

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño de una compuerta para usarse en un dique seco”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Carlos Eduardo Estrada Piguave

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a Dios por permitirme terminar el presente trabajo por darme la energía necesaria para culminar esta hermosa etapa dentro de mi alma mater ESPOL.

Dedicatoria especial a mi esposa, quien siempre me dio fuerzas y no dejo de creer en mí para llegar a la meta.

A mi padre, madre y hermana por ser quienes desde su lado estuvieron junto a mí, colaborando en todo lo que estaba al alcance de ellos.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento al Ing. Carlos Cuenca por su aporte y enseñanza para llevar a cabo este proyecto, por su guía e innumerables consejos en bien de la mejora académica.

A todos los que colaboraron de varias maneras con su granito de arena a culminar este ciclo de aprendizaje.

Mención especial a las facultades de mecánica y marítima por el acceso remoto a sus laboratorios y permitirme usar los softwares de análisis finito de Ansys Workbench y modelado 3D Rhinoceros respectivamente.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Carlos Eduardo Estrada Piguave* doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

A handwritten signature in black ink, reading "Carlos Eduardo Estrada Piguave". The signature is written in a cursive style with a large initial 'C'.

Carlos Eduardo Estrada Piguave

EVALUADORES

MSc. Andrea Boero
PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Carlos Cuenca
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El desguace de embarcaciones a nivel global es una actividad que en su mayoría se realiza en sitios donde no existen controles ambientales y laborales, esto se debe a que no existen sitios adecuados en donde este proceso sea la principal función. Se necesitan diseñar las herramientas para tener diques secos y llevar a cabo esta labor de forma controlada y segura, y, una compuerta flotante brinda esta posibilidad.

Se realizaron análisis de las embarcaciones registradas con las autoridades y se obtuvieron medidas para generar una estructura donde embarcaciones con 16 metros de manga, 4 metros de calado y 80 metros de eslora consideren realizar el proceso de disposición final al culminar su vida útil. Se usaron referencias de diseño de materiales sometidos a esfuerzos, y recomendaciones de las normas de casas clasificadoras de embarcaciones como American Bureau of Shipping (ABS) y Det Norske Veritas (DNV). La compuerta construida con acero naval A131 en planchaje de entre 8 mm hasta 12 mm, resiste cargas de presión hidrostáticas y dinámicas, a esto se suman las protecciones de pintura, ánodos de sacrificio y juntas de sellado que garantizan su operatividad con tanques de inundación para asentar la compuerta flotante a la estructura y a través de una bomba sumergible para su reflote, donde su movilidad se puede realizar con mecanismos de fácil control. Es posible la construcción de esta estructura en nuestro país por tener todos los materiales requeridos como también de personal calificado con experiencia en el ambiente de estructuras navales.

Palabras Clave: Desguace de embarcaciones, Dique seco, Compuerta flotante, Diseño estructural.

ABSTRACT

The dismantling of ships at a global level is an activity that is mostly carried out in places where there are no environmental and labor controls, this is because there are no suitable sites where this process is the main function. Tools need to be designed to have dry docks and carry out this work in a controlled and safe way, and a floating gate provides this possibility.

Analysis of the vessels registered with the authorities was carried out and measurements were obtained to generate a structure where vessels with 16 meters of beam, 4 meters of draft and 80 meters of length consider carrying out the final disposal process at the end of their useful life. Design references of materials subjected to stress, and recommendations from the standards of ship classifying houses such as American Bureau of Shipping (ABS) and Det Norske Veritas (DNV) were used.

The gate built with A131 naval steel in ironing from 8 mm to 12 mm, resists hydrostatic and dynamic pressure loads, to this are added the paint protections, sacrificial anodes and sealing gaskets that guarantee its operation with flood tanks for settling the floating gate to the structure and through a submersible pump for its refloating, where its mobility can be carried out with easy control mechanisms.

It is possible to build this structure in our country by having all the required materials as well as qualified personnel with experience in the environment of naval structures.

Keywords: Ship scrapping, Dry dock, Floating gate, Structural design.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Marco Teórico.....	3
1.3.1 Proceso de desguace de barcos.....	3
1.3.2 Uso de diques para reparación y desguace de embarcaciones.....	6
1.3.3 Tipos de compuertas para diques.....	8
CAPÍTULO 2.....	11
2 Metodología.....	11
2.1 Consideraciones Iniciales del Diseño.....	12
2.2 Diseño Conceptual.....	15
2.2.1 Criterios de selección del diseño.....	15
2.2.2 Matriz de decisión y Selección.....	18
2.3 Diseño preliminar de la compuerta.....	19

2.3.1	Geometría de concepto.	20
2.4	Diseño estructural de la compuerta.	21
2.4.1	Esfuerzos sobre la estructura.	21
2.4.2	Diseño de la placa exterior.	22
2.4.3	Diseño del refuerzo vertical	25
2.4.4	Diseño del refuerzo Horizontal.....	29
2.4.5	Diseño de planchas de mamparos.....	30
2.5	Cálculo de flotabilidad, hundimiento y estabilidad de la compuerta.	31
2.5.1	Flotabilidad de la compuerta.....	31
2.5.2	Hundimiento de la compuerta.	34
2.5.3	Estabilidad de la compuerta.....	34
CAPÍTULO 3.....		39
3	Resultados y análisis	39
3.1	Estructura de la compuerta.	39
3.1.1	Análisis de resultados con Ansys Workbench.	40
3.2	Soldadura de la estructura.	42
3.3	Sistemas de protección a la corrosión.....	44
3.3.1	Protección por pintura.....	44
3.3.2	Protección con ánodo de sacrificio.	45
3.4	Mecanismo de sellado de la compuerta	47
3.5	Costos de fabricación	47
3.6	Análisis de costo de fabricación.	49
3.7	Comparación entre diques con compuerta y sin compuerta.....	49
CAPÍTULO 4.....		50
4	Conclusiones y Recomendaciones	50
4.1	Conclusiones.....	50
4.2	Recomendaciones.....	50

BIBLIOGRAFÍA
APÉNDICES

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DIRNEA	Dirección Nacional de Espacios Acuáticos
ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
OMI	Organization Maritime International
ABS	American Bureau of Shipping
DNV	Det Norske Veritas
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada

SIMBOLOGÍA

P_h	Presión hidrostática
P_d	Presión dinámica
v	Velocidad del río
a	Lado largo de la sección de placa
b	Lado largo de la sección de placa
n	Coefficiente de momento
s	Esfuerzo de diseño
w	Carga aplicada a la placa
t	Espesor del material
M	Momento flector
V	Fuerza cortante
A_f	Área frontal
M	Masa
Y_c	Centro de gravedad
Y_b	Centro de boyantes
Y_m	Punto metacéntrico
M_i	Masa puntual i
I	Inercia
V_d	Volumen desplazado
Sbr	Caucho estireno butadieno

