

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR
JOSÉ MIGUEL CARRERA

DISEÑO Y CÁLCULO DE BOYAS PARA LA SEÑALIZACIÓN DEL
TERMINAL MARÍTIMO DE EMPRESA PETROLERA EN LA QUINTA REGIÓN

Trabajo de Titulación para optar al
Título de **TÉCNICO UNIVERSITARIO** en
PROYECTO Y DISEÑO MECÁNICO

Alumna:

Verónica Olivares Sobarzo

Profesor Guía:

Carlos Antillanca Espina
Ingeniero Civil Mecánico P.U.C.V.

RESUMEN

Numerosas señales luminosas se extienden a lo largo de la costa y en los puertos con el fin de indicar diferentes aspectos, tales como las mejores rutas, puntos de apoyo para el cambio de ruta, los obstáculos, los peligros naturales y la recalada a un puerto. Estas señales son los faros, las balizas y las boyas. Las diferentes formas y colores de ellas entregan importante información.

Cuando se hace alguna modificación en el entorno de un terminal costero, agregando alguna construcción ya sea en el mar o en tierra, como una estructura, un ducto o un nuevo muelle, es necesario modificar la señalización, para facilitar el ingreso y salida de éste, además de evitar accidentes.

El objetivo del presente proyecto es efectuar la reubicación de las señales en la Bahía de Quintero, específicamente para el Terminal Marítimo de una empresa petrolera de la Quinta Región, en el sector denominado El Bato, Playa Loncura, sector sureste de la bahía, en el cual se ha realizado previamente la instalación de dos cañerías submarinas de descarga de combustibles y lubricantes, lo que hace necesario modificar la señalización existente.

Para dar cumplimiento con este objetivo es necesario realizar el desarrollo de dicho proyecto, donde se ha dispuesto de seis capítulos, dentro de los que se inicia el primero dando lugar a los Antecedentes Generales, en los cuales se darán a conocer disposiciones reglamentarias existentes, tanto en lo que se refiere a la forma, color, distintivos, ritmo de luces e instalación de las señales, como al tipo de señalización.

En el segundo capítulo se realizará el cálculo y dimensionamiento de la boya y del boyarín de señalización, los cuales, según los requerimientos, serán del tipo de señalización necesaria para ser ubicado en el mar. El diseño de boyas y boyarines necesarios se realizarán de acuerdo a los cálculos del peso que debe soportar la

estructura en el mar considerando que éste varía disminuyendo $1/3$, haciendo flotar la estructura y manteniéndola dispuesta para la señalización, con ello se dimensionarán los elementos mecánicos y estructurales para su construcción.

En el tercer capítulo será realizado el cálculo y la determinación de la composición de los muertos de boya y boyarín, que permitan que permanezcan en el lugar necesario, a través del tiempo.

El cuarto capítulo dará a conocer las especificaciones técnicas respecto del diseño, considerando las bases de éste, como los materiales, la programación, la coordinación, las normas, decretos aplicables, seguridad, permisos de trabajos submarinos y pruebas de tracción. También desarrollará, el traslado y marcado de nueva posición de los elementos de fondeo.

El quinto capítulo entregará el desarrollo de las señales que serán ubicadas en tierra además de especificar la construcción del pilar y la zapata de éstas.

Por último, el capítulo sexto indicará los tratamientos, que será necesario realizar a las superficies, con el fin de protegerlas del desgaste, la corrosión y las reacciones electroquímicas, producidas por el medio ambiente.

Para la determinación del balizamiento necesario, a fin de asegurar la entrada en forma segura al terminal, se dará estricto cumplimiento a las disposiciones y normativas que al respecto señala la legislación vigente y las disposiciones que establece la Lista de Faros, tales como, el sistema de balizamiento a utilizar, respetando colores, formas y dimensiones de cada una de las señales además de diseñarlas de forma que sean duraderas en el tiempo y esté siempre visible a pesar de las inclemencias meteorológicas, conforme a la normativa nacional y a las condiciones del sector, teniendo presente en todo momento que el objetivo de las señales es dar el máximo de seguridad a la navegación.

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

- 1.1. TIPOS DE SEÑALES A INSTALAR.
 - 1.1.1. Balizas de Enfilación
 - 1.1.2. Boya Bajo Cochrane
 - 1.1.3. Boyarines Ducto Monoboya
- 1.2. TIPOS DE SEÑALIZACIÓN
 - 1.2.1. Enfilación de Aproximación al Terminal
 - 1.2.2. Enfilación de Fondeo Ancla de Estribor
 - 1.2.3. Enfilación de Fondeo Ancla de Babor
 - 1.2.4. Señalización Bajo Cochrane
 - 1.2.5. Señalización Ducto Submarino R.P.C. (Monoboya)
- 1.3. CONSIDERACIONES GENERALES

CAPÍTULO 2: CÁLCULO DE BOYA Y BOYARÍN DE SEÑALIZACIÓN

- 2.1. ASPECTOS DE CÁLCULO ESTRUCTURAL
- 2.2. CÁLCULO DE BOYA
 - 2.2.1. Determinación del Diámetro
 - 2.2.2. Largo de Cadenas para Boya.
 - 2.2.3. Determinación de la Obra Viva y Obra Muerta
- 2.3. CÁLCULO DE BOYARÍN
 - 2.3.1. Determinación del Diámetro
 - 2.3.2. Largo de Cadenas para Boyarines.
 - 2.3.3. Determinación de la Obra Viva y Obra Muerta

CAPÍTULO 3: CÁLCULO DE MUERTOS DE BOYA Y BOYARÍN

- 3.1. DETERMINACIÓN DEL PESO MUERTO
 - 3.1.1. Boya Bajo Cochrane
 - 3.1.2. Boyarín
- 3.2. DETERMINACIÓN DE COMPOSICIÓN DEL MUERTO

CAPÍTULO 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- 4.1. BASES DE DISEÑO

- 4.1.1. Materiales
- 4.1.2. Programación
- 4.1.3. Coordinación
- 4.2. NORMAS, DECRETOS APLICABLES Y DEFINICIONES
 - 4.2.1. Normas Vigentes
 - 4.2.2. Reglamentos y Decretos
- 4.3. SEGURIDAD
- 4.4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS
 - 4.4.1. Posición Actual de Elementos de Fondeo
 - 4.4.2. Posición Definitiva de Elementos de Fondeo
- 4.5. PERMISOS DE TRABAJOS SUBMARINOS
- 4.6. TRASLADO Y MARCADO DE NUEVA POSICIÓN
- 4.7. PRUEBA DE TRACCIÓN

CAPÍTULO 5: ZAPATA Y PILAR DE SEÑALIZACIÓN

- 5.1. VERIFICACIÓN DE LA ZAPATA
 - 5.1.1. Materiales
 - 5.1.2. Verificación al Volcamiento
 - 5.1.3. Verificación por Esfuerzos Máximos Sobre el Suelo
 - 5.1.4. Armadura de la Zapata
- 5.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS
 - 5.2.1. Excavaciones
 - 5.2.2. Entibaciones
 - 5.2.3. Rellenos
 - 5.2.4. Compactación De Los Rellenos
- 5.3. PILAR PARA SEÑALIZACION MARITIMA
 - 5.3.1. Soldaduras
 - 5.3.2. Hormigón de Zapata
- 5.4. LETREROS PROVISORIOS

CAPÍTULO 6: PROTECCIÓN ESTRUCTURAL, TRATAMIENTOS Y PINTURAS

- 6.1. PROTECCIÓN CATÓDICA
 - 6.1.1. Bases de Cálculo y Criterios de Diseño
 - 6.1.2. Potenciales de Superficie
 - 6.1.3. Parámetros de Diseño
 - 6.1.4. Protección con Ánodos de Zinc
- 6.2. PREPARACIÓN PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL

- 6.2.1. Normas
- 6.2.2. Características del Chorro Abrasivo
- 6.2.3. Arena
- 6.3. PINTURAS
- 6.3.1. Preparación de las Pinturas
- 6.3.2. Tipos de pintura a emplear

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1: Señales luminosas de navegación.
- Figura 1-2: Boya Bajo Cochrane.
- Figura 1-3: Boya Tipo.
- Figura 1-4: Boyarín.
- Figura 1-5: Enfilación de Aproximación.
- Figura 1-6: Fondeo Ancla Estribor.
- Figura 1-7: Fondeo Ancla Babor.
- Figura 2-1: Medidas de diseño de boya.
- Figura 2-2: Diagrama de cuerpo libre de boya.
- Figura 2-3: Diámetro de Boya.
- Figura 2-4: Medidas de Diseño de Boyarín.
- Figura 2-5: Diagrama de Cuerpo Libre de Boyarín.
- Figura 2-6: Diámetro de boyarín.

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1-1: Tipos de Señales
- Tabla 2-1: Peso estimativo estructura.
- Tabla 2-2: Peso Adicional.
- Tabla 2-3: Peso de Cadena de la Boya.
- Tabla 2-4: Pesos por Boya.
- Tabla 2-5: Largos Definitivos de Cadena y Rastrillo.

Tabla 2-6:	Peso estimativo estructura.
Tabla 2-7:	Peso Adicional.
Tabla 2-8:	Peso de Cadena por Boyarín.
Tabla 2-9:	Peso por Boyarín.
Tabla 2-10:	Largos Definitivos de Cadena y Rastrillo.
Tabla 4-1:	Posición de Elementos de Fondeo Existentes.
Tabla 4-2:	Posición Definitiva de Elementos de Fondeo.
Tabla 4-3:	Posición Final de Anclas.
Tabla 5-1:	Materiales a utilizar.
Tabla 6-1:	Composición recomendada de Ánodos de Zinc.
Tabla 6-2:	Descripción y equivalencia de normas.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se basa en la reestructuración de la señalización existente en el Terminal Marítimo de Quintero, sector sureste de la bahía, como resultado de la instalación de dos cañerías submarinas de combustibles y lubricantes.

La reubicación de las señales se realizará de acuerdo con el diseño de las nuevas estructuras. Estas se construirán en base a los cálculos que proporcionan las medidas estructurales para la construcción segura de las boyas, boyarines y balizas de enfilación.

Se diseñarán las balizas, boyas y boyarines necesarios para la señalización, además de la remodelación de la boya existente en el Bajo Cochrane, a la cual se le agregará un fanal para darle iluminación.

Las señalizaciones de enfilación serán diseñadas de acuerdo a las necesidades de buena visibilidad, de acuerdo al clima de Quintero, ya sea por la neblina, el viento, los rayos UV, etc. Donde se considerará también el tratamiento superficial y las pinturas.

En éste proyecto se dará énfasis al estricto cumplimiento a las normativas que al respecto señala la legislación vigente, con el fin de entregar con el máximo de seguridad la importante información para la navegación.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

En la realización de este proyecto se observará y cumplirán las disposiciones reglamentarias existentes, tanto en lo que dice relación con la forma, color, distintivos, ritmo de luces e instalación de las señales.

En la ingeniería de detalle constructivo, se definirá en forma clara y precisa, el material, dimensiones, color, formas etc., que se utilizarán para la construcción de las diferentes enfilaciones, atendiendo que deben tener una buena visibilidad, en consideración a las distancias que se requerirá sean vistas. (Ver Anexo, Plano N° SM-200.3.1)

1.1. TIPOS DE SEÑALES A INSTALAR.

La iluminación en cuestión consiste en la instalación de un grupo de enfilaciones, tanto de aproximación al citado terminal, como para el fondeo de las anclas de estribor y babor respectivamente, señalización del Bajo Cochrane (Ver Anexo, Plano N° GR-100.1) y conforme a lo señalado en la legislación actual.

1.1.1. Balizas de enfilación

La figura 1-1 muestra algunas de las señales luminosas que se utilizan en la navegación. Cada una tiene su propio significado. Se observa, en primer lugar, que la ruta está demarcada por señales verdes a babor (izquierda) y rojas a estribor (derecha); donde hay un buque hundido, hay señales amarillas, ya que ello probablemente está indicado en la carta náutica o en otra publicación náutica¹). El sistema de señales comprende seis tipos:

- **Señales Laterales**

¹ Fuente: Derrotero de la Armada de Chile

- Señales Cardinales
- Señales de Peligro Aislado
- Señales de Aguas Seguras
- Señales Especiales
- Señales Costeras

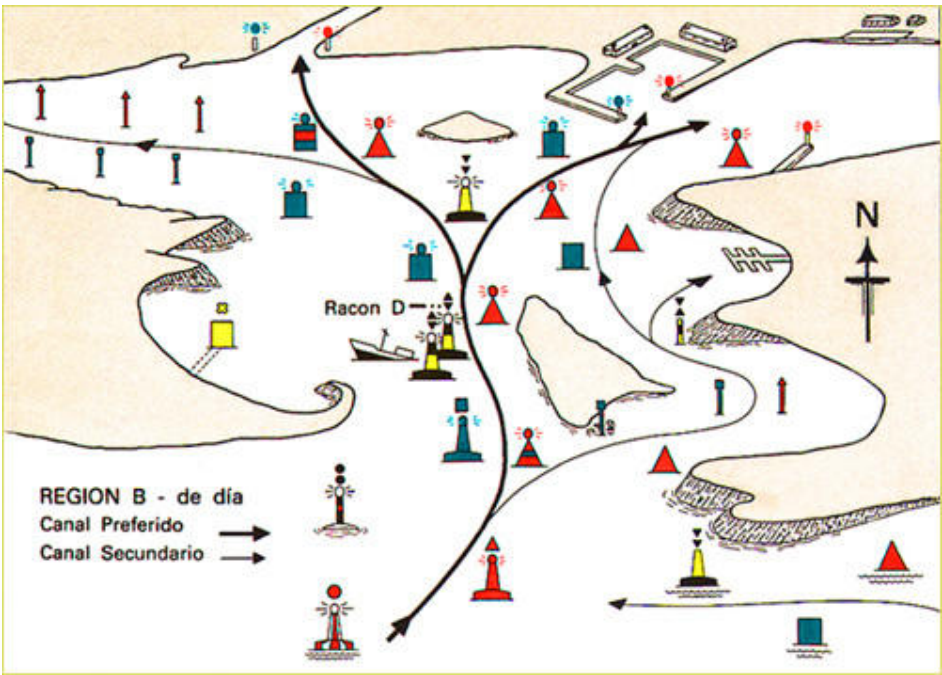


Figura 1-1: Señales luminosas de navegación.

