

SECCIÓN II

AREA DE OPERACIÓN Y CARACTERISTICAS DEL TERMINAL PORTUARIO

2.1. UBICACIÓN DEL TERMINAL Y ÁREA DE OPERACIONES

2.1.1 UBICACIÓN DEL TERMINAL

El actual Terminal Submarino Multiboyas Punta Arenas es un amarradero de boyas, ubicado aproximadamente a 1,700 metros de la línea de costa, en un área de mar abierto, caracterizada por fuertes vientos que varían horariamente con un comportamiento secuencial y reiterativo y oleaje combinado del tipo Swell y del tipo Sea, cuya dirección y altura de ola significativa están determinadas por la pendiente y orientación del fondo marino y en menor grado por la fuerza y dirección del viento predominante.

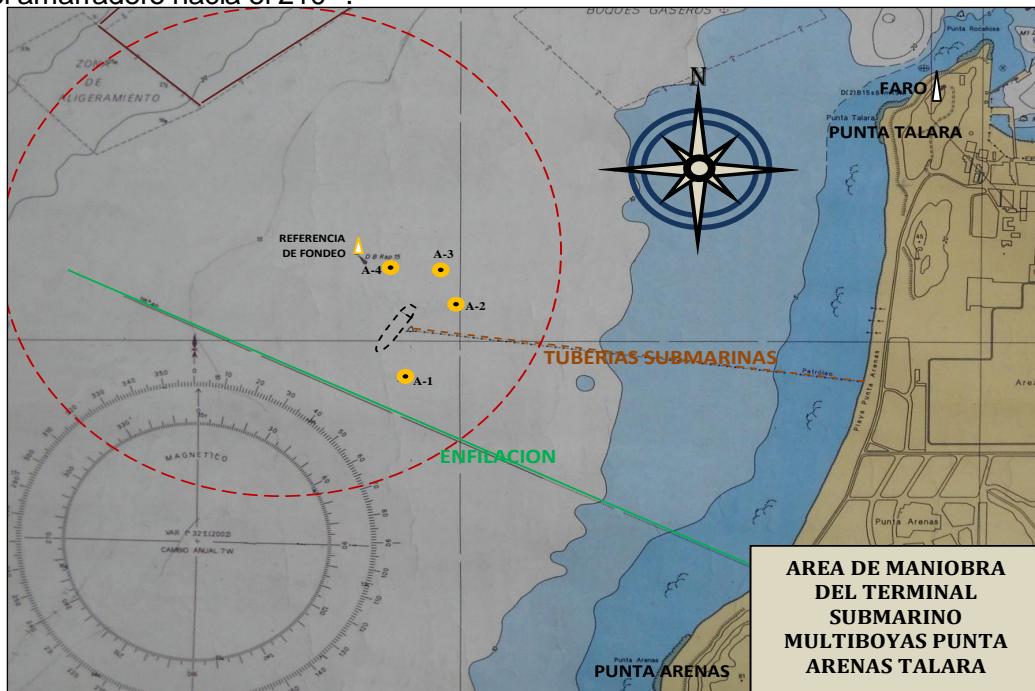
2.1.2 AREA DE OPERACIONES

El área de operaciones, está constituida por el fondeadero, la ruta de aproximación y el amarradero de boyas existiendo para esta área señales de enfilación instaladas en tierra y las mismas boyas de amarre, especialmente la boya A-1 sirven de referencia para la maniobra de ingreso de los buques tanque.

2.2. CARACTERÍSTICAS Y POSICIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE OPERACIONES

2.2.1 EI AREA DE PUNTA ARENAS TALARA

El área donde se encuentra el Terminal Submarino Multiboyas Punta Arenas, es una zona de mar abierto con pendiente suave y fondo de arena fina, ubicada a aproximadamente 1,500 metros de la línea de costa, donde las corrientes, influenciadas por las corrientes oceánicas tienen una dirección prevaleciente hacia Nor-Noroeste, y donde no hay protección del oleaje, que en la zona del amarradero se mueve hacia el Noroeste lo que determina una orientación del amarradero hacia el 210°.





ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

2.2.2 INFLUENCIA DEL OLEAJE

En el área marítima del Terminal Submarino de Punta Arenas, las olas presentan una altura predominante Hs de 0.50 metros en condiciones normales y pueden llegar a alcanzar alturas hasta de 2.5 metros en condiciones adversas de mar.

El frente ortogonal de olas en la ubicación del terminal tiene una dirección predominante hacia el 030°, por lo que el amarradero está orientado hacia el 210° de modo que las olas en condiciones normales, solo ocasionan un leve movimiento de cabeceo en el buque amarrado; sin embargo, durante la aproximación el buque recibe las olas por la banda de estribor, lo que genera movimientos de guiñada de la proa que sacan al buque de su rumbo y movimientos de balance que dificultan al remolcador empujar por una banda especialmente en condiciones adversas de mar.

2.2.3 INFLUENCIA DE LAS CORRIENTES

Las corrientes en el área del amarradero tienen una dirección predominante hacia el Nor noroeste, paralelas a la línea de costa, y ocasionalmente en verano el sentido de las corrientes se invierte por lo que, en este caso, inciden por la popa cuando el buque se encuentra amarrado sin ocasionar esfuerzos notables sobre el buque amarrado.

Durante la aproximación las corrientes inciden generalmente por la banda de estribor del buque, generando un efecto de deriva lateral.

2.2.4 PRECAUCIONES AMBIENTALES

Por el riesgo de contaminación ambiental que implica operar en un terminal de amarre para buques tanque, el Práctico debe verificar que las condiciones existentes en el área son normales y/o aceptables, previo a efectuar su labor de practica en la maniobra de ingreso, especialmente cuando se han anunciado condiciones adversas de mar.

Si el buque se encuentra amarrado y se presentan condiciones adversas de mar que dificultan la continuidad de las operaciones en el Terminal, corresponde al Capitán y/o al Inspector de Embarque de Petroperú presente, tomar las acciones necesarias (incluso desconectar las mangas del buque) en previsión de accidentes o riesgos de contaminación y evaluar la permanencia del buque en el terminal o salir a fondear, en espera de que estas condiciones retornen a la normalidad.

2.3. COMPONENTES DEL AREA DE OPERACIONES DEL TERMINAL SUBMARINO PUNTA ARENAS

2.3.1 PUNTOS CONSPICUOS EN EL AREA DE OPERACIONES

Para la aproximación al Terminal Submarino de Punta Arenas, los Puntos conspicuos más visibles en el área son los tanques y el grupo de antenas, ubicados en la parte alta del acantilado de la Punta denominada Punta Arenas los cuales resaltan a la vista durante el día desde el fondeadero, porque estando en el borde superior del acantilado de Punta Talara, se recortan contra el cielo.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

2.3.2 DESCRIPCION Y UBICACIÓN DEL FONDEADERO

En el Puerto de Talara existe un área de fondeadero para buques tanques, de forma rectangular, de 2,100 metros de largo y 500 metros de ancho, orientada en dirección Noreste – Suroeste, con su centro en dirección 290° y a 1.1 millas del faro de Punta Talara.

En este fondeadero, donde existen profundidades de 17 a 19 metros, los buques puedan esperar al ancla hasta ser declarados en “Libre Plática” o pueden permanecer fondeados cuando las condiciones de mar no permitan ingresar o quedarse en el amarradero en condiciones seguras. A continuación se muestra el cuadro de coordenadas de los vértices del fondeadero.

COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LOS VERTICES DEL AREA DE FONDEADERO PARA BUQUES TANQUES EN TALARA

PUNTOS	LATITUD S	LONGITUD W	UTM-N	UTM-E
Punto A.	04°33'50.0"	081°17'36.0"	9495535.823	467462.009
Punto B.	04°34'30.0"	081°18'30.0"	9494306.920	465798.646
Punto C	04°34'20.0"	081°18'41.0"	9494613.826	465459.577
Punto D	04°33'35.0"	081°17'46.0"	9495996.274	467153.693

2.3.3 DISPOSITIVO DE SEPARACIÓN DE TRAFICO MARÍTIMO

El Terminal Submarino de Punta Arenas es un terminal de mar abierto en un área cuyo fondo tiene una pendiente leve con isóbatas paralelas a la línea de costa, por lo que no existe un canal de acceso; sin embargo, por razones de seguridad se ha establecido un dispositivo de separación de Tráfico Marítimo, registrado en el portulano de Talara HIDRONAV 1126, que muestra un canal de entrada, cuya línea central de dirección 070°, pasa por el punto Latitud 04° 34' 06" Longitud 081° 19'30" S y un canal de salida cuya línea central de dirección 290°, pasa por el punto Latitud 04° 32' 66" Longitud 081° 19'30".

