



Universidad de La Laguna

Escuela Técnica Superior de Náutica,  
Máquinas y Radioelectrónica Naval



# **TRABAJO FIN DE GRADO**

*Curso 2014-2015*

## **OPERACIÓN DE DESCARGA EN PLATAFORMAS OFF SHORE**

TUTOR: ANTONIO CEFERINO BERMEJO DIAZ

ALUMNO: ÁNGEL MANUEL HERRERA RODRÍGUEZ

GRADO: NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

# ÍNDICE.

## **CAPÍTULO 1: CONCEPTOS BÁSICOS Y PRINCIPIOS FÍSICOS EN EL TRASIEGO DE LÍQUIDOS. Pag.11**

1.1 BOMBAS. Pag 11

1.1.1 Historia. Pag 12

1.1.2 Tipos de bombas. Pag 13

1.1.3. Cebado de bombas. Pag 16

1.1.4. Sellado de bombas. Pag 17

1.2 PRESIÓN. Pag 18

1.2.1 Definición. Pag 18

1.2.2 Presión hidrostática. Pag 20

1.2.3. Presión media. Pag 21

1.2.4. Presión hidrodinámica. Pag 21

1.3. CAUDAL. Pag 23

1.4. PÉRDIDA DE CARGA EN LA LÍNEA. Pag 24

1.4.1. Pérdida de carga en conducto rectilíneo. Pag 24

1.4.2. Perdidas de carga localizadas. Pag 25

1.4.3. Pérdidas lineales. Pag 26

1.4.4. Pérdidas singulares. Pag 26

1.5 RESISTENCIAS Y CONTRAPRECIIONES EN UNA INSTALACIÓN.  
Pag 27

1.6. DISPOSICIÓN DE LA TERMINAL DE TIERRA. Pag 28

**CAPÍTULO 2: BOMBAS CENTRÍFUGAS.** Pag 29

2.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO. Pag 30

2.2 CIRCULACIÓN DEL FLUIDO (A LA ENTRADA Y A LA SALIDA).  
Pag 33

2.3. PARÁMETROS DE INTERÉS. Pag 35

2.3.1 Altura. Pag 35

2.3.2 Cebado de la bomba. Pag 36

2.3.3 NPSH. Pag 37

2.4. Curvas características de la bomba. Pag 38

2.5 CONTROLES. Pag 39

2.5.1. Sistema de arranque, parada de la bomba. Pag 39

2.6. SISTEMA DE CAUDAL 0 SIN PARADA DE BOMBA (BY-PASS).  
Pag 41

2.7. EMPAQUETADURAS Y SELLOS MECÁNICOS. Pag 42

2.7.1. Empaquetadura. Pag 42

2.7.2.Sello mecánico. Pag 43

2.8. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE Y PARADA DE LA BOMBA.  
Pag 43

2.9. PROBLEMAS EN EL FUNCIONAMIENTO. Pag 44

2.10. RUIDOS DE LA BOMBA. Pag 44

2.11. GOLPE DE ARIETE. Pag 45

2.12. CORROSIÓN Y EROSIÓN. Pag 45

**CAPÍTULO 3: BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.** Pag 47

**CAPÍTULO 4 EYECTORES.** Pag 50

4.1. FUNCIONAMIENTO. Pag 50

**CAPÍTULO 5. ACCIONAMIENTO DE BOMBAS.** Pag 52

5.1. MOTORES ELÉCTRICOS. Pag 52

5.1.1. Tipos de motores. Pag 52

5.1.1.1. Motores de corriente continua. Pag 53

5.2 TURBINAS. Pag 53

5.2.1. Control de la turbina. Pag 54

## **CAPÍTULO 6. OPERACIONES DE DESCARGA.** Pag 55

6.1. PLAN INTERNO DE BOMBAS Y OPERACIONES CON TANQUES.  
Pag 55

6.2. MANEJO DE LAS BOMBAS DURANTE LA DESCARGA. Pag 56

6.2.1. Trasegar de un tanque vacío a uno lleno. Pag 57

6.4. SISTEMA DE GAS INERTE. Pag 58

6.4.1. Funciones exigidas. Pag 59

6.4.2. Comprobaciones antes de usar el Sistema de Gas Inerte (IGS).  
Pag 60

6.4.3. Inertización de tanques vacíos. Pag 61

6.4.4. Purgado de tanques. Pag 62

6.4.5. Operación de carga con tanques inertizados. Pag 62

6.4.6. Inertizado durante el viaje en carga. Pag 63

6.4.7. Operación de limpieza de tanques con tanques inertizados.  
Pag 63

6.4.8. Purga y desgasificación de los tanques de carga. Pag 53

6.4.9. Fallo del Sistema de Gas Inerte (IGS). Pag 64

6.4.10. Riesgos del gas inerte. Pag 66

## **CAPÍTULO 7. LA MONOBOYA. Pag 67**

7.1. Concepto Pag 67

7.2. Utilización. Pag 68

## **CAPÍTULO 8. DESCARGA EN PLATAFORMAS OFF SHORE. Pag 70**

8.1. INTRODUCCIÓN. Pag 70

8.2. PLAN DE OPERACIONES Y REUNIÓN CON EL PERSONAL DE GUARDIA. Pag 70

8.3. OPERACIÓN DE DESCARGA. Pag 71

8.4. PROCEDIMIENTOS DEL SISTEMA DE GAS INERTE. Pag 71

8.5. PLAN DE DESCARGA ACORDADO. Pag 72

8.6. CONEXIÓN. Pag 73

8.7. INICIO DE DESCARGA. Pag 74

8.8. SUPERVISIÓN Y CONTROL DURANTE EL TRANCURSO DE LA  
DESCARGA. Pag 75

CONCLUSIÓN. Pag 78

BIBLIOGRAFÍA. Pag 80

# INTRODUCCIÓN.

En estas últimas décadas, es normal ver construcciones de barcos inmensos, de grandes calados y capacidad de carga, los cuales son imposibles ver operar en puertos de una profundidad menor de diez metros. Por ende, se crearon y actualmente se utilizan las plataformas off shore para, principalmente, operaciones de buques de gran tonelaje en puertos donde el calado o el puerto en sí es inferior a lo que albergan estos barcos de gran tonelaje.



<http://atravesdelportillo.blogspot.com.es/2011/11/cargando-entre-piratas.html>

Es normal la utilización de estas plataformas en la actualidad, tanto en el ámbito internacional como estatal ya que en España existen estas estructuras flotantes en puertos como Tarragona o Huelva.

El trabajo consta principalmente de 2 partes diferenciadas:

La primera es un amplio resumen de las herramientas que tiene el barco para realizar las operaciones de descarga, es decir: Bombas de

descarga, partes de las que se compone la bomba, principios físicos que explican su funcionamiento, su modo de operar dependiendo del tipo de bomba que tengamos en el buque, su accionamiento, problemas que pueden suceder en ellas, etc. También se mencionan los eyectores y su uso o la utilización planta de nitrógeno en el buque entre otras muchas cosas.

Por otro lado, la segunda parte del trabajo habla de las plataformas off-shore, su uso en la actualidad y como se hace una operación de descarga operando en ellas, etc.

Elegí este tema motivado principalmente por la falta de conocimiento a cerca de él. En mi año de prácticas no llegué a operar en una plataforma off shore y toqué muchas veces puertos donde veía operar a buques de gran tonelaje en ellas pero nunca llegué a indagar tanto en su operatividad como me hubiese gustado. Este hecho me preocupaba a la vez que me llenaba de curiosidad.

Lo que quiero conseguir con esta investigación es informarme a cerca de el trabajo con las plataformas off shore, sus beneficios e inconvenientes, su operatividad y cualquier dato o reseña importante a cerca de estas herramientas flotantes tan útiles para los puertos. Y que dicho trabajo sirva para resolver dudas tanto a alumnos de náutica como a cualquiera que tenga esa curiosidad por saber a cerca de las plataformas off-shore.

Espero y quiero lograr que, en el hipotético caso de que navegue en un buque que opere en dichas plataformas, no sentirme ajeno al asunto de operar y conseguir poder operar en dichas plataformas sin pánico ninguno y con las ideas claras de lo que se debe y no se debe hacer cuando se trabaja en ellas.

Lately, it is common to see huge ships constructions, with high draft and load capacity, which are impossible to see operate in ports of reduced depth. Therefore, they were created the off-shore platforms for operations with large ships in ports where the depth is lower than that harbor these large-tonnage ships currently in use.

Today, It is normally the use of these platforms, not only internationally but also in Spain state because there are these floating structures in ports as Tarragona and Huelva.

The work consists mainly of two parts:

The first is a comprehensive summary of the tools that you have in the ship for unloading, that is to say: Discharge Pumps, pumps parts, physical principles that explain its operation, its operation is made depending on the type we have to pump the ship, how to solve the problems that can happen, etc. Ejectors and the use or the use nitrogen plant on the ship among many other things are also mentioned.

On the other hand, the second part of the work speaks of off-shore platforms, your use today or as is a download operation in them, etc.

I chose this topic due mainly to the lack of knowledge about it. In my year of practice I did not get to operate in offshore platform and visited and often looked operations on ports where large ships but never got to investigate this operations as I would have liked. This bothered me while I was filled with curiosity.

What I want get to this research is to inform about working with off shore platforms, the advantage and disadvantage, the operability and any significant data or review of these floating tools about as useful for ports. And that this work will serve to answer questions both nautical students as anyone with that curious about off-shore platforms.

I hope and want to achieve that, in the unlikely event that I navigating in a vessel that operating on these platforms, not feel foreign to the issue of get to work on those platforms without any panic and with clear ideas of what should and should not be done when working in them.

# CAPÍTULO 1: CONCEPTOS BÁSICOS Y PRINCIPIOS FÍSICOS EN EL TRASIEGO DE LÍQUIDOS

## 1.2 BOMBAS

Una **bomba hidráulica** es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

Existe una ambigüedad en la utilización del término **bomba**, ya que generalmente es utilizado para referirse a las máquinas de fluido que transfieren energía, o *bombean* fluidos incompresibles, y por lo tanto no alteran la densidad de su fluido de trabajo, a diferencia de otras máquinas como lo son los compresores, cuyo campo de aplicación es la neumática y no la hidráulica. Pero también es común encontrar el término **bomba** para referirse a máquinas que *bombean* otro tipo de fluidos, así como lo son las bombas de vacío o las bombas de aire.



<http://www.bombastorres.com/fichas/fichasproducto/bm.htm>

## 1.2.1 Historia

Desde hace milenios el hombre aprendió a abastecerse de agua mediante mecanismos para transferirla de un lugar a otro. Ejemplos de estas máquinas primitivas son la noria movida por accionamiento humano o tracción animal y el malacate, empleados por las antiguas culturas egipcias y babilónicas.

**Arquímedes** describió en el siglo III antes de nuestra era lo que hoy se conoce como tornillo de Arquímedes, aunque este sistema había sido utilizado anteriormente por Senaquerib, rey de Asiria en el siglo VII a.n.e. En el siglo XII, Al-Jazari describió e ilustró diferentes tipos de bombas, incluyendo bombas reversibles, bombas de doble acción, bombas de vacío, bombas de agua y bombas de desplazamiento positivo.



<http://es.wikipedia.org/wiki/;Eureka!>

## 1.1.2 Tipos de bombas

Según el principio de funcionamiento:

**Bombas de *desplazamiento positivo* o *volumétricas***,<sup>(1)</sup> en las que el principio de funcionamiento está basado en la hidrostática, de modo que el aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen. En este tipo de bombas, en cada ciclo el órgano propulsor genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, por lo que también se denominan **bombas volumétricas**. En caso de poder variar el volumen máximo de la cilindrada se habla de bombas de volumen variable. Si ese volumen no se puede variar, entonces se dice que la bomba es de volumen fijo. A su vez este tipo de bombas pueden subdividirse en:

- **Bombas de émbolo alternativo**, en las que existe uno o varios compartimentos fijos, pero de volumen variable, por la acción de un émbolo o de una membrana. En estas máquinas, el movimiento del fluido es discontinuo y los procesos de carga y descarga se realizan por válvulas que abren y cierran alternativamente. Algunos ejemplos de este tipo de bombas son la bomba alternativa de pistón, la bomba rotativa de pistones o la bomba pistones de accionamiento axial.
- **Bombas volumétricas rotativas o *rotoestáticas***, en las que una masa fluida es confinada en uno o varios compartimentos que se desplazan desde la zona de entrada (de baja presión) hasta la zona de salida (de alta presión) de la máquina. Algunos ejemplos de este tipo de máquinas son la bomba de paletas, la bomba de lóbulos, la bomba de engranajes, la bomba de tornillo o la bomba peristáltica.
- **Bombas *rotodinámicas***, en las que el principio de funcionamiento está basado en el intercambio de cantidad de movimiento entre la máquina y el fluido, aplicando la hidrodinámica. En este tipo de bombas hay uno o varios rodets con álabes que giran generando un campo de presiones en el

fluido. En este tipo de máquinas el flujo del fluido es continuo. Estas **turbomáquinas hidráulicas generadoras** pueden subdividirse en:

- **Radiales o centrífugas**, cuando el movimiento del fluido sigue una trayectoria perpendicular al eje del rodete impulsor.
- **Axiales**, cuando el fluido pasa por los canales de los álabes siguiendo una trayectoria contenida en un cilindro.
- **Diagonales o helicocentrífugas** cuando la trayectoria del fluido se realiza en otra dirección entre las anteriores, es decir, en un cono coaxial con el eje del rodete.

Según el tipo de accionamiento:

- **Electrobombas**. Genéricamente, son aquellas accionadas por un motor eléctrico, para distinguirlas de las **motobombas**, habitualmente accionadas por motores de combustión interna.
- **Bombas neumáticas** que son bombas de desplazamiento positivo en las que la energía de entrada es neumática, normalmente a partir de aire comprimido.
- **Bombas de accionamiento hidráulico**, como la bomba de ariete o la noria.
- **Bombas manuales**. Un tipo de bomba manual es la bomba de balancín.

Tipos de bombas de émbolo:

- **Bomba aspirante**, en una "bomba aspirante", un cilindro que contiene un pistón móvil está conectado con el suministro de agua mediante un tubo. Una válvula bloquea la entrada del tubo al cilindro. La válvula es como una puerta con goznes, que solo se

abre hacia arriba, dejando subir, pero no bajar, el agua. Dentro del pistón, hay una segunda válvula que funciona en la misma forma.

Cuando se acciona la manivela, el pistón sube. Esto aumenta el volumen existente debajo del pistón, y, por lo tanto, la presión disminuye. La presión del aire normal que actúa sobre la superficie del agua, del pozo, hace subir el líquido por el tubo, franqueando la válvula-que se abre- y lo hace entrar en el cilindro. Cuando el pistón baja, se cierra la primera válvula, y se abre la segunda, que permite que el agua pase a la parte superior del pistón y ocupe el cilindro que está encima de éste. El golpe siguiente hacia arriba hace subir el agua a la espita y, al mismo tiempo, logra que entre más agua en el cilindro, por debajo del pistón. La acción continúa mientras el pistón sube y baja.

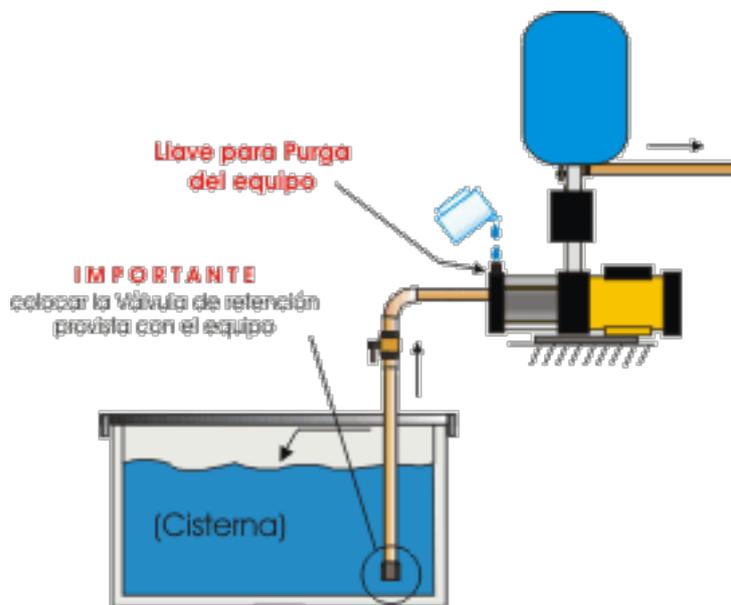
Una bomba aspirante es de acción limitada, en ciertos sentidos. No puede proporcionar un chorro continuo de líquido ni hacer subir el agua a través de una distancia mayor a 10 m. entre la superficie del pozo y la válvula inferior, ya que la presión normal del aire sólo puede actuar con fuerza suficiente para mantener una columna de agua de esa altura. Una bomba impelente vence esos obstáculos.