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Desguace en otros países. (National Geographic, 2014)	4
Figura 1.2: Dique sin compuerta. (Astillero privado – Durán, 2021)	5
Figura 1.3 Entrada a dique sin compuerta. (Astillero privado – Durán, 2021)	6
Figura 1.4: Desguace de barcos. (Astillero privado - Durán, 2015)	7
Figura 1.5: Compuerta de bisagra horizontal. (Concepción, 2011)	8
Figura 1.6: Compuerta flotante. (Concepción, 2011).....	9
Figura 1.7: Compuerta deslizante vertical. (Iwabuchi Sluice Gate, 2020)	10
Figura 2.1: Espiral de diseño de Evans. (Evans, 1959).....	11
Figura 2.2: Esquema de la metodología del diseño.....	12
Figura 2.3: Gráfica manga vs eslora.....	13
Figura 2.4: Gráfica calado vs manga.....	14
Figura 2.5: Análisis de criterio con los tipos de compuerta.....	17
Figura 2.6: Geometría de la compuerta en cm.	20
Figura 2.7: Perspectiva de la compuerta en 3D.....	20
Figura 2.8: Relación de lados vs coeficientes de momentos. (Seely, 1954).....	24
Figura 2.9: Ilustración de refuerzo vertical.....	26
Figura 2.10: Grafica de cargas sobre refuerzo vertical.....	27
Figura 2.11: Ilustración de refuerzo horizontal.....	29
Figura 2.12: Grafica de cargas sobre refuerzo horizontal.....	30
Figura 2.13: Ubicación de puntos de equilibrio de la compuerta.	38
Figura 3.1: Vista en perspectiva de la compuerta. Elaborado en Ansys.....	39
Figura 3.2: Vista del mallado. Elaborado en Ansys.	40
Figura 3.3: Espesores de la compuerta. Elaborado en Ansys.	41
Figura 3.4: Resultados de los esfuerzos. Elaborado en Ansys.....	41
Figura 3.5 Esquema de soldadura en T.	42
Figura 3.6 Garganta y pie de soldadura en T.	43
Figura 3.7 Vista perspectiva y frontal del sello.	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Estadística de dimensiones buques nacionales.	13
Tabla 2.2: Matriz de Decisión.	19
Tabla 2.3: Cálculo de masa distancia de la compuerta.	36
Tabla 3.1: Resultados del diseño estructural de la compuerta.	39
Tabla 3.2: Rubros de fabricación de la compuerta.	48

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1: Vistas y perspectiva de la compuerta.

PLANO 2: Ubicación de tanques y concreto.

PLANO 3: Refuerzos de la placa frontal.

PLANO 4: Accesos y anillos transversales.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Actualmente el país carece de un sitio que cuente con las facilidades y herramientas adecuadas que permita que realizar el desguace de barcos de forma que se puedan implementar procedimientos y técnicas tomando en consideración las regulaciones de seguridad laboral y ambiental. Se debe considerar que nuestro país por ser costero se puede realizar este proceso y aprovechar esta actividad.

El proceso de desguace consiste en trasladar barcos autopropulsados o por medio de remolcadores, a un varadero donde se realizará el desguace de toda la nave hasta su último elemento. Aquí se clasifican todos los materiales que contiene un buque como son: madera, papel, plástico, aluminio, asbesto, plomo, acero inoxidable, cobre, bronce, acero, diésel, gasolina, bunker, aguas grises y negras, etc.

Adicionalmente, dentro de este proceso se pueden recuperar equipos que pudieran ser útil en otras embarcaciones o en otras actividades como son: motores, bombas, cadenas, anclas, computadoras, escritorios, colchones, ventanas, y todo artículo que previamente inspeccionado aún cumpla sus funciones y tenga una vida útil residual.

El objetivo del desguace de una embarcación es retirar del medio marino una nave calificada como no operativa y que por lo tanto obstaculiza el desenvolvimiento de otras embarcaciones; también podría entrar a desguace si no es rentable mantenerla en operación debido a que existen otros navíos con tecnología de punta para el servicio que ofrece.

De esta actividad de desguace se aprovechan otras industrias, entre ellas la industria acerera que se encarga de la fundición y producción de acero y

encuentra en el desguace de embarcaciones metálicas una fuente de ingreso de materia prima, pues utiliza la chatarra obtenida durante la actividad debido a las características fisicoquímicas que tiene el acero de los barcos.

Actualmente, los lugares que se encuentran realizando procesos de desguace en el país son diques que trabajan dependiendo del nivel de la marea, es decir, la embarcación que está dentro del dique está en movimiento por la variación constante de la marea lo que no permite mantener un proceso de trabajo continuo con el riesgo de producir una contaminación ambiental al medio marino.

Un dique seco es aquel que cuenta con una compuerta de cierre y todos los accesorios, que permite, una vez la embarcación se encuentra dentro del mismo, evacuar toda el agua provocando el asentamiento de la embarcación que queda completamente inmóvil, de esta manera se puede desarrollar un proceso continuo y tener mejor control del riesgo de contaminación ambiental.

La definición del problema se realiza en base a los requerimientos específicos de éste. Para el caso particular del diseño de la compuerta para un dique seco, se considera:

- Los calados máximos de las embarcaciones que pueden ingresar al canal de acceso del dique.
- La localización designada para colocar el dique.
- La longitud máxima (Eslora) y ancho (Manga) de las embarcaciones.
- La altura del nivel de agua en pleamar, las cuales encontramos en la tabla de mareas proporcionada por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

Otras consideraciones para la selección y diseño de la compuerta son: el mantenimiento del sistema y el tipo de protección a dar a los elementos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar una compuerta que permita la operación segura dentro de un dique seco, en el cual se lleven a cabo operaciones seguras en lo ambiental y laboral.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Dimensionar la compuerta en base a las condiciones del medio, para implementar la actividad de desguace.
- Seleccionar el mejor sistema de compuerta analizando la localidad a instalarse el dique, que asegure la funcionalidad de la estructura.
- Diseñar la compuerta con todos sus elementos y detalles, determinando los esfuerzos a los que será sometida y otorgando un factor de seguridad al diseño.
- Seleccionar los mecanismos auxiliares de funcionamiento, en caso que se requiera según los modelos de compuertas disponibles.
- Modelado y análisis estructural de la compuerta, que permita conocer el comportamiento de la compuerta ante las cargas sometidas.
- Evaluar la viabilidad económica del proyecto.

Desarrollando un análisis de cada uno de estos objetivos específicos se obtendrá un dique funcional lo que proporcionará las mejores condiciones de trabajo.

1.3 Marco Teórico

1.3.1 Proceso de desguace de barcos.

Se debe entender primero porqué una embarcación o buque es potencialmente considerada para el proceso de desguace. La vida útil media de las embarcaciones esta entre 25 y 30 años y, luego de eso, los costos de mantenimiento más otros rubros como los seguros

hacen muy oneroso mantener funcionando el barco, en ese momento se decide por culminar sus labores como transporte marítimo y su valor se medirá en las toneladas de acero que tenga (Saracho, 2016).