Señales Laterales: Las señales laterales marcan los costados de babor (izquierda) y estribor (derecha) de la ruta a seguir. Las señales verdes indican el costado a babor o izquierdo de la ruta a navegar y las rojas, el costado a estribor o derecha. Además del color, tanto externo como de las luces, las marcas se distinguen por su forma, a babor tienen forma cilíndrica y a estribor, cónica. Las luces que emiten pueden ser:

- centellante (60 destellos por minuto)
- 1 destello en 3, 5, 10, 15 o 20 segundos
- 2 destellos en 6 segundos
- 3 destellos en 9 segundos
- 4 destellos en 12 segundos

Señales Cardinales: Las señales cardinales indican donde hay aguas navegables; son de colores amarillo y negro. Muestran la dirección que debe seguir el buque. Obsérvese la distinta combinación de estos colores, según el punto cardinal que refieren. Las luces que emiten también son propias para cada posición.

Señales de Peligro Aislado: Las señales de peligro aislado indican peligros de tamaño reducido. Su estructura es de color negro con una o más franjas rojas. Su luz es blanca y emiten 2 destellos en 6 o en 10 segundos .

Señales de Aguas Seguras: Las señales de aguas seguras indican que en torno a la señal, las aguas son seguras para navegar. Son marcas de color rojo y blanco en líneas verticales que se ubican en el agua. Su luz es blanca. Sus destellos pueden ser en "código Morse A" en 12 segundos, lo cual significa que el destello es uno corto y uno largo, tal como la letra A de este código. También el destello puede ser uno largo en 10 segundos.

Señales Especiales: Las señales especiales indican áreas a las que se hace referencia en publicaciones náuticas. Son señales de color amarillo que se ubican en el agua o en tierra. La luz también es amarilla y su destello es "código Morse N" en 9 segundos (destello largo seguido de uno corto)

Señales Costeras: Las señales costeras marcan puntos que sirven de referencia para ubicar la posición del buque. Generalmente están situadas en tierra. Pueden tener variadas formas, pero siempre están pintadas de color blanco y rojo en franjas horizontales. Su luz es blanca y sus destellos pueden ser:

- 1 destello en 5, 10, 12, 15, 18 o 20 segundos
- 1 destello largo blanco de 3 segundos en 8 segundos
- 3 destellos en 9 segundos
- 4 destellos en 12 segundos

La normativa vigente no establece ni obliga al uso de algún material especial para la construcción de balizas de ayudas a la navegación, pero sí se recomienda utilizar elementos que tengan durabilidad en el tiempo, razón por la cual se debe pensar en elementos que cumplan con ciertas características físicas para evitar que la pintura que se utilice para dar el color a las señales se desprenda con facilidad producto de las inclemencias meteorológicas y por otro lado que permitan obtener buena adherencia, reflexión y principalmente buena visibilidad, atendiendo las condiciones meteorológicas que se presentan en la Bahía de Quintero.

Para este caso en particular es válido sugerir que la parte distintiva de cada baliza en cuestión sea confeccionada en madera revestida en fibra de vidrio con colores incorporados, la perlita o elemento refractante, asegurando así una más larga vida útil, disminuyendo en forma considerable los costos por mantención de las citadas estructuras. (Ver Anexo, Plano N° SM-200.4.1)

En este caso se asegura la calidad del color, su brillo y la permanencia de éste en el tiempo, para que no se vea afectado por los rayos UV.

Por lo anterior, se recomienda que en la Ingeniería de Detalle de estos elementos, se incorpore todas las mejoras ya enunciadas, tendientes a obtener señales que cumplan con un alto estándar de seguridad, calidad y bajo costo de mantenimiento.

1.1.2. Boya bajo Cochrane

La clase de boya considerada para la señalización del Bajo Cochrane, ubicado en la Bahía de Quintero, se puede apreciar en la figura 1-2, ésta corresponde a un tipo de boya similar a la que utiliza la Armada Nacional a lo largo del país, como la "boya tipo" que se muestra en la figura 1-3. (Ver Anexo, Plano N° SM-200.3.2)

La boya en sí será diseñada y calculada para posteriormente ser sometida a inspección por parte de la

Autoridad Marítima, a fin de que ésta autorice su uso y fondeo en el lugar antes descrito.

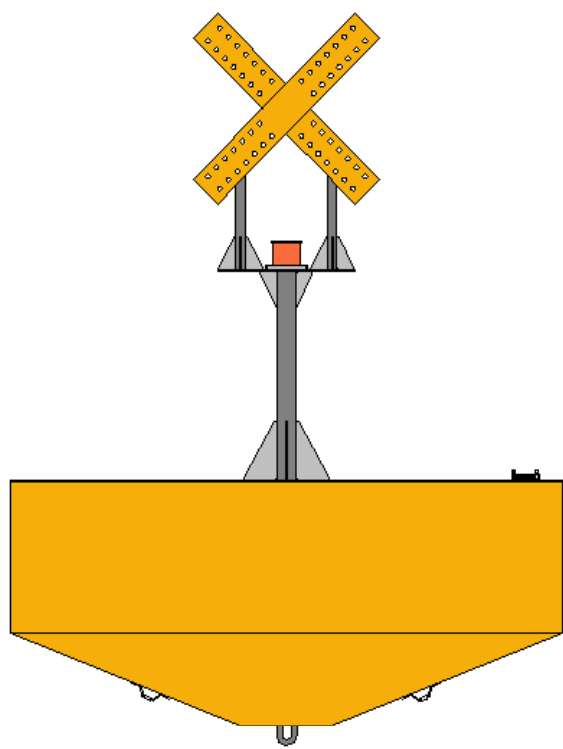


Figura 1-2: Boya Bajo Cochrane.



Figura 1-3: Boya Tipo.

Esta señal será del tipo luminosa, teniendo por tanto una característica y color conforme de acuerdo a lo que dispone la reglamentación actualmente vigente y a lo que dispone I.A.L.A. (Sistema de Identificación Automático), para la Región "B" de Balizamiento, para una señal de Peligro Aislado. (Ver Anexo, Plano N° SM-200.3.1)

1.1.3. Boyarines ducto monoboya

Para la señalización del ducto que va hacia la monoboya y conforme lo indica el D.S.(Decreto Supremo) N°777 en el cual se concede la CC.MM. (Concesión Marítima) a La Empresa Petrolera, se emplearán 4 estructuras flotantes de construcción nacional (Ver Anexo, Plano N° SM-200.3.2), de tamaño medio, con su respectivo material de fondeo, superestructura y luz conforme a la normativa nacional.

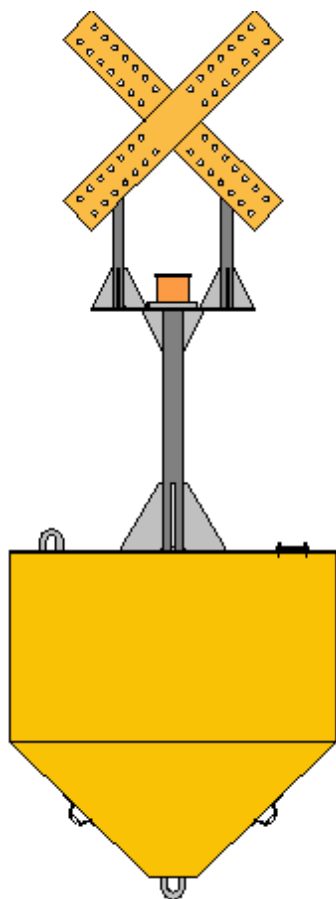


Figura 1-4: Boyarín.

1.2. TIPOS DE SEÑALIZACIÓN

De acuerdo a las necesidades del Terminal Marítimo y a las condiciones del área en cuestión (Ver Anexo, Plano N° GR-100.2), será necesario implementar las siguientes ayudas a la navegación:

- Enfilación de Aproximación al Terminal.
- Enfilación de Fondeo Ancla de Estribor.
- Enfilación de Fondeo Ancla de Babor.
- Señalización Bajo Cochrane.
- Señalización Ducto Submarino R.P.C. (Monoboya)

Hay diferentes tipos de señales, en la tabla 1-1 se pueden apreciar los tipos de señales para utilizar. (Ver Anexo, Plano N° SM-200.4.1)

Tabla 1-1: Tipos de Señales

TIPOS DE SEÑALES		
SEÑALES ROMBO (SR)	SEÑALES TRIANGULARES (ST)	SEÑALES CIRCULARES (SC)
		

1.2.1. Enfilación de aproximación al terminal

Definición: Son ayudas a la navegación conformadas por dos señales que al ponerse en fila, indican cual es el track de navegación que la nave debe respetar en su aproximación al Terminal.

Ubicación: En tierra, sobre la línea que se quiere para demarcar el track de navegación de aproximación al Terminal.

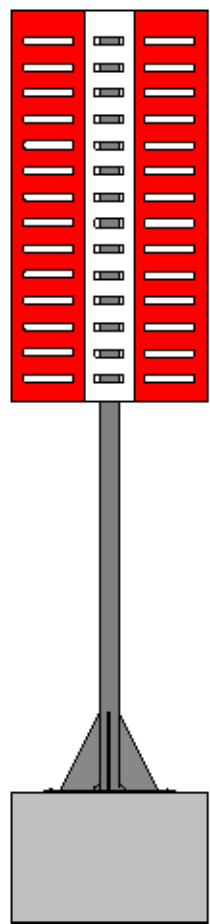


Figura 1-5: Enfilación de Aproximación.

Forma de la Estructura: Generalmente esta conformada por torres del tipo isométricas o tubulares, con un elemento distintivo en su parte superior, sector donde se instala además la fuente luminosa. Para efectos de esta

enfilación se considerará un tablero rectangular de color rojo con una franja vertical al centro de color blanco, dejando aberturas para aminorar los efectos del viento, como muestra la figura 1-5.

Color de la Estructura: Generalmente su color obedece a la topografía del lugar, es decir se utilizan colores tales que permitan que la señal destaque sobre el entorno que le rodea. Se sugiere que la estructura sea pintada de color blanco y los tableros distintivos de los colores enunciados anteriormente.

1.2.2. Enfilación de fondeo ancla de estribor

Definición: Son ayudas a la navegación conformadas por dos señales que tienen por finalidad, que al encontrarse enfiladas con la nave, indican el momento preciso para el fondeo de las anclas, en este caso para el fondeo del ancla de estribor.

Ubicación: En tierra, en la proyección del track de navegación sobre la costa o terreno de playa.

Forma de la Estructura: Generalmente esta conformada por torres del tipo isométricas o tubulares, con un elemento distintivo en su parte superior, sector donde se ubica además la señal luminosa, cuando corresponda. Para efectos de esta enfilación se considerará un tablero triangular de color rojo con una franja vertical de color blanco, dejando aberturas en su superficie para evitar esfuerzos mayores por efecto del viento. Ver figura 1-6.

Color de la Estructura: Generalmente su color obedece a la topografía del lugar, es decir se utilizan colores tales que permitan que la señal destaque sobre el entorno que le rodea. Se sugiere que la estructura sea pintada de color blanco y los tableros distintivos de los colores enunciados anteriormente.

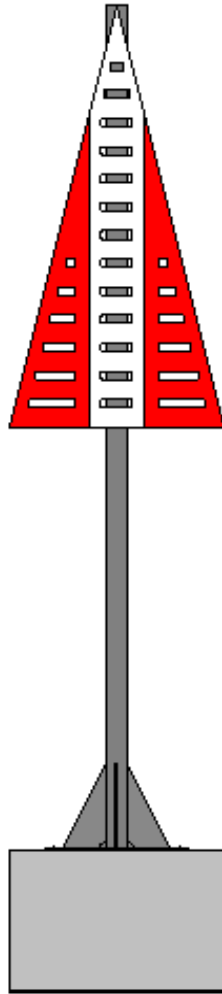


Figura 1-6: Fondeo Ancla Estribor.

1.2.3. Enfilación de fondeo ancla de babor

Definición: Son ayudas a la navegación conformadas por dos señales que tienen por finalidad, que al encontrarse enfiladas con la nave, indican el momento preciso para el fondeo de las anclas, en este caso para el fondeo del ancla de babor.

Ubicación: En tierra, sobre la proyección de la línea que se quiere para demarcar el punto exacto donde se debe fondear, para este caso el ancla de babor.

Forma de la Estructura: Generalmente esta conformada por torres del tipo isométricas o tubulares, con un elemento distintivo en su parte superior, sector donde se

ubica además la señal luminosa, cuando corresponda. Para efectos de esta enfilación se considerará un tablero circular de color rojo con una franja vertical de color blanco, dejando aberturas en su superficie para evitar esfuerzos mayores por efecto del viento. Ver figura 1-7.

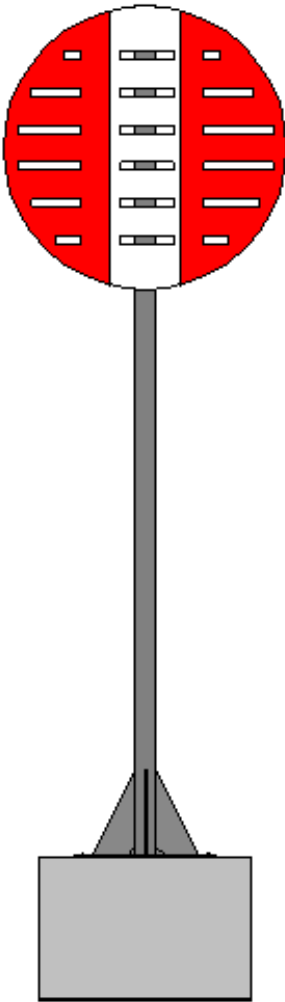


Figura 1-7: Fondeo Ancla Babor.

Color de la Estructura: Generalmente su color obedece a la topografía del lugar, es decir se utilizan colores tales que permitan que la señal destaque sobre el entorno que le rodea. Se sugiere que la estructura sea pintada de color blanco y los tableros distintivos de los colores enunciados anteriormente.

1.2.4. Señalización bajo Cochrane

El Bajo Cochrane que se ubica en la Bahía de Quintero, hacia la parte sur, cercano a los rocas Loncura, se extiende de norte a sur por 185,2 metros, teniendo su parte mas ancha de 138 metros y la menor profundidad que se sondea es de 5,4 metros y se ubica en la parte sur del citado bajo. El bajo en si tiene forma de "L", donde el sector que para efectos de seguridad en las operaciones del Terminal Marítimo de Shell se requiere señalizar se sondean 6,1 metros y corresponde a la parte sureste del citado bajo.

