

# **ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE**

## **“ALMIRANTE MIGUEL GRAU”**

**Programa Académico de Marina Mercante**

**Especialidad de Puente**



### **CONOCIMIENTO DEL SISTEMA DE GAS INERTE DE UN BUQUE TANQUE PETROLERO EN LOS EGRESADOS DE LA ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE “ALMIRANTE MIGUEL GRAU”, 2020**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
OFICIAL DE MARINA MERCANTE**

**PRESENTADA POR:**

**ARANGO AQUINO, JORGE LUIS  
NEYRA MATTA, ALEXANDER GLADSTONE**

**CALLAO, PERÚ**

**2021**

CONOCIMIENTO DEL SISTEMA DE GAS INERTE DE UN  
BUQUE TANQUE PETROLERO EN LOS EGRESADOS DE LA  
ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE “ALMIRANTE  
MIGUEL GRAU”, 2020.

## **DEDICATORIA**

A Mis padres que me han dado la existencia; y en ella la capacidad por superarme y desear lo mejor en cada paso por este camino difícil y arduo de la vida. Gracias por ser como son, por que su presencia y persona han ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy. “A mis maestros, quienes se han tomado el arduo trabajo de transmitirme sus diversos conocimientos, especialmente de campo y de los temas que corresponden a mi profesión. Pero

además de eso, han sido quienes han sabido encaminarme por el camino correcto y quienes me han ofrecido sabios conocimientos para lograr mis metas.”

*Arango Aquino, Jorge Luis*

## **DEDICATORIA**

A Dios, que me guío y nunca me dejó solo ni en mis peores momentos, levantándome y haciéndome más fuerte después de cada tropiezo. A la memoria de mi tía Roxana Matta, quien siempre deseo lo mejor para mí hasta en sus últimos momentos de vida, y a pesar de no poder estar con ella en esa última etapa, sé que la enfrentó valientemente, y que ahora descansa orgullosa sabiendo que estoy cumpliendo mis objetivos con su ayuda desde el cielo. A mi madre, pilar fundamental en mi vida,

por estar junto a mí en cada paso, por guiarme y ayudarme a convertirme en la persona que soy ahora. Es sin duda mi gran ejemplo a seguir, me ha llenado de valores y fuerzas para luchar por todos y cada uno de mis sueños. Nunca me cansaré de darle las gracias, este y absolutamente todos mis logros son y serán siempre en su honor. Y a mi familia, por su apoyo incondicional y sus más sinceros consejos para mi persona.

*Neyra Matta, Alexander Gladstone*

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestra familia quienes forjaron nuestro camino y nos dieron su apoyo incondicional, dirigiéndonos por el sendero correcto, a Dios que en todo momento está con nosotros ayudándonos y guiando nuestros pasos para ser mejores personas cada día, a nuestros profesores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado en ayudarnos a llegar al punto en el que nos encontramos.

Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirnos sus

conocimientos y dedicación que los ha regido, hemos logrado importantes objetivos como culminar el desarrollo de nuestra Tesis con éxito.

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
Portada .....	i
Título .....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	v
ÍNDICE .....	vi
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xv

### **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema.....	7
1.2.1. Problema general.....	7
1.2.2. Problemas específicos.....	7
1.3. Objetivos de la investigación.....	8
1.3.1. Objetivo general.....	8
1.3.2. Objetivos específicos.....	8
1.4. Justificación de la investigación.....	9
1.4.1. Justificación teórica.....	9
1.4.2. Justificación metodológica.....	9
1.4.3. Justificación práctica.....	10
1.5. Limitaciones de la investigación.....	10
1.6. Viabilidad de la investigación.....	11

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de la investigación.....	12
2.2. Bases teóricas.....	21
2.2.1. Conocimiento del Sistema de Tratamiento de Agua de Lastre PUREBALLAST.....	21
2.2.1.1. Métodos de Tratamiento de Agua de Lastre.....	21
2.2.1.2. Descripción del Sistema de Tratamiento de Agua de Lastre PUREBALLAST.....	23
2.2.1.3. Componentes del Sistema.....	32
2.2.1.4. Prototipo de un Sistema de Tratamiento de Agua de Lastre PUREBALLAST aplicado a un buque tanque petrolero.....	41
2.3. Marco conceptual.....	54

## **CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES**

3.1. Formulación de la hipótesis.....	56
3.1.1. Hipótesis general.....	56
3.1.2. Hipótesis específicas .....	56
3.1.3. Variables.....	58
3.1.3.1. Variable de Estudio.....	58

## **CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO**

4.1. Diseño de la investigación.....	60
4.2. Población y muestra.....	64
4.2.1. Población.....	64
4.2.2. Muestra.....	64
4.3. Operacionalización de la variable.....	65
4.4. Técnicas para la recolección de datos.....	66
4.4.1. Técnica.....	66
4.4.2. Instrumento.....	66
4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos.....	70
4.6. Aspectos éticos.....	70

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS**

5.1. Procedimiento estadístico para la comprobación de hipótesis.....	72
5.2. Descripción de los resultados.....	72
5.2.1. Variable de estudio.....	72
5.2.1.1. Dimensión 1.....	74
5.2.1.2. Dimensión 2.....	75
5.2.1.3. Dimensión 3.....	76
5.2.1.4. Dimensión 4.....	77

## **CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1. Discusión.....	78
6.2. Conclusiones.....	86
6.3. Recomendaciones.....	88

## **FUENTES DE INFORMACIÓN**

Referencias bibliográficas.....	90
Referencias electrónicas.....	95

## **ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	98
Anexo 2. Glosario de términos .....	101
Anexo 3. Operacionalización de la variable.....	103
Anexo 4. Cuestionario de la variable.....	105
Anexo 5. Validaciones a criterio de jueces expertos.....	110
Anexo 16. Documento de conformidad de consentimiento informado.....	128

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Promedio de resultados realizados con el tratamiento de Agua de Lastre PUREBALLAST.....	25
Tabla 2: Electricidad consumida por el sistema en relación a la capacidad de bombeo.....	31
Tabla 3 Costos operativos del sistema relacionados con un volumen de lastre.....	31
Tabla 4: Análisis empresarial.....	39
Tabla 5: Parámetros de Análisis.....	40
Tabla 6: Estadístico de fiabilidad KR-20 del instrumento de investigación de la variable de estudio.....	69
Tabla 7: Baremación de la variable de estudio.....	69
Tabla 8: Tabla de valores de Kuder Richardson (KR-20).....	69
Tabla 9: Conocimiento teórico del Sistema de Tratamiento de Agua de Lastre PUREBALLAST.....	73
Tabla 10: Conocimiento teórico de los Métodos de Tratamiento de Agua de Lastre.....	74
Tabla 11: Conocimiento teórico de la descripción del Sistema de Tratamiento de Agua de Lastre PUREBALLAST.....	75
Tabla 12: Conocimiento teórico de los Componentes del Sistema.....	76
Tabla 13: Conocimiento teórico del Prototipo de un Sistema de Tratamiento de Agua de Lastre PUREBALLAST aplicado a un buque tanque petrolero.....	77

Pág.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Disposición del sistema PUREBALLAST.....	20
Figura 2:	Funcionamiento del sistema PureBallast al interior de las unidades AOT.....	26
Figura 3:	Sistema de tratamiento de agua de lastre Alfalaval (Lastrado).....	26
Figura 4:	Sistema de tratamiento de agua de lastre Alfalaval (Deslastrado).....	30
Figura 5:	Sistema de tratamiento de agua de lastre Alfalaval (Equipo).....	32
Figura 6:	Desprendimiento de un átomo de hidrógeno de la molécula de agua.	34
Figura 7:	El radical hidroxilo intenta captar el átomo de hidrógeno que le falta para volverse estable.....	34
Figura 8:	El radical hidroxilo robando un átomo de hidrógeno a la bacteria o microorganismo.....	35
Figura 9:	Sistema PureBallast de Alfa Laval.....	38
Figura 10:	Unidad AOT.....	41
Figura 11:	Funcionamiento de la unidad AOT.....	42
Figura 12:	Unidad filtro.....	43
Figura 13:	Unidad de limpieza CIP.....	44
Figura 14:	Motor eléctrico de la bomba, sobre la cubierta principal.....	47
Figura 15:	Pasamamparos típicos entre tanques del doble fondo.....	51
Figura 16:	Bomba vertical.....	52
Figura 17:	Esquema de un estudio descriptivo.....	63
Figura 18:	Descripción de la variable de estudio.....	73
Figura 19:	Descripción de la dimensión 1.....	74
Figura 20:	Descripción de la dimensión 2.....	75

Figura 21: Descripción de la dimensión 3.....	76
Figura 22: Descripción de la dimensión 4.....	77

## RESUMEN

La presente tesis elaborada estableció como objetivo principal identificar el nivel de conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020. Caracterizado por estar basado en el “enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, tipo básica, diseño no experimental, de corte transversal”. La población estuvo constituida por todos los egresados ENAMM (P=59). Se aplicó un muestro no probabilístico intencional, considerando a 50 unidades de análisis, respectivamente. Para medir la variable de estudio se elaboró el cuestionario de conocimiento teórico referente al uso, generador y sistema de gas inerte, así como las diferentes recomendaciones de la OMI. La validez de contenido del instrumento de investigación se obtuvo en función del “criterio de jueces expertos y la validez interna con el estadístico de confiabilidad KR-20 con el cual se obtuvo un valor de 0,827 considerando al instrumento de un alto grado de confiabilidad. Se utilizó estadística descriptiva para determinar porcentajes y frecuencias de la muestra seleccionada. Los resultados establecieron que el 66 % de los egresados se ubican en el nivel medio, el 30 % se ubica en el nivel bajo y el 4 % se ubica en el nivel alto. De esta

manera se concluyó que los egresados” de la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020, se ubican en un nivel medio, aceptando la hipótesis alterna y rechazando la hipótesis nula.

**Palabras clave:** Egresados, OMI, Conocimiento, Teórico, Gas Inerte, Oficiales, ENAMM.

## **ABSTRACT**

This thesis prepared established as the main objective to identify the level of theoretical knowledge of the inert gas system of an oil tanker in the graduates of the National School of Merchant Marine "Almirante Miguel Grau", 2020. Characterized by being based on the "quantitative approach, descriptive level, basic type, non-experimental design, cross-sectional." The population consisted of all ENAMM graduates (P = 59). An intentional non-probabilistic sampling was applied, considering 50 units of analysis, respectively. To measure the study variable, the theoretical knowledge questionnaire regarding the use, generator and inert gas system was developed, as well as the different IMO recommendations. The content validity of the research instrument was obtained based on "the criteria of expert judges and the internal validity with the reliability statistic KR-20 with which a value of 0.827 was obtained considering the instrument of a high degree of reliability. Descriptive statistics were used to determine percentages and frequencies of the selected sample. The results" established that 66% of the graduates are located in the medium level, 30% are located in the low level and 4% are located in the high level. In this way, it was concluded that the graduates of the "Almirante Miguel Grau"

National Merchant Marine School, 2020, are located at an average level, accepting the alternative hypothesis and rejecting the null hypothesis.

**Keywords:** Graduates, OMI, Knowledge, Theoretical, Inert Gas, Officials, ENAMM.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de gas inerte son esenciales para los buques tanque petroleros que van desde los 20.000 DWT hasta más, y ciertos buques tanque que transportan productos químicos o gas (según la carga), debido a la liberación de gas inflamable que puede causar una explosión que amenaza seguridad y vida humana en la mar. Esta situación puede ocurrir incluso si los tanques se encuentran vacíos. Por lo tanto, la OMI a través del SOLAS, Capítulo II-2 para prevenir, detectar y extinguir incendios, señala que los petroleros deben estar equipados con sistemas de gas inerte.

El gas inerte no posee propiedades reactivas, es decir, no se enciende. Cada sustancia tiene un límite de inflamabilidad diferente, que determina la cantidad de gas y aire que necesitará para arder. Un sistema de gas inerte produce un gas con un contenido de oxígeno reducido (menos del 8%), evitando así cualquier explosión.

Para inferir cómo el sistema de gas inerte evita que el tanque de carga explote, es necesario comprender los elementos necesarios para que ocurra la

combustión. El triángulo del fuego se compone de tres elementos: combustible, comburente y calor; deben existir al mismo tiempo para arder, por lo cual, para extinguir un incendio se debe eliminar uno de estos elementos.

Asimismo, este gas es producido en el barco por una caldera o motor auxiliar, utilizando gases de escape con un contenido de oxígeno inferior al 5%, asimismo es producido por un sistema independiente. El sistema de gas inerte está compuesto esencialmente por una planta de producción, una planta de tratamiento y un sistema de distribución, también se puede dividir en dos áreas: un área segura (planta de producción y tratamiento) y un área peligrosa (sistema de distribución).

En cuanto a la válvula de aislamiento (isolating valve), es la válvula de abastecimiento la que separa la entrada de gas del resto del sistema. En cuanto a la Torre de lavado (scrubber); consta de una serie de aspersores y deflectores, la finalidad es enfriar, limpiar y humidificar el gas, reduciendo al mismo tiempo el  $\text{SO}_2$  y el hollín. En cuanto al separador de agua (demister), succiona el agua y la humedad del gas del depurador. Respecto al soplador, transporta el gas desde el depurador hasta el sello de cubierta. En cuanto a la válvula reguladora de presión (pressure regulating valve), la válvula regula el caudal de suministro al sistema de distribución, además, también divide la zona de seguridad y la zona de peligro.

Respecto al Sello de cubierta (deck seal); su función es evitar que el gas inerte regrese a la zona segura, y liberar la tubería de gas inerte a alta presión a través de equipos de seguridad como válvula de retención, válvula de aislamiento de cubierta, y el interruptor de vacío de presión, etc. En cuanto a la válvula de

aislamiento del tanque, controla el flujo de gas inerte en cada bodega de carga del buque. En cuanto al sistema de seguridad y alarma, el sistema contiene una serie de alarmas que permiten que el sistema se apague automáticamente para proteger el propio sistema y el barco.

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. El generador de gas inerte es un dispositivo capaz de generar gases o mezclas de gases poco reactivos, y con un bajo contenido en oxígeno. Respecto a la aplicación, el generador de gas inerte se utiliza en los buques tanque tales como petroleros para insertarlo en los tanques, y desplazar de este modo el aire que contiene un porcentaje de oxígeno suficiente como para desencadenar una reacción de combustión.

Los generadores de gas inerte se encuentran fuera de la zona de los tanques de carga y normalmente se encuentran en un área especial. Constan de una cámara de combustión y una torre de refrigeración, donde el gas producido se enfría con agua de mar. Algunos sistemas aprovechan los gases de escape producidos por la combustión de las máquinas. Respecto a los criterios de selección. Se deberá tener en cuenta la capacidad de los tanques y la producción de gas del generador. Sus ventajas se basan en la Inertización de tanques y Reducción del riesgo de explosión.

En síntesis, el sistema de gas inerte evita explosiones en los tanques de carga de los buques petroleros; cuando se transportan hidrocarburos liberan gases

inflamables que pueden provocar la combustión. Si la atmósfera lo permite, además, no es necesario llenar los tanques para que pueda haber un peligro de explosión.

Debido a que el residuo en el tanque liberará gas combustible, en este caso, puede ser más peligroso.

“En ese sentido, el presente trabajo de investigación busca medir las propiedades de la variable en estudio, con el fin de contribuir con información de mucho valor para el desarrollo profesional de la gente de mar” de la especialidad de puente, máquinas, tripulantes y cadetes que operan los equipos a bordo. Consecuentemente, la tesis establece los siguientes componentes.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. Descripción de la realidad problemática**

En los años 20 eran muy habituales los estruendos en buques tanque a causa de la escasa o casi nula inertización de los tanques comerciales, por lo cual ese mismo año la empresa "Chevron" probó el "sistema de gas inerte" en 19 de sus embarcaciones, después de 20 años aseveró que este sistema no garantizaba mejoría alguna respecto a la seguridad ni la ininterrupción de deterioro del tanque. En estos días, dicha información se considera incompatible, considerando toda la base de datos que refiere a la inertización; en tal sentido, la carencia de discernimiento y el mantenimiento inapropiado del "sistema de gas inerte" que acontece de las décadas pasadas sigue ocasionando explosiones (Devanney, 2005, como se citó en Balbin y Jara, 2017).

En 1965, "British Petroleum" solicitó una patente para su sistema de inertización utilizando gas de combustión de caldera. En 1974 se difundió información detallada sobre la experiencia de cada empresa en los medios. Se ha

concluido que es el sistema más seguro, y la operación más económica para realizar limpieza de crudo, carga, descarga o limpieza con agua, es el inertizado del tanque con el gas producido por combustión de la caldera (Roa, 2010).

Asimismo, El Sub Comité FP (2008) estudió el estallido de la nave mercante “*Heng San*” acontecido en el 2001, con el fin de desarrollar medidas para prevenir explosiones en petroleros y quimiqueros que transporten carga de bajo punto de inflamación. Se dieron una serie de explosiones al momento de limpiar y ventilar los tanques comerciales. Siete miembros de la tripulación murieron. Se concluyó que el sistema de gas inerte no se puso en funcionamiento, y según la situación, se indicó que los procedimientos de seguridad para el funcionamiento del “sistema de gas inerte” no se aplicaron correctamente, ya sea porque el oficial designado no tenía conocimiento sobre el tema o no lo aplicaba regularmente.

Respecto a las estadísticas de explosiones en petroleros por el gas inerte, en el año 1932 se originaron muchos siniestros en el momento que se efectuaba la operación de venteo del tanque de carga, lo que incitó a que la “*Sun Oil Company*” dispusiera “sistemas de gas inerte” en todos sus buques tanque petroleros. Aproximadamente otras treinta empresas han instalado sistemas de este tipo en sus buques tanque petroleros. Sin embargo, el accidente que dio lugar a un estudio en profundidad del tema fue un accidente ocurrido en 1969.

Por otro lado, en 1969, un conjunto de estallidos en los VLCCs “*Mactra*, *Marpessa* y *King Haakon VI*,” con resultados negativos considerables para la

seguridad de los mismos, acaparó interés en gran medida y se llevó a cabo un análisis profundo y estructurado. En el caso de los buques Mactra y Marpessa, en las condiciones señaladas se realizaba la limpieza del tanque cuando ocurrió la explosión. En tal sentido; cuando se trata de tanques de gran capacidad de volumen, es fácil comprender las dificultades que implica mantener este tipo de atmósfera baja en un gas de hidrocarburo. El cambio de aire en su interior es imposible de proveer de manera uniforme. Si esta atmósfera de gas hidrocarburo de baja concentración se ha obtenido antes de iniciar la limpieza, durante este período, mediante la eliminación de los sedimentos en la estructura y el tanque. Se producirán emisiones, por lo que estos generarán una mezcla de gases de hidrocarburos y el aire utilizado para el venteo, y la concentración de estos gases puede alcanzar rangos de ignición.

Del estudio efectuado, Vargas (2008) indicó que en base a la causa de la explosión del "Mactra", se decidió recomendar la instalación de un sistema de gas inerte para los VLCC, incluyendo buques tanque petroleros con carga superiores a 10.000 metros cúbicos de capacidad. En 1972, la "*Intergovernmental Maritime Consultative Organization*" (IMCO, ahora OMI) intercedió por la aplicación de "sistemas de gas inerte" en todas las naves mercantes, tanqueros de 100.000 DWT a más, y para el transporte de 50.000 DWT o más, todos de nueva construcción. En 1973 esta resolución fue aceptada por la comunidad internacional marítima, solicitando dichos sistemas en los barcos mencionados anteriormente de nueva construcción.

Además, en el invierno de 1976-77, sucedieron muchos siniestros colindantes a las costas de los Estados Unidos. En 1978, el “Port and Tanker Safety Act” of 1978 (PTSA) “entró en vigor, y obligó que se instalaran sistemas de gas inerte en buques de nueva construcción y en ciertos buques ya existentes.” Díaz (2016, como se citó en Balbin y Jara, 2017) describen el accidente del buque tanque petrolero “María Alejandra”, de bandera española en 1980, cuando se encontraba navegando en lastre cerca de la bahía de Algeciras. Esto resultó en la muerte de 36 marineros. Muchas explosiones ocurrieron en equipos con sistema de gas inerte, lo que motivó una serie de investigaciones realizadas por el personal de la asociación independiente y que en un alto porcentaje de accidentes, el accidente fue causado por el mal estado del sistema de gas inerte. Todo ello dio lugar a inspecciones extremas y la obligación de calificación del responsable de sus operaciones. La Academia de Oficiales de la Marina Mercante indicó que la explosión fue causada porque el gas inerte no se eliminó por completo del lavado del tanque.

En otro contexto; la “explosión en el 2004 del petroquímico NCC Mekka, se dio cuando se encontraban limpiando sus tanques, fue causada por la baja presión o por una carga estática debido a la mezcla del agua de lavado con el detergente. Este buque contaba con el sistema de gas inerte pero la carga no estaba inertizada, originando la muerte de dos marineros” (Devaney, 2005, como se citó en Balbin y Jara, 2017).

Según la investigación realizada hasta el momento, el error humano, la caída de objetos, las reacciones químicas, los campos electromagnéticos, etc.,

puede generar fuentes de ignición. Todos los contenidos descritos anteriormente ilustran la importancia de introducir sistemas de gas inerte para la seguridad de los buques tanque petroleros, porque si se realizan correctamente, harán que estas operaciones sean completamente seguras.

Ante la problemática expuesta, se destaca la importancia de un efectivo lavado de tanques, cambio de atmosfera y la respuesta inmediata según conocimientos tácitos y empíricos de los oficiales egresados. Finalmente, se determina que el uso firme de sistemas de gas inerte, combinado con la aplicación de capacitaciones y procedimientos adecuados, puede prevenir incendios y explosiones durante la carga en los tanques, lo cual representa un avance significativo en el desempeño de seguridad del transporte de carga de hidrocarburos.

Asimismo, La organización marítima internacional (OMI) encargada de velar por la seguridad de la vida humana en el mar, promueve el conocimiento teórico mediante sus diversas normas y recomendaciones respecto al eje de estudio. En ese sentido el presente estudio está orientado en acrecentar y estimular los conocimientos referidos en los egresados de la ENAMM, 2020.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico del uso del gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020?

¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico del generador de gas inerte de combustión estequiométrica de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020?

¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico del sistema de distribución de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el nivel de conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Determinar el nivel de conocimiento teórico del uso del gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020.