La Organización Marítima Internacional (OMI) es el organismo rector encargado de establecer y controlar el cumplimiento de las regulaciones, disposiciones y normas en lo que respecta a seguridad en el mar, protección y comportamiento ambiental del tránsito marítimo” (OMI, 2020).



Figura 1.1: Desguace en otros países. (National Geographic, 2014)

La figura 1.1 muestra las condiciones de trabajo en sitios no adecuados para desguace de embarcaciones. En estos lugares, debido al poco control en seguridad laboral y medio ambiental se permite a estas compañías tener una mayor rentabilidad, esto les permite realizar mejores ofertas y obtener los buques para llevar a cabo el desguace (National Geographic, 2014).

Existen pocos países o lugares adecuados a nivel global para realizar el desguace de una embarcación y esto se debe al alto costo que resulta el proceso, por esta razón estos buques terminan en lugares no adecuados para su disposición final.

Los trabajadores están expuestos a peligros porque no tienen el entrenamiento adecuado, falta de equipos de seguridad sin leyes que los protejan, además se genera una gran afectación al medio ambiente por realizar esta actividad en instalaciones abiertas donde no se puede poner en acción un plan que realice la remediación ambiental.

El 70% de los barcos de todo el mundo acaban su vida útil en las playas de la India, Bangladesh o Pakistán utilizando el método del *beaching* que consiste en desguazar los buques directamente en las playas, sin ningún tipo de protección para el medio ambiente ni las personas que los desguazan (Astorquia, 2021)



Figura 1.2: Dique sin compuerta. (Astillero privado – Durán, 2021)

En las figuras 1.2 y 1.3 se muestran una instalación local, donde se está desguazando una embarcación la cual aún está en contacto con el medio marino, esto implica riesgos en la operación.

En nuestro país existen empresas donde realizan esta actividad en sitios adecuados para la ejecución de este proceso, donde se lleva a

cabo el máximo de los esfuerzos para controlar los impactos ambientales y reducir al mínimo los accidentes laborales, pero donde se puede optimizar esta labor con la implementación de una compuerta que transforme al dique en uno completamente seco.



Figura 1.3 Entrada a dique sin compuerta. (Astillero privado – Durán, 2021)

Por este motivo se desea diseñar una compuerta y todos los elementos que implican, para permitirse ofrecer el servicio del desguace de una manera segura tanto para las personas como para el medio ambiente.

1.3.2 Uso de diques para reparación y desguace de embarcaciones

Décadas atrás los varaderos eran usados exclusivamente en reparación de barcos, lo cual contrasta con la actualidad debido a que se han construido algunos con la finalidad de realizar desguace de barcos, y otros dedicados a ambas actividades. La figura 1.4 muestra una embarcación en proceso de desguace en una instalación sin dique seco se encuentra aún en contacto con el agua.

Se observan los riesgos al momento de cortar la última sección de su caso, esto debido que no siempre se puede llevar una limpieza exhaustiva y al realizar el corte caen aun residuos de aguas de sentina o desechos oleosos.



Figura 1.4: Desguace de barcos. (Astillero privado - Durán, 2015)

La figura 1.4 muestra una embarcación en proceso de desguace en una instalación sin dique seco se encuentra aún en contacto con el agua, se observan los riesgos al momento de cortar la última sección de su caso, esto debido que no siempre se puede llevar una limpieza exhaustiva y al realizar el corte caen aun residuos de aguas de sentina o desechos oleosos.

Utilizar diques secos para desguace asegura un incremento del rendimiento debido a las siguientes ventajas:

- 1.- El barco está asentado sobre un terreno seco y firmemente amarrado a lugares de anclaje por lo que la operación de desguace es rápida y segura, incluso pudiendo realizar trabajos las 24 horas.

2.- Se garantiza que los desperdicios serán tratados adecuadamente para darle una disposición final ya sea operativa o no. Los residuos peligrosos contaminados serán entregados a un gestor calificado para su tratamiento.

3.- Se mantiene el mínimo de contaminación ambiental, debido a que es más fácil recoger todos los desperdicios que caen dentro del dique seco y no entran en contacto en ningún momento con el agua.

1.3.3 Tipos de compuertas para diques

La principal herramienta con que se debe contar para que el dique sea considerado un dique seco es una compuerta la cual permita controlar que la masa de agua del río no ingrese al dique una vez esta esté en posición. Se conocen varios tipos de compuertas comúnmente usadas dependiendo de los recursos con que se cuente, son:

Compuerta de Bisagra: Esta puede ser de bisagras laterales o bisagra inferior, girando sobre ejes verticales u horizontales respectivamente.



Figura 1.5: Compuerta de bisagra horizontal. (Concepción, 2011)

El mecanismo puede ser accionado de varias maneras como: pistones hidráulicos, sistema de cables.

La figura 1.5 muestra una compuerta con abatimiento en eje horizontal y accionamiento por medio de cilindros hidráulicos.

En el caso de bisagras laterales dependiendo de la longitud de la compuerta se analiza si se realiza una sola compuerta o dos compuertas hacen contacto al momento de buscar la posición de cerrado, esto debido a los esfuerzos sometidos por las cargas a las que se interactúa.

Compuerta Flotante: En este tipo de compuerta se controla la flotabilidad de esta, es inundable, es decir, se introduce o evacua agua del interior del cuerpo de la compuerta dependiendo de la necesidad de flotar para que quede habilitado o no el dique.

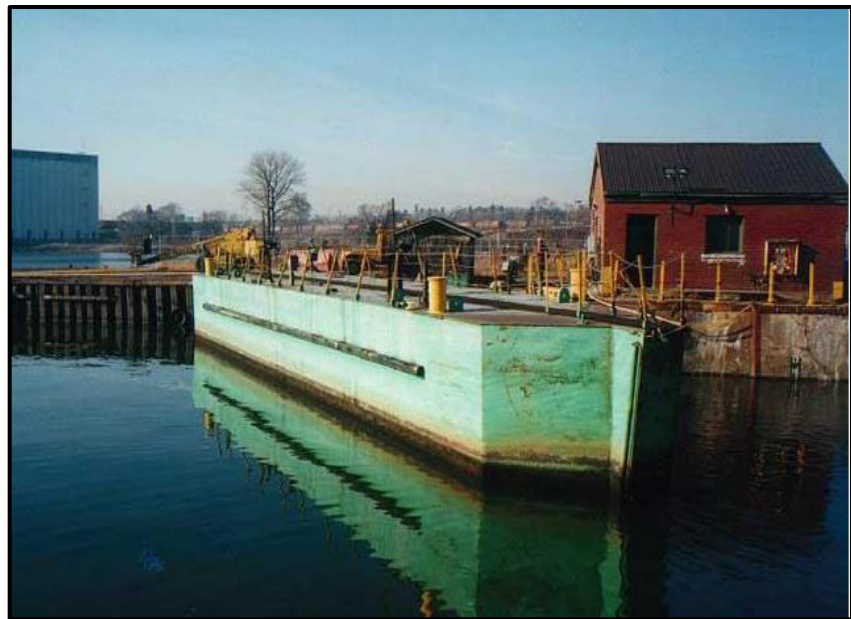


Figura 1.6: Compuerta flotante. (Concepción, 2011)

Se debe realizar un estudio de flotabilidad y equilibrio para que su funcionamiento sea el adecuado y controlar los niveles de agua que se introducen a la compuerta debido a que si se elimina peso fuera de los límites permisibles se perdería control de la estructura y se llegaría a su hundimiento.