En consideración a la forma del bajo y el sector de interés para el Terminal Marítimo de Shell, se sugiere instalar una boya luminosa en el sector que se ubica más al sureste del bajo, donde se sondean 6,1 metros de profundidad. (Ver Anexo, Plano N° SM-200.3.3)

Definición: Son ayudas a la navegación que se utilizan en el agua y permiten identificar bajos fondos o peligros aislados que afectan a la derrota de una nave. Son del tipo flotante, ciego o luminoso, con o sin pantalla reflectora de radar.

Ubicación: En el agua, inmediatamente sobre el punto que se desea señalizar o donde se encuentre las mas baja profundidad en el sector.

Forma de la Estructura: El cuerpo boyante generalmente es de forma cónica o cilíndrica, recibiendo en su parte superior la superestructura o torre donde se ubican los diferentes elementos que se desee incorporar como ayuda a la navegación. Ver figura 1-2.

Color de la estructura: El color de la estructura esta supeditado a varios parámetros como ser, banda donde se ubica, tipo de peligro, si es señal cardinal, entre otras.

Para este caso se trata de una boya de peligro aislado, por lo tanto corresponde que su superestructura sea de color negro con una franja de color rojo, de acuerdo a la región de balizamiento.

1.2.5. Señalización ducto submarino R.P.C. (Monoboya)

En virtud a lo dispuesto en Decreto Supremo N° 777 del 13 de Septiembre de 1982, mediante el cual se otorga la Concesión Marítima a Shell para la instalación de su Terminal Marítimo, SHELL S.A., debe señalizar el ducto de la monoboya, a su costo.

Conforme a lo anteriormente expuesto, se ha considerado instalar en el área cercana al Terminal Shell, cuatro boyas, ubicadas de forma tal que indiquen claramente la ubicación del ducto de la monoboya.

Esta señalización tiene por finalidad indicar la ubicación del ducto, para que las naves tomen las precauciones necesarias para evitar el trabajo con anclas en sus cercanías. (Ver Anexo, Plano N° SM-200.3.2)

Basado en la normativa de señalización, estas señales corresponden a Señales Especiales, es decir su color estructural es amarillo y serán iluminadas, para permitir la navegación segura de embarcaciones menores por el área. Ver figura 1-4.

1.3. CONSIDERACIONES GENERALES

Para las estructuras en tierra o para toda aquella que no sea una boya propiamente tal, se debe entender que las formas de los tableros permitirán diferenciar el tipo de enfilación, destino y uso que tendrá cada una de ellas. (Ver Anexo, Plano N° SM-200.4.2)

Para efectos de este balizamiento, se sugiere que se considere la instalación de luces, es decir enfilaciones luminosas, a fin de asegurar su visibilidad, considerando

la bruma que habitualmente se presenta en la Bahía de Quintero.

Para efecto de las boyas, como norma general y atendiendo el área de maniobra, se sugiere que estas sean del tipo luminosas, con paneles solares objeto asegurar su operatividad y dar seguridad a las embarcaciones menores de pesca artesanal que transiten por el área.

CAPÍTULO 2: CÁLCULO DE BOYA Y BOYARÍN DE SEÑALIZACIÓN

2. CÁLCULO DE BOYA Y BOYARÍN DE SEÑALIZACIÓN

El diseño de la boya y el boyarín se basan en los cálculos del peso que debe soportar la estructura, manteniéndose a flote en el mar. De acuerdo con lo anterior se dimensionarán para cada caso los elementos mecánicos y estructurales, tanto de los boyarines, como de las boyas demarcatorias.

2.1. ASPECTOS DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

La boya debe soportar un peso de 1570[kg] como base de diseño, considerando que el espesor de las planchas, será de 10[mm].

El boyarín debe soportar un peso de 655[kg] como base de diseño, considerando que el espesor de las planchas, será de 5[mm].

Para el cálculo de las propiedades de diseño, se adoptó como módulo de elasticidad del acero $2,07 \times 10^6$ [kp/cm²].

El tipo de acero de planchaje y estructural, se considerará ASTM A36, por sus propiedades y para ser utilizado en el mar. (Ver Anexo, Compendio Normas de Acero Gerdau Aza) ⁽²⁾

Fórmula de Tracción en Acero Estructural:

$$F_t = 0,45F_y \quad (2-1)$$

Fórmula de Corte en Acero Estructural:

$$F_v = 0,4F_y \quad (2-2)$$

Fórmula de Flexión en Acero Estructural:

$$F_b = 0,6F_y \quad (2-3)$$

² Fuente: Normas de Acero Gerdau Aza.

Donde:

F_t : Tensión admisible de tracción axial.

F_y : Tensión de fluencia mínima.

F_b : Tensión admisible en flexión.

F_v : Tensión de corte.

Peso específico del acero = 7,850 [kg/m³]

Peso específico del agua de mar = 1020 [kg/m³]

Las especificaciones de las soldaduras estarán referidas a la Norma AWS 5.1, AWS 5.5. (Ver Anexo, Compendio de Soldadura Indura) La soldadura utilizada deberá ser de penetración, con filete mínimo de 5[mm].

2.2. CÁLCULO DE BOYA

El objetivo es determinar el diámetro en función de los pesos y la flotación.

Para efectos de cálculo se usará la profundidad máxima de fondeo (7[m]), determinada en la batimetría realizada en el área, y con las siguientes medidas de diseño (Ver Figura 2-1) ⁽³⁾:

$$\begin{aligned}h_{cilindro} &= 0,65 \text{ [m]} \\ &= 65 \text{ [mm]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h_{cono} &= 0,40 \text{ [m]} \\ &= 40 \text{ [mm]}\end{aligned}$$

Donde:

$h_{cilindro}$: Altura del Cilindro de la Boya.

³ Fuente: Archivos Departamento Ingeniería SAIMIC LTDA.

h_{cono} : Altura del Cono de la Boya.

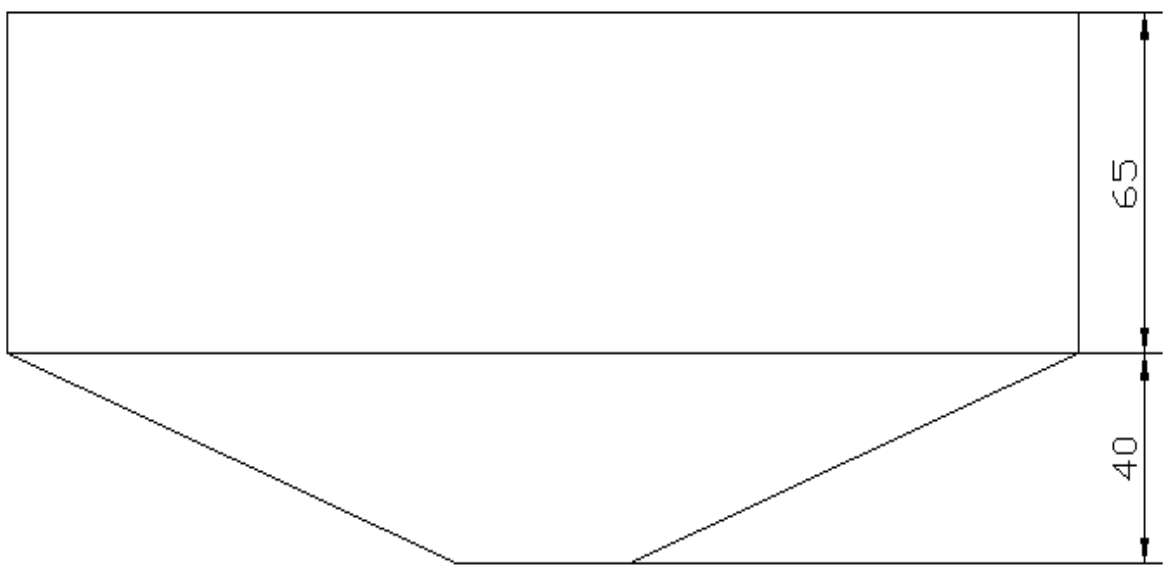


Figura 2-1: Medidas de diseño de boya.

2.2.1. Determinación del diámetro

El diámetro se determinará a través del siguiente diagrama de cuerpo libre. (Ver Figura 2-2)

Considerando que la profundidad es de 7[m] y el peso de la cadena es de 12[kg/m], se obtendrá un peso de cadena de 564[kgf].

Este peso en realidad y por efectos de la densidad del agua de mar, disminuye en aproximadamente 1/3 pero para efectos de seguridad del diseño, se mantendrá en 564[kgf], en el cálculo.

El peso estimativo de la estructura, es determinado por pesos de soldadura, de perfiles internos, mástil, fanal, tapa y pernos, los que se muestran a continuación (Ver Tabla 2-1):

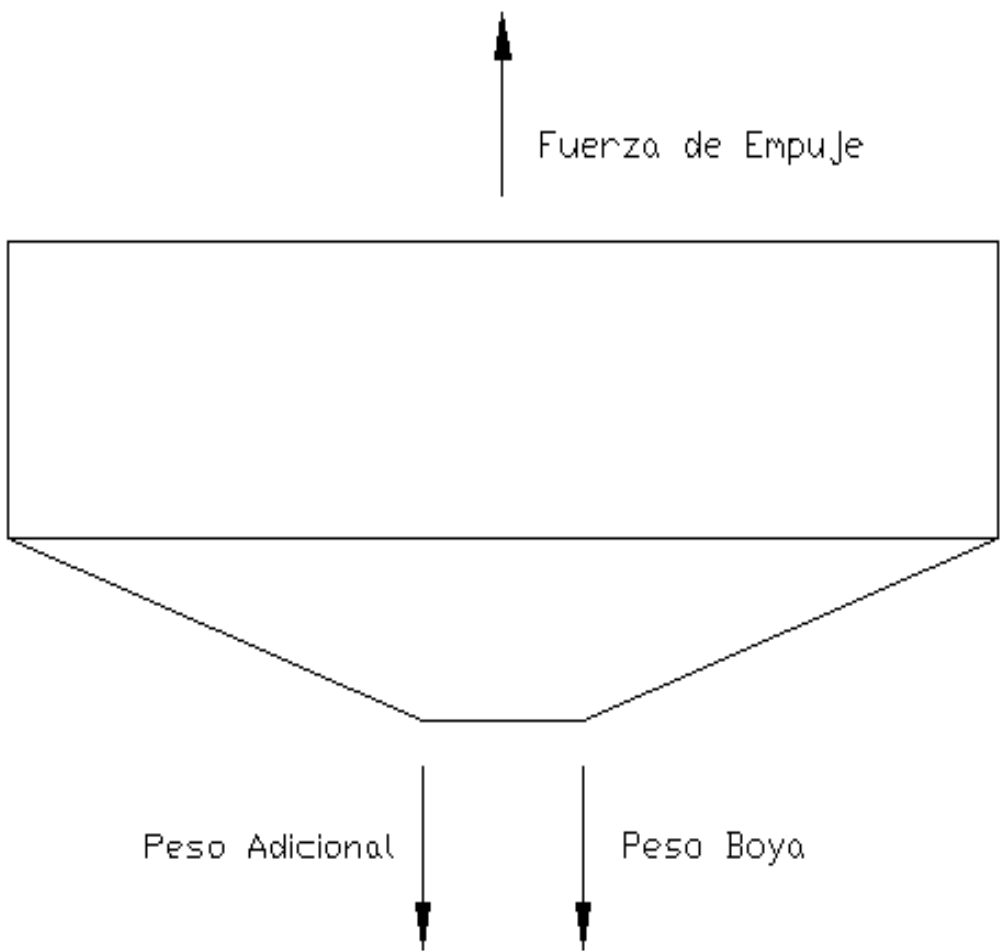


Figura 2-2: Diagrama de cuerpo libre de boya.

Tabla 2-1: Peso estimativo estructura.

ESTRUCTURA	PESO [kgf]
Perfiles	15
Soldadura	04
Mástil y fanal	05
Tapa y pernos	02
TOTAL	26

La tabla 2-1 nos deja un aumento de peso de 26[kgf], a lo que se le debe agregar la sobrecarga de dos personas paradas sobre la boya, estimada en 150[kgf], en total se tienen 176[kgf] de sobrecarga de diseño y agregando el peso de la cadena, se obtienen un peso total de 740[kgf] como se aprecia en la tabla 2-2.

Tabla 2-2: Peso Adicional.

PESO ADICIONAL	PESO [kgf]
Peso Estimativo de Estructura	26
Peso de Sobrecarga	150
Peso de Cadena	564
TOTAL	740

Por lo que:

$$\sum F_y = 0 \qquad (2-4)$$

Donde:

$$\text{Peso Adicional} + \text{Peso Boya} = \text{Fuerza de Empuje}$$

El peso de la boya es determinado en función del diámetro con la siguiente ecuación:

$$\text{Peso Boya} = (\pi r^2 + 2 \pi r h_{cilindro} + \pi r \sqrt{r^2 + h^2_{cono}}) \cdot 32 \qquad (2-5)$$

Donde $(\pi r^2 + 2 \pi r h + \pi r \sqrt{r^2 + h^2})$ es el área total de la boya y el factor de multiplicación obtenido por el peso de las planchas de acero con un espesor de 10[mm], es de 78,50[kg/m²].

