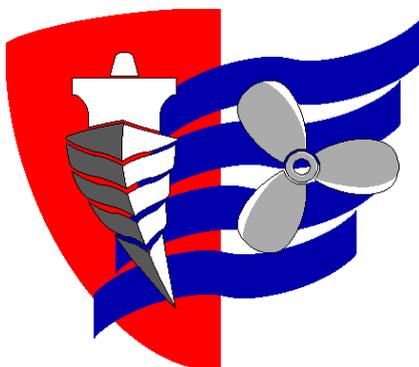


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Máster

***LIMPIEZA DE TANQUES Y PROBLEMA EN LAS
MUESTRAS TOMADAS POR TUBOS DE SONDA***

**TANK CLEANING AND ISSUE ON SAMPLES TAKEN
BY SOUNDING PIPE**

Para acceder al Título de Máster Universitario en

**INGENIERÍA NAUTICA Y GESTIÓN
MARÍTIMA**

Autor: Juan Ignacio Bedia Rodriguez

Director: Francisco José Correa Ruiz

Diciembre-2018

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Máster

***LIMPIEZA DE TANQUES Y PROBLEMA EN LAS
MUESTRAS TOMADAS POR TUBOS DE SONDA***

**TANK CLEANING AND ISSUE ON SAMPLES TAKEN
BY SOUNDING PIPE**

Para acceder al Título de Máster Universitario en
INGENIERÍA NAUTICA Y GESTIÓN MARÍTIMA

Diciembre-2018

ÍNDICE

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.....	5
2. INTRODUCCIÓN.....	7
3. OBJETIVOS.....	11
4. LIMPIEZA DE TANQUES.....	12
4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS	12
4.2 PRIMER OFICIAL EN LA LIMPIEZA DE TANQUES.....	14
4.3 MAQUINAS DE LIMPIEZA	15
4.3.1 Máquinas de Limpieza Portátiles	17
4.3.2 Máquinas de Limpieza Fijas	20
5. TANQUES DE CARGA Y TOMA DE SONDAS	22
5.1 EFECTO DEL ASIENTO Y LA ESCORA EN LA SONDA	22
5.2 MINIMIZACIÓN DEL ERROR	25
5.2.1 Uso de correcciones.....	25
5.2.2 Modificación de la estructura del tanque.....	26
5.2.3 Comparación de métodos y conclusiones.....	29
6. CONTAMINACIÓN DE MUESTRAS	32
6.1 CAUSAS DE LA CONTAMINACION	32
6.2 EJEMPLO DE CONTAMINACION POR DENSIDAD	35
6.3 SOLUCION PLANTEADA.....	39
7. FLUJOGRAMA.....	43
8. CONCLUSIONES.....	44
9. BIBLIOGRAFÍA	45
10. ANEXOS.....	47

AVISO DE RESPONSABILIDAD:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Máster de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Máster, así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.

1. **RESUMEN Y PALABRAS CLAVE**

RESUMEN

En el siguiente trabajo de fin de Master se desarrolla la limpieza de los espacios de carga en los buques conocidos como “Buques Tanque”. Previamente se plantean los motivos que llevaron a su realización, así como un breve análisis del concepto general de “La Limpieza en los Buques Tanque”.

A continuación, de forma más extensa se expone las tareas que debe cumplimentar un Primer Oficial en cada operativa de limpieza, las distintas máquinas de lavado existentes y sus características. Posteriormente, se analiza el sistema más aceptado dentro del mundo de los buques tanques, para definir como se deben llevar a cabo las limpiezas en función de los criterios más o menos restrictivos en relación a las cargas previas y posteriores.

Por último, se analiza la problemática surgida en la toma de muestras cuando las cargas previas han sido las consideradas como “sucias”, es decir, derivados no refinados del petróleo, para después pasar a realizar una carga de uno de los productos de los denominados “limpios”, es decir, los refinados del petróleo.

Ante este problema, presente actualmente en los buques tanque, el autor de este Trabajo Fin de Master plantea una posible y nueva solución por medio del uso de la UTI (Ullage, Temperature and Interface, equipo usado para tomar muestras y sondar tanques). El sistema se basaría en el acople de un rascador, que introduciéndolo dentro del tubo de sonda, se desplace verticalmente mientras rota a cierta velocidad para producir un efecto de rascado y obtener una limpieza que no “contamine” la muestra de la siguiente carga.

Con este sistema se pretende conseguir una mayor limpieza de los tanques, para que así los análisis realizados a partir de las muestras obtenidas en los espacios de carga no estén “contaminados”. Esto finalmente se traduciría en una mayor eficiencia en cuanto al tiempo, debido al hecho de no necesitar demorar la operativa de carga por una mala condición de los tanques. Lógicamente, este redundaría en eliminar presión laboral sobre la tripulación del buque, especialmente sobre el Capitán y el Primer Oficial.

Palabras Clave: Buque, Análisis de inspección, Combustible, Bomba.

ABSTRACT

In the following Master's thesis, the cleaning of cargo spaces on ships known as "Tanker Vessels" is analyzed. Previously, the reasons that have let to perform this, are elaborated, as well as a brief analysis of the general concept of "The Cleaning in Tanker Vessels".

Then, in a more extensive way, will be explained all duties to be completed by a Chief Officer in each cleaning operation, the different washing machines and their characteristics. Subsequently, the most accepted system within the world of tankers is analyzed, to define how the cleanups should be carried out according the criteria, whatever is it (more or less restrictive) in relation to the previous and subsequent loads.

Finally, we analyze the problems that arise in the taking of samples when the previous loads have been considered as "dark", that is to say, unrefined petroleum derivatives products, to proceed to carry out a load of one of the products of the so-called "clean", that is, refined oil.

Faced with this problem, currently presented in tankers, the author of this Master's Thesis proposes a new solution through the use of the UTI (Ullage, Temperature and Interface, equipment used to take samples and sound tanks). The system would be based on a scraper fixes to the UTI, that introducing it inside the sounding pipe, would move vertically while rotating at a certain speed to produce a scratching effect and obtain a cleaning that does not "contaminate" the sample of the next load.

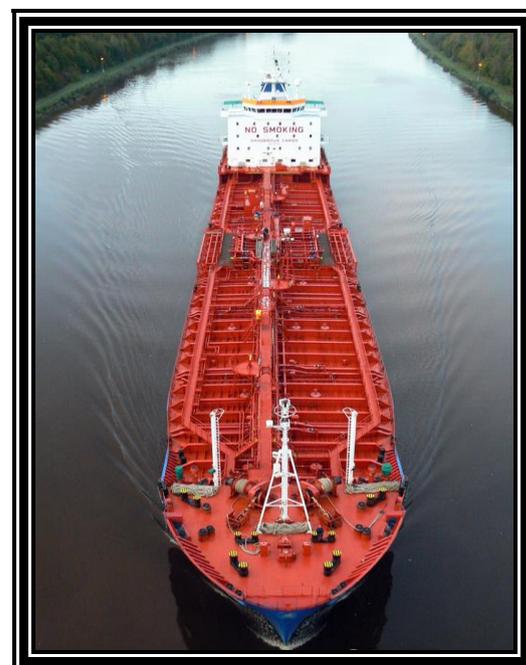
With this system is intended to achieve a greater cleaning of the tanks, so that the analyzes made from the samples obtained in the cargo spaces, are not "contaminated". This would eventually result in greater efficiency in terms of time, due to the fact that it does not need to delay loading operations due to poor condition of the tanks. Logically, this would eliminate pressure at work on the ship's crew, especially the Master and the Chied Officer.

Key Words: Ship, Sample surveys , Fuel, Pump.

2. INTRODUCCIÓN

Antes de afrontar el desarrollo del trabajo fin de máster “Limpieza de tanques y problema en el análisis de los productos sucios” a modo de introducción y justificación para su realización, creo convenientemente indicar el origen de este trabajo, sobre todo en lo referente a la elección y a sus principios.

Una vez finalizado mis estudios de Ingeniería Náutica y Transporte Marítimo en la Universidad de Oviedo (Campus de Gijón) y compaginándolo con la realización de este Master Universitario en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima, estuve embarcado en el buque Isarstern de la naviera alemana RIGEL, primero como alumno durante 9 meses en dos periodos y luego como oficial de puente durante 6 meses. Este buque se dedicaba al transporte de productos químicos principalmente derivados del petróleo entre distintos puertos del Estado Cubano.



*Vista aérea del buque tanque Isarstern. Fuente: RIGEL Schiffahrts GmbH & Co. KG

Durante mis periodos de embarques tuve la fortuna de coincidir con el Capitán Alemán Uwe Witte y como Primer Oficial al también Alemán Pascal Geisen. El Capitán además de una persona con una extensa experiencia (más de 30 años navegando y siempre en buques tanque), era una persona entrañable, accesible, cercana y con una predisposición pedagógica hacia toda la tripulación que me sirvió para adquirir una amplia cantidad de conocimientos náuticos que solo la experiencia

puede proporcionar (cálculos astronómicos, explicaciones detalladas de las operativas del barco, funcionamiento de los equipos, consejos sobre el trato diario con la tripulación y así un amplio repertorio) . Además de todo esto “nuestras individualidades” compaginaron de tal forma que nos une gran amistad, traspasando nuestra relación el ámbito puramente profesional de la relación de un Capitán con un Tercer Oficial.

Las características del sistema del trabajo del buque, o mejor dicho la gestión del flete del Estado Cubano (para quien trabajaba el Buque) hacían que de manera frecuente se generaran largos periodos de fondeo, en los cuales como todo el mundo sabe, la actividad a bordo se reduce notablemente a una intensidad o ritmo menor. Era habitual en estos periodos por la relación personal que tenía tanto con el Capitán como el Primer Oficial, que nos juntáramos en el Puente y el espíritu activo y didáctico del Capitán siempre surgía, con algún tema relacionado con nuestro quehacer diario. El propuso la idea de realizar un pequeño tratado que se titularía “Todo lo que debe saber un alumno sobre un Buque Tanque antes de ser Oficial”. La cosa que empezó como una mera actividad para ocupar el tiempo, pero fue cogiendo forma y llegamos a desarrollar 24 capítulos que a modo de ejemplo citaré alguno: limpieza de tanques, nociones básicas y sencillas para el manejo de los equipos de navegación, cálculo de posición por astros, cálculo de las limitaciones de estabilidad del buque...). Este trabajo quedo en un borrador, unos cuantos documentos de Word, que yo guardo con un grato recuerdo por los momentos pasados a bordo del Isarstern, lo rápido que se nos pasaban los periodos de guardia (era frecuente que nos pasáramos de la hora para terminar lo que estábamos realizando), por el ambiente agradable que se formaba siempre con bromas y chistes y sobre todo porque realmente creo que puede ser una gran ayuda no solo para un alumno de puente, sino también para cualquier marino, sobre todo con poca experiencia en este tipo de buques.

El tema que trato en Trabajo Fin de Máster me tocó realizarlo a mí con la ayuda del Capitán Witte y el Primer Oficial Giesen.

Antes de pasar al desarrollo de este trabajo quería manifestar la inmensa gratitud a las personas citadas no solo por la cantidad de conocimientos que he adquirido, sino también por su actitud personal hacía mí.



RIGEL

RIGEL Schiffahrts GmbH & Co. KG
 Domshof 14 / 15 | 28195 Bremen | Germany
 Phone +49 (0) 421-1 73 99-0 | Fax +49 (0) 421-1 73 99-50
 E-Mail contact@rigel-hb.com | Web www.rigel-hb.com

YOUR GUIDING STAR AT SEA

Flag
Germany
Port of registry
Leer
Built
MTW Schiffswerft, Wismar, Germany

Class and register information
LR + 100 A1 Oil and Chemical Tanker,
Ship Type 1, ESP, LI, LMC, UMS,
ICE class 1C FS



VESSEL TYPE COT 20

Vessel name	Delivery	IMO No.	Callsign
MT Isarstern	12/1995	9105140	DQQC
Main particulars			
Lenght over all	abt. 161,36 m	Gross tonnage	abt. 11.426
Lpp	abt. 154,02 m	Net tonnage	abt. 5.612
Breadth moulded (Beam)	abt. 23,00 m	Panama net	abt. 9.618
Depth moulded	abt. 11,70 m	Suez net	abt. 9.302
Draught (Draft)	abt. 8,60 m	Bow to center of manifold	abt. 78,01 m
Deadweight (dwt)	abt. 17.080 mt	Keel to top of mast	abt. 39,95 m
SBT	abt. 6.898 m ³	PBL manifold – fwd	abt. 28,36 m
Draught SBT	abt. 5,15 m	PBL manifold – aft	abt. 20,44 m
Bridge			
ECDIS	TRANSAS Navisailor 4000		
ARPA	Atlas 1000		
GMDSS	Atlas		
V-Sat	Seatel 4009		

All details are about and given in good faith but without any guarantee. For further information, please contact us.