2.3.4 OTRAS INSTALACIONES CERCANAS AL ÁREA DE OPERACIONES

Hacia el lado sur del Terminal Submarino Multiboyas Punta Arenas, existen varias plataformas petroleras, estando la más cercana a una milla en dirección SSE del Terminal.

2.3.5 EMBARCACIÓN Y EQUIPOS DE CONTENCION DE DERRAME

Refinería Talara dispone para la protección ambiental de sus instalaciones de una embarcación de apoyo para el tendido de una barrera preventiva de control de derrames, durante las operaciones de transferencia de hidrocarburos en el Terminal Multiboyas de Punta Arenas. Actualmente la barcaza “Aguaytia” que se encuentra ubicada en el amarradero N°4, se encuentran embarcados los equipos de barrera de contención, así como un skimmer con su respectivo Power Pack y carrete con juego de mangueras de succión, flotadores para skimmer, bombas de transferencia, mangueras flotadoras, y tanques flotantes que conforman el dispositivo de control de derrames del Terminal esta será remolcada hacia el terminal submarino por una lancha principal dedicada a este servicio.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

2.4. ÁREA DE MANIOBRAS

El área de maniobra del Terminal Submarino Multiboyas Punta Arenas es un área de mar abierto, de aproximadamente 0.74 millas cuadradas, que abarcan el sector norte del fondeadero, el área del amarradero propiamente dicho y el sector de la ruta de aproximación. La profundidad promedio en el amarradero, es de 14 metros hasta el nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias, mientras que en la ruta de aproximación las profundidades son mayores alcanzando los 32 metros en el área del fondeadero para buques tanque.

2.4.1 ESTACIÓN DE PRÁCTICO

El fondeadero para buques tanque se encuentra en zona de mar abierto, con una posición claramente definida y señalizada por la presencia del faro de Punta Talara, por lo que los buques que arriban al terminal submarino de Punta Arenas, proceden directamente al fondeadero donde se efectúan las inspecciones para el otorgamiento de la Libre platica.

El Práctico Marítimo asignado para dirigir la maniobra de ingreso al Terminal, se embarca normalmente en el fondeadero donde se efectúan la coordinaciones y pruebas antes de proceder al terminal Multiboyas del Buque tanque programado.

2.4.1. ÁREAS RESERVADAS PARA OTRAS INSTALACIONES

Está proyectada la instalación de un Nuevo Terminal Submarino para buques Aframax de un millón de barriles cuyo centro que estará ubicado a 1.650 metros en dirección 300° desde el centro del actual TSPA instalación que no existe actualmente pero que no interferirá con al actual Terminal Submarino de Punta Arenas.

2.5. DESCRIPCIÓN DEL TERMINAL

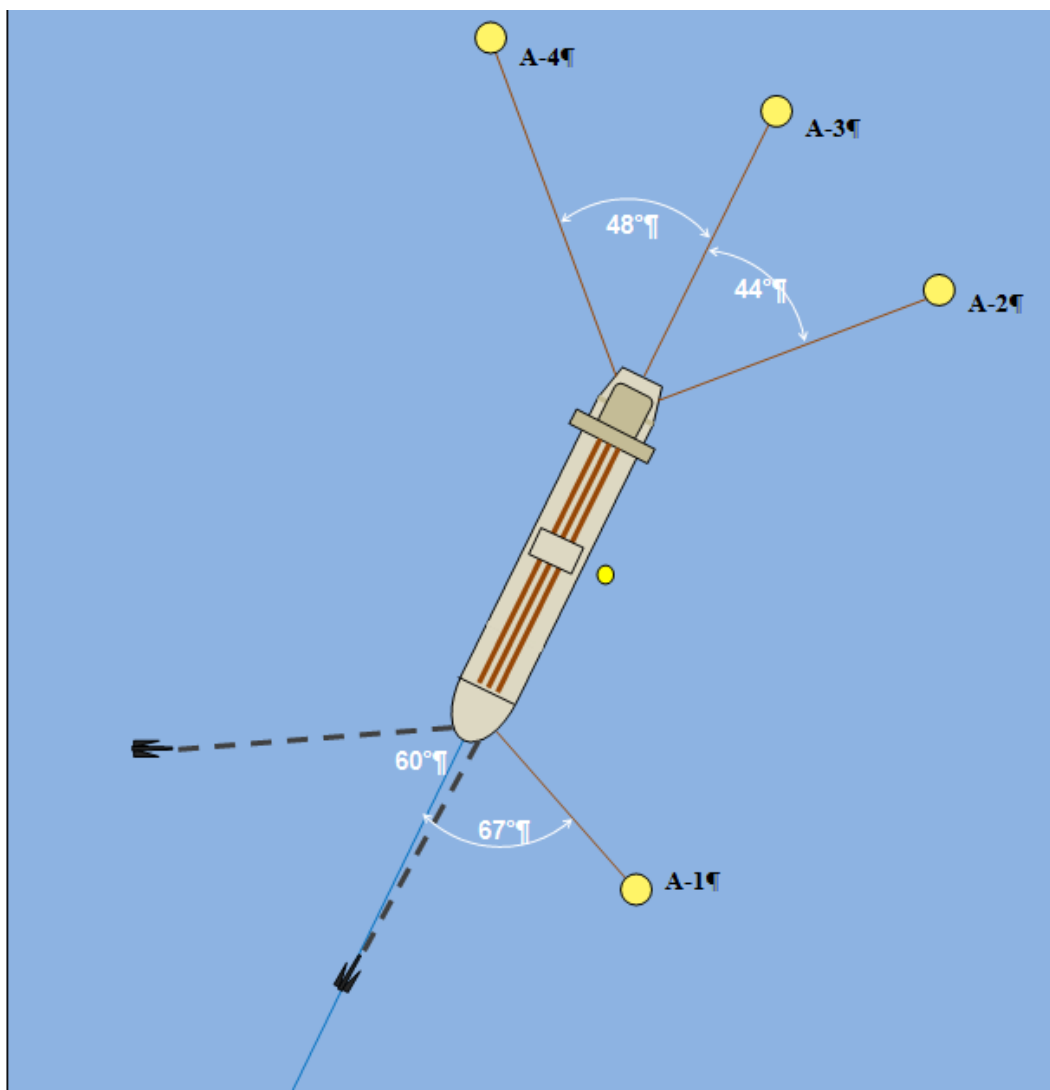
2.5.1 DISEÑO Y COMPONENTES DEL AMARRADERO

El Terminal Submarino Multiboyas Punta Arenas es un amarradero de boyas para buques tanque, con cuatro boyas de amarre distribuidas en los sectores de proa babor, popa babor, popa centro y popa estribor del buque amarrado, con ayuda de las anclas de estribor y de babor del buque.

El dispositivo de amarre está diseñado para mantener al buque tanque al costado del extremo de mar de las tuberías submarinas, a las que el buque se conecta por medio de dos trenes de mangas conformados por seis mangueras flexibles de 12" de diámetro.