De esto se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} r &= 1,0 \text{ [m]} \\ &= 100 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

El diámetro de la boya será 200[cm] como mínimo. En este caso se determinó un diámetro de 240[cm] o 2400[mm], para la boya Bajo Cochrane. (Ver Anexo, Plano SM-200.2.1)

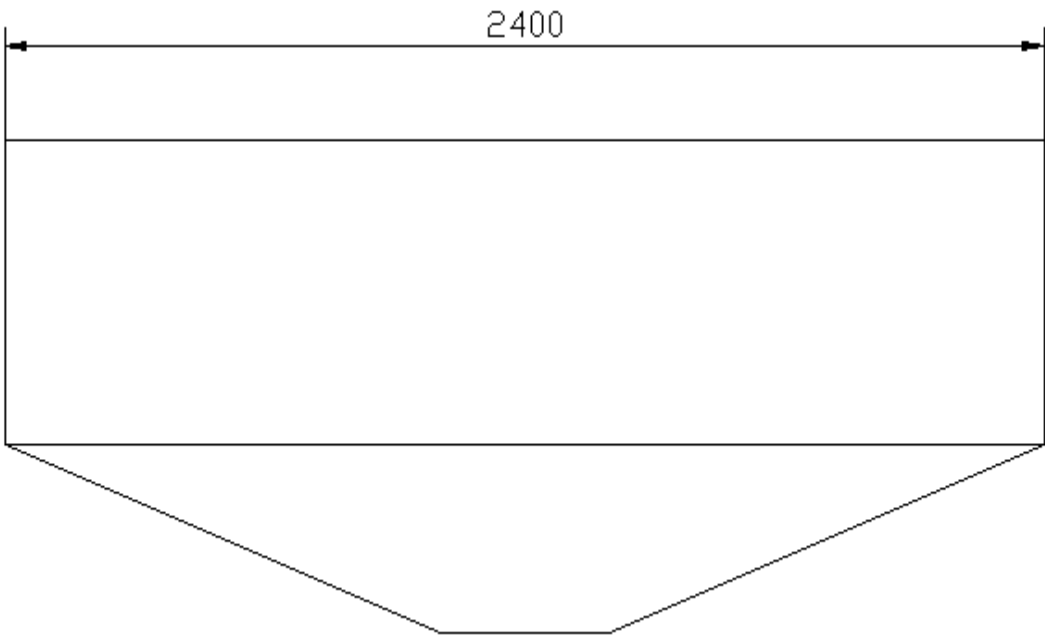


Figura 2-3: Diámetro de Boya.

2.2.2. Largo de cadenas para boya.

En base a la siguiente tabla 2-3, el largo y peso para las cadenas será el siguiente:

Tabla 2-3: Peso de Cadena de la Boya.

Boya	Profundidad	ΔH (marea + ola)	H Cadena	Peso Cadena De 1"
1	7 [m]	8 [m]	15 [m]	345 [kg]

NOTA: La cadena corresponde a cadena comercial de 1", eslabón corto, calidad normal galvanizado, diámetro nominal 15 [mm] y carga de ruptura 2150[kg].

En base a lo anterior, se entrega a continuación la tabla 2-4 de pesos por boya, incluyendo lastre, que corresponderá a arena.

Tabla 2-4: Pesos por Boya.

Boya	Prof.	Peso Cadena de 1"	Sobrecarga	Peso Boya	Peso Total
1	7 [m]	345 [kg]	176 [kg]	833[kg]	1354 [kg]

Tabla 2-5: Largos Definitivos de Cadena y Rastrillo.

Boya	Largo Cadena de 1" (Definitivo)	Largo Cadena de 1" "En Rastrillo"	Largo Total Ambas Cadenas
1	7 [m]	8 [m]	15 [m]

Finalmente los largos definitivos de la cadena serán los mostrados en la tabla 2-5. Dichas cadenas se pueden apreciar en el Anexo, Plano SM-200.1.2.

2.2.3. Determinación de la obra viva y obra muerta

Para la determinación de la obra viva y obra muerta, se cumple:

$$\text{Empuje Real}_{(r = 0,5)} = \text{Peso Total}_{(\text{boya} + \text{cadena} + \text{sobrecarga})} \quad (2-6)$$

Por lo que:

$$\begin{aligned} \text{Obra viva total} &= 690 \text{ [mm]} \\ \text{Francobordo} &= 360 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

2.3. CÁLCULO DE BOYARÍN

El objetivo es determinar el diámetro en función de los pesos y la flotación.

Para efectos de cálculo se usará la profundidad máxima de fondeo 39[m], determinada en la batimetría realizada en el área, con las siguientes medidas de diseño (Ver Figura 2-4) ⁽⁴⁾ :

$$\begin{aligned} h_{cilindro} &= 0,70 \text{ [m]} \\ &= 70 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{cono} &= 0,50 \text{ [m]} \\ &= 50 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

Donde:

$h_{cilindro}$: Altura del Cilindro de la Boya.

h_{cono} : Altura del Cono de la Boya.

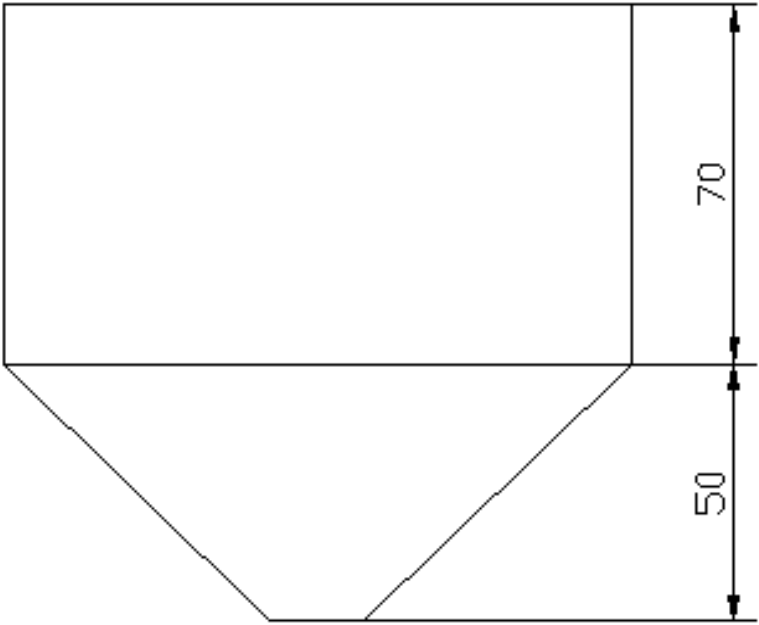


Figura 2-4: Medidas de Diseño de Boyarín.

⁴ Fuente: Archivos Departamento Ingeniería SAIMIC LTDA.

2.3.1. Determinación del diámetro

El diámetro se determinará a través del siguiente diagrama de cuerpo libre. (Ver Figura 2-5)

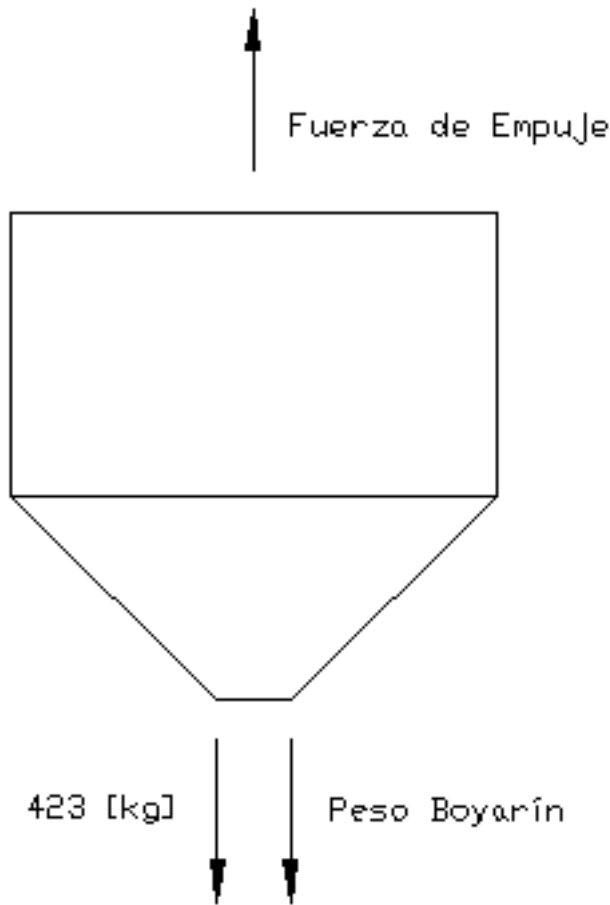


Figura 2-5: Diagrama de Cuerpo Libre de Boyarín.

Considerando que la profundidad es de 39[m] y el peso de la cadena es de 9[kg/m], obtendremos un peso de cadena de 423[kgf].

Este peso en realidad y por efectos de la densidad del agua de mar, disminuye en aproximadamente 1/3 pero para efectos de seguridad del diseño, se mantendrá en el cálculo 423[kgf].

El peso estimativo de la estructura, es determinado por pesos de soldadura, de perfiles internos, mástil, fanal, tapa y pernos, los que se muestran a continuación (Ver Tabla 2-6):

La tabla 2-6 nos deja un aumento de peso de 26[kgf], a lo que se le debe agregar la sobrecarga de dos personas paradas sobre la boya, estimada en 150[kgf], en total se tienen 176[kgf] de sobrecarga de diseño y agregando el peso de la cadena, se obtiene un peso total de 600[kgf] (aproximado), como se aprecia en la tabla 2-7.

Tabla 2-6: Peso estimativo estructura.

ESTRUCTURA	PESO [kgf]
Perfiles	15
Soldadura	04
Mástil y fanal	05
Tapa y pernos	02
TOTAL	26

Tabla 2-7: Peso Adicional.

PESO ADICIONAL	PESO [kgf]
Peso Estimativo de Estructura	26
Peso de Sobrecarga	150
Peso de Cadena	423
TOTAL	599

Lo anterior nos deja un peso adicional a la cadena de 26 [kg].

Por lo que:

$$\sum F_y = 0 \qquad (2-4)$$

Donde:

$$\text{Peso Adicional} + \text{Peso Boyarín} = \text{Fuerza de Empuje}$$

El peso del boyarín es determinado en función del diámetro con la siguiente ecuación:

$$Peso\ Boyarín = (\pi r^2 + 2 \pi r h_{cilindro} + \pi r \sqrt{r^2 + h^2_{cono}}) \cdot 32 \tag{2-7}$$

Donde $(\pi r^2 + 2 \pi r h + \pi r \sqrt{r^2 + h^2})$ es el área total del boyarín y el factor de multiplicación obtenido por el peso de las planchas de acero con un espesor de 5[mm] de 39,25[kg/m²].

De esto se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} r &= 0,59 \text{ [m]} \\ &= 59 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

El diámetro de la boya será 118 [cm] como mínimo. En este caso se determinó un diámetro de 120 [cm] o 1200 [mm], para el boyarín.

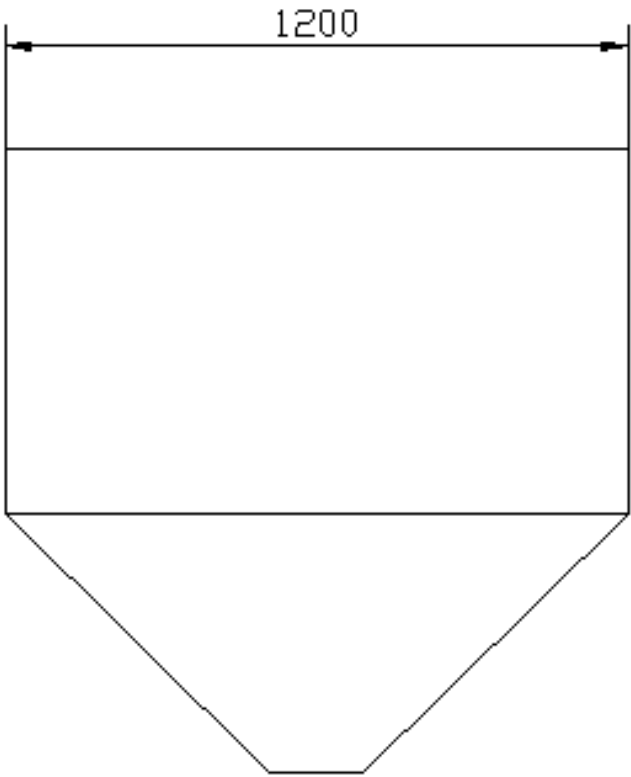


Figura 2-6: Diámetro de boyarín.

2.3.2. Largo de cadenas para boyarines.

En base a la siguiente tabla 2-8, se pueden apreciar el largo y peso para las cadenas.

Tabla 2-8: Peso de Cadena por Boyarín.

Boyarín	Profundidad	ΔH (marea + ola)	H Cadena	Peso Cadena de 3/4"
1	39 [m]	8 [m]	47 [m]	423 [kg]
2	32 [m]	8 [m]	40 [m]	360 [kg]
3	18,7 [m]	8 [m]	26,7 [m]	240,3 [kg]
4	16,5 [m]	8 [m]	24,5 [m]	220,5 [kg]

NOTA: La cadena corresponde a cadena comercial de 3/4", eslabón corto, calidad normal galvanizado, diámetro nominal 12 [mm] y carga de ruptura 1590 [kg].

A continuación en la tabla 2-9, se muestran los pesos por boyarín, incluyendo lastre, que corresponderá a arena.

Tabla 2-9: Peso por Boyarín.

Boyarín	Prof. [m]	Peso Cadena [kg]	Sobrecarga	Peso Boyarín	Peso Total	Lastre [kg]
1	39	423	26 [kg]	206 [kg]	655 [kg]	0
2	32	360	26 [kg]	206 [kg]	592 [kg]	63
3	18,7	240,3	26 [kg]	206 [kg]	472,3 [kg]	183
4	16,5	220,5	26 [kg]	206 [kg]	452,5 [kg]	203

Los largos definitivos se encuentran en la tabla 2-10 y las cadenas en el Anexo, Plano SM-200.1.2.

Tabla 2-10: Largos Definitivos de Cadena y Rastrillo.

Boyarín	Largo Cadena de 3/4" (Definitivo)	Largo Cadena de 3/4" "En rastrillo"	Largo Total Ambas Cadenas
1	39 [m]	8 [m]	47 [m]
2	32 [m]	8 [m]	40 [m]
3	18,7 [m]	8 [m]	26,7 [m]
4	16,5 [m]	8 [m]	24,5 [m]

2.3.3. Determinación de la obra viva y obra muerta

Para la determinación de la obra viva y obra muerta, se cumple:

$$\text{Empuje Real}_{(r = 0,5)} = \text{Peso Total}_{(\text{boyarín} + \text{cadena} + \text{sobrecarga})} \quad (2-8)$$

Por lo que:

$$\begin{aligned} \text{Obra viva total} &= 900 \text{ [mm]} \\ \text{Francobordo} &= 300 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

CAPÍTULO 3: CÁLCULO DE MUERTOS DE BOYA Y BOYARÍN

3. CÁLCULO DE MUERTOS DE BOYA Y BOYARÍN

Para que la boya permanezca ubicada en el lugar requerido para la señalización, es necesario que posea un peso o ancla que la mantenga en su lugar, en este caso se denomina "muerto", éste debe ser calculado según las fuerzas a las cuales se vea afectada la boya.