Determinar el nivel de conocimiento teórico del generador de gas inerte de combustión estequiométrica de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020.

Determinar el nivel de conocimiento teórico del sistema de distribución de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020.

## **1.4. Justificación de la investigación**

### **1.4.1. Justificación teórica**

La presente tesis se justifica teóricamente, debido a la falta de bibliografía nacional específica con respecto a dichas operaciones. Además al no existir bibliografía didáctica, actualizada y comprensible, los oficiales dependen siempre de las ideas y metodologías de los oficiales que les preceden. Por lo cual, sería interesante que la bibliografía en relación a las operaciones descritas fuera más disertada en los ámbitos de estudio de dichas funciones para los oficiales egresados destinados que estarán a cargo. Asimismo, se destaca el aporte teórico elaborado por los investigadores.

### **1.4.2. Justificación metodológica**

Para “alcanzar el fin específico, se usaron técnicas investigativas basadas en la encuesta, en función a un cuestionario que mide el grado de discernimiento del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero” en cada uno de sus reactivos. El instrumento se validó de manera cuantitativa y cualitativa, con el fin de ser replicado en otras investigaciones similares o que aborden la misma problemática bajo la rigurosidad que caracteriza una tesis. Además, se dejó en evidencia todo el procedimiento elaborado para llegar a los objetivos de investigación, agregando conceptos y puntos de vista metodológicos en cuanto a cada fase del proceso investigativo.

### **1.4.3 Justificación práctica**

Los resultados recabados se basan en un estudio de las diferentes maneras de realizar las operaciones del uso “del sistema de gas inerte y cuáles son las ventajas de cada una de ellas. Como anteriormente se suscitó, el perfeccionamiento de las máquinas de limpieza de tanques fue progresivo en el tiempo, y hasta que no ocurrieron una serie de accidentes, no se llegó a la conclusión de que estas máquinas, en este tipo de tanques de carga, no se podían usar si no era en una atmósfera inerte.” Se brinda conceptos prácticos sobre la operación de limpieza de tanques en buques petroleros, su purgado, ventilado. Asimismo, se destaca la elaboración de una extensión electrónica referente al eje de estudio planteado.

### **1.5. Limitaciones de la investigación**

En principio no se hallaron teorías relacionadas directamente a la “variable en estudio, por lo cual fue considerado antecedentes relacionados a dicha línea investigativa con la presente pesquisa científica y el tratamiento metodológico.” Además, la condición de embarcados y el horario variado de trabajo a bordo de los oficiales egresados complicó en gran medida la suministración del cuestionario.

## **1.6. Viabilidad de la investigación**

“La viabilidad se llevó a cabo gracias a la facilidad y el acceso a la fuente primaria de información los cuales estaban compuestos por un conjunto de revistas científicas, libros académicos, sitios web. En efecto, se extrajo teorías, noticias actualizadas por la OMI, los cuales proporcionaron al estudio datos relevantes. Asimismo, se logró la autorización de” los oficiales egresados para poder aplicar la encuesta y llevar a cabo el proceso de recolección de datos. También se contó con la aprobación de los asesores designados por la casa de estudios.

Respecto a los recursos económicos, estuvo a cargo de los investigadores, en razón de las posibilidades que tuvieron para ejecutar el estudio científico. Además, hubo viabilidad en función al tiempo, debido a que la tesis está basada en un estudio descriptivo, donde se manipula una variable de interés.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de la investigación**

Entre los antecedentes internacionales se encuentra Dorta (2018) con su tesis *“Elementos de la Carga y la Descarga en el B/Q Tinerfe.”* El autor mencionado tuvo como fin comprender “las peculiaridades de la planta de Gas Inerte.” La pesquisa efectuada consistió en un método basado en el diseño no experimental, respaldado por el corte transversal, del tipo básica, paradigma cuantitativo y alcance descriptivo. Los resultados proporcionaron “al lector un mayor conocimiento de los elementos y procesos que componen el buque Tinerfe u otros buques semejantes a este. Además, se pretendió entrar en una mayor profundización y explicar uno de los elementos primordiales que constituyen los buques tanques como es la Planta de Gas Inerte. Concluyó destacando tanto los procedimientos a seguir como los riesgos que pueda presentar el hidrocarburo que se cargue, con el fin de disponer de operaciones de carga y descarga seguras. Además, se indicó los principales registros y guías que debe rellenar el buque, para llevar un desarrollo seguro y eficaz de las operaciones. Resaltando

las continuas verificaciones y comprobaciones de todos los aparatos y sistemas a las que se ve expuesta el buque, ya sea para evitar posibles fallos o accidentes.”

Asimismo, Francia (2018) de la Facultad de Náutica y Transporte Marítimo de la Universidad del País Vasco, con su trabajo de investigación titulado: *Metodología de Lavado, Purgado y Ventilado de Tanques de Carga en Petrolero, Mediante Un Cálculo Práctico*. Se planteó como objetivo efectuar un estudio de la metodología para el lavado, purgado y ventilado de tanques de carga de un petrolero. Fue una investigación de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, tipo básica, diseño no experimental, corte transversal. Se aplicaron técnicas de recolección de datos tales como la documentación. Se concluyó que la reducción de sedimentos en los tanques favorece el purgado y ventilado de los tanques. Al tener gran cantidad de sedimentos en los tanques, estos van a provocar atmósferas peligrosas. Asimismo, con un buen plan de limpieza se reducen los sedimentos a bordo y el purgado y ventilado son más rápidos. Al reducir los residuos en los tanques, el tiempo de purgado y ventilado se reduce y por lo tanto el consumo diésel y/o fuel.

Benítez (2016) con su trabajo de investigación para optar el título de graduado en Náutica y Transporte Marítimo en la Universidad de La Laguna, titulado: *“Familiarización con el buque Asfaltero IMO tipo II Herbania y sus operaciones.”* Se propuso como objetivo conocer la planta de gas inerte y el procedimiento de entrada en espacios cerrados. Fue una investigación de enfoque cualitativo y nivel exploratorio. Las técnicas de recolección de datos utilizadas fueron la documentación y la observación, en base a la experiencia

propia. Los resultados indicaron “que cualquier tripulante que preste servicios a bordo de un buque ha de estar plenamente familiarizado con sus procedimientos operacionales tanto en condiciones normales como de seguridad y emergencia. Desde el punto de vista de la seguridad resulta esencial la familiarización temprana con el buque y sus equipos.” La realización de operaciones de carga y descarga a bordo de buques asfalteros como el Herbania requieren de personal especialmente cualificado, responsable y altamente comprometido con el cumplimiento de los rigurosos procedimientos a seguir. Se concluyó que la guía principal para el desarrollo seguro y eficaz de las operaciones es el ISGOTT que proporciona la mejor herramienta técnica para las operaciones de carga y descarga. La seguridad del buque, del personal y del medio ambiente depende principalmente del factor humano. El conocimiento, la aplicación y la continua verificación de los correctos procedimientos operacionales reducirán al mínimo los posibles errores debido a una operativa errática. El correcto seguimiento de un plan de mantenimiento preventivo sistemático resulta esencial para reducir al mínimo los posibles accidentes debido a fallos en el sistema. Cuanto más rigurosos sean los oficiales menores serán las probabilidades de sufrir un accidente y sus consecuencias.

Para finalizar con los antecedentes internacionales, se encuentra Herrera (2015) quien realizó una investigación en la Universidad de La Laguna, titulado: *Operación de Descarga en Plataformas Off Shore*. Se propuso como objetivo analizar y describir las plataformas Off-Shore, su uso en la actualidad y como se hace una operación de descarga operando en ellas. Fue un estudio de paradigma cualitativo y alcance exploratorio donde utilizó como método de agrupación de

información a la documentación y el análisis, realizando una memoria descriptiva a través de un informe de suficiencia profesional. Las conclusiones revelaron que una operación en una plataforma off-shore no es tan complicada como puede parecer. Actualmente es un tema candente en el mundo marítimo mercante ya que es habitual encontrar una plataforma de estas en cualquier puerto.

Entre los antecedentes nacionales resalta Balbin & Jara (2017) de la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, “con su trabajo de investigación titulado: *Conocimiento del Sistema de Gas Inerte por un Generador de Gas Independiente en Buques Tanque Petroleros en Oficiales Mercantes Embarcados de una Naviera Peruana*. Se planteó como objetivo describir el nivel de conocimiento del sistema de gas inerte por un generador de gas independiente en buques tanque petroleros en oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana. La investigación fue de diseño no experimental, corte transversal, nivel descriptivo y enfoque cuantitativo. La población fue constituida por 54 oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana, de las cuales 33 fueron oficiales de la especialidad de cubierta y 21 de la especialidad de máquinas. Asimismo, se les administró el instrumento validado por expertos para la variable correspondiente y la confiabilidad con el alfa de Cronbach de 0.704. Los resultados demostraron que el 35,2% de los oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana presentan un nivel de conocimiento promedio comprobándose la hipótesis de la investigación.”

Cueva & Reyes (2017) de la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, con su tesis de licenciatura titulada: *Efecto del programa:*

*“Inert Gas System In Oil Tankers”* aplicado a los cadetes de 3<sup>er</sup> año de la especialidad de puente de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”. Se proyectaron como propósito determinar el efecto del Programa: *“Inerte Gas System in Oil Tankers”*. Dicho programa fortalece “el nivel de conocimiento teórico del sistema de gas inerte en los buques tanque petrolero con generador independiente, este programa se aplicó en los cadetes de 3° Puente de la Escuela Nacional de Marina Mercante” “Almirante Miguel Grau”. Fue “una investigación de tipo aplicada, nivel explicativo, diseño experimental con subdiseño pre-experimental. Se trabajó con un grupo experimental, tomando como población a los cadetes de 3° de la especialidad de puente de ENAMM. Para conocer la información de su nivel de conocimiento se usó un instrumento documentado, en forma de un cuestionario con preguntas cerradas, el cual se aplicó con el desarrollo del Programa en forma de un pre y post test. Como resultado se consiguió un efecto significativo del Programa en los cadetes, se recomienda hacer uso e implementar el programa” *“Inert Gas System in Oil Tankers”* “con todos los cadetes de 3° próximos a realizar sus prácticas pre-profesionales, para fortalecer el nivel de conocimiento teórico sobre el sistema de gas inerte en seguridad, funcionamiento, mantenimiento y operatividad del sistema, para lograr tal entendimiento se propone hacer uso del texto elaborado para dicho programa, así como fomentar la cultura de lectura en los cadetes con textos actualizados y vigentes, de la misma manera concientizar sobre la gran importancia de la seguridad y operatividad de tan importante sistema para que así pueda desarrollar sus habilidades teóricas en sus prácticas pre-profesionales.”

Por último, Reluz & Montes de Oca (2015) de la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, elaboraron un estudio titulado: *Emisión de Gases Tóxicos por Buques de La Naviera Transoceánica que cargan en La Refinería La Pampilla año 2014*. Se plantearon como objetivo “determinar la relación que existe entre la contaminación del aire que existe a nivel nacional y las emisiones de gases tóxicos generados por los buques de la Naviera Transoceánica durante las operaciones de carga que se realizan en la refinería La Pampilla. Fue una investigación de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, tipo básica, diseño no experimental, corte transversal. Los resultados de la investigación reportaron la inexistencia de una solución ante dicho problema de contaminación atmosférica, sin embargo se ha planteado una posible solución la cual radica en la implantación de un sistema de recuperación de vapores, el cual es una forma de controlar de manera más eficiente la emisión de gases tóxicos los cuales luego serán procesados en tierra y no ser expulsados al medio ambiente.”

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero**

El gas inerte es un gas que no reacciona químicamente cuando se mezcla con otros gases. El primer grupo de gas inerte está conformado por gases nobles y no hay ninguna reacción química con ninguna sustancia ajena. El segundo grupo de gases pertenece a aquellos gases que pueden sufrir reacciones químicas, como el nitrógeno ( $N_2$ ) y el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), pero no hay reacciones químicas en las condiciones en que el proceso específico tiene lugar en el gas portador. Por ejemplo, el nitrógeno es un gas inerte que constituye gran parte del aire de la atmósfera, pero en otras condiciones de presión y temperatura, si reacciona químicamente con otras sustancias (Vargas, 2008).

El sistema de gas inerte consiste en una planta de gas inerte complementado con su sistema de distribución, cuenta con los medios precisos para no asentar que el gas de carga regrese a la sala de máquinas, equipos de control, de medición fijos y portátiles. Mediante la gestión del sistema de gas inerte, se puede evitar que el tanque comercial explote; al introducir el gas inerte se aísla el tanque del ambiente explosivo. De igual manera, se brinda mayor seguridad para toda la nave mercante durante la carga, descarga, navegación y

operaciones de lavado de tanques (Campos y Vera, 2005, como se citó en Balbin y Jara, 2014).

Por otra parte, el convenio SOLAS (Capítulo II-2, Regla 5.5), estipula que los buques tanque de 20 000 toneladas o más de peso muerto deben estar equipados con un sistema de gas inerte para proteger los tanques de carga. El propósito del sistema de gas inerte es entregar gas con un bajo contenido de oxígeno (5%) a un tanque de almacenamiento comercial ubicado en la cubierta principal del barco. En la producción de gas, existen algunos elementos que tienen como objetivo mantener el gas en condiciones que no contaminen la carga. Porque el objetivo principal es realizar operaciones comerciales con el menor porcentaje de riesgo (Tenemas, 2016).

Por lo tanto, los barcos ahora deben estar equipados con este sistema porque mantienen a un buque tanque petrolero en una atmósfera inerte. También se utiliza para reemplazar el gas de hidrocarburo en los casos en que se requiere acceso a los tanques comerciales para la inspección, revisión y mantenimiento.

El “código Internacional de Sistemas de Seguridad Contra Incendios” (Código SSCI) señala que el sistema está diseñado y debe ser utilizado de tal manera que la atmósfera de los tanques de carga no sea incombustible en ninguna situación, a menos que estos tanques necesiten ser desgasificados. Cuando el sistema de gas inerte no

pueda cumplir con los requisitos operativos anteriores y se considere que el mantenimiento no es factible, la descarga, el lavado o deslastrado necesario no se restablecerán hasta que se cumplan las condiciones de emergencia especificadas en las directrices (Segura, 2002).

Por otro lado, respecto a la Relación Gas Hidrocarburo/Mezcla aire; los valores del rango de inflamabilidad (LEL y UEL) son variables y dependen del producto del que se trate. La escala de inflamabilidad del vapor de un producto en particular, aumenta considerablemente ante la presencia en exceso de oxígeno (más del 21 % del que hay en condiciones normales en el aire). El LEL (Límite inferior de explosividad) no varía prácticamente, pero el UEL (Límite superior de explosividad) se eleva considerablemente.

Asimismo, el “punto de inflamación” (Flash Point) “de un líquido es la temperatura más baja a la que el líquido puede desarrollar vapor suficiente para formar una mezcla inflamable con el aire. Los líquidos a alta presión de vapor”, tienen puntos de inflamación extremadamente bajos. La “temperatura de autoignición de una sustancia es la temperatura a la que” debe calentarse “el vapor en el aire para que se” produzca una ignición espontánea.

La temperatura de auto-ignición no está relacionada con la presión del vapor ni con el punto de inflamación de la sustancia y, dado

que las fuentes de ignición en la práctica consisten en llamas o chispas externas, es el punto de inflamación y no las características de auto-ignición de una sustancia, lo que se utiliza generalmente para la clasificación de las mercancías peligrosas por su inflamabilidad.

### **Supresión de Inflamabilidad por Gas Inerte**

El incremento de la acumulación de oxígeno en una combinación inflamable origina un incremento del grado de inflamabilidad y un declive de la energía requerida para que se produzca la ignición; de modo inverso, el reducir la disponibilidad de oxígeno hace que el grado de inflamabilidad se delimite y se desarrolle la cantidad de energía necesaria para que se produzca la ignición. Si se reduce la cantidad de oxígeno hasta un nivel apto, se obtendrá una composición no inflamable, independientemente del contenido de vapores de hidrocarburos que se encuentren presentes en ella. Cuando se introduce una cierta cantidad de gas inerte en un tanque que contiene una mezcla de vapores de hidrocarburo con aire, se puede observar que se produce una disminución del grado de inflamabilidad de la atmósfera, de modo que el límite inferior de explosividad (LEL) de la concentración aumenta, y se reduce el límite superior de explosividad (UEL) de la concentración.

En la figura 1 queda ilustrado este concepto general para un gas de hidrocarburo típico contenido en una mezcla de aire y de nitrógeno.



“Cualquier punto del diagrama representa una mezcla de vapores de gas, aire y gas inerte, especificado en términos de su contenido” en tanto por ciento de volumen de gas y de oxígeno. La mezcla de vapores y aire, sin ningún contenido de gas inerte, viene representada por la línea BZ, y su inclinación representa una reducción en el contenido de oxígeno a medida que el contenido del vapor del hidrocarburo aumenta. Los puntos que se encuentran “a la izquierda de la línea BZ representan a las mezclas con un contenido de oxígeno que se” va reduciendo “a medida que se” va añadiendo más “gas inerte a la” mezcla.

En la figura 1 se observa que a medida que se va añadiendo gas inerte a la mezcla del aire con los vapores de hidrocarburo, el grado de inflamabilidad va decreciendo progresivamente hasta que el contenido de oxígeno alcanza un nivel, generalmente rondando sobre el 11 % del volumen total, al cual ninguna mezcla es inflamable.

El valor del 8 % del volumen, especificado anteriormente y tomado como idóneo por la OMI, como máximo contenido de oxígeno para una mezcla segura de gas inerte, proporciona un margen de seguridad suficiente por debajo de este valor del 11 %. El “límite inferior de explosividad (LEL) y el límite superior de explosividad” (UEL), vienen representados en la figura por las letras D y E.

A medida que va aumentando el contenido de gas inerte en la mezcla de aire/vapores de hidrocarburo, los límites de inflamabilidad de la mezcla van variando también. Si la desgasificación se lleva a cabo metiendo aire directamente a la mezcla, la composición de la atmósfera del tanque “se moverá a lo largo de la línea AB hasta alcanzar el punto B”, que corresponde a un 21 % de oxígeno con un 0 % de vapores del gas en la mezcla, o lo que es lo mismo, correspondería a una atmósfera de aire puro totalmente libre de gas.

Al hacer esto, la atmósfera habrá pasado a través del área inflamable durante un largo período de tiempo haciendo que la operación de desgasificación sea muy peligrosa. Esto se puede evitar, si primero se purga la atmósfera del tanque con gas inerte a lo largo de la línea AC, hasta “un punto por debajo de la línea crítica de dilución. Entonces, ya se puede introducir aire directamente al tanque de carga” hasta alcanzar el punto B correspondiente a la atmósfera libre de gas, sin que la composición de la atmósfera del tanque pase a través del área inflamable.

Este resultado sólo puede lograrse con certeza absoluta si se toman medidas regularmente, empleando instrumentos calibrados adecuadamente para evaluar la atmósfera de todo el tanque en diferentes etapas. Durante el transcurso de este proceso es importante usar unos márgenes razonables de seguridad, ya que no se puede conocer la forma exacta del rango inflamable para mezclas y debe

calcularse un grado de no homogeneidad en la atmósfera del tanque de carga.

#### **2.2.1.1. Uso del Gas Inerte en Buques Tanques Petroleros**

El fin primario al transportar hidrocarburo es la operación segura, por lo que se ha determinado empíricamente que la combustión es imposible en cualquier atmósfera con un porcentaje de oxígeno (O<sub>2</sub>) inferior al 11%. Actualmente, todo el transporte de hidrocarburos es gestionado por el ISGOTT.

La forma de conseguir una disminución de oxígeno, en el caso de los, es mediante, el “gas inerte”. La definición de gas inerte según la OCIMF; En el caso de los buques tanque, la forma de lograr la reducción de oxígeno es a través del "gas inerte". La OCIMF señala que “es un gas como el nitrógeno, dióxido de carbono o una mezcla de gases tales como los de la combustión de calderas cuyo contenido de oxígeno es tan bajo que no permitiría la combustión de los gases de hidrocarburo. Con el sistema de gas inerte el contenido de oxígeno es bajo y reduce a proporciones seguras las cantidades de gases de hidrocarburos en la atmósfera del tanque.”

Los gases inertes se pueden utilizar de diversas formas para lograr inertizar los tanques de carga. Debido a las diferencias en el diseño de los tanques de carga, los arreglos de las tuberías de líquido y

vapor, las propiedades de los compresores de carga y gas inerte, y las desigualdades de densidad del gas, no se puede determinar el mejor método. En general, cada barco desarrollará sus propios mecanismos en base a su vivencia. La técnica de desplazamiento es más efectivo en teoría, pero su eficiencia está en función a una óptima estratificación entre el gas inerte ingresado y el aire o vapor a descargar. “A menos que las disposiciones de entrada de gas inerte y las diferencias de densidad de los gases sean propias para la estratificación, podría ser mejor optar por un método de dilución y promover la entrada turbulenta del gas inerte y el consecuente mezclado del que depende la eficiencia de la dilución.” (Vargas, 2008, p.77)

Independientemente del método utilizado, es sustancial medir continuamente la cantidad de oxígeno en cada tanque y en tantos lugares como sea posible utilizando las conexiones de muestreo de vapor disponibles. De tal forma, es posible calcular el progreso de inertizado y se puede asegurar que el tanque finalmente es adecuado para ser inertizado en todo su volumen.

#### División de Espacios de un Buque Tanque Petrolero

1. “Zona segura: La compone la sala de máquinas, habitabilidad, sala de control de carga y puente de navegación. Esta zona se encuentra segura de gases de hidrocarburo, ya que cuenta con un cofferdam (o mamparo de aislación) ubicado en el límite de la sala de máquinas y la sala de bombas.”
2. “Zona de riesgo: Abarca toda la cubierta de carga, donde por el diseño de la ventilación de los tanques de carga, no debería haber presencia

de gases de hidrocarburo. Pero esto es condicional a factores climáticos, que pudieran desviar los gases de hidrocarburo a cubierta, o si ocurrieran filtraciones en las líneas que atraviesan la cubierta.”

3. “Zona de peligro: Esta zona incluye los tanques de carga, tanques de lastre y sala de bombas. Donde existen concentraciones de gases de hidrocarburo, que puede ser inflamables y tóxicos a la vez para la salud humana.”