*Ship Particulars del buque Isarstern, cara A. Fuente: RIGEL Schiffahrts GmbH & Co. KG



RIGEL

RIGEL Schiffahrts GmbH & Co. KG
 Domshof 14 / 15 | 28195 Bremen | Germany
 Phone +49 (0) 421-1 73 99-0 | Fax +49 (0) 421-1 73 99-50
 E-Mail contact@rigel-hb.com | Web www.rigel-hb.com

YOUR GUIDING STAR AT SEA



VESSEL TYPE COT 20

Cargo system and equipment

Total cargo capacity 98 %	20.014 m ³ incl. slop tanks 121.362 bbls
Number of segregations	5 + 1
Number/	4 pumps of 500 m ³ /h each Framo Deepwell
type of cargo pumps	9 pumps of 300 m ³ /h each Framo Deepwell
Pumping capacity	abt. 2.600 m ³ /h (theoretical)
Loading capacity	abt. 3.000 m ³ /h (theoretical)
Vapour return	Yes
Tank coating	Zinc
Heating arrangement	SS Coils (glycol + water mixture)
Heating capacity	Max. 130 °C
Tank gauging system	Tank radar – online system
Closed loading/sampling	Yes
Tank cleaning	22x fixed type and 2x portable Toftejorg
Hose crane, SWL	8 mts

Machine and propulsion

Main engine	MAN B & W Output 6.600 kW at 428 rpm
Service speed	abt. 14,4 knots
Consumption	abt. 25,0 mts/ d.s.g. in operation
Aux engines	MAN B&W 3x 640 KVA
Propeller	CP propeller WPM – ice strengthened
Bow thruster	600 kW

CARGO TANKS		
CT 1 port 618.0 m ³		CT 1 stb 618.0 m ³
CT 2 port 1,044.3 m ³		CT 2 stb 1,044.3 m ³
CT 3 p 919.1 m ³	CT 3 1,393.7 m ³	CT 3 stb 919.1 m ³
CT 4 port 1,224.0 m ³		CT 4 stb 1,224.0 m ³
CT 5 port 1,284.5 m ³		CT 5 stb 1,284.5 m ³
CT 6 p 967.2 m ³	CT 6 1,393.7 m ³	CT 6 stb 967.2 m ³
CT 7 port 1,185.3 m ³		CT 7 stb 1,185.3 m ³
CT 8 port 1,010.7 m ³		CT 8 stb 1,010.7 m ³
Slop port 359.0 m ³		Slop stb 359.0 m ³

All details are about and given in good faith but without any guarantee. For further information, please contact us.

*Ship Particulars del buque Isarstern, cara B. Fuente: RIGEL Schiffahrts GmbH & Co. KG

3. OBJETIVOS

Si se echa un vistazo a la realización de las operaciones en puerto de cualquier buque en general, y de los tanqueros en particular, se puede apreciar que una de las expresiones que más claramente ejemplifica estas estancias es “disminuir el tiempo al mínimo posible”. Los buques que trabajan en el transporte de mercancías, como en cualquier otro ámbito de trabajo, buscan la mayor rentabilidad posible, lo que conlleva a realizar la mayor cantidad de transportes posibles.

Teniendo esto en cuenta, queda claro que toda pérdida de tiempo se traducirá en pérdida de rentabilidad, es decir, pérdida de dinero.

Queda claro, por lo tanto, que la contaminación de muestras obtenidas por medio de tubo de sonda y los retrasos en las operaciones de carga que se plantean en este Trabajo Fin de Master, es uno de los puntos donde se puede producir una pérdida de rentabilidad. En base a ello, a través de una explicación previa de las operativas de limpieza de tanque y del motivo de la existencia de los tubos de sonda, se pretende dar una explicación de los motivos que dan lugar a dicha contaminación.

En cuanto al objetivo principal de este TFM, se ofrecerá una posible solución que permita eliminar ese tiempo perdido debido a la contaminación de muestras.

4. LIMPIEZA DE TANQUES

4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

La limpieza de tanques es uno de los procesos más importantes que se dan en un buque de estas características. Ese en este proceso donde el Oficial que este encargado (Primer Oficial) puede demostrar su brillantez o perder toda credibilidad y la diferencia entre uno u otro resultado a menudo es muy pequeña.

Los trabajos de limpieza de tanques es algo que puede llegar a ser algo realmente peligroso o perjudicial para la correcta operatividad del buque. El Oficial encargado deberá pensar, planear y ejecutar de tal modo que se podría hablar de una “pieza de arte”.

Debemos tener en cuenta que en muchas ocasiones no se dispone de varios días para estos trabajos, sino que en cuestión de horas el buque se encontrara arribando al siguiente Puerto de carga. Esto hace que se tenga que llevar a cabo una verdadera obra de ingeniería en la planificación, teniendo en cuenta peculiaridades de la carga con sus distintos tipos de lavado, horas de trabajo, capacidad de la tripulación, ventilación, seguridad... Tanto es así, que numerosos barcos dotan a su tripulación de un oficial que solo se encargara de estas tareas.

De cualquier modo, todos esos condicionantes son piedras en el camino que si o si se tiene que recorrer para alcanzar una limpieza de tanques efectiva.

Es importante matizar la situación bajo la que se encuentra la tripulación en relación a la compañía durante estos trabajos. A lo largo del tiempo que la tripulación está limpiando los tanques, el barco no está produciendo ningún dinero y además está incapacitado para realizar el siguiente porte. Todo tiempo perdido es traducido en una pérdida de rentabilidad en el balance económico de la compañía. Es por ello que las jornadas de limpieza suelen ser extremadamente largas y duras. Además de encontrarse la tripulación bajo una presión importante.

Es muy importante tener un plan que garantice un control del trabajo y del riesgo, y para elaborar ese plan debemos tener en cuenta los hechos que aportan la experiencia. Con esto, podremos evitar los errores en los siguientes puntos:

- Tiempo: Se excede el tiempo previsto.
- Calidad: No se obtiene el grado de limpieza requerido, debiendo repetir parte del proceso.
- Control: Se realiza alguna acción no segura o ilegal.

La palabra más importante en los procesos de carga es planificar. A posteriori, el plan generado debe ser la guía a seguir que garantice el éxito de los trabajos, pero como es lógico, se puede dar lugar a desviaciones, generalmente causadas por accidentes (en esta categoría entra por ejemplo el estallido de una manguera o los accidentes de tripulantes), o por un fallo en el cálculo o un cambio en los planes de trabajo del buque. Sea cual sea el motivo, las desviaciones van a producir descontento por parte de la compañía y desesperación y fatiga en los tripulantes.

Es por ello que la labor del Primer Oficial es determinante en la valoración general del buque. Como queda claro, una planificación adecuada evita un rendimiento deficiente. Por ello, podríamos poner 4 pasos que deben seguirse:

- Desarrollo de un plan de acuerdo con los requisitos.
- Revisión del plan por medio de una segunda opinión, especialmente si se trata de un Primer Oficial poco experimentado.
- Modificación del plan en función de la revisión de los hechos que se vayan aportando.
- Finalización del plan implicando a las personas que deben llevarlo a cabo, lo que significa obtención de más opiniones y posibles mejoras.

Como se puede prever, y así se analiza a continuación, la limpieza de los espacios de carga en un buque tanque va mucho más allá de una Simple Limpieza.

4.2 **PRIMER OFICIAL EN LA LIMPIEZA DE TANQUES**

Como ya quedo claro, el Primer Oficial es la persona encargada de estas tareas. Es por ello que debe prestar atención a todos los elementos que forman parte de la limpieza. Desde las acciones previas donde encontramos los Safety Meeting, hasta la revisión de equipos posterior a su uso. No es una tarea fácil, lógicamente la experiencia ayuda a realizar con mayor eficiencia y eficacia. A continuación, se muestran una serie de puntos en los que el Primer Oficial deberá mantener su atención a lo largo del proceso (una vez ya realizado el plan de limpieza):

- En relación con la tripulación:
 - Safety Meeting.
 - Permisos de Trabajo.
 - Periodos de descanso.
 - Evaluación de riesgos.
 - Mantener conexión contante C/O - P/M.
 - Dotación a los tripulantes de los materiales y ropa de seguridad adecuados.

- En relación con los equipos:
 - Revisión de la evaluación del estado tras su última limpieza.
 - Realización de pruebas previas.
 - Preparar los equipos de respeto.
 - Acordar con el departamento de Maquinas las tareas conjuntas.

- En relación con los Tanques
 - Lavado de tanques con máquina.
 - Ventilación de tanques y medición de atmosferas.
 - Control de la entrada y la salida de los marineros en las tareas de limpieza.
 - Control de los resultados obtenidos tras limpieza.

4.3 MAQUINAS DE LIMPIEZA

Cuando el tamaño de los buques tanque no era tan grande como el que nos encontramos en estos días, las limpiezas eran muy distintas. Se trataba de trabajos manuales por medio del uso de mangueras, rascadores y cualquier sistema que sirviera para recoger los residuos finales. Las jornadas de trabajo eran muy duras para los marinos y el desgaste físico muy elevado. Pero el verdadero problema surgió a consecuencia del aumento del tamaño de los buques ya que se tuvo que aportar algún nuevo método que facilitara las tareas y que perfeccionara los resultados. Es por ello por lo que aparecieron las máquinas de limpieza.

Para comprender bien este punto, debemos primero analizar cuáles son los motivos por los que se produce la limpieza de tanques:

- Porque lo solicite el fletador. Debido a las incompatibilidades que puedan existir entre la carga previamente cargada y la que se va a cargar a continuación. Para facilitar esta tarea al buque, todo fletamento suele basarse en un “Ship Pre Cargo Matrix Products”, generalmente aportado por las grandes empresas generadoras de los productos transportados.
- Porque se vayan a realizar reparaciones. Esto es por razones puramente de seguridad. No se debe entrar en un tanque sin haber sido limpiado y ventilado. De hecho, la regla va más allá e indica que no se deben realizar trabajos calientes (soldar o cortar tuberías por ejemplo...) si todo el buque no ha sido declarado como inerte/libre de gases.
- Debido a una posterior entrada en dique seco. Por los mismos motivos del punto anterior.

- Debido a un fallo en la carga/descarga, ya sea humano o de los equipos, que provoque la entrada de producto en uno de los tanques a los que no está destinado.
- Debido a la normativa existente, ya que algunos canales o puertos en los que se esté de paso pueden exigir que, si el buque no va a realizar carga o descarga, debe tener los tanques en todo momento limpios e inertizados.

Pero los tanques existentes en este tipo de buques no son solo de carga, sino que como es lógico también existen los tanques de lastre y en algunos buques estos también pueden ser lavados mediante máquinas. Generalmente por alguna de las siguientes razones:

- Necesidad de tomar lastre limpio. Esto es así, porque algunos puertos no permitan la descarga de lastre que no esté totalmente limpia.
- Por exigencias de la normativa de los países o puertos por cuyas aguas navega el buque.
- Para rebajar la temperatura del producto. Esto se da con determinadas cargas en las cuales, las operaciones de carga o descargar, cuando la temperatura es elevada tienen que ser suspendidas. En el caso de que el buque tenga poca cantidad de producto a bordo, éste podría ser enfriado llenando los tanques de lastre, a fin de no necesitar parar las operaciones. Pero si la estabilidad del buque no permite lastrear, mediante las máquinas de lavado se puede enfriar los mamparos entre tanque de lastre y carga.

Inicialmente para las operaciones de lavado se empleaban mangueras de mano, una vez desgasificado el tanque, los operarios se introducían con ellas en el interior

del tanque. Este procedimiento era un método peligroso, costoso y poco eficaz, ya que el grado de limpieza era bastante deficiente. Cuando el tamaño de los buques se vio incrementado, este sistema exigió una renovación, por ello nacieron los sistemas mecánicos de lavado.

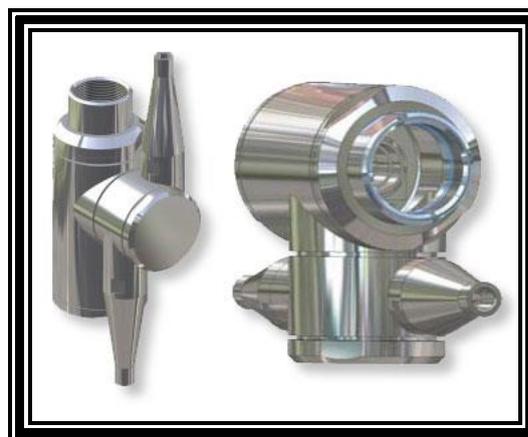
Los sistemas encontrados a bordo de los buques en la actualidad se dividen en dos tipos:

- Máquinas de limpieza portátil
- Máquinas de limpieza fijas

4.3.1 Máquinas de Limpieza Portátiles

Este sistema suele ser el utilizado en buques de pequeño tonelaje. Son comúnmente conocidas como las maquinas “Butter”, apodo que reciben por la principal maquina portátil de lavado que existe en el mercado, la “Butterworth Portable Machine”. Son máquinas que emplean las propias mangueras contraincendios de los buques para dotarlas de agua, por lo que suelen trabajar a una presión similar a la que trabajan estas mangueras. Es decir, su rango de trabajo oscilas entre 3 y 12 bares de presión. A pesar de ello, existen en el mercado mangueras preparadas especialmente para trabajar con estas máquinas, las cuales permiten presiones de trabajo de hasta 20 bares.