3.1. DETERMINACIÓN DEL PESO MUERTO

La determinación del peso muerto, se tomará como velocidad del viento 80 nudos y 2 nudos de corriente marina. Estos valores han sido seleccionados como límites de diseño, considerando que en el caso del viento no se han registrado valores tan altos y en el caso de corrientes marinas, los valores límites alcanzados en mediciones físicas en la bahía arroja velocidades entre 1 y 1,3 nudos como máximo, por lo cual estamos asumiendo un factor de seguridad adicional.⁽⁵⁾

3.1.1. Boya bajo Cochrane

Para determinar el peso muerto de la boya bajo Cochrane, es necesario realizar el cálculo de:

- El área expuesta a la corriente marina corresponde a la proyección vertical del cono y cilindro, esto es;

$$A_{VIVA} = 10,53 \text{ [pie}^2\text{]}$$

- El área expuesta al viento es la proyección vertical del cilindro y cono (obra muerta), esto es;

⁵ Archivos Departamento de Ingeniería SAIMIC LTDA.

$$A_{MUERTA} = 7,76 \text{ [pie}^2\text{]}$$

Para evaluar los esfuerzos concurrentes se ha tenido en consideración la condición mas adversa que se produce cuando la corriente y el viento van hacia la misma dirección y por tanto ambos esfuerzos se complementan (Ver Fórmula 3-1). La expresión general que modela esta situación es:

$$F_{ARRASTRE} = \eta \cdot A_{VIVA} \cdot \textit{Velocidad Corrientes} \quad [\text{libras}] \quad (3-1)$$

Donde:

$$\textit{Velocidad de Corriente} = 2 \text{ nudos}$$

$$\textit{Velocidad del Viento} = 80 \text{ nudos}$$

$$\eta = 1,63 \text{ (para corriente submarina)}$$

$$\eta = 0,00204 \text{ (para viento)}$$

De lo que se obtiene:

$$\begin{aligned} F_{ARRASTRE} &= 169,97 \text{ [libras]} \\ &= 77,10 \text{ [kg]} \end{aligned}$$

De acuerdo con la fórmula 3-2 de la catenaria 1, se tendrá lo siguiente:

$$C = \frac{H}{W_{AGUA}} \text{ [pies]} \quad (3-2)$$

$$C = \frac{170}{50,81} = 3,35 \text{ [pies]}$$

Y con la fórmula 3-3 de la catenaria 2, se tendrá lo siguiente:

$$S_a = \frac{V_a}{W_{AGUA}} \text{ [pies]} \quad (3-3)$$

$$V_a = 170 \cdot 0,052 = 8,84 \text{ [libras]}$$

$$S_a = \frac{8,84}{50,81} = 0,174 \text{ [pies]}$$

$$Y_a = \sqrt{0,174^2 + 3,35^2} = 3,354 \text{ [pies]}$$

$$Y_b = Y_a + \text{Profundidad} \text{ [pies]}$$

$$Y_b = 3,35 + 22,96 = 26,31 \text{ [pies]}$$

$$S_b = \sqrt{(Y_b^2) + (C^2)} = 26,09 \text{ [pies]}$$

Largo de cadena (L_c) necesario para contrarrestar con su peso, la fuerza que empuja la boya.

$$L_c = S_b - S_a \quad (3-4)$$

$$L_c = 26,09 - 0,174 = 25,916$$

$$L_c = 7,9 \text{ [m]}$$

El largo de cadena instalado es de 15 [m], lo que da un factor de seguridad de 1,9. No se ha considerado el peso del muerto.

3.1.2. Boyarín

Para determinar el peso muerto del boyarín, es necesario realizar el cálculo de:

- El área expuesta a la corriente marina corresponde a la proyección vertical del cono y cilindro, esto es:

$$A_{VIVA} = 8,41 \text{ [pie}^2\text{]}$$

- El área expuesta al viento es la proyección vertical del cilindro y cono (obra muerta), esto es:

$$A_{MUERTA} = 3,86 \text{ [pie}^2\text{]}$$

Para evaluar los esfuerzos concurrentes se ha tenido en consideración la condición mas adversa que se produce cuando la corriente y el viento van hacia la misma dirección y por tanto ambos esfuerzos se complementan (Ver Fórmula 3-1). La expresión general que modela esta situación es:

$$F_{ARRASTRE} = \eta \cdot A_{VIVA} \cdot \textit{Velocidad Corrientes} \quad \text{[libras]} \quad (3-1)$$

Donde:

$$\textit{Velocidad de Corriente} = 2 \text{ nudos}$$

$$\textit{Velocidad del Viento} = 80 \text{ nudos}$$

$$\eta = 1,63 \text{ (para corriente submarina)}$$

$$\eta = 0,00204 \text{ (para viento)}$$

De lo que se obtiene:

$$\begin{aligned} F_{ARRASTRE} &= 105,23 \text{ [libras]} \\ &= 47,73 \text{ [kg]} \end{aligned}$$

De acuerdo con la formula 3-2 de la catenaria 1, se tendrá lo siguiente:

$$C = \frac{H}{W_{AGUA}} \text{ [pies]} \quad (3-2)$$

$$C = \frac{105}{50,81} = 2,07 \text{ [pies]}$$

Y con la formula de la catenaria 2, se tendrá lo siguiente:

$$S_a = \frac{V_a}{W_{AGUA}} \text{ [pies]} \quad (3-3)$$

$$V_a = 105 \cdot 0,052 = 5,47 \text{ [libras]}$$

$$S_a = \frac{5,47}{50,81} = 0,11 \text{ [pies]}$$

$$Y_a = \sqrt{0,11^2 + 2,07^2} = 3,354 \text{ [pies]}$$

$$Y_b = Y_a + \text{Profundidad} \text{ [pies]}$$

$$Y_b = 2,07 + 48,2 = 51,27 \text{ [pies]}$$

$$S_b = \sqrt{(Y_b^2) + (C^2)} = 51,22 \text{ [pies]}$$

Largo de cadena (L_c) necesario para contrarrestar con su peso, la fuerza que empuja la boya.

$$L_c = S_b - S_a \quad (3-4)$$

$$L_c = 51,22 - 0,11 = 51,11 \text{ [pies]}$$

$$L_c = 15,6 \text{ [m]}$$

El largo de cadena instalado es de 23 [m], lo que nos da un factor de seguridad de 1,47. No se ha considerado el peso del muerto. (Ver Anexo, Plano SM-200.1.1.)

3.2. DETERMINACIÓN DE COMPOSICIÓN DEL MUERTO

El muerto de anclaje ha sido diseñado en hormigón con una estructura metálica de refuerzo y conexión a cáncamo de amarre.

El muerto de anclaje tiene forma de cono truncado en donde el diámetro es mayor que su altura, de modo de producir un factor de succión en su base, que pueda incrementar su factor de anclaje (peso), en 2 a 3 veces su peso.

Lo anterior, está directamente relacionado al tipo de fondo que se encuentre. No obstante, la dimensión calculada para la boya corresponde a:

$B = 0,90\text{m}$ (base del muerto)

$H = 0,50\text{m}$ (altura del muerto)

Y la dimensión calculada para los boyarines es de:

$B = 0,70\text{m}$ (base del muerto)

$H = 0,50\text{m}$ (altura del muerto)

El concreto será un grado 30, equivalente a 300 $[\text{kg}/\text{cm}^2]$.

CAPÍTULO 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estas especificaciones establecen los procedimientos y requisitos de calidad para materializar la modificación del posicionamiento de las boyas 1 y 3 del terminal marítimo de SHELL.⁽⁶⁾

4.1. BASES DE DISEÑO

Las bases de diseño para dos Líneas Submarinas de Descarga de Combustibles Lubricantes desde barcos amarrados en el Sistema de fondeo en la Bahía de Quintero, V Región, de propiedad de SHELL han sido redactadas para la ejecución de un Proyecto de las obras, que consideran el reposicionamiento de las boyas 1 y 3 del terminal con sus respectivos elementos de fijación.

Los trabajos contemplados en las presentes especificaciones técnicas constan de:

- Identificación con boyarines o banderolas de las posiciones nuevas de las boyas y de las anclas de fijación de las boyas.
- Levante y traslado de los elementos de fondeo a su nueva posición.
- Aseguramiento de dos elementos de fijación en el lecho marino.
- Realización de pruebas de tracción de las boyas.

Los trabajos que se indican serán ejecutados conforme a

⁶ Fuente: Archivos Departamento Ingeniería SAIMIC LTDA.

éstas Especificaciones Técnicas Generales, Especiales y Anexos, junto con los demás antecedentes que se adjuntan para este efecto.

El presente documento se complementa con los planos del proyecto, las Normas y Códigos citados y las instrucciones de la Inspección Técnica de Obra (ITO), durante la realización de las obras.

El Contratista deberá proveer para la faena todo lo necesario, tanto en recursos humanos como materiales, que aseguren la correcta ejecución de los trabajos de normalización y recambio de estructuras.

4.1.1. Materiales

El contratista deberá contar como mínimo, con el siguiente equipo y maquinarias para llevar a cabo las faenas:

Maquinaria Pesada:

- Camionetas de apoyo.
- Compresores de aire de apoyo a faenas marítimas.
- Embarcaciones de apoyo de, a lo menos, 250 HP.

Equipos de Apoyo:

- Equipos de comunicaciones en frecuencias marinas (VHF).
- Embarcaciones menores de apoyo.
- Equipos de buceo completos.
- Globos de levante de diferentes toneladas.

- Equipos fotográficos y de filmación, tanto terrestre como marítimo.
- Equipo de monitoreo submarino con intercomunicador buzo con superficie.

Estos equipos deberán ser claramente identificados en la oferta del contratista, indicando cantidades de elementos y equipos disponibles y cuales de ellos son obtenidos por subcontrato con terceros.

4.1.2. Programación

Previo al inicio de las obras, el Contratista deberá preparar y presentar un programa detallado de actividades, el que deberá ser aprobado por la ITO antes de iniciar las obras. Este programa será considerado como el programa definitivo y podrá ser ajustado, según sea necesario, durante el transcurso de los trabajos, de acuerdo a las modificaciones particulares que la ITO autorice.

Durante el desarrollo de las obras, el Contratista presentará a la ITO programas de tareas en forma semanal, detallando las actividades.

4.1.3. Coordinación

Antes de inicio de obras y durante la ejecución de las mismas, se deberán efectuar reuniones de coordinación conjuntamente con la ITO, de la cual deberá quedar constancia en el libro de obras.

El Contratista deberá disponer de la infraestructura necesaria para enfrentar con la mayor rapidez los trabajos adicionales que se pudieran, eventualmente, requerir. Dichos trabajos deberán ser previamente autorizados por la ITO, que quedarán registradas en el libro de obras.

4.2. NORMAS, DECRETOS APLICABLES Y DEFINICIONES

Para la realización de este proyecto es necesario regirse por las normas y decretos aplicables en estos casos, a continuación se indicarán las leyes que son utilizadas para este fin.

4.2.1. Normas vigentes

Las obras se realizarán en concordancia con las Normas del Instituto Nacional de Normalización (INN) vigentes, relacionadas con este tipo de obras, las normas indicadas en los planos y estas Especificaciones Técnicas.

4.2.2. Reglamentos y decretos

Los trabajos deberán realizarse cumpliendo los siguientes reglamentos y decretos aplicables en el país:

Decreto Ley N° 2.222, del 21 de Mayo de 1978, "Ley de Navegación". (Ver Anexo, Ley de Navegación)

- Decreto N° 1 (M), del 06 de Enero de 1992. "Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática".
- Reglamento de Buceo para Buzos Profesionales DS (M) 757 del 8 Septiembre 1982.
- Reglamento de las Comisiones de inspección de naves DS (M) N° 70 del 16 Enero de 1985.
- Decreto N° 820 (M) del 05 de Noviembre de 1993 y Decreto N° 841 (M) del 12 de Noviembre de 1993, que modifican el Decreto N° 1 (M), "Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática".
- Convenio Internacional sobre Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y

Otras Materias, 1972 "LDC/72". D.S. N° 475 de 1977, del Ministerio de Relaciones Exteriores.

- Decreto Supremo N° 656 del 22 de Julio de 1983, "Protocolo Complementario del acuerdo sobre la Cooperación Regional para el Combate contra la Contaminación del Pacífico Sudeste por Hidrocarburos y otras Sustancias Nocivas".
- Ley de Bases del Medio Ambiente N° 19.300 (Publicado en el D.O. el 09 de Marzo de 1994).
- Reglamento de Orden, Seguridad y Disciplina en los Puertos de la República.

4.3. SEGURIDAD

En relación al Programa de Control de Riesgos, La Empresa Contratistas deberá presentar un programa preliminar de control de riesgos.

Del mismo modo, el contratista deberá presentar Directivas de Seguridad Industrial para aquellas obras especiales que revisten grado de peligro para los operadores y equipos o que presenten riesgo para el Medio Ambiente.

Las actividades mínimas que deberán contar con estas Directivas de Seguridad, son entre otras:

Faenas submarinas que contemple, a lo menos;

- Equipos de trabajos de buzos de al menos dos personas. Material mínimo de buceo en adecuado estado.
- Tiempo de buceo y trabajo en profundidad con tiempos de descompresión.
- Equipos de emergencia y primeros auxilios.

- Directiva sobre descompresión.
- Trabajo con oxicorte, al arco y concentración de puntos calientes, material de protección personal y procedimientos.

Los elementos de seguridad básicos a entregar al personal que opera en tierra serán los indicados en IC-1504-L-001.

4.4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Debido a la modificación del entorno en el muelle de Quintero, es necesario realizar una reestructuración en la señalización de ingreso y salida de éste. A continuación se describirán las posiciones actuales de los elementos de fondeo, además de las posiciones finales con las que contará el reestructurado muelle.

4.4.1. Posición actual de elementos de fondeo

Los elementos de fondeo actualmente existentes en el terminal marítimo son 3 boyas de 34 [m³] de capacidad, las cuales tienen las siguientes coordenadas en DATUM WGS-84. (Ver Tabla 4-1)

Tabla 4-1: Posición de Elementos de Fondeo Existentes.

BOYAS	NORTE	ESTE
BOYA 1 (SUR)	6371103,954	265197,130
BOYA 2	6371161,7374	265293,8739
BOYA 3 (NORTE)	6371286,469	265328,479

4.4.2. Posición definitiva de elementos de fondeo

Tanto las boyas 1 y 3 como así también los elementos de fondeo, tienen que ser trasladados a los nuevos puntos de trabajo, los cuales se muestran en la tabla 4-2:

Tabla 4-2: Posición Definitiva de Elementos de Fondeo.

