

VOLUMEN 2 / NO. 1

NOVIEMBRE 2016  
ISSN 2413-7758

# U-D-i Marítima

REVISTA CIENTÍFICA DE LA UNIVERSIDAD MARÍTIMA INTERNACIONAL DE PANAMÁ





## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS:**

**Ing. Aládar Rodríguez Díaz**  
Rector

**Profesora Jessica Bloise**  
Vicerrectora de Investigación Postgrado y Extensión

**Mgter. Gloria Quintero**  
Vicerrectora Administrativa

**Mgter. Tomás A. Díaz**  
Secretario General

**Dr. Humberto Garcés**  
Vicerrector Académico

## **COMITÉ EDITORIAL**

**Dr. Juan Blandón**

**Dr. Jairo Cabrera**

**Dr. Juan Maté**

**Dr. Newton Pereira**

**Dra. Laura May-Collado**

**José Julio Casas Maldonado M.Sc.**

## **CORRECCIÓN DE ESTILO Y LOGÍSTICA**

**Licda. María Guadalupe Reyes S.**

## **DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**

**Oficina de Relaciones Públicas de la UMIP**



## Marítima I+D+i

Revista Científica de la Universidad Marítima Internacional de Panamá

Noviembre 2016  
Volumen 2 / No. 1  
Edición Semestral  
ISSN 2413-7758

### ÍNDICE

**05** Caracterización granulométrica en playa Mata Oscura, Mariato, provincia de Veraguas, República de Panamá.

**13** Análisis de riesgos durante las operaciones de amarre y fondeo en los buques.

**19** Towards the forecasting of delays in supply of offshore platforms.

**25** Experimentos de tribología de metales en la Universidad Marítima Internacional de Panamá.

---

## Prólogo

Desde la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión de la UMIP, hemos tenido que afrontar una ardua labor, debido a la juventud de nuestra Universidad, la UMIP cumple 11 años de existencia, durante los cuales hemos realizado nuestros primeros esfuerzos creando la plataforma reglamentaria interna y las alianzas en el campo de la investigación científica, con logros destacables como lo es esta segunda edición de la Revista I+D+i Marítima. En la UMIP, esperamos que a través de este tipo de medio de divulgación nuestros docentes y estudiantes dispongan de una plataforma para impactar y cumplir con este importante rol de “investigar” dentro de nuestra institución, creando nuevo conocimiento para la solución de problemáticas en el sector marítimo y del manejo del recurso marino costero entre otras, que puedan revertir a nuestra sociedad en general.

Es nuestro interés a través esta Vicerrectoría, trabajar en la concepción o creación de nuevos conocimientos, productos, procesos, métodos, sistemas y proyectos en las áreas de gestión de seguridad y protección en la navegación, tecnología y mantenimiento de maquinaria naval y el área de manejo y conservación de recursos marinos y costeros, que podemos ver en este volumen. Como los investigadores de la Facultad de Ciencias del Mar caracterizan la granulometría de la playa de anidación de tortugas marinas en playa Mata Oscura ubicada en Mariato, provincia de Veraguas, Panamá.

También contamos con investigadores de la Universidad de la Coruña, quienes presentan el trabajo en el cual se establecen los requisitos esenciales de seguridad en las operaciones de amarre y fondeo de los buques; los especialistas investigadores de la Universidad Federal de Río de Janeiro, nos ilustran y nos describen los modelos que contemplan la eficiencia y el rendimiento de suministro de la logística utilizada en las plataformas offshore y por último presentamos la tribología o desgaste de ciertos metales, este proyecto lo realizó la UMIP en conjunto con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

Felicitamos a nuestros investigadores que hicieron posible este volumen y esperamos conocer muy pronto de los beneficios para el sector marítimo y marino costero, que genere esta nueva información a través de estos proyectos, como base para futuros estudios; siendo este sector uno de los mayor crecimiento en nuestro país.



**Profesora Jessica Bloise**

**Vicerrectora**

Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión

---



# Caracterización Granulométrica en Playa Mata Oscura, Mariato, Provincia de Veraguas, Panamá

**Humberto Garcés**

Facultad de Ciencias del Mar,  
Universidad Marítima Internacional de Panamá (UMIP).  
hgarces@umip.ac.pa

**Alexander González.**

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Marítima Internacional de Panamá (UMIP).  
alexander\_gon05@hotmail.com

## Resumen:

Las playas poseen un perfil topográfico, con diferencias granulométricas y de otros factores físicos, que varían de un sitio a otro. Este estudio busca caracterizar la granulometría de la playa de anidación de tortugas marinas en la Playa Mata Oscura, Mariato, provincia de Veraguas, Panamá. En los muestreos realizados entre noviembre 2011 y febrero 2012, se efectuaron perfiles de playa, estudios de humedad, granulometría y contenido orgánico de la arena en tres transectos de la playa. El transecto que mostró el perfil de la playa con más cambios se ubicó cercano a una quebrada sujeto a la extracción de arena. En la estación lluviosa, la arena de la playa tuvo una humedad de 5.68%, mientras que en la estación seca un 3.03%. La granulometría en las zonas baja y media de la playa fue de arena muy fina hasta arena mediana y, en la zona alta, fue de arena gruesa y muy gruesa. La materia orgánica de la arena en todas las zonas del transecto fue de proporciones muy bajas con menos del 1.0%. En esta playa de anidación de tortugas marinas, se deben capacitar a las personas de la comunidad para el aprovechamiento integral de sus recursos marinos en forma sostenible.

**Palabras Claves:** *Granulometría, Playa Mata Oscura, Mariato, Veraguas, Panamá*

**Title:** Granulometric characterization at Mata Oscura beach, Mariato, Veraguas, Panama.

**Abstract:** Beaches have a topographic profile, with differences particle size and other physical factors, which vary from one site to another. This study aims to characterize the particle size of turtle nesting beach at Mata Oscura, Mariato, Veraguas province, Panama. Field work conducted between November 2011 and February 2012, included beach profiles, moisture studies, particle size and organic content of the sand done at three transects. The transect that showed the more variable beach profile was located near a creek subject to sand mining. In the rainy season the beach sand had a moisture content of 5.68%, while in the dry season had 3.03%. The particle size in the lower and middle zones of the beach was very fine sand to medium sand and in the upper zone was thick and very coarse sand. Organic matter of the sand at all zones of the transect was very low with less than 1.0%. At this turtle nesting beach people from the nearby community should be trained as how to utilize their marine resources in an integrated and sustainable way.

**Key Words:** Granulometric, Mata Oscura beach, Mariato, Veraguas, Panama.

## 1. Introducción:

Las zonas costeras como las playas presentan gran dinamismo y cambian a través del tiempo (Ackerman, 1997). La parte litoral se encuentra en continuo cambio, debido a la acción erosiva de las olas, resacas, mareas y corrientes, que determinan la sedimentación o el transporte de los materiales (Sánchez y Ponce, 1996). La estructura de la fauna bentónica está controlada por las características físico-químicas de los sustratos, tales como granulometría y materia orgánica (Weston, 1988).

Las playas varían de un lugar a otro, pero todas tienen

en común la existencia de un perfil topográfico, el cual puede presentar diferentes características, según sean los procesos terrestres, acuáticos y atmosféricos que las afecten (Márquez-García et al., 2010). La distribución de los sedimentos marinos depende de las condiciones hidrodinámicas de la cuenca sedimentaria, de las características de las partículas minerales y de la materia orgánica acumulada o transportada (Hung y Hsu, 2004). La erosión natural de los suelos es débil y la capacidad de carga de los sedimentos, así como de la competencia de los ríos, ha disminuido hasta alcanzar su mínima expresión (Tourinho, 1990).

La distribución de las partículas finas está controlada por la batimetría, los patrones de circulación, las corrientes de marea y el tráfico marino. La presencia del material más grueso puede ser el resultado de operaciones de dragado, construcción y/o procesos naturales como la exposición de la costa a fuertes vientos (Johannesson et al., 2000). La mayoría de los sedimentos de las playas arenosas se deriva directamente del piso del océano. Este sedimento oceánico se ha derivado de tierra firme, a través de la erosión o de los acantilados a lo largo de la línea de la costa o por transporte de sedimentos desde tierra adentro por los ríos (Weihaupt, 1984).

La combinación de arena y fango posibilita la formación de litorales en los que habitan gran cantidad de organismos, que viven en el sustrato (epifauna) o enterrados en este (infauna), cuya distribución va a depender de cada especie (Grajales y Vergara, 1996). Los efectos que tiene el sustrato sobre la distribución de ciertas especies en las playas se deben, principalmente, al tamaño del grano y a la clasificación de los sedimentos, ya que determinan la porosidad y capilaridad del medio. Esto permite, una mayor o menor humedad, de manera que los organismos excavadores se enterrarán verticalmente hasta estratos con humedad óptima (Wieser, 1969).

El estudio de la granulometría, la forma y tamaño de los granos, y su composición química pueden resultar tan importantes como el estudio de los mismos organismos, para poder entender la razón de su ubicación y distribución. El estado oxidorreductor de los sedimentos y su contenido de materia orgánica, parecen tener importancia, en este sentido, (Trask, 1939). Métodos habituales para la determinación del tamaño de las partículas son la granulometría y el análisis hidrométrico o por sedimentación (Lambe y Whitman, 1997).

Este estudio tiene como propósito conocer las características granulométricas que presenta la playa de anidación de tortugas marinas en Mata Oscura, distrito de Mariato, provincia de Veraguas, Pacífico de Panamá.

## **2. Metodología:**

### **2.1 Área de Estudio:**

Playa Mata Oscura, de 4.7 km de extensión, se ubica entre los 7°28'18.72" N; 80°56'21.00" O y los 7°28'16.93" N; 80°56'23.26" O hasta los 7°26'37.33" N; 80°55'4.38" O y los 7°26'36.81" N; 80°55'6.08" O. El estudio se realizó durante cuatro meses, noviembre 2011 hasta

febrero 2012 en tres transectos: Poste 2 (transecto 1) 7°28'16.54" N; 80°56'19.08" O hasta los 7°28'14.71" N; 80°56'20.48" O, poste 20 (transecto 2) 7°27'33.05" N; 80°55'37.19" O hasta los 7°27'32.31" N; 80°55'38.07" O y poste 37 (transecto 3) 7°26'46.03" N; 80°55'7.12" O hasta los 7°26'45.64" N; 80°55'8.26" O (Ver Figura No. 1). En cada transecto se realizaron perfiles, humedad, granulometría, y materia orgánica.

### **2.2 Perfil de Playa:**

En la determinación del perfil de playa se utilizó el método para la toma de datos de las diferencias de elevaciones y consiste en utilizar dos varas y una cuerda atada (Emery, 1961). Conjuntamente con este procedimiento, se debió previamente consultar la tabla de mareas del Pacífico panameño, ya que requería de marea baja (PANCANAL, 2011 y 2012). Después que se extendiera la cuerda y se mantuviera sin inclinación, se procedía a medir la variación de altura en cm desde el punto A hasta el punto B (Ver Figura No. 2).

### **2.3 Análisis de Muestras:**

De cada muestra se extrajeron 350 g de arena, pesadas con una balanza electrónica, que luego se secó en un horno eléctrico a 75-80°C, hasta obtener un peso seco por un periodo de 24 a 72 h (Garcés y Grimaldo, 2005). Se tamizaron dos réplicas de cada muestra seca de 100 g haciéndolas pasar por una batería estándar de tamices (0.063 mm, 0.125 mm, 0.250 mm, 0.500 mm, 1.00 mm y 2.00 mm); recuperado el 90 % o más (Holme y McIntyre, 1984). La materia orgánica se determinó con submuestras de 25 g de muestras secas incineradas en una mufla eléctrica a 500 °C y por 1 h. Todos los análisis se realizaron en el Laboratorio de Biología Marina de la Facultad de Ciencias del Mar en la Universidad Marítima Internacional de Panamá (UMIP).

### **2.4 Análisis Estadístico:**

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de Excel 2007, con un 95% de nivel de confianza para conocer si existían diferencias significativas entre los valores obtenidos por cada mes, transecto o zona para cada uno de los factores estudiados (humedad, granulometría y contenido orgánico). Para encontrar las diferencias en los grupos de medias que difieren entre ellos se procedió a emplear un diseño de bloques al azar con ayuda del software SPSS (Navidi, 2006). Por último, se aplicaron pruebas post-hoc de Turkey y Duncan para determinar en cuáles tratamientos existían las diferencias (Glantz, 2006).





Figura No. 1. Ubicación de los transectos en playa Mata Oscura (Fuente: GOOGLE EARTH, 2012)

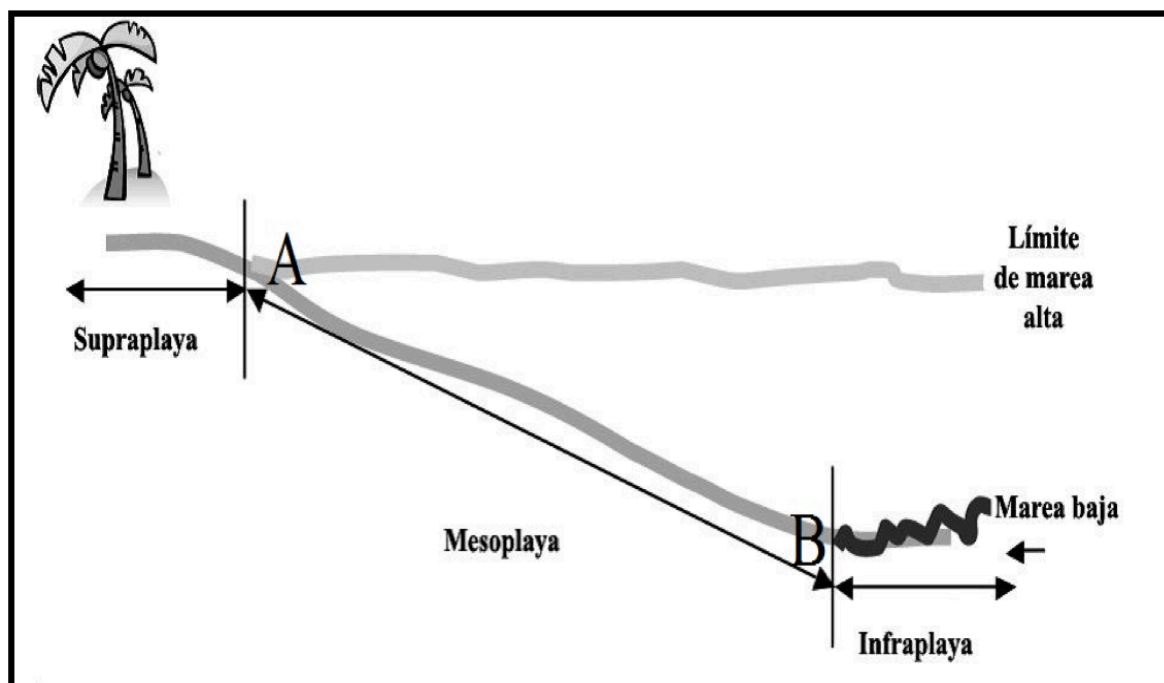


Figura No. 2. Esquema del perfil de playa (Fuente: Bolongaro et al., 2010).