Son máquinas que suelen tener dos toberas a través de las cuales salen chorros de agua salada a presión, que siendo proyectados sobre la estructura del tanque, realizan la limpieza del mismo. Existen varios modelos de máquinas, pero lo común en todas ellas es que el movimiento giratorio sobre el eje longitudinal realizado por las toberas alcanza los 360 °.



*Máquina de Lavado Portátil, modelo LT.
Fuente: www.butterworth.com

En cuanto al movimiento sobre el eje vertical, se pueden encontrar modelos

con capacidad de rotación total o parcial. De cualquier modo, esta libertad de movimiento será uno de los factores que delimite el tiempo y el número de operaciones utilizados en la limpieza de cada tanque.

Esto es así porque el método de empleo de estas máquinas portátiles conlleva a la realización de varios ciclos de lavado, colocando en cada uno de ellos la máquina a una altura distinta respecto al fondo del tanque. Por lo tanto, que una máquina de lavado que goza de una libertad de movimiento total en cuanto al eje vertical, será claramente uno de los factores que haga capaz de cubrir una mayor cantidad de estructura del tanque por cada ciclo.

Otro factor a tener en cuenta es, sin lugar a dudas, la presión a la que se trabaje. En este punto existen dos factores y otras dos consecuencias relacionadas con la presión. Para trabajar a una presión alta se debe tener una máquina que permita el trabajo a esa presión y un tamaño de los orificios de las toberas lo más pequeños posibles. Con mayor presión de trabajo se conseguirá tener un mayor alcance en cuanto a la distancia a la que es posible realizar la limpieza y también se obtendrá una mayor fuerza de impacto, con lo que el agua dejará más limpio el tanque.

Teniendo todo esto en cuenta y analizando el tipo de trabajo y el lugar en donde lo va a realizar, se pueden matizar los siguientes puntos en cuanto a las máquinas de lavado portátiles:

- Deben estar hechas de un material que no produzca chispas al rozar con la estructura del barco, puesto que serán introducida en cada tanque a través de una abertura en el mismo. El ambiente en el que es posible que trabajen es el de una atmósfera potencialmente explosiva, por ello deben ser cumplir con este punto.
- Trabajan por fases, en las que la máquina será colocada a una altura diferente en cada una de ellas. Es por ello que mayor capacidad de rotación en los ejes longitudinal y transversal disminuye el tiempo de cada fase.
- Bien sea sobre la manguera o sobre el sistema de sujeción, debe haber una referencia a la altura a la que se encuentra la máquina sobre el

fondo del tanque.

- Funcionan por medio de agua salada, que, introduciéndola a alta presión en la máquina, será la que provoque los movimientos de las toberas.
- La presión de trabajo así como la capacidad de giro de las toberas se traducirán en la capacidad que tiene cada máquina de realizar una limpieza en el menor tiempo posible y utilizando la menor cantidad de agua. Es decir, marcarán la eficacia y eficiencia del trabajo a realizar.

A continuación, se muestran las características básicas de una de las máquinas más utilizadas, la “Butterworth Type K”. Dichas características son completadas con el “Product Data Sheet” añadido en los anexos.

Specifications Summary	
Materials Of Construction (As Standard):	
<ul style="list-style-type: none">• Bronze alloys• See manual for parts detail	
Weight:	
<ul style="list-style-type: none">• K Machine : 48 lbs. (21.77 kg)• SK Machine : 58 lbs. (26.31 kg)	
Lubrication:	
<ul style="list-style-type: none">• Sealed – Grease	
Drive Type:	
<ul style="list-style-type: none">• Integrated turbine	
Pressure Range:	
<ul style="list-style-type: none">• Maximum : 250 PSI (17.3 Bar)• Nominal Range : 85-150 PSI (5.9-103 Bar)	
Jet-Length Radius:	
<ul style="list-style-type: none">• Maximum : 115' (35 meters) @ 250 PSI (12 bar)	
Temperature Range:	
<ul style="list-style-type: none">• Static : 250°F• Operational : 250°F	
Inlet Connection Type:	
<ul style="list-style-type: none">• 2.50" ASA-B-26 (NST) - Male• Others on request	
Nozzle Sizes (mm orifice):	
<ul style="list-style-type: none">• 9.5mm (0.375"), 11mm (0.437")• 14mm (0.562"), 22mm (0.866")	
Minimum Tank Opening Requirement:	
<ul style="list-style-type: none">• K Machine : 9.00" (228.6mm)• SK Machine : 9.00" (228.6mm)	
Minimum Machine Turning Radius	
<ul style="list-style-type: none">• K Machine : 476.25mm (18.75")• SK Machine : 857.25mm (33.75")	
Ratio Body to Nozzle	
<ul style="list-style-type: none">• K Machine : 63/64• SK Machine : 63/64	

* Características de la Máquina de Lavado Portátil Butterworth Type K.
Fuente: www.butterworth.com

4.3.2 Máquinas de Limpieza Fijas

Las máquinas fijas suelen ser utilizadas en buques de gran tamaño, aunque bien es cierto que también es común encontrarlas en quimiqueros o petroleros-quimiqueros. Como es lógico, son máquinas que se encuentran permanentemente instaladas en los tanques y gracias a ello están dotadas de unas características que las hacen mucho más eficientes que las máquinas portátiles.

La primera gran diferencia con respecto a los tipos de máquinas anteriormente comentados es la posibilidad de ser programables. Si bien es cierto que existen máquinas que no lo son o que son lo que se denomina como Semi-programables, en la mayoría de los casos se encuentran máquinas que son capaces de “seguir las instrucciones dadas”. Esto significa que se les puede modificar el rango de giro, el número de giros, ciclos, presión de trabajo, etc...



* Máquina de Lavado Fija SC 90T2.
Fuente: www.scanjet.se

Por medio de esta programación, no cabe duda de que se podrá conseguir un ahorro de tiempo y de fluido empleado.

Su potencia a la hora de trabajar es claramente superior a la de las portátiles. Normalmente es proporcionada por una bomba específica para el lavado de tanques, aunque se pueden encontrar otros sistemas que utilizan las bombas de descarga o las contraincendios.

Estas máquinas, que pueden encontrarse de una tobera o de dos, se colocaran en un punto estratégico de tal modo que se eviten al máximo posible la aparición de zonas de sombra. Estas zonas serán aquellas donde la máquina es incapaz de realizar la limpieza, bien sea por distancia o por imposibilidad estructural. En base a este posible problema, antes de colocarlas se realizará un estudio del número de máquinas

y de la situación que mejor cumplirán con el requisito comentado. Se realizará una prueba y será la administración quien apruebe dicha disposición de las máquinas.

A continuación, se muestran las características básicas de una máquina de lavado fija, la “SC 90T2”. Dichas características son completadas con el “Product Data Sheet” añadido en los anexos.

Deck flange:				
	O.D (A)	P.C.D (B)	Holes (C)	Thickness (G)
JIS5K-200A	Ø320	Ø280	Ø23 (8x)	20
PN16-DN150	Ø285	Ø240	Ø23 (8x)	20

Other connections on request.

Inlet flange:				
	O.D (D)	P.C.D (E)	Holes (F)	Height (H)
JIS16K-80A	Ø200	Ø160	Ø23 (8x)	190
PN16-DN80	Ø200	Ø160	Ø18 (8x)	190

Specifications

Flow	40-125 m ³ /h
Inlet pressure	0,6-1,2 MPa
Recommended pressure	0,8 MPa
Max temperature	95°C
Rotation speed	0,5-1,5 rpm
Approx weight (L=3500mm)	100 kg
Per additional meter of main pipe	15 kg
Material in contact with cargo	as per specification
Lubrication	Grease

* Características de la Máquina de Lavado Fija SC 90T2.
Fuente: www.scanjet.se

5. TANQUES DE CARGA Y TOMA DE SONDAS

5.1 EFFECTO DEL ASIENTO Y LA ESCORA EN LA Sonda

Toda operativa de descarga de productos líquidos conlleva una fase conocida como “secado”. Esta se realiza al final de cada descarga y con ella se pretende bombear las últimas toneladas remanentes en cada tanque.

En el proceso de un correcto secado, un marinero deberá indicarle de forma continua al Oficial de guardia, mediante el uso de un equipo UTI (Ullage, Temperature, Interface Demo), las sondas del tanque en cada momento. Explicado de una forma muy simple, la UTI es un equipo de medición que se sirve de un sensor colocado en el extremo de una cinta para tomar medidas. El sensor y dicha cinta son introducidos en los tanques mientras que el equipo que muestra las medidas permanece en cubierta.

Teniendo en cuenta que básicamente consta de un peso suspendido por una “cuerda”, podría decirse que se asemeja a un péndulo, y como tal goza de las mismas características. Aquí es donde la gravedad tiene su efecto y debido a ello, cualquier variación en cuento a escora o asiento que sufra el barco, provocara una variación en la sonda obtenida por medio de la UTI.



*UTI modelo “Hermetic UTI meter Gtex CHEM SS1-Q1-15m/50ft”
Fuente: www.unimarine.com

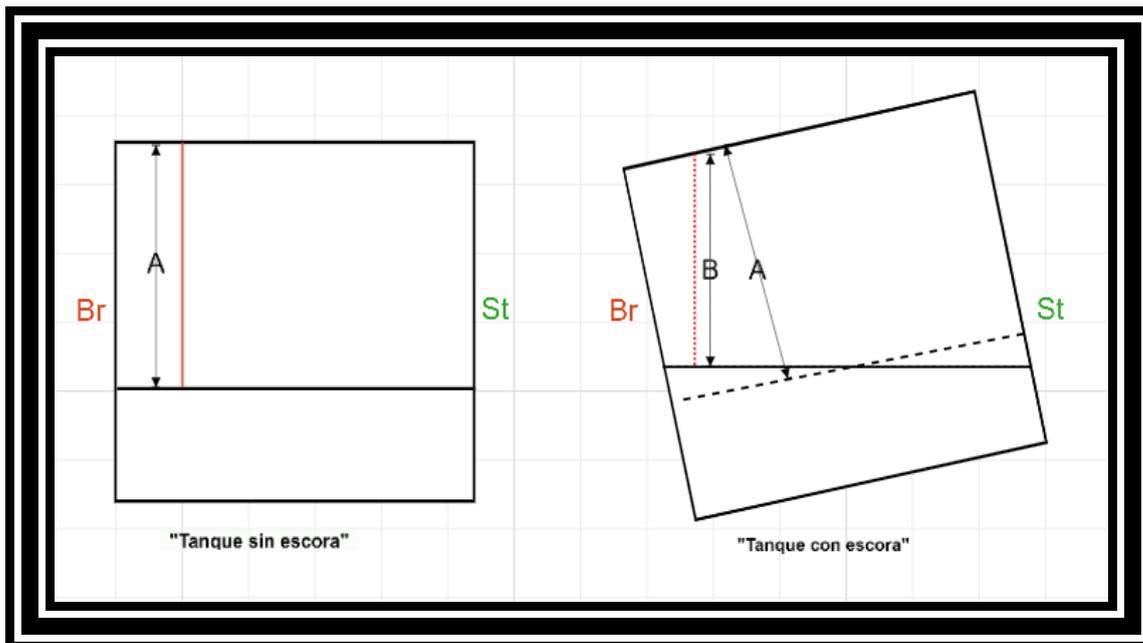


Gráfico 1. Fuente propia.

Como se aprecia en el esquema, la sonda real del tanque es A, pero si sometemos al buque a una determinada escora la medida obtenida es totalmente errónea, en este caso B.

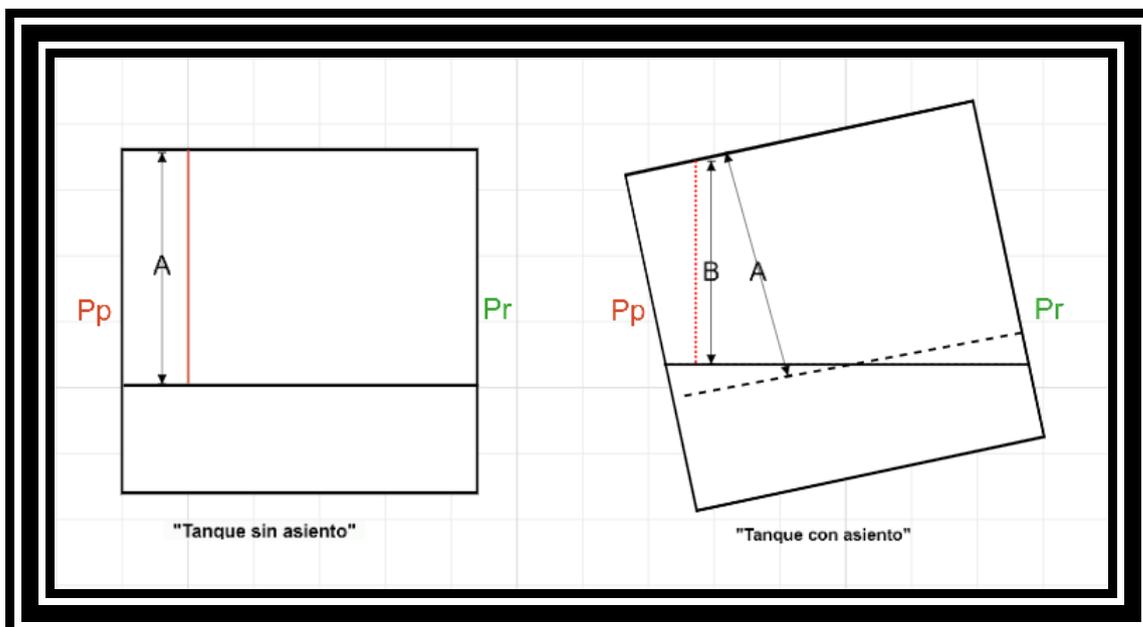


Gráfico 2. Fuente propia.