BOYAS		NORTE	ESTE
1	SUR	6371092,38	265182,113
3	NORTE	6371291,747	265273,916

Las anclas de fijación en el fondo marino de las boyas deberán ser cambiadas a las siguientes posiciones en DATUM WGS-84, que se muestran en la tabla 4-3:

Tabla 4-3: Posición Final de Anclas. (*)

BOYA	PERNADA	NORTE	ESTE
1 SUR	1A	6370995,145	265279,895
	1B	6370958,353	265149,242
3 NORTE	3A	6371403,857	265354,386
	3B	6371278,113	265411,241

En el caso de las pernadas de retenida deberán quedar direccionadas en la misma ubicación y en sentido opuesto a la bisectriz de ángulo formado por las pernadas de trabajo de cada boya. (Ver Anexo, Plano GR-100.3.)

(*) Todas las posiciones obtenidas de planos navales, en coordenadas DATUM WGS-84.

4.5. PERMISOS DE TRABAJOS SUBMARINOS

La empresa contratista deberá presentar una carta a la Capitanía de puerto, en la que se consigne:

- Trabajo a realizar.
- Elementos a emplear.
- Nombre con número de RUT de todos los buzos.
- Número de permiso de buceo extendido por la propia Autoridad Marítima.
- Fechas tentativas de realización de las tareas.
- Profundidades a trabajar.
- Buzo contratista a cargo de la faena.
- Matrícula y nombre de o las embarcaciones a emplear en faenas.
- Nombre de Patrón y RUT de cada embarcación.

4.6. TRASLADO Y MARCADO DE NUEVA POSICIÓN

Para el traslado de los elementos de fondeo a las nuevas ubicaciones, es necesario utilizar métodos de marcado con sistemas precisos, además de considerar los tipos de materiales y procedimientos a seguir, para que éstos nos entreguen una posición efectiva. A continuación se darán a conocer los procedimientos necesarios, basados en el plano de posición final del TT.MM. que se encuentra en el Anexo, Plano GR-100.3.

- El método de marcado de las nuevas posiciones de los elementos de fondeo debe ser efectuado con posicionamiento mediante el empleo de DGPS con método de tiempo real con proceso en línea, con el uso de Sistema HYPAK de navegación y posición precisa.
- Se deberá evitar el empleo de estaciones totales que requieren para su operación de un prisma que al

estar en una embarcación, tendrá un error muy alto para los objetivos de desarrollo del trabajo de cambio del posicionamiento de las boyas 1 y 3.

- Solo se permitirá el empleo de Teodolitos de posición angular, si previamente se realiza un levantamiento de una red de PR en el sector, como apoyo, y la determinación del punto en el mar se realiza en base al corte angular de 3 instrumentos en forma simultánea, ubicados éstos en los PR definidos anteriormente en forma Geodésica, y vinculados con el punto SHOA que se encuentra en los patios de la Capitanía de Puerto
- Método de marcado de punto de nueva posición. Éste punto, deberá ser marcado en el mar con un boyarín indicador, unido a una guía y un muerto de 60 kilos de peso, de modo de no perder la posición por efecto de las aguas y corrientes. Puntos correspondientes a:
 - Las 2 boyas.
 - Las 4 pernadas de trabajo.
 - Las 2 pernadas de retenida.
- Con las posiciones ya definidas, se procederá a soltar los orinques de las boyas, y se trasladará las pernadas de trabajo y las retenidas a su nueva posición, conjuntamente con las anclas de cada una de ellas, con empleo de flotadores o paracaídas submarinos. El método de orden para el traslado de los elementos será fijado por el contratista e informado al ITO.
- Las anclas en su nueva posición, deberán ser enterradas a lo menos 1,5 [m] en el lecho marino, para lo cual se empleará lanzas de agua u otro método que nos asegure que éstas quedan enterradas la cantidad ya indicada.

- Las uniones de los grilletes "Kenter" y los grilletes "Tipo D" deberán ser con elementos de amarre que nos de seguridad. En el caso de los "Kenter" con plomo y sellado con masilla "Epoxi-Filler" Submarina.

4.7. PRUEBA DE TRACCIÓN

Para garantizar que la ubicación de los elementos de fondeo no varíe, es necesario realizar la prueba de tracción respectiva y verificar que las boyas no se puedan correr, observando tras una inspección submarina que las anclas no se han desenterrado. A continuación se explicarán dichos procedimientos.

- Una vez finalizado el traslado de los elementos de fondeo, se deberá solicitar a la Capitanía de Puerto, la inspección para la prueba de tracción respectiva, tanto para la boya 1 como para la 3.
- Para lo anterior se requerirá la contratación de un remolcador de un Bollard-Pull de a lo menos 40 Toneladas o las que la Autoridad marítima determine para este caso.
- Las boyas deberán ser traccionadas con plena carga del remolcador por espacio de 15 minutos al menos, o lo que determine el práctico que se encuentre en la inspección.
- Una vez concluida la prueba, se determinará con DGPS el corrimiento real de las boyas, y se presentará a la Capitanía de puerto para su aprobación.
- Conjuntamente con lo anterior, se entregará un informe de inspección submarina sobre las anclas y si éstas han trabajado correctamente en el lecho marino,

con testimonio fotográfico que las anclas no se han desenterrado o garreado del punto original asignado.

CAPÍTULO 5: ZAPATA Y PILAR DE SEÑALIZACIÓN

5. **ZAPATA Y PILAR DE SEÑALIZACIÓN**

La zapata es el ensanchamiento que se pone a los pies del pilar de señalización, el cual permite que se apoye en el suelo. En éste capítulo se entregarán los resultados de factibilidad y los procedimientos que se deben seguir para su instalación.

5.1. **VERIFICACIÓN DE LA ZAPATA**

Para poder realizar la señalización se debe verificar previamente, mediante cálculo, la factibilidad de instalación de la zapata. A continuación se calcularán los factores que puedan afectar en su instalación. ⁽⁷⁾

5.1.1. **Materiales**

A continuación, los materiales utilizados y sus propiedades mecánicas, se pueden apreciar en la siguiente tabla 5-1:

Tabla 5-1: Materiales a utilizar.

Material	Cantidad
γ_{arena}	1,5 [ton/m ³]
$\gamma_{\text{hormigón}}$	2,5 [ton/m ³]
$\sigma_{\text{admisible suelo}}$	10 [ton/m ²]
Recubrimiento	5 [cm]
Hormigón	H30
Acero	A63-42H

⁷ Fuente: Archivos Departamento Ingeniería SAIMIC LTDA.

Dimensiones = Altura: 1,00 [m]; Ancho: 1,50 [m]

5.1.2. Verificación al volcamiento

La estructura se encuentra sometida a esfuerzos de volcamiento principalmente debido a la acción del viento sobre la señalética vertical.

La zapata deberá resistir dichos esfuerzos cumpliendo, al menos, las siguientes condiciones:

- $1,5 \cdot \text{Momento}_{\text{volcante}} \leq \text{Momento}_{\text{resistente}}$
- $\text{Momento}_{\text{volcante}} = \text{Fuerza}_{\text{viento}} \cdot \text{Altura Máxima}_{\text{poste}}$
- $\text{Momento}_{\text{resistente}} = (\text{Peso}_{\text{zapata}} + \text{Peso}_{\text{hom bre}}) \cdot \frac{B}{2}$

Donde el " $\text{Peso}_{\text{zapata}}$ " es el peso propio de la zapata más el tubo lleno de hormigón. El " $\text{Peso}_{\text{hom bre}}$ " es la sobrecarga sobre el poste consistente en el peso de un hombre de 150kg, y "B" el ancho de la base del poste.

5.1.3. Verificación por esfuerzos máximos sobre el suelo

La estructura se encuentra sometida a esfuerzos máximos, la zapata deberá resistir tales esfuerzos, para lo cual debe cumplirse:

$$\sigma_{\text{máximo}} \leq \sigma_{\text{admisible suelo}}$$

Donde;

$$\sigma_{\text{máximo}} = 9,3 \text{ [ton/m}^2\text{]}$$

(Esfuerzos máximos, solicitante sobre la zapata)

$$\sigma_{\text{admisible suelo}} = 10 \text{ [ton/m}^2\text{]}$$

(Sigma admisible del suelo)

Reemplazando los valores se tiene que:

$$9,3 \text{ [ton/m}^2\text{]} \leq 10 \text{ [ton/m}^2\text{]}$$

Por lo que se cumple la condición establecida previamente.

5.1.4. Armadura de la zapata

La zapata básicamente se encuentra sometida a los esfuerzos máximos antes expuestos, por tanto, básicamente no requiere de armadura, sin embargo el consultor recomienda al menos contemplar armadura mínima, a fin de garantizar al menos la fluencia del acero en caso de incursionar en el rango no lineal.

Además, permite la aparición temprana de grietas y su posterior propagación en el curado del hormigón.

La armadura recomendada es:

Armadura de la zapata: Doble malla $\Phi 12 @ 20$

5.2. MOVIMIENTO DE TIERRAS

El Contratista ejecutará todas las excavaciones necesarias para las obras consideradas en el presente proyecto.

En la ejecución de las excavaciones se deberá cumplir las disposiciones de la Norma NCh 149 Of. 55 "Prescripciones de Seguridad en Excavaciones".

5.2.1. Excavaciones

Para la instalación del pilar de señalización se deberá excavar un espacio adecuado para ubicar la zapata, a

continuación se presentarán los requerimientos necesarios para la excavación de los terrenos.

- Se deberá excavar en los ejes y hasta las costas o niveles indicados en los Planos del Contrato.
- Las dimensiones que se adopten para las excavaciones serán aquellas que permitan dejar un espacio adecuado para la instalación de moldajes, el acceso de los equipos y materiales y lo que sea requerido por las facilidades de movimiento y seguridad del personal ocupado en las faenas.
- Todo material inestable deberá ser removido del fondo de la excavación. Se retirarán los grandes bolones, escombros y suelos compresibles hasta una profundidad no inferior a 30 [cm] bajo el sello de apoyo final.
- Con excepción a lo indicado, deberá cuidarse de preservar el terreno intacto bajo el radier y en los costados. Cuando la excavación deba llevarse a niveles más profundos que el radier, se deberá rellenar hasta reponer este último, a la base de apoyo de las tuberías, mediante los rellenos.
- Toda excavación adicional que el Contratista estime de su conveniencia se hará hasta los límites que apruebe la Inspección Técnica y será de su propio cargo y costo.
- El material proveniente de la excavación será colocado a suficiente distancia del borde de la excavación, de manera de no crear situaciones de riesgo de derrumbes o socavaciones del terreno inmediato. En ningún caso se aceptará que se acumule material a menos distancia de 90 [cm] del borde de las excavaciones.
- Donde sea posible, el material proveniente de las excavaciones, que sea apropiado, deberá ser ocupado en

rellenos. Deberá ser ensayado, tamizado o mezclado según convenga y acopiado donde lo autorice la Inspección Técnica.

- Método de excavación: Se harán a tajo abierto, en zanjás.
- Dimensiones admisibles: Si la excavación excede las dimensiones permitidas, el Contratista deberá, a su costo y cargo, mejorar sus condiciones de apoyo de la zapata o rodearla de hormigón de cemento de 170 [Kg/m³] según instrucciones de la Inspección Técnica.

5.2.2. Entibaciones

Esta sección incluye las especificaciones para materializar la entibación de las excavaciones mediante tablestacado, sistema berlinés o enmaderación, estimándose que en esta obra sólo será aplicable el último procedimiento. El Contratista será responsable del diseño y selección de los métodos a emplear.

El Contratista deberá entregar antes de iniciar excavaciones, el sistema de entibación propuesto. Incluirá todos los detalles, disposición y métodos de construcción del sistema incluyendo detalles de los sistemas de pre-compresión de los puntales. Deberá mostrar los niveles de rasante y de excavación previa hecha sin entibación, con indicación de la máxima profundidad que alcanzará con ésta antes de proceder a la instalación de la entibación y la precarga de los puntales donde ello está considerando.

- Se recurrirá a tablonés, largueros y puntales de madera de aserradero, carente de nudos u otras imperfecciones.
- Las tensiones admisibles de trabajo serán las que contiene la Norma INN.

- El espesor de tablones de madera de pino no será inferior a 2" para enmaderado continuo con largueros o maestras separadas 1,00 [m] o menos (eje a eje) o 3" para enmaderado continuo, largueros o maestras separadas 1,50 [m] o menos (eje a eje) para excavaciones de menos de 6,00 [m] de profundidad.

5.2.3. Rellenos

En esta sección se especifican las condiciones que deberán cumplir la obtención, procesamiento, transporte, colocación, compactación y control de los materiales que constituirán los rellenos.

La selección de los materiales y el control de la ejecución de los rellenos requieren de la aplicación de procedimientos normalizados, los que se efectuarán siguiendo las prescripciones de las siguientes normas:

NCh 1515 Mecánica de Suelos. Determinación de la humedad.

NCh 1516 Mecánica de Suelos. Determinación de la densidad en el terreno. Método del cono de arena.

NCh 1517-1 Mecánica de Suelos. Límite de consistencia. Parte 1. Determinación del Límite plástico.

NCh 1534-1 Mecánica de Suelos. Relaciones humedad densidad. Parte 1. Métodos de compactación con pisón de 2,5 [Kg] y 460 [mm] de caída.

NCh 1534-2 Mecánica de Suelos. Relaciones humedad-densidad. Parte 2. Métodos de compactación con pisón de 4,5 [Kg] y 460 [mm] de caída.

NCh 1726 Mecánica de Suelos. Determinación de la densidad relativa.

NCh D421 Preparación de muestras.

NCh D422 Determinación de la granulometría.

ASTM CI27 y D854 Determinación del peso específico.

Los materiales deberán cumplir las condiciones generales siguientes:

- Su granulometría deberá estar comprendida dentro de los límites especificados sin que se produzcan concentraciones de partículas entre tamaños sucesivos.
- Deberán estar libres de contaminación extraña, en particular de materia orgánica, sales solubles y productos de desechos.
- No deberán poseer características de comportamiento singular (arcillas expansivas o limos colapsables).
- Los materiales obtenidos deberán ser sometidos a procesamiento cuando no cumplan con las granulometrías especificadas. El procedimiento a seguir será fijado por el Contratista y autorizado por la Inspección Técnica.
- Este procedimiento deberá incluir la eliminación de los tamaños inadecuados, lo que deberá ser efectuado antes de la colocación de los materiales en el relleno. No se permitirá como sistema, la eliminación del sobre tamaño en el sitio mismo en que serán colocados los materiales, salvo cuando se ocupen materiales provenientes de la misma excavación.