### **Método de Reemplazo de Atmósfera en un Tanque**

Si la totalidad de la atmósfera de un tanque se puede sustituir con una cantidad igual de gas inerte, la atmósfera generada en el tanque tendrá el mismo contenido de oxígeno que el gas inerte entrante. En la práctica no se ve este caso.

Para conseguir el objetivo esperado, debe introducirse en el tanque una cantidad de gas inerte semejante a la capacidad del tanque de carga. Hay dos formas de reemplazar la atmósfera del tanque con gas inerte:

- “Dilución: Esto ocurre cuando el gas inerte que ingresa, se mezcla con la atmósfera original del tanque y forma una mezcla homogénea. A medida que el proceso continúa, la” concentración del gas original disminuye progresivamente. Es importante que el gas entrante posea una velocidad de entrada tal que le permita llegar al fondo del tanque.
- “Desplazamiento: La inertización por desplazamiento, depende” del hecho de que el gas inerte sea levemente más liviano que los gases de hidrocarburo. De este modo, a medida que el gas ingresa por el cielo del tanque, los gases hidrocarburo, más pesados, son desplazados hacia el fondo y salen por tubos de desgasificación. Para utilizar este método es importante que el ingreso de gas sea a una baja velocidad para que se pueda lograr una interfaz horizontal estable entre el gas

que ingresa y “el que sale. Este método por lo general permite inertizar varios tanques en forma simultánea.”

Limpiar en profundidad el gas inerte es esencial, en especial para reducir la cantidad de dióxido de azufre. Un alto contenido de dióxido de azufre aumentará el contenido de ácido del gas inerte, lo cual es riesgoso para el personal a bordo y puede provocar corrosión rápidamente en la estructura del barco.

**Tabla 1.**

*Composición común del gas inerte generado por combustión en la caldera (expresada en porcentaje por volumen)*

Nitrógeno	N <sub>2</sub>	83%
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	12 - 14 %
Oxígeno	O <sub>2</sub>	2 - 4 %
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>	50 ppm
Monóxido de Carbono	CO	rastros
Oxido de Nitrógeno	NO <sub>x</sub>	200 ppm
Vapor de agua	H <sub>2</sub> O	rastros
Cenizas y hollín	( C )	rastros
Densidad	1.044	

Fuente: Blanco (2014, p.96)

## La Caldera

El gas de escape de la caldera auxiliar se utiliza para inertizar el tanque de carga. La caldera tiene un sistema de control automático,

que ajusta el nivel de combustible y aire proporcionado para conservar una presión de vapor invariable, habitualmente 7 kg / cm<sup>2</sup>, y el agua de suministro de la caldera para mantener el nivel dentro del rango de operación.

## **Protección de los Tanques de Carga**

La construcción de los tanques de carga puede soportar muchos esfuerzos, como el momento flector y la presión que ejerce el océano. No obstante, cuando se someten a una presión o vacío excesivos, son vulnerables a daños estructurales. Por lo tanto, se llevó a cabo un sistema de ventilación para mantener la presión en el tanque dentro de los parámetros del diseño inicial. El sistema de ventilación consta de las siguientes partes:

- “Válvulas de Presión / Vacío (Válvulas P/V): Diseñadas para proveer protección contra presión o vacío de pequeños volúmenes de vapor de hidrocarburo, aire o gas inerte, producto de variaciones térmicas, que se puedan generar en el interior de los tanques. Están dispuestas a una altura no menor de 2 metros, por encima de la cubierta y horizontalmente nunca a menos de 5 metros de la superestructura y equipos de cubierta, que puedan presentar un riesgo de fuente de ignición, para los vapores ventilados. Generalmente cada tanque tiene dispuesta una válvula P/V.”
- “Regulador de Presión / Vacío (P/V Breaker): El regulador presión/vacío está instalado en la línea de distribución del gas inerte. Este contiene un líquido, que puede ser agua, o en caso que se transite en climas fríos, una mezcla de glicol/agua. Cuando esté ocurriendo una sobre-presión en el sistema, el líquido es forzado a salir del regulador y el exceso de presión es evacuado a la atmósfera. En el caso que el sistema esté siendo sometido a vacío, el líquido del regulador será succionado a la” línea de ventilación, aliviando el vacío por el arrastre de aire

hacia los tanques de carga. Este dispositivo entra en funcionamiento cuando las válvulas P/V estén obstruidas. Se disponen de dos o más reguladores, ubicados y proyectados a la misma altura y distancias horizontales que las válvulas P/V. El regulador P/V, solo puede funcionar si las válvulas de corte de los tanques están abiertas. Las válvulas P/V deben operar por adelantado a escenarios de sobre-presión y vacío, para evitar la operación innecesaria de los reguladores P/V.

### **Inertización de Tanques Vacíos y Desgasificados**

El proceso de inertización del tanque comercial y el sistema de tuberías se ejecuta para asegurar un estado no inflamable cuando el tanque sea posteriormente enfriado (cool down) por los vapores del producto a cargar. Por esta razón, habitualmente se considera idóneo reducir la acumulación de oxígeno hasta en un 5% (volumen), aunque generalmente se prefieren valores más bajos. Asimismo, para el proceso de inertizado, se puede utilizar gas inerte del motor principal y gas de escape de la caldera, que es la última medida en ausencia de una planta generadora de gas inerte en funcionamiento (Vargas, 2008).

Previo a la puesta en marcha de la operación del sistema de gas inerte, el instrumento indexado se prueba y calibra. El medidor portátil de oxígeno e hidrocarburos también se puede utilizar en cualquier momento. Luego, comienza la entrada de gas inerte. En seguida, el aire del tanque se ventila a la atmósfera. Esta continúa hasta que la medida de oxígeno no exceda el 8% y se obtiene un estado inerte en el tanque. Si se mantiene la presión positiva, el contenido de oxígeno no

aumentará. En el momento que se inertizan los tanques, se deben mantener unidos a la línea principal de suministro de gas inerte para conservar una presión positiva y utilizar el sistema para agregar gas inerte cuando se requiera.

### Operación de Carga

El tanque a cargar mantiene una presión positiva de gas inerte y un contenido de oxígeno del 8%. Se para y se aísla la planta de gas inerte, antes de cargar el producto. Una vez que comienza la operación de carga, se ventea a través del sistema de respiración, combinación de gas inerte y vapores de hidrocarburos que expelen la carga que se está incorporando al tanque.

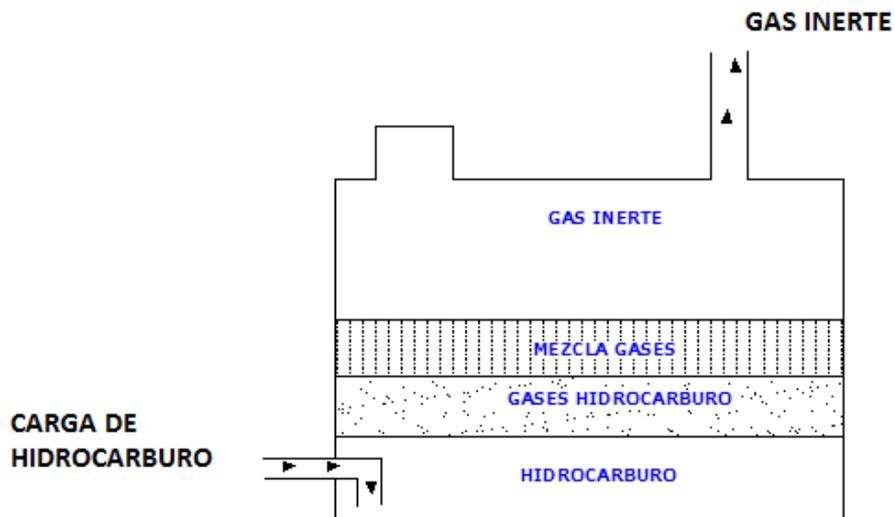


Figura 2. Inicio de carga de hidrocarburos  
Fuente. López (2010, p.46)

“En el tiempo de carga del producto, se produce un desprendimiento de sus gases, que tienden a ocupar el espacio anteriormente ocupado por la mezcla de gases inertes.”

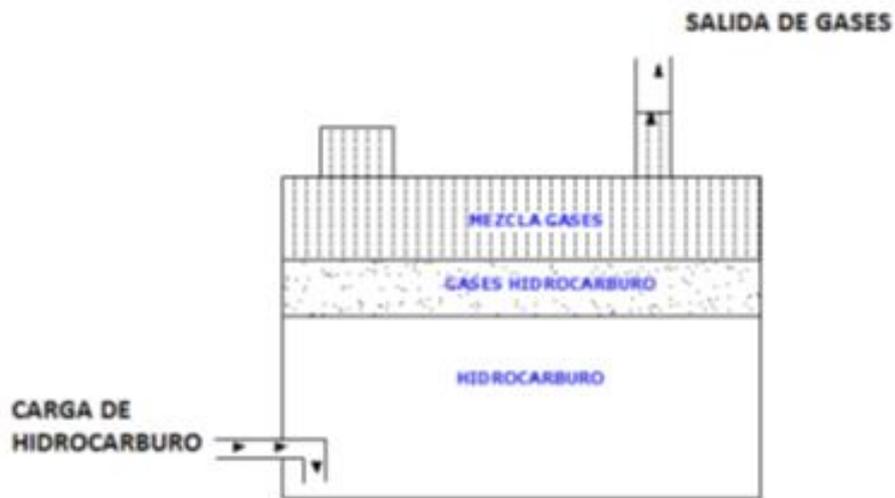


Figura 3. Fase intermedia del proceso de Carga  
Fuente. López (2010, p.47)

“Una vez finalizada la carga, suponiendo que se cargó el tanque al 98% de su volumen, se obtendría el 2% restante del volumen del tanque lleno con gases de hidrocarburo, siendo cero el % de oxígeno.”

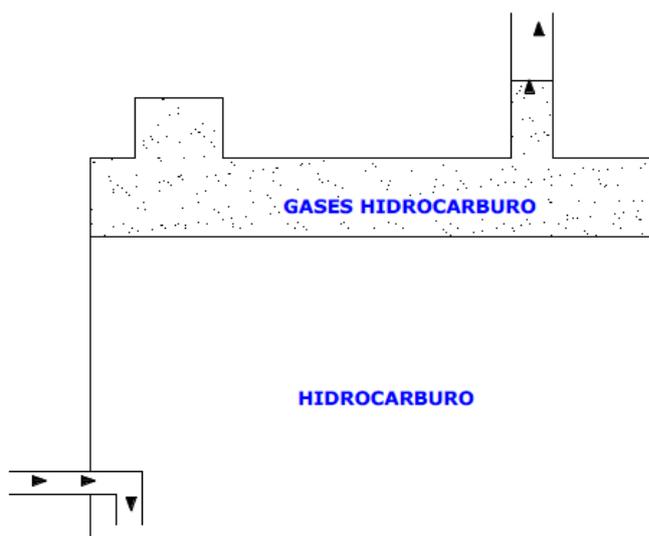


Figura 4. Tanque cargado al 98 %  
Fuente. Roa (2010, p.38)

## Diferentes Gases de Purga

En teoría se pueden usar muchos gases para efectuar la operación de purga, aunque en la práctica, principalmente se usan, el gas inerte producto de una planta o generador de gas inerte, o nitrógeno puro. La elección entre estos diferentes gases de purga depende principalmente de factores como, el precio del costo, la calidad del producto que va a ser cargado, factores de tiempo, la facilidad de conseguirlo o las especificaciones requeridas del producto que va a ser cargado.

Los gases de purga se usan principalmente para controlar la atmósfera del tanque de carga y de esa forma prevenir la formación de mezclas inflamables. El requisito principal exigido a cualquier tipo de gas usado en una operación de purga es el de tener un bajo contenido de oxígeno. Sin embargo, su composición puede ser extremadamente variable, como se puede ver en la Tabla 2, en la que se proporciona una indicación (siempre aproximada) de los componentes del gas inerte, según los más importantes y diferentes métodos de obtención, como un porcentaje por volumen.

**Tabla 2.***Composición típica de los gases de purga*

COMPONENTE	GAS INERTE DE COMBUSTION ESTOICOMETRICA	COMBUSTIBLE DE LAS CALDERAS	NITROGENO POR DESTILACION FRACCIONAL O POR ABSORCION	METANO
NITROGENO (N2)	85 %	83 %	99,9 %	< 0,3 %
METANO (CH4)	-	-	-	< 90,6 %
DIOXIDO DE CARBONO (CO2)	14 %	13 %	1 ppm	-
MONOXIDO DE CARBONO (CO)	0,2 %	presente	1 ppm	< 5 ppm
OXIGENO (O2)	0,3 %	4 %	4 ppm	< 9,1 %
DIOXIDO DE AZUFRE (SO2)	< 10 %	300 ppm	-	< 0,1 %
OXIDOS DE NITROGENO (Nox)	3 ppm	presente	-	-
VAPOR DE AGUA (H2O)	presente	presente	5 ppm	-
CENIZAS Y HOLLIN	presente	presente	-	-
PUNTO DE ROCIO	- 50 °C	alto	< - 70 °C	< - 50 °C
DENSIDAD (AIRE = 1,00)	1,035	1,044	0,9672	0,554

Fuente: Roa (2010, p.52)

Solamente se puede considerar al nitrógeno como verdaderamente inerte en el sentido químico. Sin embargo, para inertizar los espacios de bodega y purgar los tanques de carga en los barcos petroleros, la generación de gas inerte mediante el quemado de combustibles bajo una combustión cuidadosamente controlada puede proporcionar un gas inerte de calidad y en cantidad aceptables.

**Tabla 3.**

*Operaciones de purga para diferentes tipos de barcos*

TIPO DE BARCO	PETROLERO		REFINADOS			LPG			LNG		
TIPO DE APLICACION											
INERTADO DE ESPACIOS Y LINEAS	X		X			X			X		
INERTADO DE ESPACIOS VACIOS				X			X			X	
TOPEO DE INERTE	X		X			X	X		X	X	
PURGA DE INSTRUMENTOS		X			X			X			X
ESPECIFICACIONES DEL GAS INERTE											
O <sub>2</sub> (% VOL)	4	4		0,4			0,4			0,4	
CO + H <sub>2</sub> (PPM)	1000	1000		1000 / 100			100			100	
SO <sub>2</sub> (PPM)	300	300		10			30			10	
NO <sub>x</sub> (PPM)	100	100		-50			-50			-50	
PUNTO DE ROCIO (°C)	sea	sea		-50			-50			-50	
CO <sub>2</sub> (%VOL)	14	14	14	14	400	14	400	14	14	400	14
N <sub>2</sub> (% VOL)	resto	resto	resto	resto	resto	resto	resto	resto	resto	resto	resto
CENIZAS Y HOLLIN	2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ORIGEN DEL GAS INERTE											
CALDERA	X										
COMBUSTION ESTOICOMETRICA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DESTILACION FRACCIONADA		X		X	X	(X)	X	X	(X)	X	X
NITROGENO		X	X	X	X					X	X

Fuente: Roa (2010, p.59)

### 2.2.1.2. Generador de Gas Inerte de Combustión Estequiométrica

“Una planta de Gas Inerte es todo el equipo ubicado e instalado para suministrar, enfriar, limpiar, presurizar, monitorear y controlar el rendimiento del gas inerte, para luego ser distribuido a los tanques de carga. Para ello el sistema de distribución, cuenta con tuberías,

válvulas e instalaciones asociadas para distribuir el gas inerte desde la planta a todos los tanques de carga cuando se necesite desgasificar, inertizar o purgar éstos, y lugares donde se requiera” (Vargas, 2008, p.76). Existen muchos tipos de generadores autónomos de gas inerte. El generador de gas inerte consiste en tres estructuras principales:

- a). La unidad de producción de gas inerte.
- b). La unidad de enfriamiento y lavado del gas inerte.
- c). La unidad de tratamiento final del gas inerte.

Además de estas tres unidades también forman parte de todo el conjunto: los componentes eléctricos, las bombas de agua, los compresores de aire y los diferentes sistemas de control y seguridad. Hay un esquema general de funcionamiento del generador de gas inerte. **(Ver Anexo 7).**



*Figura 5.* Palo de venteo (riser)  
Fuente. Solares (2018, p 42)



*Figura 6.* Válvula P/V presión vacío  
Fuente. Solares (2018, p 42)

En rasgos generales, el funcionamiento principal de este generador o planta de gas inerte es como sigue:

- En la unidad de producción de gas inerte tiene lugar una combustión estequiométrica. Se mezclan en ciertas proporciones el aire y el material de combustión, y la combustión tiene lugar en el quemador donde se originan unas temperaturas muy altas. Es evidente que, tanto el suministro cuidadoso de la proporción correcta de aire y combustible, como el tener una fuente de ignición propia, son esenciales para obtener un gas inerte de buena calidad, es decir, con la cantidad de oxígeno correcta y libre de cenizas y hollín.
- El gas inerte obtenido es enfriado y lavado dentro de una unidad de enfriamiento y lavado. Las partículas sólidas y las impurezas, como el dióxido de azufre y los óxidos nitrosos son filtradas.
- El gas frío es conducido a un separador y posteriormente secado quedando listo para el consumo. El propósito principal de esta unidad de tratamiento final o unidad de acondicionamiento es el de obtener un gas inerte con un punto de rocío lo más bajo posible.

Esta unidad de acondicionamiento se basa en dos etapas:

- Etapa 1: Comprimir el gas, seguido de un enfriamiento indirecto hasta alcanzar la temperatura ambiente y se obtiene la expansión final. El punto de rocío obtenido depende de la variación de la presión y de la temperatura de enfriamiento obtenida.
- Etapa 2: Secado en una unidad de absorción con unos productos absorbentes como el silicagel o el aluminagel.

Además de la unidad de absorción de humedad, se puede también instalar unas unidades especiales de absorción para eliminar el dióxido de carbono, donde el contenido final puede ser reducido hasta 500 ppm ó incluso menos.

### **Unidad de Producción de Gas Inerte**

En la unidad de producción de gas inerte es realmente donde se produce el gas inerte, que una vez depurado, limpiado y secado alcanzará la calidad suficiente para ser conducido hasta los tanques de carga para realizarse la operación de purga.

El elemento principal de esta unidad es, por supuesto, la Cámara de Combustión, que es a donde son conducidos todos los elementos necesarios para que ésta se produzca, tales como, el combustible a ser usado, el aire necesario para que se produzca la combustión, agua de mar para ser usado como refrigeración, y para completar el Triángulo del Fuego, una fuente de ignición que serían los quemadores principal y de encendido.



*Figura 7.* Vista general de la caldera de G.I.  
Fuente. Solares (2018, p 45).

Cámara de Combustión: Se denomina así al recinto cerrado en el que tiene lugar la combustión de la mezcla de aire y combustible. En ella, van montados los quemadores principal y auxiliar o de encendido. Rodeando la cámara de combustión hay un conducto de agua dulce de refrigeración, diseñada de forma que el agua circule alrededor de la pared de la cámara de combustión en forma de espiral para optimizar la refrigeración, a fin de disipar el calor producido por la combustión. **(Ver Anexo 8).**

Suministro de Aire de Combustión: después del depurador, la circulación de gas es acelerada por un dispositivo denominado

soplador o ventilador. Proporciona velocidad óptima al gas inerte. Son al menos dos ventiladores puestos en el diseño del sistema, pero solo uno está dispuesto, quedando uno de respeto. “En las conexiones de aspiración y descarga de los sopladores, existen dispositivos de cierre, para una parada automática, en caso de:”

- “Presión o caudal bajo de agua, en la entrada del depurador.”
- “Alto nivel de agua en el depurador.”
- “Alta temperatura del gas, a la salida del depurador.”

El Convenio SOLAS estipula que se cuenten con al menos dos sopladores, y juntos deben entregar por lo menos el 125% del gas inerte dentro del rango de descarga máximo de la bomba de carga. Dichos rangos de descarga se expresan en volumen.

Este tipo de instalación tiene la ventaja de que en el momento de rellenar los tanques de carga con gas inerte durante la travesía se puede efectuar con el ventilador de menos capacidad para ahorro de energía. Sin embargo algunas exigen que ambos tengan el 125% de capacidad del sistema. La ventaja de este método de instalación es que al llenar el tanque de carga con gas inerte durante el viaje, se puede utilizar el ventilador de menor capacidad para ahorrar energía. No obstante, algunas sociedades clasificadoras requieren que ambos sopladores tengan una capacidad del sistema del 125%.

Sin embargo, el suministro de aire para la combustión se realiza por medio de la soplante (Blower) o compresor rotativo, que aspira un

volumen constante de aire para enviarlo a presión al quemador principal. A fin de poder obtener una presión de pulverización correcta y, así mismo, para mantener el porcentaje de oxígeno en el gas inerte generado dentro de los límites deseados, se encuentra instalado en el circuito de descarga de la soplante un sistema de regulación por medio de válvulas manuales.

La soplante está protegida contra una alta contrapresión por medio de un presostato de alta presión, el cual, al ser activado, provocará una parada de emergencia del generador de gas inerte. La soplante se puede utilizar también, para el suministro de aire seco a los tanques de carga o espacios de bodega con la instalación del Gas Inerte.

**Alimentador de Combustible:** El combustible, suministrado desde un tanque destinado a este uso, es aspirado por una bomba que lo envía a presión constante al quemador, pasándolo previamente por una estación de filtrado. La regulación de la presión se realiza por medio de una válvula de retorno, incorporada a la bomba, que sirve al mismo tiempo para derivar todo el flujo de combustible durante el período de purga-barrido en el momento del arranque.

El combustible llega a los inyectores de combustible del quemador principal pasando por dos electroválvulas (solenoid valves) gobernadas por un programador que se encuentra en el panel de

control del generador y por dos válvulas manuales usadas, una para el ajuste basto, y la otra para el ajuste fino de la presión del suministro de combustible. Con estas válvulas manuales también se puede ajustar el contenido de oxígeno del gas inerte producido.

Quemador de Encendido (Pilot Burner): Tiene como objeto iniciar la combustión para lo que utiliza la chispa producida en el extremo de un electrodo. La tobera del quemador de encendido es alimentada por combustible suministrado por la bomba de combustible, mientras que el aire para la atomización y combustión procede del sistema de aire de instrumentación. Una vez establecida la llama, ésta es percibida por un sistema detector, que envía la información al equipo de control.