En este segundo esquema se puede apreciar como el efecto para los casos en que el buque sufra asiento es similar al efecto anterior.

En ambos casos, obtener un error en la sonda obtenida por medio del uso de la UTI es muy posible en cuanto el buque sufre cualquiera de los dos efectos mencionados. Ante esta situación, cabe preguntarse cuál sería la manera de solucionarlo. Y para dar respuesta a esa solución, desde hace mucho tiempo, los buques que transportan productos líquidos a granel vienen aplicando una serie de correcciones con el fin de eliminar de la mejor manera posible los errores en la toma de sondas. A pesar de ello, en la actualidad surgen otras opciones.

5.2 MINIMIZACIÓN DEL ERROR

5.2.1 Uso de correcciones.

Como se indica anteriormente, este es el método que podríamos denominar como “clásico”, dado que es el que se viene aplicando desde hace mucho tiempo. Se debe aclarar que para la corrección que anula el efecto del asiento es fácilmente calculable, no así la correspondiente a la escora, que goza de una complejidad considerable y que la hace prácticamente imposible de calcular.

Ante este problema con la escora, la solución parece increíblemente sencilla puesto que valdría con realizar operaciones con escora 0° para no tener que aplicar ninguna corrección. Y en las operaciones en las que el buque se encuentre cargando sucede así. Siempre se intenta llevar una escora de 0° en los momentos del topeo para evitar errores en las cantidades finales. Mientras que con el asiento, tiende a aplicarse una corrección en caso de que dicha situación exista.

Pero durante las operaciones de secado, en las que se quiere descargar las últimas toneladas remanentes en los tanques, la situación es completamente distinta. En estos casos, mantener la escora 0° es completamente incompatible con una buena descargar y esto es debido a que los chupones de las bombas de descargar no se encuentran en el medio del tanque.

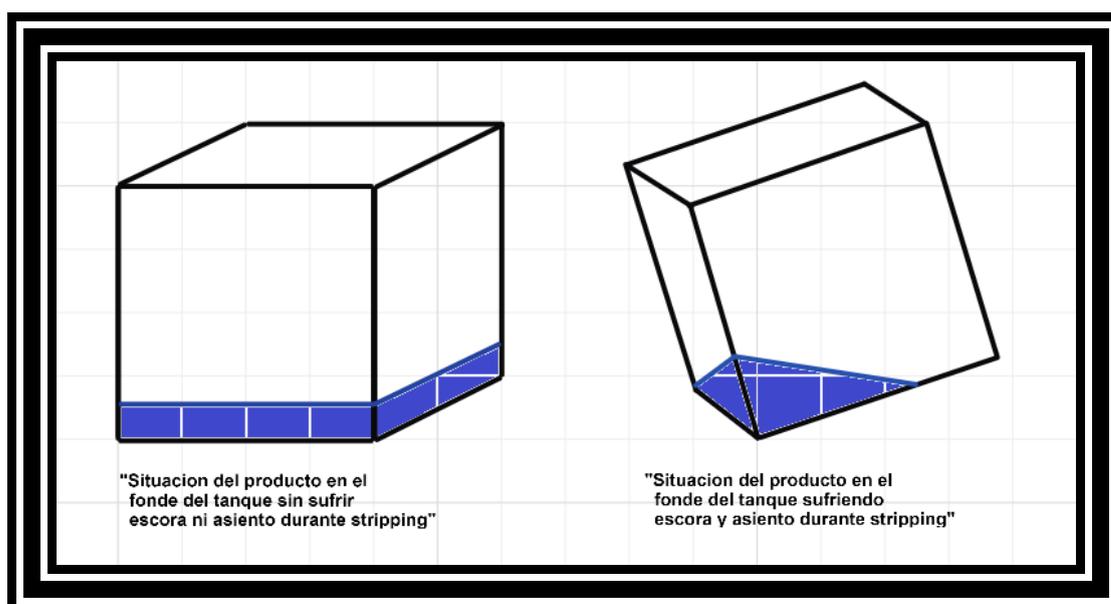


Gráfico 3. Fuente propia.

Que estos chupones no se encuentren en el medio del tanque no responde a otro motivo que a la intención de descargar la mayor cantidad de producto posible. Y es que variando el asiento y la escora podemos acumular el producto restante en una zona del tanque para que sea más fácil realizar un correcto secado. Es por ello que los chupones suelen estar en la parte de popa del tanque y hacia la línea de crujía del barco.

En cuanto al asiento, como ya se comentó es sencillo calcular la corrección que se debe aplicar para eliminar completamente el error generado, pero en este punto es factible que la lectura del asiento no sea del todo correcta. Es por ello que tampoco se puede hablar de una corrección perfecta.

5.2.2 Modificación de la estructura del tanque.

En cuanto a este punto, aparecen dos posibles soluciones, analizadas a continuación:

a) La posible solución que de primera mano parece más sencilla sería la de situar el punto en el cual se coloca la UTI de tal manera que la lectura se realice desde el centro longitudinal y transversal del tanque, es decir, sobre la vertical del centro de volumétrico del mismo. Consiguiendo esto, se conseguiría eliminar el error producido por asiento y escora ya que en esa comentada línea vertical, ambos son nulos.

Pero llevando esta idea a la realidad, vemos como el problema de la gravedad sufrida por la UTI distorsionaría la medida, que siendo cierto que es más real que la que se pudiera tomar en cualquier otro punto del tanque, sigue siendo errónea.

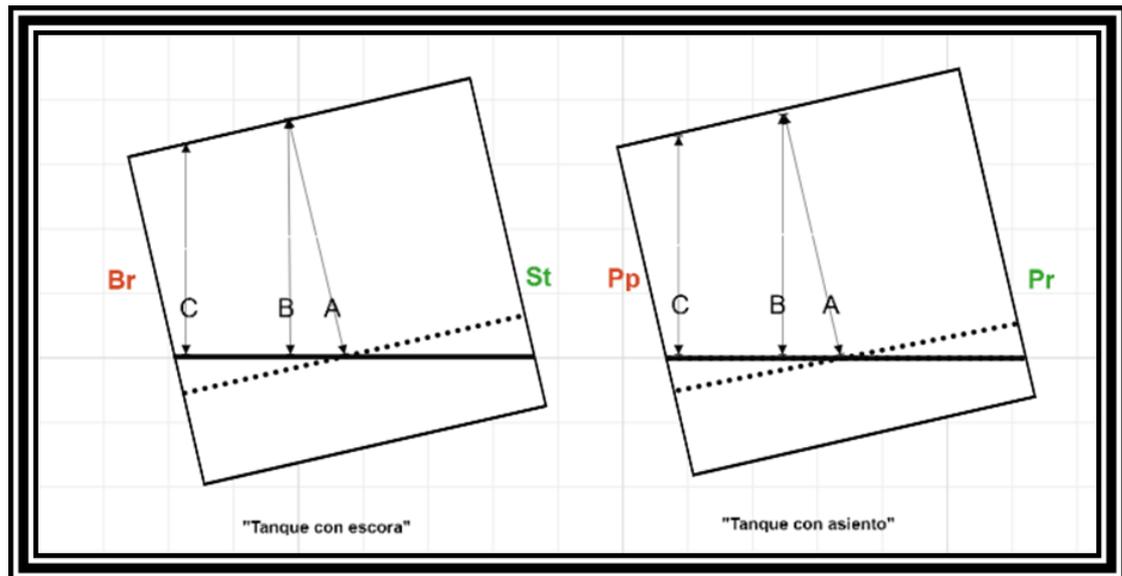


Gráfico 4. Fuente propia.

Se podría decir que esta solución tampoco elimina completamente los errores, pero sí que se consigue minimizarlos, como se aprecia en el esquema y en la siguiente relación.

$$A - B < A - C$$

b) La otra solución que se plantea respecto a la modificación de estructuras se basaría en la inserción de lo que se conoce como “Tubo de Muestra” o “Tubo de Sonda”. Este elemento recorrería de forma vertical todo el tanque desde la cubierta principal hasta el plan. Por su interior se introduciría el sensor y la cinta de tal modo que se pueda deslizar hasta la sonda considerada “de vacío”. Dado que este tubo es sólido, con él se consigue evitar que la sonda sufra los efectos de la gravedad, anulando así una de las fuentes de error en la toma de sondas.

Como es entendible, este sistema es perfecto si tenemos el tubo colocado exactamente sobre la vertical del centro de volumétrico del tanque, ya que debido a su posición queda anulado todo efecto que sufra el producto, mientras que debido al tubo de sonda, está no sufre ninguna variación debido a la gravedad. Se podría decir que en este punto la medida sería perfecta, sin errores.

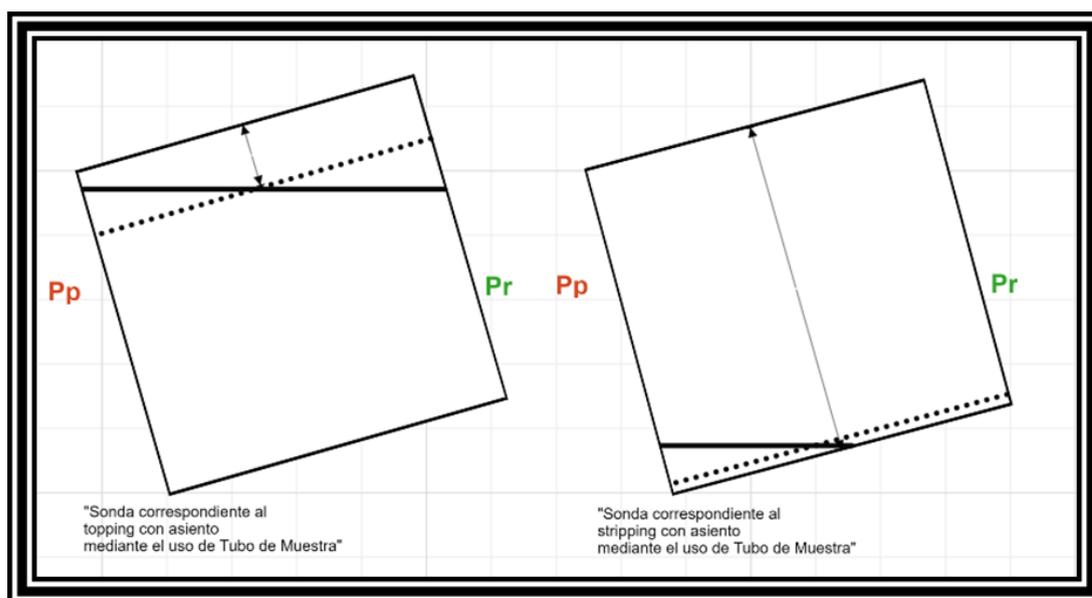


Gráfico 5. Fuente propia.

Pero como ya se ha comentado, esto solo sería beneficioso en las operaciones de carga, cuando el nivel de carga del tanque es alto, es decir, durante el topeo. Pero en la descarga, cuando lo que se pretende es realizar el secado, sigue siendo insuficiente. Como se indica, el producto cargado en el tanque sigue siendo afectado por escora y asiento, por lo que toda vez que se aplique el asiento correspondiente para realizar un buen secado, la medida del tanque por medio de UTI indicará casi “vacío”, mientras que en realidad el remanente acumulado en la popa del tanque será bastante considerable, como se ve en el esquema.

Queda claro con ello que el tubo de sonda debe ser colocado a popa del tanque.

En cuanto a la posición transversal, las circunstancias son totalmente similares a las comentadas anteriormente.

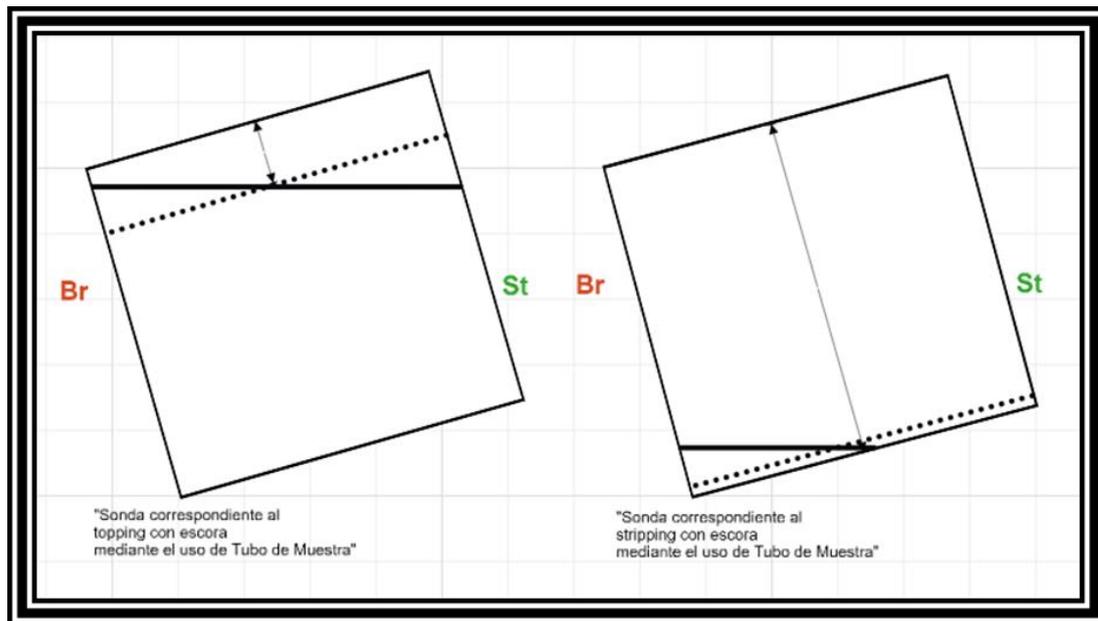


Gráfico 6. Fuente propia.