Previamente al comienzo de la colocación de los materiales de relleno deberá efectuarse la preparación de la superficie en que se apoyarán, la cual incluirá las siguientes operaciones:

- Limpieza de la superficie, eliminando todos los desechos, materiales extraños y todo suelo que contenga materia orgánica, raíces o material contaminado.
- Drenaje del agua que fluya al lugar de colocación de los rellenos.
- Compactación superficial de las subrasante hasta lograr la densidad exigida para los rellenos.

Deberá acondicionarse la humedad de los materiales dentro del rango que se especifica en la cláusula siguiente, regándolos o dejándolos orear si fuese necesario.

- Los materiales se depositarán en capas aproximadamente horizontales, que abarquen toda la extensión del sector por cubrir.
- El avance deberá ser parejo, de modo que no se produzcan desniveles superiores a 0,50 m entre sectores contiguos.
- El espesor de las capas será establecido de manera tal que pueda lograrse la densidad especificada en todo su espesor con el equipo de compactación que se utilizará.

5.2.4. Compactación de los rellenos

Los rellenos deberán compactarse hasta obtener los siguientes valores:

- 95% de la densidad máxima seca determinada según la Norma NCh 1534-2 Proctor Modificado para los materiales impermeables bajo zonas de calzadas.
- 90% del proctor modificado en otras zonas. Para estas últimas, se aceptará como equivalente 5 a 6 pasadas de equipo compactador, debidamente certificado por algún

laboratorio autorizado. Los Puntos de las muestras serán definidos por la ITO.

La compactación se hará utilizando equipos mecánicos. En los sectores de la obra donde las razones de espacio lo hagan necesario se utilizarán compactadores manuales aprobados por la Inspección Técnica. En aquellos sectores que correspondan a rellenos masivos de extensión importante, deberán utilizarse rodillos vibratorios lisos aprobados por la Inspección Técnica.

El Contratista deberá detener la colocación de los rellenos si alguno de los controles antes indicados no cumple los valores estipulados.

En particular, una capa colocada no podrá ser recubierta antes de que la Inspección Técnica de por aceptado el valor de la densidad en sitio controlado para la capa inmediatamente inferior.

La ejecución de estos controles deberá ser considerada dentro del programa de construcción de la obra y no será objeto de variaciones de costo ni plazo si ellos conducen al rechazo de los materiales o de los rellenos efectuados.

Consiste en la colocación de un lecho de material chancado ó desecho de cantera de tamaño entre 1" a 4", la que se colocará en un espesor de 0,30 metros sobre el fondo de la excavación. Donde sea posible, la grava deberá ser compactada con pistón y energía suficiente para hacer penetrar la matriz de agregado en la arena.

Por ser el lugar de ubicación de alguna de las obras una zona costera muy próxima al borde de playa ó al rompimiento de la ola, se consulta la necesidad de protegerla del ingreso del agua durante la construcción de los pedraplenes y fundaciones, por algún método que el contratista estime necesario, y cuyo costo será por cargo del contratista.

Es importante que el Contratista programe entonces, la ejecución de estas obras para condiciones favorables de oleaje y mareas debiendo considerar en su programa y costos los eventuales tiempos perdidos por este motivo.

5.3. PILAR PARA SEÑALIZACION MARITIMA

Los tubos de acero serán del tipo ASTM A-53, de 6 [m] de longitud, revestidos exteriormente.

Los diámetros y espesores deberán corresponder a los indicados en los planos de proyecto, y su colocación y unión deben regirse de acuerdo a las especificaciones del fabricante, o en su defecto, de los planos, tal como se muestran en Anexos, Planos SM-200.4.1.

5.3.1. Soldaduras

Las cañerías de acero se unirán por medio de soldadura eléctrica al arco por procedimiento manual de acuerdo a las descripciones de las Normas INN correspondientes, que se complementarán con las instrucciones indicadas en IC-1504-T-004.

Antes de realizar el montaje se deberá reparar cualquier daño que hubiese sufrido la pintura durante el transporte y el almacenamiento; esta reparación deberá realizarse de acuerdo a lo estipulado en IC-1504-T007.

5.3.2. Hormigón de zapata

Las normas para la confección y colocación de los hormigones, además de lo establecido en IC-1504-T-006. Se empleará hormigón H-30.

5.4. LETREROS PROVISORIOS

El esquema de señalizaciones provisionarias, que el contratista instalará en cada uno de los tramos, en el momento de su construcción, deberán ser visados por la ITO.

Los letreros provisionarios se colocarán en las cantidades, tipos y lugares necesarios para una correcta información tanto de peatones como de vehículo, para cada etapa constructiva.

Los letreros se confeccionarán en material reflectante grado ingeniería, y se mantendrán en buen estado durante el lapso que dure la obra. El contratista deberá reponer aquellos letreros que desaparezcan o se dañen.

CAPÍTULO 6: PROTECCIÓN ESTRUCTURAL, TRATAMIENTOS Y
PINTURAS

6. PROTECCIÓN ESTRUCTURAL, TRATAMIENTOS Y PINTURAS

En esta sección se entregarán los métodos y procedimientos, los cuales serán aplicados en los elementos de fondeo, con el fin de protegerlos del desgaste, la corrosión y las reacciones electroquímicas, producidas por el medio ambiente, y que dependen del material del que están conformadas. ⁽⁸⁾

6.1. PROTECCIÓN CATÓDICA

Las estructuras metálicas están sometidas a la acción de un natural desgaste progresivo, producto de la corrosión de los elementos metálicos constituyentes.

El sistema de protección será ejecutado bajo las normas BSICP 1021 y los estándares recomendados por la práctica.

6.1.1. Bases de cálculo y criterios de diseño

La corrosión de los metales es el resultado de una acción electroquímica que se produce en su superficie, a raíz de su intercambio con el medio en que está inmerso o en contacto.

La acción electroquímica libera iones que al encontrar conductividad en el medio, generan un flujo de pequeñas corrientes entre las zonas polarizadas en la superficie del metal.

Para prevenir este fenómeno que reduce la vida útil de las estructuras, se conocen fundamentalmente cuatro métodos, siendo éstos los siguientes:

⁸ Fuente: Archivos Departamento Ingeniería SAIMIC LTDA.

Método de Protección Pasiva de Estructuras: Este método se basa en la protección de las estructuras, mediante la correcta utilización de materiales que sean inertes al medio ambiente, como: maderas, aceros especiales; materiales derivados de polímeros u otros. Este método a pesar de constituir una adecuada solución en cuanto al grado de protección que se logra, representa una problemática por razones de costo en el caso de aceros especiales o por las características mecánicas de los elementos, los cuales no son lo suficientemente resistentes para el trabajo mecánico al cual serán sometidos.

Método de Aislación de Estructuras: Este método consiste en la adecuada aislación del material componente de las estructuras del medio ambiente, mediante la aplicación de cubiertas o revestimientos sobre la base de pinturas o materiales similares, cuyo propósito es aislar el material base del elemento agresivo externo. Este producto debe tener las características de adherencia al sustrato e impermeabilidad que permitan la correcta operación del producto empleado.

Método de Modificación del Medio Ambiente: Este sistema consiste en la modificación de las características del medio ambiente, para hacerlo menos apto al fenómeno de corrosión, agregando para ello elementos inhibidores o removedores de los elementos que utiliza la corrosión en sus procesos.

Método de Polarización de la Reacción Electroquímica: La metodología de este método es la polarización y/o desviación de la reacción electroquímica que se produce en el metal de las estructuras, hacia un elemento adicionado específicamente para este propósito, es decir protección catódica.

Características y Utilización de los Diferentes Métodos: La utilización de materiales inertes al medio

ambiente, presenta una alta complejidad tecnológica que dificulta y encarece su aplicación, limitando en general los parámetros de diseño.

La modificación del medio para hacerlo menos agresivo, queda reservada técnicamente para ser utilizada en algunas situaciones muy específicas, que presenten ventajas comparativas para su aplicación, en particular, en situaciones de confinamiento en donde se puede tener una masa de control determinado.

El mejor resultado práctico, se ha conseguido mediante la combinación de los dos métodos restantes, es decir, recubrimiento superficial con un agente aislante y protección catódica, de manera de que se cubren las desventajas de uno y otro, lográndose un potenciamiento de ambos.

6.1.2. Potenciales de superficie

El acero del tipo usado en las boyas sumergido en un electrolito como el agua de mar, con la salinidad y temperatura de ésta en la localidad de Quintero, tiene un potencial medio de aproximadamente $-0,6$ volts, en comparación al estándar patrón de una celda de prueba de plata y cloruro de plata.

Dicho valor puede ser un poco más bajo al nivel de $-0,65$ volts para sectores más dañados y corroídos, llegando a $-0,68$ volts en sectores limpios de reciente exposición al agua.

De esta manera si se cambia el potencial de superficie a valores de $-0,8$ volts o más negativos, usando protección catódica, quedan efectivamente prevenidos de que la corrosión solo se efectúe desde un flujo proveniente de los ánodos de sacrificio, dejando libres del flujo de corriente a todas las áreas expuestas del metal, limpiándolas de todas sus actuales y potenciales celdas de corrosión.

6.1.3. Parámetros de diseño

Conocidas las características de los materiales, su geometría y estructuración y las condiciones y características del medio en el cual se encuentran inmersos, se pueden determinar los parámetros de cálculo y sus factores de seguridad que nos permiten diseñar el esquema de protección catódica.

Densidad de Corriente de Diseño: Densidad de corriente para acero en agua de mar = 60 mA/m^2 .

Este valor de la demanda de corriente de la estructura, se determinó sobre la base de los antecedentes de la zona, pero como en estricto rigor se deben considerar las variables de temperatura, salinidad y aireación del agua en combinación con la presencia de bacterias sulforreductoras y corrientes parásitas, zonas de intermareas, baños salinos, etc. El valor seleccionado es, a nuestro juicio, representativo de la condición existente en el área de análisis.

Características del Agua de Mar: La resistividad del agua de mar (semi conductor) es de 28-32 ohm-cm. La capacidad electroquímica del agua de mar es de 2.600 Amp-hora/Kg.

Tasa de Consumo de Metales:

- La tasa de consumo del zinc es 11 Kg/Amp-año
- La tasa de consumo de aluminio es 3,74 Kg/Amp-año
- El factor de utilización es 0,85-0,95

Potenciales:

- El potencial de circuito abierto para celda de $\text{Cu/CuSO}_4 = -1,1 \text{ volts}$
- Potencial de prolongación celda de $\text{Cu/CuSO}_4 = -0,9 \text{ volts}$.

- Vida útil = 2 años

Antecedentes de las Boyas: Las características de las boyas en Quintero son las siguientes:

- Protegidas con revestimiento tipo pintura
- Área expuesta al agua de mar : 0,78 m²
- Área no expuesta al agua de mar : 0,36 m²

Se consideró que la totalidad de la boya está en contacto con el mar (1,14m²), de modo de otorgar un factor de seguridad adicional. Lo correcto es emplear el Franco bordo y puntal de la boya, con lo cual el área de carena es menor al empleado en los cálculos. (Ver Plano SM-200.2.1.)

6.1.4. Protección con ánodos de zinc

Se ha determinado que uno de los métodos más convenientes para proteger la superficie de las boyas son la utilización de ánodos de zinc. Por lo que se determinará la cantidad de ánodos necesarios para este efecto.

$$N_{ZN} = (S \times D \times T) / 80 M$$

Donde: N = Número de ánodos a utilizar

S = Superficie humedecida

D = Demanda de corriente en mA/ m²

T = Vida útil esperada en años

M = Masa neta del ánodo elegido

Corriente del ánodo de zinc = 80 mA-año/Kg

Para ánodo SUZA - 3000 con M = 6

$$N_{ZN} = (1,14 \times 60 \times 2) / (80 \times 6) = 0.29$$

Ello significa que contamos con un sobre seguro equivalente a 71% si utilizamos 6 kilos de este material, considerando además que se cuenta con factor de seguridad adicional al considerar la totalidad del área de la boya como expuesta al mar.

Por lo anterior se deberá instalar 2 ánodos de zinc tipo SUZA-3000 en cada boya.

En el caso de los ánodos de zinc, las normas existentes son:

- BSI CP 1021:1973, STANDARD NAC RECOMENDED PRACTICES
- MILITAR STANDARD 18001-H
- ASTM B 418

Las normas anteriormente mencionadas, contienen las composiciones recomendadas de ánodos y estas son las que se muestran en la tabla 6-1.

Los ánodos de zinc deben ser nuevos y en particular se debe solicitar el informe de calidad que acredite que el elemento cumple con la norma MIL-18001-H que estipula el nivel y grado de composición del ánodo.

Cabe hacer presente que una variación en el porcentaje de elementos críticos de la composición, hará que el ánodo se agote a sí mismo, como una auto pila; o se pasive definitivamente. En ambos casos, será la boya la que sufrirá finalmente por efectos corrosivos.

Antes de proceder al lanzamiento de las boyas al agua se debe tener en particular, un especial cuidado en verificar que el ánodo no se encuentre tapado, pintado o cubierto con grasa ya que esto lo pasivará en forma total.

Tabla 6-1: Composición recomendada de Ánodos de Zinc.

Composición Química % (cumple MIL-A 18001 H y ASTM B 416 type 1)	Características Electroquímicas	Cantidad
Al 0,10-0,50	Eficiencia	95%
Cd 0,025-0,070	Capacidad de corriente	780 amp hr/kg
Fe <0,005	Consumo máx.	11,2 kg/amp año
Cu <0,005	Potencial respecto a estructura de acero polarizada	0,2 volts
Pb <0,006		
Zn Resto		

6.2. PREPARACIÓN PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Por preparación de superficie, se entiende la limpieza que se efectuará antes de aplicar la pintura, con el objeto de eliminar todo agente contaminante, partículas sueltas o mal adheridas, que sean ajenas o no a la superficie, dejándola apta para recibir el esquema de pintura.

La limpieza de la superficie se efectuará mediante un chorro abrasivo de arena, al metal blanco o casi blanco, según especificación SSPC-5P5 del Steel Structures Painting Council (Sa 3, según SIS 055900), dado que se pretende lograr un recubrimiento de muy alta resistencia y larga duración, por lo cual no es aceptable otro tipo de preparación superficial inferior.

