como se nota en la figura 2. Parece que en la alta variación de este parámetro incide principalmente los diferentes tipos de construcción: con ó sin tintero, el tipo de soporte superior, descanso ó rulimán, y, la forma de dispositivo de estanqueidad, con mergollar ó con retenedor.

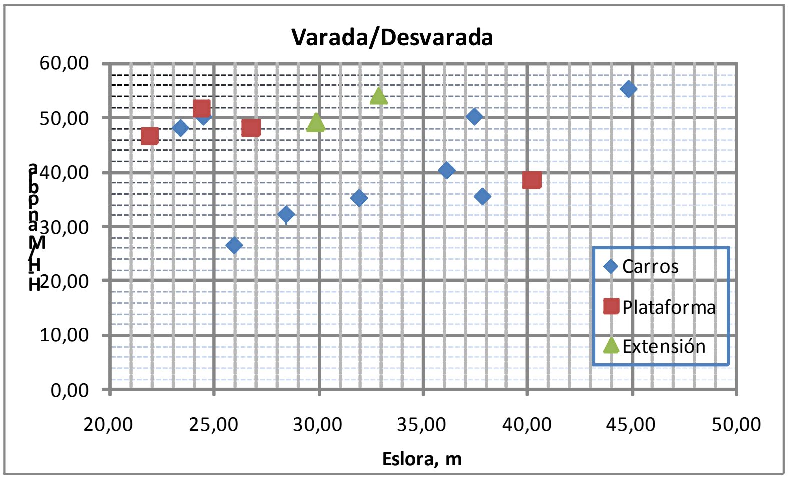
Otro parámetro que tiene alta variación es el de limpieza del casco, en lo cual incide la diferencia en la adhesión de la pintura a retirar. Así mismo, en la alta variación de los trabajos de cambio de ánodos de protección catódica, incide el que algunos buques se instalan usando pernos y en otros están soldados, y entre estos algunos tienen dos patas, mientras que otros tienen cuatro.

Figura 2.- Productividad de los trabajos del Sistema de Gobierno y Eslora



Finalmente en la Figura 3 se presentan los tiempos de Varada/Desvarada versus la eslora de la embarcación, separados en las tres formas posibles: utilizando los carros, directamente sobre la plataforma, y, sobre una extensión a la plataforma. Aun cuando la cantidad de registros no permite una conclusión definitiva, se nota que este proceso es más eficiente cuando se usan los carros, y esto es justificable porque se cuenta con brazos hidráulicos que ayudan al proceso de asegurar el buque una vez que está en posición de varamiento. Así mismo, considerando únicamente los varamientos usando los carros, se nota una influencia bastante lineal de la eslora de la embarcación, lo cual es también razonable.

Figura 3.- Productividad de las diferentes formas de Varada/Desvarada



Desafortunadamente no se pudo encontrar reportes sobre Productividad de varaderos de características similares a los de ASTINAVE para efectos de comparación, de manera que se va a comentar sobre la relación de los valores registrados respecto de los reportados en el libro de Butler, [5]. Debe enfatizarse que los tiempos reportados en dicha referencia se refieren a trabajos desarrollados en dique seco, en los que se incluyen bloques ó picaderos de altura sobre un metro, lo que influye en los tiempos para ejecutar los trabajos de mantenimiento al tener necesidad de instalar andamios. En el caso de los trabajos para reemplazar los ánodos de Protección Catódica, se reportan valores entre 0.33 H-H/kg para ánodos de 3 kg, hasta 0.2, para los de 5; en el presente trabajo el valor promedio para dicho parámetro es de 0.12 H-H/kg, con una variación de 25.1%. En el caso de trabajos de acero ("Steel Works"), se observan valores de acuerdo al espesor de la plancha trabajada, por ejemplo, para planchas de hasta 6 mm, son 250 H-H/ton, y para 8 mm, 245; en este trabajo se registró que el valor promedio de los Cambios de Planchaje es de 0.22 H-H/kg (ó 220 H-H/ton), con una variación de 25.5%. Para el retiro de ejes de cola ("*tailshafts*") con diámetros por debajo de 150 mm, si es hacia el exterior, se reportan 90 H-H, mientras que si es hacia el interior, 140 H-H; en este trabajo se registró que el valor promedio de los trabajos del Sistema Propulsor es de 130.9 H-H/línea, con una variación de 36.1%.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se han registrado los tiempos para los trabajos de mantenimiento y a partir de ellos se han determinado los parámetros de productividad, en dieciséis buques carenados en el varadero de los Astilleros Navales Ecuatorianos, ASTINAVE, en Guayaquil, Ecuador, en el periodo comprendido entre los meses de Abril 2008 y Enero 2009. Las embarcaciones están en un rango entre 20 y 45 metros de eslora. Se puede mencionar, recordando que el número reducido de datos no permite lograr conclusiones definitivas, lo siguiente:

La clasificación propuesta en este trabajo ha considerado tres áreas de trabajos de mantenimiento de buques, que incluyen los siguientes procesos: relacionados con el casco (Cambio de planchaje, Limpieza, Pintado, Protección catódica, y Medición de espesores), relacionados con maniobras (Sistema de Propulsión, Sistema de Gobierno, y, Varada/Desvarada), y, relacionados con Interiores del casco (Válvulas de fondo y Tanques de Combustible). Así mismo, antes de proceder a calcular cada parámetro de productividad, fue necesario definir las unidades que se usarían para medir la productividad de cada proceso, y, definir las limitaciones que se incluían en cada proceso analizado. Se encontró que la clasificación empleada facilitó el registro y control de los procesos para la determinación final de los parámetros de productividad.

El análisis de los resultados presenta procesos con valores de desviaciones estándares que se los puede agrupar en tres categorías, véase el cuadro 4. Las desviaciones estándares consideradas como Altas, son aquellas cuyo coeficiente de variación es mayor al 20%; en este grupo se tiene a Sistema de Propulsión 36.1%, Cambio de Planchaje, 25.5%, Protección Catódica, 25.1%, Sistema de Gobierno 23.8%, y, Limpieza del Casco, 22.5%. Procesos con desviaciones estándares Intermedias cuyo coeficiente de desviación, se encuentra entre 12-20%; en este grupo se tiene: Varada /Desvarada con 19.8%, Limpieza de Tanques de Combustible, 18.7%, y, Medición de espesores 14.4%. Finalmente los procesos con desviaciones estándares Bajas son consideradas aquellas con un coeficiente de desviación menor al 12%, y se tiene: Válvulas de fondo 11.7%, y, Pintado, 11.1%.

Finalmente los procesos que tienen bajos valores de variación, tienen los siguientes valores medios y corresponden a: Pintado, 0.027 H-H/(m^2*capa*máq), y, Válvulas de fondo 15.8 H-H/válv. Dado que las variaciones son relativamente bajas, se piensa que estos valores pueden utilizarse para comparar con patrones de Productividad de otros varaderos, para control de procesos, y, eventualmente para efectos de Planificación.

Los autores se comprometen a mantener el registro de los tiempos para los procesos de mantenimiento en el varadero de ASTINAVE, para determinar en el futuro, los parámetros de Productividad con mayor confianza estadística.

Bibliografía

[1] ASTINAVE, Registro de Productividad en Buques. Guayaquil, 2008
[2] ASTINAVE CAR-C Documentos Sistema de Calidad PSC-ITSC. Guayaquil, 2008
[3] ASTINAVE Manuales de Mantenimiento de Equipos. Guayaquil, 2008
[4] BARBERÁN, J., Determinación de los Parámetros de Productividad en los Procesos de Carenamiento de Buques en el Varadero de ASTINAVE. Tesis de Grado de Ing. Naval, Fac. Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL, Guayaquil, Ecuador, 2008
[5] BUTLER, D., Guide to Ship Repair Estimates. Butterworth-Heinemann, 2000
[6] HEMPEL, Documentación Técnica: Preparación de Superficies de acero. Pinturas Marinas Hempel del Ecuador, 2008
[7] ZURITA, GAUDENCIO, Probabilidad y Estadística, Fundamentos y Aplicaciones. ICM-ESPOL, Guayaquil, Ecuador, 2008

APÉNDICES

A. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS DURANTE UN VARAMIENTO, [3]

Cambio de planchaje: Incluye el proceso desde Inspeccionar visualmente el planchaje del casco, y los estructurales, luego decidir las áreas donde se realizará cambio de planchaje, en base a la recomendación indicada en la toma de espesores, hasta Realizar prueba de estanqueidad (hidráulica o neumática) luego de trabajos de soldadura en el interior de tanques de combustible o agua.

Limpieza del casco (”sandblasting”=arenado): Incluye el proceso desde Limpiar el casco mediante rasqueteo para eliminar conchilla, hasta la verificación de los requerimientos para arenado grado SA 2 ½, comparando con patrones fotográficos.