Compuerta Deslizante: Este tipo de compuerta se desliza generalmente sobre un eje horizontal o vertical. Su accionamiento puede ser de varios tipos de mecanismos.

La figura 1.7 muestra una compuerta deslizante en sentido vertical para control del caudal de agua en Tokio Japón.



Figura 1.7: Compuerta deslizante vertical. (Iwabuchi Sluice Gate, 2020)

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA

Para el efecto de seguir una metodología de diseño adecuada se hizo referencia al modelo de diseño presentado por J. Harley (1959) conocido como espiral de diseño, en el cual se muestra un proceso estructurado para el desarrollo de un proyecto. Se adecuó esta metodología al proyecto en desarrollo.

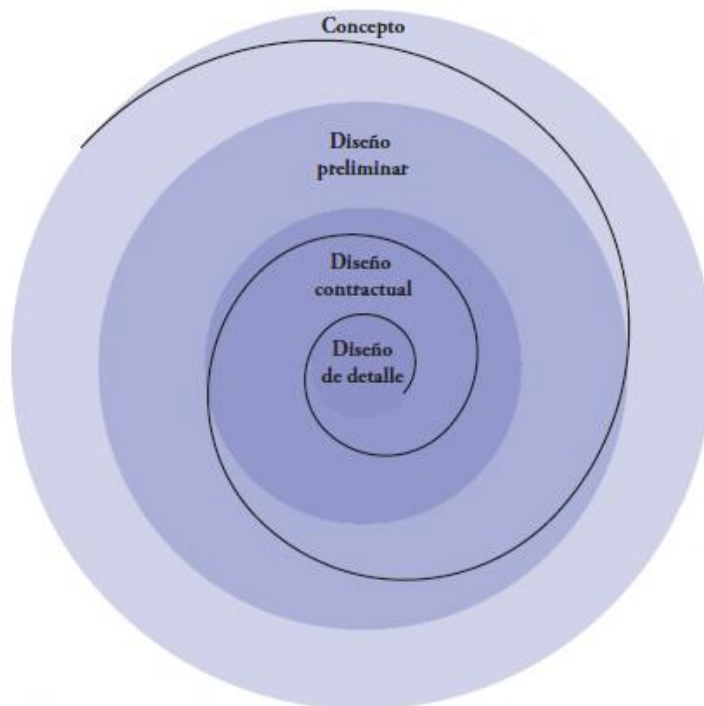


Figura 2.1: Espiral de diseño de Evans. (Evans, 1959)

Este proceso constó de 3 etapas avanzando según nos acercamos al centro de la espiral, se empezó con el concepto de una necesidad o solución a un problema, se realizó un diseño preliminar de la solución, se estableció el diseño definitivo para terminar en el diseño de detalle del proyecto. Se le asignó a cada etapa las fases necesarias para el desarrollo de este estudio.

La figura 2.2 muestra el esquema seguido en cada etapa con sus respectivos pasos, desde el inicio del proyecto hasta su finalización documentando los resultados obtenidos.

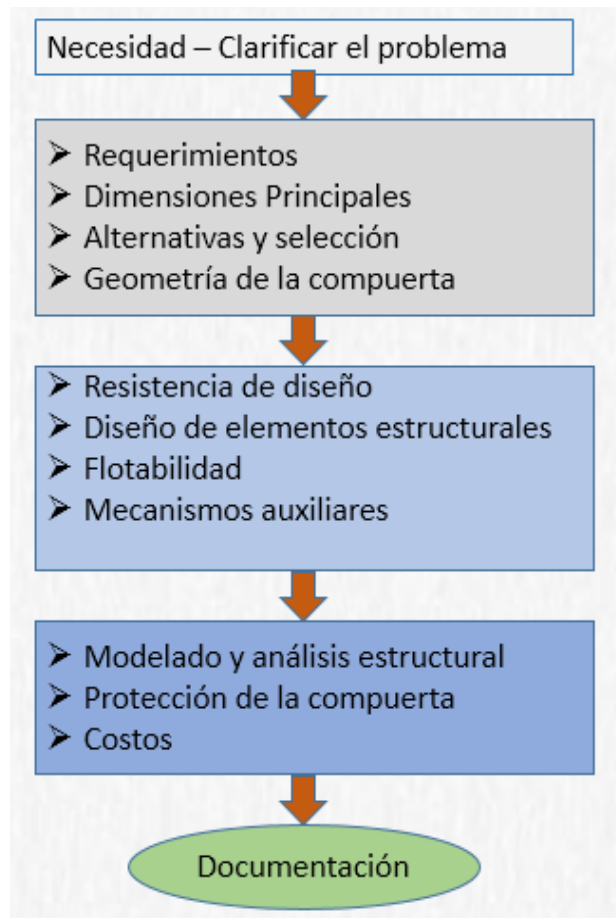


Figura 2.2: Esquema de la metodología del diseño.

Además, se debió considerar el calado de la ubicación en la que se podría instalar tentativamente nuestro dique.

La ubicación se ha determinado que puede ser en las riberas del río Guayas en la costa de la ciudad de Durán, para esto se debe observar la tabla de mareas proporcionada por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) en el año 2021.

2.1 Consideraciones Iniciales del Diseño

Considerando cuáles son los tipos de embarcaciones que se desmantelarán en el dique seco para el cual se está diseñando la compuerta, se recopiló información acerca de las dimensiones de éstos para dimensionar el dique, la compuerta y luego sus accesorios. Principalmente en el estudio se ha considerado buques de carga, tanqueros, pesqueros y pasajeros.

En el apéndice 1 y 2 se muestran las tablas con la información obtenida de las principales embarcaciones del país en la Dirección Nacional de Espacios Acuáticos (DIRNEA) se realizó un análisis estadístico de estos datos los cuales se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Estadística de dimensiones buques nacionales.

Medida	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)
Media	49.89	11.41	2.70
Mediana	42.00	11.60	2.68
Desviación estándar	17.83	2.33	1.28
Máxima	91.5	15.85	5.40
Mínima	26.5	7	0.9

Además, con los datos de las embarcaciones realizamos análisis matemáticos y obtuvimos la línea de tendencia y las ecuaciones que cuantifican las dimensiones de las embarcaciones para tener la mejor aproximación de las dimensiones finales que tendrá la compuerta.