Las superficies imperfectamente limpias o rechazadas por la ITO (Inspector Técnico de Obras), deberán ser nuevamente arenadas.

Es importante tener presente que debe evitarse la contaminación con grasa o aceites antes de aplicar la primera mano de pintura; en caso de producirse, ella deberá eliminarse mediante un nuevo arenado del sector, ya que no es suficiente la limpieza con solventes.

6.2.1. Normas

Si bien existen diversos Institutos y Centros que han establecido normas o especificaciones, las más conocidas y difundidas y que, además, han sido homologadas por ASTM e incluso ANSI son:

- STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL SSPC (U.S.A.)
- SWEDISH STANDARD INSTITUTE SIS 055900
- Lo indicado en el Manual ICHA del Instituto Chileno del Acero

La identificación y clasificación de cada una de ellas y su equivalencia se muestra en la tabla 6-2. De acuerdo a lo expuesto en la tabla mencionada, el método a utilizar será el SSPC SP5 (SP5 SA3), Arenado Grado 1, Norma Chilena.

Este método de limpieza se logra haciendo impactar una partícula abrasiva sobre la superficie, la que al chocar, suelta las partículas extrañas a la base, dejando una huella en la zona de impacto.

La limpieza a grado metal blanco, consistirá en una limpieza de manera tal que la superficie se apreciará de un color gris blanco uniforme y metálico. La superficie mirada sin aumento, deberá estar libre de toda contaminación y apreciarse levemente rugosa para formar un perfil adecuado que permita un buen anclaje de los revestimientos.

Tabla 6-2: Descripción y equivalencia de normas.

DESCRIPCION	SSPC SIS 055900	ICHA
Limpieza con solventes	SP 1	Limpieza con solventes
Limpieza manual	SP 2 St 2	Limpieza manual
Limpieza motriz	SP 3 St 3	Limpieza motriz
Limpieza con llamas y escobillado	SP 4	Limpieza con llama
Chorro abrasivo metal blanco	SP 5 SA 3 (SSPC SA3)	Arenado Grado 1
Chorro abrasivo comercial	SP 6 SA 2	Arenado Grado 2
Chorro abrasivo Brush Off	SP 7 SA 1	Arenado Grado 3
Decapado	SP 8	Decapado
Exposición ambiental y chorro abrasivo	SP 9	
Chorro abrasivo casi blanco	SP 10 SA ½	Arenado Grado 4

6.2.2. Características del chorro abrasivo

La limpieza con chorro abrasivo consistirá, básicamente, en hacer impactar partículas abrasivas a una elevada velocidad sobre la superficie que se desea limpiar. La impulsión de las partículas, se realizará por medios neumáticos utilizando aire a presión o por accionamiento eléctrico de una rueda centrífuga que impulse las partículas. En el caso de utilizarse aire a presión, el aire debe ser limpio y carente de humedad y/o aceites en suspensión, por lo cual el acumulador de aire debe estar dotado de filtro de retención de humedad e impurezas.

Mediante este método se deberá remover el óxido superficial y los productos de corrosión en general y proporcionar además, rugosidad a la superficie, factor muy necesario para lograr un buen anclaje mecánico de los recubrimientos que se aplicarán posteriormente.

Los abrasivos que pueden ser usados en el chorro abrasivo son arena, balines o la granalla.

El perfil o dibujo resultante del chorreo, será de una textura tal que permita un buen anclaje del recubrimiento, debiéndose rechazar si la superficie resultante es demasiado lisa, ya que no habrá un anclaje suficiente para el revestimiento. Por otra parte, si la superficie resulta demasiado áspera, lo más probable es que las puntas del perfil queden con insuficiente protección.

6.2.3. Arena

En el caso de la arena como agente abrasivo, ésta deberá cumplir con las condiciones que se describen a continuación:

- El tamaño o granulometría de la arena a emplear deberá estar comprendido entre los 0,4 mm por la parte más fina y 1,2 mm en el caso de las partículas más gruesas, situación que deberá ser ratificada si es necesario con análisis de granulometría certificadas por organismos aceptados por la I.T.O. Se rechazará la arena que quede fuera de estos rangos.

- Se deberán usar preferentemente arenas duras, que no se desintegren rápidamente por efecto del impacto. Se rechazarán las arenas blandas, ya que bajan el rendimiento de la limpieza y producen gran cantidad de polvo contaminante.

- Otro factor importante es el que la arena se encuentre libre de arcillas, limos y sales, especialmente

solubles. Estos contaminantes permanecen en la superficie al incrustarse, pudiendo ser la causa de futuros ampollamientos osmóticos. Este hecho imposibilita usar arenas de playas.

- Por razones de contaminación, la arena no deberá usarse más de una vez, ya que por una parte, ella se tritura por los impactos con la superficie y, por otra parte, se enriquece en los agentes contaminantes que se desprenden y que pueden ser causa de futuros problemas.

- En resumen, la arena debe reunir las siguientes características generales mínimas:

- * Ser arena cuarzosa o cuarzo puro.
- * De forma irregular y cantos vivos (no redondeadas).
- * Granulometría entre mallas 16 (1,19 mm) a malla 45 (0,35 mm) (US SIEVE).
- * El contenido de arcilla y/o limos deberá ser bajo el 3 %.
- * El contenido de sales solubles deberá ser menor al 1%.
- * La arena no puede ser reutilizada en más de una ocasión, no permitiéndose su reciclado para arenado.

- Una vez arenada la boya, deberá ser soplada con aire seco, con el propósito de extraer vestigios de polvo resultante y depósitos de cuarzo en la superficie de la boya.

- Desde el proceso de soplado hasta el inicio de la etapa de aplicación del esquema de protección no debe transcurrir más de 3 horas. Transcurrido más allá de ese tiempo, la boya deberá ser arenada nuevamente.

- El arenado solo se deberá llevar a cabo entre las 09 y 17 horas, siempre y cuando no existan condiciones desfavorables atmosféricas (camanchaca y neblina superficial u otro) o que la humedad relativa y la temperatura sean tan bajas (bajo 5° C) que se llegue a un punto de rocío que precipite humedad superficial.

- Durante la noche no podrá quedar ninguna boya arenada desprovista de protección superficial, por lo cual, los procesos de arenado y recubrimiento deben efectuarse en línea y durante el mismo día.

6.3. PINTURAS

El resultado final de la aplicación de un esquema definido de pintura, no sólo depende de una adecuada aplicación, sino que de la preparación o trabajos previos que se realicen en la superficie a pintar. ⁽⁹⁾

El contratista deberá tener especial cuidado en cautelar que durante el trabajo de preparación de superficies y proceso de pintado, se cumplan las siguientes condiciones:

- Ambientales y de superficie.
- La humedad relativa no deberá exceder al 80%.
- La temperatura ambiente no deberá ser inferior a 15°C.
- La temperatura de las superficies a pintar, no deberá ser superior a 50° C.
- Se deberá evitar exposición directa al sol.
- En presencia de niebla, llovizna o helada, no deberán efectuarse faenas de pintado.
- El sector deberá estar libre de polvo y de otros elementos contaminantes que pudieran ocasionar daños en la superficie a pintar o en la pintura.

⁹ Fuente: Archivos Departamento Ingeniería SAIMIC LTDA.

6.3.1. Preparación de las pinturas

Antes de aplicar las pinturas en las estructuras, es necesario preparar las pinturas y las superficies. A continuación se indicarán los procedimientos a seguir.

- El lugar donde se almacenen y preparen las pinturas tiene que estar limpio, seco y bien ventilado.
- Asegurarse que el envase con el producto traiga una identificación clara de su contenido, proporción de mezcla, elemento ideal para aplicar la pintura y diluyente a usar.
- Abrir el envase y revolver bien el material, incorporando todos los sedimentos hasta lograr su homogenización total.
- Al ser productos de dos componentes, se deberá homogeneizar cada uno de ellos en forma separada antes de mezclarlos y al mezclarlos se deberá obtener una homogenización total.
- Se deberá realizar la mezcla solo de acuerdo a las proporciones que se indican para cada caso.
- Recién, una vez homogeneizado el producto y mezclado, proceder con el agregado de diluyente de acuerdo a las indicaciones y según el método de aplicación elegido.
- Diluir siempre con el diluyente recomendado, no hacer mezcla ni utilizar otros solventes, ya que ellos pueden hacer variar las características de la pintura.
- Cuando sea necesario trasvasijar pintura preparada a otros envases de menor volumen, éstos deben encontrarse totalmente limpios y secos.

- Las superficies a pintar, deberán encontrarse absolutamente secas y limpias.
- Con cualquier método de aplicación que se utilice, deberá cubrirse la totalidad de la superficie con cada mano, procurando llegar a todos los puntos y lugares de difícil acceso.
- La terminación de la pintura será suave, pareja y sin chorreaduras o excesos.
- Los elementos de aplicación como brochas, rodillos, pistolas u otros, tienen que encontrarse en buenas condiciones de servicio.
- Respetar siempre los tiempos de secado recomendados entre capas, según las temperaturas.
- Las pinturas en su estado líquido son inflamables, debido a los agentes volátiles que posee, por lo tanto, debe evitarse las fuentes de calor directo, puntos de fuego y chispas.
- El contratista deberá proveer al personal que trabaja con pinturas, el equipo de seguridad y protección adecuado, además de una adecuada ventilación en el lugar de trabajo.
- Al término de cada jornada de trabajo, se deberá limpiar cuidadosamente cada uno de los elementos.
- Para evitar la exposición directa a la luz solar de la superficie a pintar, el Contratista deberá cubrir provisoriamente la zona de trabajo, dicha faena deberá ser aprobada por la ITO.

6.3.2. Tipos de pintura a emplear

La pintura a emplear en las boyas y boyarines estará diferenciada en Obra viva y Obra muerta en la forma que se indica: (*)

HEMPADUR 1530 (OBRA VIVA Y MUERTA) Este es un recubrimiento de brea-epoxy, curado con poliamida. Proporciona una película dura y tenaz y altamente resistente al mar y los aceites minerales.

Sus características son:

- Semibrillante
- Color negro
- Rendimiento teórico 5,6 m²/litro a 125 micras
- Bicomponente

Tiempo de secado:

- Al tacto: 6 horas a 20 C°
- Duro : 5 horas
- Diluyente Thinner 08450 al 5%
- Relación de mezcla:

Este producto se deberá aplicar en;

- Dos manos de 100 micras cada una en obra viva. Total 200 micras
- Una mano de 100 micras en obra muerta

HEMPADUR 45182 Es un recubrimiento epóxico bicomponente, de cualidades impermeable y protectora; cuyas características son:

- Mate
- Color gris claro
- Rendimiento teórico 4,6 m² /litro a 100 micras
- Bicomponente

(*) Tipos de pinturas empleadas en la Armada de Chile.

Proporción mezcla:

- 4 partes, Componente A
- 1 parte, Componente B (curing agent)

Tiempo de secado:

- Al tacto: 6 horas
- Duro : 7 días
- Repintado 6 horas a 20 C°

Este producto se aplicará en una mano de 75 micras en obra viva y muerta.

ANTIFOULING OLIMPIC 86950 (solo Obra Viva) Sistema de protección anti-incrustante en base a la presencia de altos sólidos en una matriz auto-pulimentante.

- Mate
- Color rojo
- Rendimiento teórico 5.7 m²/litro a 100 micras

Tiempo de secado:

- Al tacto: 4 - 5 horas
- Repintado 8 horas como mínimo
- Se debe aplicar una mano de 100 micras, solo en Obra Viva

HEMPATANE TOPCOAT 55210 (solo Obra Muerta) Sistema de protección esmalte de poliuretano semibrillante de dos componentes con una excelente retención de brillo y color.

- Semibrillante
- Color amarillo
- Rendimiento teórico 10.4 m²/litro a 50 micras
- Tiempo de secado al tacto: 8 horas
- Repintado 8 horas como mínimo

Se debe aplicar una mano de 50 micras, solo en Obra Muerta.

CONCLUSIONES

Finalmente, y a modo de conclusión, se dirá que la investigación y el desarrollo de cada uno de los temas relacionados con la obtención satisfactoria de este proyecto, servirá de apoyo para la realización de otros trabajos de similares características.

Es importante destacar que esta investigación ayudará al mejor desarrollo del procedimiento utilizado hoy en día para la obtención o reestructuración, de la señalización de un terminal marítimo.

De primera instancia se puede concluir la importancia de hacer un buen análisis de las posibles soluciones, pasando por todas las etapas de estudio para así poder definir la factibilidad del proyecto de acuerdo las necesidades de este último.

Una segunda etapa tiene relación con los cálculos, los que llevaron al diseño efectivo y satisfactorio, tanto de los elementos de fondeo, como de los elementos instalados en tierra.

En una tercera y última etapa, se tiene relación con los materiales a emplear, y donde se puede decir que tiene un aspecto favorable el hecho de que la normativa vigente no obligue a utilizar ningún material específico, ya que esto permite utilizar elementos que ayuden de mejor forma a cumplir el objetivo de ayuda a la navegación y que además tengan durabilidad en el tiempo.

La problemática que se presentó, fue la imposibilidad de dar a conocer en esta memoria las fuentes de obtención de información, extraída de la empresa contratista. Lo que en cierto modo deja un cierto grado de incertidumbre.

A pesar de esto se considera positivo poder entregar los antecedentes utilizados para este fin, ya que no es común encontrarse con un proyecto de este tipo, dentro de lo que tiene relación con la carrera de Proyecto y Diseño Mecánico, propiamente tal.

Al finalizar, concluyendo satisfactoriamente de todas las experiencias adquiridas en el proceso de desarrollo del proyecto, solo queda el anhelo de haber conseguido todos y cada uno de los objetivos propuestos, en pos de haber desarrollado el trabajo a cabalidad.

A modo de conclusión final queda demostrado que se ha cumplido con el objetivo de este trabajo, permitiendo entregar al navegante un acercamiento seguro al puerto, y un plan de maniobra efectivo con respecto a la señalización existente.

BIBLIOGRAFÍA

- Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, Ley de Navegación, 2004.
- Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, Cartilla Radiotelefónica del Servicio Móvil Marítimo, 2004.
- Gerdau Aza., Compendio de Compendio De Normas Chilenas NCh203. Of 77 - Acero para uso estructural, 2002.
- Indura, Compendio Manual de Soldadura, 2002.
- Departamento de Ingeniería Saimic Limitada, Señalización Marítima.