En cuanto a la línea Estribor-Babor, igualmente que sucede con la posición longitudinal, en las operaciones en que el buque se encuentre cargando y situación de topeo, la medida será perfecta, sin necesidad de aplicar correcciones o sufrir errores. Pero en el caso del secado, sucede exactamente lo mismo que en la línea Proa-Popa. Debido a la escora que se necesita para poder acercar la mayor cantidad posible de producto al chupón de la bomba, llegará un momento en que la UTI marque una sonda de vacío, mientras que el remanente de producto aún es considerable.

5.2.3 Comparación de métodos y conclusiones

. Teniendo claro lo analizado hasta ahora, el siguiente paso sería comparar el error obtenido mediante cada método, bien sea mediante la aplicación de correcciones o mediante el uso de Tubo de Muestra. A continuación, se muestra un esquema indicando las respectivas medidas que se obtendrían y su correspondiente error:

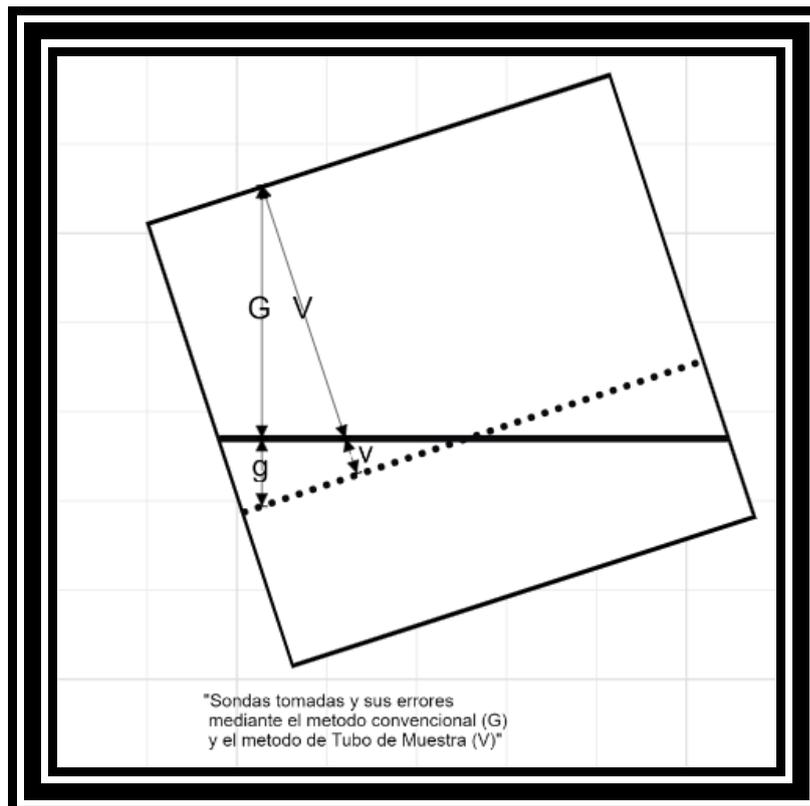


Gráfico 7. Fuente propia.

El esquema que, como hemos podido comprobar con lo expuesto anteriormente, comparte características tanto en la línea Proa-Popa como en la línea Estribor-Babor, refleja que el error es claramente superior si no se usan tubos de muestra.

$$\text{Error en G (g)} > \text{Error en V (v)}$$

Teniendo en cuenta todo lo analizado en los últimos puntos, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Las correcciones y los tubos de muestras del tanque son capaces de eliminar todo el efecto del asiento en las operaciones de carga (topeo), pero nunca en la descarga (secado).
- El efecto de la escora es difícilmente eliminable, por lo que durante la carga se deberá operar con escora 0° (siempre que sea posible). Durante la descarga, debido a las operaciones de secado, no hay más opción que obviarla.
- Los errores sufridos son debidos a la acción de la gravedad sobre la UTI y sobre la carga. Por ello, las consecuencias y soluciones son similares tanto longitudinalmente como transversalmente
- El área de acción de la bomba de descarga por donde aspira el producto debe estar situada a popa de la línea longitudinal del tanque y a uno de los costados sobre la línea transversal, generalmente hacia la línea de crujía del barco.
- Para el secado es completamente necesario dotar al barco de asiento y escora, y además es complicado tomar sondas reales respecto a la cantidad de producto remanente en el tanque.
- Las únicas dos opciones viables para disminuir los errores en la toma de muestras durante el secado es mediante el uso de correcciones o mediante el uso de Tubos de muestra.
- El error en el uso de la UTI sin Tubos de muestras es mayor que el obtenido con ellos.
- La medida de la UTI usada a través de un tubo de muestra no será errónea (sin necesidad de aplicar correcciones al asiento) hasta sondas previas al secado.

6. CONTAMINACIÓN DE MUESTRAS

6.1 CAUSAS DE LA CONTAMINACION

Una vez que ya se ha explicado porque existen los Tubos de muestra en los buques tanque, se puede pasar a analizar cuál es su principal problema, aquel en el que se basa este Trabajo Fin Master. Es decir, los errores que se dan, bajo determinadas circunstancias, en la toma de muestras por medio de Tubo de Muestras.

A pesar de ser un problema relativamente importante al que a día de hoy no se le ha aplicado una solución práctica a bordo de los buques, con lo explicado hasta el momento se puede entender la necesidad de su implantación en los tanques, puesto que la eliminación de los Tubos de Muestra no está contemplada en la actualidad.

Este problema surge a la hora de tomar muestras por medio del tubo, siempre y cuando la carga previa que se introdujo en ese tanque es una de las que se catalogan como “sucias”. Para aclararlo bien, se debe explicar que es una carga “sucias” y que lo es “limpia”:

- Se habla de “Carga Limpia”, en el ámbito de los derivados del petróleo, aquel producto que proviene de lo que se podría denominar proceso de refinado completo. Entre las características de estas cargas se encuentra el hecho de que a temperatura ambiente suelen estar completamente líquidas, teniendo un grado de viscosidad muy bajo. Suelen ir caracterizadas también por tener un Flash Point bajo, por lo que de forma rápida podríamos saber que se trata de una Carga Limpia por medio del Flash Point.

Aunque bien es cierto que existen excepciones, como sucede con el Diésel que siendo una Carga Limpia y totalmente líquido a una temperatura de 20 °C, mantiene un Flash Point en torno a 55°C. En general, se estaría hablando de productos tipo Gasolinas o Naptha.

- En cuanto a las “Cargas Sucias”. Suelen tener las características opuestas a las “Limpias”. Por lo tanto, suelen ser aquellos productos que no han

sufrido un proceso de refinado completo. Esto les dota de unas características de temperatura mucho más elevadas que en las cargas limpias si se quiere mantener una viscosidad baja. En estos casos se habla de productos que a temperatura ambiente baja su nivel de viscosidad enormemente, dando lugar en la mayoría de los casos a la transformación del líquido en masa pastosa, gelatinosa. Es por ello que se suele trabajar con ellos con temperaturas superiores a los 60 °C, proceso que no supone ningún problema porque sus Flash Points también son elevados.

El propio crudo se incluye en este grupo. Como particularidad, se podría explicar que el Fuel (en prácticamente cualquiera de sus variantes) siendo una carga sucia, no cumple en su totalidad con las características comentadas puesto que siendo su temperatura de trabajo entorno a los 60°C, su Flash Point se sitúa ligeramente inferior a los 75°C, lo que provoca que sus operativas sean peculiares por el estrecho margen entre su Flash Point y la temperatura a la que deja de ser líquido.

El problema existente con estos productos sucios es que una vez que la descarga está bastante avanzada el tanque se va vaciando. El primer lugar porque cada vez el remanente de producto dentro es menor, haciendo la fuente de calor cada vez menos importante. Y en segundo lugar porque a medida que se descarga, se completan siempre los procesos de lastre, que se realiza como bien se sabe en tanques adyacentes a los de carga, provocando un descenso en la temperatura del tanque. A medida que se enfría el tanque, los remanentes de productos adheridos a la estructura interna del tanque como pueden ser mamparos, tubos de muestras, líneas de calefacción, refuerzos, etc., se enfrían también llegando a volverse poco viscosos y muy difíciles de limpiar. Por supuesto, no se van a deslizar hasta el plan del tanque por si solos, pero en determinados puntos serán imposibles de limpiar mediante las máquinas de lavado. Uno de estos puntos son los Tubos de Muestras.

Tanto Surveyor, como Loading Master o C/O, son conscientes de este problema llegando a la conclusión de que “Un tanque de Fuel nunca queda seco”. Es decir, es reconocido que es muy difícil limpiar al 100% los tanques cargados con ese tipo de producto. A pesar de ello, los tanques tras una limpieza correcta por parte de la tripulación del barco suelen ser aceptados, puesto que a pesar de que no está completamente el limpio el tanque, los lugares en los que se mantiene el remanente de producto con aquellas estructuras internas pertenecientes al tanque y que

sobresalen de los mamparos. Es decir, la mayor parte del tanque (que son los propios mamparos) queda perfectamente listo para la siguiente carga.

Aquí es donde aparece el problema que se plantea y al que se quiere dar solución con este Trabajo Fin De Master. Para ello, se deben dar una serie de supuestos:

- El tanque debe estar dotado de Tubo de Muestras, al que permanecerá adheridos restos de la carga anterior.
- La carga previa debe ser una de las catalogadas como “sucias”.
- La carga que se pretende realizar debe ser susceptible de ser contaminada con facilidad por la anterior.

Si se dan estos 3 puntos, no cabe duda de que las muestras tomadas en el tanque al inicio de la carga van a ser totalmente erróneas. Darán niveles de contaminación altos, ya sea a simple vista o por medio de análisis, y por lo tanto supone un problema importante. Tanto por posible pérdida de tiempo debido paradas y retrasos en las operaciones como por la aparición de cartas de protesta contra el buque.

6.2 EJEMPLO DE CONTAMINACION POR DENSIDAD

Como ya se comentó, tanto Surveyor, Loading Master y C/O conocen de antemano este posible suceso de falsa contaminación, pero su conocimiento no elimina el riesgo de que la carga esté realmente contaminada. Se pueden dar situaciones:

1. El tanque está realmente limpio. Las primeras muestras tomadas no serán reales y darán como contaminadas, pero una vez que el tanque se vaya llenando y calentando, provocara que el remanente de carga previa adherido al tubo de muestra alcance temperaturas similares a las de la carga nueva. Con ello disminuye su viscosidad y adquiere condición líquida de nuevo. Se mezclará con la nueva carga, pero al ser una cantidad despreciable con respecto al volumen total que se está cargando, las muestras finales darán sin contaminación alguna. Es decir, siendo cierto que las primeras muestras estarán contaminadas, ni las muestras finales ni la carga lo estarán.
2. El tanque está realmente contaminado. Con lo cual tanto las muestras de principio de carga como las finales lo estarán también.

El supuesto número 2 se obvia, puesto que no es lo planteado en ese Trabajo Fin de Master. Mientras que para el supuesto 1, a continuación, se plantea una situación para clarificar lo comentado.

Se suponen los siguientes puntos.

- El producto que se pretende cargar es un Fuel RMG 380 cuyas características son dadas en el apartado de Anexos. En donde se destacan las siguientes para este ejemplo:
 - Densidad a 15°C = 0.9883 T/m³
 - Densidad límite a 15°C = 0.9910 T/m³

- La carga previa es un Fuel RMK 500 cuyas características son dadas en el apartado de Anexos. En donde se destaca lo siguiente para este ejemplo:
 - Densidad a 15°C = 0.9970 T/m³
- Se procede al inicio de operaciones. Como requiere el procedimiento estandarizado, se deberá tomar muestras paulatinamente durante todo el proceso de carga. Es por ello que las primeras muestras serán tomadas pocos instantes después del comienzo de operaciones.
- Se supone que los requerimientos del Surveyor/Loading Master es que las muestras sean tomadas en tanque y no en manifold.
- El cálculo de la densidad de una mezcla de dos productos se realiza de la siguiente forma.

$$Densidad\ media = \frac{Masa\ total}{Volumen\ total}$$

$$Densidad\ media = \frac{Masa\ A + Masa\ B}{Volumen\ A + Volumen\ B}$$

$$Densidad\ media = \frac{(Densidad\ A \times Volumen\ A) + (Densidad\ B \times Volumen\ B)}{Volumen\ A + Volumen\ B}$$

Teniendo estos 4 puntos en cuenta, se debe analizar la situación desde dos momentos distintos. Primero, durante la toma de la primera muestra y después durante la toma de la última, una vez que el tanque ya se encuentra próximo a los niveles de topeo.