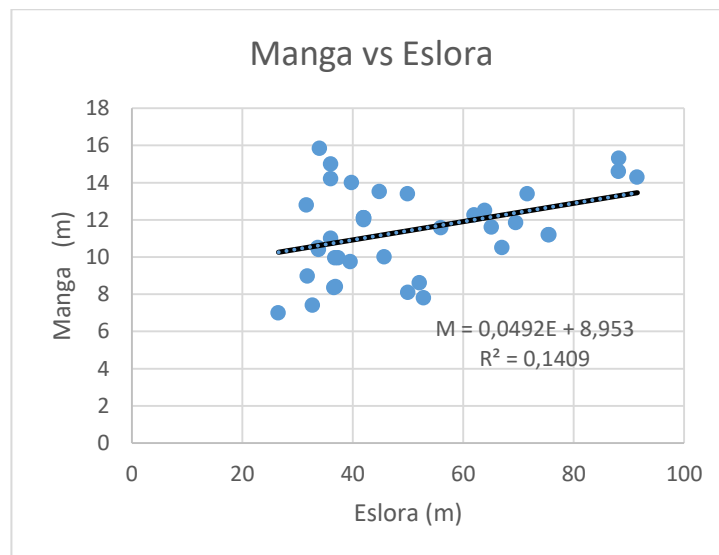


Figura 2.3: Gráfica manga vs eslora.

Las figuras 2.3 y 2.4 muestran las relaciones manga-eslora y calado-manga de las embarcaciones nacionales con lo cual se obtuvo la mejor relación en cada caso y se determinó la desviación estándar.

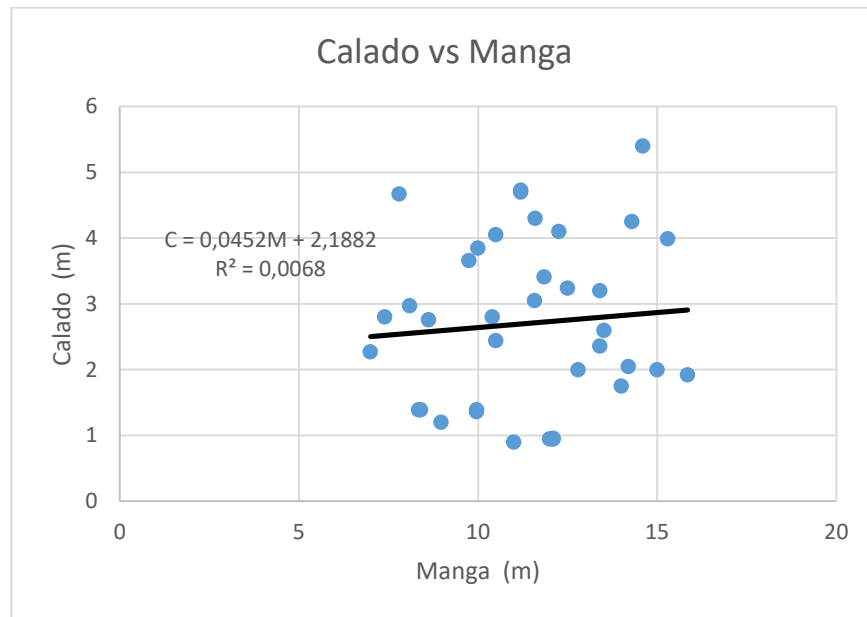


Figura 2.4: Gráfica calado vs manga.

Con los datos obtenidos de la tabla estadística y analizando la línea de tendencia de las gráficas para determinar el mejor dimensionamiento de la compuerta se sumó el valor de la media con la desviación estándar, y redondeando estos valores tenemos:

Eslora = 68 m

Manga = 14 m

Calado = 4 m

Se observa que este valor final agrupa más del 75% de las embarcaciones, lo cual hacen confiables estos valores.

Además, observando la tabla de mareas del río Guayas en el apéndice 3 se observa que la pleamar (marea máxima) es de 4.9 metros y la bajamar (marea mínima) es de 0.2 metros lo que indica que la locación permite este proceso.

Cabe mencionar que por facilidad de trabajo en caso de que el proyecto se realice de cero es aconsejable al valor de la eslora del dique aumentarle algunos metros lo cual hará más cómoda la operación de desguace.

2.2 Diseño Conceptual

2.2.1 Criterios de selección del diseño

Una vez determinados los parámetros iniciales del proyecto y los tipos de compuertas aplicables se realizó el análisis de criterios (características o facilidades) a cada tipo de compuerta para determinar la compuerta que satisface la operación del dique.

Para el estudio de las alternativas de compuertas se establecieron los siguientes criterios de selección:

- Grado de complejidad en el diseño.
- Costos de fabricación.
- Mantenibilidad del sistema.
- Facilidad de operación.

2.2.1.1 Grado de dificultad en el Diseño

Este criterio obedece a la complejidad del diseño tomando en cuenta las dimensiones y del tipo de la compuerta del dique que se necesite, es decir, depende de la dificultad en el diseño de los elementos y partes de cada tipo de compuerta. Se le ha otorgado a este criterio el 30% de la valoración.

La compuerta de bisagra o deslizante necesita un mecanismo de acción que generalmente es realizado por cilindros hidráulicos, un molinete de giro o un sistema de transmisión de cadenas y poleas que permita el funcionamiento de la compuerta, es decir, además del diseño de la estructura de la compuerta se deberá diseñar los elementos que permitan el giro de esta.

Para la compuerta flotante siendo que esta trabaja en vacío o inundada para realizar el bloqueo de la masa de agua no

se necesita integrar un sistema de accionamiento, lo cual adquiere una ventaja sobre las otras alternativas. Pero en cambio, se deberá realizar un estudio de flotabilidad y estabilidad que son precisamente los principios de funcionamiento de este tipo de compuerta.

2.2.1.2 Costos de fabricación.

Los costos de fabricación están en función directa de los elementos/mecanismos que accionan la compuerta. Este aspecto fue analizado en el criterio anterior, donde se observa que la compuerta flotante aventaja a las otras dos alternativas.

El factor económico es uno de los determinantes al momento de llevar un proyecto desde la fase de diseño a la ejecución, por esta razón se le ha otorgado una valoración de 35% a este criterio.

2.2.1.3 Mantenibilidad del sistema.

Este criterio tiene una valoración del 15% y tiene relación con la facilidad y volumen de trabajo al momento de realizar el mantenimiento de cada tipo de compuerta, es decir, el que represente la menor cantidad de esfuerzo para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado una anomalía.

Por ejemplo, la compuerta de bisagra y deslizante por tener mecanismos adicionales, se deberá considerar la facilidad para realizar el mantenimiento a estos sistemas de accionamiento considerando tiempos de para, repuestos, cantidad de horas-hombre y varios recursos más; serán estos criterios los que determinen la mantenibilidad de estos tipos de compuertas.

En una compuerta flotante no se incurren en mantenimiento de mecanismos al no tener sistema de accionamiento.