### 3. Resultados y Discusión:

#### 3.1 Perfil de Playa:

En la playa Mata Oscura se observó que dependen de los meses del año, asimismo cambia la forma de los perfiles de playa de manera constante. En el perfil de playa del transecto 1 se pudo observar que en febrero se obtuvo más acumulación de sedimentos en su zona alta, aunque presentó más erosión en su zona baja dando como resultado una gran pendiente (Ver Figura No. 3). El transecto 1 se encontraba cerca de una quebrada, la cual pudo influir en los cambios de pendiente durante el estudio (Márquez-García et al., 2010).

El consumo de estos electrodos trabajan según el rendimiento elevado, es de 7,7 Kg/Amp Año: suministran una corriente de 110Amp-h/Kg trabajan al 50%. En el perfil de playa del transecto 2 se presentaron semejanzas en los tres muestreos. En sus tres meses se mantuvieron las alturas y las pendientes con similitudes; en diciembre se obtuvo mayor acumulación de sedimentos en la parte alta y, en enero, se presentó una pendiente un poco más inclinada que los otros dos meses (Ver Figura No. 4). Se podría considerar que el transecto 2 es un área de pocos cambios en su perfil favorable para la conservación del hábitat de anidación de las especies de tortugas marinas del área (Bolongaro et al., 2010).

Por último, el perfil del transecto 3 donde sus alturas fueron similares para los tres meses, con apenas una variación aproximada de 1 m entre los tres meses, siendo enero el de mayor altura. Los pendientes se mantuvieron con mucha estabilidad excepto en diciembre que tuvo menos acumulación de sedimentos en su parte alta (Ver Figura No. 5). En el transecto 3 se da un proceso de erosión-depósito de manera natural que podría ser de beneficio a la anidación de las tortugas marinas (Bolongaro et al., 2010).

#### 3.2 Humedad:

El ANOVA para el factor humedad indica que existen diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre las muestras de arena extraídas por mes. Las pruebas de Turkey y Duncan para el caso de la humedad indican que si comparamos el grupo 1 (nov) y 2 (dic) con 5.68% vs 3 (ene) y 4 (feb) con 3.03%, se encontraron diferencias significativas entre las medias de ambos agregados por mes (Ver Tabla No. 1). En otras latitudes, se encontraron valores entre 7 y 11% de humedad siendo esta la mayor durante la estación lluviosa (Bolongaro et al., 2010).

#### 3.3 Granulometría:

Se encontraron diferencias significativas en el tamaño promedio del grano de arena por zonas, siendo la baja y media diferentes a la zona alta ( $p < 0.05$ ). Siendo así la clasificación de arena muy fina (0.062–0.125 mm) y arena mediana (0.250–0.500 mm) para las zonas baja y media y arena gruesa (0.500–1.000 mm) y muy gruesa (1.00–2.00 mm) para la zona alta (ver Tabla No. 2). En comparación con lo encontrado en Coiba, en donde la zona baja presentó mayores proporciones de arena fina (0.125–0.250 mm), la zona media con arena mediana (0.250–0.500 mm) y en la parte alta prevaleció la arena gruesa (0.500–1.00 mm) (Ruíz y Rodríguez, 2011).

#### 3.4 Materia Orgánica:

No se encontraron diferencias significativas en los valores promedios de los análisis de la materia orgánica realizada por zonas. Se obtuvo un valor promedio de 0.98%, con 1.07% en baja, 0.96% en media y 0.91% en alta (Ver Tabla No. 3). En estudios en Coiba se encontró un mayor porcentaje de materia orgánica en la zona baja con 2.15%; en la zona media de 1.93% y en la zona alta de 1.83% (Ruíz y Rodríguez, 2011).

### 4. Conclusiones:

- El perfil de playa que presentó más variaciones en su pendiente fue el transecto 1, en comparación con el transecto 2 y 3, debido a la cercanía con una quebrada, la extracción de arena y a otros factores como el oleaje, las corrientes y los vientos.
- La humedad de la arena presentó diferencias significativas de acuerdo a los meses de muestreo con un 5.68% de humedad para los dos primeros meses en la estación lluviosa, mientras que para los dos meses de estación seca, tuvo un 3.03% de la humedad.
- La granulometría para las zonas baja y media estuvo clasificada como arena muy fina (0.0625–0.125 mm) hasta arena mediana (0.250–0.500 mm), en cambio para la zona alta de la playa se encontró arena gruesa (0.500–1.00 mm) y muy gruesa (1.00–2.00 mm).
- La materia orgánica en todas las zonas del transecto y, a través de los meses, fue de proporciones muy bajas con menos del 1,0% en las 27 muestras de arena colectadas.



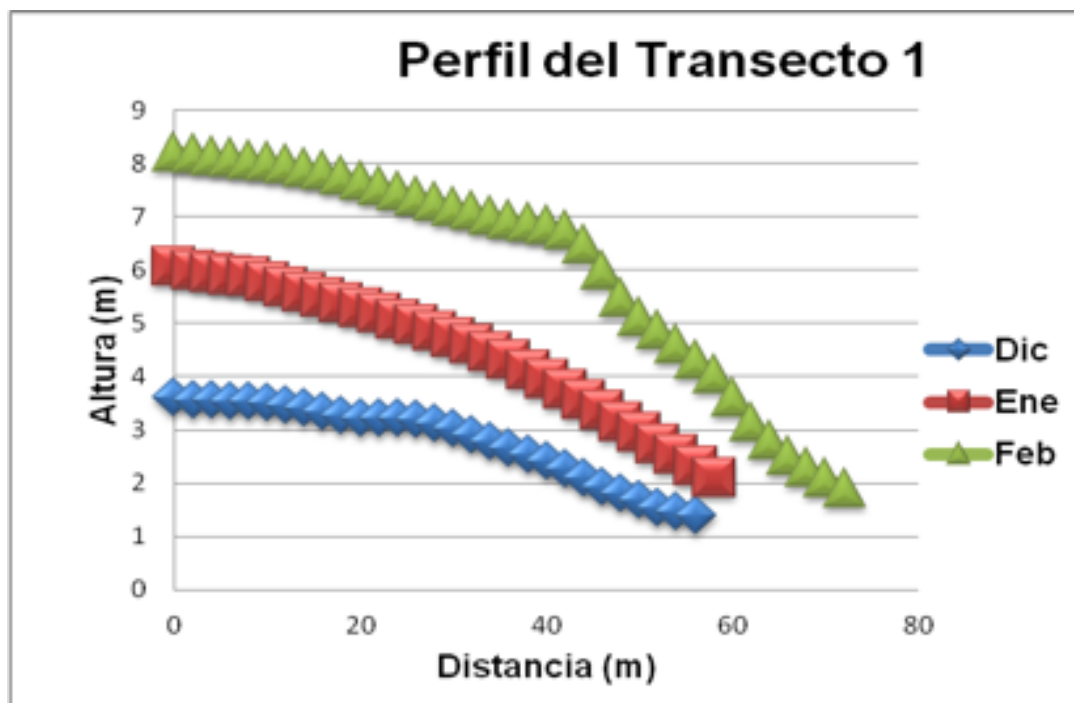


Figura No. 3. Perfil de playa en el Transecto 1 de Mata Oscura, diciembre 2011 (♦), enero (■) y febrero (▲) de 2012

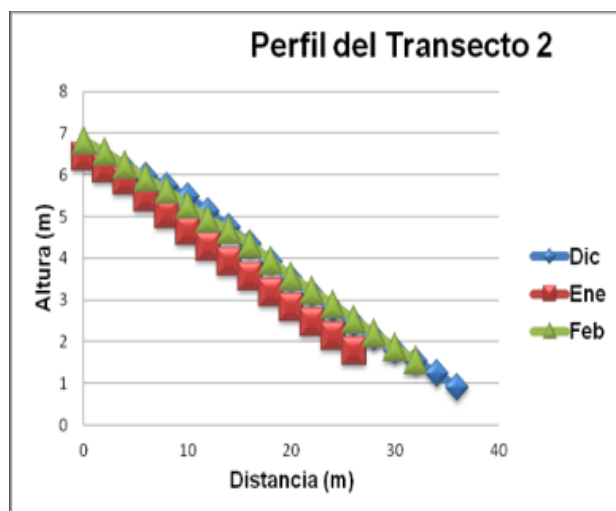


Figura No. 4. Perfil de playa en el Transecto 2 de Mata Oscura, diciembre 2011 (♦), enero (■) y febrero (▲) de 2012

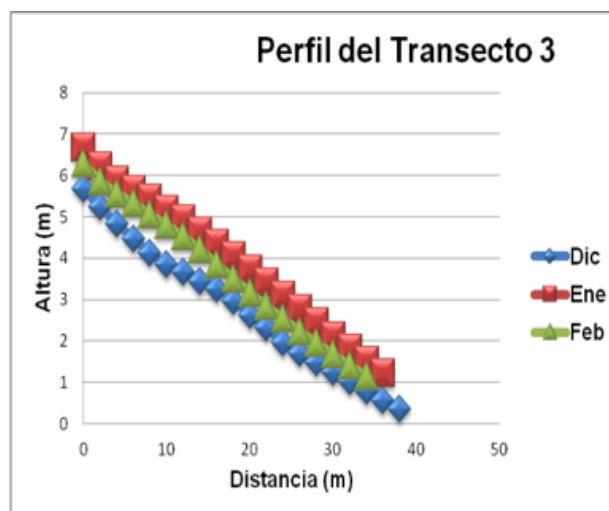


Figura No. 5. Perfil de playa en el Transecto 3 de Mata Oscura, diciembre 2011 (♦), enero (■) y febrero (▲) de 2012

Tabla No.1 Resumen de los resultados del análisis de humedad en playa Mata Oscura, noviembre 2011 hasta febrero 2012. T= transecto, B= zona baja, M= zona media, y A= zona alta.

PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LA ARENA					
Código de Muestra	Muestra Húmeda (g)	Humedad (%)			
		Nov	Dic	Ene	Feb
T1-B	350.0	4.4	3.8	2.1	0.7
T1-M	350.0	3.3	3.8	2.2	0.7
T1-A	350.0	4.6	3.7	2.8	0.7
T2-B	350.0	4.4	4.6	2.5	2.1
T2-M	350.0	6.5	3.7	2.5	2.4
T2-A	350.0	4.5	3.7	3.4	2.4
T3-B	350.0	10.1	9.6	5.6	5.4
T3-M	350.0	8.5	8.5	5.7	5.4
T3-A	350.0	7.9	6.6	4.3	3.9

Tabla No.2 Resumen de los resultados del análisis granulométrico en playa Mata Oscura, de noviembre 2011 a febrero 2012. T= Transecto y Zonas: B= Baja, M= Media y A= Alta.

Meses	Código muestra	Tamizado (mm)						
		2.00	1.00	0.500	0.250	0.125	0.063	< 0.063
Noviembre	T1 B	6.9	23.4	40.0	26.0	1.8	0.0	0.0
	T1 M	10.2	35.9	33.3	17.0	1.1	0.0	0.0
	T1 A	29.9	36.2	19.71	1.9	1.1	0.1	0.1
	T2 B	0.01	.5	42.1	49.2	4.6	0.1	0.0
	T2 M	0.22	.0	36.8	50.5	6.7	0.3	0.0
	T2 A	0.33	.0	55.9	32.1	7.1	0.1	0.0
	T3 B	0.98	.7	31.5	38.7	15.40	.6	0.2
	T3 M	0.56	.8	32.0	41.3	16.40	.7	0.1
	T3 A	1.56	.4	27.5	41.7	16.71	.2	0.3
Diciembre	T1 B	14.2	25.5	46.2	12.7	0.4	0.0	0.1
	T1 M	10.8	31.4	36.6	17.4	1.4	0.1	0.0
	T1 A	23.7	39.4	24.7	10.1	1.1	0.2	0.1
	T2 B	0.11	.9	64.7	26.1	6.1	0.3	0.1
	T2 M	0.32	.2	72.2	18.6	5.8	0.3	0.0
	T2 A	0.63	.2	78.2	12.1	5.0	0.2	0.0
	T3 B	0.77	.5	28.8	43.6	17.41	.1	0.2
	T3 M	1.47	.1	24.0	50.0	15.01	.2	0.1
	T3 A	1.77	.3	24.2	50.7	13.91	.2	0.1



Tabla No.2 Continuacion: Resumen de los resultados del análisis granulométrico en playa Mata Oscura, de noviembre 2011 a febrero 2012.

T= Transecto y Zonas: B= Baja, M= Media y A= Alta.

Meses	Código muestra	Tamizado (mm)						
		2.00	1.00	0.500	0.250	0.125	0.063	< 0.063
Enero	T1 B	5.5	21.1	43.2	24.8	2.0	0.2	0.1
	T1 M	9.2	29.7	40.5	17.0	1.4	0.1	0.0
	T1 A	22.4	38.7	26.59	.8	0.8	0.1	0.0
	T2 B	0.12	.0	71.5	22.2	3.2	0.1	0.0
	T2 M	0.22	.3	53.1	37.6	5.3	0.1	0.0
	T2 A	0.32	.8	57.8	30.1	7.6	0.1	0.0
	T3 B	0.44	.8	32.0	44.9	15.40	.8	0.0
	T3 M	0.46	.7	34.5	41.3	14.80	.8	0.0
	T3 A	1.78	.5	32.5	39.7	14.81	.2	0.1
Febrero	T1 B	15.6	20.1	34.6	24.9	2.1	0.1	0.0
	T1 M	1.9	17.4	51.2	26.0	1.9	0.1	0.0
	T1 A	39.0	27.1	20.5	10.1	1.6	0.4	0.1
	T2 B	0.22	.1	60.1	32.1	4.5	0.2	0.0
	T2 M	0.01	.4	62.3	29.9	5.4	0.2	0.0
	T2 A	0.22	.7	65.8	25.0	5.2	0.1	0.0
	T3 B	0.44	.9	40.3	36.5	16.31	.1	0.1
	T3 M	0.54	.7	40.4	35.8	16.91	.2	0.2
	T3 A	2.36	.9	34.8	36.6	17.01	.6	0.2

Tabla No.3 Resumen de los resultados del análisis de materia orgánica en playa Mata Oscura, de noviembre 2011 hasta febrero 2012. T= Transecto y Zonas: B= Baja, M= Media y A= Alta.