Pintado de embarcaciones: Una vez que los representantes técnicos de la casa de pintura y del cliente verifican que la superficie tratada se encuentre de acuerdo al grado de limpieza requerida, [6], y autorizan el pintado, luego de verificar los parámetros de temperatura ambiente, humedad relativa y punto de rocío. Concluye al Lavar el equipo, incluido boquilla y pistola con diluyente, después de cada capa de pintura.

Protección Catódica: Empieza con el Desmontado de todas las placas de zinc mediante la utilización de los equipos de oxicorte, cuando están soldados o llaves cuando están empernados, hasta la instalación con soldadura ó pernos de las nuevas placas de zinc.

Medición de Espesores: Inicia coordinando con el representante del buque las áreas en donde se realizarán las mediciones de espesores, hasta elaborar el informe técnico de espesores con las recomendaciones sobre cambios de planchaje requeridos.

Sistema de Propulsión: Se inicia con el Retiro de defensas, guardacabos, y seguros en las líneas de propulsión, luego la Medición y Análisis de claros, hasta el Armado de defensas y seguros. No se incluyen trabajos de reparación de ejes ó hélices.

Sistema de Gobierno: Se inicia con el Retiro de topes y seguros, luego el Registro y Análisis de los claros medidos, hasta volver a Instalar clan del prensa.

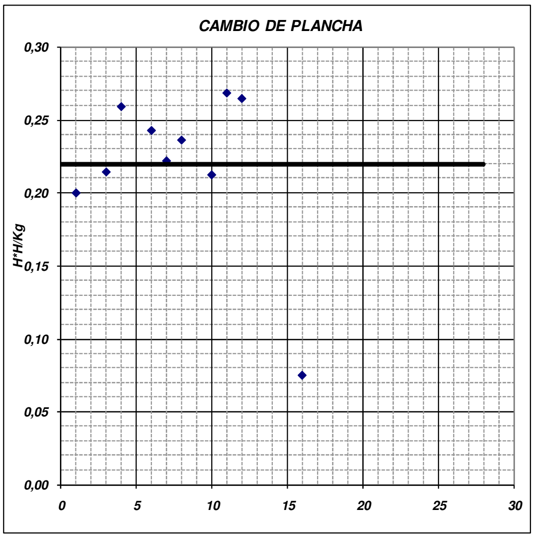
Varamiento de Embarcaciones: Inicia con la elaboración del plano de varamiento, luego la Confección de la cama de varamiento, de acuerdo a las características del proceso (sobre los carros de transferencia, plataforma, ó, con extensiones) hasta la Elevación de la embarcación hasta su posición final.

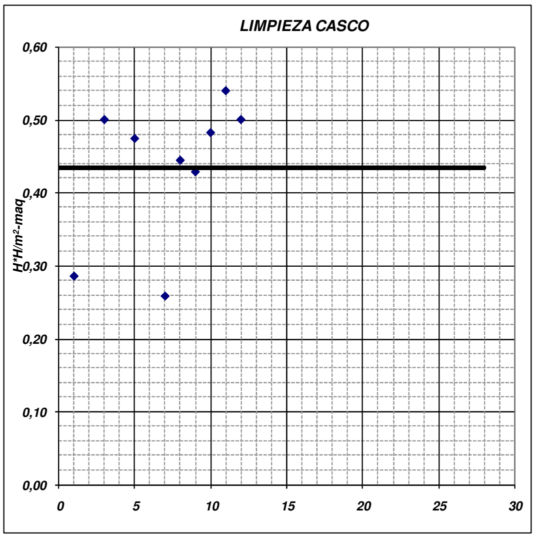
Desvarada de embarcaciones: Luego de Verificar que todos los trabajos en el casco, válvulas de fondo, propulsión y gobierno estén terminados, luego de revisar las válvulas de fondo, el casco, propulsión y gobierno, cuando la embarcación tenga suficiente nivel de agua para la parada técnica, hasta sacarla del canal del varadero.

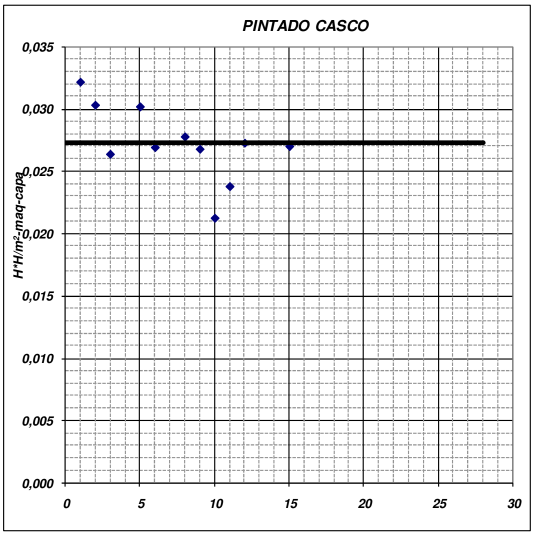
Válvulas de Fondo: Desde el Desarmado del castillo de la válvula, luego la Verificación del estado del vástago y del estado de la compuerta (para detectar picaduras ó rayaduras), verificación de la estanqueidad de la válvula, mediante prueba hidrostática, hasta la instalación en su posición original.