Cabe destacar que en los 3 tipos de compuertas necesitan un mantenimiento estructural debido al contacto con agua salada, lo cual acelera el proceso de corrosión y por ende además de la protección metálica se debe llevar un estricto control de la estructura.

2.2.1.4 Facilidad de operación.

En este criterio analiza la operatividad necesaria al momento de realizar las acciones para el funcionamiento de cada tipo de compuerta y los buques puedan entrar al dique. Tiene un 20% de valoración.

Las compuertas deslizantes y de bisagra tienen ventaja en este criterio pues al contar con mecanismos de accionamiento su operatividad no depende de mecanismos externos y su funcionamiento está asegurado. En cuanto a la compuerta flotante se necesita de un agente externo para su operación, lo recomendable es considerar la disposición de los remolcadores para realizar los movimientos de la compuerta en el momento de la maniobra.

	Bisagra	Deslizante	Flotante
Complejidad (30%)	Accionamiento	Accionamiento	Flotabilidad
Fabricación (35%)	Mas elementos	Mas elementos	Menos elementos
Mantenibilidad(15%)	Mayor volumen	Mayor volumen	Menor volumen
Operación (20%)	Propia	Propia	Remolcadores

Figura 2.5: Análisis de criterio con los tipos de compuerta.

La figura 2.5 muestra el esquema de análisis y la valoración máxima de cada criterio de selección.

2.2.2 Matriz de decisión y Selección.

Tomando en consideración los criterios de selección para cada alternativa de compuerta se estableció una matriz de decisión, en la cual a cada criterio se le asignó un porcentaje de relevancia.

- En el criterio de diseño a las compuertas deslizantes y de bisagra se les otorgó el 25% por tener que realizar una mayor cantidad de diseños por sus mecanismos auxiliares, mientras que la compuerta flotante por no depender de estos mecanismos se le dio la valoración total de 30%.
- La compuerta flotante por tener muchos menos elementos su fabricación será menos costosa, se le asignó 35% de valoración. En las compuertas de bisagra y deslizante claramente su fabricación resulta más onerosa por tener más mecanismos, se le dio 25% del valor.
- En cuanto a mantenibilidad las compuertas con mecanismos deberán tener controles adicionales de mantenimiento por lo que se asignó 10% de puntuación, mientras que a la compuerta flotante cuyo mantenimiento será más sencillo, se lo estableció el 15% a este criterio.
- Las compuertas deslizantes y de bisagra por no necesitar agentes externos está asegurado sus funcionamientos por lo que se determinó el valor total del criterio 20%, mientras que la flotante por la desventaja ya mencionada recibió solo 10% de la valoración.

La tabla 2.2 muestra la matriz de decisión con el resumen de las valoraciones otorgadas a cada criterio de selección.

Tabla 2.2: Matriz de Decisión.

	Criterios de selección				
Tipos de compuertas	Complejidad de diseño (30%)	Costos de fabricación (35%)	Mantenimiento del sistema (15%)	Facilidad operación (20%)	Total (100%)
Compuerta deslizante	25%	25%	10%	20%	80%
Compuerta de bisagra	25%	25%	10%	20%	80%
Compuerta flotante	30%	35%	15%	10%	90%

La compuerta a diseñar es una de tipo flotante.

2.3 Diseño preliminar de la compuerta.

En el procedimiento de diseño primero hay que elegir el tipo de acero.

Para esta labor la sociedad de arquitectos navales e ingenieros marinos en *The American Bureau of shipping (ABS)* indican usar aceros de grado A, B, C, DS, CS y E para cascos de acero por sus propiedades de resistencia, deformabilidad, maquinabilidad, aptitud para el corte con gas y soldabilidad.

Uno de los mencionados es el acero A131 grado A conocido como plancha naval.

En el apéndice c se muestra la hoja de datos del acero A131 dado por *The American Society for Testing and Materials ASTM*, la cual nos indica que el esfuerzo de fluencia de este acero es de 235 MPa, en todos los cálculos se usó un esfuerzo de diseño de 180 MPa.

Esto nos dio un factor de seguridad de 1.3 en el diseño, lo que permitirá que la estructura resista posibles cargas puntuales por periodos de cortos pequeños en el caso que se presenten.

2.3.1 Geometría de concepto.

La compuerta por ser flotante deberá cumplir con características similares al diseño de un casco de buque, por lo que para la forma se siguieron las recomendaciones de ABS en el apartado para embarcaciones menores de 90 metros.

Las dimensiones principales de la compuerta se obtuvieron en la sección 2.1. Pero por seguridad a la manga de la compuerta se le suma 1 metro a cada lado en la parte superior y 0.5 metros en la parte de arriba para prevención del nivel de marea, por lo que la geometría de la compuerta se postula de la siguiente manera.

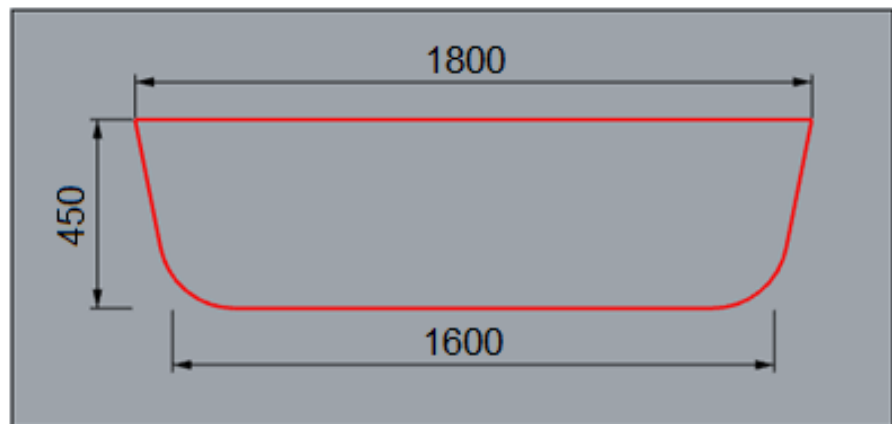


Figura 2.6: Geometría de la compuerta en cm.

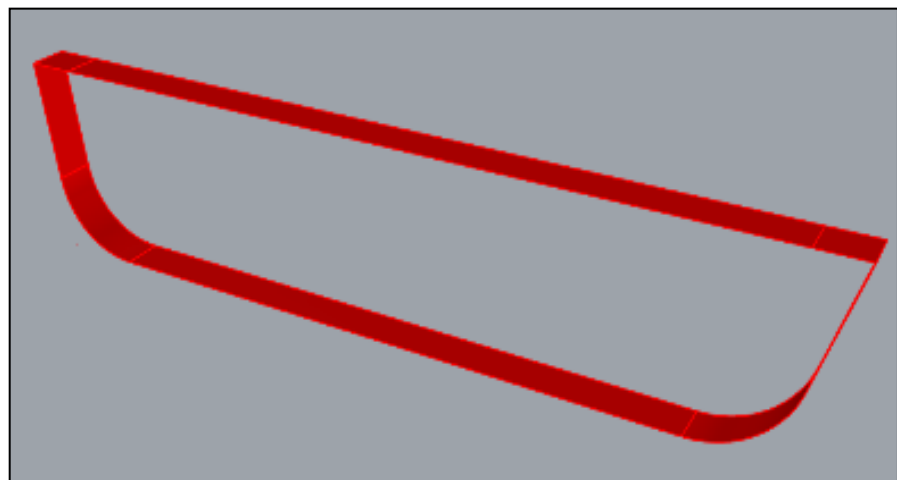


Figura 2.7: Perspectiva de la compuerta en 3D.