Código de Muestra	Materia Orgánica (%)			
	Nov	Dic	Ene	Feb
T1-B	0.5	2.7	0.4	0.3
T1-M	0.7	0.3	0.5	0.5
T1-A	0.7	0.4	0.4	0.7
T2-B	0.9	0.7	0.8	0.7
T2-M	0.9	0.7	0.9	0.7
T2-A	0.9	0.9	0.5	0.8
T3-B	1.7	1.2	2.0	0.9
T3-M	1.9	1.1	2.4	0.9
T3-A	1.6	1.1	1.7	1.2

### 5. Bibliografía:

- (1) Ackerman, R.A., The nest environment and the embryonic development of sea turtles. Pp. 83-106. En: Lutz, P.L. y Musick, J.A. (eds). *The Biology of Sea Turtles*. Boca Raton, CRC Press, (1997).
- (2) Bolongaro, C.A., Márquez-García, A.Z., Torres-Rodríguez, V. y García A., Vulnerabilidad de sitios de anidación de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche, México, D.F. Pp. 73-96. En: Botello, A.V., Villanueva-Fragoso, S., Gutiérrez, J. y Rojas-Galaviz, J.L. (eds.). *Vulnerabilidad de las Zonas Costeras Mexicanas ante el Cambio Climático*. México, D.F., Universidad Autónoma de Campeche, (2010).
- (3) Emery, K.O., A simple method of measuring beach profiles. *Limnology and Oceanography* 6:90-93. (1961).
- (4) Garcés, H.A. y Grimaldo, M., Guía de Laboratorio. Bio 330. *Limnología General: Parte biológica*. Panamá, Departamento de Biología Marina y Limnología, Universidad de Panamá, (2005).
- (5) GOOGLE EARTH, European Technologies. NOAA. USNavy. (2012).  
<http://googleearthonline.blogspot.com/>
- (6) Glantz, S.A., Bioestadística. 6a ed. trad. México, D.F., The McGraw Hill Companies, Inc., (2006).
- (7) Grajales, G. y Vergara, C., Ecología de la fauna bentónica de Playa Bique. *Revista Tecnociencia (Panamá)* 3(1):81-94. (1996).
- (8) Holme, N.A. y McIntyre, A.D., *Methods for the Study of Marine Benthos*. 2a ed. IBP Handbook No. 16. Oxford, Blackwell Scientific Publications, (1984).
- (9) Hung, J. y Hsu, C., Present state and historical change of trace metal pollution in Kaoping coastal sediment southwestern, Taiwan. *Mar. Poll. Bull.* 49:986-998. (2004).
- (10) Johannesson, L., Stevens, R. y Alexanderson, J., Sediment character in a microtidal, harbor-estuary environment, Göteborg, Sweden. *Estuaries* 23(3):400-410. (2000).
- (11) Lambe, W. y Whitman, V., *Mecánica de Suelos*. México, D.F., Editora Limusa Noriega, (1997).
- (12) Márquez-García, A.Z., Campos-Verduzco, R. y Castro-Soriano, B.S., Sedimentología y morfología de la playa de anidación para tortugas marinas, El Carrizal, Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Hidrobiológica* 20(2):101-112. (2010).
- (13) Navidi, W., *Estadística para Ingenieros y Científicos*. trad. México, D.F., The McGraw Hill Companies, Inc., (2006).
- (14) PANCANAL, Balboa Océano Pacífico año 2011. Horas y Niveles de Mareas Altas y Bajas. (2011).  
<http://www.pancanal.com/esp/op/tide-tables/2011-balboa.pdf>
- (15) PANCANAL, Balboa Océano Pacífico año 2012. Horas y Niveles de Mareas Altas y Bajas. (2012).  
<http://www.pancanal.com/esp/op/tide-tables/2012-balboa.pdf>
- (16) Ruíz, A. y Rodríguez, J., Caracterización de las playas de anidación de tortugas marinas en el Parque Nacional Coiba, provincia de Veraguas, Panamá. Panamá, CI-STRI, Panamá, (2011).
- (17) Sánchez, R.M.P. y Ponce, M.M.E., *Métodos Hidrobiológicos II. Estudio y colecta de organismos marinos, estuario-lagunar y de agua dulce*. México, D.F., Universidad Autónoma Metropolitana, (1996).
- (18) Touriño, A., Algunas características de la dinámica litoral en la bahía de Chame. *Revista Scientia (Panamá)* 5(1):51-60. (1990).
- (19) Trask, P.D. (ed.), *Organic Content of Recent Marine Sediments*. Tulea, Soc. Econ. Paleon and Mineral, (1939).
- (20) Weihaupt, J.G., *La Exploración de los Océanos. Introducción a la oceanografía*. México, D.F., CECSA, (1984).
- (21) Weston, D.P., Macrobenthos-sediment relationships in the continental shelf off Cape Hatteras, North Carolina. *Shelf Res.* 8(3):263-286. (1988).
- (22) Wieser, W., The effect of grain size on the distribution of small invertebrates inhabiting the beaches of Puget Sound. *Limnol. Oceanogr.* 4:181-194, (1969).



# Análisis de Riesgos durante las Operaciones de Amarre y Fondeo en los Buques

**Raúl Villa Caro**

Escuela Politécnica Superior.  
Universidad de la Coruña. España  
raul.villa@udc.es

**José Ángel Fraguela Formoso**

Escuela Politécnica Superior.  
Universidad de la Coruña. España  
jafraguela@udc.es

**Luis Manuel Carral Couce**

Escuela Politécnica Superior.  
Universidad de la Coruña. España  
lcarral@udc.es

## Resumen:

El principal requerimiento y la primera preocupación en el plan de amarre a bordo de un buque es el establecer la forma de amarrar en muelles y duques de alba. Los principios para una operación de amarre seguro y eficiente se resumirán en este artículo. Se realizará un estudio de todos los riesgos localizados que existen en las operaciones de amarre y se detallará un estudio estadístico de los accidentes que se suelen producir en los buques durante la ejecución de estas operaciones.

Se delimitarán requisitos esenciales de seguridad en las operaciones, se establecerán equipos de protección al personal, y se indicarán precauciones en las operaciones de amarre y fondeo.

**Palabras Claves:** Riesgo, amarre, accidente, chigres.

**Title:** The Risk Analysis During the Mooring and Funding Operations for Ships.

**Abstract:** The main requirement in a vessel's mooring plan is to establish how to moor in berths and quays. The principles for a safe and efficient mooring operation will be summarized in this article. There will be realized a study of located risks that exist in the mooring operations and there will be detailed a statistical study of the accidents that usually take place in the ships during the execution of these operations. Essential safety requirements will be set in the mooring operations, protection equipment will be established to the personnel, and precautions should be indicated in the operations of mooring and anchoring.

**Key Words:** Risk, mooring, accident, winches.

## 1. Introducción:

El principal requerimiento y la primera preocupación en el plan de amarre a bordo de un buque es el establecer la forma de amarrar en muelles y duques de alba. El buque atracado puede estar expuesto a fuertes vientos o corrientes de cualquier dirección, por lo que se debe intentar llevar a cabo las siguientes acciones sobre sus tres tipos de estachas principales (largos, traveses y springs).

La línea más efectiva para resistir cualquier fuerza es la orientada en la misma dirección de la carga. Esta situación implicaría que, teóricamente, las líneas de amarre deben estar orientadas en la dirección de las fuerzas medioambientales y deben ser fijadas a un punto en el buque, de tal forma que la fuerza de actuación resultante y la fuerza que restringe el movimiento provocada por el amarre, actúen en la misma dirección. Un sistema así sería inviable por no tener flexibilidad

para acomodar las diferentes cargas medioambientales y los puntos de amarre en los muelles. Para aplicaciones generales, es necesario que la distribución del amarre pueda ser capaz de "capear" con fuerzas ambientales provenientes de cualquier dirección.

Los principios para una operación de amarre seguro y eficiente serán los siguientes: (CEDEX, 1990).

- Las líneas de amarre deben estar dispuestas tan simétricamente como sea posible cerca de la zona central del buque. (Una disposición simétrica es más probable que asegure una buena distribución de carga que una asimétrica)
- Las líneas de través deben estar orientadas tan perpendicularmente como sea posible a la línea central longitudinal del buque y lo más cerca posible a la proa y la popa.
- Las líneas springs deben estar orientadas tan paralelamente como sea posible al eje longitudinal

central del buque.

Destacar que las líneas en la proa y en la popa no son normalmente eficientes en retención del buque en su atraque. Los amarres con buenas líneas de spring y través permiten al buque un atraque más eficiente, “dentro de su propia eslora”. El uso de líneas en extremos de proa y de popa requieren dos amarres también y disminuye la eficiencia total de retención de una distribución de amarre, cuando el número de líneas es limitado. Esto es debido a su longitud y, consecuentemente, a su mayor elasticidad y peor orientación.

Debería usarse cuando así lo requiera la maniobra o donde así sea además necesario, por la geometría del puerto, para la fuerza de las olas o condiciones meteorológicas. Pequeñas embarcaciones atracadas en instalaciones diseñadas para grandes buques pueden tener líneas en la proa y en popa por la geometría del muelle.

- El ángulo vertical de las líneas de amarre debe mantenerse al mínimo. (OCIMF, 2008).
- Cuanto más plano sea el ángulo de amarre, más eficiente será la línea en cargas aplicadas horizontalmente en el buque.
- Generalmente, deben usarse líneas de amarre del mismo tamaño y material para todas las cargas. Si no fuera posible, todas las líneas del mismo servicio (por ejemplo, traveses, springs, entre otros.) deben ser el mismo tamaño y tipo. A modo de ejemplo, todos los esprines podrían ser de cable y los traveses de fibra sintética.
- Empalmes sintéticos se usan a menudo en los extremos finales de los cables para permitir un manejo más fácil y para aumentar la elasticidad de la línea. Los empalmes pueden también ser usados para aumentar la elasticidad de cabos hechos de polietileno con alto módulo de rigidez.

## 2. Metodología

El ámbito marítimo en el cual se desarrolla la investigación ofrece dificultades propias del sector, cuyo alcance puede ser en muchos casos ilimitado, por ser un campo en el cual la complejidad puede cerrar los temas sin haber sido tratados con detenimiento. Se han estudiado varias formas para establecer la metodología que permitan obtener un sistema válido, que investigue la introducción y aplicación de nuevas tecnologías en los buques.

La investigación ha sido estructurada para que se

aborde el estudio de forma generalizada al descubrir sus características generales. Cuando las circunstancias, es decir, el contenido de una parte del tema lo requiere, se particulariza, profundiza en el análisis de algunos de los datos para clarificar los conceptos de las conclusiones.

Para realizar este trabajo se ha realizado una investigación documental, seleccionado y recopilado la información, procedente de normas, manuales, reglamentos de Sociedades de Clasificación y otros organismos.

Una vez obtenidos los datos, se realizó un análisis de investigación cualitativa, en un proceso que ha consistido en dar sentido a la numerosa información recogida en el escenario. Para descubrir lo verdaderamente importante, el significado que se esconde tras los datos, se han realizado un estudio de la evolución de los sistemas de amarre del buque.

## 3. Objetivo de una buena disposición de amarre a bordo:

Se trata de proveer y organizar el equipo para conseguir lo siguiente: (Villa-Caro et al., 2015)

- Obtener una configuración eficiente de amarres convencionales.
- Facilitar un amarre, desamarre y tendido de estachas seguro y rápido, con demanda mínima de mano de obra.
- Facilitar amarre seguro y eficiente por anticipado en terminales no convencionales como SPM (amarres en un punto único) y MBM (amarres multiboya).
- Hacer posible un eficiente y seguro manejo de remolcadores.
- Permitir de manera segura y eficiente otras operaciones comunes como manejo de mangueras y amarre a barcas.
- Dar cabida de manera segura y eficiente a operaciones de aprovisionamiento de buques.
- Proveer para situaciones de emergencia como requerimientos la duplicación de líneas por viento fuerte, remolque de emergencia de buques sin gobierno, o fuegos a bordo que requieran que el buque sea remolcado.

Además de los principios anteriores, las siguientes directrices deberían tenerse en consideración al establecer el equipo de amarre: (OCIMF, 2008).

- Mantener las áreas de amarre tan libres como sea posible.
- Realizar las operaciones de amarre lo más lejano posible de la proa y la popa.
- Colocar guías en la proa y la popa en los puntos

- más extremos y lo más bajo que el buque permita.
- Establecer las guías de las líneas esprin lo más cerca de la proa y la popa en la cubierta principal para conseguir longitudes adecuadas en los puntos de amarre en puerto.
  - Tensionar lo necesario para una correcta alineación de guías y los tambores de las maquinillas.
  - Colocar las maquinillas de forma que se obtenga una visión clara de las operaciones de amarre y del oficial en cargo del amarre.
  - Las líneas de amarre en el mismo servicio deben tener aproximadamente la misma longitud entre el buque y sus puntos de amarre.
  - Todas las líneas de amarre deben ser capaces de funcionar en ambos lados del buque.
  - Todas las recomendaciones anteriores deben cumplirse desde el principio de la maniobra de atraque. Las modificaciones posteriores serán molestas y harán que se alarguen las maniobras. La experiencia dicta que pocas veces se modifica un amarre una vez terminado, aunque no esté bien realizado.
  - Deberán evitarse, en todo momento, las amarras sueltas (“en banda”), absolutamente ineficaces e, incluso, peligrosas. Aunque permiten una mayor amplitud de movimiento de la prevista, sus mayores cargas dinámicas (tirones, aplastamiento de defensas, entre otros) pueden provocar roturas o deterioro del material.
  - Además, al romperse la simetría del sistema, las fuerzas se reparten de manera irregular, lo que acelera el proceso de “movimiento tirones, rebote movimiento”.
  - Una vez terminada la maniobra de atraque, se deberán revisar las amarras, tensar las que hayan quedado sueltas, de forma sistemática y simétrica, y dejar el buque en contacto con las defensas. Esta inspección y corrección se llevará a cabo de forma periódica y considerará los cambios en la situación del amarre (marea, carga, viento, oleaje, entre otros).
  - Se revisarán con especial atención las amarras cortas y cables de amarre, pues su menor capacidad de elongación los hace propensos a la rotura en el caso de estrechonzos (tirones).
  - Las líneas de amarre en el mismo servicio deben tener aproximadamente la misma longitud entre el chigre (la maquinilla del buque) y los puntos de amarre portuarios.
- 4. Instrucciones relativas a la seguridad en el uso de maquinillas y chigres de amarre:**
1. Durante su manejo se deben llevar puestos zapatos de seguridad, overol de trabajo y casco de seguridad con cinta para la barbilla (Villa-Caro et al., 2014a).
  2. Se debe respetar una distancia de seguridad con respecto a la estacha o cable, cuando esta esté bajo carga.
  3. Se deben llevar puestos guantes de seguridad durante los trabajos con cables o estachas.
  4. Nunca situarse dentro de la gaza de una estacha o cable.
  5. Nunca se debe dejar funcionando una maquinilla sin vigilancia.
  6. No se debe accionar la maquinilla, si todas las personas involucradas en la maniobra no se encuentran en el campo de visión del operador.
  7. No se debe intentar calcular la tensión de la estacha o cable dándole una patada, o situándose una persona encima (el intento no tiene sentido y además es peligroso).
  8. No se deben guiar estachas sintéticas sobre el tambor o bolardos con ángulos no admisibles. Además de los daños en la propia estacha, debido a la fricción sobre el tambor o carretel, la estacha podría quemarse. En estado de carga, existe el peligro de que la estacha se suelte de forma repentina y se produzca un peligro de herir al personal de manejo del chigre o molinete.
  9. Las personas no deben situarse en las proximidades de la maquinilla, cuando se realiza una maniobra. Si el cable hace una coca, podría arrastrar a una persona u objeto hacia el carretel (tambor).
  10. No se deben enrollar demasiadas capas en la zona de estiba del carretel, ya que podría originar que no se pueda largar cable o estaca de una forma controlada.
  11. No se debe someter al cable a un radio de curvatura no permitido.
  12. Nadie se debe situar demasiado próximo a un cable bajo tensión, ya que podría romperse.
  13. No se deben colocar objetos en la zona de trabajo del cable ya que, si el cable se rompe, los objetos podrían salir despedidos.
  14. No se debe permitir que se sitúen más personas de las necesarias en la zona de trabajo de la maquinilla.
  15. No se debe someter a carga el cable enrollado en la zona de estiba del carretel o tambor, en caso de que el carretel disponga de zona de almacenamiento. Asegúrese de que en la zona de trabajo del tambor se disponga de suficiente longitud de cable.
  16. Nadie debe situarse muy cerca del tambor o carretel cuando se está manipulando el cable. El cable podría saltar y aprisionar las manos de los operarios (Villa-Caro et al., 2014b).