Quemador Principal (Main Burner): Una vez establecida la llama en el quemador de encendido, el equipo de control permite el paso de combustible al quemador principal y se inicia en éste la combustión. La llama se controla con ayuda del circuito de detección (detector de llama U.V.) y monitorización (relee detector de llama) que, en caso de fallo de encendido o de fallo de la llama durante el funcionamiento normal del sistema, comunica la información a la unidad central de control, la cual ordena el cese del aporte de combustible al quemador.

La atomización del combustible se realiza en dos etapas. Primeramente, debida a la propia tobera y luego, el combustible se

encuentra sujeto a la acción tangencial del aire de combustión que llega al quemador por las ranuras de un anillo que lo rodea por su parte superior, el cual, sumado al flujo de impulso axial orientado del líquido, resulta en una dispersión ultra fina del combustible. La atomización óptima del combustible se alcanzará si la diferencia de presión sobre las ranuras del anillo es aproximadamente de 0,15 a 0,2 Bares; esto es, la diferencia entre la presión de combustión y la presión dentro de la cámara de combustión. Cuanto más baja sea la presión de atomización, peor será la calidad de la combustión y se formará mayor cantidad de hollín y cenizas.

### **Enfriado y Secado del Gas Inerte**

Los gases que provienen de alguna de dichas fuentes, son enviados a la torre de lavado, (depurador). “Aquí los gases se enfrían y se reducen las impurezas y componentes corrosivos, mediante numerosos chorros de agua, fijados en varios niveles de la torre. Una vez en la parte alta del depurador, el gas inerte pasa a un dispositivo llamado soplador. El material de construcción del depurador, debe ser del tipo anticorrosivo” (Albornoz, 2013, p.54).

Torre de Lavado y Enfriamiento (Scrubber): El gas generado en la cámara de combustión, abandona ésta a una temperatura elevada y es enviado a la torre de enfriamiento y lavado (scrubber) en la que, por medio del agua de mar que sale a alta presión por unas toberas

dispuestas a tal efecto, es enfriado hasta una temperatura ligeramente superior a la de entrada del agua salada.

En la misma torre tiene lugar el lavado de los gases y la eliminación de los óxidos de azufre e impurezas (ceniza y hollín) contenidas en el gas inerte generado en la cámara de combustión al ser quemado el combustible (fuel oil o gas oil), ya que éste siempre contiene cierta proporción de azufre.

En la torre de lavado el gas inerte se desplaza en sentido ascendente contra el flujo descendente del agua de mar. Para que exista un máximo contacto entre el agua suministrada a través de unos tubos rociadores situados en la parte alta de la torre de lavado, y el flujo de gas inerte que discurre en la dirección contraria, se dispondrá de varias unidades de uno o más de los siguientes dispositivos:

- Toberas de spray (atomizadores).
- Bandejas de piedras deshechas (carbón) o virutas de plástico.
- Planchas de choque perforadas.
- Toberas venturi y ranuras.

En la torre de lavado del generador se puede encontrar:

- ❖ En la parte baja donde entra el gas inerte a altas temperaturas, una capa de anillos de acero inoxidable.
- ❖ Un deshumidificador situado en la parte más alta de la torre de lavado previene que la humedad del agua se vea transportada conjuntamente con el gas inerte. La humedad es condensada y re suministrada en forma de gotas de agua, las cuales son llevadas afuera a través del sello de agua. El agua de mar es suministrada a los tubos rociadores de la torre de lavado y al conducto de enfriamiento de la cámara de combustión a través de unos orificios, los cuales distribuyen el agua de enfriamiento

en las proporciones correctas. El agua de mar que ha sido usada, tanto en la torre de lavado, como en el conducto de enfriamiento fluyen hacia un tanque de descarga.

El suministro de agua de mar está salvaguardado por alarmas de alta y baja presión. El suficiente enfriamiento de las paredes de la cámara de combustión está salvaguardado a su vez por una alarma de alta temperatura a la salida del agua de mar. Y finalmente, el suficiente enfriamiento del gas inerte está también salvaguardado mediante una alarma de alta temperatura que se encuentra en la línea de gas inerte a la salida de la torre de lavado.

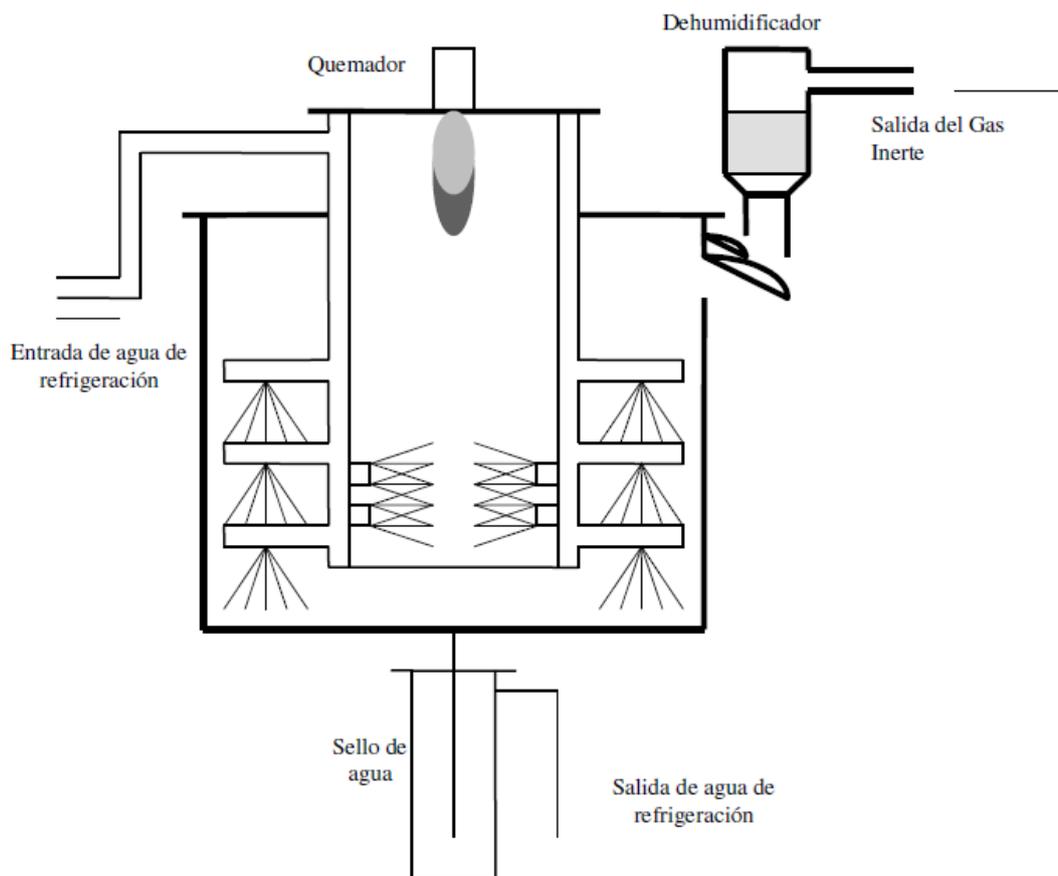


Figura 8. Diagrama de una Torre de Lavado  
Fuente. Solares (2018, p. 52).

Algunas consideraciones de diseño de la torre de lavado y enfriado son las siguientes:

- La torre de lavado debe ser de un diseño en relación “al tipo de barco, carga y equipo de control de la combustión de la fuente de suministro de gas inerte, y ser capaz de” realizar su función con la cantidad de gas inerte requerida por la regulación 62 a la presión diferencial de diseño del sistema. Regla 62 del Convenio SOLAS: *“El sistema debe ser capaz de suministrar gas inerte a un ritmo de por lo menos el 125 por ciento de la máxima capacidad de descarga de las bombas de carga.”*
- El desempeño de la torre de lavado trabajando al “máximo flujo de gas inerte debe ser tal, que sea capaz de eliminar al menos el 90 por ciento del dióxido de azufre y de eliminar los residuos sólidos” (ceniza y hollín) de forma efectiva.
- Las partes internas de la torre de lavado deben estar construidas de materiales resistentes a la corrosión, debido al elevado efecto corrosivo del gas inerte. Alternativamente, las partes internas podrían estar revestidas con goma, resina de fibra de vidrio u otro material equivalente, en cuyo caso podría ser necesario que los gases de combustión fueran enfriados antes de ser introducidos dentro de la sección revestida de la torre de lavado.
- El “diseño de la torre de lavado debe ser tal que bajo condiciones normales de asiento y escora,” su eficacia no caiga por debajo de más del tres por ciento, ni que el aumento de la temperatura a la salida del gas inerte exceda más de 3º C la temperatura de salida de diseño.
- La localización de la “torre de lavado por encima de la línea” del nivel del agua de mar debe ser tal, que el drenaje del agua recogida no se vea impedido cuando el barco se encuentre en la condición de máxima carga.

### **Precauciones que deben ser tomadas al usar La Torre de Lavado**

Cuando se está usando la torre de lavado se deben observar las siguientes precauciones:

- Se debe suministrar el “agua de mar a la torre de lavado” antes de empezar el flujo de gas inerte, para prevenir el

sobrecalentamiento o el daño de las capas anticorrosivas internas.

- El flujo de agua debe ser controlado dentro de los límites de diseño; un flujo excesivo causaría una inundación y su transporte por la línea podría originar la formación de hidratos.
- Deben ajustarse enfriadores asociados para producir vapores con el punto de rocío requerido; estos enfriadores se sobrecargarán debido a la gran cantidad de agua conducida.
- Las bandejas de desechos de piedras deben ser mantenidas limpias y deben ser chequeadas para desalojar los aros que podrían estar bloqueados.
- Los componentes internos deben ser inspeccionados regularmente para chequear la corrosión y la seguridad de su fijación.
- La suciedad y el atascamiento de los componentes en la trayectoria del flujo causarán una caída alta de la presión a lo largo de la unidad.

### **Válvula Reguladora de la Presión de Gas Inerte y Dispositivos de Recirculación**

Este dispositivo de control de la presión deberá ser dispuesto para desempeñar dos funciones:

1. Para prevenir automáticamente cualquier flujo de retorno de gas inerte en el caso de que existiera un fallo de la soplante de gas inerte, de la bomba de la torre de lavado, etc.; o cuando, aun trabajando correctamente la planta de gas inerte, existiera un fallo en “el sello de agua y/o en las válvulas mecánicas de no retorno y la presión del gas en los tanques de carga excediera a la presión de descarga de” la soplante.
2. Para regular el flujo de gas inerte “a la línea principal de gas inerte” de cubierta. La disposición consigue cumplir con los dos objetivos anteriormente expuestos, mediante:

Sistemas con una válvula automática de control de la presión y una línea de recirculación del gas.

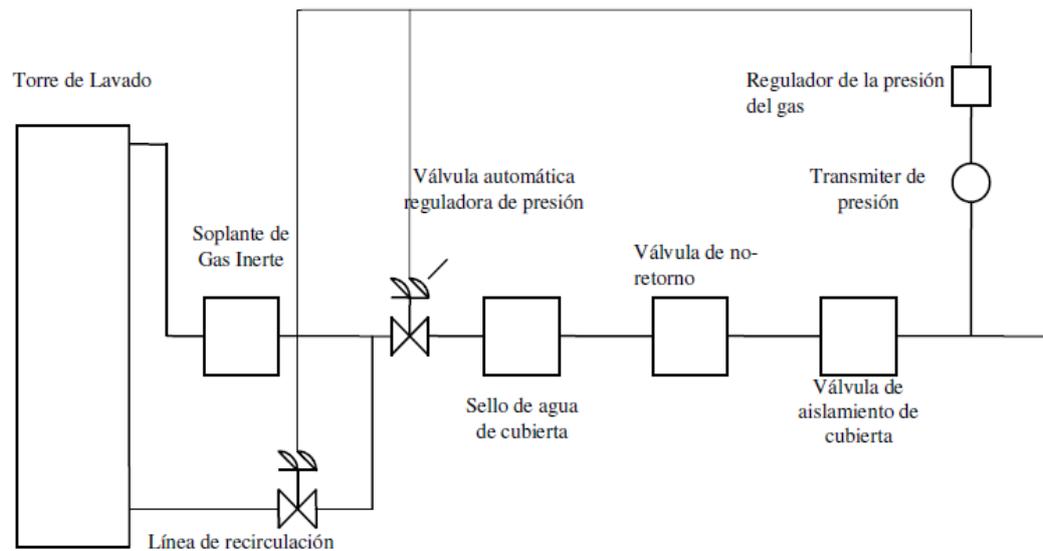


Figura 9. Diagrama del sistema de control automático de la presión  
Fuente. Solares (2018, p. 57).

Estas instalaciones permiten controlar la presión del gas inerte en cubierta sin tener que ajustar la velocidad de las soplantes de gas inerte. El gas inerte que no sea necesario en los tanques de carga, se recirculará hacia la torre de lavado o se venteará hacia la atmósfera. Las válvulas reguladoras de presión de gas inerte están dispuestas en la línea principal del gas inerte y también en la línea de recirculación; una viene “controlada por un transmisor de presión y un regulador, mientras que la otra” puede ser controlada, bien de una forma similar, o bien por medio de una válvula operada por peso.

El “transmisor de presión está” situado a continuación de las válvulas de aislamiento de cubierta; esto facilita que se mantenga “una presión positiva en los tanques de carga. Sin embargo, esto no asegura

necesariamente que la torre de lavado no se sobrecargará durante las operaciones de inertizado y purga.”

### **Función de los Dispositivos de No-Retorno**

“El Sello de agua y la Válvula mecánica de” no-retorno, ambas conjuntamente, componen los medios para prevenir automáticamente el flujo de “retorno de los gases de la carga desde los tanques de carga” hacia el espacio de máquinas u otra área de seguridad en el que se encuentre localizada la planta del Gas Inerte.



*Figura 10.* Válvula de no retorno de Gas Inerte  
Fuente. Solares (2018, p. 58).

**Sello de Agua Tipo Húmedo:** El sello de agua descarga el agua de enfriamiento y el condensado generado en el generador, sin que el gas tenga posibilidad de escapar. El sello actúa como la principal barrera para permitir el suministro de gas inerte hacia cubierta, pero previene de cualquier tipo de flujo de retorno del gas de carga hacia el generador de gas inerte, incluso cuando éste se encuentre parado. Por

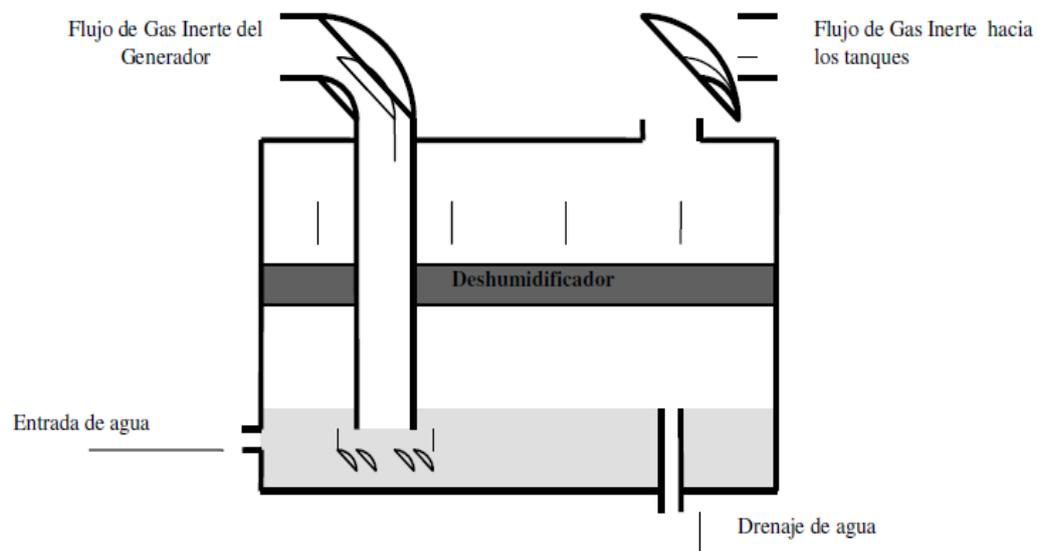
ello, resulta fundamental que el suministro de agua de mar se mantenga ininterrumpidamente al sello, particularmente siempre que la planta de gas inerte esté parada. Adicionalmente, los drenajes del sello deben ser conducidos directamente afuera del barco y no deberían pasar a través del espacio de máquinas. Aunque existen diferentes diseños de sellos, el buque adopta el de tipo húmedo.



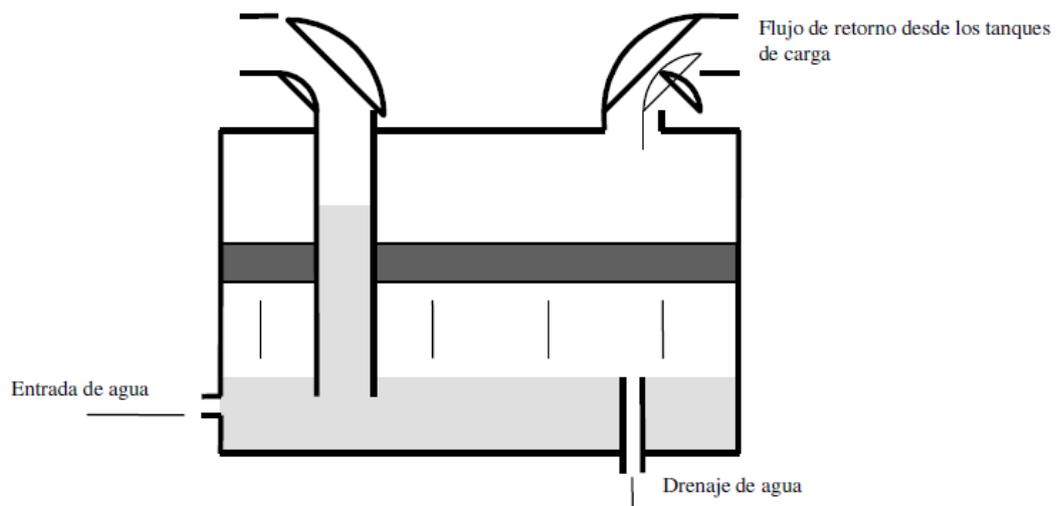
*Figura 11.* Sello de agua en cubierta  
Fuente. Solares (2018, p. 58).

Este es el tipo más sencillo de sello de agua. “Cuando la planta de gas inerte está” operando, el gas burbujea a través del agua desde la tubería de entrada de gas inerte sumergida dentro del agua, pero si la “presión en los tanques de carga es superior a la presión en la tubería de entrada de gas inerte, el agua” es empujada hacia la tubería de entrada y esto previene el flujo de retorno.

El inconveniente de este tipo de sello de agua es que algunas partículas de agua se ven arrastradas con el gas inerte, el “cual, aunque esto no perjudique la calidad del gas inerte, puede aumentar” el efecto corrosivo de éste. De esta manera, se debe equipar con “un deshumidificador a la salida del sello de agua” para reducir la cantidad de agua arrastrada.



*Figura 12.* Sello de agua de tipo húmedo. -Flujo de G.I. hacia los tanques.  
Fuente. Solares (2018, p. 58)



*Figura 13.* Sello de agua tipo húmedo. -Contrapresión en los tanques.  
Fuente. Solares (2018, p. 58)

Válvula Mecánica de No Retorno y Válvulas de Aislamiento:  
Como una precaución adicional para evitar cualquier flujo de “retorno de los vapores de los gases desde los tanques de carga”, y para prevenir cualquier flujo de retorno de líquido, el cual podría “entrar en el sistema principal de gas inerte si los tanques de carga” estuvieran sobrecargados, la Regla 62.10.8 del Convenio SOLAS exige que “una válvula mecánica de no retorno, o equivalente,” sea dispuesta a continuación del sello de agua y se mantenga operativa automáticamente en todo momento. Esta válvula tendrá que estar provista de unos medios efectivos de cierre o, alternativamente, de una válvula de aislamiento separada en cubierta a continuación de la válvula de no retorno. Este sistema tiene la ventaja de que se pueden ejecutar “trabajos de mantenimiento en la válvula de no retorno.”

“Válvula de Gas Inerte: Esta válvula debería abrirse cuando la planta de gas inerte” tenga una parada de emergencia para prevenir que cualquier fuga pase de las válvulas de no-retorno al aumentar la presión en la línea de gas inerte comprendida entre la válvula reguladora de presión y éstas válvulas de no-retorno.



*Figura 14.* Sello, válvula no retorno y válvula manual (mil vueltas)  
Fuente. Solares (2018, p. 62)

## **Ventajas de una Planta de Gas Inerte**

- ❖ Puede suministrarse continuamente en cualquier momento.
- ❖ Ahorro de tiempo, ya que la operación de purga puede hacerse durante el viaje, y a menudo, al mismo tiempo que se realizan otras operaciones en los tanques de carga (como, por ejemplo, calentamiento de tanques o eliminar los trazos de líquido).
- ❖ Es muy barato, en comparación al nitrógeno puro, el metano u otro producto (como los vapores de la próxima carga), ya que solo requieren ser quemadas unas toneladas de gas oil o fuel oil.
- ❖ La mayoría de los tipos de combustibles derivados del petróleo (fuel oil, diesel oil o gas oil) pueden ser usados como combustible para alimentar el quemador del generador de gas inerte.
- ❖ Es posible producir aire caliente y seco, en vez de gas inerte, para ser usado en las operaciones de secado de tanques o venteo con aire.

Sin embargo, tras los últimos desarrollos realizados en la materia, el resultado es un generador operacional de gas inerte en el que se encuentran todas las desventajas de los modelos más antiguos. Todavía se deben mantener grandes cuidados y precauciones cuando se van a llevar a cabo inspecciones a bordo de los petroleros que usen su propio generador de gas inerte.

## **Desventajas del Generador de Gas Inerte**

- ❖ El gas inerte contiene ciertos componentes que podrían resultar perjudiciales para determinadas cargas. Estos componentes podrían formar otros componentes que podrían ser considerados como contaminantes.
- ❖ La mayoría de las plantas autónomas de gas inerte no están diseñadas para alcanzar las especificaciones de oxígeno requeridas para la carga de ciertos gases licuados de origen químico, para los que no son adecuadas este tipo de plantas.

- ❖ A temperaturas criogénicas el vapor del agua cristaliza, por lo que algunos instrumentos mecánicos, como, por ejemplo, las bombas de carga, podrían bloquearse o estropearse.