2.4 Diseño estructural de la compuerta.

2.4.1 Esfuerzos sobre la estructura.

La compuerta estará sometida principalmente a un esfuerzo por la carga de presión hidrostática dependiendo de la profundidad a la que esté funcionando en cada momento y para esto se usó la formula general de hidrostática:

$$P_h = \rho g h \quad (2.1)$$

Donde:

P_h es la presión hidrostática calculada en Pascales (P_a .)

ρ es la densidad del agua, en nuestro caso al no encontrar una referencia exacta y al ser el rio Guayas una mezcla de agua dulce que provienen de otros ríos que desembocan en él y agua salada por la marea del océano Pacífico, se estimó el valor de 1025 Kg/m^3 .

g es la aceleración de la gravedad, 9.8 m/s^2 .

h la profundidad a la que se desea saber la presión, en metros.

Además, se adicionó en los cálculos una presión dinámica producto de la velocidad de la masa de agua, la cual varía entre 1.5 y 3 m/s dependiendo de la época del año por la presencia de lluvias y de la marea. Se utilizó la fórmula de Bernoulli con condiciones iniciales específicas como presión atmosférica constante y diferencia de cabezal al mismo nivel, resultando en:

$$P_d = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (2.2)$$

Donde:

P_d es la presión dinámica a calcular en P_a .

ρ es la densidad de agua, 1025 Kg/m^3 .

v es la velocidad del río, se escoge un valor cercano a la máxima velocidad el cual es 3 m/s.

Esta carga de presión actúa de forma distribuida y constante sobre la cara exterior en un momento dado por la acción del paso de alguna embarcación por la ría, su cálculo fue: $P_d = 4612.5 P_a$.

Es decir, en los cálculos de diseño se aplicó una carga total que resulta de sumar la carga de presión hidrostática más la presión dinámica.

2.4.2 Diseño de la placa exterior.

Antes de proceder a los cálculos se empezó determinando la separación de los refuerzos internos de la compuerta, tanto verticales como horizontales. Después de analizar algunas disposiciones, se decidió por un distanciamiento de 0.7 metros entre los refuerzos verticales y 1 metro entre los refuerzos horizontales.

Para el diseño de la plancha de forro de la compuerta se usó la teoría de placas planas determinada por Fred Seely en su libro texto Curso Superior De Resistencia De Materiales, en el cual ejemplifica la metodología en la página 230, la cual consiste en considerar a la placa como simplemente apoyada y luego como placa empotrada y determinar el mejor espesor.

Considerando la placa con bordes simplemente apoyados se presenta la siguiente ecuación.

$$S = \frac{1}{2} \frac{a^2}{(a^2+b^2)} \frac{w \cdot b^2}{t^2} \quad (2.3)$$

Donde:

s es el esfuerzo máximo de diseño escogido, 180 MP_a.

a es el lado mayor de la placa en el diseño, 1 metro.

b es el lado menor de la placa, en nuestro caso 0.7 metros.

w es la carga aplicada a la placa, en Pa.

t es el espesor que permitirá que la placa resista los esfuerzos, en metros.

La sección inferior más cercana al fondo de la compuerta es la que esté sometida a la mayor carga de presión, se realizó el análisis en este punto para garantizar que toda la placa resista las fuerzas a la que está sometida.

La metodología escogida indica que la presión debe ser calculada en el punto medio de la sección de placa, el cual queda a una profundidad de 3.5 metros, y usando la ecuación 2.1 se obtiene:

$$P_h = \rho g h = 35157.5 Pa$$

Se sumó la carga de presión dinámica con la carga estática, lo cual dio como resultado una carga total.

$$w = P_H + P_d = 39770 Pa$$

Teniendo en cuenta que el esfuerzo no podrá superar el esfuerzo de diseño de $180MP_a$, y despejando t en la ecuación 2.3 tenemos:

$$t = \sqrt{\frac{a^2 \cdot b^2 \cdot w}{2(a^2 + b^2)s}} = 0.0052m = 6,02 mm$$

Para el caso de la placa con bordes totalmente empotrados se necesitó primero conocer el momento máximo al que está sometido la placa, para la cual la metodología indica la siguiente ecuación:

$$M_{max} = n \cdot w \cdot b^2 \quad (2.4)$$

Donde:

n es un factor derivado de la relación lado menor y lado mayor.

w es la carga aplicada a la placa, 39770 Pa.

b es el lado menor de la placa, en nuestro caso 0.7 metros.

Luego esta fórmula se relacionó con la del esfuerzo, para despejar t y encontrar el espesor.

$$S = \frac{6 \cdot M_{max}}{t^2} \quad (2.5)$$

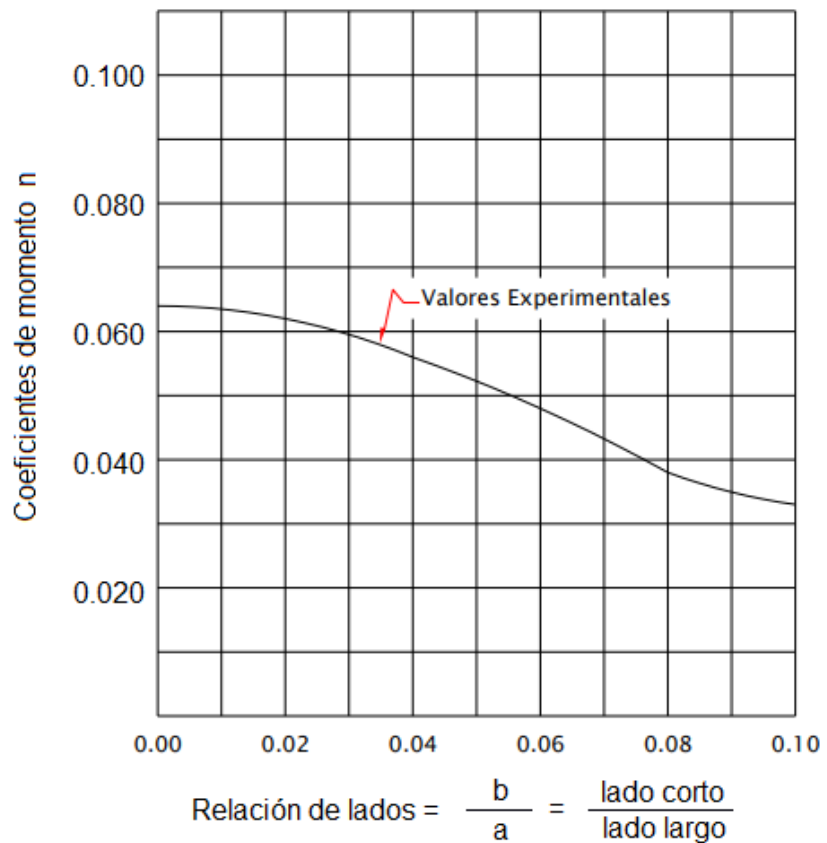


Figura 2.8: Relación de lados vs coeficientes de momentos. (Seely, 1954)

El coeficiente de momento n, se encontró a través de la curva de la figura 2.8 con la relación b/a. Entonces si b/a es igual a 0.7, en la curva nos dio un valor de n de 0.0415 para nuestro caso particular.