### 5. Equipos de Protección Personal:

Todo el personal que participe en las operaciones de amarre y remolque debe llevar puesto el equipo correcto de protección personal (EPI), (Villa-Caro et al., 2014b).

El equipo debe estar detallado en el Sistema de Gestión de Seguridad del buque y debe incluir buzos de alta visibilidad, un casco de seguridad con correa para sujetar la barbilla, calzado o botas de seguridad, guantes y, en climas fríos, ropa adecuada para el frío con alta visibilidad.

El personal del castillo de proa debe tener a mano gafas protectoras, en caso que el ancla tenga que ser largado en emergencia.

Se deben usar siempre guantes al manipular cables de acero por la posibilidad de lesiones en las manos o por alambres rotos. En cuanto a las operaciones de amarre, el mejor consejo es no llevarlos demasiado sueltos para que no queden atrapados en los extremos de los tambores (Villa-Caro et al., 2014a).

### 6. Precauciones en las Operaciones de Amarre y Fondeo:

Todo marino que participe en operaciones de amarre y desamarre debería estar informado de los riesgos que entrañan tales operaciones.

Una persona formada debería dirigir las operaciones de amarre, y antes de ordenar que se larguen o se recojan los cabos de amarre, debería cerciorarse que ninguna persona está en lugares peligrosos, (Villa-Caro et al., 2015).

Cada vez que un buque vaya a fondear, deberían examinarse todas las circunstancias pertinentes, tales como el estado atmosférico, las mareas o el tráfico de embarcaciones en el sector, con el fin de determinar qué tipo de cabos y cables se han de utilizar para garantizar un amarre en condiciones de seguridad.

El manejo de maquinillas y chigres debería estar, exclusivamente, a cargo de personas con la formación técnica.

Se debe asegurar que haya suficiente personal listo para asistir a las operaciones de amarre en la proa y en popa, con un oficial presente.

Cuando el buque se encuentre abarloado, un vigía debería comprobar a intervalos regulares que las amarras se conservan en buen estado, y éstas deberían mantenerse siempre tensas para evitar el desplazamiento del buque. Los puestos de amarre deben estar libres de suciedades, desechos y despojos, las fugas de aceite hidráulico limpias y, en la medida de lo posible, las cubiertas pintadas con un tratamiento antideslizante.

Por la noche, los puestos de amarre deben estar adecuadamente iluminados para permitir las operaciones con seguridad.

Las comunicaciones por radio deben ser comprobadas con el puente antes de comenzar las operaciones y todas las comunicaciones tienen que identificar al buque para garantizar que no existe confusión con otros buques que operan en el mismo canal.

### 7. Materiales:

Los cabos de fibras sintéticas superan a los cabos de fibra natural en solidez, durabilidad, resistencia a la putrefacción, entre otros, y por consiguiente reducir en gran medida la resistencia de los cabos sintéticos, por lo que es preciso utilizarlos con precaución.

Uno de los principales peligros existentes en las operaciones de amarre es que los cabos pueden romperse, hecho que en la práctica ocurre con asiduidad.

En los cabos de fibra sintética puede observarse muy poca o ninguna señal acústica, antes de ocurrir la rotura. Debido a la elasticidad inherente en los cabos sintéticos, cuando se rompen pueden desplazarse una distancia considerable al retroceder con el latigazo de tensión, (Villa-Caro et al., 2015).

Los cables de acero pueden dar algún aviso sonoro de que están rompiéndose, porque los cables se rompen individualmente y se separan, pero debido a la falta de elasticidad no se desplazan tanto como un cabo sintético, una vez separados. De todos modos, los cabos de acero pueden todavía causar lesiones graves o mortales. Por tanto, el personal tiene siempre que asegurarse que están colocados en un lugar de seguridad, fuera de la trayectoria por donde un cabo pudiera retroceder al romperse y retroceder bajo tensión.

Cuando se observe que un cabo tiene tensión excesiva, en lo posible se deben tomar medidas apropiadas para reducir la tensión.

El personal nunca debe colocarse de pie dentro del seno de un cabo en ningún momento, y toda la tripulación en ese servicio debe estar pendiente el uno del otro y alertar a sus compañeros si ven que pueden encontrarse en una posición peligrosa.

Los tambores de las maquinillas o los extremos de los tambores no deben nunca ser dejados en marcha y girar con la palanca de control no atendida. Una persona con experiencia debe estar siempre lista en los controles para manipular la maquinilla. La palanca de control no debe nunca ser atada y abandonada.



Es necesario asegurarse que la tensión de afloje y giro lento de una maquinilla o su freno esté por debajo de la carga mínima de rotura (MBL) del cabo en el tambor. Típicamente el freno debe aflojarse a 60% de la MBL del cabo en el tambor.

Se tiene que asegurar que los cabos sean estibados en los tambores, de tal manera que el cabo ejerza un tiro contra el extremo fijo del conjunto de banda del freno. En los tambores dotados de frenos de disco, el cabo puede ser estibado en el tambor en cualquiera de las dos direcciones.

Los cabos deben ser dirigidos, en la mayor medida posible, sin cambios bruscos de dirección.

Los cabos de acero y fibra sintética se mantendrán separados y no se debe permitir su cruce o ser dirigidos a través de la misma sonda.

Todos los cabos, en la mayor medida posible, deben ser dirigidos al noray en tierra, de tal manera, que se mantenga un ángulo mínimo entre el cabo y el plano horizontal.

En la medida de lo posible, las estachas de costado tienen que ser pasadas desde lo más lejos posible en proa y popa y a ángulos rectos de la línea de proa y popa del buque.

También en la medida de lo posible, los esprines tienen que ser pasados en paralelo con la línea de proa y popa del buque.

Cuando haya disponibles cabos de fibra sintética y de acero, tienen que ser usados al mismo tipo y tamaño de cabos para el mismo servicio. Por ejemplo, todos los esprines pueden ser de acero y todos los cabos de proa de fibra sintética.

La mezcla de cabos sintéticos y de acero no es recomendado para el mismo servicio como ya se ha comentado con anterioridad.

Muchos buques usan ambos tipos de cabos de acero y sintéticos para amarrarse al muelle y, muchos cabos de acero tienen chicotes de estacha para darle al cabo de amarre elasticidad. Sin embargo, debido a la elasticidad limitada en un cabo de amarre de acero o de acero con chicotes de cabo, comparada con la elasticidad de un cabo sintético, se recomienda no pasar los cabos de acero como primeros cabos cuando se acerca al muelle para llevar al buque a su posición.

## 8. Resultados:

El estudio y la elaboración de estadísticas relacionadas con accidentes ocurridos durante las operaciones de amarre:

La mayoría de los accidentes relacionados con los

equipos de amarre, ocurridos en los últimos veinte años, han finalizado en daños de gran valor, tanto materiales como personales, en los cuales han sido perjudicados gran cantidad de marinos heridos.

Muchos de estos accidentes han ocurrido durante el manejo de cabos y cables, donde a veces los cabos se han partido (53 %) o se han salido de tambores, cabirones y bitas (42%), provocando golpes, atrapamientos y sacudidas. Sólo un 5% de los accidentes se ha producido por fallos de los equipos de amarre, (Villa-Caro et al., 2014c).

La rotura de cabos y cables ocurre normalmente durante las operaciones generales de amarre, aunque los fallos del equipo en el remolque, su mal uso y la meteorología, también juegan un papel importante en los accidentes. Los accidentes no originados por rotura de cabos, generalmente, se originan durante las operaciones de amarre, por atrapamiento de la tripulación con los cabos, o por sacudidas sobre las personas cuando se escapan de los cabirones, tambores y bitas.

Analizados accidentes de los últimos diez años, las siguientes figuras resumen lo explicado en este apartado:

## 9. Discusión:

Evaluación de riesgos en estaciones de amarre. Peligros: La evaluación de riesgos se debe realizar sobre todos los lugares susceptibles al realizar operaciones relacionadas con el amarre a bordo; observándolos detenidamente, con el fin de buscar los peligros que puedan causar lesiones a los tripulantes. Las zonas de amarre contienen gran parte de los numerosos peligros del buque, y ponen de relieve esto como punto de partida, (Villa-Caro et al., 2014c).

Los riesgos físicos a destacar no se deben limitar a guías, bitas y cornamusas. También se deben incluir estructuras tales como plataformas de los molinetes, escobenes, gateras y tapas.

## 10. Conclusiones:

- Existen situaciones de atraques de buques en las que se producen desiguales repartos de las tensiones y cargas entre las estachas que configuran el amarre. Precisamente, en esos casos es cuando juega un papel de relevancia el freno del chigre. Sin embargo, este elemento del equipo ha evolucionado muy poco, debido a que nunca se le ha dado la consideración que merece.
- El oficial encargado de la maniobra de amarre dispone de una serie de equipos – chigres, bitas,

guías, gateras, entre otros – que complementados con los elementos existentes en los muelles – norays, defensas, entre otros – forman el subsistema de amarre. Para que la finalidad del amarre se lleve a cabo de forma satisfactoria será necesario que estos dos grupos de elementos – los del buque y los del muelle – estén ubicados de forma efectiva. De nada serviría tener una disposición que permitiera encapillar una serie de estachas en la misma bita – por ejemplo – y que la citada bita no estuviera diseñada para recibir esa carga de trabajo.

- La maniobra de amarre es una operación muy peligrosa, que desgraciadamente, a menudo, acarrea accidentes, pudiendo, incluso, representar la pérdida de vidas humanas. Por regla general, si los fallos del sistema de amarre conllevan la ruptura de una amarra, la fuerza y velocidad adquirida por la estacha fracturada convertirá al buque en una zona de peligro.
- Las maniobras de amarre aportan un peligro adicional al del propio sistema. Este problema radica en que para realizar las maniobras se necesitan dos grupos de marineros. Por un lado, tenemos a los amarradores del muelle y, por otro lado, a la dotación del buque. Estos dos grupos de personas, que la mayoría de las veces ni se conocen – incluso, a veces, tampoco hablan el mismo idioma –, representan un factor de peligro para el buque y su tripulación.
- El personal de la tripulación asistente a las maniobras de amarre debe ser el estrictamente necesario, y designado para esa función. Debe evitar situaciones, que habitualmente se producen, de personal adicional, observar la maniobra a escasos metros de los equipos. Toda la dotación del buque debe ser consciente de este precepto.
- No debe haber un tripulante en cada puesto durante las operaciones de amarre. Incluso, pensar en los sistemas automáticos y novedosos de amarre. Es recomendable que haya dos miembros de la dotación, por si surgiera algún problema. Por supuesto, nunca debe existir un solo marinero que opere el cuadro de funcionamiento del chigre y la salida o entrada de la amarra al mismo tiempo.

#### **Bibliografía:**

- (1) CEDEX (Centro de Estudios de Obras Públicas), Análisis crítico de los sistemas de atraque de buques, (Ministerio de Obras Públicas), Madrid, 1990.
- (2) CEDEX (Centro de Estudios de Obras Públicas), OCIMF (Oil Companies International Marine Forum) (2008). Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition. Great Britain: OCIMF, España, (1990).
- (3) Villa-Caro, R., Carral, L., & Fragueta, J. (2014a). Acciones a llevar a cabo para evitar los accidentes de trabajo de los profesionales del mar durante el uso de los equipos de amarre. ISBN: 978-84-697-1306-8, España, (2014)
- (4) Villa-Caro, R., Carral, L., & Fragueta, J. (2014b). Estudio de operaciones y maniobras relacionadas con el amarre en el entorno marino. ISBN: 978-84-697-1306-8, España, (2014).
- (5) Villa-Caro, R., Carral, L., & Fragueta, J. (2014c). Maniobras de Amarre en Buques. Formas de evitar los accidentes y estadísticas de los mismos. Charleston: Createspace. ISBN: 9781500909024, España (2014)
- (6) Villa-Caro, R., Sistemas de amarre en buques: situación actual y evolución futura. Tesis Doctoral. RUC-UDC (<http://hdl.handle.net/2183/14759>), 2 España, (2015).

# Towards the Forecasting of Delays in Supply of Offshore Platforms

**Maricruz A. F. Cepeda**

Federal University of Rio de Janeiro, Brazil.  
maricruzcepeda@oceanica.ufrj.br

**Rafael Basilio da Silva**

Federal University of Rio de Janeiro, Brazil.  
rafaelbasilio@poli.ufrj.br

**Jean-David Caprace**

Federal University of Rio de Janeiro, Brazil.  
jdcaprace@oceanica.ufrj.br

**Título: Pronóstico de Retrasos en el Suministro de Plataformas Offshore.**

**Resumen:**

Actualmente, la industria Offshore de Petróleo pretende mejorar la logística relacionada con la producción petrolera. El suministro de plataformas marinas requiere un alto nivel de servicio para utilizar el mínimo de recursos. Las condiciones meteorológicas y buques cesados son las principales variables que inducen retrasos en la planificación de operaciones, lo cual afecta la producción, almacenamiento y descarga de petróleo en unidades marinas (FPSO). El indicador clave de rendimiento (KPI) real muestra un potencial de mejora. El objetivo de este trabajo, es pronosticar los retrasos producidos durante la entrega de los suministros para plataformas, costa afuera operadas en Brasil. La base de datos analizada presenta 2,851 viajes de una-vía de barcos de suministro de plataformas (PSV). El objetivo es desarrollar una metodología basada en minería de datos, utilizar el algoritmo A priori, árbol de decisiones y Perceptrón multicapa (MLP). El tipo de carga (carga seca y líquida al granel o contenedores), la prioridad de carga y el tipo de operación (carga, descarga o transbordo) son algunos de los parámetros de entrada considerados en el modelo. Los resultados proporcionan una nueva manera de abordar la eficiencia y el rendimiento de suministro de la logística a las plataformas, incluso, si el modelo requiere mejoras futuras. Conocer de antemano cuáles serán los retrasos más susceptibles que podrían ocurrir en la cadena de suministro, ayuda a los planificadores a anticipar sus estrategias y rutas de entrega.