## El Analizador de Oxígeno

El corazón de un medidor de oxígeno, de uso generalizado en plantas de generación de gas inerte, se basa en una célula de medida. La posición cero (0) de la campana es recibida por una fotocélula de hendidura que recibe la luz reflejada por un espejo que se encuentra sobre la suspensión. La salida de la fotocélula es amplificada y retorna a una bobina sobre la campana, de tal forma que la torsión debida al oxígeno contenido en la muestra se equilibra con esa fuerza compensadora de retroalimentación.

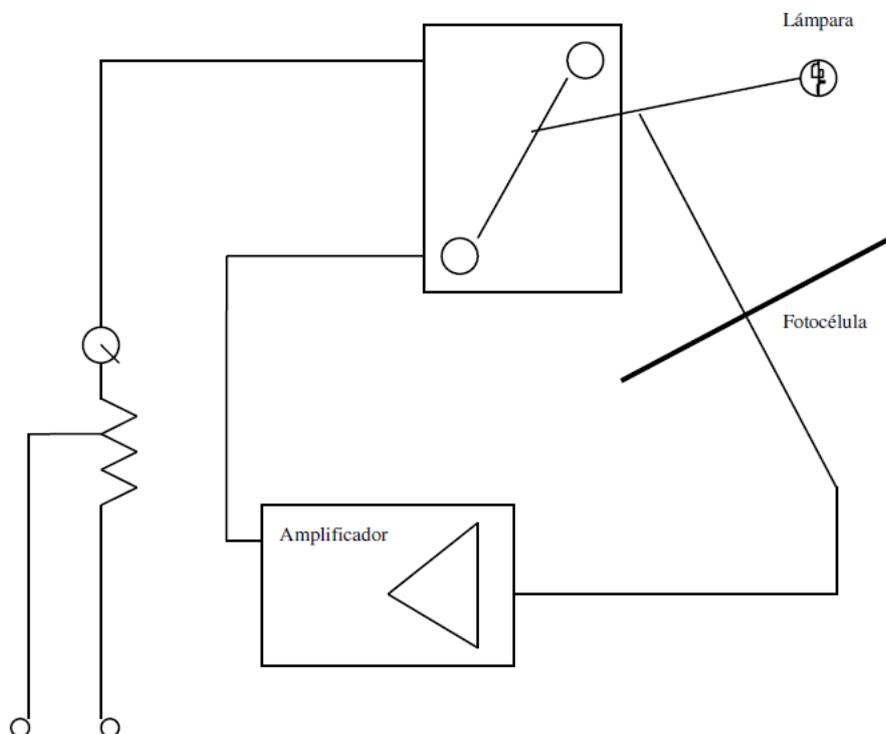


Figura 15. Esquema básico del analizador de oxígeno  
Fuente. Solares (2018, p. 65)

Debido a la relación, extremadamente lineal, entre la corriente de retroalimentación y la susceptibilidad de la muestra a analizar, se puede obtener un voltaje de salida observable sobre las diferentes escalas de medida por medio de un interruptor atenuador. La forma lineal de la escala, también permite calibrar el instrumento para todas las escalas, comprobando en dos puntos solamente, con nitrógeno para el punto cero y con aire para el 21 % de oxígeno.

### **Procedimiento de Operación del Analizador de Oxígeno:**

1. Puesta en marcha. Arrancar el aparato, por lo menos, dos horas antes de que el instrumento sea necesitado. Si se van a usar las escalas más sensibles, procurar que el aparato esté en marcha doce horas antes. En una emergencia el analizador puede ser usado al cabo de media hora de su puesta en marcha, pero la calibración deberá ser calibrada al cabo de dos horas. Es necesario llenar el recipiente de burbujeo con agua dulce, previamente a su puesta en marcha.
2. Sistema de muestra. Revisar el sistema de muestra de acuerdo con las instrucciones dadas al respecto por el fabricante, y asegurarse de que todas las líneas se encuentren limpias.
3. Calibración del analizador. Para realizar la puesta a Cero del analizador conviene seguir los siguientes pasos:
  - Desconectar la lámpara y el Feedback.
  - Poner el interruptor de escala de oxígeno en el 25%.
  - Ajustar el amplificador de cero hasta que el indicador de una lectura entre 0 y 2,5% de oxígeno en la escala.
  - Conectar de nuevo la lámpara y el feedback.
4. Comprobación del cero del gas. Para esta revisión se utiliza, normalmente, nitrógeno libre de oxígeno. La comprobación se hará siguiendo los siguientes pasos:
  - Comprobar que el flujo de muestra es normal en los dos tubos sumergidos en la cámara de burbujas.
  - Esperar durante un par de minutos a que el analizador se equilibre.
  - Ajustar el control mecánico del cero.
  - Cuando la indicación sea aproximadamente correcta, abrir el interruptor de Feedback. Esto aumentará la sensibilidad en un factor

igual a 100 por lo menos. Por ejemplo, si la escala indicadora es, aproximadamente, 0,25% de toda la escala, y permite un ajuste más exacto del cero.

-Cerrar el interruptor del Feedback.

5. Comprobación del máximo de la escala. Para esta comprobación se usa, normalmente, aire seco del suministro del buque. Se realizará el siguiente procedimiento de calibración:

-Comprobar que el flujo de gas de muestra sea normal.

-Esperar un par de minutos a que el analizador se equilibre.

-Ajustar el control de span para que dé una lectura correcta. Siendo ésta la correspondiente a la cantidad de oxígeno que se contiene en el aire seco. Este valor se encontrará marcado en rojo en la escala de medición del analizador. **(Ver Anexo 9).**

### **2.2.1.3. Sistema de Distribución del Gas Inerte**

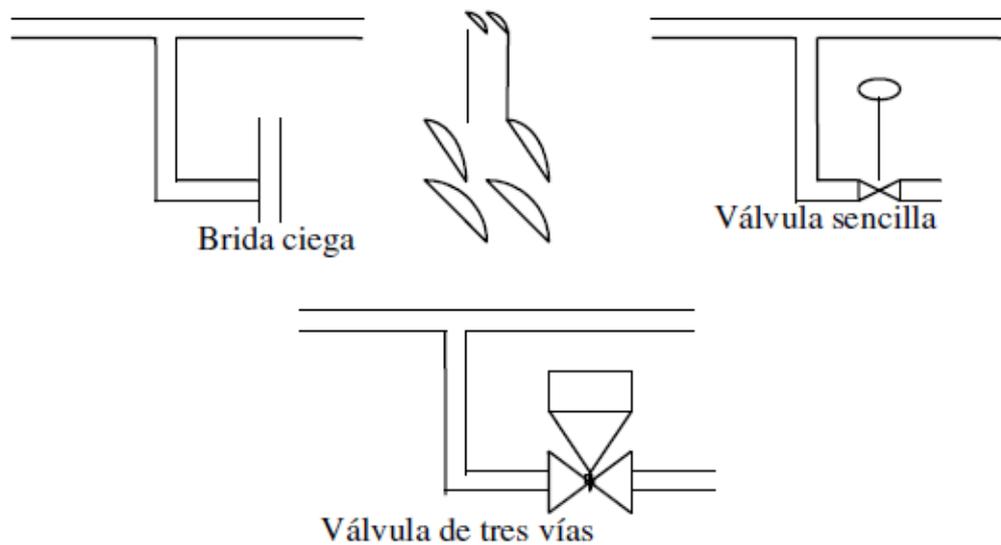
#### **Líneas de Gas Inerte**

“Líneas dispuestas de forma que distribuyan gas inerte a los tanques de lastre, Manifold de carga, líneas de carga/descarga y espacios de doble fondo. Con respecto al gas inerte, existe una conexión, para proveer gas inerte desde una fuente en tierra, en caso de avería del sistema del buque.”

El sistema “de distribución de gas inerte, junto con el sistema de ventilación de los tanques” de carga, cuando sea aplicable, debe estar provisto de:

- Medios de suministrar el “gas inerte a los tanques de carga durante las operaciones de descarga, limpieza de tanques, y” para el topeo de la presión de gas en el tanque.
- Medios para el venteo de los gases a la atmósfera durante la carga y el deslastre.

- Puntos adicionales de entrada y salida para las operaciones de purga, inertización y desgasificación.
- Medios para aislar algunos “tanques de carga individuales de la línea principal de gas inerte para la desgasificación y” la entrada a los tanques. Esto se puede hacer mediante válvulas o dispositivos de embridado. Algunos ejemplos de estos tipos de dispositivos son los siguientes:



*Figura 16.* Métodos de aislar los tanques de carga de la línea principal de Gas Inerte  
Fuente. Solares (2018, p. 65)

- Medios de protección de los tanques del exceso de presión o vacío.

Pueden ser usados una gran variedad de diseños y procedimientos operativos para cumplir con estos requisitos.

## Operación de la Planta de Gas Inerte

Principios básicos:

- Arranque de la planta de gas inerte.
- Parada de la planta.
- Revisiones de seguridad cuando la planta está parada.

## **Procedimientos de Arranque**

- 1.** Asegurarse de que la caldera o la cámara de combustión está produciendo un gas de combustión con un contenido de oxígeno menor del 5 % del volumen.
- 2.** Asegurarse de que todos los controles, alarmas y dispositivos de parada de emergencia están siendo alimentados eléctricamente.
- 3.** Asegurarse de que se mantenga satisfactoriamente la “cantidad de agua para la torre de lavado y el sello de agua de” cubierta, mediante las bombas seleccionadas a este efecto.
- 4.** Probar la operación de los sistemas de alarmas y características de las paradas de emergencia con una cantidad de “agua en la torre de lavado y el sello de cubierta” por encima del nivel normal.
- 5.** Revisar que las válvulas de entrada de aire puro de desgasificación, donde las haya, estén cerradas y los sistemas de cegado posicionados de forma segura.
- 6.** Cerrar el aire a cualquier dispositivo para la válvula de aislamiento del gas de combustión.
- 7.** Abrir la válvula de aislamiento del gas de combustión.
- 8.** Abrir la válvula de aspiración de la soplante seleccionada, asegurarse que estén cerradas “las válvulas de aspiración y descarga de la” otra soplante, a no ser que se pretenda usar ambas soplantes simultáneamente.
- 9.** Arrancar la soplante.
- 10.** Probar la alarma de fallo de la soplante.
- 11.** Abrir la válvula de descarga de la soplante.
- 12.** Abrir la válvula de recirculación del sistema de regulación automática de la presión, para posibilitar que la planta se estabilice.
- 13.** Abrir la válvula de regulación del gas de combustión.
- 14.** Comprobar que el contenido de oxígeno se encuentra por debajo del 5 % del volumen, entonces cerrar la válvula de descarga a la atmósfera que se encuentra entre la válvula reguladora de presión del gas inerte y la válvula de aislamiento de cubierta.
- 15.** El sistema de gas inerte está ahora listo para ser suministrado a los tanques de carga.

## **Procedimientos de Parada**

1. Cuando haya sido comprobado que el contenido de oxígeno de la atmósfera de todos los tanques se encuentre por debajo del 5 % del volumen y se obtenga la presión requerida dentro de los tanques, se debe cerrar la válvula de aislamiento de cubierta y la válvula de no-retorno.
2. Abrir el venteo a la atmósfera entre la válvula de regulación de presión del gas inerte y la válvula de aislamiento de cubierta/válvula de no-retorno.
3. Cerrar la válvula de regulación de presión del gas.
4. Parar la soplante del gas inerte.
5. Cerrar las válvulas de aspiración y descarga de la soplante. Comprobar que los drenajes están libres. Abrir el sistema de limpieza de agua a la soplante mientras esté todavía girando con el suministro eléctrico del motor desconectado. Parar la planta de limpieza de agua después de un período conveniente.
6. Cerrar la válvula de aislamiento del gas de combustión y abrir el sistema de aislamiento de aire.
7. Mantener el flujo de agua a la torre de lavado.
8. Asegurarse de que el suministro de agua salada al sello de cubierta esté funcionando satisfactoriamente, para que se mantenga un sellado de agua y que los dispositivos de alarma funcionen correctamente.

## **Comprobaciones de Seguridad con la Planta Parada**

1. El “suministro de agua y el nivel de agua del sello de cubierta deben ser verificados a intervalos regulares, al menos una vez al día,” dependiendo de las condiciones climatológicas.
2. “Comprobar el nivel de agua en los codos de deposición de agua instalados en las tuberías de gas, transductores de agua” o presión, para prevenir la presión de retorno de los gases de hidrocarburos hacia los espacios seguros.
3. Con temperaturas ambientes frías, asegurarse que los dispositivos para prevenir el congelamiento “del sello de agua de cubierta, rompedores de presión/vacío, etc.” Están correctamente.
4. “Antes de que la presión de gas inerte en los tanques inertizados caiga por debajo de los 100 mm” de columna de agua, éstos deben volver a ser presurizados con gas inerte.

## **Posibles Fallos de la Planta de Gas Inerte y Medidas a ser Tomadas**

“Alto contenido de oxígeno que puede ser causado o indicado por las siguientes condiciones:”

- Pobre control de la combustión, especialmente bajo condiciones de baja carga.
- Arrastrando aire hacia el guarda calor cuando el rendimiento de la cámara de combustión es menor que la demanda de la soplante, especialmente con bajas condiciones de carga.
- Fugas de aire entre la soplante de gas inerte y el guarda calor de la cámara de combustión.
- Mala operatividad o calibración del analizador de oxígeno.
- Planta de gas inerte funcionando en el modo de recirculación.
- Entrada de aire a la línea principal de gas inerte a través de las válvulas de vacío, palos de venteo, etc. debido a una mala operación.

Si la planta de gas inerte está suministrando el gas con un contenido superior al 5 % de volumen, el fallo debe ser rastreado y reparado. La Regla 62.19.5 del SOLAS requiere, sin embargo, que todas las operaciones realizadas en los tanques de carga deben ser suspendidas si el contenido de oxígeno excede del 8 %, a no ser que la calidad del gas inerte se esté mejorando.

Incapacidad para mantener una presión positiva durante las operaciones de descarga, que podría ser causadas por:

- Cierre inadvertido de las válvulas de gas inerte.
- Operación fallida del sistema de control automático de la presión de gas inerte.
- Presión de la soplante inadecuada.
- Ritmo de carga excesivo para la descarga de la soplante.

La operación de descarga debe ser parada o reducida dependiendo de si se puede mantener la presión positiva en los tanques mientras el fallo es rectificado.

### 2.3. Marco conceptual

**Gas inerte:** “International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT), afirma que el gas inerte es un gas o mezcla de gases, tales como gases de combustión, que contienen insuficiente oxígeno para mantener la combustión de hidrocarburos (ISGOTT, 2006).”

**Líneas de gas inerte:** “Líneas dispuestas de forma que distribuyan gas inerte a los tanques de carga, tanques de lastre, manifold de carga, líneas de carga/descarga y espacios de doble fondo. Con respecto al gas inerte, existe una conexión, para proveer gas inerte desde una fuente en tierra, en caso de avería del sistema del buque.”

**Sistema de distribución de gas inerte:** comprende válvulas, tuberías y accesorios empleados para distribuir el gas procedente de la planta a los tanques, así como ventilar o exhaustar los gases a la atmósfera y proteger a los tanques de un exceso de vacío o presión.

**Sistema de Gas Inerte:** es el conjunto formado por la planta de Gas inerte junto con el Sistema de distribución. Ha de cumplir estrictamente con la normativa SOLAS. Las posibles operaciones relacionadas con el Gas Inerte

**Zona de peligro:** “Esta zona incluye los tanques de carga, tanques de lastre y sala de bombas. Donde existen concentraciones de gases de hidrocarburo, que puede ser inflamables y tóxicos a la vez para la salud humana.”

**Zona de riesgo:** “Abarca toda la cubierta de carga, donde por el diseño de la ventilación de los tanques de carga, no debería haber presencia de gases de hidrocarburo. Pero esto es condicional a factores climáticos, que pudieran

desviar los gases de hidrocarburo a cubierta, o si ocurrieran filtraciones en las líneas que atraviesan la cubierta.”

**Zona segura:** “La compone la sala de máquinas, habitabilidad, sala de control de carga y puente de navegación. Esta zona está segura de gases de hidrocarburo, ya que cuenta con un cofferdams ubicado en el límite de la sala de máquinas y la sala de bombas.”

## **CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **3.1. Formulación de la hipótesis**

#### **3.1.1. Hipótesis general**

Hi. El nivel de conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. Se sitúa en un nivel medio.

H<sub>0</sub>. El nivel de conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. No se sitúa en un nivel medio.

#### **3.1.2. Hipótesis específicas**

- Hipótesis específica 1

H<sub>1</sub>. El nivel de conocimiento teórico del uso del gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. Se sitúa en un nivel medio.

H<sub>0</sub>. El nivel de conocimiento teórico del uso del gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. No se sitúa en un nivel medio.

- Hipótesis específica 2

H<sub>2</sub>. El nivel de conocimiento teórico del generador de gas inerte de combustión estequiométrica de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. Se sitúa en un nivel medio.

H<sub>0</sub>. El nivel de conocimiento teórico del generador de gas inerte de combustión estequiométrica de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. No se sitúa en un nivel medio.

- Hipótesis específica 3

H<sub>3</sub>. El nivel de conocimiento teórico del sistema de distribución de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. Se sitúa en un nivel medio.

H<sub>0</sub>. El nivel de conocimiento teórico del sistema de distribución de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. No se sitúa en un nivel medio.

### **3.1.3. Variables**

#### **3.1.3.1. Variable de interés:**

“CONOCIMIENTO TEÓRICO DEL SISTEMA DE GAS INERTE DE UN BUQUE TANQUE PETROLERO”

Dimensiones:

- Uso del gas inerte
- Generador de gas inerte de combustión estequiométrica
- Sistema de distribución de gas inerte

## **CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO**

### **4.1. Diseño de la Investigación**

En realidad no se dispone una estricta distinción entre el método y la metodología, pues ésta se deriva del primero y su relación es mutuamente incluyente. El método científico se refiere a un conjunto de procedimientos sistemáticos para la evolución de una ciencia o parte de la misma; se define por el uso del pensamiento científico lógico y está estrechamente relacionado con los aspectos teóricos. Además, la metodología trabaja en principio, con la fase operativa del proceso, es decir, las diversas técnicas, herramientas y procedimientos que participan en la investigación.

En un sentido lógico, la metodología implica el estudio de métodos, la descripción, interpretación o argumentación de métodos investigativos. Como conjunto de unidades operativas en el proceso de investigación, sigue las distintas etapas del método científico en función a de tareas específicas.

Como se mencionó anteriormente el método científico se puede sintetizar a través de ciertas tareas metodológicas: observación, hipótesis, predicción, verificación y replicación (Bernal, 2006).

El desarrollo del diseño de la investigación implica la secuenciación de una serie de componentes del método para desarrollar un plan lógico para organizar el trabajo de campo y ayudar a evitar sesgos. El trabajo de campo se refiere a las acciones que los investigadores deben realizar para observar / medir fenómenos empíricos en el entorno natural donde ocurren los fenómenos empíricos y en situaciones especiales (como experimentos) creadas por investigadores.

El diseño como estructura lógica de la investigación tiene un componente común de metodologías diferentes o estrategias metodológicas. No obstante, según la perspectiva del paradigma del investigador, estos han cobrado particularidad. (Yuni y Urbano, 2006).

En adición a las líneas anteriores, el “Conocimiento Científico” se define como el producto de un asunto de comparación entre prototipos “teóricos y referentes empíricos,” denominados datos. En el impulso de la ciencia se han creado muchas vías lógicas para ejecutar dicha contrastación. Las lógicas de investigación más difundidas son la lógica cuantitativa y la lógica cualitativa. La lógica cuantitativa se apoya en el razonamiento deductivo, mientras que la cualitativa se apoya en la inducción.

Respecto al enfoque, envuelve la forma de proponer determinadas tendencias, líneas de investigación y métodos de trabajo, así como formas de descubrir o comprender los puntos principales del problema para afrontarlo correctamente. Por tanto, al mencionar el enfoque, se pueden determinar dos conceptos: perspectiva y dirección. Esta perspectiva ostenta el enfoque como el punto de vista del objeto de investigación, es decir, donde el investigador realiza la aproximación requerida. Si bien también implica un sentido de rumbo u orientación que debe seguir la investigación, esta tendencia está guiada por una cierta base teórica o disciplinaria.

En ese sentido, la presente pesquisa investigativa se caracteriza por seguir un enfoque cuantitativo, apoyado del razonamiento deductivo, que inicia en una afirmación calificada auténtica, para después definir casos particulares que admitan certificar la veracidad de la premisa fundamental. La conclusión residirá en afirmar o negar la veracidad de la premisa, a través de una comparación con información empírica. Dicho método se respalda en la veracidad de la premisa, inquiriendo en los referidos empíricos la ratificación de la verdad señalada.

“Asimismo, se buscó medir de forma cuantitativa la variable en estudio; Conocimiento teórico del” sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero “con el fin de obtener resultados en función de porcentajes y frecuencias.”

En cuanto al tipo de investigación, Valderrama (2019) asevera que el tipo de investigación básica “es conocida como pura, teórica o fundamental, y busca poner a prueba una teoría con escasa o ninguna intención de aplicar sus

resultados a problemas prácticos. Esto significa que no está diseñada para resolver problemas prácticos” (p.8).

Del mismo modo Carrasco (2009) indica que la investigación básica es la que “no tiene propósitos aplicativos inmediatos, pues solo busca ampliar y profundizar el caudal de conocimientos científicos existentes acerca de la realidad. Su objeto de estudio lo constituyen las teorías científicas, las mismas que analiza para perfeccionar su estudio” (p.43).

De acuerdo con los conceptos de los autores, la presente pesquisa científica se caracteriza por ser de tipo básica debido a “que los resultados no tienen ningún fin práctico ni solucionan un problema de manera inmediata; sino busca dar a conocer conocimientos teóricos sobre” el sistema de gas inerte, en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020. Con la finalidad de “enriquecer el conocimiento científico ya existente y pueda servir de manera sustancial a los futuros investigadores.”

En cuanto al nivel de investigación Yuni, et al., (2006) señalan: “Se intenta examinar la naturaleza de las relaciones, la causa y eficacia de una variable sobre otra, mediante comparaciones” (p.16).