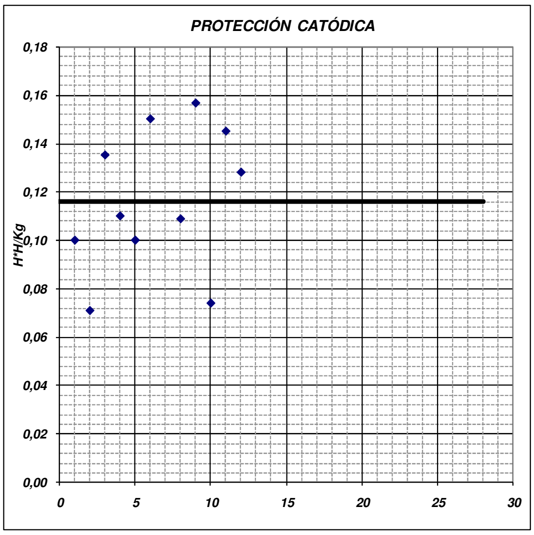
Tanques de combustible (limpieza y desgasificación): Desde la apertura de las tapas de los tanques de combustibles, luego el proceso de desgasificación, achicando todo el lodo y residuos de combustible, hasta la Verificación de la limpieza realizada.

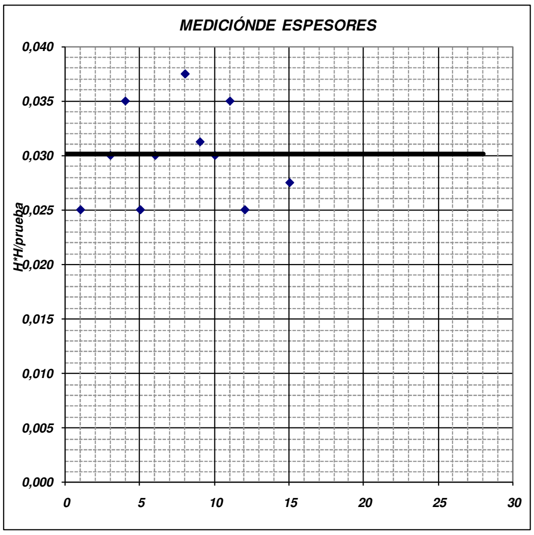
B. VARIACIÓN DE LOS VALORES REGISTRADOS

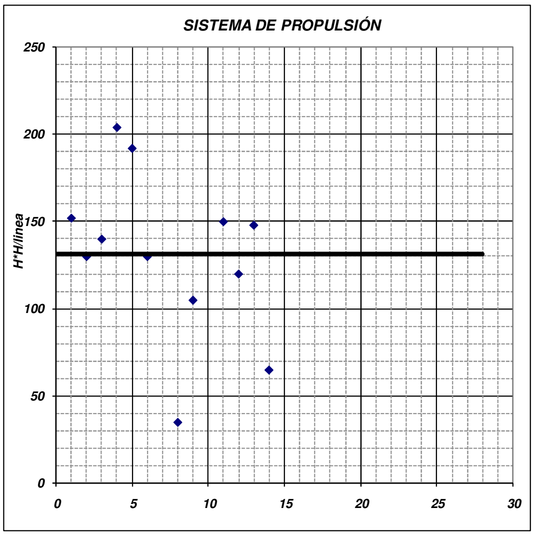


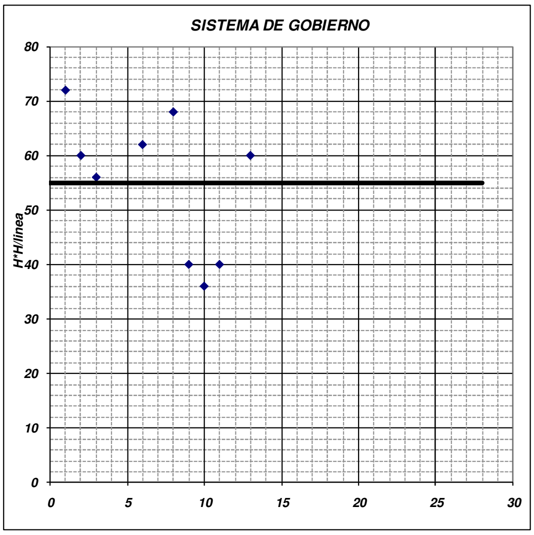


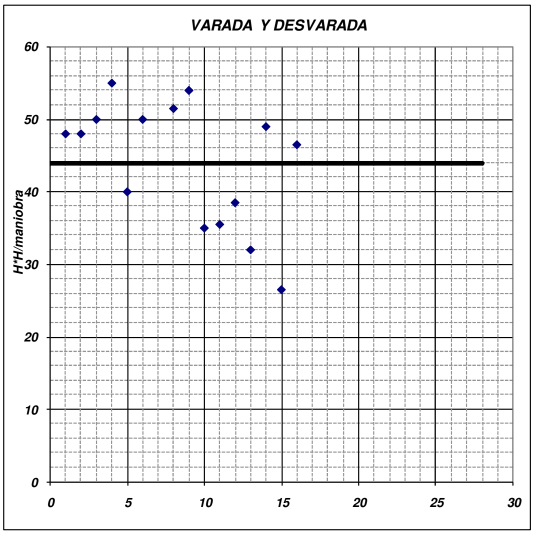

PINTADO CASCO
H*H/m²-maq-capa
0,035
0,030
0,025
0,020
0,015
0,010
0,005
0,000
0
5
10
15
20
25
30

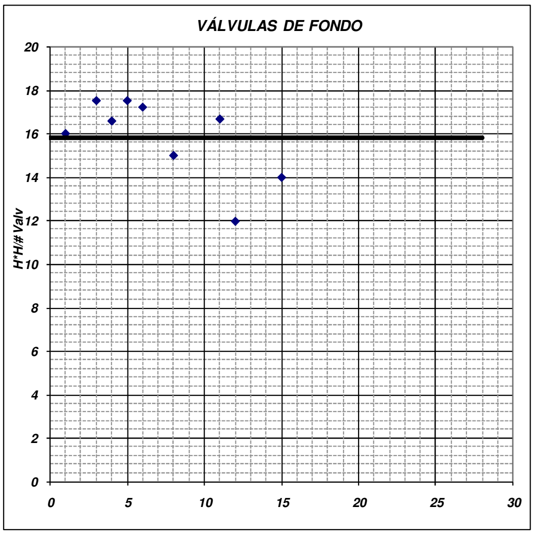

PROTECCIÓN CATÓDICA
H*H/Kg
0,18