La dirección de la proa del buque amarrado es de 210° por lo que las boyas de amarre están distribuidas en forma aproximadamente simétrica a esa dirección con el fin de que los esfuerzos sobre las espías de amarre se distribuyan lo más homogéneamente posible sobre las boyas de amarre y las anclas. Sin embargo el esfuerzo de cada elemento de sujeción del buque en el amarradero, depende principalmente de la dirección resultante de los factores ambientales, la cual debe incidir por la proa del buque, no obstante siendo el mar un medio dinámico, las direcciones de olas, vientos y mareas varían constantemente generando variaciones en los esfuerzos producidos sobre los elementos de sujeción del buque en el amarradero.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS



2.5.2 DISTRIBUCIÓN DE LAS BOYAS DE AMARRE

Las posiciones de las boyas de amarre con respecto a un buque típico de 230 metros de eslora amarrado en el Terminal Submarino Punta Arenas, con proa al Rv. 210°, fueron observadas durante la visita del perito de SMECS el día 04 de Junio del 2014 y se muestran en el siguiente cuadro:

Coordenadas de ubicación boyas de amarre

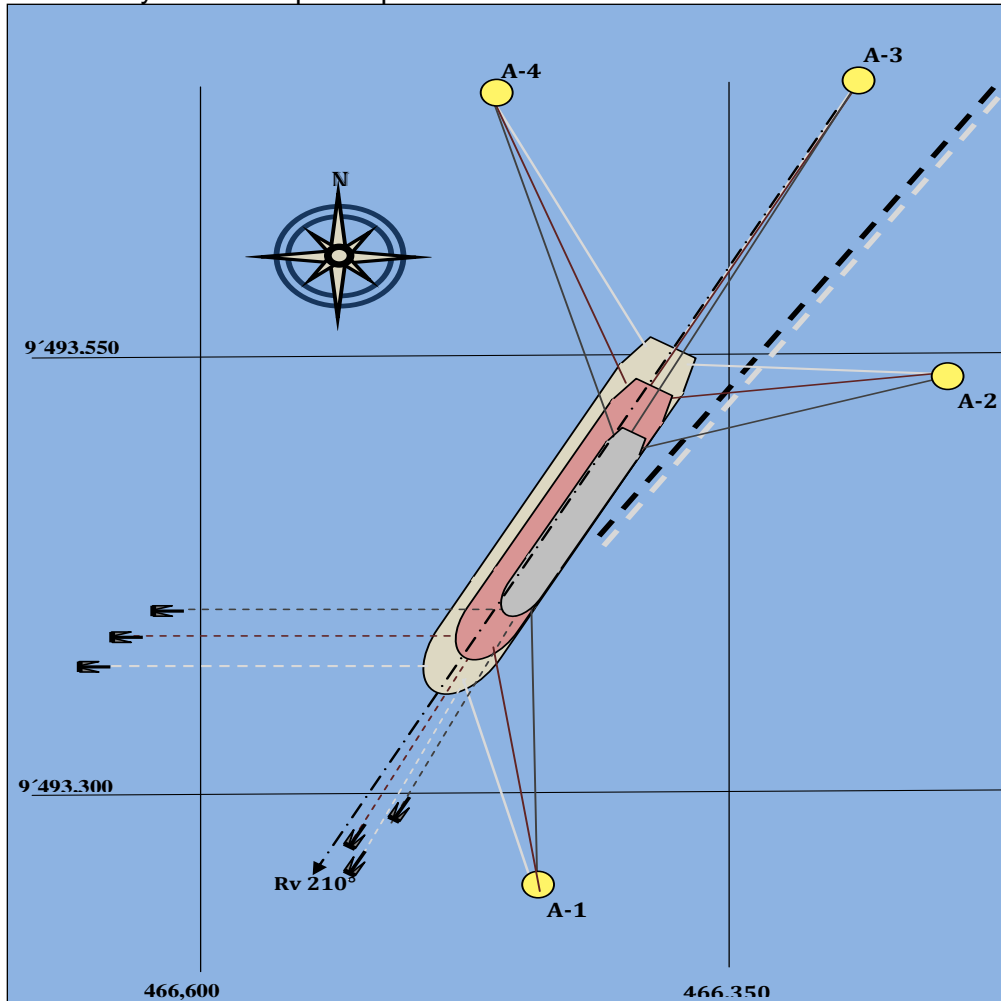
Puntos	Coordenadas		Observaciones
	Latitud Sur	Longitud Oeste	
Boya de amarre A1	04° 35' 05.891 "	81° 18' 06.552 "	ProaBabor
Boya de amarre A2	04° 34' 05.618 "	81° 18' 00.402 "	Popa Babor
Boya de amarre A3	04° 34' 50.925 "	81° 18' 08.459 "	Popa Centro
Boya de amarre A4	04° 35' 00.660 "	81° 18' 13.931 "	Popa Estribor

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

Una longitud apropiada de espías de amarre en este tipo de amarradero está entre los 150 y los 220 metros de cada boya, a partir de la respectiva guía de cabos por donde sale la espía del buque, lo que permite una adecuada elasticidad de las espías y la posibilidad de enganchar a boyas sin dificultad.

2.5.3 DISPOSITIVOS DE AMARRE DE BUQUES EN EL TERMINAL

A continuación se presenta un gráfico del dispositivo de amarre del Terminal Submarino de Punta Arenas en el que se muestran los tamaños de los buques de mayor porte, de porte intermedio y de menor porte que arriban a dicho terminal.



La dirección de la proa del buque amarrado, que genera menores esfuerzos en el dispositivo de amarre es la dirección geográfica 210° , la cual coincide con la recíproca de la dirección de movimiento del frente ortogonal de olas.

Los buques de diferentes tamaños fondearán el ancla de estribor y babor en la posición que corresponda a su eslora y amarrarán a cada una de las boyas de amarre con tres espías proa babor y popa babor, dos en popa estribor y dos en popa centro, de resistencia individual proporcional al desplazamiento del buque.

La distribución de las boyas, permite que los esfuerzos producidos sobre las espías de amarre se distribuyan homogéneamente considerando también el trabajo de las anclas.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

2.5.4 BOYAS DE AMARRE

Las boyas de amarre del Terminal Submarino Multiboyas Punta Arenas, son los elementos a flote con su respectivo sistema de anclaje a los cuales se enganchan las espías del buque, en el amarradero, para mantenerlo en posición al costado del extremo de mar de las tuberías submarinas.

2.5.5 CUERPO FLOTANTE

Las boyas de amarre son de forma cilíndrica, de 3.40 metros de diámetro con gancho de escape rápido. El cuerpo flotante de este modelo de boya tiene cuatro cámaras de flotación, con tapas de registro distribuidas simétricamente en cubierta, con respecto al gancho de amarre, y una cavidad para el gancho de amarre con plataforma inclinada de 1 metro de profundidad bajo la cubierta de la boya, en el centro y 0.5 metros de profundidad en el borde.

Cada una de las boyas está dotada de un gancho de amarre simple para enganchar las amarras del buque, diseñado para resistir con seguridad esfuerzos hasta de 60 toneladas.

Las boyas de amarre están distribuidas simétricamente dentro del área del amarradero, con respecto a la dirección en que debe quedar el buque amarrado, dirección que es determinada en función de la dirección significativa de olas, vientos y corrientes los cuales inciden sobre el buque produciendo esfuerzos sobre las boyas y su sistema de anclaje a través de las espías del buque mientras los mantienen en posición dentro del amarradero.



La posición de las boyas de amarre respecto a la troncal y a la dirección de la línea de crujía de la posición del buque amarrado es aproximadamente simétrica, permitiendo el amarre y la permanencia segura del buque aún en condiciones adversas de mar, mientras los movimientos del buque no sobrepasen su límite de resistencia.

2.5.6 SISTEMA DE ANCLAJE DE LAS BOYAS DE AMARRE

El sistema de anclaje de cada una de las boyas de amarre está constituido por los siguientes elementos:

- Tramo de pendura.- Cadena de Φ 73mm y Longitud 9.0 m
- Tramo de rozadero.- Cadena de Φ 73mm y Longitud 13.5 m
- Peso de amortiguación.- Bloque de concreto de 2.5 Ton
- Primer tendido.- Cadena de Φ 73mm y Longitud 27.5 m
- Peso de anclaje.- Bloque de concreto de 2.5 Ton
- Segundo tendido.- Cadena de Φ 73mm y Longitud 63.5 m
- Ancla.- Tipo Danforth.- el peso de las anclas es de 7 toneladas en las boyas A-1 y A-2 y de 5 toneladas en las boyas A-3 y A-4.
- Todas las cadenas de los dispositivos de anclaje de las boyas de amarre son del tipo stud link y confeccionadas de acuerdo a los estándares API & OCIMF.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

2.5.7 FUERZA DE SUJECCIÓN EN BOYAS DE AMARRE

La característica más importante de las boyas de amarre es su resistencia para soportar esfuerzos de tracción, determinada tanto por la resistencia mecánica de los elementos de conexión entre el ancla y la espía de amarre, como por las condiciones de adherencia al fondo marino del sistema de anclaje de cada boya, constituido por la cadena de tendido, los pesos de anclaje y el ancla.

La fuerza de adherencia al fondo marino denominada resistencia a la tracción, está determinada por la suma de la resistencia a la tracción horizontal del ancla y la resistencia al deslizamiento de la cadena del tendido y del muerto de anclaje por rozamiento con el fondo.