Asimismo, la presente investigación corresponde al nivel descriptivo, ya que su finalidad principal es identificar rangos y frecuencias que detallan el discernimiento en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020. “Además, a través de los gráficos y frecuencias, se

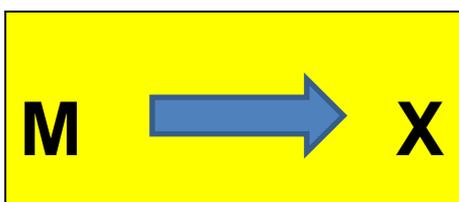
puede visualizar de forma clara y concreta la comprobación de las hipótesis formuladas.”

Referente al diseño del estudio Yuni, et al., (2006) describe que el “estudio de los fenómenos se basa en una construcción deliberada de situaciones que le permiten al investigador construir los hechos en base a un modelo de análisis prefijado” (p.75).

Por tanto, el “presente estudio pertenece al diseño no experimental; corte transversal en razón de que no se manipuló ninguna variable independiente para ver sus efectos en la variable dependiente, y la recolección de datos se realizó en un mismo tiempo.”

Cabe señalar, el método utilizado en este estudio fue el método hipotético-deductivo. El ciclo completo inducción/deducción se conoce como proceso hipotético-deductivo. Este método obliga al investigador a combinar la reflexión racional o momento racional (formación de hipótesis y deducción) con la observación de la realidad o momento empírico (observación y verificación).

Simbología:



*Figura 17.* Esquema de un estudio descriptivo.  
Fuente: Elaboración propia

Donde:

**M** = Muestra

**X** = Información relevante o de interés

## **4.2. Población y muestra**

### **4.2.1. Población**

Según Vara (2012) “La población es el conjunto de sujetos o cosas que tienen una o más propiedades en común, se encuentran en un espacio o territorio y varían en el transcurso del tiempo” (p.48).

Por tanto, la población fue asociada por todos los oficiales egresados de la ENAMM, 2020 (59 unidades de análisis).

### **4.2.2. Muestra**

La elección del tipo de muestra depende principalmente del paradigma de investigación en el que se encuentra el científico. La muestra en sí nunca será suficiente o insuficiente. Su valor proviene de su utilidad para los fines identificados en los objetivos de la investigación (Yuni y Urbano, 2006, p.21).

En efecto, la muestra fue agrupada por 50 egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020.

### **4.3. Operacionalización de variables**

Ver Anexo 3.

### **4.4. Técnicas para la recolección de datos**

Para obtener datos científicos, se debe concebir la información adecuada. Esto significa que cualquier información no es válida para concebir datos, sino solo datos que componen una reseña empírica para el tema investigado. La relación dinámica entre la referencia empírica y el modelo conceptual es la base de la tarea científica, y de su plena expresión e integración se derivan dos requisitos, a partir de los cuales se verifica la calidad del conocimiento científico, validez y confiabilidad. (Yuni y Urbano, 2006, p.21).

Al respecto, Hernández, Fernández y Baptista (2014) afirman: “Recolectar datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico” (p.198).

#### **4.4.1. Técnica**

La técnica ejecutada en el agrupamiento de información en la tesis presentada fue la encuesta y el análisis documental.

#### 4.4.2. Instrumento

**-Instrumento de medición para la variable de interés conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero:** Se utilizó un cuestionario tipo dicotómico (30 ítems) con alternativas de respuestas 1) a 2) b 3) c. Para medir el conocimiento teórico, que desprenden los egresados de la ENAMM, 2020. La formulación de las preguntas se relaciona con los indicadores y estos, al mismo tiempo, con las dimensiones de la variable en estudio (Ver Anexo 4).

#### FICHA TÉCNICA DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Nombre	Cuestionario de la variable de interés: Conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero.
Autores	Arango Aquino, Jorge Luis Neyra Matta, Alexander Gladstone
Año	2020
Objetivo	Determinar el grado de Conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”.
Administración	Individual
Muestreo	30 egresados de la ENAMM; y el “muestreo empleado fue de tipo no probabilística censal por criterio o intencional.”
Nivel de confianza	Nivel de confianza del 95% y error +/- 5% para el análisis global de las dimensiones e indicadores respectivamente.
Dimensiones	Número de dimensiones : Dimensión 1: 8 ítems Dimensión 2: 9 ítems Dimensión 3: 6 ítems Total = 23 ítems

Material	Medios electrónicos.
----------	----------------------

Si el valor obtenido representa el valor real de la variable medida, entonces el instrumento es confiable. Cuando dos aplicaciones al mismo objeto producen resultados similares o dos investigadores diferentes se aplican al mismo objeto, los resultados son los mismos, lo que también es confiable.

Lo que se llama credibilidad o validez interna se refiere a la coherencia entre las observaciones ejecutadas en el trabajo de campo y la realidad percibida por el sujeto o descrita por otros científicos.

El instrumento que mide los diferentes rangos de conocimiento se conforma por 30 preguntas cerradas. Referente a la validez interna, fue homologado por 5 especialistas en el tema investigativo (Ver Anexo 5). Referente a la fiabilidad, para aplicar la prueba de confiabilidad, se emplearon los corolarios de la prueba piloto aplicada a 5 elementos de análisis con características similares de la muestra, mediante el estadístico de consistencia interna KR-20 para reactivos dicotómicos lo cual indicó un valor de 0.827 en concordancia con los corolarios del análisis de consistencia interna que pertenece a la variable de interés; y según los niveles establecidos en la tabla de valores (Kuder Richardson), se estableció que el instrumento de investigación es de elevada consistencia interna.

**TABLA 4.**

*Estadístico de fiabilidad KR-20 del instrumento de investigación de la variable de interés*

Estadístico de fiabilidad	
KR-20	N de elementos
,827	50

**TABLA 5.**

*Baremación de la variable de interés*

Respuestas	Rangos
Bajo	0-9
Medio	10-19
Alto	20-30

**TABLA 6.**

*Tabla de valores de Kuder Richardson (KR-20)*

Coeficiente	Relación
0.00 a +/- 0.20	Despreciable
0.20 a 0.40	Baja o ligera
0.40 a 0.60	Moderada
0.60 a 0.80	Marcada
0.80 a 1.00	Muy Alta

#### 4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos

En primera instancia, se elabora una matriz de base de datos para realizar el proceso de codificación de los datos recabados por cada indicador. Cada pregunta contiene un dígito según la respuesta, el conjunto de dichos valores

numéricos representa el total de información recopilada por el instrumento de investigación. Luego de dicho proceso, el conjunto de datos es analizado con el fin de dar a conocer gráficos y frecuencias, mediante estadística descriptiva. Los principales programas informáticos son: “Statistical Package for the Social Sciences” (SPSS), versión 25 y Excel.

#### **4.6. Aspectos éticos**

Generalmente se proporciona a los participantes algún tipo de formato de consentimiento informado, que contiene la información que todo sujeto necesita para tomar su decisión. Lo más común es que se trate de un formato impreso que el participante lee y firma. Es importante que los individuos comprendan la información del formato. Existen casos en los que el formato es demasiado técnico o que está cargado de términos legales, de modo que los participantes no comprenden en absoluto lo que están firmando.

Asimismo, uno de los principios clave de la conducta ética en la investigación es que la participación en los estudios debe ser voluntaria. Los experimentos médicos efectuados por los nazis en Alemania durante la Segunda Guerra Mundial se criticaron no solo por su crueldad sino también porque los participantes no podían rehusarse a colaborar. En consecuencia, el procedimiento éticamente correcto es informar a los participantes acerca del estudio y obtener su consentimiento voluntario.

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS**

### **5.1. Procedimiento estadístico para la comprobación de hipótesis**

El procesamiento de los datos obtenidos en la investigación se da mediante las distintas modificaciones numéricas, principalmente estadísticas, que pueden explicar la hipótesis, complementado del análisis semántico, textual o interpretativo de los datos. Para identificar la “hipótesis general y las hipótesis específicas”, describir los resultados alcanzados de la variable y dimensiones respectivamente; se utilizó el “programa SPSS versión 25 y Excel”. Para “efectos del presente estudio científico se utilizó estadística descriptiva, para averiguar de forma gráfica los distintos niveles de información brindada por los egresados de la ENAMM, (bajo, medio, alto) con” “grafico de barras en función a frecuencias y porcentajes”.

### **5.2. Descripción de los resultados**

#### **5.2.1. Variable de interés: Conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero**

Según la pesquisa alcanzada que se visualiza en la Tabla 7, respecto a los porcentajes por niveles para el cuestionario del Conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero un 30 % se ubica en un nivel bajo, un 66 % se ubica en un nivel medio, un 4 % se ubica en un nivel alto. Los resultados indican que la información recopilada de los egresados de la ENAMM, 2020, se ubica en un “nivel medio”.

**TABLA 7.**

**Conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bajo	15	30,0	30,0
	Medio	33	66,0	96,0
	Alto	2	4,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0

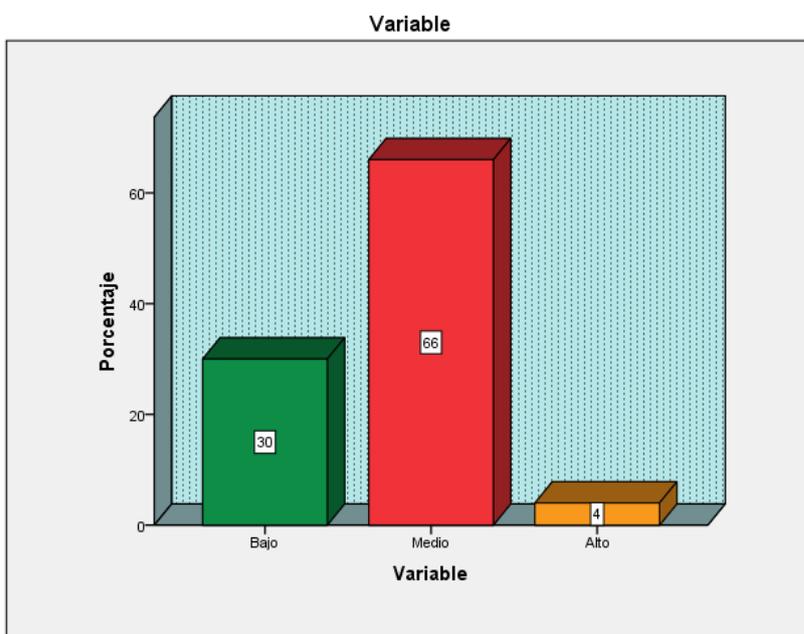


Figura 18. Descripción de la variable de interés

### 5.2.1.1. Dimensión 1: Conocimiento teórico del uso del gas inerte

Según la pesquisa alcanzada que se visualiza en la Tabla 8, respecto a “los porcentajes por niveles” para la dimensión Conocimiento teórico del uso del gas inerte un 28 % se ubica en un nivel bajo, un 68 % se ubica en un nivel medio, un 4 % se ubica en un nivel alto. Los resultados indican que la información recopilada de los egresados de la ENAMM, 2020, se ubica en un nivel medio.

**TABLA 8.**

**Conocimiento teórico del uso del gas inerte**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bajo	14	28,0	28,0
	Medio	34	68,0	96,0
	Alto	2	4,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0

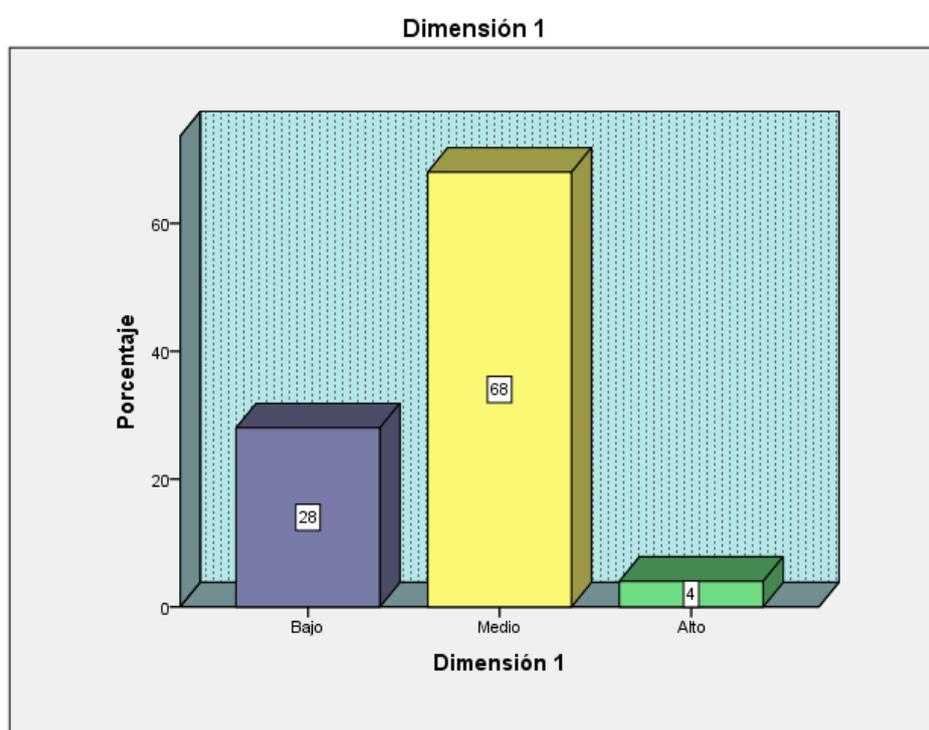


Figura 19. Descripción de la dimensión 1

### 5.2.1.2. Dimensión 2: Conocimiento teórico del generador de gas inerte de combustión estequiométrica

Según la pesquisa alcanzada que se visualiza en la “Tabla 9”, respecto a los porcentajes por niveles para la dimensión Conocimiento teórico del Generador de gas inerte de combustión estequiométrica un 28 % se ubica en un nivel bajo, un 68 % se ubica en un nivel medio, un 4 % se ubica en un nivel alto. Los resultados indican que la información recopilada de los egresados de la ENAMM, 2020, se ubica en un “nivel medio”.

**TABLA 9.**

**Conocimiento teórico del Generador de gas inerte de combustión estequiométrica**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bajo	14	28,0	28,0
	Medio	34	68,0	96,0
	Alto	2	4,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0

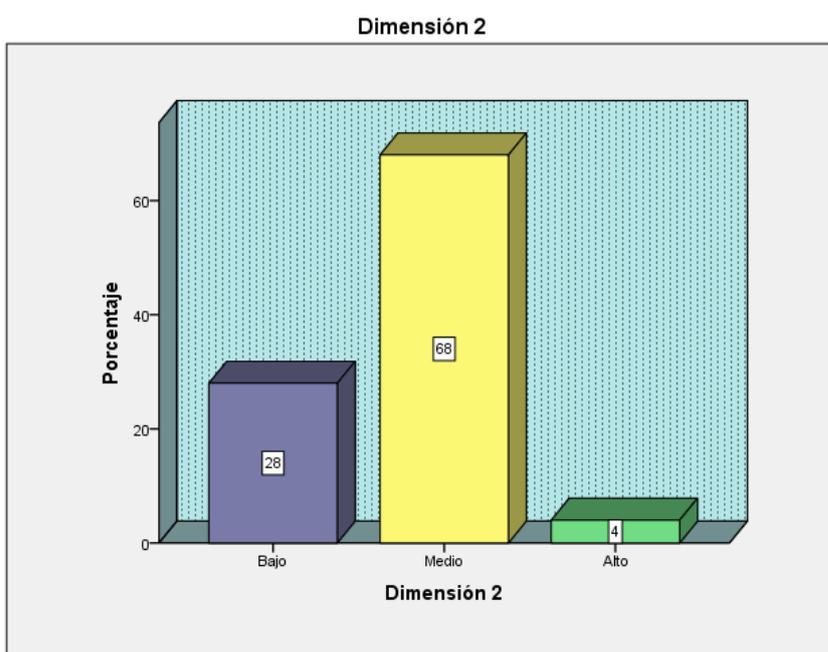


Figura 20. Descripción de la dimensión 2

### 5.2.1.3. Dimensión 3: Conocimiento teórico del sistema de distribución de gas inerte

Según la pesquisa alcanzada que se visualiza en la Tabla 10, respecto a los porcentajes por niveles para la dimensión Conocimiento teórico del sistema de distribución de gas inerte un 30 % se ubica en un nivel bajo, un 64 % se ubica en un nivel medio, un 6 % se ubica en un nivel alto. Los resultados indican que la información recopilada de los egresados de la ENAMM, 2020, se ubica en un “nivel medio”.

**TABLA 10.**

Conocimiento teórico del sistema de distribución de gas inerte

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Bajo	15	30,0	30,0
	Medio	32	64,0	94,0
	Alto	3	6,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0

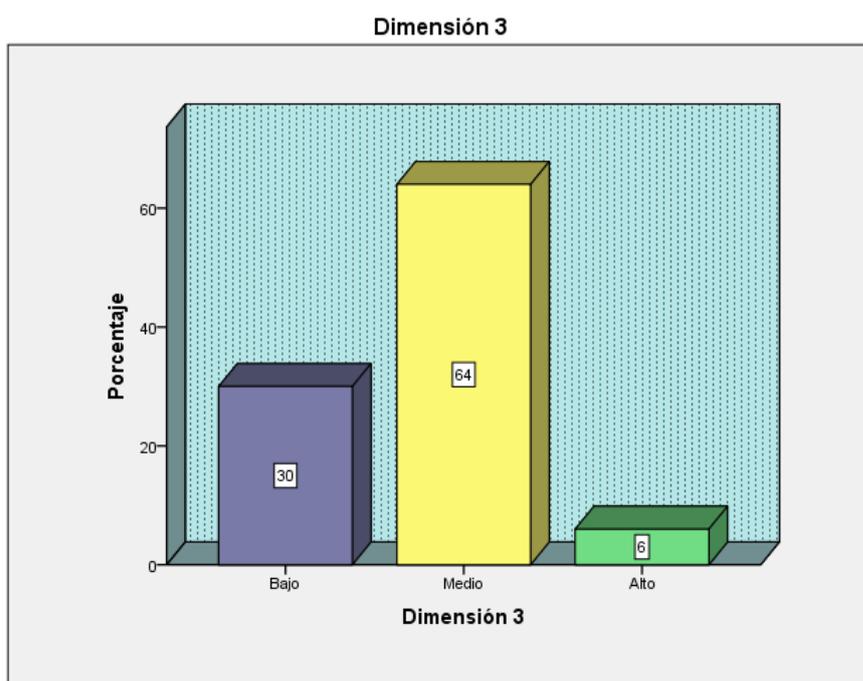


Figura 21. Descripción de la dimensión 3

## **CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Discusión**

Respecto al estudio de Dorta (2018), los resultados conseguidos se encuentran en la misma línea investigativa, en razón de que el autor proporciona “al lector un mayor conocimiento de los elementos y procesos que componen el buque Tinerfe u otros buques semejantes a este. Además, se centró en una mayor profundización y explicación de uno de los elementos primordiales que constituyen los buques tanques como es la Planta de Gas Inerte.” En cuanto al método, diseño y técnicas metodológicas, poseen similitudes ya que se efectuó bajo el diseño no experimental, corte transversal, del tipo básica, paradigma cuantitativo y alcance descriptivo.

Asimismo, Francia (2018) plantea que la reducción de sedimentos en los tanques favorece el purgado y ventilado de los tanques al tener gran cantidad de sedimentos en los tanques, estos van a provocar atmósferas

peligrosas. Lo cual se corrobora en el presente estudio, cuando se enfatiza que con un buen plan de limpieza se reducen los sedimentos a bordo y el purgado y ventilado son más rápidos. Al reducir los residuos en los tanques, el tiempo de purgado y ventilado se reduce y por lo tanto el consumo diésel y/o fuel. Referente a la metodología empleada, “fue una investigación de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, tipo básica, diseño no experimental, corte transversal,” lo que permite afirmar que ambos estudios son homólogos metodológicamente.

Respecto a Benítez (2016); se avala los resultados en función a su trabajo de campo a bordo, el autor afirma que la realización de operaciones de carga y descarga a bordo de buques asfalteros como el Herbania requieren de personal especialmente cualificado, responsable y altamente comprometido con el cumplimiento de los rigurosos procedimientos a seguir. Además, la guía principal para el desarrollo seguro y eficaz de las operaciones es el ISGOTT que proporciona la mejor herramienta técnica para las operaciones de carga y descarga. La seguridad del buque, del personal y del medio ambiente depende principalmente del factor humano. El conocimiento, la aplicación y la continua verificación de los correctos procedimientos operacionales reducirán al mínimo los posibles errores debido a una operativa errática. Sobre el método de proceso de datos, no se asemeja ya que la tesis presenta un enfoque cualitativo y nivel exploratorio. Las técnicas de recolección de datos utilizadas fueron la documentación y la observación.

Por otra parte, respecto al estudio de Herrera (2015), se avala su postura por la cual señala que una operación en una plataforma off-shore no es tan complicada como puede parecer. Actualmente es un tema candente en el mundo marítimo mercante ya que es habitual encontrar una plataforma de estas en cualquier puerto. El autor desarrolló su estudio desde una perspectiva cualitativa, lo cual no concuerda con la presente pesquisa.

Respecto a la investigación de Balbin & Jara (2017), “los resultados demostraron que el 35,2% de los oficiales mercantes embarcados de una naviera peruana presentan un nivel de conocimiento promedio comprobándose la hipótesis de la investigación.” Por tanto, los resultados guardan semejanza, ya que la muestra de estudio presenta un nivel medio de conocimiento. La metodología empleada es la misma.

Con la investigación presentada por Cueva & Reyes (2017), se guardan concordancias metodológicas parcialmente, ya que basó su análisis desde un diseño experimental, sub diseño pre-experimental, tipo aplicada, nivel explicativo. No obstante, “como resultado se consiguió un efecto significativo del Programa en los cadetes, se recomienda hacer uso e implementar el programa” “*Inert Gas System in Oil Tankers*” “con todos los cadetes de 3° próximos a realizar sus prácticas pre-profesionales, para fortalecer el nivel de conocimiento teórico sobre el sistema de gas inerte en seguridad, funcionamiento, mantenimiento y operatividad del sistema, para lograr tal entendimiento se propone hacer uso del texto elaborado para dicho programa, así como fomentar la cultura de lectura en los cadetes con textos

actualizados y vigentes, de la misma manera concientizar sobre la gran importancia de la seguridad y operatividad de tan importante sistema para que así pueda desarrollar sus habilidades teóricas en sus prácticas pre-profesionales” por lo cual se corrobora y reafirma dichos resultados.