0,16
0,14
0,12
0,10
0,08
0,06
0,04
0,02
0,00
0
5
10
15
20
25
30


MEDICIÓNDE ESPESORES
H*H/prueba
0,040
0,035
0,030
0,025
0,020
0,015
0,010
0,005
0,000
0
5
10
15
20
25
30

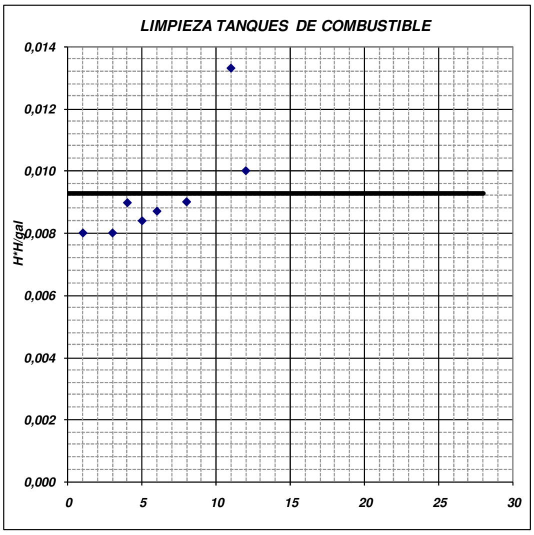

SISTEMA DE PROPULSIÓN
H*H/línea
250
200
150
100
50
0
0
5
10
15
20
25
30


SISTEMA DE GOBIERNO
H*H/línea
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
5
10
15
20
25
30


VARADA Y DESVARADA
H*H/maniobra
60
50
40
30
20
10
0
0
5
10
15
20
25
30



VÁLVULAS DE FONDO
H*H/# Valv
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
5
10
15
20
25
30



LIMPIEZA TANQUES DE COMBUSTIBLE
H*H/gal
0,014
0,012
0,010
0,008
0,006
0,004
0,002
0,000
0
5
10
15
20
25
30