2.5.8 RESISTENCIA MECANICA DE ELEMENTOS DE SUJECCIÓN DE LAS BOYAS DE AMARRE

La resistencia mecánica de cada elemento del sistema de sujeción de las boyas que va desde el gancho de amarre al ancla determinara en primera instancia la resistencia del sistema que será igual a la del elemento más débil del sistema.

Para el presente estudio se ha utilizado las especificaciones de los fabricantes de dichos elementos y los estándares de ingeniería pertinentes.

RESISTENCIA MECANICA DE LOS ELEMENTOS DE SUJECCIÓN DEL BUQUE AMARRADO.

En función de las tablas de resistencia del API se han determinados los siguientes valores de resistencia de los elementos que soportan los esfuerzos de buque amarrado.

- **Gancho de amarre** : 60 Ton
- **Arganeo superior** : 130 Ton
- **Eje barón** : 350 Ton
- **Arganeo inferior** : 130 Ton
- **Cadena de pendura** : 315 Ton
- **Cadena de rozadero** : 315 Ton
- **Cadena de tendido** : 260 Ton

2.5.9 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE DE LAS BOYAS DE AMARRE

Si la resistencia mecánica de los elementos del sistema de anclaje, de cada boya fuera superior a la resistencia a la tracción del sistema de anclaje, de cada una de ellas, existe la posibilidad de que ante un esfuerzo crítico el ancla y la cadena garreen en el fondo por lo que es necesario determinar en primer lugar la resistencia a la tracción del sistema de anclaje de cada boya de amarre.

En función de los datos proporcionados por PETROPERU, y utilizando las curvas logarítmicas de resistencia a la tracción de anclas en fondo de arena, según su tipo, ("Drag embedment anchors for Navy Moorings"), preparadas por el Naval Civil Engineering Laboratory, US Navy., se puede determinar la fuerza de resistencia de las anclas enterradas en el fondo marino, que sumada a la fuerza de resistencia proporcionada por el rozamiento de las cadenas en el fondo marino da como resultado la resistencia a la tracción del sistema de anclaje de cada boya.

La fuerza de resistencia a la tracción producida por el rozamiento de las cadenas de tendido en el lecho marino de arena, han sido determinadas en función de las normas establecidas por los estándares ANSI/API RP 2FP1-93, utilizando los datos proporcionados

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

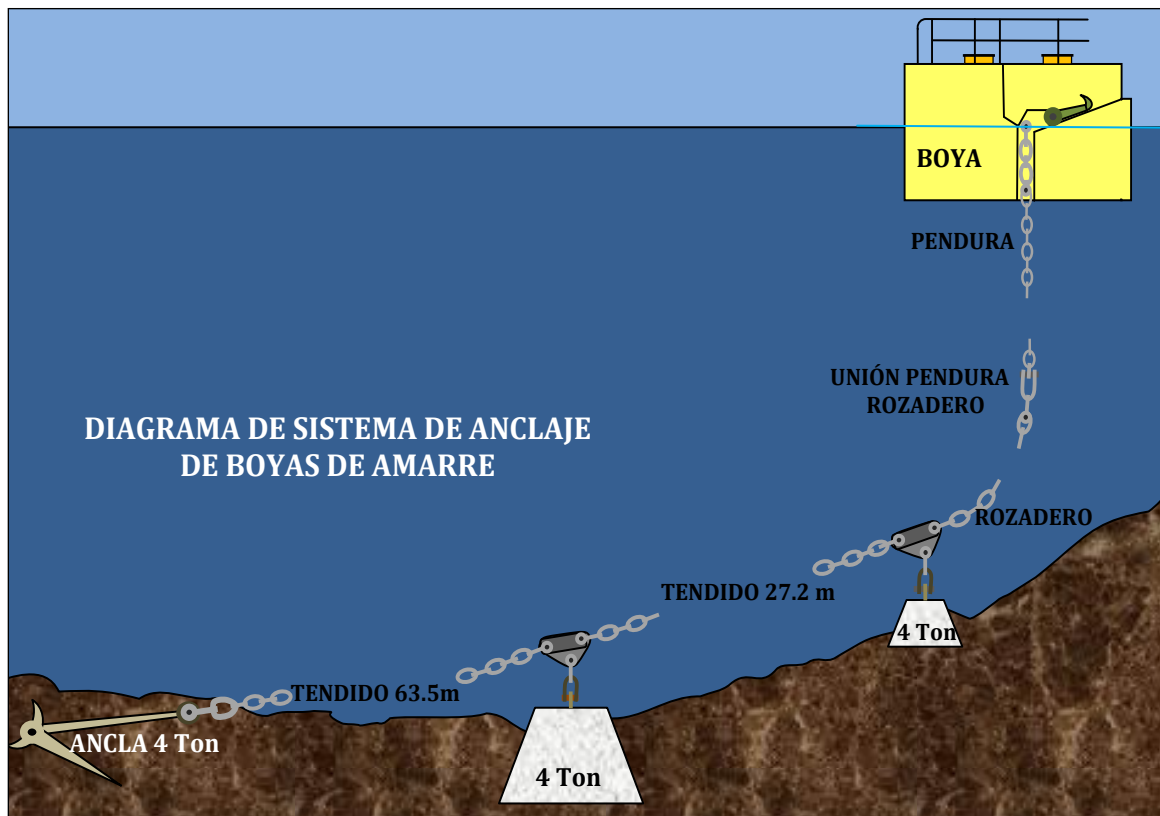
por el Dpto. de Ingeniería de Mantenimiento de la Refinería Talara y los pesos de cadena por unidad de longitud establecidos en la tabla 7 de las especificaciones para cadenas de anclaje del estándar internacional ANSI/API RP2F- 97.

2.5.10 CONFORMACIÓN DEL SISTEMA DE ANCLAJE DE LAS BOYAS DE AMARRE.

El sistema de anclaje de las cuatro boyas de amarre tiene la misma conformación sin embargo el peso de las anclas difiere entre las boyas A-1 y A-2 que tienen anclas de 7 Ton con las boyas A-3 y A-4 y que tienen anclas de 5 Ton. Considerando que el fondo del mar en el área del amarradero es de arena fina debe aplicarse el coeficiente de rozamiento y de agarre del ancla correspondiente a arena fina.

A continuación se describen los componentes del dispositivo de anclaje de las boyas de amarre para luego efectuar el cálculo de su resistencia a la tracción.

- **Tramo de pendura.**- Cadena de Φ 73mm y Longitud 9.0 m.- La pendura nunca toca el fondo por lo que no ejerce fuerza de resistencia a la tracción.
- **Tramo de rozadero.**- Cadena de Φ 73mm y Longitud 13.5 m el tramo de rozadero no toca el fondo cuando la cadena esta en tensión por lo que no ejerce fuerza de resistencia a la tracción.
- **Muerto de amortiguación.**- Bloque de concreto de 2.5 Ton
- **Primer tendido.**- Cadena de Φ 95 mm y Longitud 27.5 m, Peso = 198/metro
- **Muerto de anclaje.**- Bloque de concreto de 2.5 Ton
- **Segundo tendido.**- Cadena de Φ 95 mm y Longitud 63.5 m Peso = 198/metro
- **Ancla.**- Tipo Danforth, de 7 Ton en las boyas A-1 y A-2 y de 5 Ton en las boyas A-3 y A-4 Todas las cadenas de los dispositivos de anclaje de las boyas de amarre son del tipo stud link y confeccionadas de acuerdo a los estándares API & OCIMF.





2.5.11 CALCULO DE LA FUERZA DE TRACCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ANCLAJE DE LAS BOYAS DE AMARRE

La fuerza de adherencia al fondo marino del dispositivo de anclaje de cada boya, denominada resistencia a la tracción, está determinada por la suma de la resistencia a la tracción horizontal del ancla y la resistencia al deslizamiento de la cadena del tendido y del muerto de anclaje por rozamiento con el fondo.

A continuación se presenta el cálculo de resistencia a la tracción de las boyas de amarre A-1 y A-2 que tienen anclas de 7 Ton y de las boyas de amarre A-3 y A-4 que tienen anclas de 5 Ton, considerando que todas las boyas de amarre tienen la misma configuración en el dispositivo de anclaje.