- **Bomba impelente,** La bomba impelente consiste en un cilindro, un pistón y un caño que baja hasta el depósito de agua. Asimismo, tiene una válvula que deja entrar el agua al cilindro, pero no regresar. No hay válvula en el pistón, que es completamente sólido. Desde el extremo inferior del cilindro sale un segundo tubo que llega hasta una cámara de aire. La entrada a esa cámara es bloqueada por una válvula que deja entrar el agua, pero no salir. Desde el extremo inferior de la cámara de aire, otro caño lleva el agua a un tanque de la azotea o a una manguera.

### 1.1.3. Cebado de bombas.(2)

Para el correcto funcionamiento de las bombas rotodinámicas se necesita que estén llenas de fluido incompresible, es decir, de líquido, pues en el caso estar llenas de fluido compresible (cualquier gas como el aire) no funcionarían correctamente.

El cebado de la bomba consiste en llenar de líquido la tubería de aspiración succión y la carcasa de la bomba, para facilitar la succión de líquido, evitando que queden bolsas de aire en el interior. Al ser necesaria esta operación en las bombas rotodinámicas, se dice que no tienen capacidad autocebante. Sin embargo, las bombas de desplazamiento positivo son autocebantes, es decir, aunque estén llenas de aire son capaces de llenar de fluido el circuito de aspiración.



<https://areamecanica.wordpress.com/2011/09/22/ingenieria-mecanica-el-sellado-de-ejes-en-bombas-centrifugas/>

## 1.1.4. Sellado de bombas.

Las bombas precisan de sellos hidráulicos para impedir que los fluidos que están siendo impulsados salgan al exterior de la máquina a través de la vía de transmisión de movimiento desde el motor a los internos móviles de la bomba.

En el campo del refinado de petróleo y de la petroquímica existen sellos mecánicos de bombas estandarizados por API (*American Petroleum Institute*) que, aunque se trata de una asociación estadounidense, son de aplicación en todo el mundo. Cada tipo de sello recibe el nombre de PLAN API. Estos sellos pueden ser simples o dobles y, además, pueden disponer o no de un sistema de refrigeración.

También existe una clasificación de sellos de bombas según ANSI.



<http://www.comercioindustrial.net/productos.php?id=copas&mt=empaques>

## 1.2 PRESIÓN.(2)

La **presión** es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea. En el Sistema Internacional de Unidades la presión se mide en una unidad derivada que se denomina pascal (Pa) que es equivalente a una fuerza total de un newton (N) actuando uniformemente en un metro cuadrado (m<sup>2</sup>). En el Sistema Inglés la presión se mide en libra por pulgada cuadrada (pound per square inch o psi) que es equivalente a una fuerza total de una libra actuando en una pulgada cuadrada.

### 1.2.1 Definición.

La presión es la magnitud escalar que relaciona la fuerza con la superficie sobre la cual actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la superficie. Cuando sobre una superficie plana de área  $A$  se aplica una fuerza normal  $F$  de manera uniforme, la presión  $P$  viene dada de la siguiente forma:

$$p = \frac{F}{A}$$

donde:

$\mathbf{f}$ , es la fuerza por unidad de superficie.

$\mathbf{n}$ , es el vector normal a la superficie.

$A$ , es el área total de la superficie  $S$ .

La presión que se origina en la superficie libre de los líquidos contenidos en tubos capilares, o en gotas líquidas se denomina

presión capilar.

Se produce debido a la tensión superficial. En una gota es inversamente proporcional a su radio, llegando a alcanzar valores considerables.

Por ejemplo, en una gota de mercurio de una diezmilésima de

milímetro de diámetro hay una presión capilar de 100 atmósferas. La presión hidrostática corresponde al cociente entre la fuerza normal  $F$  que actúa, en el seno de un fluido, sobre una cara de un cuerpo y que es independiente de la orientación de ésta.

Depende únicamente de la profundidad a la que se encuentra situado el elemento considerado. La de un vapor, que se encuentra en equilibrio dinámico con un sólido o líquido a una temperatura cualquiera y que depende únicamente de dicha temperatura y no del volumen, se designa con el nombre de presión de vapor o saturación.

La **presión en un fluido** es la presión termodinámica que interviene en la ecuación constitutiva y en la ecuación de movimiento del fluido, en algunos casos especiales esta presión coincide con la presión media o incluso con la presión hidrostática. Todas las presiones representan una medida de la energía potencial por unidad de volumen en un fluido. Para definir con mayor propiedad el concepto de presión en un fluido se distinguen habitualmente varias formas de medir la presión:

- La **presión media**, o promedio de las presiones según diferentes direcciones en un fluido, cuando el fluido está en reposo esta presión media coincide con la presión hidrostática.
- La **presión hidrostática** es la parte de la presión debida al peso de un fluido en reposo. En un fluido en reposo la única presión existente es la presión hidrostática, en un fluido en movimiento además puede aparecer una presión hidrodinámica adicional relacionada con la velocidad del fluido. Es la presión que sufren los cuerpos sumergidos en un líquido o fluido por el simple y sencillo hecho de sumergirse

dentro de este. Se define por la fórmula  $P_h = \gamma h$  donde  $P_h$  es la presión hidrostática,  $\gamma = \rho g$  es el peso específico y  $h$  profundidad bajo la superficie del fluido.

La **presión hidrodinámica** es la presión termodinámica dependiente de la dirección considerada alrededor de un punto que dependerá además del peso del fluido, el estado de movimiento del mismo.

## 1.2.2 Presión hidrostática.

Un fluido pesa y ejerce presión sobre las paredes del fondo del recipiente que lo contiene y sobre la superficie de cualquier objeto sumergido en él. Esta presión, llamada presión hidrostática, provoca, en fluidos en reposo, una fuerza perpendicular a las paredes del recipiente o a la superficie del objeto sumergido sin importar la orientación que adopten las caras. Si el líquido fluyera, las fuerzas resultantes de las presiones ya no serían necesariamente perpendiculares a las superficies. Esta presión depende de la densidad del líquido en cuestión y de la altura del líquido con referencia del punto del que se mida.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = \rho gh + P_0$$

Donde, usando unidades del SI,

- $P$  es la presión hidrostática (en pascales);
- $\rho$  es la densidad del líquido (en kilogramos partido metro cúbico);
- $g$  es la aceleración de la gravedad (en metros partido segundo al cuadrado);
- $h$  es la altura del fluido (en metros). Un líquido en equilibrio ejerce fuerzas perpendiculares sobre cualquier superficie sumergida en su interior
- $P_0$  es la Presión atmosférica (en pascales)

### 1.2.3. Presión media.

En un fluido en reposo la presión en un punto es constante en cualquier dirección y por tanto la presión media, promediando en todas direcciones coincide con la presión hidrostática. Sin embargo, en un fluido en movimiento no necesariamente sucede así. En un fluido cualquiera la presión media se define desde que la traza del tensor tensión del fluido:

$$\bar{p} = \frac{1}{3} \text{tr}(\boldsymbol{\sigma})$$

En un fluido newtoniano la presión media coincide con la presión termodinámica o hidrodinámica en tres casos importantes:

- Cuando el fluido está en reposo, en este caso, son iguales la presión media, la presión hidrostática y la presión termodinámica.
- Cuando el fluido es incompresible.
- Cuando la viscosidad volumétrica es nula.

En un fluido en reposo en los puntos donde el fluido está en contacto con una superficie sobre la que ejerce una presión uniforme la presión media obviamente es:

$$\bar{p} = \frac{1}{3} \text{tr}(\boldsymbol{\sigma}) = \frac{F}{A}$$

Donde:

$F$ , es la fuerza resultante asociada a las presiones sobre dicha superficie.

$A$ , es el área total de la superficie sobre la que actúan las presiones uniformemente.

### 1.2.4. Presión hidrodinámica.

En un fluido en movimiento general, al medir la presión según diferentes direcciones alrededor de un punto, ésta no será constante, dependiendo la dirección donde la presión es máxima y mínima, y de la dirección y valor de la velocidad en ese punto.

De hecho en un fluido newtoniano cuya ecuación constitutiva, que

relaciona el tensor tensión con el tensor velocidad de deformación:

$$\sigma_{ij} = (-p + \lambda d_{kk})\delta_{ij} + 2\mu d_{ij} = \left(-p + \lambda \frac{\partial v_k}{\partial x_k}\right) \delta_{ij} + \mu \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i}\right)$$

Donde:

$\sigma_{ij}$  son las componentes del tensor tensión.

$d_{ij}$  son las componentes del tensor velocidad de deformación.

$v_i$  son las componentes del vector velocidad del fluido.

$p$  es la presión hidrodinámica.

$\lambda, \mu$  son dos viscosidades que caracterizan el comportamiento del fluido.

Puede probarse que la presión hidrodinámica se relaciona con la presión media por:

$$p = \bar{p} + K(\nabla \cdot \mathbf{v})$$

Donde:

$K = \lambda + 2\mu/3$ , es la viscosidad volumétrica.

$\nabla \cdot \mathbf{v}$ , es la divergencia del vector velocidad.

## 1.3. CAUDAL(2)

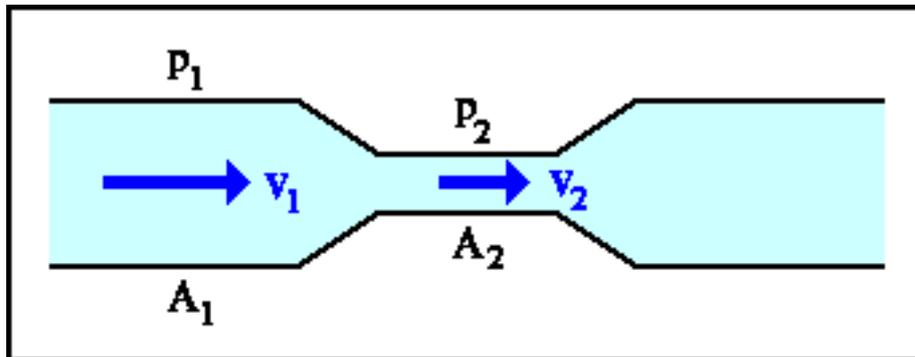
En dinámica de fluidos, **caudal** es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal,...) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

En el caso de que el flujo sea normal a la superficie o sección considerada, de área  $A$ , entre el caudal y la velocidad promedio del fluido existe la relación:

$$Q = A \bar{v}$$

donde

- $Q$  Caudal ( $[L^3T^{-1}]$ ;  $m^3/s$ )
- $A$  Es el área ( $[L^2]$ ;  $m^2$ )
- $\bar{v}$  Es la velocidad promedio. ( $[LT^{-1}]$ ;  $m/s$ )



[http://www.herrera.unt.edu.ar/controldeprocesos/Tema\\_1/Problema\\_1/Problema\\_1.htm](http://www.herrera.unt.edu.ar/controldeprocesos/Tema_1/Problema_1/Problema_1.htm)

## 1.4. PÉRDIDA DE CARGA EN LA LÍNEA.

La **pérdida de carga** en una tubería o canal, es la pérdida de presión en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce. Las pérdidas pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, o accidentales o localizadas, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc.

### 1.4.1. Pérdida de carga en conducto rectilíneo.

Si el flujo es uniforme, es decir que la sección es constante, y por lo tanto la velocidad también es constante, el principio de Bernoulli, entre dos puntos puede escribirse de la siguiente forma:

$$y_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = y_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum \lambda$$

donde:

$g$  = aceleración de la gravedad;

$y_i$  = altura geométrica en la dirección de la gravedad en la sección  $i = 1$  ó  $2$ ;

$P$  = presión a lo largo de la línea de corriente;

$\rho$  = densidad del fluido;

$v$  = velocidad del fluido;

$\sum \lambda$  = pérdida de carga;

La pérdida de carga se puede expresar como  $\sum \lambda = J.L$ ; siendo  $L$  la distancia entre las secciones 1 y 2; y,  $J$  la variación en la presión manométrica por unidad de longitud o pendiente, valor que se determina empíricamente para los diversos tipos de material, y es función del radio hidráulico, de la rugosidad de las paredes de la tubería, de la velocidad media del fluido y de su viscosidad.

## 1.4.2. Pérdidas de carga localizadas.

Son pérdidas originadas por singularidades en las tuberías como pueden ser: Estrangulamientos, codos, té, cambios de sección, etc. Debidas a los remolinos que crean estos impulsos.

Las pérdidas de carga localizadas, debidas a elementos singulares, se expresan como una fracción o un múltiplo de la llamada "**altura de velocidad**" de la forma:

$$h_v = K \left( \frac{V^2}{2g} \right)$$

Donde:

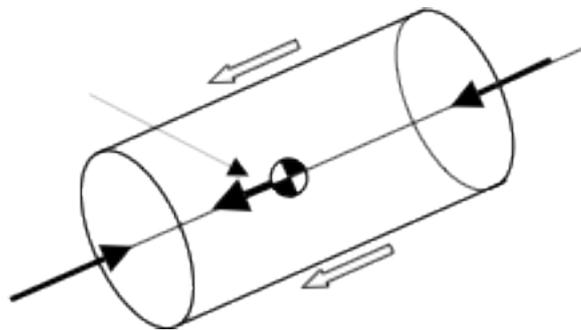
$h_v$  = pérdida de carga localizada;

$V$  = velocidad media del agua, antes o después del punto singular, conforme el caso;

$K$  = Coeficiente determinado en forma empírica para cada tipo de punto singular.

### 1.4.3. Pérdidas lineales.

Las pérdidas lineales son las producidas por las tensiones viscosas originadas por la interacción entre el fluido circundante y las paredes de la tubería. En un tramo de tubería de sección constante la pérdida de carga, además de por un balance de energía como lo anteriormente desarrollado, se puede obtener por un balance de fuerzas en la dirección del flujo: fuerzas de presión + fuerzas de gravedad + fuerzas de rozamiento viscoso = 0.



<http://www.ilustrados.com/tema/3322/Dispositivos-para-medir-caudal-velocidad-fluidos.html>

### 1.4.4. Pérdidas singulares.

Las pérdidas singulares son las producidas por cualquier obstáculo colocado en la tubería y que suponga una mayor o menor obstrucción al paso del flujo: entradas y salidas de las tuberías, codos, válvulas, cambios de sección, etc. Normalmente son pequeñas comparadas con las pérdidas lineales, salvo que se trate de válvulas muy cerradas.

## 1.5 RESISTENCIAS Y CONTRAPRECIIONES EN UNA INSTALACIÓN.(2)

Por todo lo dicho, una bomba no sólo debe vencer la diferencia de alturas entre el punto más bajo del líquido y el punto más alto, o dicho de otra manera, entre el nivel del tanque del buque y el nivel del tanque en tierra, si no también deberá aportar la energía necesaria al líquido para vencer las pérdidas de presión que se

producirán en la tubería por rozamiento y en los codos, válvulas, conexiones, etc. Lo que denominamos anteriormente como pérdidas de carga lineales y singulares.