**Palabras Claves:** Costa afuera, cadena de suministro, logística, buque de suministro mar adentro, plataforma offshore

**Title: Towards the Forecasting of Delays in Supply of Offshore Platforms.**

**Abstract:** Nowadays, the oil Offshore industry seeks to improve the logistic related to oil production. Supply of Offshore platforms requires an elevated level of service using minimal resources. Weather conditions and vessel off-hire are the main variables that induce delays in operations planning, which may affect the oil production of floating production storage and offloading (FPSO) marine units. Actual key performance indicator (KPI) related to logistic shows a potential for improvement. The objective of this paper is to forecast the delays that are occurring during the delivery of the supplies for offshore platforms operated in Brazil. The database analyzed in this study present 2851 platform supply vessels (PSV) one-way travels. To achieve this goal, a methodology based on data mining is developed using A priori algorithm, decision tree and multi-layer perceptron (MLP). The type of cargo (dry bulk, liquid bulk or container), the cargo priority, and type of operation (load, backload or transshipment) are some of the input parameters that has been considered in the model. The findings provide a new way to address efficiency and performance supply logistics of Offshore platforms even if some future model improvements are required. Knowing in advance were the delays are more susceptible to occurs in the supply chain allows the planners to anticipate their strategies and delivery routes.

**Key Words:** Offshore, Supply Chain, Logistic, Platform Supply Vessel, Offshore Platform.

## 1. Introdução:

Nowadays, around a third of the oil & gas extracted worldwide comes from offshore production, (Ocean, Institute, & Mare, 2014). In addition, the distance between offshore units is constantly increasing. This explains why the offshore logistics uses constantly increasing amount of infrastructure to maintain and develop operations of marine units, composed by airports, ports, hubs, warehouses, specialized vessels, among other, (F. Cepeda, da Silva, & Caprace, 2015). Therefore, the study of logistics between a land warehouse and the offshore installations can be a complex problem to solve (Nordbo, 2013).

Key challenges must be addressed in order to find a suitable level of operations planning to use a minimum amount of resources with high service level. Logistics is fundamental in the petroleum offshore industry and optimizing the transport logistics network thus becomes an economically critical issue. The presence of stochastic elements in cargo transportation to and from offshore units affects the offshore supply operations planning justifies the implementation of an analysis and prediction approach. Today, there are few researches that consider planning and logistics problems in the offshore supply chain and even less that take into account the uncertainty and possible disruptions that may arise in the logistic chain.

A Maritime Cargo Fulfillment Indicator (MCFI) has been developed in this study. This indicator measures the percentage of cargo supplied before deadline in relation to total amount of cargo supplied to offshore units for a period of one month. For logistics operations, the major challenge is to keep the indicator above 76%. Various issues affect this indicator such as weather conditions, vessels off-hire (near 10%), availability of deck area and number of vacant berths, unexpected failures, multiple goods and priority of some cargoes.

This paper is focusing the analysis in the logistic of campos brazilian basin. Distance to offshore units is one of the main factor that affects the logistic operational performance as Brazil oil production is concentrated more and more in deep seas.

The logistics process has the following stages: transport request creating, picking list generating, cargo picking start, cargo picking and cargo consolidation end, transport request releasing, transport request fulfillment creating, cargo delivered to port, and cargo delivered to offshore unit. Materials for the units can be stored

either in own warehouses or supplier warehouses. The requests orders are used to plan the available supply vessels after analysis and consolidation of the data. Some information as cargo weight and dimensions are important because it limits the amount of cargo to be loaded on the ships. Furthermore, it is very important to taking into account the delivery deadline. The earliest date and latest date are associated to each request. The quality of the service will be affected whether the cargo is delivered on time or not. (Ferreira Filho, 2015).

The principal objective of this paper is to analyze the request order database and recovers hidden information, that can be found through data mining.

Three different algorithms have been applied. First, association rules have been detected amongst available transactions on the database such as cargo weight versus delay status, cargo weight versus type of operations, etc. Then, decision trees and multilayer perceptron neural network models were used to carry out predictions on cargo delays.

## 2. Methodology and Data Model:

Data Mining (DM) is the analysis of datasets to find patterns, associations or unsuspected relationships and to summarize the data in understandable and useful ways to the data owner (Hand, Mannila, & Smyth, 2001). DM uses various analytical techniques and involves the creation of a model, so that the concluded result will become useful information or knowledge, (Ting, Tse, Ho, Chung, & Pang, 2014). DM also uses different algorithms to predict information about entire project. Finally, DM is a multi-disciplinary field that is at the intersection of statistics, machine learning, DB management, and data visualization (Feelders, Danielsa, & Holsheimer, 2000).

The analyzed DB consists of a list of cargoes orders, which are supposed to be delivered to offshore units by PSVs. Each one of 239 921 rows of the DB represent a transport request item and have key information about cargo which will be supplied to offshore units.

Extreme outlier's values were excluded using Equation 1 and 2. Outliers values represent 24 116 records on 239 921 which mean 10% of the DB. Where  $p$  are data points,  $Q_1$  is the lower quartile,  $Q_3$  is the upper quartile, and  $IQR$  is the distance between  $Q_1$  and  $Q_3$ .

$$\begin{aligned} (1) \quad & p < Q_1 - (3 \cdot IQR) \\ (2) \quad & p > Q_3 + (3 \cdot IQR) \end{aligned}$$



In this study, the MCFI is measured to know the logistic operations performance and in the first semester of 2014 the goal was not reached (MCFI>76%). The average was 61% (minimum value 52% and maximum value 67%). The delay measured in days is the difference between delivery date and deadline. The higher frequency is presented between 1 to 3 days of delay. A classification of the delays has been defined as follow: 0 to 1 days (40%) [Much Lower - 37375 records], 2 to 3 days (~35%) [Lower - 30060 records], 4 to 5 days (~14%) [About the same - 12602 records], 6 to 7 days (~4%) [Higher - 4234 records], and more than 7 days (~6%) [Much Higher - 6311 records].

In addition to the fact that logistics service has not performed above the desired goal (MCFI > 76%), the percentage of cargoes delayed plus one day is around 40% of the total amount of delays, which can be considered very high.

The proportion of normal operations are about 84% and emergency priorities operations are 16%, the proportion of each type of operations are Load 70%, Backload 28% and Transshipment 2% over the analyzed period.

Cargoes movements can be considered as one of the most important operations, because it could affect oil production. Indeed, some cargoes have a huge impact on the development of the production and the habitability (foods and water) of the offshore units. We can also conclude that the amount of transport requests items delivered after deadline is higher for load than backload and transshipment operations. The proportion of delayed items is respectively 48%,

18% and 23% for load, backload and transshipment operations. The load frequency per weekday over the covered period is in average 14% per day, the higher percentage is on Sundays (17%) and lower percentage is on Fridays (13%), that is the distribution of delays is almost constant over the week. The cargoes were delivered before the deadline (within of time) are 64% and out of time are 36%.

### 3. Results and Discussions

Modeling step has been divided in three stages explained in this section. First, association rules inference algorithm (A priori) is applied on the DB to find possible relations between transactions such as cargo weight versus delay status, cargo weight versus type of operations, etc. Then, multilayer perceptron neural network models is used to carry out predictions on cargo delays starting from voyages features such as weekdays, origin, destination, cargo class and type of operations. Finally, decision tree model is used to undertake predictions about delay status and type of operations (load, backload and transshipment). The load order request DB (239 921 rows) have been gathered in 2 851 voyages. Selected input and outputs of the different models are presented in 1.

Table 1 – Input and output values of the models

Item number	Inputs name	Outputs
1	Quantity of cargo items	1. A priori: Association rules 2. Multilayer Perceptron: Average of delay days 3. Decision Trees: Average of delay day
2	Total weight of Cargo items	
3	Average Delay days	
4	Priority: Normal (N) or Emergency (E)	
5	Cargo Classification Type: General Cargo (GC), Liquid bulk Cargo (LC), or Dry Bulk Cargo (DC).	
6	Type of shipment: Load, Backload, or Transshipment	
7	Status of delay: Within of time or Out of time	
8	Ship ID	

### 3.1 Apriori Algorithm

A priori model is performed by recognizing the most frequent individual items in the DB and extending them to even larger item sets as long as those item sets appear sufficiently often in the DB to determine any possible association rules, which allows to identify possible trends in the DB.

Support and Confidence are major indicators in this technology. Support indicator is defined as a fraction of transactions that contain an item set, i.e., is the frequency of occurrence of an item set. A frequent item set is one whose support is equal or greater than a threshold (minus in the algorithm). Thus, confidence measures how often items in Y appear in transactions that contain X (Agrawal R., 1994). X and Y are called precedent and consequent of the rule respectively, see Table 2. For this work we used an A priori algorithm. Confidence and support values have respectively set to 90% and 80%.

A priori model have provided relations that were not known previously. Table shows the fifteen association rules considered satisfactory from an operational perspective.

Table 2 - A priori Results: Association Rules

Consequent	Precedent
Delays average	Backload, Dry bulk
Delays average	Emergency
Delays average	Transshipment, Liquid Bulk
Transshipment	Outdated
Backload	Delays average, Emergency
Transshipment	Outdated, Delays average
Delays average	Emergency, Transshipment
Outdated	Emergency
Backload	Outdated, Emergency
Backload	Delays average
Delays average	Transshipment
Delays average	Dry Bulk
Dry Bulk	Backload
Backload	Delays average, Outdated
Backload	Emergency, Delays average

### 3.2 Multilayer Perceptron (MLP)

A MLP neural network is a feedforward artificial neural network model that maps sets of input data on a set of appropriate outputs. A MLP consists of multiple layers of nodes in a directed graph, with each layer fully connected to the next one. Except for the input nodes, each node is a neuron (or processing element) with a nonlinear activation function. MLP utilizes a supervised learning technique, called back-propagation for training the network (Rosenblatt, 1961), (Rumelhart, 1986).

The learning set of the MLP has been set to 70% while test set used 30% of the data available. MLP has been used to predict Average of delay days for each trip. The prediction carried out for delays average on logarithm base shows good correlation as we can see in Figure 1, R2 is 0.991, mean absolute error is 0.007, mean squared error is 0.001, root squared error is 0.026, and mean signed difference is 0.001. This gives a good confidence in the results of the model.

### 3.3 Decision Trees (DT)

A DT can be used as a model for sequential decision problems under uncertainty. This describes graphically the decisions to be made, events that may occur, and outcomes associated with combinations of decisions and events. Probabilities are assigned to events, and values are determined for each outcome. A major goal of the analysis is to determine the best decisions (Middleton, 2015). DT are commonly used in operational research, specifically in decision analysis, to help to identify a strategy most likely to reach a goal. Another use of decision trees is as a descriptive means for calculating conditional probabilities. (Quinlan, 1987), (Y. Yuan, 1995).

The learning set of the DT has been set to 70% (1 995 records), of the data while test set used 30% (856 records), of the data available. Decision tree, have been used to predict average of delay days for each trip. Figure 2 shows results for this model, which provided a good accuracy (99.87%). Indeed, error is 0.121% in relation to prediction delays average, and wrong classified one on 824.

Figure 1 – Multilayer Perceptron Neural Network error of the test set, X axis: LOG average delay days;  
Y axis: prediction average delay days.

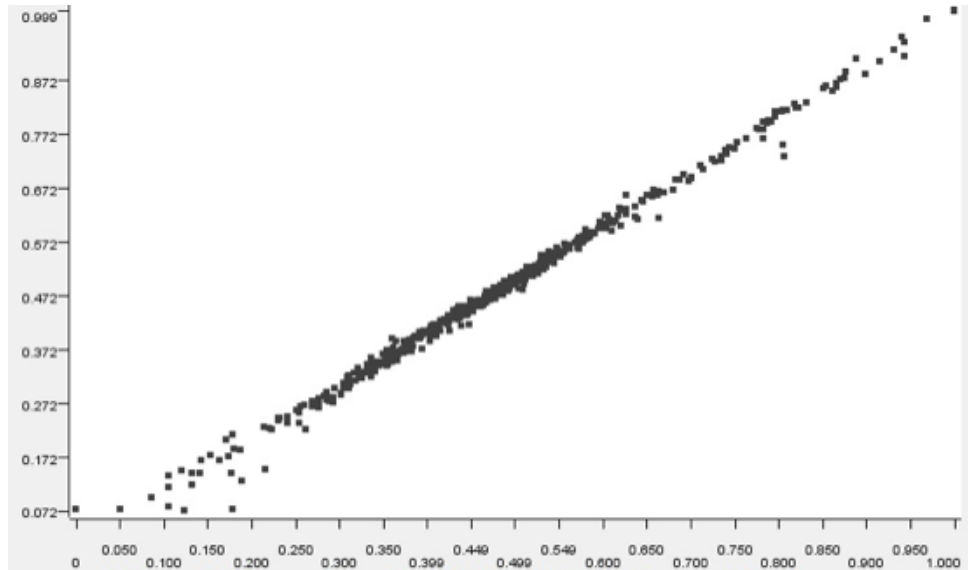
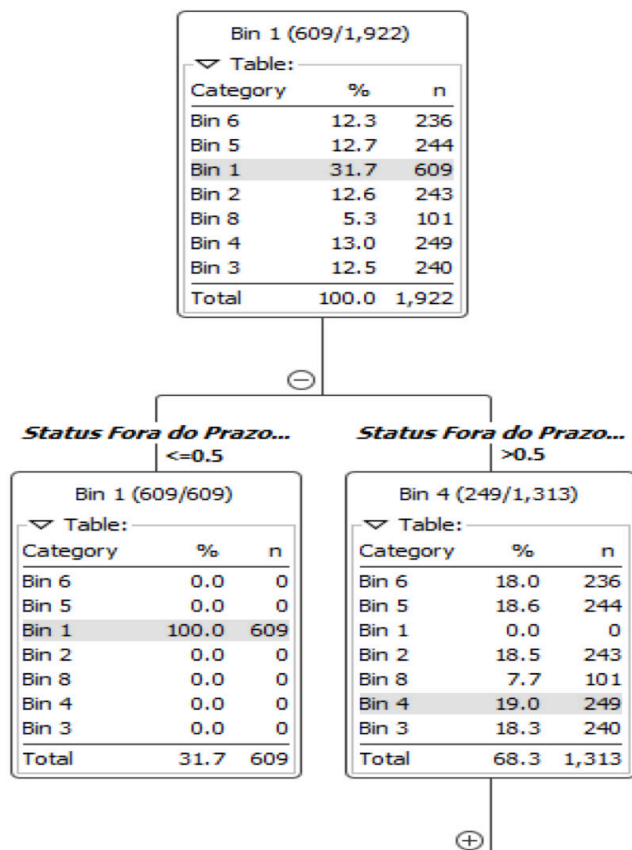


Figure 2 – Decision Trees Results: View and Accuracy



#### 4. Conclusions and Future Work

This paper presented an application of machine learning algorithm on the analysis and prediction of offshore supply delays. Three models have been used, the A priori association rules, the multilayer perceptron neural network and the decision tree. All presented a great reliability (accuracy better than 95%) during testing, (test set have been set up to 30% of available data).