- En el primero de los casos se darían las siguientes circunstancias:
 - El tubo de muestra se encuentra contaminado dado que la limpieza realizada tras la carga del RMK 500 es insuficiente para limpiarlo completamente.
 - La primera muestra es tomada durante el Splashing, por lo que la sonda del tanque no se diferencia demasiado con la de vacío.
 - Al tomar la muestra, el equipo utilizado para ello debe recorrer la totalidad del tubo hasta llegar al producto. En el desplazamiento que realiza por dentro del tubo, recoge una cantidad no despreciable de RMK 500 que es mezclada con el RMG 380 que se obtiene para la muestra.
 - Suponiendo que el 35 % del recipiente de muestra está contaminado por los restos del RMK 500, se puede aplicar la fórmula para el cálculo de densidades medias y analizar el resultado.

$$\text{Densidad media} = \frac{(0.9883 \times 65) + (0.9910 \times 35)}{100}$$

$$\text{Densidad media} = 0.9913$$

- En el segundo de los casos se darían las siguientes circunstancias:
 - El tubo de muestra no se encuentra contaminado. Debido a la entrada de RMG 380, que tiene una temperatura de trabajo

alrededor de los 60°C, el RMK 500 que permanecía adherido al tubo, se ha calentado y con ello ha perdido viscosidad. Gracias a ello se ha mezclado con el RMG 380 cargado en el tanque.

- Suponiendo que el tanque en el que se esté operando tenga una capacidad total de 700 MT y que el remanente adherido en las estructuras del tanque que no se han podido limpiar correctamente es de 2 MT, se vuelve a aplicar la fórmula de las densidades medias.

$$\text{Densidad media} = \frac{(0.9883 \times 700) + (0.9910 \times 2)}{702}$$

$$\text{Densidad media} = 0.9883$$

En el primero de los casos, la cantidad recogida como muestra contiene tal cantidad de RMK 500, en relación con el RMG 380, que la densidad de la mezcla supera el límite que tiene estipulado el RMG 380, que es de 0.9910. Algunas terminales, que están dotadas de equipos de laboratorio por medio de los cuales pueden analizar rápidamente las muestras obtenidas, se darán cuenta durante las operaciones de la contaminación de las muestras. En base a ello, es probable que soliciten detener las operaciones para buscar una explicación al problema. Sin embargo, aquellas terminales que necesiten que las muestras sean enviadas a laboratorio, no serán capaces de detectar la contaminación hasta bien avanzada la carga (o incluso terminada), por lo que la solución no va a ser detener la carga. Probablemente, en este punto aparezcan Cartas de Protesta.

Sin embargo, en el segundo de los casos la muestra es totalmente correcta en cuanto a densidad. La densidad media obtenida es de 0.9883 y esta se encuentra por debajo del límite.

La conclusión que se obtiene es que, debido a una insuficiente limpieza de los tubos de muestra, las operaciones son susceptibles de ser suspendidas o protestadas innecesariamente, puesto que ciertas muestras pueden dar como contaminadas por error, cuando el producto cargado en el tanque no lo está.

6.3 SOLUCION PLANTEADA

La propuesta que se ofrece a continuación es totalmente teórica, proviene del autor y es algo que no existe en el mercado.

En el momento en que se comenzó a pensar en la elaboración de este tema como objetivo para el Trabajo Fin de Master, se valoró la posibilidad de que ya existiera algún equipo que realizara una función similar al que se va a exponer más adelante. Para ello, se realizó una búsqueda en las páginas webs de los principales proveedores de equipos de sonda y medición para buques tanque. De los catálogos consultados, en ninguno aparece algo similar. Es decir, no existe tal aparato en el mercado más común de buques tanque.

Como matización, los fabricantes que fueron consultados son:

- MMC INTERNATIONAL Copr.
- ENRAF TANKSYSTEM S.A.
- TANKTECH CO. LTD
- DRAGER

En cuanto a la solución, no cabe ninguna duda de que esta pasa por realizar una limpieza del tubo de sonda. A la hora de plantear dicha solución se deben tener en cuenta los siguientes puntos.

- A. Viscosidad del producto adherido al tubo
- B. Morfología
- C. Atmosfera explosiva

A. En relación con este punto, cuyas particularidades ya han sido explicadas anteriormente, existen dos posibles soluciones:

- a. Calentarlo. Como bien se sabe, si se eleva la temperatura del producto, las características de este cambiarán puesto que cuanto más nos acerquemos a la temperatura de Flash Point, menos viscoso será. Pero calentarlo se requeriría de un trabajo muy complicado y largo por dos motivos. El primero es porque llegados a

este punto el tanque ya estará frío y lleno de aire (o gas inerte) y el segundo porque el buque se encontraría en situación de lastre, por lo que los mamparos del tanque se enfriarían debido al agua que lo rodea. Sería muy complicado llegar a alcanzar los 60°C cuando se encuentra a una temperatura similar a la ambiental.

b. Aplicarle algún diluyente. Se necesitaría de algún producto que facilite la limpieza. Lo más sencillo, ya que todos los buques tienen almacenado a bordo, sería el uso de algún combustible Diesel o Gasolina. Puesto que sus características a temperatura ambiente permiten usarlo para el fin requerido.

B. En cuanto a la Morfología, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

a. Los tubos son tan anchos como lo son las sondas de la UTI, ya que están preparados para el desplazamiento de éstas a lo largo de su longitud. Es decir, la medida será, en cualquier barco, de un valor alrededor de los 10 cm. Esto es así, porque se necesita que no exista mucha libertad de movimiento de la sonda dentro del tubo, para así evitar golpes que dañen los sensores. Del mismo modo, con estas medidas se evita el efecto de la gravedad que sufriría la sonda si se le permite balancearse.

b. Los tubos también son largos, ya que como ya se explicó, se necesita que las sondas que pueden ser medidas alcancen el vacío del tanque, es decir, para el secado. Es por ello, que los tubos de sonda deberán tener una longitud similar al vacío del tanque.

C. Este punto se basa puramente en la regulación existente que afecta al uso de equipos eléctricos en la cubierta de los buques tanque que transportan mercancías susceptibles de crear atmósferas explosivas.

En este tipo de buques es obligatorio que todo equipo eléctrico cumpla las características “Intrinsically Safe” (marcado con el Símbolo Ex), por lo que no serán potenciales creadores de una explosión en caso de que se dieran las circunstancias precisas.

Siendo realistas, si se piensa en el tipo de productos en los que suele ser necesario realizar la limpieza del tubo de sonda para evitar el problema ya comentado, se puede ver que son aquellos cuyo Flash Point es elevado. Esto significa, que se soltarán gases a elevada temperatura y, por lo tanto, siempre que la

carga se realice con el producto a una temperatura inferior al Flash Point, es imposible que se dé lugar a atmosferas explosivas. Para dejarlo claro, se podría encender un mechero o llamar por el teléfono móvil en la entrada de un tanque sin que suceda nada.

A pesar de ello, esto no se cumple con la totalidad de los productos y la regla existe, por lo que debe ser cumplida.

Analizando el origen del problema y los tres puntos que se acaban de comentar, se puede concluir que una posible solución es la de aplicar dos efectos sobre el fuel adherido al tubo.

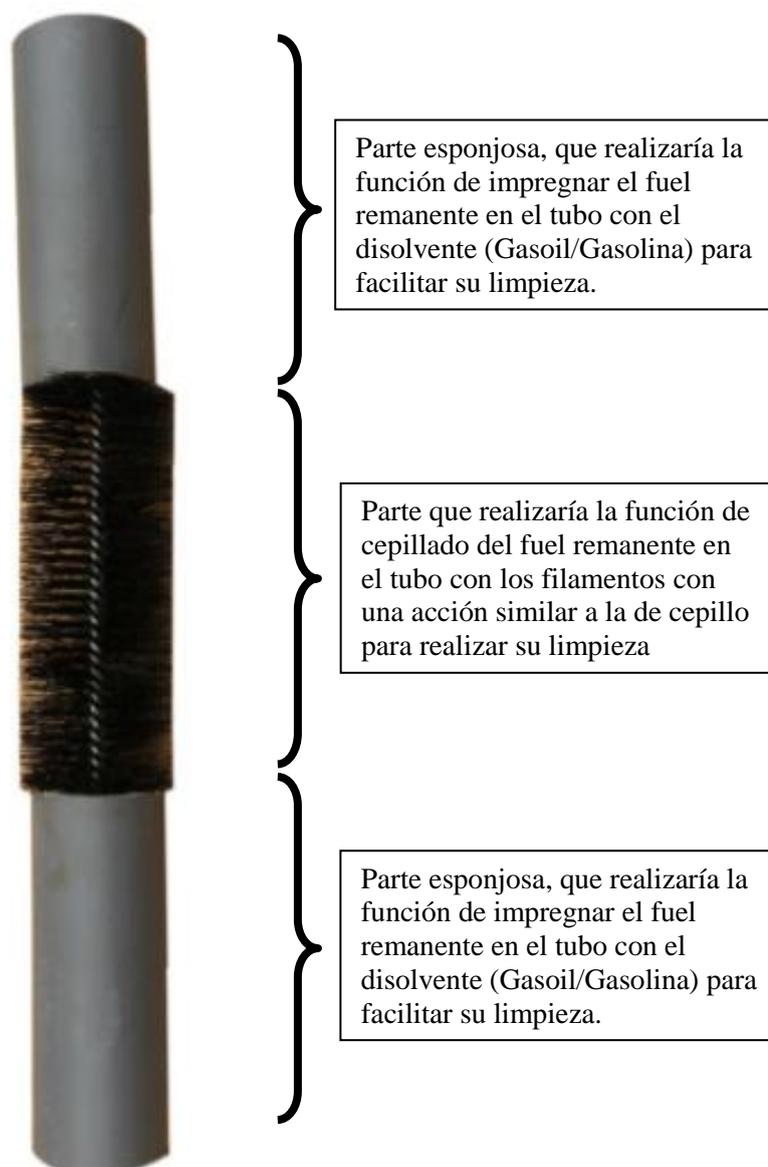
1. Disolvente. Cualquiera método que sea empleado para limpiar el tubo de sonda, deberá impregnar el Fuel con Diesel/Gasolina de tal modo que se reduzca la viscosidad.
2. Rascado. Cualquiera método que sea empleado para limpiar el tubo de sonda, deberá producirse un efecto de rascado sobre el Fuel de tal modo que se facilite su desprendimiento al plan del tanque.

Con estos dos puntos en cuenta, la solución planteada es la utilización de un acople, que, colocado en la UTI, se pudiera desplazar a lo largo de todo el tubo. Deberá ser dotado de un grupo de púas en forma de cepillo para producir el rascado y de una parte esponjosa que sea capaz de absorber el líquido disolvente utilizado.

Dicho acople, colocado sobre la sonda o al final de ella, se desplazaría a lo largo del todo el tubo realizando el mismo movimiento que realizaría si lo que se desea es obtener la sonda del tanque.

Este acople deberá de ser utilizado antes de realizar el lavado general con máquina del tanque, puesto que los restos de fuel que sean diluidos y rascados se precipitaran sobre el fondo. Aunque es cierto que la cantidad precipitada será despreciable con respecto al producto que será cargado posteriormente, si se quiere realizar una limpieza lo más eficaz posible, deberá hacerse de este modo.