ELEMENTOS QUE PRODUCEN LA RESISTENCIA A LA TRACCION EN EL SISTEMA DE ANCLAJE DE LAS BOYAS DE AMARRE

Los elementos que a continuación se indican generan resistencia al movimiento del sistema de anclaje, debido a su rozamiento con el lecho marino de arena en el área del amarradero del Terminal Submarino Punta Arenas:

Peso de amortiguación	: Bloque de concreto de 2.5 Ton
Primer tendido	: Cadena de Φ 95 mm y Longitud 27.5 m
Peso	: 198/metro
Peso de anclaje	: Bloque de concreto de 5.0 Ton
Segundo tendido	: Cadena de Φ 95 mm y Longitud 63.5 m
Peso	: 198/metro
Ancla	: Tipo Danforth,

CALCULO DE LAS RESISTENCIAS BOYAS A-1 Y A-2

a) Resistencia a la tracción del MUERTO DE AMORTIGUACIÓN (RP_1)

$$RP_1 = f \times W$$

$$RP_1 = 1.25 \times 2.5 \text{ Ton} = 3.125 \text{ Ton}$$

Dónde:

Rp_1 : Resistencia a la tracción del Muerto o peso amortiguador

F : Coeficiente de fricción del bloque de concreto en el fondo de arena (1.25)

W : Peso del bloque de concreto (2.5 Ton)

b) Resistencia a la tracción de la cadena del primer tendido (Rc_1)

$$Rc_1 = f \times L \times W$$

$$Rc_1 = 1.02 \times 27.5 \text{ metros} \times 198 \text{ Kg/metro} = 43.0 \text{ Kips} = 5.554 \text{ toneladas.}$$

Dónde:

Rc_1 : Resistencia a la tracción de la cadena del primer tendido

F : Coeficiente de fricción de la cadena en el fondo de arena (1.02)

L : Longitud en metros de cadena sobre el lecho marino.

W : Peso por metro de una cadena de 95 mm



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

c) Resistencia a la tracción del muerto de anclaje intermedio (RP2),

Bloque de concreto de 5.0 Ton utilizado como peso de anclaje complementario debida al rozamiento del bloque de concreto con el lecho marino de arena:

$$RP_2 = f \times W + F \text{ inercia estática}$$

$$RP_2 = 1.25 \times 5.0 \text{ Ton} + 5 \text{ tons} = 11.0 \text{ Ton}$$

Donde:

RP₂ : Resistencia a la tracción del peso de anclaje

f : Coeficiente de fricción del bloque de concreto en el fondo de arena (1.25)

W : Peso del bloque de concreto (2.5 Ton)

Cabe aclarar, que el bloque de concreto, que constituye el muerto de anclaje intermedio, está enterrado en la arena, por lo que en el primer momento de tracción, la resistencia del bloque enterrado es de aproximadamente 5 toneladas adicionales de fuerzas de inercia estáticas hasta que se desentierra, por lo que se considera un incremento inicial de resistencia $\Delta e = 5.0 \text{ Ton}$.

d) Resistencia a la tracción cadena del segundo tendido (Rc2)

$$Rc_2 = f \times L \times W$$

$$Rc_2 = 1.02 \times 63.5 \text{ metros} \times 198 \text{ Kg/metro} = 12.554 \text{ Ton.}$$

Dónde:

Rc₂ : Resistencia a la tracción de la cadena del segundo tendido

f : Coeficiente de fricción de la cadena en el fondo de arena (1.02)

L : Longitud en metros de cadena sobre el lecho marino

W : Peso por metro de una cadena de 95 mm

e) Resistencia a la tracción de las anclas (Ra).

Los sistemas de anclaje de las cuatro boyas de amarre del Terminal submarino de punta Arenas, están dotados de anclas danforth,

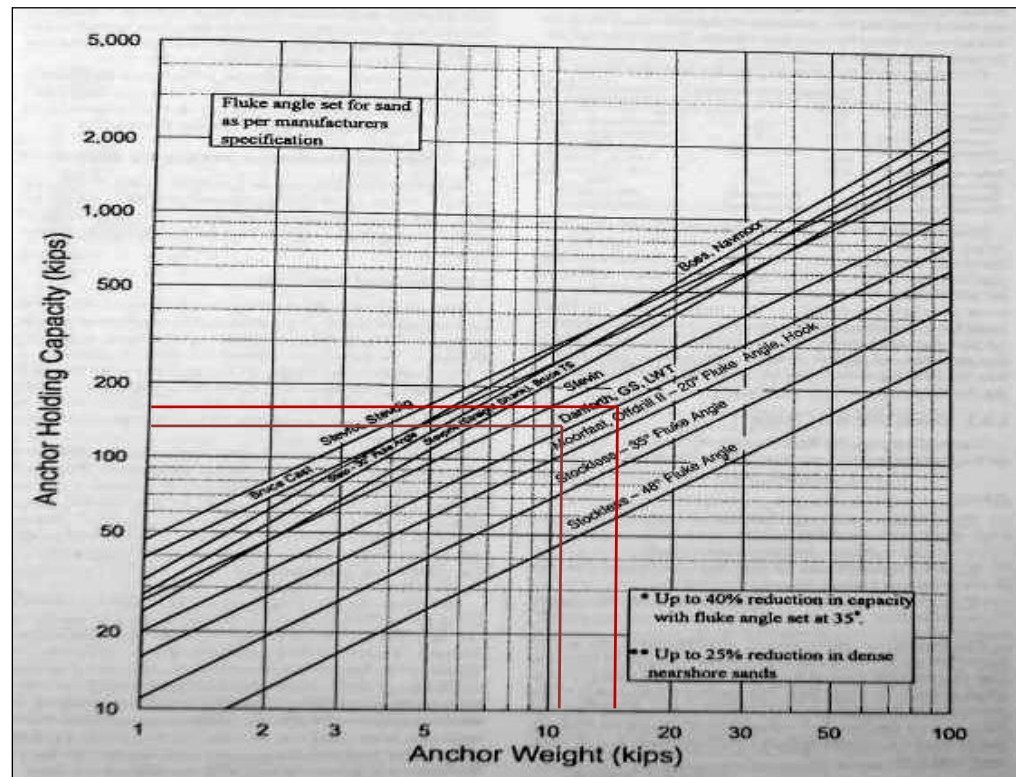
Según tablas logarítmicas API, para fondos de arena fina la resistencia a la tracción de anclas danforth según su peso se muestra en el siguiente cuadro, cuyos valores han sido determinados en función de las tablas logarítmicas del American Petroleum Institute que se presentan en la siguiente página.

CUADRO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN ANCLAS DANFORTH

BOYA	PESO Ton	PESO kips	RESIST. Kips	RESIST. Ton
A-1	7 Ton	15.68	185	82.59
A-2	7 Ton	15.68	185	82.59
A-3	5 Ton	11.20	140	62.50
A-4	5 Ton	11.20	140	62.50

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

**TABLA LOGRITMICA API, PARA
RESISTENCIA A LA TRACCION DE ANCLAS EN FONDO DE ARENA**



FUERZA TOTAL DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE LAS BOYAS DE AMARRE DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

La característica más importante del sistema de anclaje de las boyas de amarre es su resistencia para soportar esfuerzos de tracción, determinada por sumatoria (\sum_R) de las resistencias individuales de cada uno de sus elementos que están en contacto con el fondo hasta terminar en el ancla, cuyo cálculo se muestra en el cuadro anterior por lo tanto las resistencias de los sistemas de anclaje de cada una de las boyas de amarre son:

$$(\sum_R = RP_1 + Rc_1 + Rc_2 + RP_2 + Ra)$$

Boyas A-1 y A-2 .- := . $\sum_R = 114.82$

Boyas A-3 y A-4 .- := . $\sum_R = 94.733$

Donde

$RP_1 = 3.125 \text{ Ton}$

$Rc_1 = 5.554 \text{ Ton.}$

$RP_2 = 11.0 \text{ Ton}$

$Rc_2 = 12.554 \text{ Ton.}$

$Ra (7 \text{ Tn}) = 82.59 \text{ Ton}$

$Ra (5 \text{ Tn}) = 62.50 \text{ Ton}$



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

La fuerza de resistencia de cada una de las boyas de amarre, juntamente con la fuerza de resistencia de las anclas del buque amarrado, forman el sistema de fuerzas resistentes del amarradero de boyas, en el cual la suma de los componentes longitudinales a la línea de crujía del buque hacia proa y popa, constituyen las resistencias máximas, hacia proa y hacia popa a los esfuerzos producidos por los movimientos longitudinales del buque, mientras que la suma de los componentes transversales a la línea de crujía del buque hacia estribor y hacia babor respectivamente, constituyen las resistencias máximas, en estribor y en babor a los esfuerzos producidos por los movimientos laterales del buque.