Planners can apply the model proposed to analyze the delays of the PSV fleet.

Knowing in advance where the delays are more susceptible to occur in the supply chain allows the planners to anticipate their strategies and delivery routes. The findings provide a new way to address efficiency and performance supply logistics of offshore platforms even if some future model improvements are required.

It is interesting to highlight that the most of working time have been spent for data treatment.

A potential future work, can focus the development of the operation performance over time and included as well as more input data, e.g. one year span instead of a semester.

#### 5. References

- (1) Agrawal R., S. R. Fast Algorithms for Mining Association Rules, Proceedings of the 20th VLDB Conference. Santiago, 1994.
- (2) Feelders, A., Danielsa, H., & Holsheimer, M., Methodological and practical aspects of data mining. *Information & Management*, 37(5), 271–281. doi:10.1016/S0378-7206(99)00051-8, 2000.
- (3) Ferreira Filho, V. J., *Gestão de Operações e Logística na Produção de Petróleo*. Rio de Janeiro, RJ, Brazil: ELSEVIER, 2015.
- (5) Hand, D., Mannila, H., & Smyth, P., *Principles of Data Mining*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2001.
- (6) Leite, R., Maritime transport of deck Cargo to Petrobras fields in Campos Basin: an empirical analysis, identification and qualification of improvement points. Rio de Janeiro: PUC-RIO., 2012.
- (7) Middleton, M. R., Introduction to Decision Trees. In M. R. Middleton, *TreePlan Tutorial* (pp. 157-168), 2015
- (8) Quinlan, J. R., Simplifying decision trees. *International Journal of Man-Machine Studies* 27 (3): 221. doi:10.1016/S0020-7373(87)80053-6., 1987.
- (9) Rosenblatt, F. x., *Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms*. Washington DC: Spartan Books, 1961
- (10) Rumelhart, D. E., *Learning Internal Representations by Error Propagation* (Vol. Volume 1: Foundations). MIT Press, 1986.
- (11) Ting, S., Tse, Y., Ho, G., Chung, S., & Pang, G. (2014). Mining logistics data to assure the quality in a sustainable food supply chain: A case in the red wine industry. *International Journal of Production Economics*, 200–209, 2014.
- (12) Y. Yuan, S. M. (1995). Induction of fuzzy decision trees. *Fuzzy Sets and Systems* 69, 125–139, 1995.



# Experimentos de Tribología de Metales, en la Universidad Marítima Internacional de Panamá

**Elmer Arcelio Pérez Espino**

Universidad Marítima Internacional de Panamá.  
eperez@umip.ac.pa

**Masaki Tanaka**

Japan International Cooperation Agency (JICA).  
taller\_tanaka@yahoo.co.jp

## Resumen:

En este artículo presentamos una visión de la investigación en Tribología desarrollada en la Universidad Marítima Internacional de Panamá (UMIP), en la cual continuamos el camino trazado desde 2012, cuando iniciamos las investigaciones en metales: Austenita, Ferrita, Martensita (Perez, Tanaka, & Jibiki, 2013) (Perez, Tanaka, & Sugawara, 2013), resultados que muestran las características básicas del volumen desprendido cuando dos cuerpos se deslizan o giran sobre un centro, como es el caso de los ejes de un motor en movimiento. Además otros de los resultados mostrados, son las observaciones sobre la tendencia a la formación de modos (Perez, Tanaka, & Jibiki, 2013) (Perez, Tanaka, & Sugawara, 2013). Dados estos análisis, hemos continuado con nuevos experimentos que nos han llevado a verificar el comportamiento del desgaste ante ambientes magnéticos, largos periodos e incorporación de otros metales.

**Palabras Claves:** *Austenita, Ferrita, Martensita, Ambiente*

**Title:** The Tribology of Metal's Experiments, in the International Maritime University of Panamá.

**Abstract:** This article gives a view through one of its research findings in Tribology developed at the International Maritime University of Panama (IMUP), in which we continue the path outlined since 2012, when we started research on metals: Austenite, Ferrite, Martensite (Perez, Tanaka, & Jibiki, 2013) (Perez, Tanaka, & Sugawara, 2013), results that show the basic characteristics of the volume released when two bodies slide or rotate on a center, as is the case with the axes of a motor in motion. In addition, other of the results shown are the observations on the tendency to form modes (Perez, Tanaka, & Jibiki, 2013) and (Perez, Tanaka, & Sugawara, 2013) Given these analyzes, we have continued with new experiments that have led us to verify the wear behavior in magnetic environments, long periods and incorporation of other metals.

**Key Words:** Austenite, Ferrite, Martensite, Environment.

## 1. Introducción:

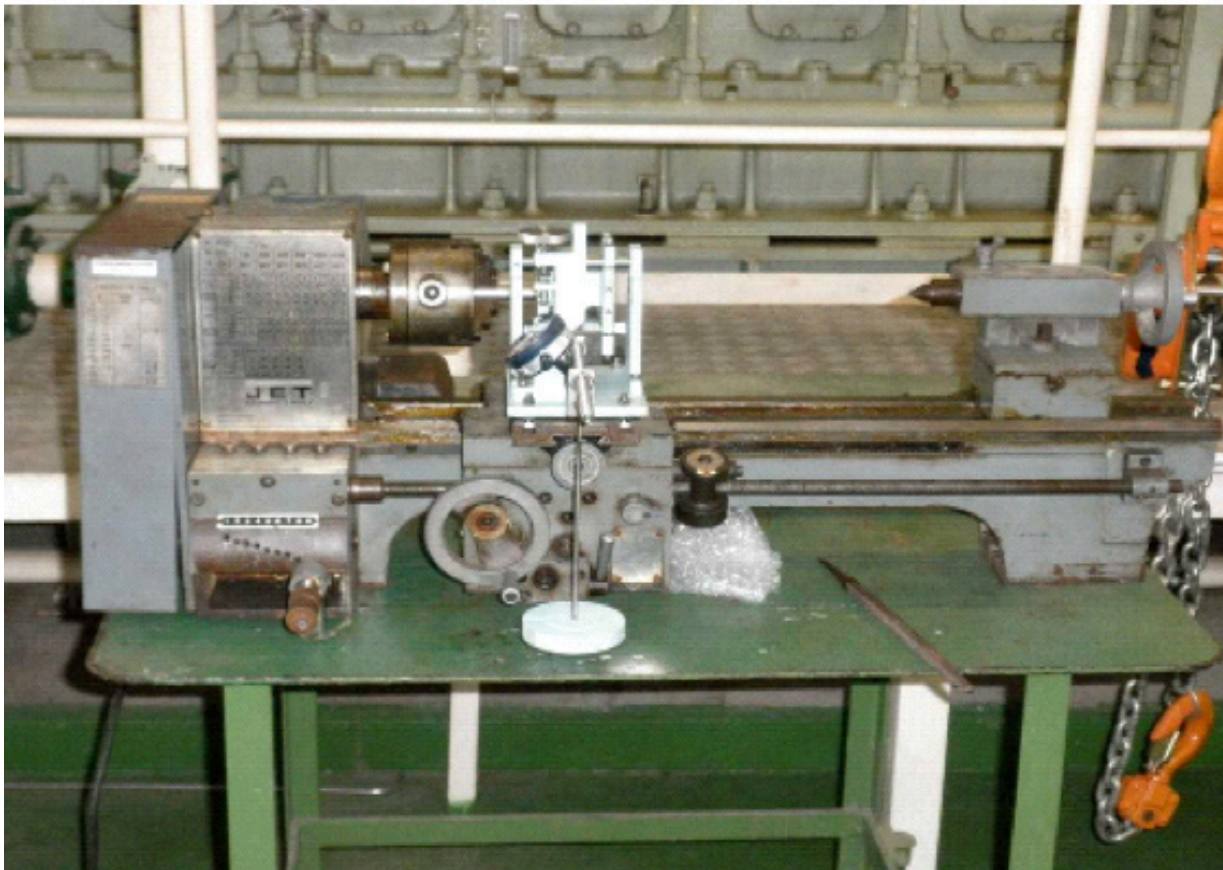
Hoy ante la creciente demanda de materiales para la industria del transporte y la defensa, se hace necesario la búsqueda de nuevos conocimientos que nos permitan el máximo rendimiento de los materiales, vía el uso de las aleaciones existentes y el desarrollo de nuevas técnicas. La industria exige a la ciencia un mayor conocimiento de los materiales utilizados y su uso adecuado. Es la Tribología, la ciencia indicada para proveer el perfil de los conocimientos de las propiedades de los metales en condiciones de desgaste y uso continuo. Una vez que los fabricantes realicen el diseño de un prototipo, en el caso del hierro y cualquiera de sus variantes, es necesario conocer los efectos de los diversos tratamientos utilizados en metalurgia como lo son el endurecimiento o los procesos de enfriamiento sobre el metal. Hemos diseñado una serie de experimentos utilizando dos especímenes uno fijo y otro variable o en

movimiento del mismo material, lo cual a través de su contacto (el uno con el otro) producen un desgaste en condiciones de carga variable. Así, mientras el cuerpo gira a una velocidad constante, utilizando un programa de computadora registramos el desgaste y calculamos el volumen del material desprendido, esta información es graficada, en conjunto con otros parámetros que se obtienen como lo es la vibración del cuerpo, el tiempo y la proporción del recorrido. Estos experimentos nos permiten analizar los metales y cuál es la velocidad del desgaste bajo diversas cargas y/o condiciones especiales como lo son la lubricación, la temperatura, o la variación del espécimen. Esta investigación busca con la experimentación determinar el desgaste de las piezas en movimiento en los motores o los equipos en desplazamiento.

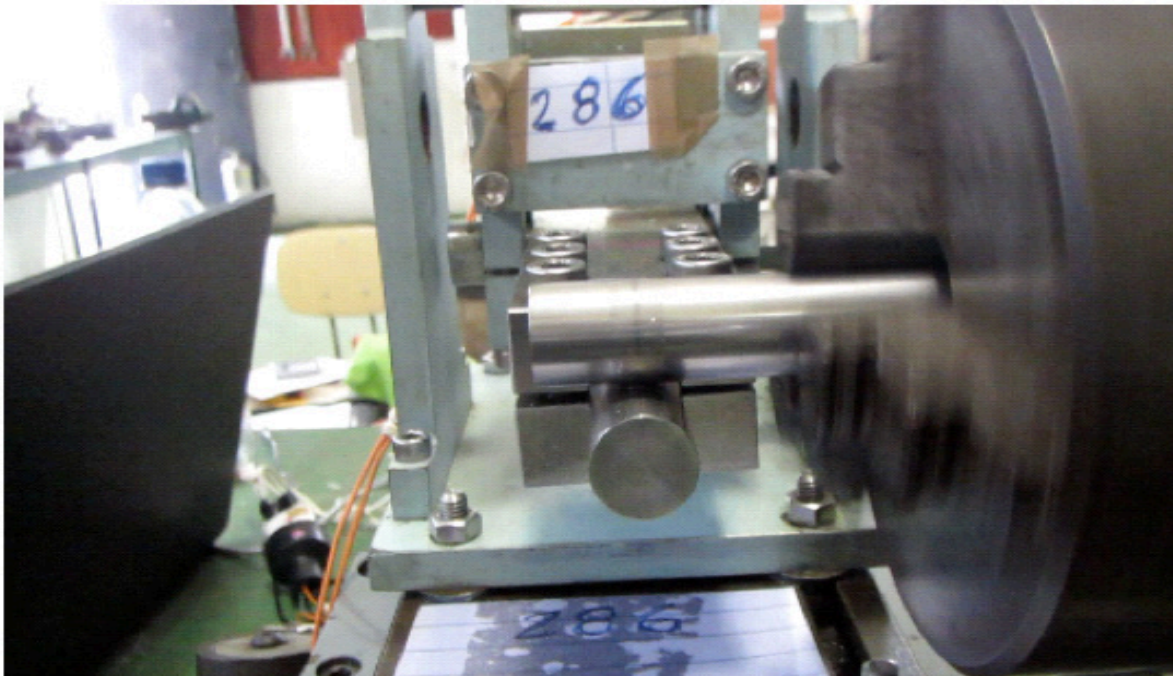
**2. Desarrollo y Proceso de los Experimentos:**

Una de nuestras metas es alcanzar un estudio analítico y profundo para ello utilizaremos pruebas, un equipo compuesto principalmente por un torno, al cual se le acopló una computadora, una cámara, circuitos de control

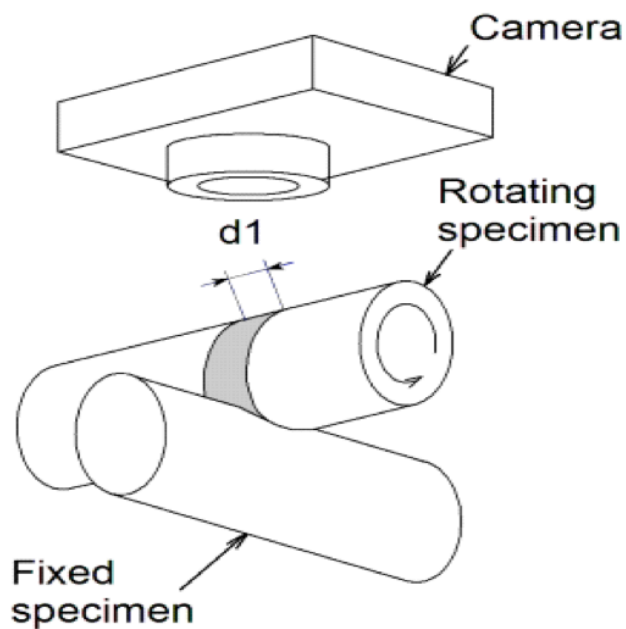
adecuados para el registro periódico del desgaste, sensores para medir la vibración, desarrollándose cada evento en una, dos o veinticuatro horas, en las cuales se utilizan programas de análisis y estudios que nos permiten llegar a conclusiones.



*Figura 1. Vista general del torno utilizado en los experimentos de desgaste de metales.*

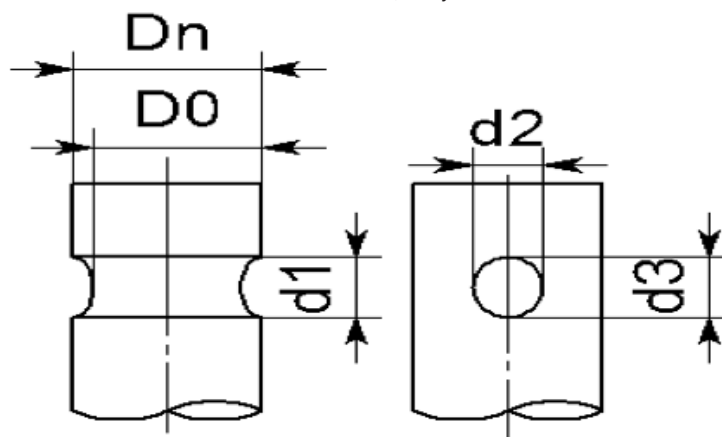


**Figura 2.** Vemos el arreglo de las muestras y su geometría espacial, la cual permite formular las funciones que posteriormente se van a usar en la evaluación de los resultados experimentales, como en la figura. Los especímenes son cilíndricos, de superficie pulida de acero inoxidable (endurecido o sobre endurecido). También el siguiente arreglo, el parámetro  $d1$ , determina experimentalmente la relación de desgaste.