Por último, Reluz & Montes de Oca (2015) definieron la inexistencia de una solución ante dicho problema de contaminación atmosférica, sin embargo se ha planteado una posible solución la cual radica en la implantación de un sistema de recuperación de vapores, el cual es una forma de controlar de manera más eficiente la emisión de gases tóxicos los cuales luego serán procesados en tierra y no ser expulsados al medio ambiente. También se destaca la información de campo sobre el sistema de gas inerte, por lo cual se respalda y se apoyan su aporte teórico. La metodología es la misma.

## 6.2. Conclusiones

**Primera.** El nivel de conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero en los oficiales egresados de la ENAMM, 2020. Se sitúa en un nivel medio con un 66 %; por lo cual se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

**Segunda.** El nivel de conocimiento teórico del uso del gas inerte en los oficiales egresados de la ENAMM, 2020. Se sitúa en un nivel medio con un 68 %; por lo cual se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

**Tercera.** El nivel de conocimiento teórico del generador de gas inerte de combustión estequiométrica en los oficiales egresados de la ENAMM, 2020. Se sitúa en un nivel medio con un 68 %; por lo cual se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

**Cuarta.** El nivel de conocimiento teórico del sistema de distribución de gas inerte en los oficiales egresados de la ENAMM, 2020. Se sitúa en un nivel medio con un 64 %; por lo cual se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

### 6.3. Recomendaciones

**Primera.** Difundir el conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero. Considerando que el “principal cometido del gas inerte es proporcionar protección contra las explosiones en los tanques al desplazar el aire de los mismos (con su contenido del 21 % de oxígeno),” los oficiales egresados necesitan profundizar en cada una de las operaciones y mantenimiento que se realiza a los tanques comerciales.

**Segunda.** Estimular a los futuros investigadores a continuar investigando sobre el eje de estudio suscitado, para beneficio de los cadetes de los centros marítimos profesionales. La información actualizada sobre los sistemas, plantas, y operación del gas inerte es sustancial para un correcto desempeño de los oficiales egresados.

**Tercera.** Hacer uso del aporte teórico que elaboraron los investigadores, y en base a ello acrecentar y mejorar las herramientas didácticas que ayudan en gran medida a los futuros oficiales, en razón de que la comprensión de los manuales a bordo generan un tiempo prolongado en comprender los sistemas de gas inerte en su totalidad.

**Cuarta.** Promover software educativo y herramientas tecnológicas en las ciencias marítimas, referentes a los planes de contingencia para combatir la contaminación y accidentes a bordo. Asimismo, interactuar con la plataforma electrónica que elaboraron los investigadores, para que los usuarios puedan

familiarizarse de una forma interactiva y didáctica, sin la necesidad de estar a bordo.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### Referencias bibliográficas

- Albornoz, V. (2013). *Seguridad, Entrenamiento y Capacitación en Buques Tanques Petroleros*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Austral de Chile.
- Balbin, G., & Jara, R. (2017). *Conocimiento del Sistema de Gas Inerte por un generador de gas independiente en Buques Tanque Petroleros en oficiales mercantes embarcados de una Naviera Peruana*. (Tesis de Licenciatura). ENAMM, Lima.
- Benítez, M. (2016). *Familiarización con el buque Asfaltero IMO Tipo II "Herbania" y sus operaciones*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de La Laguna, España.
- Blanco, A. (2014). *Medidas adicionales para la gestión de residuos contaminantes en un buque de transporte de crudo*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Cantabria, España.
- Carrasco, S., (2009). *Metodología de la Investigación Científica. Pautas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Lima: San Marcos.
- Cueva, C., & Reyes, J. (2017). *Efecto del Programa: "Inert Gas System in Oil Tankers" aplicado a los cadetes de 3<sup>ER</sup> año de La Especialidad de Puente de La Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau"*. (Tesis de Licenciatura). ENAMM, Lima.
- Dorta, R. (2018). *Elementos de la carga y la descarga en el B/Q TINERFE*. . (Tesis de Licenciatura). Universidad de La Laguna, España.
- Eguzquiaguirre, F. (2018). *Metodología de Lavado, Purgado y Ventilado de Tanques de Carga en Petrolero, mediante un Cálculo Práctico*. (Tesis de Licenciatura). Universidad del País Vasco, España.

- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación* (1era ed.). México: Mc Graw Hill.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P., (2014). *Metodología de la Investigación*. México, D.F Editorial: McGraw Hill.
- Herrera, A. (2015). *Operación de Descarga en Plataformas OFF SHORE*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de La Laguna, España.
- López, J. (2010). *Diseño y Cálculo de la Planta de Gas Inerte de un buque Petrolero de 150.000 TPM propulsado por turbinas de vapor*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Cádiz, España.
- López, J. (2018). *Elaboración de un Manual de Simulador de Cargas Líquidas VLCC para Alumnos de Construcción Naval y Teoría del Buque*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de La Laguna, España.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación*. Colombia: Ediciones U.
- OMI. (2014). *Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar*. Londres, Inglaterra: CPI Group.
- OMI. (2017). *Convenio sobre normas de formación, titulación y guardias para la gente de mar – Convenio STCW*. Reino Unido: CPI Group.
- OMI. (2018). *Código internacional de gestión de la seguridad operacional del buque y la prevención de la contaminación*. Londres, Inglaterra.
- Prefectura Naval Argentina. (2017). *Protección Contra Explosiones en Tanques de Cargamento*. Ordenanza N° 6-17 (DPSN), Tomo 1, Régimen Técnico del Buque.

- Reluz, C., & Montes De Oca, J. (2015). *Emisión de Gases Tóxicos por buques de La Naviera Transoceánica que cargan en La Refinería La Pampilla año 2014*. (Tesis de Licenciatura). ENAMM, Lima.
- Roa, N. (2010). *Propuesta de plan de Mantenimiento de una instalación de carga y descarga de un Buque Petrolero*. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Náutica de Barcelona, España.
- Segura, R. (2020). *Simulación de la operación y mantenimiento de los sistemas auxiliares de un buque petrolero*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Politècnica de Catalunya, España.
- Valderrama (2018). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica (2<sup>da</sup> Ed.)*. Perú: Editorial San Marcos.
- Vara, A., (2009). *7 Pasos para elaborar una TESIS*. Lima: Macro EIRL.
- Vargas, A. (2008). *Buques GNL, Propulsión y Transporte*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Austral de Chile.

## Referencias electrónicas

Ingeniero Marino. (2021). *Sistema de Gas Inerte a Bordo*.

<https://ingenieromarino.com/sistema-de-gas-inerte-a-bordo/>

Marine and Naval Engineering. (2020). *Sistema de Gas Inerte de un Buque Petrolero*. <https://marineandnavalengineering.com/sistemas-a-bordo/sistema-gas-interte-buque/>

OMI (2017). *Una exposición relata la historia del transporte seguro de hidrocarburos por mar*.

<https://www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/Paginas/05-50-years-together-launch.aspx>

American Psychological Association. (2015). *Publication manual of the American Psychological Association (6th Ed.)*. <https://doi.org/10.1037/000016S-000>

American Psychological Association. (2020). *Publication manual of the American Psychological Association (7th Ed.)*. <https://doi.org/10.1037/000016S-000>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO:** CONOCIMIENTO DEL SISTEMA DE GAS INERTE DE UN BUQUE TANQUE PETROLERO EN LOS EGRESADOS DE LA ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE “ALMIRANTE MIGUEL GRAU”, 2020.

**AUTORES:** Bachiller en Ciencias Marítimas ARANGO AQUINO, JORGE LUIS – Bachiller en Ciencias Marítimas NEYRA MATTA, ALEXANDER GLADSTONE

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020?	Determinar el nivel de conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020.	<p><b>Hi</b> El nivel de conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. Se sitúa en un nivel medio.</p> <p><b>Ho</b> El nivel de conocimiento teórico del sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. No se sitúa en un nivel medio.</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supresión de Inflamabilidad por Gas Inerte</li> <li>• División de Espacios de un Buque Tanque Petrolero</li> <li>• Método de Reemplazo de Atmósfera en un Tanque</li> <li>• La Caldera</li> <li>• Protección de los Tanques de Carga</li> <li>• Inertización de Tanques Vacíos y Desgasificados</li> <li>• Operación de Carga</li> <li>• Diferentes Gases de Purga</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b><u>PROBLEMAS ESPECIFICOS</u></b></p> <p>¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico del uso del gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020?</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>OBJETIVOS ESPECIFICOS</u></b></p> <p>Determinar el nivel de conocimiento teórico del uso del gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020.</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>HIPOTESIS ESPECIFICAS</u></b></p> <p><b>Hi</b> El nivel de conocimiento teórico del uso del gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. Se sitúa en un nivel medio.</p> <p><b>Ho</b> El nivel de conocimiento teórico del uso del gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. No se sitúa en un nivel medio.</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>VARIABLE DE ESTUDIO</u></b></p> <p>Conocimiento Teórico del Sistema de Gas Inerte de un buque Tanque Petrolero</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso del gas inerte</li> <li>• Generador de gas inerte de combustión estequiométrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidad de Producción de Gas Inerte</li> <li>• Enfriado y Secado del Gas Inerte</li> <li>• Precauciones que deben ser tomadas</li> </ul>

<p>¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico del generador de gas inerte de combustión estequiométrica de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020?</p> <p>¿Cuál es el nivel de conocimiento teórico del sistema de distribución de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020?</p>	<p>Determinar el nivel de conocimiento teórico del generador de gas inerte de combustión estequiométrica de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020.</p> <p>Determinar el nivel de conocimiento teórico del sistema de distribución de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados de La Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, 2020.</p>	<p><b>Hi</b> El nivel de conocimiento teórico del generador de gas inerte de combustión estequiométrica de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. Se sitúa en un nivel medio.</p> <p><b>Ho</b> El nivel de conocimiento teórico del generador de gas inerte de combustión estequiométrica de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. No se sitúa en un nivel medio.</p> <p><b>Hi</b> El nivel de conocimiento teórico del sistema de distribución de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. Se sitúa en un nivel medio.</p> <p><b>Ho</b> El nivel de conocimiento teórico del sistema de distribución de gas inerte de un buque tanque petrolero en los egresados ENAMM, 2020. No se sitúa en un nivel medio.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de distribución de gas inerte</li> </ul>	<p>al usar La Torre de Lavado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Válvula Reguladora de la Presión de Gas Inerte y Dispositivos de Recirculación</li> <li>• Función de los Dispositivos de No-Retorno</li> <li>• Ventajas de una Planta de Gas Inerte</li> <li>• Desventajas del Generador de Gas Inerte</li> <li>• El Analizador de Oxígeno</li> <li>• Procedimiento de Operación del Analizador de Oxígeno</li> <li>• Líneas de Gas Inerte</li> <li>• Operación de la Planta de Gas Inerte</li> <li>• Procedimientos de Arranque</li> <li>• Procedimientos de Parada</li> <li>• Comprobaciones de Seguridad con la Planta Parada</li> <li>• Posibles Fallos de la Planta de Gas Inerte y Medidas a ser Tomadas</li> </ul>
---	---	---	--	---	--

ENFOQUE	TIPO	NIVEL	MÉTODO	DISEÑO	POBLACIÓN	MUESTRA	ANÁLISIS DE DATOS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS
CUANTITATIVO	BÁSICA	DESCRIPTIVO	HIPOTETICO-DEDUCTIVO	NO EXPERIMENTAL	EGRESADOS DE LA ENAMM, 2020.	50 EGRESADOS DE LA ENAMM, 2020.	SOFTWARE SPSS VERSION 25. ESTADISTICA DESCRIPTIVA. TABLA DE FRECUENCIAS Y PORCENTAJES. GRAFICOS DE BARRAS.	ENCUESTA	CUESTIONARIO

## ANEXO 2

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Densidad Relativa de Líquido:** Masa de un líquido a una temperatura dada en comparación a la masa de un volumen igual de agua a la misma temperatura o a otra temperatura diferente dada.

**Densidad Relativa de Vapor:** Masa de un volumen de vapor en comparación a la masa de un volumen igual de aire, ambos a las mismas condiciones estándar de presión y temperatura.

**Desgasificación:** Extracción de gases tóxicos, inflamables, gas inerte o vapores de un tanque seguido de la introducción de aire puro.

**Desgasificar:** Se refiere al proceso de introducir aire fresco en un tanque con el objeto de remover los gases tóxicos, inflamables e inertes, y aumentar su contenido de oxígeno hasta un 21 % en volumen.

**Detector de Gas Combustible:** Instrumento usado para detectar gases de hidrocarburos combustibles, usando generalmente un filamento calentado de un metal especial para quemar el gas catalíticamente y medir la concentración de gas como un porcentaje de su LEL. No existe un instrumento apropiado para todos los vapores combustibles.

**Espacio Vacío (Void Space):** Espacio cerrado en el área de carga, externo al sistema de contención de la carga y que no es un espacio de contención, de lastre, fuel o petróleo, ni la sala de compresores o cualquier espacio normalmente usado por el personal.

**Estado inerte:** Es el estado en que se encuentra un tanque con una atmósfera cuyo contenido de oxígeno en todo el tanque se ha reducido al 8 % o menos en volumen, debido a la adición del gas inerte.

**Gas inerte:** Gas inerte significa un gas o una mezcla de gases, tales como los provenientes de la combustión de las calderas, que no contienen oxígeno en cantidad suficiente para mantener la combustión de los hidrocarburos. Además no reacciona con la carga. Otros gases inertes son el Nitrógeno, el Dióxido de Carbono o el Helio.

**Inertizar:** Se refiere al proceso de introducir gas inerte en un tanque para que éste alcance el

estado inerte al que antes nos referimos.

**Planta de gas inerte:** Es todo el equipo especialmente instalado para suministrar, enfriar, limpiar, controlar, etc., el suministro de gas inerte a los tanques de carga.

**Purgar:** Se refiere al proceso de introducir gas inerte en un tanque que ya está en estado inerte, con el objeto de reducir el contenido de gases hidrocarburos a un nivel tal que no se pueda mantener la combustión en el caso de que se admita aire después en el tanque y reducir todavía más el contenido de oxígeno.

**Rellenar:** Se refiere al proceso de introducir gas inerte en un tanque que ya está en estado inerte, para aumentar la presión dentro del tanque, con el objeto de evitar la entrada de aire al tanque.

**Sistema de distribución de gas inerte:** Se refiere a todas las tuberías, válvulas y accesorios que se utilizan para distribuir el gas inerte procedente de la planta a los tanques de carga. Así mismo también se usan para exhaustar los gases a la atmósfera y para evitar excesos de presión o vacío en los tanques.

**Sistema de gas inerte:** Está formado por el acoplamiento de una planta de gas inerte y un sistema de distribución de gas inerte. Este conjunto posee medios para impedir que los gases de la carga retrocedan a los espacios de máquinas, aparatos de control e instrumentos de medida fijos y portátiles.

### ANEXO 3

#### OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE CONOCIMIENTO TEÓRICO DEL SISTEMA DE GAS INERTE DE UN BUQUE TANQUE PETROLERO

Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones/Indicadores				Escala de medición																															
<p>Conocimiento refiere a hechos o información adquiridos por una persona a través de la experiencia o la educación, la comprensión teórica o práctica de un asunto referente a la realidad. Para este caso, el Sistema de gas inerte de un buque tanque petrolero.</p>	<p>Se elaboró un cuestionario tipo dicotómico con 30 preguntas. Cada uno de los indicadores están relacionados con las dimensiones: Uso del gas inerte; Generador de gas inerte de combustión estequiométrica; Sistema de distribución de gas inerte.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="696 437 1160 475">Dimensiones</th> <th data-bbox="1160 437 1525 475">Indicadores</th> <th data-bbox="1525 437 1727 475">Ítems</th> <th data-bbox="1727 437 1989 475">Niveles y rangos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="696 475 1160 1002" rowspan="7">Uso del gas inerte</td> <td data-bbox="1160 475 1525 539">Supresión de Inflamabilidad por Gas Inerte</td> <td data-bbox="1525 475 1727 539">1,2</td> <td data-bbox="1727 475 1989 1002" rowspan="7">Bajo 0-9</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1160 539 1525 603">División de Espacios de un Buque Tanque Petrolero</td> <td data-bbox="1525 539 1727 603">3,4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1160 603 1525 715">Método de Reemplazo de Atmósfera en un Tanque</td> <td data-bbox="1525 603 1727 715">5,6</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1160 715 1525 762">La Caldera</td> <td data-bbox="1525 715 1727 762">7,8</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1160 762 1525 826">Protección de los Tanques de Carga</td> <td data-bbox="1525 762 1727 826">9,10</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1160 826 1525 890">Inertización de Tanques Vacíos y Desgasificados</td> <td data-bbox="1525 826 1727 890">11,12</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1160 890 1525 1002">Operación de Carga</td> <td data-bbox="1525 890 1727 1002">13,14</td> </tr> <tr> <td data-bbox="696 1002 1160 1401" rowspan="6">Generador de gas inerte de combustión estequiométrica</td> <td data-bbox="1160 1002 1525 1066">Unidad de Producción de Gas Inerte</td> <td data-bbox="1525 1002 1727 1066">16</td> <td data-bbox="1727 1002 1989 1401" rowspan="6">Medio 10-19</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1160 1066 1525 1129">Enfriado y Secado del Gas Inerte</td> <td data-bbox="1525 1066 1727 1129">17</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1160 1129 1525 1225">Precauciones que deben ser tomadas al usar La Torre de Lavado</td> <td data-bbox="1525 1129 1727 1225">18</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1160 1225 1525 1305">Válvula Reguladora de la Presión de Gas Inerte y Dispositivos de Recirculación</td> <td data-bbox="1525 1225 1727 1305">19</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1160 1305 1525 1369">Función de los Dispositivos de No-Retorno</td> <td data-bbox="1525 1305 1727 1369">20</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1160 1369 1525 1401">Ventajas de una Planta de</td> <td data-bbox="1525 1369 1727 1401">21</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Niveles y rangos	Uso del gas inerte	Supresión de Inflamabilidad por Gas Inerte	1,2	Bajo 0-9	División de Espacios de un Buque Tanque Petrolero	3,4	Método de Reemplazo de Atmósfera en un Tanque	5,6	La Caldera	7,8	Protección de los Tanques de Carga	9,10	Inertización de Tanques Vacíos y Desgasificados	11,12	Operación de Carga	13,14	Generador de gas inerte de combustión estequiométrica	Unidad de Producción de Gas Inerte	16	Medio 10-19	Enfriado y Secado del Gas Inerte	17	Precauciones que deben ser tomadas al usar La Torre de Lavado	18	Válvula Reguladora de la Presión de Gas Inerte y Dispositivos de Recirculación	19	Función de los Dispositivos de No-Retorno	20	Ventajas de una Planta de	21	<p>ORDINAL</p>
Dimensiones	Indicadores	Ítems	Niveles y rangos																																		
Uso del gas inerte	Supresión de Inflamabilidad por Gas Inerte	1,2	Bajo 0-9																																		
	División de Espacios de un Buque Tanque Petrolero	3,4																																			
	Método de Reemplazo de Atmósfera en un Tanque	5,6																																			
	La Caldera	7,8																																			
	Protección de los Tanques de Carga	9,10																																			
	Inertización de Tanques Vacíos y Desgasificados	11,12																																			
	Operación de Carga	13,14																																			
Generador de gas inerte de combustión estequiométrica	Unidad de Producción de Gas Inerte	16	Medio 10-19																																		
	Enfriado y Secado del Gas Inerte	17																																			
	Precauciones que deben ser tomadas al usar La Torre de Lavado	18																																			
	Válvula Reguladora de la Presión de Gas Inerte y Dispositivos de Recirculación	19																																			
	Función de los Dispositivos de No-Retorno	20																																			
	Ventajas de una Planta de	21																																			

			Gas Inerte			
			Desventajas del Generador de Gas Inerte	22		
			El Analizador de Oxígeno	23		
			Procedimiento de Operación del Analizador de Oxígeno	24		
		Sistema de distribución de gas inerte	Líneas de Gas Inerte	25		
			Operación de la Planta de Gas Inerte	26		
			Procedimientos de Arranque	27		
			Procedimientos de Parada	28		
			Comprobaciones de Seguridad con la Planta Parada	29		
			Posibles Fallos de la Planta de Gas Inerte y Medidas a ser Tomadas	30		

## ANEXO 4

### CUESTIONARIO DEL CONOCIMIENTO TEÓRICO DEL SISTEMA DE GAS INERTE DE UN BUQUE TANQUE

#### INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

A continuación se le presenta un cuestionario, que forma parte del proceso de recolección de datos de un trabajo de investigación científica

Empresa: \_\_\_\_\_ Grado: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Leer cuidadosamente cada pregunta antes de responder. Marcar con una equis "X" la respuesta correcta. No deje de responder ninguna pregunta. Este test es ANÓNIMO.

#### GAS INERTE

1.- A condiciones normales, el porcentaje de oxígeno en la atmósfera es del:

- a) 18.8 %
- b) 19.8 %
- c) 20.8 %

2.- Si se \_\_\_\_\_ la disponibilidad de oxígeno hasta un grado suficiente, se obtendrá que la mezcla no sea inflamable, independientemente del contenido de vapores de hidrocarburos que se encuentren presentes en ella.

- a) aumenta.
- b) reduce.
- c) mantiene.

3.- La temperatura más baja a la que el líquido puede desarrollar vapor suficiente para formar una mezcla inflamable con el aire es:

- a) LEL (Límite Inferior de Explosividad/Lower Explosive Limit).
- b) UEL (Límite Superior de Explosividad/Upper Explosive Limit).
- c) Flash Point (Punto de Inflamación).

4.- La temperatura de autoignición de una sustancia es la temperatura a la que debe \_\_\_\_\_ el vapor en el aire para que produzca una ignición espontánea.

- a) calentarse.
- b) enfriarse.
- c) desaparecer.

5.- A mayor concentración de oxígeno en una mezcla inflamable, origina un \_\_\_\_\_ del rango de inflamabilidad.

- a) descenso.
- b) incremento.
- c) límite.

6.- A mayor concentración de oxígeno en una mezcla inflamable, produce un \_\_\_\_\_ de la energía necesaria para que se produzca la ignición.