2.5.12 RESISTENCIA DE LAS ANCLAS DEL BUQUE EN EL TERMINAL

El diseño de este amarradero determina que los buques que arriban al mismo fondeen las anclas “a barba de gato” con la finalidad de compartir los esfuerzos en la proa.

Para tal efecto considerando las características de un buque de 220 metros de eslora, se ha determinado que se requiere fondear con 7 grilletes de cadena pero con no menos de 6.5 grilletes, para lograr una resistencia a la tracción, sin garreo del ancla debiendo fondear con 7 grilletes en estribor y con 6 grilletes en babor.

Asimismo se considera que la distancia del escoben del buque al lecho marino es de aproximadamente 27 metros (un paño de cadena) y que al trabajar con tensión se levanta aproximadamente 0.5 grilletes de cadena del fondo marino, por lo que a la cantidad de grilletes con la que el buque fondea, se le resta 1.5 grilletes para obtener la longitud del tramo de cadena en contacto con al lecho marino.

- a) Resistencia a la tracción de cada ancla del buque, según tablas logarítmicas API, es de 62 Kips, para un ancla tipo Stockless de 3.8 ton (8.4Kips.), lo que equivale a 28.12 Ton en el sistema métrico decimal.

Ra = 28.2 toneladas

- b) Resistencia a la tracción de la cadena del ancla de estribor y de babor, (Rc), debida al rozamiento de la cadena el lecho marino de arena es de:

$$Rc = f \times L \times W$$

Dónde:

f = coeficiente de rozamiento = 1.02

L = Longitud en pies de cadena en contacto con el lecho marino, 495 pies en estribor y 405 pies en babor

W = Peso por pie lineal de la cadena en contacto con el fondo 117 lb/pie

Por lo tanto:

$$Rc \text{ Er} = 1.02 \times 495 \text{ pies} \times 117 \text{ lb/pie} = 59.07 \text{ Kips} = 26.80 \text{ Ton.}$$

$$Rc \text{ Br} = 1.02 \times 405 \text{ pies} \times 117 \text{ lb/pie} = 48.33 \text{ Kips} = 21.92 \text{ Ton.}$$

Dónde:

Rc = Resistencia a la tracción de la cadena del ancla

f = Coeficiente de fricción de la cadena en el fondo de arena (1.02)

L = longitud en pies de cadena sobre el lecho marino con el ancla trabajando.

W = Peso por pie de una cadena de 3 ½ “(88mm)

1 metro = 3,280399 pies



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

Por lo explicado en la página anterior se obtienen los siguientes resultados:

Fza de resistencia a la tracción en el ancla de estribor

La fuerza máxima de tracción (Fta), ejercida por el ancla de estribor con 7.0 grilletes de cadena fuera del escobén es de:

$$F_{taEr} = R_a + R_c$$

$$F_{taEr} = 28.20 \text{ ton.} + 26.80 \text{ Ton}$$

$$F_{taEr} = 55 \text{ Tons}$$

Fza de resistencia a la tracción en el ancla de babor

La fuerza máxima de tracción (FtaBr), ejercida por el ancla de babor con 6.0 grilletes de cadena fuera del escobén es de:

$$F_{taBr} = R_a + R_c$$

$$F_{taBr} = 28.20 \text{ ton.} + 21.92 \text{ Ton}$$

$$F_{taBr} = 50.12 \text{ Tons}$$

Nota:

Para el cálculo de la resistencia de la cadena del ancla del buque fondeado con 7 grilletes de cadena, se ha considerado que del escobén al fondo marino hay aproximadamente 27mts. y que el ancla trabajando con fuerza levanta del fondo aproximadamente un 0.5 paños de cadena, que pasa a formar parte de la catenaria del ancla.

2.5.13 RESISTENCIAS TOTALES EN EL DISPOSITIVO DE AMARRE DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS PARA BUQUES TANQUES DE ACUERDO AL TONELAJE DE DISEÑO

• Fuerzas longitudinales hacia proa.-

Total = 122.5 Ton

$$\text{Cadena del ancla de estribor} = F \times \cos 60^\circ = 0.500 \times 55.0 \text{ Ton} = 27.5$$

$$\text{Cadena del ancla de babor} = F \times \cos 00^\circ = 1.000 \times 50.1 \text{ Ton} = 50.1$$

$$\text{Anclaje de la boya de proa-babor (A-1)} = F \times \cos 67^\circ = 0.390 \times 114.82 \text{ Ton} = 44.9$$

• Vectores de fuerzas longitudinales hacia popa.- **Total = 240.7 Ton**

$$\text{Anclaje de la boya de popa babor (A-2)} = F \times \cos 44^\circ = 0.719 \times 114.82 = 82.59 \text{ Ton}$$

$$\text{Anclaje de la boya de popa centro (A-3)} = F \times \cos 00^\circ = 1.000 \times 94.733 = 94.73 \text{ Ton}$$

$$\text{Anclaje de la boya de popa-Estribor (A-4)} = F \times \cos 48^\circ = 0.669 \times 94.733 = 63.39 \text{ Ton}$$

• Vectores de fuerzas transversales a estribor.-

Total = 118.00 Ton

$$\text{Cadena del ancla de estribor} = F \times \sin 60^\circ = 0.866 \times 55.0 = 47.63 \text{ Ton}$$

$$\text{Anclaje de la boya de popa Estribor (A-4)} = F \times \sin 48^\circ = 0.743 \times 94.73 = 70.40 \text{ Ton}$$

• Vectores de fuerza transversales a babor.-

Total = 185.46 Ton

$$\text{Anclaje de la boya de proa-babor (A-1)} = F \times \sin 67^\circ = 0.92 \times 114.82 = 105.70 \text{ Ton}$$

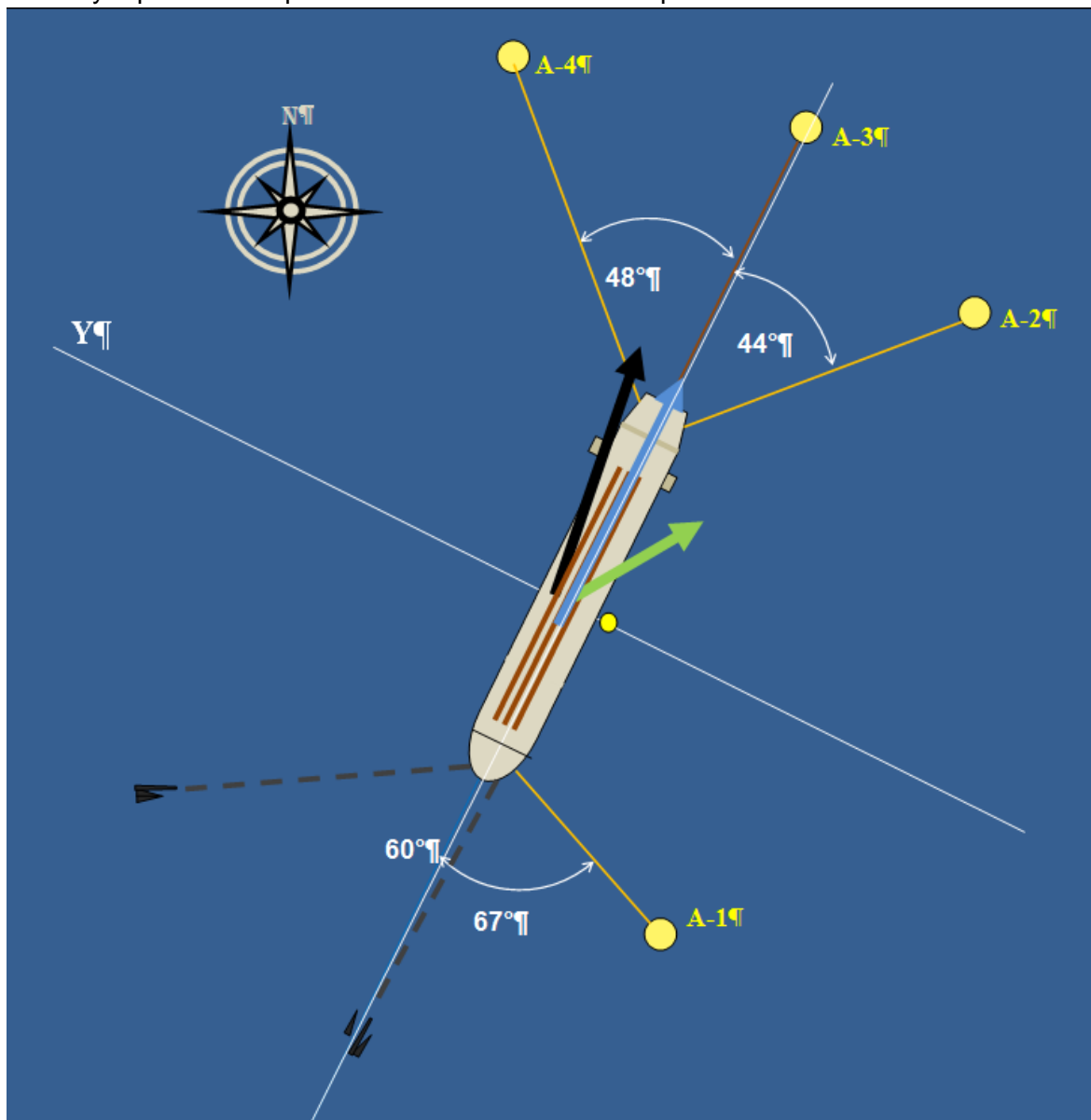
$$\text{Anclaje de la boya de popa babor (A-2)} = F \times \sin 44^\circ = 0.695 \times 114.82 = 79.76 \text{ Ton}$$