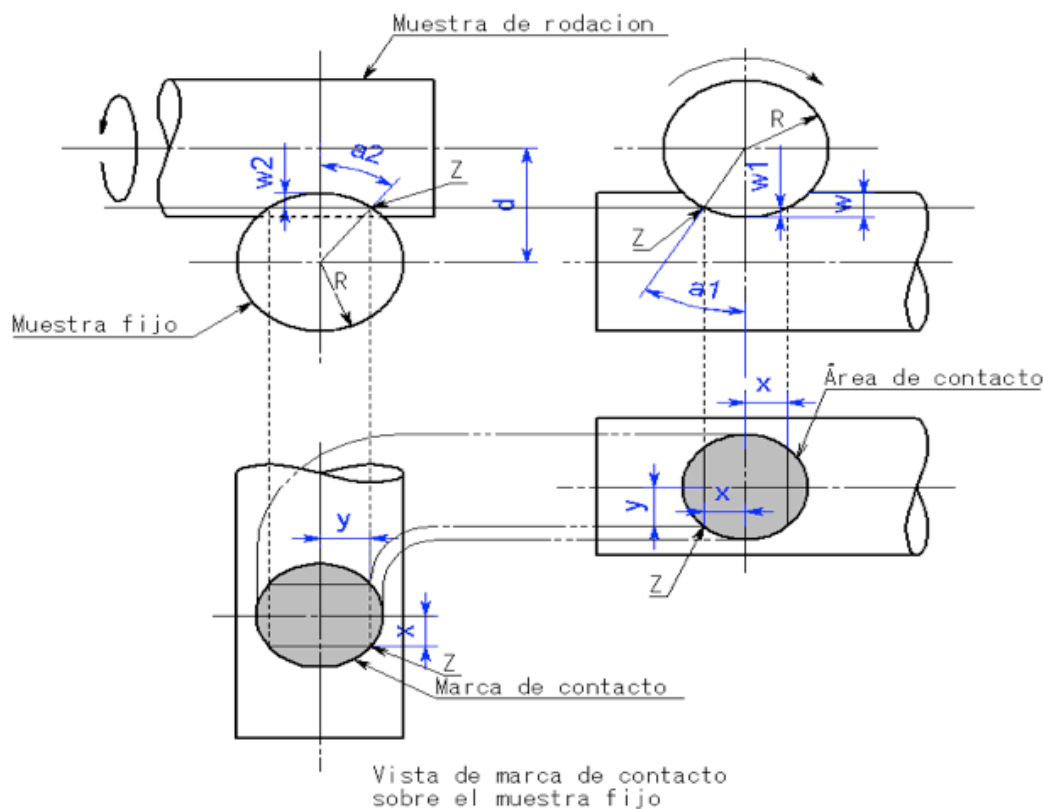
**Figura 3.** Distribución espacial de las muestras y el parámetro  $d1$ .

En la figura 4 presentamos la geometría de las muestras (tanto de la fija como de la móvil) y la distribución de las variables  $d1$ ,  $d2$  y  $d3$ .



**Figura 4.** Geometría de las muestras.

Finalmente, en la figura 5 se muestra el análisis de variables para el cálculo del material de desgaste:



**Figura 5.** Variables geométricas definidas sobre la muestra.



### 3. Modos:

Nuestro estudio inició con una investigación básica; exploramos las características determinantes del desgaste en el acero inoxidable a través de pruebas con Ferrita, Martencita y Austenita, en periodos de media hora y en condiciones de ambiente tropical promedio; observamos la formación de tres modos en la curva de desgaste, modos en los cuales pudimos determinar lo siguiente:

- **Modo 1**, Se inician las condiciones de desgaste, donde el material establece las condiciones de suficiencia que se van a dar en el Modo 2, el cual se utiliza, como lubricante.
- **Modo 2**, Se presenta un desgaste severo y comienza a estabilizarse la curva de desgaste, tiene una constante, si las condiciones de los parámetros o variables externas permanecen constantes.
- **Modo 3**, Se reúnen las condiciones de lubricación producidas anteriormente por las partículas adicionales, las cuales se han acumulando, depende del tamaño y la oxidación, ya sea porque el desgaste se acelere o retarde.

De allí concluimos, la necesidad de explorar en detalle los MODOS, en un periodo siguiente, ya sea, el diseño de una serie de nuevos experimentos.

En el Modo 1, se presenta una cantidad muy pequeña de desgaste con surcos de 0.01mm de profundidad.

En el Modo 2, la media de la ralladura aumenta por la fricción (0.2mm) y el material de desgaste es el resultado de una mayor vibración (Ver figura 7).

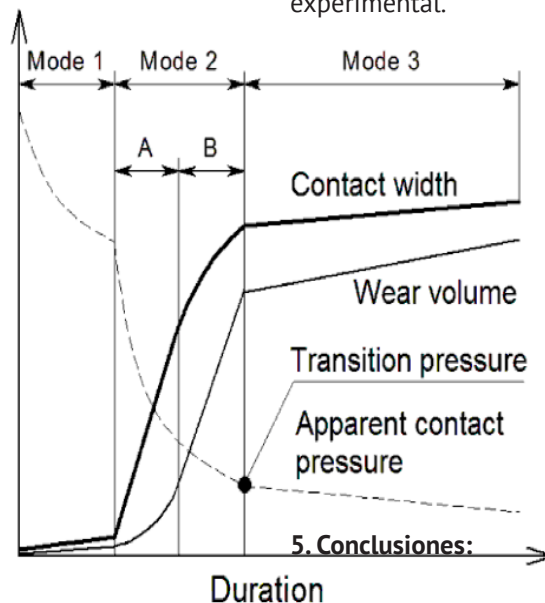
En el Modo 3, la vibración se reduce, la superficie de contacto metálico cambia a negro o chocolate y, a diferencia de lo anterior, las partículas son más finas las cuales se debe a la oxidación. En este MODO el coeficiente de fricción se reduce y hay una buena definición de la curva del desgaste.

La definición de los MODOS y los efectos de desgaste son el resultado en las pruebas de lubricación, nos llevan a medir la fricción generada por el contacto de las superficies, en una forma más detallada y definida en el transcurso de las pruebas.

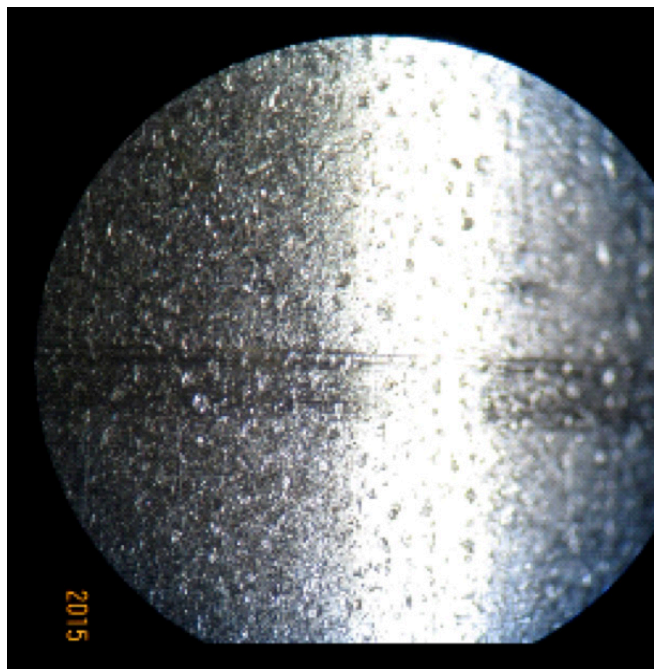
La búsqueda de una explicación definitiva dentro de la Tribología nos ha llevado a desarrollar, nuevas pruebas con controles más específicos, por ejemplo:

- La temperatura
- El magnetismo
- Periodos de Stop/Run
- Otros metales
- Experimentos de 24 horas

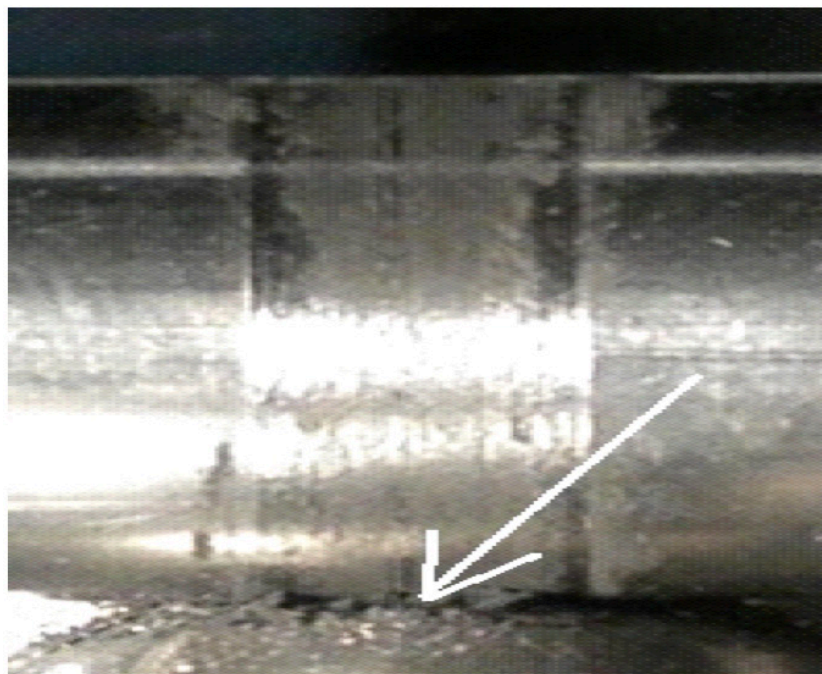
La recolección de los datos, el análisis profundo y las técnicas utilizadas nos han permitido obtener calidad experimental.



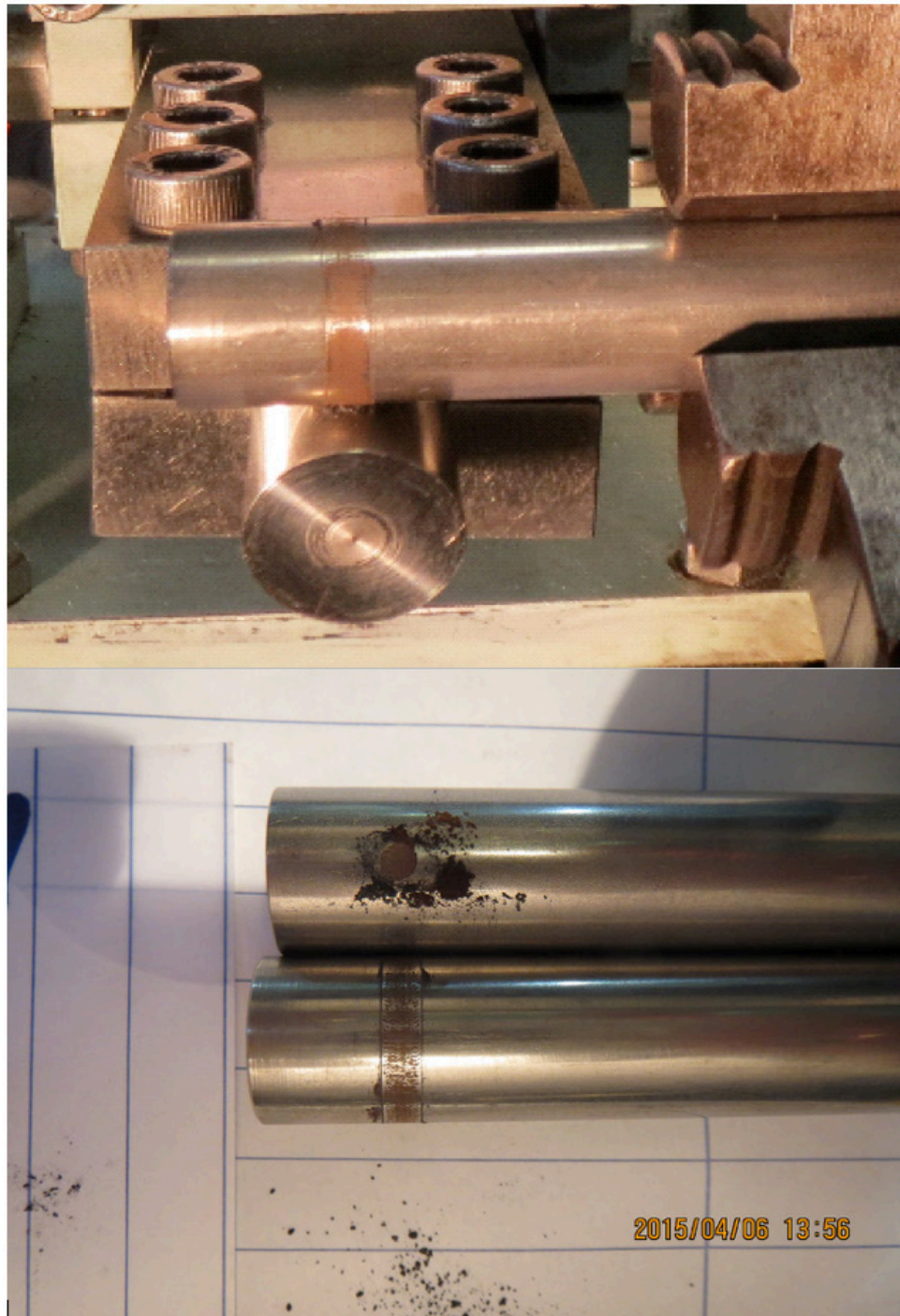
**Figura 6.** Los tres modos de desgaste



**Figura 7.** Muestra de micro-foto obtenida en la Universidad de Panamá, la cual permite observar los surcos de la superficie del espécimen.