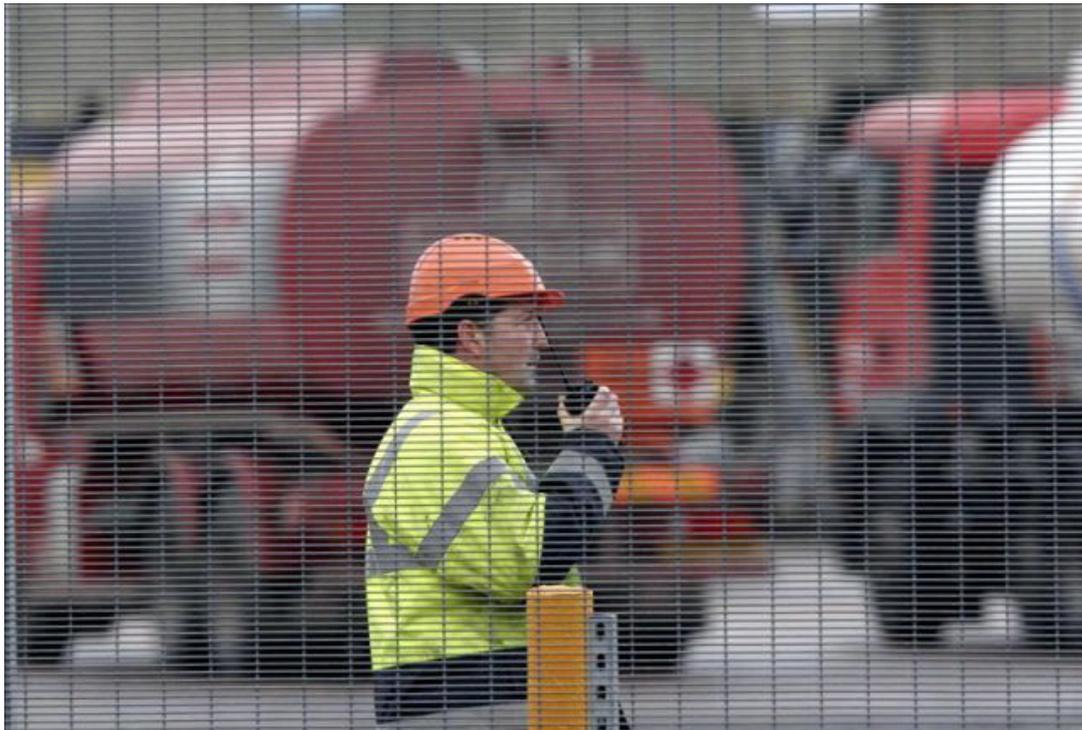
Estas pérdidas debidas a resistencias friccionales de caudal aumentan aproximadamente con el cuadrado del caudal, de manera que la resistencia total a superar por la bomba aumenta a medida que lo hace el caudal.

Para un análisis más completo, habría que distinguir en que puntos de toda la línea nos producen pérdidas. Al decir toda la línea nos referimos a la línea que va desde el chupón del tanque hasta el tanque de tierra.

## 1.6. DISPOSICIÓN DE LA TERMINAL DE TIERRA.(3)

Con todo lo que hemos visto se puede ver que no solo es importante tener los equipos de descarga del barco en buen estado ( líneas, bombas, colectores, etc.) y todo lo que la tripulación tiene al alcance de su mano si no que también es importante que las instalaciones de tierra estén en buen estado, que todo esté bien alineado sin olvidar alguna abertura o cierre de válvulas, trasiego de tanques, etc. Todo esto puede provocar que la bomba no pueda vencer la contrapresión y provocar un desastre en la operación de descarga.

Por ende, tanto el barco como la estación de tierra deben tener una buena comunicación entre ellos para evitar problemas.



[http://www.fondear.org/infonautic/equipo\\_y\\_usos/Electronica\\_Instrumentacion/VHF\\_DSC/VHF\\_DSC.htm](http://www.fondear.org/infonautic/equipo_y_usos/Electronica_Instrumentacion/VHF_DSC/VHF_DSC.htm)

## CAPÍTULO 2: BOMBAS CENTRÍFUGAS.

La **bomba centrífuga**,<sup>(1)</sup> también denominada **bomba rotodinámica**, es actualmente la máquina mas utilizada para bombear líquidos en general. Las bombas centrífugas son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor en energía cinética o de presión de un fluido incompresible. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba. Debido a la geometría del cuerpo, el fluido es conducido hacia las tuberías de salida o hacia el siguiente rodete. Son máquinas basadas en la Ecuación de Euler.

Las Bombas Centrífugas se pueden clasificar de diferentes maneras:

- Por la dirección del flujo en: Radial, Axial y Mixto.
- Por la posición del eje de rotación o flecha en: Horizontales, Verticales e Inclinados.
- Por el diseño de la coraza (forma) en: Voluta y las de Turbina.
- Por el diseño de la mecánico coraza en: Axialmente Bipartidas y las Radialmente Bipartidas.
- Por la forma de succión en: Sencilla y Doble.

Aunque la fuerza centrífuga producida depende tanto de la velocidad en la periferia del impulsor como de la densidad del líquido, la energía que se aplica por unidad de masa del líquido es independiente de la densidad del líquido. Por tanto, en una bomba dada que funcione a cierta velocidad y que maneje un volumen definido de líquido, la energía que se aplica y transfiere al líquido, (en pascales, Pa, metros de columna de agua m.c.a. o pie-lb/lb de líquido) es la misma para cualquier líquido sin que importe su densidad. Tradicionalmente la presión proporcionada por la bomba en metros de columna de agua o pie-lb/lb se expresa en metros o en pies y por ello que se denomina genéricamente como "altura", y aun más, porque las primeras bombas se dedicaban a subir agua

de los pozos desde una cierta profundidad (o altura).

Las bombas centrífugas tienen un uso muy extendido en la industria ya que son adecuadas casi para cualquier uso. Las más comunes son las que están construidas bajo normativa DIN 24255 (en formas e hidráulica) con un único rodete, que abarcan capacidades hasta los 500 m<sup>3</sup>/h y alturas manométricas hasta los 100 metros con motores eléctricos de velocidad normalizada. Estas bombas se suelen montar horizontales, pero también pueden estar verticales y para alcanzar mayores alturas se fabrican disponiendo varios rodetes sucesivos en un mismo cuerpo de bomba. De esta forma se acumulan las presiones parciales que ofrecen cada uno de ellos. En este caso se habla de bomba multifásica o multietapa, pudiéndose lograr de este modo alturas del orden de los 1200 metros para sistemas de alimentación de calderas.

Constituyen no menos del 80% de la producción mundial de bombas, porque es la más adecuada para mover más cantidad de líquido que la bomba de desplazamiento positivo.

No hay válvulas en las bombas de tipo centrífugo; el flujo es uniforme y libre de impulsos de baja frecuencia.

Los impulsores convencionales de bombas centrífugas se limitan a velocidades en el orden de 60 m/s (200 pie/s).

## 2.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.(3)

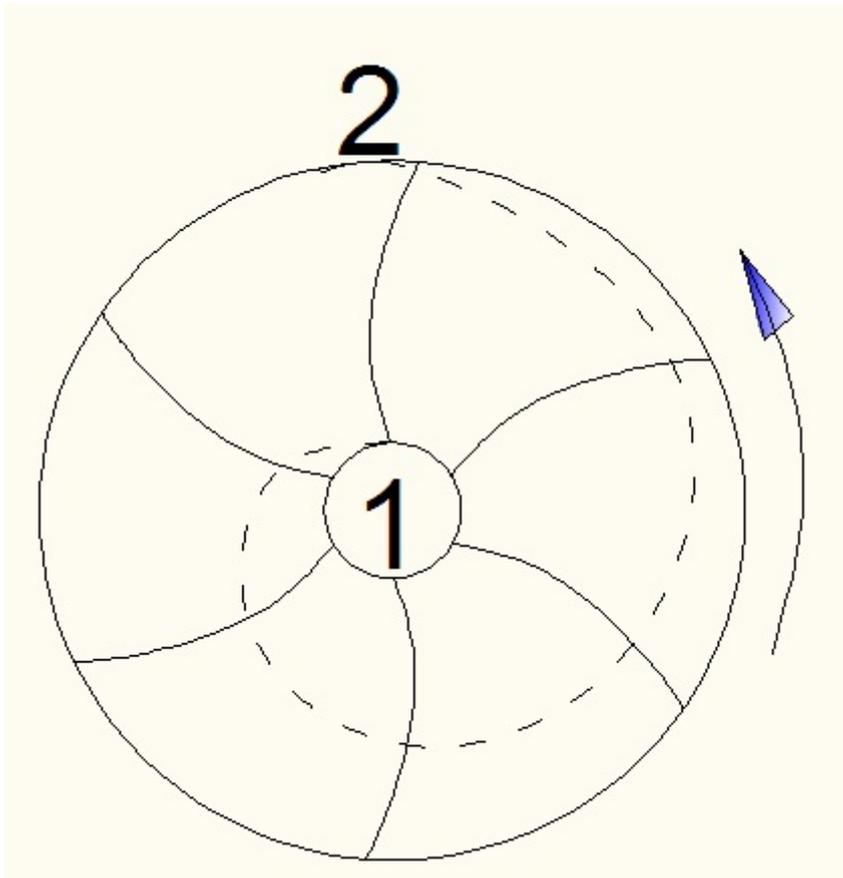
Las bombas centrífugas son máquinas denominadas "receptoras" o "generadoras" que se emplean para hacer circular un fluido en contra de un gradiente de presión. Para que un fluido fluya desde donde hay mayor presión hasta donde hay menos presión no se necesita ningún gasto de energía (Por ejemplo: un globo desinflándose, o un líquido desplazándose desde donde la energía potencial es mayor hasta donde es menor) pero, para realizar el movimiento inverso, es necesaria una bomba, la cual le comunica al fluido energía, sea de presión, potencial o ambas. Para esto, necesariamente se tiene que absorber energía de alguna máquina motriz, ya sea un motor eléctrico, uno de combustión interna, o una turbina de vapor o gas, etc.

No obstante, decir que una bomba "genera presión" es una idea errónea aunque ampliamente difundida. Las bombas están capacitadas para vencer la presión que el fluido encuentra en la descarga impuesta por el circuito. Piénsese en un compresor de llenado de botellones de aire comprimido para arranque de motores navales: El botellón en un principio está a presión atmosférica, y por ende la presión que debe vencer el compresor es sólo la representada por las caídas de presión en la línea, el filtro, los codos y las válvulas. No obstante, a medida que el botellón de aire comprimido se va llenando, es necesario también vencer la presión del aire que se fue acumulando en el mismo. Un ejemplo más cotidiano es el llenado de un globo o de un neumático.

Como anteriormente se ha mencionado, las bombas centrífugas están dotadas principalmente de un elemento móvil: el rotor, o rodete, o impulsor. Es el elemento que transfiere la energía que proporciona el motor de accionamiento al fluido. Esto sólo se puede lograr por un intercambio de energía mecánica y, en consecuencia, el fluido aumenta su energía cinética y por ende su velocidad. Además, por el hecho de ser un elemento centrífugo, aparece un aumento de presión por el centrifugado que se lleva a cabo al circular el fluido desde el centro hasta la periferia. Una partícula que ingresa y toma contacto con las paletas en 1 comenzará a desplazarse, idealmente, contorneando la paleta (En realidad, esto sería estrictamente cierto si hubiera un número muy alto de paletas, más adelante se detalla que sucede cuando hay pocas) Como al mismo tiempo que se va separando del eje el impulsor rota, la partícula a cada instante aumenta su radio y se mueve en el sentido de la rotación (Anti horario en el ejemplo), por lo que su trayectoria, vista desde el exterior, resultará una espiral como la ilustrada en punteado, y saldrá luego por 2.

Si se observase todo este proceso acompañando el movimiento de la paleta, se notaría que la partícula todo lo que hace es realizar un trayecto coincidente con el perfil de la paleta. Esto implica que para medir el movimiento del fluido se tendrá velocidades medidas desde el rotor, es decir, velocidades relativas, y aquellas medidas desde un punto fijo, es decir, velocidades absolutas.

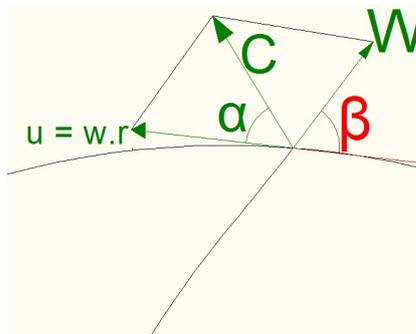
La relación entre ambas es la denominada "Velocidad de arrastre", que es la del móvil (También "periférica")



Desplazamiento de una partícula al ingresar por el centro del rodete de una bomba centrífuga.  
<http://patentados.com/invento/rodete-semiabierto-o-mixto-con-aro-de-ajuste-en-la-aspiracion.html>

## 2.2 CIRCULACIÓN DEL FLUIDO (A LA ENTRADA Y A LA SALIDA)(2)

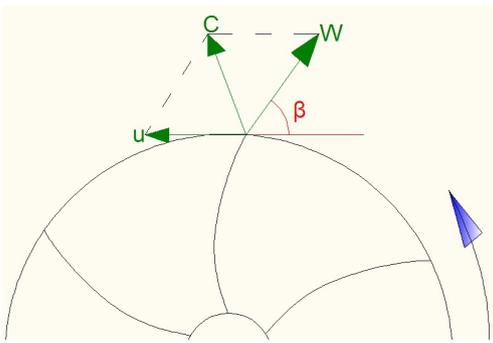
Dado que el fluido ingresa de forma sensiblemente paralela al eje del rotor, necesariamente choca contra el plato que soporta las paletas, para circular en un plano normal al eje. El comportamiento es similar al de un chorro de agua proyectado contra una pared, tiende a desparramarse en dirección aproximadamente radial. En consecuencia, la componente de velocidad absoluta a la entrada tendrá dirección radial.



Resultante vectorial  $C$  de dos fuerzas actuantes en la periferia de un rodete de bomba centrífuga (En el caso  $(\beta < 90^\circ)$ )

<http://patentados.com/inventor/rodete-semiabierto-o-mixto-con-aro-de-ajuste-en-la-aspiracion.html>

Como el impulsor está rotando, hay una componente de velocidad de arrastre " $u$ " ( $u = w.r$ ) y en consecuencia la partícula de fluido ingresa al rodete con una cierta inclinación  $\beta$ , y una velocidad relativa  $w$ , tal que se cumple  $w + u = C$  con lo cual la configuración es como la ilustrada. Para evitar choques entre las paletas y el flujo, que generarían remolinos y pérdida de rendimiento, es deseable que el ángulo  $\beta$  de las paletas coincida con el ángulo  $\beta$  del flujo, y esto explica que las paletas invariablemente en las máquinas de buena calidad estén siempre inclinadas hacia atrás en la entrada.

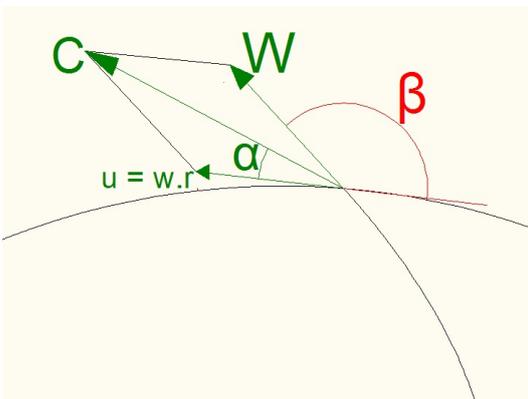


Componente vectorial de las fuerzas que rigen una partícula al salir del rodete de una bomba centrífuga

<http://patentados.com/invento/rodete-semiabierto-o-mixto-con-aro-de-ajuste-en-la-aspiracion.html>

La cuestión de cómo conviene que estén orientadas a la salida del rodete las paletas, tiene una solución al interpretar las fuerzas resultantes que se notan al comparar los diagramas de velocidad respectivos de dos casos extremos: Paletas inclinadas hacia atrás ( $\beta < 90^\circ$ ) y hacia adelante ( $\beta > 90^\circ$ ).

Se demuestra, entonces, que en el caso del rodete cuyas paletas están inclinadas hacia atrás los vectores "u" y "w" poseen un ángulo obtuso entre ellos, por lo cual el vector resultante C resulta menor que en el otro caso. Esto significa que si se quiere convertir un excedente de energía cinética en presión, en el caso del rodete cuyas paletas están inclinadas hacia adelante ( $\beta > 90^\circ$ ) el difusor deberá ser más complejo y por ende más costoso, dado que se debe controlar y "frenar" el fluido mucho más que en el otro caso.