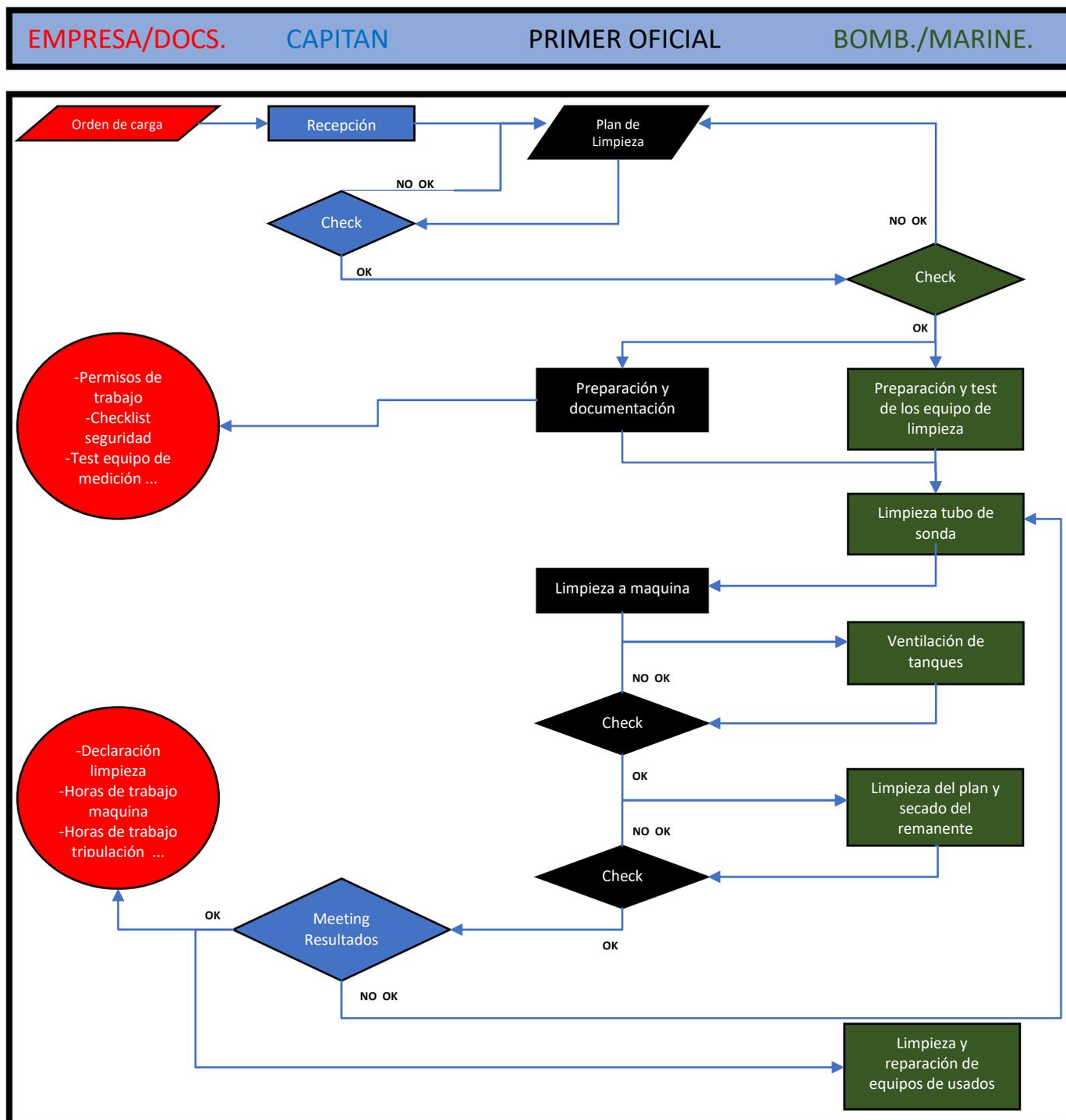
A continuación se muestra un modelo casero de la idea del acople que se debería usar junto con la UTI para desplazar por el tubo.



Modelo del acople. Fuente propia.

Este modelo, no consta ni del material necesario ni del acople que lo colocaría en la UTI. La función es meramente la de dar una imagen visual del equipo que se propone como solución al problema de la contaminación en los tubos de muestra.

7. FLUJOGRAMA



8. CONCLUSIONES

Por medio de este Trabajo de Fin de Master, se pretende dar solución a la contaminación errónea de muestras tomadas por medio de un tubo de sonda. Como se explica anteriormente, se dice errónea porque es un problema que surge en los momentos iniciales de las operaciones de carga pero que desaparece en cuanto los niveles del tanque alcanzan un cierto nivel de sonda.

Con el fin de realizar una explicación lo más comprensible posible, para dar con el problema y con la posible solución, se explican previamente los siguientes puntos:

- Limpieza de tanques.
- Tipos de máquinas de lavado.
- Motivos para la aparición de los tubos de sonda.
- Contaminación de muestra.

No cabe duda, que la solución aportada es totalmente teórica. Como ya fue comentado, no existe ahora mismo un sistema similar que sea utilizado en los buques. Aun así, las pérdidas de tiempo siguen siendo uno de los factores que mas disminuyen la rentabilidad de los buques y por ello, considero que el objetivo de aportar una solución al problema de las muestras contaminadas es considerablemente interesante.

9. BIBLIOGRAFÍA

A pesar de ser un trabajo basado en gran medida en la experiencia personal y los conocimientos aportados por el Capitán Witte y el Primer Oficial Geisen, como es lógico también consta de una serie de fuentes bibliográficas, las cuales se muestran a continuación:

- SGI (Sistema de gestión integrado) de RIGEL Schiffahrts GmbH & Co. KG. Como es lógico, el sistema de gestión que implanta la compañía es puesto diariamente en práctica en todas las operaciones que realice el buque, incluyendo la limpieza de tanques. Además de ello, todo sistema de gestión tiene unos mínimos, los cuales son las normativas internacionales como son el SOLAS o el MARPOL.

- 2006, ISGOTT, ed 5, Witherby Seamanship International. Se le podría denominar “el gran manual para buques tanque”. En él se puede encontrar toda la información que tenga relación con los tanques de carga. Es por ello, que en el Capítulo 9 aparece lo relacionado con la limpieza de los mismos. La 5ª Edición fue la disponible a bordo para la realización del trabajo.

- 2014, SOLAS, ed. 2014, OMI. Capítulo VII. Donde se encuentra recogida la información relativa al transporte de mercancías peligrosas. La Edición 2014 fue la utilizada dado que es la que se encontraba a bordo.

- B/T Isarstern, RIGEL Schiffahrts GmbH & Co. KG. (Disponible en: <https://www.rigel-hb.com/virthos.php>. Consultado en: Septiembre 2018).

- Butterworth Type K, Butterworth, Inc. (Disponible en: <https://www.butterworth.com/products-k-sk-ssk-tank-cleaning-machine/>. Consultado en: Septiembre 2018).

- SC 90T2, Scanjet Marine AB. (Disponible en: <https://www.scanjet.se/products-solutions/tank-cleaning/sc90t2-2/>. Consultado en: Septiembre 2018).

- UTI “Hermetic UTI meter Gtex CHEM SS1-Q1-15m/50ft”, Uni Marine Services Pte Ltd. (Disponible en: <http://unimarine.com.sg/product-list/tankgauging-system/hermetic-uti-meter-gtex-chem-ss1-q1-15m50ft/>. Consultado en: Septiembre 2018).

Dado que la gran mayoría de información ha sido obtenida de la experiencia personal, los principales libros de información para buques tanque, forman parte de esta bibliografía de forma intrínseca. Aunque bien es cierto que no han sido usados de forma directa. Son libros como:

- 2007, INTERNATIONAL MARITIME DANGEROUS GOOD CODE, ed 2007, OMI.
- 2012, INTERNATIONAL BULK CHEMICAL, ed 2012, Witherby Seamanship International
- 2011, MARPOL, ed 2012, OMI

En cuanto a las características y los certificados de calidad del fuel RMG 380 y del RMK 500, han sido obtenidos a bordo del buque tanque “BAHIA TRES”, dando consentimiento para su uso el Loading Master y el Capitán responsables en ese momento.

10. ANEXOS

1) Butterworth Type K, Product Data Sheet. “Fuente: www.butterworth.com”



Product Data Sheet Product: Tank Cleaning Machine Type: K / SK/ SSK

The Butterworth Type “K” automated tank cleaning machine provides 360° impact indexed coverage for the cleaning of the inside of tanks. The Butterworth Type “K” is the world’s most successful design in terms of durability and reliance. Thousand’s of machines in service worldwide.

In Application

The “K” machine’s primary construction material is Bronze alloys and employs an integrated turbine drive. The “Type K” Machine has the ability to clean tanks up to a capacity of 10,000,000 gallons (38,000 m3) or higher when multiple machines are used.

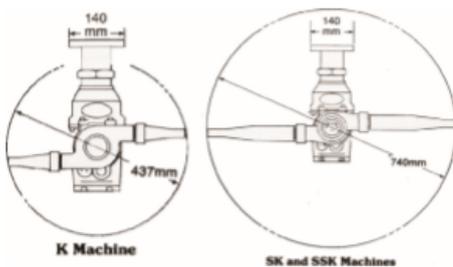
Operational

The Butterworth “Type K” machine creates a pattern matrix similar to a ball of twine (see cleaning pattern simulation in the lower left corner of this page). A complete pattern is established when 63 axial revolutions of the body have been completed. During the process of this pattern development, 2 cycles are established with each cycle increasing the density of the pattern matrix.

User Benefits

- High Durability; Workhorse of the Industry
- Elimination Of Confined Space Entry
- High Jet-Stream Impact
- Reduced Cleaning Times
- Reduced Effluent Generation
- Reduced Energy Costs

Dimensional Information



Cleaning Pattern Simulation



“The World’s Original Tank Cleaning Machine”



Proven reliability since... 1925!

Specifications Summary

Materials Of Construction (As Standard):

- Bronze alloys
- See manual for parts detail

Weight:

- K Machine : 48 lbs. (21.77 kg)
- SK Machine : 58 lbs. (26.31 kg)

Lubrication:

- Sealed – Grease

Drive Type:

- Integrated turbine

Pressure Range:

- Maximum : 250 PSI (17.3 Bar)
- Nominal Range : 85-150 PSI (5.9-103 Bar)

Jet-Length Radius:

- Maximum : 115' (35 meters) @ 250 PSI (12 bar)

Temperature Range:

- Static : 250°F
- Operational : 250°F

Inlet Connection Type:

- 2.50" ASA-B-26 (NST) - Male
- Others on request

Nozzle Sizes (mm orifice):

- 9.5mm (0.375"), 11mm (0.437")
- 14mm (0.562"), 22mm (0.866")

Minimum Tank Opening Requirement:

- K Machine : 9.00" (228.6mm)
- SK Machine : 9.00" (228.6mm)

Minimum Machine Turning Radius

- K Machine : 476.25mm (18.75")
- SK Machine : 857.25mm (33.75")

Ratio Body to Nozzle

- K Machine : 63/64
- SK Machine : 63/64

Type K – Reference Table

Ref	Model	# of Nozzles	Orifice	Vane	S/O*
1.	SSK.886.V4	2	21.99mm (0.866")	V4	O
2.	SK.562.V4	2	14.27mm (0.562")	V4	S
3.	AK.437.V1	2	11.09mm (0.437")	V1	S
4.	BK.437.V1	2	11.09mm (0.437")	V1	O
5.	AK.437.V2	2	11.09mm (0.437")	V2	O
6.	BK.437.V2	2	11.09mm (0.437")	V2	O
7.	AK.375.V2	2	09.50mm (0.375")	V2	S
8.	BK.375.V2	2	09.50mm (0.375")	V2	S
9.	AK.375.V1	2	09.50mm (0.375")	V1	O
10.	BK.375.V1	2	09.50mm (0.375")	V1	O

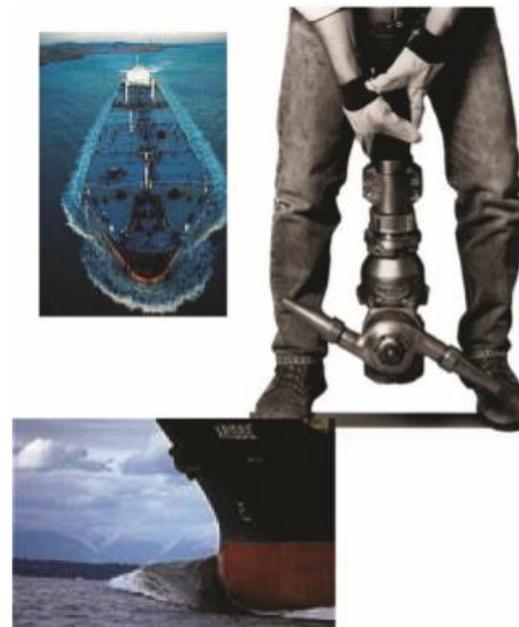
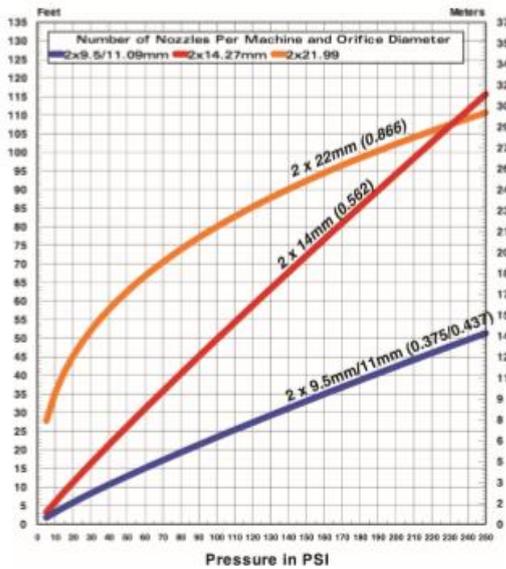
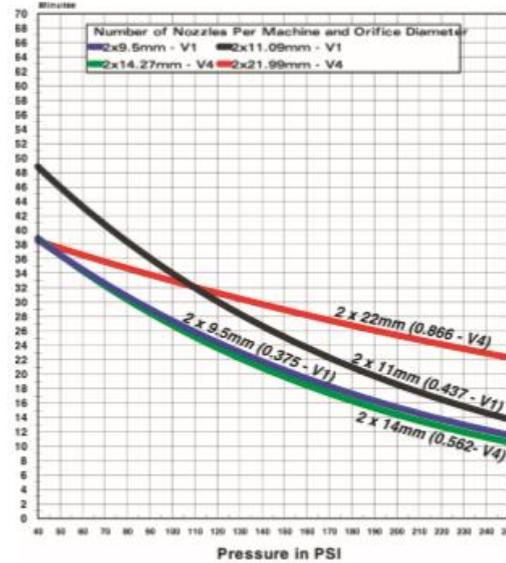
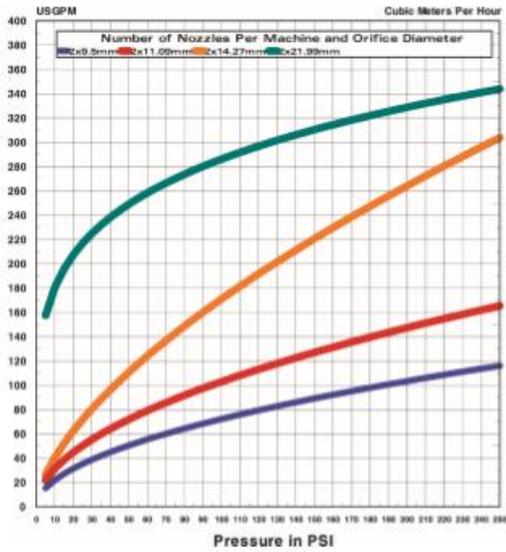
*S=Standard, O=Option