- a) descenso.
- b) incremento.
- c) límite.

7.- Ventajas de una planta de Gas Inerte:

- a) Puede suministrarse continuamente en cualquier momento.
- b) Es muy barato, en comparación al nitrógeno puro, el metano u otro producto, ya que solo requieren ser quemados unas toneladas de gas oil o fuel oil.
- c) **Todas las anteriores.**

8.-, Consideraciones que se debe tener en cuenta antes de enviar el gas inerte a los tanques?

- a) El gas debe ser más pesado que los otros gases de hidrocarburo.
- b) El gas debe ser enviado a tierra para ser analizado por expertos.
- c) **El gas debe ser enfriado y limpiado con agua para eliminar partículas sólidas(hollín).**

## DEFICIONES BÁSICAS DE GAS INERTE

9. – ¿Qué es Gas Inerte?

- a) Es un gas que se obtiene eliminando el exceso de oxígeno mediante el proceso de combustión reduciendo del 21% al 1-4% del volumen total.
- b) Es un gas o mezcla de gases tales como los de la combustión de calderas cuyo contenido de oxígeno es tan bajo que no permitiría la combustión de hidrocarburos.
- c) **d) Todas las anteriores.**

10.- Que es el punto de Ignición?

- a) **Conjunto de condiciones físicas necesarias para que la sustancia empiece a arder al acercar una fuente de calor.**
- b) Conjunto de condiciones químicas para que una sustancia empiece a arder al acercar una fuente de calor.
- c) Temperatura máxima que se requiere para que una sustancia este en combustión.

11.- Definición de Purgado: Es la acción de inyectar gas inerte a un tanque el cual ya está en condición inerte, con la intención de \_\_\_\_\_ aún más el contenido de oxígeno actual y/o \_\_\_\_\_ la existencia de gases de hidrocarburo a un nivel bajo.

- a) **minimizar/minimizar.**
- b) aumentar/minimizar.
- c) aumentar/aumentar.

12.- El sistema de ventilación que se usa para mantener las presiones en el interior del tanque y prevenir un daño estructural al momento de ser sometidos a excesiva presión o vacío, está compuesto de:

- a) Sistema de lavado de tanques.
- b) Regulador de Presión/Vacío (P/V Breaker).
- c) **Solo la "a" es incorrecta.**

13.- ¿Qué es Válvula de Presión y Vacío?

- a) Son válvulas de alivio que protegen al tanque contra sobrepresiones o implosiones(vacío).
- b) Válvulas diseñadas para proveer protección contra presión o vacío de pequeños volúmenes de vapor de hidrocarburo, aire o gas inerte.
- c) **Todas las anteriores.**

14.- Se dice que un tanque se encuentra inertizado cuando:

- a) El contenido de oxígeno en la atmósfera del tanque se ha reducido a 16% o menos en volumen por la adición de gas inerte.

- b) El contenido de oxígeno en la atmósfera del tanque se ha reducido a 14% o menos en volumen por la adición de gas inerte.
- c) El contenido de oxígeno en la atmósfera del tanque se ha reducido a 8% o menos en volumen por la adición de gas inerte.

15.- Definición de buque tanque:

- a) Es aquel buque de carga construido o adaptado y utilizado para el transporte de tanques.
- b) Es aquel buque de carga construido o adaptado y utilizado para el transporte de carga rodada.
- c) Es aquel buque de carga construido o adaptado y utilizado para el transporte a granel de cualquiera de los productos líquidos de naturaleza inflamable.

16.- Definición de "Inertización":

- a) Es la introducción de gases de hidrocarburo en un tanque, con el objeto de lograr la condición inerte.
- b) Es la introducción de gas inerte en un tanque, con el objeto de lograr la condición inerte.
- c) Es la introducción de oxígeno en un tanque, con el objeto de lograr la condición inerte.

#### DIVISION DE ESPACIOS DE UN BUQUE TANQUE PETROLERO

17.- ¿Qué es Zona Segura?

- a) Esta zona incluye los tanques de carga, tanques de lastre y sala de bomba. Donde existen concentraciones de gases de hidrocarburo que puede ser inflamables y tóxicos a la vez.
- b) Esta zona se encuentra segura de gases de hidrocarburo, ya que cuenta con un cofferdam, ubicado en el límite de la sala de máquinas y la sala de bombas.
- c) Esta zona abarca toda la cubierta de carga, donde por el diseño de la ventilación de los tanques de carga, no debería haber presencia de gases de hidrocarburo. Pero esto es condicional a factores climáticos que pudieran desviar los gases de hidrocarburo a cubierta.

18.- ¿Qué es Zona de Riesgo?

- a) Esta zona incluye los tanques de carga, tanques de lastre y sala de bomba. Donde existen concentraciones de gases de hidrocarburo que puede ser inflamables y tóxicos a la vez.
- b) Esta zona se encuentra segura de gases de hidrocarburo, ya que cuenta con un cofferdam, ubicado en el límite de la sala de máquinas y la sala de bombas.
- c) Esta zona abarca toda la cubierta de carga, donde por el diseño de la ventilación de los tanques de carga, no debería haber presencia de gases de hidrocarburo. Pero esto es condicional a factores climáticos que pudieran desviar los gases de hidrocarburo a cubierta.

19.- ¿Qué es Zona de Peligro?

- a) Esta zona incluye los tanques de carga, tanques de lastre y sala de bomba. Donde existen concentraciones de gases de hidrocarburo que puede ser inflamables y tóxicos a la vez.
- b) Esta zona se encuentra segura de gases de hidrocarburo, ya que cuenta con un cofferdam, ubicado en el límite de la sala de máquinas y la sala de bombas.
- c) Esta zona abarca toda la cubierta de carga, donde por el diseño de la ventilación de los tanques de carga, no debería haber presencia de gases de hidrocarburo. Pero esto es

condicional a factores climáticos que pudieran desviar los gases de hidrocarburo a cubierta.

## MÉTODO DE REEMPLAZO DE ATMÓSFERA EN UN TANQUE

20.- En que consiste el método de DILUCION

- a) El gas Inerte que ingresa, no se puede mezclar con la atmosfera original debido a que es un gas más pesado.
- b) el gas inerte que ingresa, se mezcla con la atmósfera original del tanque y forma una mezcla homogénea.
- c) La atmósfera total del tanque se reemplaza por el volumen equivalente del gas inerte.

21.- De que depende la Inertización por desplazamiento?

- a) depende del hecho de que el gas inerte sea más pesado que los gases de hidrocarburo.
- b) depende del método de producción del gas inerte.
- c) depende del hecho de que el gas inerte sea levemente más liviano que los gases de hidrocarburo.

22.- Para impedir el retorno, hacia la sala de máquinas, de vapores y/o gases provenientes de los tanques de carga, se instalará como mínimo 2 dispositivos de retención, los cuales serán:

- a) Válvula P/V y P/V Breaker.
- b) Válvula P/V y Tanque de sello de cubierta.
- c) Tanque de sello de cubierta y Válvula anti-retorno o algún equivalente.

23.- Definición de hidrocarburo:

- a) Es un químico extremadamente frío, en estado líquido.
- b) Es un gas, incoloro, inodoro, insípido y muy reactivo.
- c) Es el petróleo en todas sus manifestaciones, incluidos los crudos de petróleo, fuel-oil, los fangos, los residuos petrolíferos y los productos de refinación.

24.- Elementos del Triángulo de Inflamabilidad:

- a) Temperatura, oxígeno y combustible.
- b) Calor, comburente y combustible.
- c) Todas las anteriores.

## CONVENIOS Y CODIGOS REFERENTES AL GAS INERTE

25.- El Convenio SOLAS establece que todo buque tanque de peso muerto igual o superior a \_\_\_\_\_, deberá contar con un sistema de gas inerte.

- a) 5000 ton.
- b) 10000 ton.
- c) 20000 ton.

26.- El Código Internacional de Sistemas de Seguridad Contra Incendios (Código SSCI) menciona que el sistema de gas inerte será utilizado de tal manera que la atmósfera de los tanques de carga no sea \_\_\_\_\_ en ningún momento.

- a) inflamable.
- b) radioactivo.
- c) tóxico.

27.- Respecto a las políticas generales de control de atmósfera de carga del Código IGS (1990), los buques deberán cumplir con:

- a) El oxígeno debe mantenerse al 8% o menos y con un volumen positivo en todos los tanques.
- b) Los tanques de carga deben mantenerse en no inflamables en todo momento.
- c) Todas las anteriores.

28.- ISGOTT:

- a) Una guía estándar sobre la operación segura de buques tanque y terminales petroleras a las cuales suministran.
- b) Un instrumento básico internacional muy importante que trata de una serie de medidas específicas para mejorar la seguridad abordo de las naves.
- c) Un sistema de control de calidad que trata de introducir un standard común y aceptable de seguridad a la forma de operar y administrar las naves, y para minimizar el riesgo de polución al medio ambiente.

29.- Principios básicos para la operación de la planta de Gas Inerte:

- a) Arranque de la planta de gas inerte.
- b) cantidad de producción de gas inerte.
- d) A y B.

30.- Desventajas del Generador de Gas Inerte:

- a) El gas inerte se suministra continuamente en cualquier momento.
- b) EL gas inerte generado es muy pesado a comparación con los gases de hidrocarburo.
- c) El gas inerte contiene ciertos componentes que podrían resultar perjudiciales para determinadas cargas. Estos componentes podrían formar otros componentes que podrían ser considerados como contaminantes.

## **ANEXO 5**

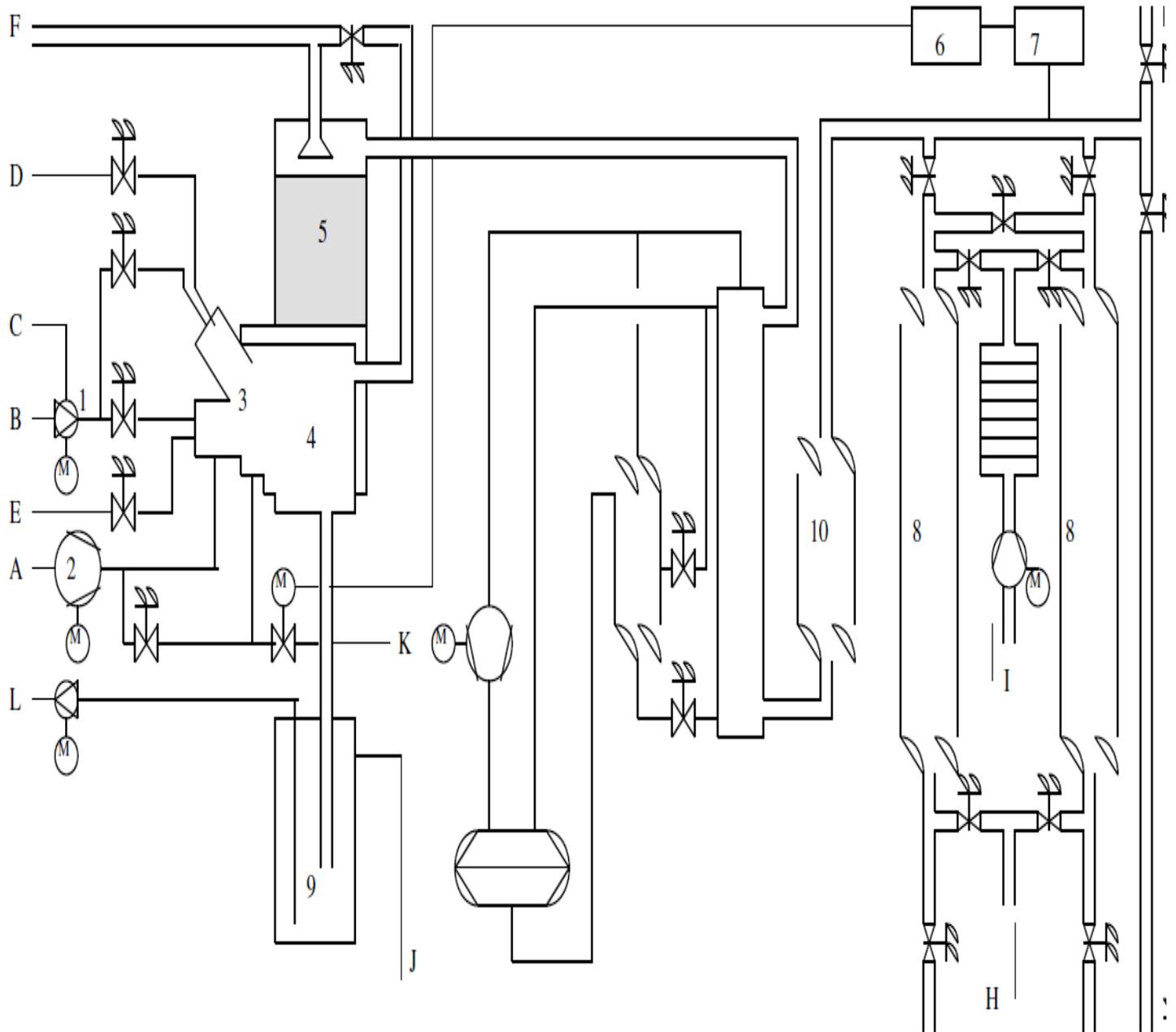
### **VALIDACIONES A CRITERIO DE JUECES EXPERTOS**

## **ANEXO 6**

### **DOCUMENTO DE CONFORMIDAD DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

## ANEXO 7

### DIAGRAMA GENERAL DE UN GENERADOR DE GAS INERTE



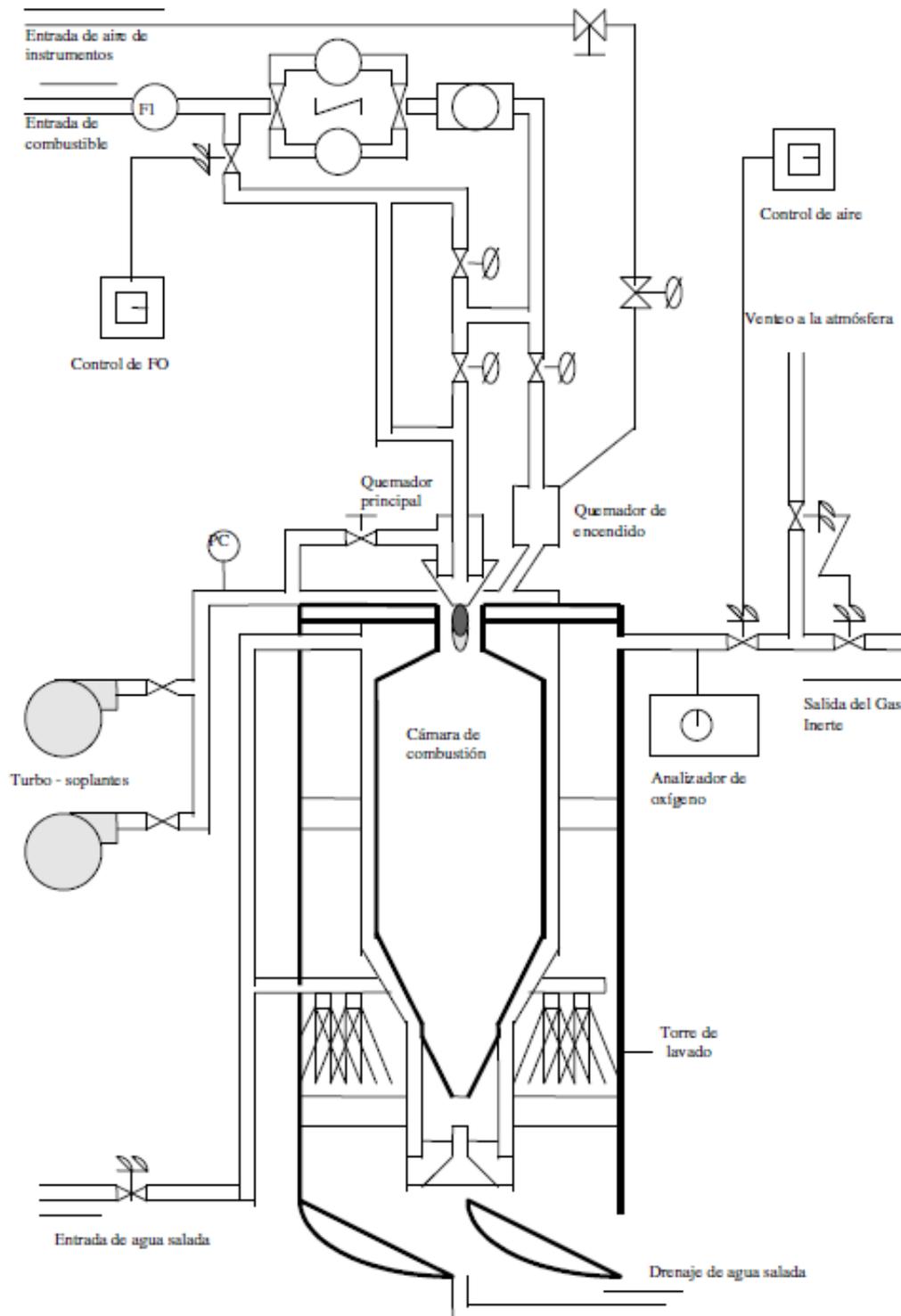
FUENTE: Solares, (2018, p. 43).

## **RELACIÓN DE LOS CÓDIGOS**

- A ..... Entrada de aire
- B ..... Entrada de combustible
- C ..... Retorno de combustible
- D ..... Entrada de aire de instrumentos
- E ..... Entrada de vapor de agua
- F ..... Entrada de agua de refrigeración
- G ..... Salida de purga de Gas Inerte
- H ..... Salida de purga del aire de regeneración
- I ..... Entrada del aire de regeneración
- J ..... Salida de agua de refrigeración
- K ..... Salida de aire
- L ..... Salida de agua de refrigeración y condensado
- N ..... Salida del Gas Inerte a los tanques
- 1 ..... Bomba de combustible
- 2 ..... Soplante
- 3 ..... Quemador y quemador de encendido con detector de llama
- 4 ..... Cámara de combustión
- 5 ..... Torre de lavado y enfriado
- 6 ..... Controlador de presión
- 7 ..... Analizador de Oxígeno
- 8 ..... Secador por absorción
- 9 ..... Sello de agua
- 10 ..... Dehumidificador

## ANEXO 8

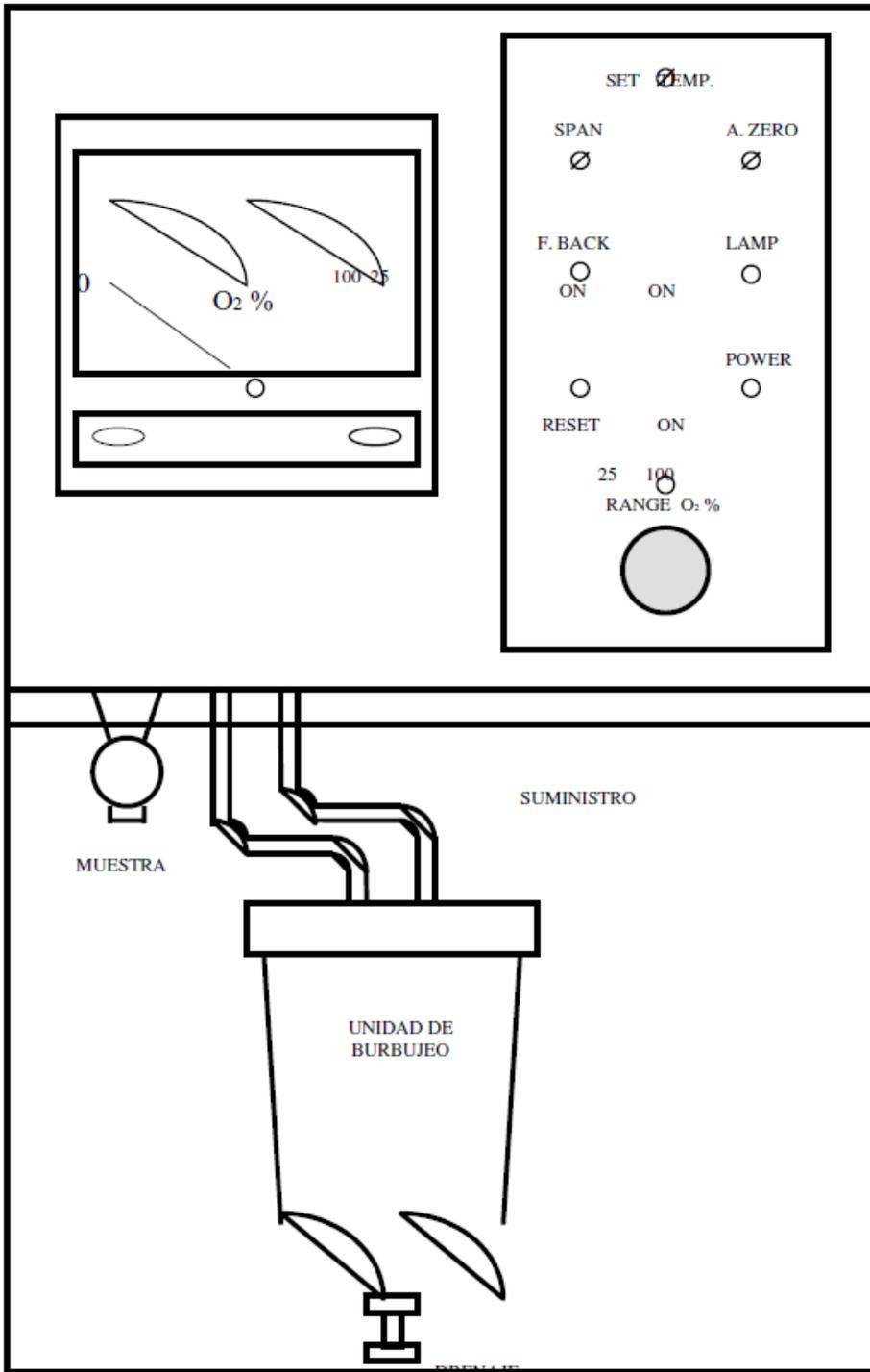
### DIAGRAMA DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE GAS INERTE



FUENTE: Solares, (2018, p. 43).

# ANEXO 9

## VISTA FRONTAL DEL ANALIZADOR DE OXÍGENO



FUENTE: Solares, (2018, p. 66).