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

OBSERVACIÓN IMPORTANTE

Como se puede observar, la resistencias individuales de los sistemas de anclaje de las boyas de amarre de A-1 y A-2 son respectivamente de 114.82 y de 94.73 toneladas, siendo de aproximadamente 70 toneladas la resistencia nominal promedio de una espías de polipropileno de 100 mm., Teóricamente, dos espías deberían resistir 140 toneladas, superando la resistencia al garreo de las boyas, de amarre, no obstante factores tales como el desgaste por rozamiento, el debilitamiento por exposición a la radiación solar, la fatiga de material etc., determinan la resistencia real de los cabos de amarre, no alcanzando al valor dado por el fabricante.

Por otra parte debe tenerse en cuenta que cuando se colocan dos cabos en una misma boya, si las tensiones de estos no están bien igualadas uno solo de los cabos resistirá todo o la mayor parte del requerimiento de esfuerzo del buque.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

2.5.14 BOYARINES

Los boyarines son elementos menores del amarradero que tienen importantes funciones para las operaciones de amarre y de conexión de los trenes de mangas, las cuales se describen a continuación:

BOYARÍN DE SEÑALIZACIÓN DE LA TRONCAL

Es un boyarín de color amarillo de 1.21 metros de diámetro x 1.98 m. de altura, con un vástago de tubo de 3" de 1.5 m para visualización ubicada en el centro para diferenciarse de las demás, el muerto de este boyarín está ubicado entre los cuellos de ganso de las tuberías submarinas y aproximadamente 5 metros hacia el oeste de estas, y sirve como referencia para que el manifold del buque se coloque frente a los extremos de mar de las tuberías, observando el boyarín de señalización de la troncal al costado del casco en la ubicación del manifold se encuentra ubicado en las coordenadas Lat.04° 34' 46.560"S Long.81° 17' 57.283"W.

BOYARINES DE IZADO DE MANGAS

Los boyarines de izado de mangas en el Terminal Submarino Punta Arenas tiene forma tronco-cónica, con 1.21 metros de diámetro y 2.32 m. de altura, cada uno de los cuales está unido al respectivo tren de mangas mediante de una cadena de $\frac{3}{4}$ " en la pendura y de 1 $\frac{1}{4}$ " en el rozadero. Después de que el buque ha quedado amarrado en la posición indicada por el Inspector de Embarques, el boyarín de la línea por la que se va a descargar o embarcar productos, es izado sobre la cubierta del buque, y con este el extremo de la respectiva manga, el cual es conectado al manifold del buque, se encuentran ubicadas en las siguientes posiciones:

Boyarín Norte Lat.04° 34' 45.471"S Long.81° 17' 56.501"W y **Boyarín Sur** Lat. 04° 34' 48.226"S Long. 81° 17' 57.126"W.



BOYARINES DE RETENIDA

Los boyarines de retenida son elementos flotantes que tienen características similares a los boyarines de izado, pero se encuentran en una posición fija, unidos mediante una cadena de $\frac{3}{4}$ " en la pendura y de $\frac{1}{2}$ " en el rozadero, a un muerto de anclaje que las mantiene en posiciones fijas.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

Los boyarines de retenida tienen la función de mantener en una posición segura la punta de los trenes de mangas, cuando no hay buque amarrado y con el fin de facilitar la labor preparatoria de los buzos.

Otra función importante de los boyarines de retenida es marcar la posición más adecuada para evitar el deterioro de las mangas y establecer un punto de partida y de llegada para la lancha auxiliar que remolca los extremos de trenes de mangas al costado del buque.

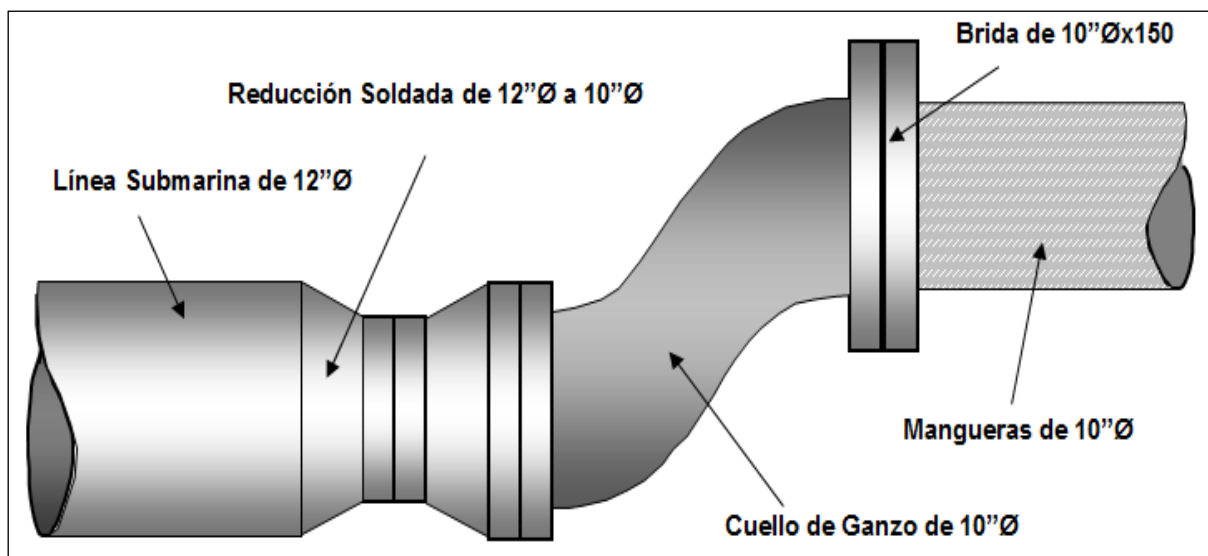
2.5.15 8TUBERÍAS SUBMARINAS

El Terminal Submarino Multiboyas Punta Arenas está dotado de dos tuberías submarinas de 12" que se introducen al mar en el sector central de la playa de Punta Arenas, y se extiende, 1,650 metros hacia el mar en dirección 277° hasta alcanzar el centro del amarradero de boyas donde los extremos de las tuberías se encuentran a una distancia de 18 metros entre sí.

Cada una de las tuberías submarinas está dotado de un carrete de reducción de 12" a 10" y de una conexión de elevación, conocida como "cuello de ganso" por dos codos de 45° de 10" de diámetro a cuya brida superior está conectado el tren de mangas.

Tanto las tuberías submarinas como las mangas de conexión son elementos sensibles, por donde se podría producir un derrame en caso de ruptura. Las tuberías submarinas son sometidas periódicamente a una prueba de presión hidrostática a **100psi** según norma **SI 1-91-01** y calibradas según el estándar **ASTM A-53 Gr B**; cumpliendo las normas internacionales establecidas por el **OCIMF**.

Diagrama de la conexión entre tubería submarina y tren de mangas



Durante las operaciones de transferencia de hidrocarburos, la seguridad de las tuberías submarinas depende principalmente de que el buque se mantenga en posición mientras se encuentra conectado al tren de mangas.