Fuerza C resultante de un diagrama de fuerzas actuantes a la salida de un rodete cuyas paletas están inclinadas hacia adelante ( $\beta > 90^\circ$ )

<http://patentados.com/invento/rodete-semiabierto-omixto-con-aro-de-ajuste-en-la-aspiracion.html>

## 2.3. PARÁMETROS DE INTERÉS.

### 2.3.1 Altura.(2)

La forma más usual de elevar el agua es por medio de bombas hidráulicas movidas por motor eléctrico o de explosión. En el caso más general las bombas hidráulicas actúan en dos fases:

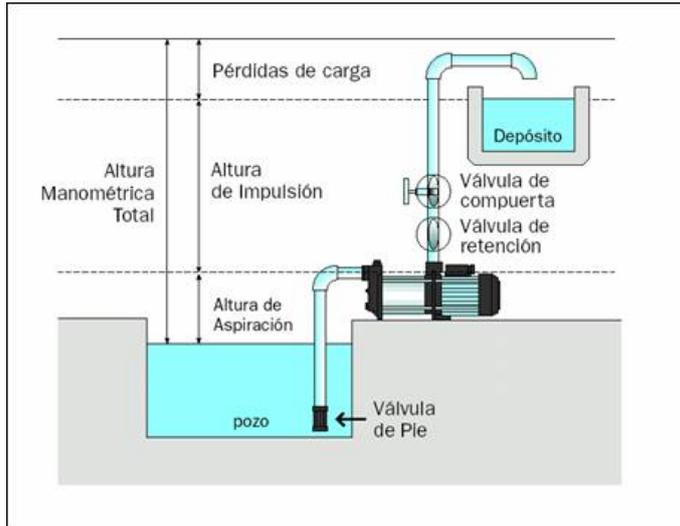
**Aspiración:** Elevando el agua desde su nivel hasta la bomba, por medio de la tubería de aspiración. En esta fase la bomba ejerce un vacío en la tubería de aspiración, con el fin de que el agua pueda subir por ella impulsada por la presión atmosférica.

**Impulsión:** Conducción del agua desde la bomba hasta su destino, por medio de la tubería de impulsión. En esta fase la bomba ejerce la presión necesaria para que el agua se traslade a lo largo de la tubería de impulsión.

Hay que considerar las siguientes alturas de elevación:

- **Altura geométrica de aspiración ( $H_a$ ):** Es la distancia vertical existente entre el eje de la bomba y el nivel inferior del agua.
- **Altura geométrica de impulsión ( $H_i$ ):** Es la distancia vertical existente entre el nivel superior del agua (superficie del agua en el depósito de impulsión o el punto de descarga libre de la tubería de impulsión) y el eje de la bomba.
- **Altura geométrica de elevación:** Es la distancia vertical existente entre los niveles superior e inferior del agua.
- **Altura manométrica de aspiración:** Es igual a la altura geométrica de aspiración más las pérdidas de carga en la tubería de aspiración.
- **Altura manométrica de impulsión:** Es igual a la altura geométrica de impulsión más las pérdidas de carga en la tubería de impulsión.
- **Altura manométrica total o altura total de elevación ( $H_m$ ):** Es la suma de las alturas manométricas de aspiración e impulsión. Esta debe ser suministrada por la bomba, y es independiente del peso específico del líquido, por lo que sólo puede expresarse en metros de columna de agua (mca).

La instalación de una bomba viene representada en la siguiente figura, en donde la bomba aspira el agua del pozo y lo impulsa hasta un depósito.



*Instalación de una bomba centrífuga horizontal.*

<http://www.savino barbera.com/espanol/scelta-pompe.html>

## 2.3.2 Cebado de la bomba.(4)

Para el correcto funcionamiento de las bombas rotodinámicas se necesita que estén llenas de fluido incompresible, es decir, de líquido, pues en el caso estar llenas de fluido compresible (cualquier gas como el aire) no funcionarían correctamente.

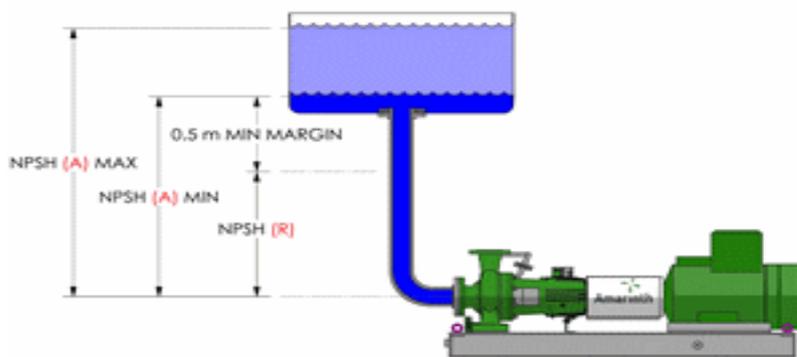
El cebado de la bomba consiste en llenar de líquido la tubería de aspiración succión y la carcasa de la bomba, para facilitar la succión de líquido, evitando que queden bolsas de aire en el interior. Al ser necesaria esta operación en las bombas rotodinámicas, se dice que no tienen capacidad autocebante. Sin embargo, las bombas de desplazamiento positivo son autocebantes, es decir, aunque estén llenas de aire son capaces de llenar de fluido el circuito de aspiración.

Con la bomba parada, se introduce líquido por una especie de embudo que suelen tener en la parte superior, así se llena tanto la tubería de aspiración como el cuerpo de la bomba.

## 2.3.3 NPSH.

**NPSH** es un acrónimo de *Net Positive Suction Head*, también conocido como ANPA (Altura Neta Positiva en la Aspiración) y CNPA (Carga Neta Positiva en Aspiración). Es la caída interna de presión que sufre un fluido cuando este ingresa al interior de una bomba centrífuga. Cuando el fluido ingresa a una bomba centrífuga, lo hace siempre por el centro del rodete impulsor, lugar en donde toma contacto con las paletas de dicho rodete para ser luego impulsado hacia la periferia de la bomba. Pero, al hacer contacto con dicha paletas, el fluido sufre lo que se denomina "Efecto de la Proa de Fuhrmann". Este efecto, establece que el fluido, que ya ha pasado por las pérdidas de fricción y de accesorios del sistema de tuberías, aún continúa perdiendo presión esta vez dentro de la bomba centrífuga, al acomodarse al contorno de la paleta, en cuya punta el fluido choca contra el extremo, se acomoda rápidamente, aumenta su velocidad, y por ende disminuye su presión. Otro factor que determina esta caída de presión es el hecho de que el flujo ingresa al centro del rodete de forma axial, y se debe reorientar para seguir el contorno de las paletas.

La NPSH es un parámetro importante en el diseño de un circuito de bombeo: si la presión en el circuito es menor que la presión de vapor del líquido, éste entrará en algo parecido a la ebullición: se vaporiza, produciéndose el fenómeno de cavitación, que puede dificultar o impedir la circulación de líquido, y causar daños en los elementos del circuito.

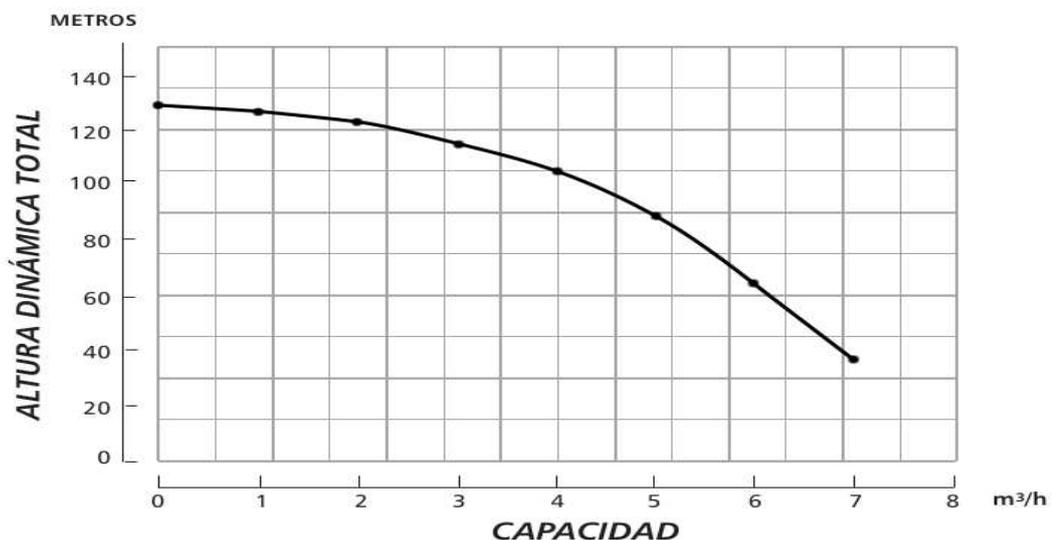


<http://www.controlengueurope.com/article/18406/Balancing-pump-efficiency-with-NPSH.aspx>

## 2.4. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA.

Es de todos conocido la importancia que tiene el saber interpretar de modo preciso las curvas características de una bomba centrífuga. Son muchos los problemas que pueden venir asociados a una bomba centrífuga y el tratar de resolverlos de la manera mas eficientemente posible pasa, primeramente, por conocer de manera exacta y precisa si la bomba está funcionando dentro de los parámetros para los cuales fue diseñada, es decir, el punto en el cual se encuentra trabajando.

Tenemos que tener en cuenta que esta curva así obtenida es sólo para un determinado diámetro de impulsor, si usamos un diámetro distinto, la curva obtenida será distinta. Normalmente, en una misma bomba podemos usar distintos diámetros de rodete, así, el fabricante debería suministrar junto con la bomba, no una curva, si no una familia de curvas en función de los diámetros  $D$  diferentes de impulsor a utilizar.



<https://areamecanica.wordpress.com/2011/05/25/ingenieria-mecanica-curvas-caracteristicas-de-una-bomba-centrifuga-i/>

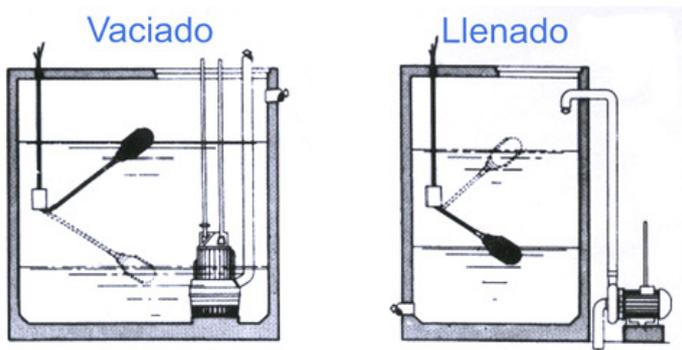
## 2.5 CONTROLES.(3)

En general, la idea de un control de una bomba es permitir que esta se ajuste a las condiciones de la operación que se desee hacer. Esta situación nos permitiría tener disponibles dispositivos que nos permitan: Parar y arrancar la bomba o bien ajustar el caudal y presión que necesitamos en cada momento.

### 2.5.1. Sistema de arranque, parada de la bomba.

Los elementos más frecuentes para iniciar o finalizar la operatividad de la bomba son los siguientes:

- **Botonera de arranque/parada en cuadros eléctricos locales o remotos** consistentes en la apertura y cierre de conexión del motor. Estos cuadros pueden ser próximos al motor o encontrarse alejados de él como en el control de la carga, puente, etc. O ser mandos remotos.
- **Presostatos de arranque/parada** que se usan para tener la presión o el vacío necesarios. Normalmente, la presión seleccionada actúa sobre un diafragma, contra un muelle cargado que acciona un interruptor el cual puede arrancar o parar la bomba.
- **Interruptores de nivel, nivostatos.** Suelen ser de tipo flotador y se utilizan para mantener ciertos niveles de altura máxima y mínima en el tanque. También se utilizan sondas conectadas a relés para cierre y apertura de circuitos eléctricos.



<http://diego756363.blogspot.com.es/2013/11/estados-fisicos-de-los-cuerpos.html>

- **Vacuómetros de aspiración.** En algunas aplicaciones, la altura de la bomba juega un papel fundamental para su correcto funcionamiento, de tal manera que un vacío muy alto podría causar cavitación y un vacío muy bajo produciría efectos de descebado de la bomba con los problemas que ello conlleva.
- **Paradas por sobrevelocidad.** Dispositivo que al notar una excesiva velocidad o presión saltan automáticamente evitando graves problemas a la bomba.
- **Contról de termostatos.** Pueden obedecer a diferentes criterios como: paradas automáticas o disminución de revoluciones del motor accionador, por alta temperatura de cojinetes, alta temperatura de aceite de lubricación, etc.

## 2.6. SISTEMA DE CAUDAL 0 SIN PARADA DE BOMBA (BY-PASS).(3)

Muchas instalaciones requieren la interrupción y reanudación del caudal sin parar la unidad. Las razones pueden ser de diferente índole, desde una parada por fuga de producto hasta una parada por demanda de tierra. Este sistema es beneficioso para los equipos a los cuales les cuesta demasiado tiempo reanudar su funcionamiento o sea un arranque complejo y costoso.

En general, todos los sistemas se traducen en el cierre de la válvula de descarga. Este es un sistema habitual para cuando existen varias bombas trabajando en paralelo.

En muchos casos este by-pass se realiza de manera automática sin necesidad de que el operador tenga que actuar las válvulas automáticamente.

También se puede jugar con el caudal variando la velocidad de la bomba, bien por medio del accionador o actuando sobre el mecanismo de transmisión de fuerza de velocidad variable o por un arrastre magnético entre la bomba y el accionador.

## 2.7. EMPAQUETADURAS Y SELLOS MECÁNICOS.(2)

### 2.7.1. Empaquetadura.

Durante mucho tiempo, las empaquetaduras fueron los dispositivos más empleados para sellar ejes. En la actualidad, han sido desplazadas por los cierres mecánicos. La empaquetadura está compuesta por fibras que primeramente se trenzan, retuercen o mezclan en tiras y, luego, se conforman como espirales o anillos.

Existen dos tipos de empaquetadura:

**Trenzada:** puede ser entretejida cuadrada, plegada cuadrada, trenzado sobre trenzado, y trenzado sobre núcleo. Las empaquetaduras de este tipo más empleadas son la entretejida cuadrada y la trenzada sobre núcleo. Las diferencias en el trenzado dependen del tipo de máquina en que se fabrican las empaquetaduras. Los materiales que se emplean para fabricar la empaquetadura son fibras animales, vegetales, minerales o varias sintéticas. Las más utilizadas son el asbesto, tela, yute y esparto.



<http://adpoint.com.co/tametco/?project=empaquetadura-trenzada>

**Metálica:** se fabrica con plomo, babbitt, cobre o aluminio. El núcleo es de material elástico compresible (caucho sintético o mecha de asbesto) al que se le añade algún lubricante. Las empaquetaduras metálicas se emplean por su resistencia física y al calor. Las empaquetaduras de asbesto grafitado son las más usadas en los equipos que trabajan con productos petrolíferos y agua. Cuando el eje

de la máquina gira a velocidades muy elevadas, se suelen emplear empaquetaduras de material plástico, formadas por diversas fibras aglutinadas y un lubricante. La empaquetadura, una vez fabricada, se impregna con una cantidad de lubricante, en función del servicio a que se destine el empaque. La falta de lubricación hace que las empaquetaduras se endurezcan y pierdan elasticidad, de modo que aumenta la fricción, se acorta su vida útil y se elevan los costos de operación.

Las empaquetaduras se cortan para formar anillos cerrados, que se albergan en la estopera (espacio libre que queda entre el eje y la carcasa de la bomba). La longitud a la que se cortan debe ser la adecuada para que rodeen completamente al eje del equipo. La forma de la junta del anillo depende del material con el que están fabricados. Generalmente, los empaques metálicos trenzados y flexibles tienen juntas de ajuste o de ensamble.

En el resto, la experiencia muestra que el uso de las juntas sesgadas o biseladas es más eficaz. Las juntas biseladas permiten un pequeño deslizamiento/ capaz de absorber parte de la dilatación del anillo.

## 2.7.2.Sello mecánico.

En la actualidad, los sellos mecánicos son los dispositivos más usados para sellar líquidos en ejes rotatorios.