Butterworth

Butterworth, Inc.
16737 West Hardy Road, Houston, TX 77060
Phone: 281.821.7300 • Fax: 281.821.5550 • www.butterworth.com



Product Data Sheet
Product: Tank Cleaning Machine
Type: K / SK/ SSK



Butterworth

Butterworth, Inc.
 16737 West Hardy Road, Houston, TX 77060
 Phone: 281.821.7300 • Fax: 281.821.5550 • www.butterworth.com

2) SC 90T2, Product Data Sheet. “Fuente: www.scanjet.se”

SC 90T2

Scanjet tank cleaning equipment

KEY FEATURES
SC 90T2

- Magnetic transmission
- Fully programmable
- Minimized cleaning time
- Separated turning and lifting movements
- Strainer standard
- WashTrac™ (option)
- Drive unit can be removed without exposing tank to atmosphere
- Grease lubricated drive unit

Scanjet Model SC 90T2 is driven by the cleaning media by means of a fixed installed turbine with an integrated programmable drive unit. The permanent lubrication means an oil-free drive unit and the patented magnetic transmission allow an exchange of the drive unit without exposing the tank to the outside atmosphere.

Powerful single nozzle tank cleaning machine
The single nozzle concept gives a very solid and powerful jet with an optimized cleaning result on all tank surfaces. It has the unique separated turning and lifting movements and a rapid manual overdrive for sector cleaning setting.

Self draining nozzle
The nozzle assembly is self draining and the machine has a full 0-180 degrees cleaning range. The patented design is in accordance with IMO-Marpol requirements.

Fully programmable
The SC 90T2 is fully programmable to meet multiple cleaning needs. Various cleaning programs can be chosen during or before the cleaning operation.

Integration with WashTrac™
Fully prepared for integration with WashTrac™ tank cleaning monitoring system.

Typical applications for SC 90T2:

- Crude oil tankers
- Product carriers
- Bulk carriers

SC 90T2



SC 90T2

Developed for the third millenium the Scanjet Model SC 90T2 offers the latest technology in tank cleaning.

The machine is produced in materials according to shipyard requirements, meeting all standard specifications.

Any desired starting position of the nozzle will be reached in just a few seconds, and the design allows for a manual overdrive at any time during the tank cleaning operation.

The machine has very few moving parts requiring a minimum of service and is maintenance free below deck.

The drive unit can be removed without exposing the tank to atmosphere. Thanks to the magnetic transmission, there is no penetration between the drive unit and the turbine which means that any accidental leakage is eliminated.



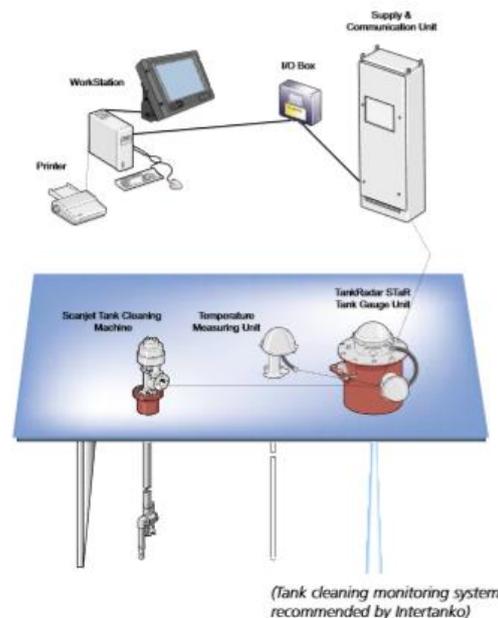
WashTrac™ Tank Cleaning Monitoring System

The innovative tank cleaning monitoring system is jointly developed by Saab Rosemount Marine and Scanjet Marine. By using already installed hardware, WashTrac™ monitors the tank cleaning operation onboard any tanker.

The WashTrac™ systems offers following features and advantages to operators.

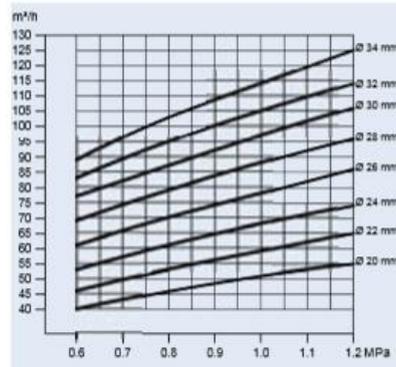
- Operating status of tank cleaning machines
- Start/Stop alarm of tank cleaning machines
- Operation and prewash data logging on printer

Various options available

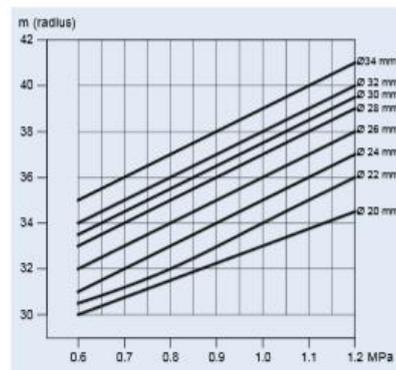




Technical performance

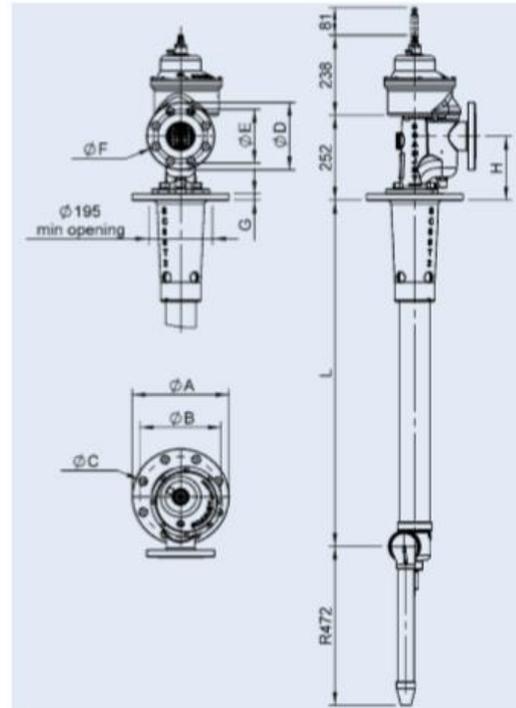


Water flow for selection of different nozzle sizes at specific inlet pressure.



Effective jet length for selection of different nozzle sizes at specific inlet pressure.
(Performance data according to DNV type approval certificate) impact of 700mm wc or greater. Maximum jet length is approximately double the values stated in this graph.

Dimensions



Deck flange:

	O.D (A)	P.C.D (B)	Holes (C)	Thickness (G)
JIS5K-200A	Ø320	Ø280	Ø23 (8x)	20
PN16-DN150	Ø285	Ø240	Ø23 (8x)	20

Other connections on request.

Inlet flange:

	O.D (D)	P.C.D (E)	Holes (F)	Height (H)
JIS16K-80A	Ø200	Ø160	Ø23 (8x)	190
PN16-DN80	Ø200	Ø160	Ø18 (8x)	190

Specifications

Flow	40-125 m ³ /h
Inlet pressure	0,6-1,2 MPa
Recommended pressure	0,8 MPa
Max temperature	95°C
Rotation speed	0,5-1,5 rpm
Approx weight (L=3500mm)	100 kg
Per additional meter of main pipe	15 kg
Material in contact with cargo	as per specification
Lubrication	Grease



Scanjet Tank Cleaning Equipment
Tank Cleaning Technologies* G a,
15200 Middlebrook Drive, Suite E
Houston, Texas 77058 - USA

Phone + 1 281 480 4041
Fax + 1 713 513 5883
E-mail scanjetsales@tankcleantech.com
Web www.tankcleantech.com

We reserve the right to changes without prior notice.

1014.2013.12.19

Limpieza de Tanques y Problema en las Muestras tomadas por Tubos de Sonda



- 3) RMG 380. “Fuente: Loading Master y Capitán responsables de la carga correspondiente”

galp **Certificado de Qualidade**

REFINARIA DE SINES Nº de Série (Serial Number) : **CQ 181299**
Data de Emissão (Issue date) : **2018-09-21**

PRODUTO (Product) : ISO F RMG 380
LOTE (Batch nr.) : S/M35/552/241-8

Documento de referência: Relatório de Ensaios Nº 5553/18 Emitido pelo Laboratório da Ref. Sines (1.0190) acreditado segundo a NP EN ISO/IEC 17025

MÉTODO <i>Test method</i>	PROPRIEDADE <i>Property</i>	RESULTADOS <i>Results</i>	LIMITES <i>Limits</i>	
			Min	Max
EN ISO 12185:96TC	Massa Volumica a 15oC (density at 15 °C)	Kg/m3	988,3	991,0
ISO 3104:1994 (TC)	Viscosidade Cinemática a 50 °C (kinematic viscosity at 50 °C)	mm^2/s	374,4	380,0
ISO 2719:2016	Ponto de Inflamação (Proc.B) (flash point (proc.B))	°C	72,0	60,0
ISO 3733:1999	Água (water)	%(v/v)	<0,10	0,50
ISO 8754:2003	Enxofre (total sulphur)	%(m/m)	2,44	3,50
ASTM D4740-04 (R)	Compatibilidade com 40% (compatibility with)		1	
ISO 8217:2017	Índice Aromaticidade Carbono Calculado (ccal)		849	870

ESTE DOCUMENTO SO PODE SER REPRODUZIDO NA ÍNTEGRA, SALVO AUTORIZAÇÃO EXPRESSA DA REFINARIA DE SINES.
THIS DOCUMENT MAY ONLY BE REPRODUCED IN FULL, EXCEPT WITH APPROVAL OF THE SINES REFINERY.
Documento inteiramente processado informaticamente. -Full computer processed document Sistema SMW™ da LabSystems, certificado de acordo com a norma ISO9001.
Resultados dos ensaios arredondados de acordo com o método de arredondamento ASTM E29

OBSERVAÇÕES (notes):

Compatibilidade com: (compatibility with) ISOFDMA: Amostra N-04380/18 do OPT 420

- 4) RMK 500 “Fuente: Loading Master y Capitán responsables de la carga correspondiente”



DO - ESPECIALIDADES - MARINHA

PETROGAL BUNKERS SPECS

Product: ISO-F-RMK 500

Batch nr: TK 556 - 228/2018

Shore Tank: Ref Sines - 556

Characteristics	Test method	ISO-F-RMK 500	Limit	RMK 500
Kinematic viscosity at 50 °C	ISO 3104	474,1 [†]	max	500,0
Density at 15°C, kg/m3	ISO 3675	997,0	max	1010,0
CCAI		856	max	870
Sulfur, % (m/m)	ISO 8754	2,42 [†]	max	3,50
Flash point, °C	ISO 2719	75,0 [†]	min	60
Hydrogen sulfide, mg/Kg	IP 570	0,09 [†]	max	2,00
Acid number, mg KOH/g	ASTM D664	0,1 [†]	max	2,5
Total sediment, aged, % (m/m)	ISO 10307-2	0,01 [†]	max	0,10
Carbon residue (micro), % (m/m)	ISO 10370	15,91 [†]	max	20,00
Pour point, °C	ISO 3016	-3 [†]	max	30
Water, % (V/V)	ISO 3733	0,10 [†]	max	0,50
Ash, % (m/m)	ISO 6245	0,051 [†]	max	0,150
Vanadium, mg/kg	IP 501	187 [†]	max	450
Sodium, mg/kg	IP 501	21 [†]	max	100
Aluminium plus silicon, mg/kg	IP 377	55 [†]	max	60
Calcium, mg/kg	IP 501	8 [†]	max	30
Zinc or phosphorus, mg/kg	IP 501	3 [†]	max	15

R. Sines - Rua Tanques da Foz de Sines, 1450-209 Sines, Portugal - Tel: +351 212 961 410 - Fax: +351 212 961 410