2.5.16 TRENES DE MANGAS

Cada una de las tuberías submarinas está dotada de un tren de mangueras, conformado por seis mangas flexibles de neophrene, de 10" de diámetro con refuerzo interior de acero y doble carcasa. Cada una de las mangas de un tren de mangas, tiene una longitud de 9.16 metros, por lo que cada tren de mangas del Terminal tiene una longitud total de 55 metros, y está unido por la brida de uno de sus extremos a la respectiva brida del cuello de ganso y en la brida del otro extremo, se ha instalado una brida ciega que cierra la manga y tiene un arganeo al que se une el extremo inferior de cadena de izado de manga, que tiene en el otro extremo a la boya de izado que permanece a flote.

La boya de izado cuando no hay buque amarrado, se mantiene en su posición de tendido, unida al gancho del boyarín de retenida que tiene un cabo de 8 metros unido al arganeo superior del boyarín de retenida, lo que impide que el tren de mangas sea arrastrado por la corriente submarina a una posición inconveniente.

2.5.17 ESPIAS DE AMARRE

Las espías más recomendables para este terminal son espías de nylon o de polipropileno trenzado, estas últimas poco menos resistentes que las de nylon pero más livianas por lo que pueden flotar en el agua. El diámetro de la sección transversal de las espías determina la resistencia de la misma, mientras que los esfuerzos que demanda el buque sobre el dispositivo de amarre son proporcionales al tamaño y desplazamiento del buque, por lo que el grosor de las espías de amarre de un buque debe ser proporcional a su desplazamiento.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

Es necesario considerar, que las gazaras de las espías son conducidas del buque a las boyas por la lancha pasa-cabos y enganchadas manualmente por los gavieros, por lo que los cabos de amarre deben ser lo más livianos que se pueda y a la vez tener una resistencia a la tracción que permita soportar los esfuerzos ocasionados por los movimientos del buque, por lo que no está permitido en este terminal el uso de cables de acero, como espías de amarre, especialmente porque se hunden con un seno muy pronunciado y porque su peso no puede ser controlado manualmente por los gavieros.

Siendo de aproximadamente 65.3 toneladas la resistencia nominal promedio de una espía de polipropileno de 89 mm de diámetro, Teóricamente, dos espías deberían resistir 130.6 toneladas, superando la resistencia al garreo de las boyas, de amarre, y del ancla del buque, no obstante factores tales como el desgaste por rozamiento, el debilitamiento por exposición a la radiación solar, la fatiga de material etc., determinan que la resistencia real de los cabos de amarre, no alcanza el valor dado por el fabricante, por lo que es necesario aplicar un factor de seguridad. Para espías en buen estado se considera que un factor de seguridad de 1/3 es apropiado, por lo que las 130.6 toneladas de resistencia nominal se reducen a 43.53 toneladas.

Por lo anteriormente expuesto, para el amarre de buques tipo Panamax cuyo desplazamiento máximo es de 82,000 ton, podría utilizarse como mínimo espías de polipropileno de 3 ½" de diámetro (89 mm), cuya resistencia nominal de cabo nuevo es de 65.3 ton, debiendo aplicar como mínimo un factor de seguridad de 3 para cabos en buen estado, trabajando por pares, por lo que con cabos de nylon nuevos de 3 ½" de diámetro, se tendría una resistencia nominal de $(65.3/3) = 21.77$ toneladas fuerza en cada cabo.

Si se utilizan cabos de polipropileno deberá tenerse en cuenta que la resistencia de estos es menor, por lo que un par de cabos de polipropileno de 3 ½" de diámetro, trabajando en una boya tendrían una resistencia nominal total de $(65.3/3)2 = 43.65$ toneladas fuerza en cada boya, aplicando el mismo factor de seguridad.

Por otra parte los operadores del terminal deben tener en cuenta que cuando se colocan dos cabos en una misma boya, si las tensiones de estos no están bien igualadas uno solo de los cabos resistirá todo o la mayor parte del requerimiento de esfuerzo del buque, por lo que es necesario establecer un continuo control de igualación de tensión de las espías de amarre durante la permanencia del buque en el terminal.

Los buques de menor porte que arriban al amarradero tienen 14,000 DWT y 120 metros de eslora, por lo que podrán utilizar espías de menor diámetro pero de mayor longitud por ser en este caso mayor la distancia entre los extremos de proa y de popa del buque con las boyas de amarre.

Esta mayor distancia implica una mayor elasticidad de las espías, y por lo tanto mayor rango de movimiento del buque en el amarradero, sin embargo siendo el esfuerzo sobre las espías proporcional al desplazamiento del buque, los requerimientos de esfuerzos del buque de menor porte serán también proporcionalmente menores.

Para los buques de 14,000 DWT, sería adecuado utilizar como mínimo espías de polipropileno de 2 ½" de diámetro (63.5 mm), las cuales trabajando por pares tienen una resistencia nominal de $(32.6/3)2 = 21.7$ toneladas en cada boya, aplicando un factor de seguridad de 300%.

2.6. DESCRIPCIÓN DE LAS REFERENCIAS NÁUTICAS DE SEÑALIZACIÓN Y BALIZAJE

2.6.1 SEÑALIZACIÓN PARA RECALADA

Sobre el cerro más elevado de Punta Talara se encuentra el faro de Talara, que es una luz de destellos blancos instalada sobre una torre de cemento troncocónica de 8 metros de altura, pintada con franjas horizontales blancas y negras. Este faro cuya parte más alta está a una altura de 61 metros SNMM, es visible de día desde una distancia de 3 millas y tiene un alcance luminoso de 20 millas de noche.

El faro de Punta Talara, constituye la señal de recalada del puerto, debiendo los buques que arriban al Terminal Submarino Multiboyas Punta Arenas, proceder al fondeadero de buques tanque, que es un área rectangular, cuyo extremo norte está ubicado a 0.7 millas de distancia del faro en marcación 320° y cuyo extremo Sur está ubicado a 1.5 millas en marcación 270° del mismo faro.

UBICACIÓN DEL FARO PUNTA TALARA (WGS-84)

FARO	LATITUD S	LONGITUD W	UTM-N	UTM-E
PTA. TALARA	04°34'27.9"	081°17'05.2"	9494372.480	468411.503



2.6.2 SEÑALES DE ENFILACIÓN PARA APROXIMACIÓN

En el extremo Sur de Punta Arenas existen dos torres metálicas, sobre las cuales se han instalado un panel de forma romboide, los cuales unidos constituyen una línea de enfilación, la cual marca una dirección de aproximación de 117°, y pasa a una distancia de 120 metros al SSW de la boya de proa babor del Terminal Submarino Punta Arenas.

Las torres de enfilación están dotadas de luces verdes fijas, que se encienden durante la noche, para servir de guía de referencia a los buques que ingresan al Terminal Submarino Punta Arenas durante las horas de oscuridad.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL TERMINAL SUBMARINO MULTIBOYAS PUNTA ARENAS

2.6.3 BOYA DE REFERENCIA DE FONDEO

La boya de referencia para fondear el ancla de estribor del buque, es una boya luminosa, de destellos blancos, ubicada en dirección 296° y a una distancia de 130 metros de la boya de amarre A-4.

Durante la aproximación, el Práctico establece previamente la marcación a la que se debe observar la boya de referencia de fondeo desde el alero de babor de puente en función del rumbo de aproximación y de la eslora del buque que ingresa al amarradero.



2.6.4 PINTURA DE IDENTIFICACIÓN DE BOYAS

Las boyas de amarre así como los boyarines, están pintados de color amarillo como lo indica el reglamento de señalización náutica. Las boyas de amarre tienen pintado su número de identificación en tres partes, distribuidas simétricamente en el cuerpo cilíndrico de la boya para poder ser visto desde cualquier ángulo.

2.6.5 LUCES DE POSICIÓN EN BOYAS DE AMARRE

El terminal posee luces portátiles de señalización denominadas “luminarias” que se instalan en los canastillos existentes en las boyas de amarre, las mismas que son luces color ámbar de destellos largos de 360° de cobertura y 2 millas de alcance lumínico en condiciones normales de visibilidad, que cumplen con las especificaciones del reglamento de señalización náutica.

Dichas luces portátiles se usan en las maniobras de ingreso nocturno y permanecen en los remolcadores que están al servicio de Operaciones Marítimas de la Refinería Talara, siendo instalados en las boyas de amarre por personal de las lanchas.

Jorge O. FILINICH
CONSULTOR MARITIMO