En un sello mecánico, las fugas son despreciables durante toda su vida útil. Un sello mecánico es un dispositivo que forma un sello móvil entre superficies planas. Generalmente, los sellos mecánicos constan de:

- Un anillo sellador giratorio, que gira solidario al eje de la máquina. Este anillo suele ser de carbón.
- Un anillo sellador estacionario metálico, unido a la carcasa de la máquina.
- Unos resortes o muelles, que presionan el anillo giratorio contra el sello estacionario.

El sellado se produce debido al deslizamiento entre las superficies en contacto del sello giratorio y del sello estático. El gran ajuste

(holguras de cien milésima de milímetro) que existe entre el anillo de grafito (estático) y el anillo de metal (rotatorio) evita las fugas de fluido. El grafito actúa como lubricante y asegura que no se produzca un desgaste excesivo. El grafito del anillo estático puede sustituirse por teflón, que tienen gran resistencia y buenas propiedades lubricantes. El material de los resortes y del anillo rotatorio se elige en función de las temperaturas y del ataque químico que deben soportar.

## 2.8. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE Y PARADA DE LA BOMBA.

Los pasos necesarios para arrancar y parar una bomba centrífuga depende solamente del tipo de bomba y su función.

Suponiendo que la bomba esta movida por un motor eléctrico o turbina, el procedimiento más recomendable de arranque es el siguiente:

1. Cebear la bomba, comprobando que esté correctamente abierta la válvula de aspiración.
2. Abrir la válvula de refrigeración a los cojinetes.
3. Abrir la válvula de refrigeración de las empaquetaduras, si la bomba está prevista de este sistema.
4. Abrir la válvula de suministro de líquido sellado, si la bomba tiene este sistema de cierre.
5. Comprobar que la bomba tiene la temperatura adecuada, si ha de manejar líquidos calientes.
6. Abrir la válvula de recirculación.
7. Arrancar el motor o turbina.
8. Abrir la válvula de descarga lentamente.
9. Comprobar el funcionamiento de la bomba, motor o turbina, vibraciones, calentamientos, ruidos, etc.
10. Cerrar la válvula de recirculación cuando el flujo de la bomba sea suficiente.

## 2.9. PROBLEMAS EN EL FUNCIONAMIENTO.

La operación de las bombas centrífugas puede verse afectada por problemas mecánicos e hidráulicos. Las averías hidráulicas pueden causar una disminución del caudal, presión de descarga demasiado baja, bajada de presión después del arranque, consumir excesivamente, etc.

Los problemas mecánicos pueden aparecer en las empaquetaduras y cojinetes produciendo vibraciones, ruidos, etc.

## 2.10. RUIDOS DE LA BOMBA.

Si la bomba produce ruidos semejantes a crujidos, el problema seguramente estará en la aspiración. Probablemente se esté produciendo cavitación en la bomba. Este fenómeno se produce en un líquido en movimiento, cuando la presión en un punto cae por debajo de la presión de vapor de un líquido. Entonces una parte del líquido se vaporiza, siempre que la temperatura del líquido no haya descendido, y se forman burbujas de vapor, que son arrastradas hacia el impulsor de la bomba donde se produce de nuevo condensación. Este proceso es bastante violento y termina estropeando la bomba.

## 2.11. GOLPE DE ARIETE.

El golpe de ariete se produce por un brusco cambio de velocidad del líquido, y en general, sólo es peligroso si la tubería de descarga es muy larga. El golpe de ariete se evita arrancando la bomba con la descarga cerrada y abriendo ésta después lentamente. De esta manera se produce primero el llenado y después un aumento gradual de la velocidad del líquido en la tubería.

De la misma forma, para parar la bomba, debe cerrarse primero la válvula de descarga. El problema del golpe de ariete se presenta cuando hay un fallo de accionamiento de la bomba que la detiene sin dar tiempo a cerrar la descarga.

Existe una válvula de retención, colocada a la descarga de la bomba, que protege el retroceso del fluido en estos casos.

## 2.12. CORROSIÓN Y EROSIÓN.

Las bombas centrífugas pueden sufrir erosión, corrosión, cavitación y ataques químicos.

Si estos factores no se tratan, la eficiencia de la bomba podría deteriorarse, trayendo numerosas consecuencias como: Bajo rendimiento, elevados costos de funcionamiento, paradas imprevistas, vida útil más corta, frecuentes gastos de mantenimiento, etc.

Uno de los casos que con más frecuencia puede producirse es el efecto de corrosión galvánica.

La **corrosión galvánica** es un proceso electroquímico en el que un metal se corroe preferentemente cuando está en contacto eléctrico con un tipo diferente de metal (más noble) y ambos metales se encuentran inmersos en un electrolito o medio húmedo.<sup>1</sup> Por el contrario, una reacción galvánica se aprovecha en baterías y pilas para generar una corriente eléctrica de cierto voltaje. Un ejemplo común es la pila de carbono-zinc donde el zinc se corroe preferentemente para producir una corriente. La batería de limón es otro ejemplo sencillo de cómo los metales diferentes reaccionan para producir una corriente eléctrica.

SERIE GALVÁNICA PARA METALES Y ALEACIONES	
Ánodo – Extremo corrido (Electronegativo)	
	Magnesio
	Zinc
	Aluminio
	Cadmio
	Hierro o Acero
	Acero Inoxidable
	Plomo
	Cobre
	Oro
Cátodo – Extremo protegido (Electropositivo)	

<http://consulteel.com/2013/corrosion/>

Cuando dos o más diferentes tipos de metal entran en contacto en presencia de un electrolito, se forma una celda galvánica porque metales diferentes tienen diferentes potenciales de electrodo o de reducción. El electrolito suministra el medio que hace posible la migración de iones por lo cual los iones metálicos en disolución pueden moverse desde el ánodo al cátodo.

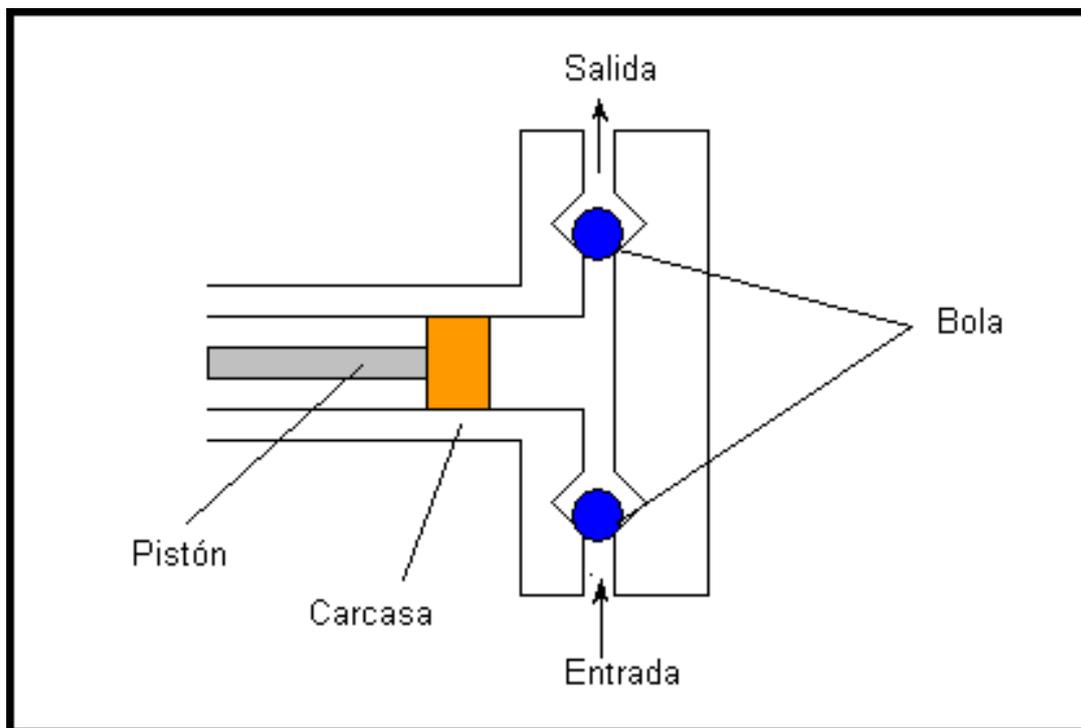
Esto lleva a la corrosión del metal anódico (el que tienen menor potencial de reducción) más rápidamente que de otro modo; a la vez, la corrosión del metal catódico (el que tiene mayor potencial de reducción) se retrasa hasta el punto de detenerse. La presencia de

electrolitos y un camino conductor entre los dos metales puede causar una corrosión en un metal que, de forma aislada, no se habría oxidado.

# CAPÍTULO 3: BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.(1)

Estas bombas guían al fluido que se desplaza a lo largo de toda su trayectoria, el cual siempre está contenido entre el elemento impulsor, que puede ser un embolo, un diente de engranaje, un aspa, un tornillo, etc., y la carcasa o el cilindro. “El movimiento del desplazamiento positivo” consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara. Por consiguiente, en una máquina de desplazamiento positivo, el elemento que origina el intercambio de energía no tiene necesariamente movimiento alternativo (émbolo), sino que puede tener movimiento rotatorio (rotor).

Sin embargo, en las máquinas de desplazamiento positivo, tanto reciprocantes como rotatorias, siempre hay una cámara que aumenta de volumen (succión) y disminuye volumen (impulsión), por esto a éstas máquinas también se les denomina Volumétricas.

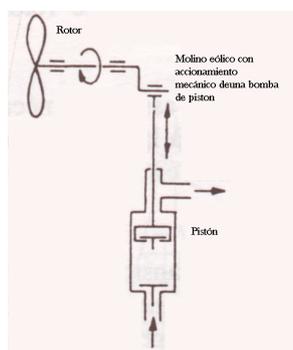


[http://repositorio.sena.edu.co/sitios/elementos\\_maquinas/vol16/volumen16.html](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/elementos_maquinas/vol16/volumen16.html)

El principio de funcionamiento está basado en la hidrostática, de

modo que el aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen. En este tipo de bombas, en cada ciclo el órgano propulsor genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, por lo que también se denominan **bombas volumétricas**. En caso de poder variar el volumen máximo de la cilindrada se habla de bombas de volumen variable. Si ese volumen no se puede variar, entonces se dice que la bomba es de volumen fijo. A su vez este tipo de bombas pueden subdividirse en:

**Bombas de émbolo alternativo**, en las que existe uno o varios compartimentos fijos, pero de volumen variable, por la acción de un émbolo o de una membrana. En estas máquinas, el movimiento del fluido es discontinuo y los procesos de carga y descarga se realizan por válvulas que abren y cierran alternativamente. Algunos ejemplos de este tipo de bombas son la bomba alternativa de pistón, la bomba rotativa de pistones o la bomba pistones de accionamiento axial.



Plano de bomba de pistón alternativo.  
<http://html.rincondelvago.com/bombas-y-sus-aplicaciones.html>

Un ejemplo de bomba de émbolo alternativo es la **bomba de pistón** que es una bomba hidráulica que genera el movimiento en el mismo mediante el movimiento de un pistón. Las bombas de pistones son del tipo bombas volumétricas, y se emplean para el movimiento de fluidos a alta presión o fluidos de elevadas viscosidades o densidades.

Cada movimiento del pistón desaloja, en cada movimiento un mismo volumen de fluido, que equivale al volumen ocupado por el pistón durante la carrera del mismo.

**Bombas volumétricas rotativas o rotoestáticas**, en las que una masa fluida es confinada en uno o varios compartimentos que se desplazan desde la zona de entrada (de baja presión) hasta la zona de salida (de alta presión) de la máquina. Algunos ejemplos de este tipo de máquinas son la bomba de paletas, la bomba de lóbulos, la bomba de engranajes, la bomba de tornillo o la bomba peristáltica.

Un ejemplo de bomba rotoestática es la **bomba de tornillo** que es un tipo de bomba hidráulica considerada de desplazamiento positivo,

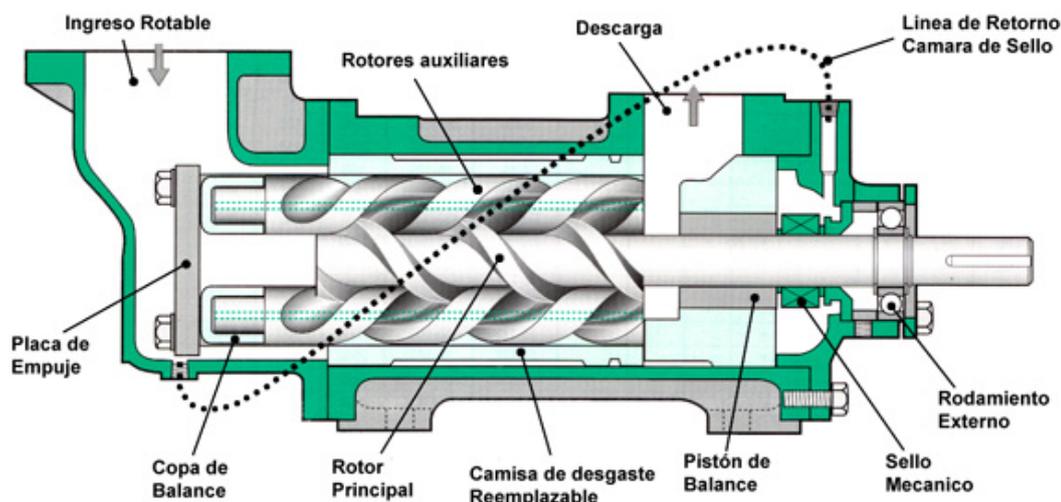
que se diferencia de las habituales, más conocidas como bombas centrífugas. Esta bomba utiliza un tornillo helicoidal excéntrico que se mueve dentro de una camisa y hace fluir el líquido entre el tornillo y la camisa.

Está específicamente indicada para bombear fluidos viscosos, con altos contenidos de sólidos, que no necesiten removerse o que formen espumas si se agitan. Como la bomba de tornillo desplaza el líquido, este no sufre movimientos bruscos, pudiendo incluso bombear uvas enteras.

Uno de los usos que tiene es la de bombear fangos de las distintas etapas de las depuradoras, pudiendo incluso bombear fangos deshidratados procedentes de filtros prensa con un 22-25% de sequedad.

Este tipo de bombas son ampliamente utilizadas en la industria petrolera a nivel mundial, para el bombeo de crudos altamente viscosos y con contenidos apreciables de sólidos. Nuevos desarrollos de estas bombas permiten el bombeo multifásico.

En este tipo de bombas pueden operar con flujos fijos a su descarga, aún cuando bombeen contra una red de presión variable. Convirtiéndolas en excelentes equipos de bombeo a utilizar en redes de recolección de petróleo. En el caso de las bombas centrífugas, el flujo entregado depende de la presión a su descarga.

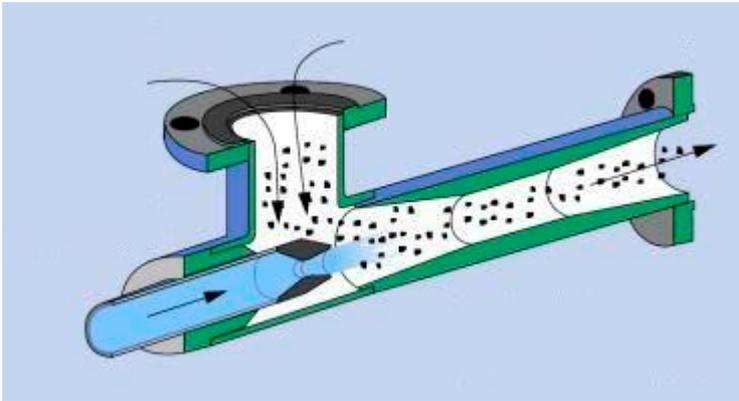


<http://frenando.galeon.com/album1929871.html>

# CAPÍTULO 4 EYECTORES(1)

Son dispositivos que se emplean para trasegar líquidos cuando la altura de aspiración no es muy grande y la resistencia encontrada de descarga también es pequeña.

## 4.1. FUNCIONAMIENTO.



El eyector está basado en el efecto Venturi que consiste en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su

<http://www.directindustry.es/prod/gea-colby/product-60667-1192843.html>

presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor. En ciertas condiciones, cuando el aumento de velocidad es muy grande, se llegan a producir presiones negativas y entonces, si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido de este conducto, que se mezclará con el que circula por el primer conducto. Este efecto, demostrado en 1797, recibe su nombre del físico italiano Giovanni Battista Venturi (1746-1822).