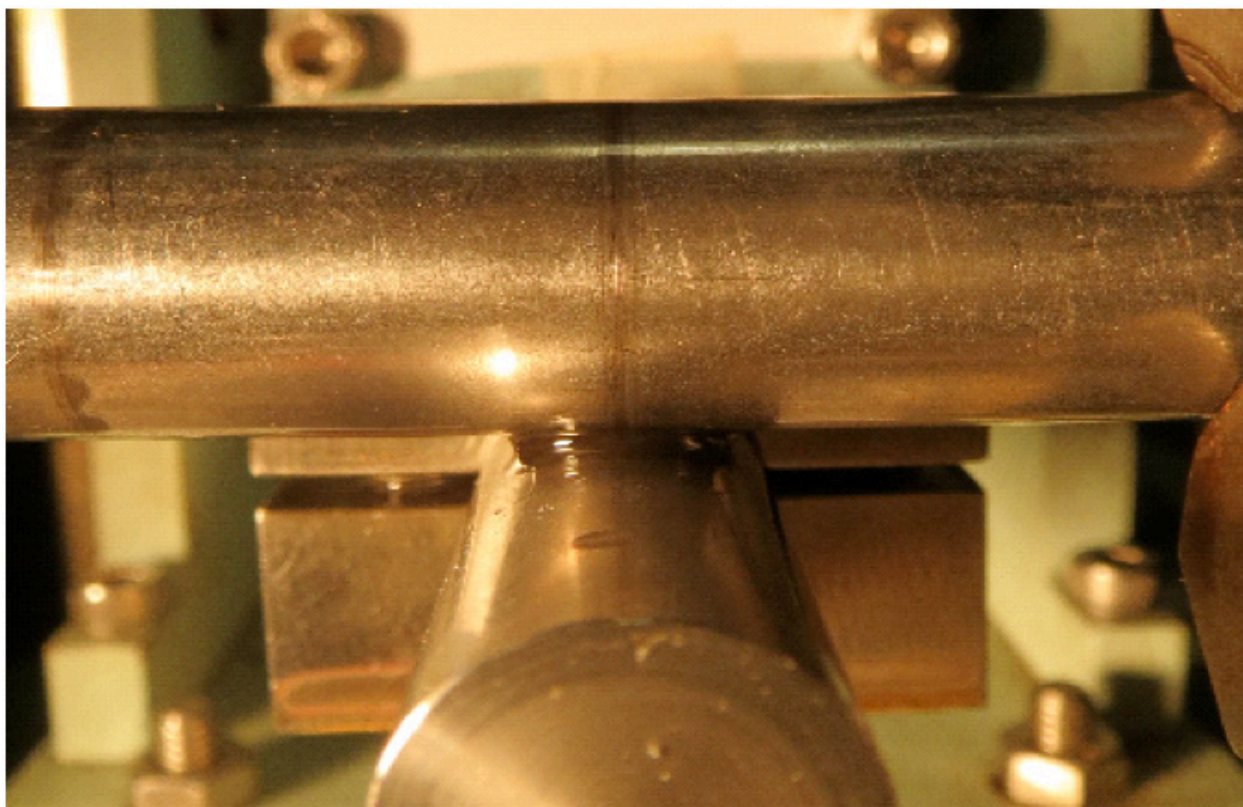


**Figura 8.** Observamos surcos formados por el desgaste del metal en una vista más panorámica. Se aprecian la formación del polvo producto del desgaste. Los nuevos estudios tienden hacia una investigación más detallada de los polvos o residuos del desgaste.



**Figura 9.** Observamos la secuencia del experimento 311, muestra de la oxidación en el área ligeramente chocolate.





*Figura 10. En el experimento 338 se muestra de una forma experimental el uso de un lubricante suave, el cual presenta una ligera suavidad en el desgaste.*

#### 4. Análisis de los datos:

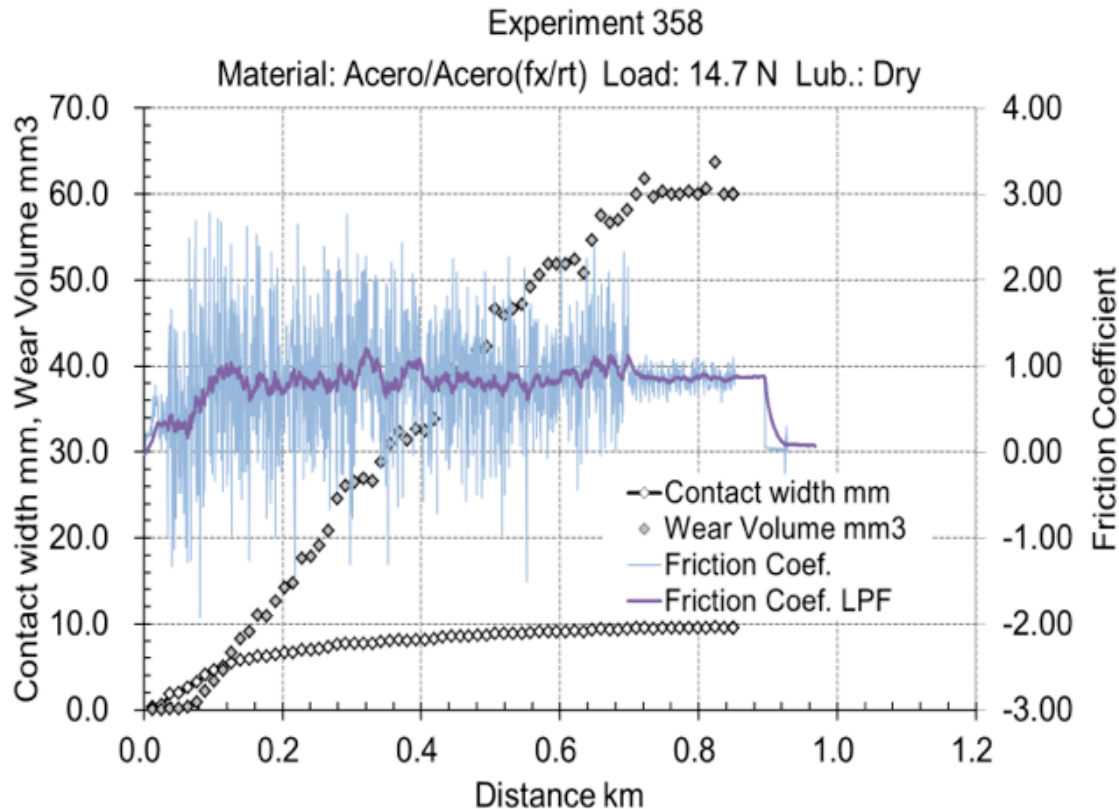
El análisis de los datos ha requerido nuevas variables a medida que la investigación avanza, para determinar los criterios. Creamos una serie de procedimientos flexibles para las diversas pruebas realizadas, por ejemplo:

- Experimentos de muestras similares
- Experimentos mixtos
- Experimentos en seco (y sus variantes)
- Experimentos con lubricación
- Experimento stop/run
- Otros metales

- Otros casos especiales (sensores de temperatura, stop/run y/o 24 horas)

En la gráfica 1 seleccionamos una muestra de un experimento desarrollado sin lubricación para un espectro de cargas muy amplio. Es valioso, en términos del análisis esta circunstancia, ya que como en los experimentos anteriores de este MODO, se acentúa mayor fricción en las pruebas.

**Grafica 1.** podemos observar la tendencia al utilizar un valor “más probable” que se acerca a una función lineal durante el MODO 2, pero para este conjunto de pruebas también vemos que esta tendencia lineal se amplía en un 80%, reduciendo el MODO 1 y el MODO 3 en el desgaste.



Dentro del desarrollo del presente estudio hemos revisado los planes ya desarrollados anteriormente que consisten en la ejecución de los experimentos de desgaste con tiempo definido de especímenes fijos y en movimiento de la misma clase: Martensita vs Martensita, Ferrita vs Ferrita y Austenita vs Austenita; utilizando para ello un número de cargas determinado. La visión de esta planificación nos llevó a profundizar más los estudios anteriores en el aspecto matemático, partiendo así de los modos que hemos observado y concluido que se dan. Estos modos nos han permitido llegar a una correlación del volumen de desgaste, que nos lleve a una función general, hasta los experimentos sin lubricantes, expresada en la siguiente fórmula:

$$VW = k (d1^n / dS) \quad 1$$

en donde VW es el volumen de desgaste, k es una constante encontrada, d1 es el área de desgaste experimental, n es el exponente encontrado y dS es el diámetro de la muestra. El valor más importante encontrado en nuestros cálculos a través del estudio de la correlación es:

$$VW = 0.12 (d1^4 / dS) \quad 2$$

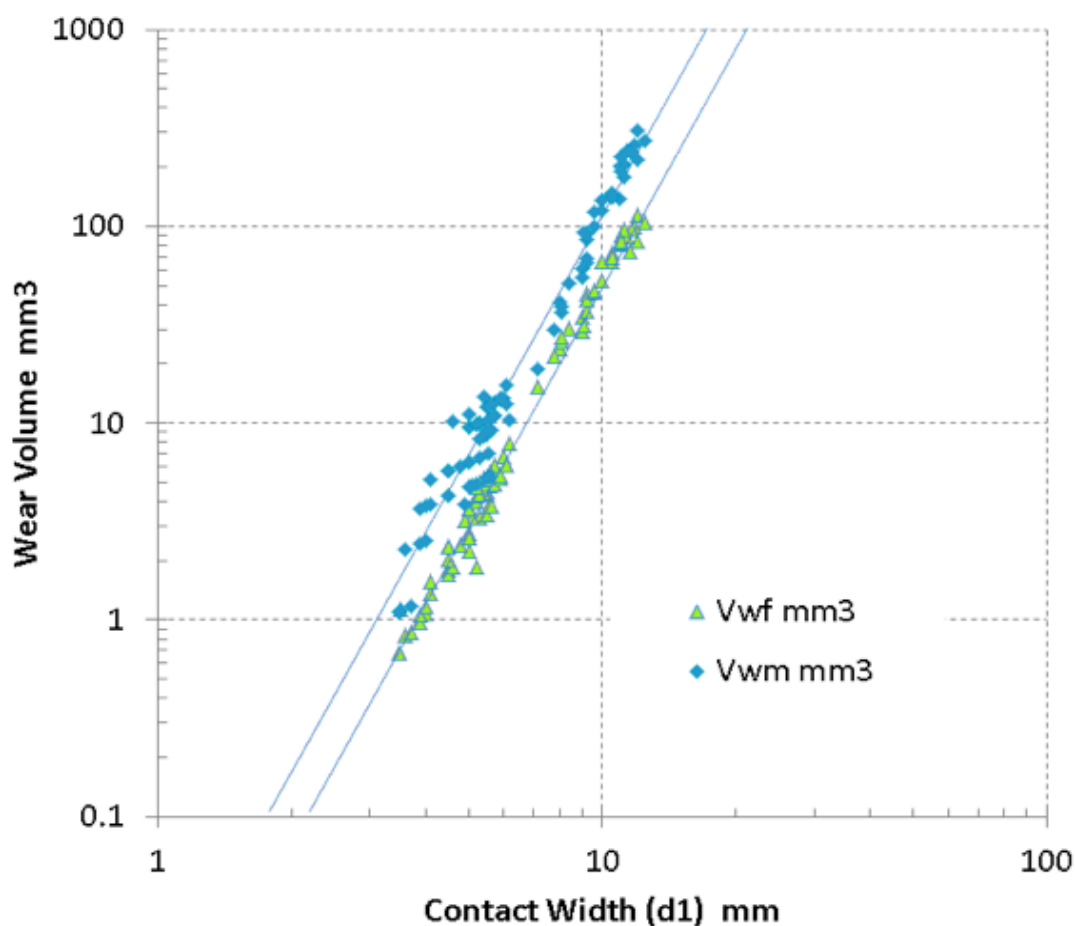
Al llegar a una función general que nos proporcione el volumen de desgaste por fricción de piezas en movimiento, nos es posible conocer más acerca de la vida útil de los equipos y lo que es importante hoy: su mantenimiento en la industria automotriz y en la mecánica en general.



Observamos en este artículo algunos resultados preliminares de los experimentos de Tribología desarrollados en la Universidad Marítima Internacional de Panamá; sin embargo, hemos continuado el estudio de desgaste de metales de forma amplia, revisando algunos experimentos, principalmente aplicando el análisis de los mismos, con lubricantes. Así, entre los

parámetros explorados figuran las dimensiones del surco y las dimensiones de los granos que componen el polvo desprendido; medidas que utilizan otros equipos especializados los microscopios de alto poder de resolución utilizados de la Universidad de Panamá y/o Universidad Tecnológica de Panamá.

**Grafica 2.** Resultados experimentales para  $d1$ , sin lubricantes, los resultados del volumen de desgaste en  $\text{mm}^3$  (donde VWF es la muestra fija y VWM es la muestra móvil) y los resultados de la correlación que permitió hacer los cálculos de  $k$ .



---

**Bibliografía**

- (1) Saúl Soto Molina, Lubricación Técnica de Maquinaria, Editorial Trillas, ISBN: 968-24-7097-9, México 2005.
- (2) Marine Engineering, Vol. 48 No.4, ISSN 1346-1427, Japan 20013
- (3) Marine Engineering, Vol. 48 No.5, ISSN 1346-1427, Japan 20013
- (4) Buenas técnicas.com/ensayos/reportes-tribología-.c/3660917.htm/reportes de tribología
- (5) Scienti.co/ciencia.go.co:8080/grup/ag/jsp/visualiza/grupo de investigación en comisión, tribología y ensayo.

## FORMATO PARA ESCRIBIR ARTÍCULOS EN LA REVISTA CIENTÍFICA



- Tipo de letra: Arial Narrow
- Título del artículo: Alineado del lado izquierdo, letra tamaño 20 puntos en negrita.
- Se debe dejar dos espacios entre cada título
- El nombre de los autores alineados de lado izquierdo, letra tamaño 12 puntos en negrita. Debajo a espacio sencillo, lugar donde trabaja y correo electrónico; tamaño de letra de 8pts.
- Los títulos del contenido, van alineados del lado izquierdo, con letra tamaño de 12 puntos en negrita.
- El contenido va en letra tamaño de 10 puntos, a espacio sencillo.
- El contenido del Title, Abstract y Key Words, van en letra tamaño 10 puntos y cursiva
- La numeración de los títulos inicia con la Introducción.
- Los subtítulos de los títulos, numerados y en letra de 11 puntos en negrita.

Ej. **1.1 Nombre 1.2,...**

- Las fotos y Tablas: Figura 1. Nombre, Tabla 1. Nombre. Debajo de cada imagen, en las tablas va en la parte superior, el tamaño de letra de 10 pts. Las fotografías deben tener buena calidad y entregarlas en formato JPG., las tablas de preferencia en formato Excel.
- Bibliografía: (1) numerada entre paréntesis, nombre del autor letra tamaño de 8 pts., título del libro y año en letra tamaño de 8 pts., estilo cursiva.
- Los artículos no deben ser mayores de 6 páginas.
- Todo trabajo debe de ser entregado en formato digital.
- Enviar artículos a: [investigacion@umip.ac.pa](mailto:investigacion@umip.ac.pa)



## MISIÓN

Ofrecer a la sociedad profesionales altamente calificados, mediante la innovación e investigación; promoviendo la competitividad y el desarrollo del Sector Marítimo, en el marco de los valores humanos y de responsabilidad social.

## VISIÓN

Fortalecemos continuamente los procesos académicos, de investigación y extensión; con un personal idóneo y comprometido, mejorando la eficiencia y eficacia de nuestras operaciones, superando las expectativas de nuestros clientes y propiciando una estrecha relación con el Sector Marítimo.



**Universidad Marítima Internacional de Panamá**

La Boca, Corregimiento de Ancón

Contactos

Tel: (507) 520-0218

Correo Electrónico: [investigacion@umip.ac.pa](mailto:investigacion@umip.ac.pa)

P.O. Box: 0843-03561