El efecto Venturi se explica por el Principio de Bernoulli y el principio de continuidad de masa. Si el caudal de un fluido es constante pero la sección disminuye, necesariamente la velocidad aumenta tras atravesar esta sección. Por el teorema de la conservación de la energía mecánica, si la energía cinética aumenta, la energía determinada por el valor de la presión disminuye forzosamente.

## 4.2. SERVICIOS Y UTILIZACIÓN.

Desde siempre vienen utilizándose los eyectores impulsados por vapor para el achique de pañoles y bodegas, y los eyectores accionados por líquido para el achique de los tanques de carga y para los tanques de lastre limpios.

# CAPÍTULO 5. ACCIONAMIENTO DE BOMBAS.(3)

## 5.1. MOTORES ELÉCTRICOS.

Un elevado número de las bombas de los buques petroleros están accionadas por motores eléctricos. Tradicionalmente eran motores de velocidad constante y hoy en día son de velocidad variable.

### 5.1.1. Tipos de motores.

**Motores de corriente alterna.** Se denomina motor de corriente alterna a aquellos motores eléctricos que funcionan con este tipo de alimentación eléctrica (ver "corriente alterna"). Un motor es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

Un generador eléctrico, por otra parte, transforma energía mecánica de rotación en energía eléctrica y se le puede llamar una máquina generatriz de fem (fuerza eléctrica motriz). Las dos formas básicas son el generador de corriente continua y el generador de corriente alterna, este último más correctamente llamado alternador.

Todos los generadores necesitan una máquina motriz (motor) de algún tipo para producir la fuerza de rotación, por medio de la cual un conductor puede cortar las líneas de fuerza magnéticas y producir una fem. La máquina más simple de los motores y generadores es el alternador.

#### 5.1.1.1. Motores de corriente continua.

El **motor de corriente continua** (denominado también **motor de corriente directa**, **motor CC** o **motor DC**) es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un

movimiento rotatorio, gracias a la acción del campo magnético.

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes. El estator da soporte mecánico al aparato y contiene los devanados principales de la máquina, conocidos también con el nombre de polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, alimentado con corriente directa mediante escobillas fijas (conocidas también como carbones).

El principal inconveniente de estas máquinas es el mantenimiento, muy caro y laborioso, debido principalmente al desgaste que sufren las escobillas al entrar en contacto con las delgas.

Algunas aplicaciones especiales de estos motores son los motores lineales, cuando ejercen tracción sobre un riel, o bien los motores de imanes permanentes. Los motores de corriente continua (CC) también se utilizan en la construcción de servomotores y motores paso a paso.

## 5.2 TURBINAS.

Una **turbina de vapor** es una turbomáquina motora, que transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el *fluido de trabajo* (entiéndase el vapor) y el rodete, órgano principal de la turbina, que cuenta con palas o álabes los cuales tienen una forma particular para poder realizar el intercambio energético. Las *turbinas de vapor* están presentes en diversos ciclos de potencia que utilizan un fluido que pueda cambiar de fase, entre éstos el más importante es el Ciclo Rankine, el cual genera el vapor en una caldera, de la cual sale en unas condiciones de elevada temperatura y presión. En la turbina se transforma la energía interna del vapor en energía mecánica que, normalmente, se transmite a un generador para producir electricidad. En una turbina se pueden distinguir dos partes, el rotor y el estátor. El rotor está formado por ruedas de álabes unidas al eje y que constituyen la parte móvil de la turbina. El estátor también está formado por álabes, no unidos al eje sino a la carcasa de la turbina.

## 5.2.1. Control de la turbina.

La potencia desarrollada por la turbina se controla mediante una válvula reguladora en la línea de vapor. Esta válvula de control necesita regularse de forma continua para mantener constante el número de revoluciones por minuto de la bomba. El mecanismo que realiza esta función se llama regulador. Éstos son hidráulicos y son accionados por el eje de turbina. La velocidad puede ajustarse dentro de una gama fija manualmente, aunque pueden existir sistemas neumáticos y eléctricos para realizar este ajuste.

El regulador está unido por medio de vástagos con la válvula de regulación para que los accione de tal manera que evite el embalamiento de la turbina.

# CAPÍTULO 6.

## OPERACIONES DE DESCARGA.(3)

El primer objetivo de las operaciones de descarga debe ser descargar el producto a tierra lo más rápido posible mientras se sigan las normas de seguridad de forma correcta.

Siempre que sea posible, las bombas deberán funcionar a pleno rendimiento, las válvulas de seguridad y los disparadores de sobrevelocidad deben probarse regularmente, reconocer las palancas de accionamiento y revisar el equipo completo incluyendo los manómetros que deberán estar en perfectas condiciones.

### 6.1. PLAN INTERNO DE BOMBAS Y OPERACIONES CON TANQUES.

Además de la disposición particular de los tanques del buque y del sistema de tuberías, hay otros factores muy importantes que se deben tener en cuenta para elegir el modo de ejecutar el programa de descarga. Estos factores pueden suponer uno de los requisitos para evitar conflictos y para que el plan de descarga llegue a ser un verdadero compromiso basado en el juicio del oficial del buque responsable del mismo.

Alguno de estos requisitos son:

1. El buque no debe varar. En un puerto con mareas, esto significa que el buque debe descargar lo suficientemente rápido para asegurar que se mantiene a flote mientras la marea baja. El buque debe permanecer generalmente sin diferencia a calados para hacer esto.
2. El buque deberá lastrarse algo a popa. Esto asegurará que el petróleo fluye a las canastas de aspiración más altas de los tanques y asegura la altura de aspiración a las bombas montadas a popa de los tanques.
3. La secuencia de tanques deberá plantearse de modo que no sean necesarias dos bombas para cambiarlos de un tanque casi vacío a un tanque lleno al mismo tiempo.
4. El número de cambios de tanque a tanque deberá ser el mínimo.

5. Las cantidades de carga que se deberán descargar cada bomba deben ser las mismas para que las bombas trabajen lo más posible.
6. Los tanques han de estar lo suficientemente lejos de las bombas principales para que las bombas de limpieza puedan bombear la cantidad que dejan en el mismo tiempo. En otras palabras, la limpieza de todos los tanques menos del último no debe ocupar más tiempo que el bombeo con las bombas principales de todos los tanques.
7. Las bombas principales deben mantenerse a toda velocidad siempre que sea posible y lo más posible.
8. El escoger la secuencia de descarga no de dar como resultado una distribución de tanques tal que haya tanques llenos y vacíos pues hay que tener en cuenta los esfuerzos a los que estará sometido el buque y que podrían ser excesivos para éste. Debe seguirse el orden señalado.

## 6.2. MANEJO DE LAS BOMBAS DURANTE LA DESCARGA.

Si el oficial de cubierta y el bombero están manejando las bombas en plena carga, deben tener confianza en el conocimiento de sus características y de su estado, en particular del estado en que se encuentran todos los instrumentos y elementos que le pueden asesorar sobre la situación de la bomba.

Se debe tener en cuenta que los tacómetros pueden estar fuera de calibración, los disparadores de velocidad pueden cambiar su punto de funcionamiento, las válvulas de seguridad pueden levantarse tarde o demasiado pronto, las medidas de presión pueden fallar, etc. Poco se puede o necesita hacer a bordo para recondicionar las bombas centrífugas, pero a las bombas alternativas es muy beneficioso hacerles frecuentes reconocimientos y ajustes. El estar al tanto de todos estos puntos es empezar el trabajo con mucha ventaja.

Mientras se bombee la carga de un tanque, poco más hay que hacer aparte de ver que las válvulas estén completamente abiertas y que la bomba va a toda velocidad, no a menos pues la bomba está prevista para aquella velocidad y menos conduciría a una pérdida de tiempo.

## 6.2.1. Trasegar de un tanque vacío a uno lleno.

Como se sabe, con nivel bajo del tanque, la presión en la aspiración de la bomba no satisfará la NPSH requerida por la bomba, además, es necesario sacar más petróleo del tanque. La solución es reducir las pérdidas de fricción en la tubería de aspiración y la NPSH requerida por la bomba. Esto puede hacerse de varias formas:

1. Bajando las revoluciones de la bomba. Esto reducirá el caudal a través de la bomba pero, como la bomba está todavía descargando a la tubería de tierra, la altura permanece virtualmente sin cambiar y el flujo por tanto se reducirá. Las pérdidas de rozamiento se reducen y la bomba continua descargando.
2. Incrementando la contrapresión de la bomba cerrando la válvula de descarga. Esto reduce el caudal con los mismos resultados anteriores. Este principio se usa como la base de válvulas de descarga automáticamente controladas en ciertos buques y pueden ser llevadas manualmente en otros.
3. Una tercera alternativa es, mantener la bomba funcionando a toda velocidad, con las válvulas de descarga completamente abiertas y alimentando a la bomba con pleno flujo de crudo haciendo una sangría a un tanque más cercano. Cerrando la válvula de aspiración del tanque lleno, puede crearse una caída de presión a través de la válvula, de tal modo, que se cree la diferencia de presión suficiente para que el crudo se aspire del tanque casi vacío. Por supuesto, si puede hacerse alguna elección, es mejor no usar un tanque de los más alejados de la bomba, sino el pegado o lo más pegado posible a ella. Este sistema tiene la ventaja de que mantiene el flujo pero requiere discernimiento y coordinación en las operaciones. Esta alternativa es la más utilizada en los barcos debido a su eficacia.

## 6.4. SISTEMA DE GAS INERTE.(5,6,7,8,9,10,11)

El sistema de gas inerte a que se hace referencia en el capítulo II-2 del Convenio se proyectará, construirá y someterá prueba de un modo que la Administración juzgue satisfactorio. Dicho sistema estará proyectado y será utilizado de tal manera que la atmósfera de los tanques de carga no sea inflamable en ningún momento, salvo cuando sea necesario que tales tanques estén desgasificados. Cuando el sistema de gas inerte no pueda satisfacer la prescripción operacional anterior y se haya considerado impracticable efectuar una reparación, no se reanudará la descarga, el deslastrado o la limpieza necesaria de los tanques hasta que se hayan cumplido las "condiciones de emergencia" estipuladas en las Directrices sobre sistemas de gas inerte.

El gas inerte suministrado podrá ser gas de combustión tratado, procedente de las calderas principales o auxiliares. La Administración podrá aceptar sistemas que utilicen gas de combustión de uno o más generadores de gas distintos o de otras fuentes, o de una combinación de ambas posibilidades, siempre que se obtenga un grado de seguridad equivalente. Dichos sistemas cumplirán en la medida de lo posible con lo prescrito en el presente capítulo. No se admitirán sistemas que utilicen anhídrido carbónico almacenado a menos que, a juicio de la Administración, el riesgo de ignición debido a la electricidad estática que pueda generar el sistema, sea mínimo.

Se considera de primordial importancia, en los BB/TT que les aplica, la disponibilidad permanente del Sistema de Gas Inerte (IGS) y equipo asociado (instrumentación, alarmas, interruptores, registros de presión y oxígeno, etc.) y su correcta utilización.

## 6.4.1. Funciones exigidas.

El Sistema de Gas Inerte (IGS) debe ser capaz de suministrar gas inerte (N<sub>2</sub>) a los tanques de carga a un caudal de 125% por lo menos, del promedio de descarga.

El Sistema de Gas Inerte (IGS) debe ser capaz de suministrar gas inerte (N<sub>2</sub>) con un contenido de oxígeno no superior al 5% en volumen, al colector general de suministro de gas inerte a los tanques de carga.

Los tanques de carga deben mantenerse inertizados en todo momento, a menos que sea necesaria la entrada en esos espacios.

Los tanques que se han limpiado y desgasificado deben volverse a inertizar, preferiblemente durante el viaje en lastre para poder probar el Sistema de Gas Inerte (IGS), antes de efectuar operaciones de carga.

Los Oficiales deben recibir formación, y los registros estar disponibles a bordo, acerca del procedimiento e instrucciones para operar el Sistema de Gas Inerte (IGS).

Antes de poner en servicio el Sistema de Gas Inerte (IGS) deben efectuarse las comprobaciones requeridas por el Manual de Operaciones e Instrucciones del Fabricante.

## 6.4.2. Comprobaciones antes de usar el Sistema de Gas Inerte (IGS)

El suministro de gas inerte, a bordo de los buques de DMP, lo proporciona un generador de gas inerte que proporciona nitrógeno (N<sub>2</sub>). Las instrucciones de funcionamiento y mantenimiento figuran en el manual de operación del fabricante.

El Sistema de Gas Inerte (IGS) debe estar disponible para su uso en todo momento. Para asegurar su disponibilidad debe ser operado, probado y mantenido a intervalos regulares y de conformidad con el Plan de Mantenimiento del Buque.

- Todos los sistemas de seguridad del IGS, deberán comprobarse antes de su uso, para asegurarnos de su correcto funcionamiento en caso de que sea necesario. Estas pruebas se describen en el Manual de Operaciones del Sistema de Gas Inerte y las Instrucciones del Fabricante, incluyéndose, entre otras, las siguientes:
- Los equipos de control del oxígeno deben calibrarse y comprobarse las alarmas, esto incluye tanto a los equipos portátiles como fijos. Deben mantenerse a bordo registros de la calibración.
- Sistemas de cierre automático y válvulas.
- Los detectores de gas de hidrocarburos (Tankscope) deben calibrarse y comprobarse las alarmas. Deben mantenerse a bordo registros de la calibración.
- Se deben revisar y probar las alarmas acústicas y visuales del IGS (como por ejemplo: contenido de oxígeno superior al 8% en volumen, presión de gas inferior a 100 mmca, presión de gas elevada, fallos en el suministro de energía al generador, insuficiencia en el suministro de combustible líquido, fallos en el suministro de energía al sistema de control automático del generador).

### 6.4.3. Inertización de tanques vacíos.(8)

Cuando se inerticen tanques que estén “gas free”, como podría ser el caso a la salida de astillero (dry-dock) o después de una reparación, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

Verificar que las válvulas de presión / vacío (P/V) de cada tanque están operativas. Verificar que los sensores de presión de IG de los tanques de carga están operativos.

Abrir la válvula de conexión del Sistema de Gas Inerte (IGS) con el colector de carga, con objeto de efectuar la inertización a través de los bajantes de carga de los tanques. De no disponer el sistema de esta conexión, la inertización se efectuará a través del sistema de líneas de distribución del gas inerte (N<sub>2</sub>) a los tanques de carga. El primer método describe la inertización por “dilución” y tiene la ventaja de reducir el tiempo de inertización.

Durante la inertización no deben introducirse en los tanques ningún equipo de medida, de toma de muestras o de otro tipo, hasta que no

se haya verificado que los tanques están inertizados. Para la toma periódica de lecturas del contenido de oxígeno de los tanques, se conectará el analizador portátil a los tapines de inspección.

Se debe dejar pasar cierto tiempo antes de introducir objetos extraños en el tanque, para dar tiempo a que la atmósfera en el interior del mismo se estabilice y no existan turbulencias generadoras de corrientes electrostáticas.

Se continuarán tomando medidas de oxígeno de la atmósfera de los tanques de carga, a diferentes alturas, hasta que se tenga la seguridad que el porcentaje de oxígeno está por debajo del 8% por volumen (ISGOTT 7.1.6.1).

Cuando todos los tanques de carga han sido inertizados, deben comunicarse todos con el colector del Sistema de Gas Inerte (IGS), manteniéndolos con una presión positiva superior a 100 mmca (milímetros de columna de agua), o hasta que se alcance el valor límite de baja presión del sistema IGS, lo que sea mayor.

Las válvulas de suministro de gas inerte a los tanques se mantendrán abiertas durante la carga, viaje y descarga.

El Oficial de Guardia mantendrá registros de todas las operaciones relacionadas con el gas inerte.

Si el tanque no está "gas-free", deben tenerse en cuenta las precauciones establecidas en el ítem. 10 hasta que el contenido de oxígeno en el tanque se haya reducido por debajo del 8% por volumen (ISGOTT 7.1.6.1).

#### 6.4.4. Purgado de tanques.(9)

El purgado de los tanques de carga se debe efectuar a través de las válvulas de Presión / Vacío (P/V) de cada tanque.

Las operaciones de purgado de tanques se efectúan normalmente por las siguientes causas:

- *Durante las operaciones de carga* Cuando se están llenando los tanques de carga con hidrocarburos es necesario desalojar los gases que se encuentran en el interior de los tanques (gas inerte + gases de hidrocarburos) a la atmósfera a través de las válvulas P/V.

- Cuando es necesario entrar en los tanques de carga para efectuar una inspección o reparación, se deben efectuar las siguientes operaciones:
- Limpieza del tanque, de acuerdo con las instrucciones del procedimiento de limpieza y desgasificación de tanques.
- Purgado del tanque con gas inerte (N<sub>2</sub>) hasta desalojar totalmente los gases de hidrocarburos. La concentración de gases de hidrocarburos en el tanque debe ser inferior al 1,4% en volumen. Para efectuar esta medida se utiliza el Tankscope.
- Una vez que tenemos la atmósfera del tanque en condición “gas free”, no explosiva por carecer de gas combustible, procederemos a la operación de ventilación del tanque, desplazando los gases inertes (N<sub>2</sub>) con aire.

Una vez finalizadas las operaciones correspondientes de inspección o reparación, procederemos a inertizar el tanque según se ha expuesto en el ítem 2 de éste procedimiento. Las operaciones de purgado se efectuarán a través de las válvulas P/V.

#### 6.4.5. Operación de carga con tanques inertizados. (10)

Antes de llegar al puerto de carga, todos los tanques de carga deben estar inertizados y comprobada la atmósfera para garantizar que el contenido de oxígeno está por debajo del 8% en volumen o el límite especificado por la Terminal o las Autoridades Portuarias, si es menor. Las operaciones se efectuaran teniendo en cuenta:

La válvula general de cubierta del Sistema de Gas Inerte (IGS) se mantendrá cerrada y el sistema de gas inerte parado.

Se mantendrán abiertas las válvulas de conexión del gas inerte de cada tanque con el colector general.

Se comprobará que las válvulas P/V están operativas, se verificará que se mantiene una presión positiva adecuada en el interior de los tanques de carga, durante el tiempo que dure la operación de carga.

## 6.4.6. Inertizado durante el viaje en carga (10)

Durante el viaje en carga es necesario mantener una presión positiva y rellenar de gas inerte los espacios vacíos (generalmente el 2% de la capacidad del tanque) de los tanques de carga, para lo cual se utilizará el Sistema de Gas Inerte (IGS) manteniendo una presión de 100 mmca (o el límite inferior de la presión del sistema) en cada tanque. Si la presión desciende por debajo de esta cifra, debe re-inertizarse el tanque (ISGOTT 7.1.6.5).

Se debe tener en cuenta que algunos productos como por ejemplo el Keroseno o el Diesel Oil pueden absorber oxígeno durante el proceso de refinado y almacenamiento en tierra, este oxígeno puede ser posteriormente liberado en una atmósfera inerte. Periódicamente durante la navegación y siempre antes de comenzar las operaciones de descarga, se debe comprobar el porcentaje de oxígeno en los tanques de carga.

Asimismo debe probarse periódicamente la “alarma de baja presión” del gas inerte en el interior del tanque.

### ***Operación de descarga con tanques inertizados***

El Sistema de Gas Inerte (IGS) se mantendrá en funcionamiento ***durante toda la descarga*** para mantener una presión positiva en cada uno de los tanques de carga de más de 200 mmca y evitar la entrada de aire a los tanques de carga.

Debe llevarse un registro continuo del ***contenido de oxígeno y de la presión*** en el colector de gas inerte.

Al finalizar las operaciones de descarga todos los tanques de carga deberán estar completamente inertizados.

## 6.4.7. Operación de limpieza de tanques con tanques inertizados.(10)

La limpieza de tanques de carga no está permitida si el Sistema de Gas Inerte (IGS) no está operativo. En este caso se enviará inmediatamente un informe a DMP (Jefe de Seguridad y Jefe de

Mantenimiento).

A pesar de que los tanques de carga estén inertizados, deben seguirse todos los procedimientos de seguridad relativos al cierre de puertas, portillos, recirculación del aire acondicionado de la habitación.

Antes de que comiencen las operaciones de limpieza (ISGOTT 7.1.6.9), se medirá el contenido de oxígeno en el interior de los tanques (a 1 metro por debajo de la cubierta y a mitad del tanque). El contenido de oxígeno en ambas medidas DEBE estar por debajo del 8% por volumen, debiéndose mantener este nivel durante toda la operación de limpieza.

Si durante la limpieza el contenido de oxígeno en el interior del tanque excede del 8% por volumen o no es positiva la presión interior del gas inerte en el tanque deben pararse las operaciones hasta que se restablezcan las condiciones de seguridad.

La atmósfera en el tanque de carga que se está limpiando debe verificarse para determinar el contenido de oxígeno a intervalos no superiores a dos horas o más frecuentemente si se evidencia que el contenido de oxígeno se aproxima el 8 % por volumen.

Mientras dura la limpieza del tanque, debe mantenerse una presión positiva de gas inerte en el interior del mismo. La escotilla del tanque no debe abrirse durante el período de limpieza del tanque.

#### 6.4.8.Purga y desgasificación de los tanques de carga.

De acuerdo con el Convenio SOLAS (Cap. II-2, Regla 16.3.2), en los petroleros provistos de un Sistema de Gas Inerte (IGS), los tanques de carga se purgarán en primer lugar a través de las válvulas P/V (de acuerdo con lo dispuesto en el Convenio SOLAS, Cap. II-2, Regla 4.5.6) hasta que la concentración de vapores hidrocarbúricos que pueda haber en los tanques de carga haya quedado reducida al 2% o menos por volumen (ISGOTT 7.1.6.10). A continuación, la desgasificación podrá realizarse al nivel de la cubierta de los tanques de carga.

Antes de comenzar la desgasificación, el tanque debe aislarse de los

otros tanques.

### 6.4.9. Fallo del Sistema de Gas Inerte (IGS).(11)

Si por cualquier motivo, no puede operarse con el Sistema de Gas Inerte (IGS) o el contenido de oxígeno del gas inerte suministrado a los tanques, no puede mantenerse por debajo del 5% por volumen, el Capitán debe parar las operaciones. Las operaciones se reanudarán solamente cuando la planta de gas inerte sea capaz de suministrar gas con un contenido de oxígeno por debajo del 5% por volumen.

En caso de fallo del Sistema de Gas Inerte (IGS) el Capitán debe informar inmediatamente a DMP (Jefe de Seguridad y Jefe de Mantenimiento), Autoridades Marítimas y Terminal.

Se tomarán las medidas inmediatas necesarias para reparar el IGS.

Se recuerda al Capitán la obligación de informar a la Autoridad Marítima.

En caso que no se pueda reparar inmediatamente el fallo, la descarga o la limpieza del tanque solo puede reanudarse si se proporciona un suministro externo de gas inerte o la Terminal, Fletadores y Departamento de Seguridad de DMP le han concedido permiso para tomar precauciones de seguridad como por ejemplo: Tener en cuenta las precauciones que se detallan en ISGOTT , verificar que las rejillas antillama están en buenas condiciones.

Las válvulas P/V están operativas.

No introducir en los tanques ningún equipo (cintas para toma de vacíos, toma de muestras, etc.) hasta que no hayan pasado al menos 30 minutos desde que se ha interrumpido el suministro de gas inerte al tanque.

Estas restricciones se aplicarán hasta que hayan transcurrido 5 horas desde que se interrumpió el suministro de gas inerte al tanque.

## 6.4.10. Riesgos del gas inerte (8)

En la utilización de una planta de gas inerte hay que tener en cuenta los siguientes riesgos:

*Retroceso de gases de la carga:* Para impedir el retroceso de gases de la carga desde los tanques al Sistema de Gas Inerte (IGS) se coloca una barrera (válvula de retención) y una exhaustación en el colector. Es muy importante que estos equipos estén siempre operativos.

*Deficiencia de oxígeno:* La exposición a una atmósfera con una baja concentración de oxígeno no produce necesariamente síntomas reconocibles, antes de que se presente la inconsciencia, a partir de la que pueden producirse daños al cerebro y la muerte en muy breve espacio de tiempo. Por tanto es necesario ventilar los espacios inertizados hasta que el contenido de oxígeno en los mismos alcance un 21% de oxígeno.

*Toxicidad de los vapores de hidrocarburos:* El gas inerte no afecta a esta toxicidad, y el problema no es diferente al de los petroleros sin sistema de gas inerte. Debido a la posibilidad de bolsas de gases y a la regeneración, debe continuarse la desgasificación hasta que todo el tanque ofrezca una lectura del 1% del límite inferior de inflamabilidad (LEL).

*Presión del tanque:* Cuando se mantiene un tanque inertizado con una presión positiva, se debe alertar al personal contra los peligros de esta presión. Debemos reducir ésta a un nivel conveniente antes de abrir las aberturas de toma de muestras, medidas, etc.

# CAPÍTULO 7. LA MONOBOYA.

## 7.1. Concepto

Una **Monoboya** ( 15, 16, 17) es una estructura autoflotante que permite amarrar un buque tanque y al mismo tiempo entregar o recibir, a través de ella, cualquier tipo de hidrocarburo. Las Monoboyas permiten la atención de grandes buques con grandes calados, ya que pueden ser instaladas en cualquier profundidad, siendo su conexión a tierra a través de un oleoducto submarino.



[http://huelva24.com/not/28935/cepsa\\_recibe\\_en\\_su\\_refineria\\_de\\_huelva\\_un\\_volumen\\_de\\_descarga\\_de\\_700\\_000\\_toneladas\\_de\\_crudo\\_al\\_mes](http://huelva24.com/not/28935/cepsa_recibe_en_su_refineria_de_huelva_un_volumen_de_descarga_de_700_000_toneladas_de_crudo_al_mes)

## 7.2. Utilización.

La Monoboya se utiliza ampliamente, dado su costo operativo relativamente bajo, su seguridad de funcionamiento y su flexibilidad de utilización.

Una Monoboya básicamente se compone de una boya circular cuyo diámetro varía de 10 a 17 metros, anclada en el fondo de mar por medio de 6 u 8 cadenas de amarre, las cuales están aseguradas al fondo por anclas o pilotes enterrados. Sobre la boya hay una estructura giratoria montada sobre cojinetes de rodillos que permite la rotación de 360 grados. Esta estructura giratoria está equipada con tuberías, válvulas, conexiones, instrumentos de navegación y control y a ella están conectadas las mangueras flotantes.

La ubicación de la monoboya, a una milla náutica de la costa aproximadamente, permite operar a buques de mayor calado. Además, las tuberías que van desde la monoboya a la refinería tienen mayor diámetro que las del pantalán, lo que permite una mayor velocidad de descarga.

Las operaciones de descarga de crudo comienzan con el amarre del buque que lo transporta a este dispositivo flotante. Un práctico y el capitán de la monoboya de la refinería dirigen esta maniobra, en la que también participan embarcaciones auxiliares y una decena de personas.

Una vez se ha amarrado el barco a la monoboya, se precede a la conexión de dos líneas de descarga al metrolero a través de un conector o manifold. Las líneas de descargas normalmente están compuestas por dos líneas de mangueras flotantes de 20 pulgadas, con lo que la capacidad total de descarga asciende a 40 pulgadas. Además, el brazo de amarre tiene capacidad de giro para facilitar todo el proceso de conexión y desconexión. Ello permite que el barco pueda moverse con las corrientes y vientos alrededor de la monoboya durante todo el proceso de descarga.

Por su parte, las mangueras flotantes incluyen una doble carcasa como medida de seguridad, así como un sistema de detección de fugas que se verifica automáticamente.

Una vez el crudo llega a la monoboya, desciende por dos líneas de mangueras de 20 pulgadas, 60 metros hasta el fondo marino, donde a través de tuberías, válvulas y manifolds de 42 pulgadas se deriva a una tubería cubierta con hormigón armado que lo traslada directamente a los tanques de la refinería.

Durante todo el proceso de conexión y desconexión, un equipo de buceadores vigila constantemente que las operaciones se desarrollen con normalidad.

# CAPÍTULO 8. DESCARGA EN PLATAFORMAS OFF SHORE.

## 8.1. INTRODUCCIÓN.

Con el conocimiento general de; los espacios y sistemas a bordo, y la información detallada a lo largo del trabajo, desarrollaremos los procedimientos generales de las operaciones de descarga, en una terminal off shore. Detallando las operaciones, en sus fases de conexión, supervisión y finalización de las faenas.

## 8.2. PLAN DE OPERACIONES Y REUNIÓN CON EL PERSONAL DE GUARDIA. (16,17)

En base a la información intercambiada por el buque y la terminal y a los objetivos de una buena descarga, se elabora un plan de operaciones de descarga, según corresponda. El encargado de la elaboración del plan es el primer piloto, quien se lo presenta al capitán para su aprobación. El plan de operaciones se vuelve un documento oficial, al ser firmado por la terminal y la nave.

Para que tomen conocimiento del plan que se seguirá durante las faenas y aclarar dudas que se presenten, se efectúa una reunión con el personal de guardia. Ellos tendrán establecido por escrito, todas las tareas que desarrollaran durante las faenas. De este modo, el personal del buque, conocerá los nombres y descripciones de los productos que se manipularan.

El personal que estará de guardia, durante las faenas, de carga y descarga, lo conforma:

- **Primer piloto**, encargado de la supervisión total de las faenas, especialmente en los cambios de producto y remates de los tanques (top off), que son etapas delicadas de las operaciones. Vigilará que se cumpla con todo lo dispuesto en el plan de operaciones.
- **Piloto de guardia**, encargado de supervisar la conexión de la manguera o brazo de carga. Permanecerá luego, en la sala de control de carga, durante la operación, y no la abandonará sin el consentimiento del primer piloto.

- **Un bombero**, asistente del piloto de guardia.
- **Dos marinos**, disponibles en cubierta para diferentes labores y estarán a disposición del piloto de guardia.

El departamento de máquinas, es el encargado de la operación del sistema de gas inerte. Además, por motivos de seguridad, el buque debe estar preparado para moverse por sus propios medios, durante la estancia en el amarradero. Lo que implica una guardia en la sala de máquinas.

Por parte de la terminal, habrá un inspector en servicio continuo, en las proximidades de las conexiones de buque/tierra.

Finalmente, el capitán, responsable de la seguridad de la nave, estará informado y atento, de cualquier cambio en plan de operaciones, como de problemas que se presenten en las faenas.

### 8.3. OPERACIÓN DE DESCARGA.

Los procedimientos que se realizan en la descarga, son muy similares a los de una operación de carga. Las diferencias están, en que el buque tendrá en servicio sus bombas y el sistema de gas inerte estará en operación continua durante toda la faena, a diferencia de la operación de carga, donde los tanques ya estaban inertizados antes del arribo y el sistema de gas inerte, era parado antes de iniciar la operación de carga.

El otro punto relevante, es la limpieza de los tanques después de la descarga. Ya que los procedimientos de la limpieza, serán parte del plan de descarga.

### 8.4. PROCEDIMIENTOS DEL SISTEMA DE GAS INERTE.

El sistema de gas inerte merece atención especial, en la faenas de descarga, ya que es pieza fundamental para la seguridad de la operación.

Recordemos que para la operación de descarga, las líneas de descarga, las mangueras, y todos los tanques de carga relevante, incluyendo los tanques de slops, estarán conectados a la línea de distribución principal de gas inerte.

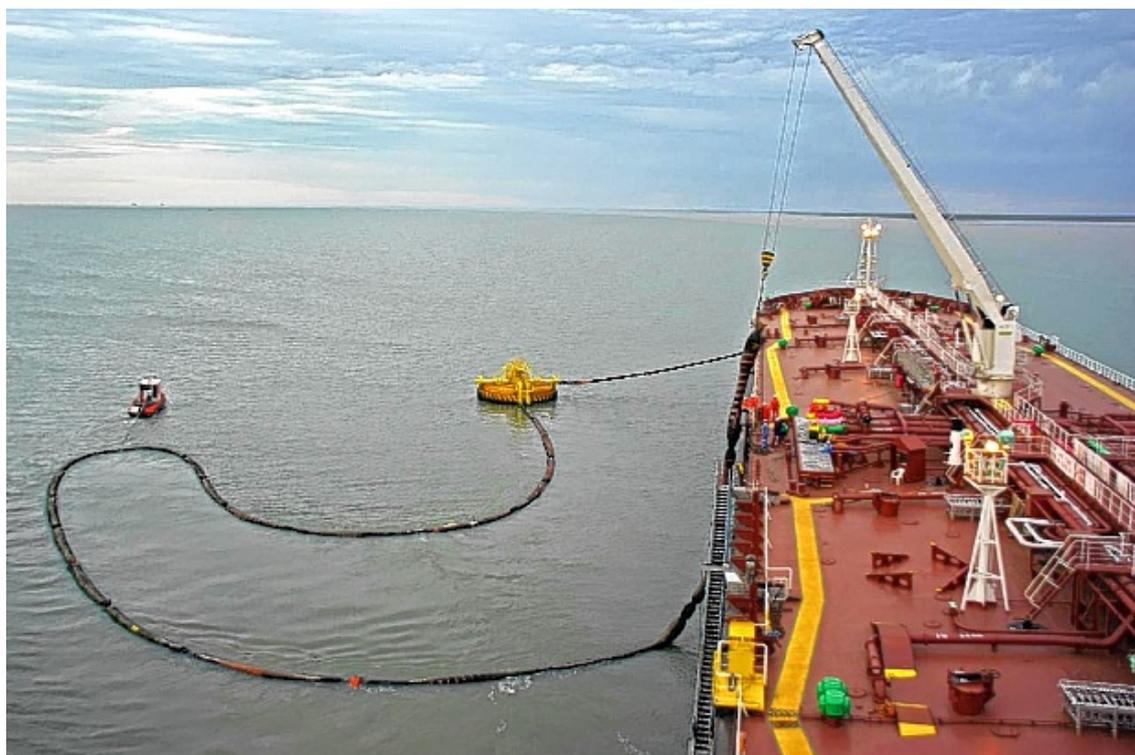
## 8.5. PLAN DE DESCARGA ACORDADO. (2)

En resumen, un plan de descarga define lo siguiente:

1. Nombre del buque, amarradero, fecha y hora.
2. Nombre y firma del representante del buque y del representante de tierra.
3. Distribución de carga en el momento de la llegada y del zarpe.
4. La siguiente información sobre cada producto:
  - Cantidad.
  - Tanque(s) de tierra a ser cargado(s).
  - Tanque(s) del buque a ser descargado(s).
  - Líneas a ser utilizadas buque/tierra.
  - Caudal de transferencia de carga.
  - Presión operativa.
  - Presión máxima admisible.
  - Límites de temperatura.
  - Sistemas de venteo.
5. Las restricciones necesarias debido a:
  - Propiedades electrostáticas.
  - Uso de válvulas de cierre rápido.
6. Secuencia en la cual se van a descargar los tanques del buque, tiene en cuenta:
  - Cambios de tanques del buque y tanques de tierra.
  - Prevención de la contaminación de la carga.
  - Despeje de tuberías para la descarga.
  - Lavado con crudo, si fuera el caso, u otro método para la limpieza de tanque.
  - Otros movimientos y operaciones que puedan afectar los caudales de flujo.
  - Asiento y francobordo del buque.
  - La necesidad de garantizar que no se excederán los esfuerzos permitidos.
  - Operaciones de lastre.

Caudales de descarga iniciales y máximos, teniendo en cuenta:

- La especificación de la carga a ser descargada.
- La disposición y cantidad de las líneas de carga del buque, tanques, y tuberías a tierra.
- Presión y caudal del flujo máximo admisible en las mangueras y brazos de buque/tierra.
- Precauciones para evitar la acumulación de electricidad estática.
- Cualquier otra limitación.



<http://www.nuestromar.org/noticias/categorias/15-05-14/petr-leo-bonny-light-importado-en-puerto-rosales>

## 8.6. CONEXIÓN. (2)

El piloto de guardia, los marinos y el bombero, serán los encargados de la conexión. Recibirán la manguera o el brazo metálico, según corresponda.

- El piloto de guardia, supervisará la correcta manipulación de la manguera o brazo de carga.
- El bombero extrae las bridas ciega, de la manguera o brazo y de la válvula de manifold designada. Verificando antes que no exista hidrocarburo a presión, en la línea.
- Se efectúa la conexión boya/buque.

## 8.7. INICIO DE DESCARGA. (2)

A continuación de la lista de chequeo.

- El piloto de guardia, confirmará si el personal de guardia en cubierta, este utilizando los elementos de seguridad pertinentes.
- El piloto de guardia, supervisa la alineación de los tanques y circuitos de parte del bombero de guardia, de acuerdo a las instrucciones del plan de descarga.
- El piloto de guardia verificará, que todas las válvulas por donde pudiera ocurrir derrames, estén cerradas. Incluida la válvula de manifold, por donde pasara el hidrocarburo hacia la terminal.
- Previa autorización del capitán, el primer piloto, desde la sala de control de carga, da el visto bueno para el inicio de la descarga, por parte de la nave.
- Las bombas de la nave empiezan con los caudales de inicio (bajos) acordados en el plan de descarga. Esto lo regulará generalmente el primer piloto, desde sala de control de carga.
- Al comienzo y durante el transcurso de las operaciones de descarga, el piloto de guardia, dispondrá que se verifique, que no haya filtraciones de la carga, por válvulas de mar.
- Una vez iniciada la descarga, el piloto de guardia confirmara que el hidrocarburo se encuentra saliendo de los tanques designados.
- El caudal de las bombas de la nave, es bajo en el inicio de la transferencia. La terminal confirmará el momento en que se aumente al caudal, acordado en el plan de descarga, una vez que haya confirmado que el hidrocarburo está ingresando a los tanques designados en tierra.
- Al igual que en la operación de carga, el primer piloto dispondrá que se tomen muestras del producto en el manifold, al inicio, durante

y al término de la descarga. El encargado de la tarea, sigue siendo el bombero de guardia.

## 8.8. SUPERVISIÓN Y CONTROL DURANTE EL TRASCURSO DE LA DESCARGA. (2)

Después de la supervisión en cubierta al inicio de la descarga, el piloto de guardia se trasladará a la sala de control de carga, donde monitoreará las lecturas de los niveles de, oxígeno, presiones y caudales de las bombas de la nave, en funcionamiento.

Si la nave quisiera modificar el caudal de descarga, de los acordados en el plan. No lo hará, sin antes informar a la terminal de sus intenciones.

Se realizan rondas a la sala de bombas, para verificar el funcionamiento de éstas, y que no estén ocurriendo filtraciones. Cada una hora, el piloto de guardia anotará en la bitácora de faena:

- Ullage de los tanques que se descargan
- Comparación de volumen descargado, entre la nave y la terminal
- Rendimiento de la descarga
- Presión en el manifold
- Control de horario de trabajo de las bombas.
- Presión en la descarga de las bombas
- Temperatura de las bombas en uso.
- Control de rondas a la sala de bombas.

Las comparaciones de volúmenes descargados, entre la nave y la terminal, que arrojen diferencias mayores a 10 m<sup>3</sup>, son informadas de inmediato al primer piloto. Esto indicaría filtraciones de tubería, manguera y requerirá que se interrumpa las operaciones, hasta que se realicen las investigaciones pertinentes.

Los marinos de guardia, están atentos a cualquier embarcación que se aproxime a la nave, ya que no está permitido en las cercanías, embarcaciones con motor fuera de borda o naves deportivas, ya que estas presentan fuentes de ignición, para los gases de hidrocarburo, presente en los alrededores del amarradero.

Si ocurriera cambios de guardia en plena faena, el personal entrante,

confirmará el sistema de comunicación, con el primer piloto.

En resumen, una operación de descarga off shore cuenta con las siguientes partes:

Antes de iniciar la descarga en una terminal costa afuera:

Las comunicaciones entre buque y tierra son probadas y completamente comprendidas antes del inicio de las faenas. Estas se confirman en la lista de chequeo general. Este ítem es delicado en instalaciones costa afuera.

El buque no abre sus válvulas de manifold y arranca sus bombas, hasta no haber recibido una señal clara desde tierra, indicando que la terminal se encuentra preparada para la descarga. La señal es recibida por el primer piloto, quien da el visto bueno para el inicio de la transferencia.

Existirá vigilancia, de parte de los marinos de guardia, en la zona próxima a las mangueras, para detectar posibles filtraciones. Al oscurecer, siempre que sea posible y seguro, se enfocara una luz potente, hacia el agua en las proximidades de la manguera. En el caso de operaciones de descarga por monoboyas, un miembro responsable de la tripulación, mantiene una guardia permanente en la zona de proa, durante toda la descarga.

En resumen, los pasos a seguir en una operación de descarga en plataforma off shore son los siguientes:

1º Maniobra de aproximación: EL barco que transporta el crudo llega a la Bahía y se aproxima a la monoboya, manteniendo las correspondientes distancias de seguridad.

2º Amarre a monoboya: El barco amarra a la monoboya bajo la dirección de la corporación de prácticos y del capitán de la monoboya. En esta maniobra interviene una decena de personas con dos embarcaciones auxiliares.

3º Conexión de líneas de descarga: Dos embarcaciones auxiliares dirigen la maniobra de conexión con dos líneas de mangueras flotantes hasta el manifold del petrolero.

4º Descarga del crudo hacia la monoboya: El crudo, impulsado por las

bombas del propio petrolero, se conduce a la monoboya a través de dos líneas de mangueras flotantes de 20 pulgadas. Éstas poseen doble carcasa como medida de seguridad y están fabricadas en caucho.

5º Entrada del crudo a través de la monoboya: El crudo entra en este dispositivo flotante de acero a través de dos tuberías de descarga de 20 pulgadas, que lo conducen hacia las mangueras submarinas y las tuberías del fondo marino.

6º Salida de la monoboya: El crudo desciende por medio de líneas de mangueras verticales submarinas de doble carcasa. De ahí pasa a unas tuberías de acero, ancladas en el cajón de fondo, que conectan con el manifold, situado en el lecho marino mediante dos mangueras submarinas (Jumpers)

7º Traslado del crudo desde la monoboya a la refinería: Esta tubería está recubierta con hormigón armado. Una vez en tierra, llega a un manifold desde donde se distribuye a los diferentes puntos de la refinería.

## CONCLUSIÓN:

A lo largo de este trabajo hemos descubierto que una operación en una plataforma off-shore no es tan complicada como puede parecer o, por lo menos, a mi me parecía. Actualmente es un tema candente en el mundo marítimo mercante ya que es habitual encontrar una plataforma de estas en cualquier puerto.

Tras haber finalizado el trabajo, mis sensaciones son satisfactorias ya que, como resultado de haber hecho este trabajo fin de grado, he aprendido mucho a cerca de las plataformas off shore, mi objetivo principal era resolver dudas a cerca de las operaciones off shore y gracias a este trabajo lo he conseguido. En él he citado y he captado como se puede hacer una correcta operación off shore lo cual me servirá para estar más tranquilo en el caso de que embarque en un buque el cual haga este tipo de operaciones.

Estoy muy orgulloso del trabajo ya que siento que han valido la pena tantas horas dedicadas a su elaboración y ver como ha quedado y la información que en el se adjunta me enorgullece mucho mas.

Siendo sincero, encontrar información acerca de estas operaciones no ha sido del todo fácil. He llevado a cabo varias traducciones en ingles y búsqueda de información desde internet o en libros hasta información sacada de la compañía en la cual me embarqué "Distribuidora Marítima Petrogas" la cual agradezco la ayuda prestada y la calidad de su documentación.

Ojalá que este trabajo fin de grado no quedará como un simple libro, ya que en él se encuentra una amplia información la cual me ha servido para aprender mucho y, como me ha servido a mi, también puede servir a la persona que indague en su interior. Sería un honor que mi trabajo fin de grado sirva para los futuros estudiantes o para cualquier lector que tenga intriga o dudas a cerca del off-shore.

Quiero dar las gracias a todos los que me han ayudado: A mi familia; sin ellos no estaría aquí, al profesor D<sup>o</sup> Antonio Ceferino Bermejo Díaz que ha sido mi tutor en este trabajo, a mis compañeros de clase que me han ayudado no solo en el TGF si no a lo largo del los 4 años de carrera y a la naviera Petrogás por formarme y hacer de mí un oficial competente.

In this study we found that any operation in offshore platform is not as complicated as it may seem, or at least seemed to me. Currently, in the maritime world, it is common to find a platform on any port.

After finishing work, my feelings are satisfactory because, that as a result of having done this TFG, I learned a lot about the offshore platforms, my main goal was answer questions about operations offshore and It's succeeded thanks this work. I quoted him and I grasped how you can make a successful offshore operation which will help me to be more relaxed if I boarding a ship which do such operations.

I am very proud seeing the work because I feel that my work has paid off and I see how it looks and the information that is attached make me more proud.

To be honest, find information about these operations has not been more easy. I have done several English translations and finding information from Internet or books to information taken from the company which I embarked `` Distribuidora Maritima Petrogas'' which I appreciate the assistance provided and the quality of its documentation.

Hopefully this TFG will not be as a simple book, in this book can find information that has helped me to learn a lot and, as has served to me, can also serve the person that inquires into the book. It would be an honor that my work will serve for prospective students or any reader with intrigue or doubts about the off-shore.

I want to thank everyone who helped me: My family; without them I would not be here, D<sup>o</sup> Antonio Ceferino Bermejo Diaz who has been my mentor in this work, my classmates who have helped me not only in the TGF if not over the 4-year career and the shipping Petrogás by formarme and make me a competent official.

# Bibliografía.

## Libros:

1. JIMÉNEZ DE CISNEROS, L.M. "Manual de bombas". Editorial blume. Barcelona 1977.
2. REDES Y FLUIDOS, S.A.: "Fondon". Redes y Fluidos, S.A. 1985.
3. CENTRO TÉCNICO DE AUTOMATISMOS E INVERTIGACIÓN: "Sistemas y equipos de descarga de personal operador de BB/TT". Centro Técnico de Automatismos e Investigación, S.L. 1994.
4. PENCP DIVISION HUDSON ENGINEERING COMPANY: "Manual de Sistema de Autocebado Automático Prima- Vac". Penco Hudson Engineering Company Hoboken, New Jersey, 1990.
5. BUREAU VERITAS: "Sistemas de Gas Inerte" 1993.
6. COPAK, S.A: "Sistemas de Gas Inerte" 1993.
7. GAS ATMOSPHERES: "Sistemas de Gas Inerte" 1993.
8. HOLEC GAS GENERATORS: "Sistemas de Gas Inerte" 1993.
9. LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING: "Sistemas de Gas Inerte" 1993.
10. HYGROTHERM ENGINEERING, LTD: "Sistemas de Gas Inerte".
11. MARITIME PROTECTION, A/S: "Sistemas de Gas Inerte" 1993.
12. INTERNATIONAL OIL TANKER TERMINAL SAFETY GROUP: "International oil tanker and terminal safety guide". The institute of petroleum. London, 1990.

13. SOCONY MOBIL OIL COMPANY: ``Tanquer manual for the guidance of officers and department heads``. Socomy mobil oil Co., Inc. New York, 1962.
14. CAMPSA: ``Manual de regulaciones marítimas``. Departamento marítimo de campsa.

Páginas web:

15.  
[http://www.cepsa.com/cepsa/Quienes\\_somos/Centro\\_de\\_Prensa\\_/Infografias\\_de\\_interes\\_/La\\_puerta\\_de\\_entrada\\_de\\_crudo\\_a\\_la\\_refineria\\_la\\_monoboya/](http://www.cepsa.com/cepsa/Quienes_somos/Centro_de_Prensa_/Infografias_de_interes_/La_puerta_de_entrada_de_crudo_a_la_refineria_la_monoboya/)

16.  
<http://www.sabatinop.com/Presentaciones%20Congreso%20VIII/11%20-%20El%20Futuro%20de%20las%20Instalaciones%20Portuarias%200para%20Terminales%20Petroleros%20MONOBOYAS.pdf>

17.  
<http://www.almazan-ingenieros.es/data/archivo/Instalaciones%20off-shore%20para%20carga%20y%20descarga%20de%20hidrocarburos.%20Monoboyas%20y%20campos%20de%20boyas.pdf>