Combinando las ecuaciones 2.4 y 2.5 tuvimos:

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot n \cdot w \cdot b^2}{\sigma}} \quad (2.6)$$

La cual luego de reemplazar los valores se obtuvo, $t = 5.2$ mm.

El valor promedio de estos 2 valores es 5.61 mm.

ABS en el apartado de construcción para embarcaciones menores a 90 metros recomienda un factor t_k para medida de prevención de la corrosión de 1.5 mm.

Entonces el espesor de la plancha de forro es de 7.11 mm, redondeando a la medida comercial inmediata tuvimos como valor final:

$$t = 8 \text{ mm}$$

2.4.3 Diseño del refuerzo vertical

La norma ABS también recomienda que cada cierta longitud existan espacios completamente cerrados los cuales se denominan mamparos estancos los cuales aplicando una fórmula que depende de la eslora del barco en nuestro caso sale cercano a 6 metros, lo cual implicaría tener 3 divisiones, pero para seguridad de la compuerta y además tener una división central se decidió tener 5 mamparos estancos a lo largo (eslora) de la compuerta y 1 división horizontal que atravesase el ancho (manga) de la compuerta.

Es decir, cada 3.5 metros de la línea del centro hacia los lados se tendrá una plancha de mamparo vertical y desde el fondo hacia arriba se dispondrá de una plancha de mamparo horizontal. Con esto se tendrá acceso a estos mamparos mediante puertas escotillas para realizar inspecciones periódicas o trabajos de mantenimiento cuando se requiera.

Con esta geometría cada plancha de mamparo será considerado como un apoyo simple tanto para los refuerzos verticales como horizontales. Entonces una viga de refuerzo vertical en la sección inferior de la compuerta que es la parte de mayor carga por presiones estará apoyada como se muestra en la gráfica a continuación. Además, está limitada por la plancha de mamparo horizontal a 2 metros del fondo de la compuerta.

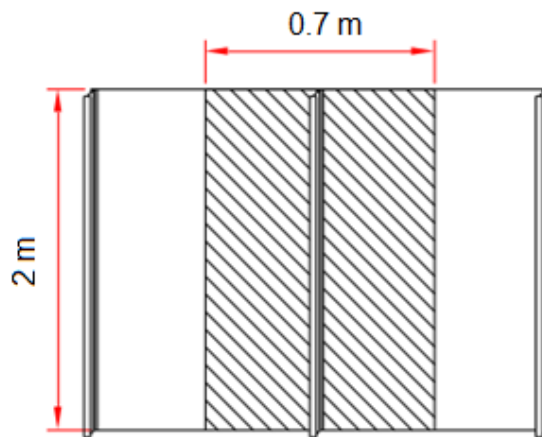


Figura 2.9: Ilustración de refuerzo vertical.

La carga de presión hidrostática es un trapecio al empezar esta sección de la viga a 2 metros de profundidad y terminar a los 4 metros de calado operativo de la compuerta. Por facilidad en los cálculos se dividió esta carga en una distribuida constante y otra distribuida variable.

La presión al inicio del refuerzo se la obtiene aplicando la ecuación 2.1 a la profundidad de 2 metros.

$$P_{h1} = \rho g h = \left(1025 \frac{kg}{m^3}\right) \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right) (2m) = 20090 Pa$$

Este valor multiplicado por el ancho de área de placa que soporta la viga, es decir los 0.7 m nos dio la carga lineal que actúa sobre la viga en uno de los lados.

$$w_1 = P \cdot b = \left(20090 \frac{N}{m^2}\right) (0.7m) = 14063 \text{ N/m}$$

La presión hidrostática al final del refuerzo, en el fondo de la compuerta con 4 m de profundidad es 40180 Pa.

Aplicando la misma operación anterior tenemos:

$$w_2 = P \cdot b = \left(40180 \frac{N}{m^2}\right) (0.7m) = 28126 \text{ N/m}$$

La presión dinámica ya calculada es de 4612.5 Pa por el ancho de la placa tenemos:

$$w_3 = 3228.75 \text{ N/m}$$

En la figura 2.10 se muestran las cargas actuantes en esta sección de viga.

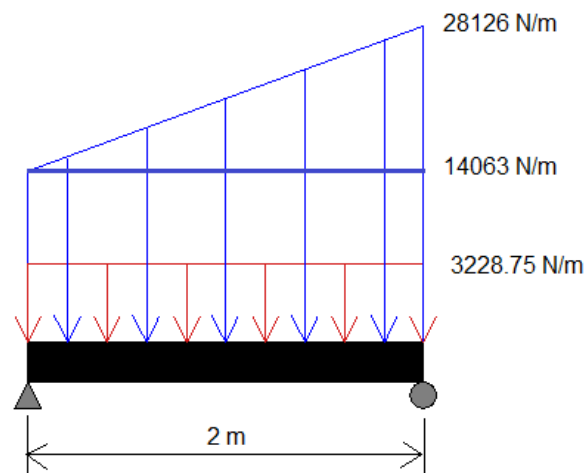


Figura 2.10: Grafica de cargas sobre refuerzo vertical.

Realizando los cálculos de fuerza cortante y momento flector, por el método de integración se obtuvo:

$$V = 21979.41 - 17291.75x - 3515.75x^2 \quad (2.7)$$

$$M = 21979.41x - 8645.87x^2 - 1171.92x^3 \quad (2.8)$$

Donde el momento máximo dio 12189.72 N · m.

Utilizando la fórmula de esfuerzo debido a un momento flector.

$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot c}{I} \quad (2.9)$$

Donde:

σ es el esfuerzo máximo debido al momento flector, en Pa. En nuestro caso será el esfuerzo de diseño escogido previamente.

M_{max} es el momento máximo de la viga, en N m

c es la distancia del centro de la viga a un lado en su sección transversal.

I es la inercia de la sección transversal de la viga.

Determinando una viga de sección rectangular, en la cual la inercia viene dada por la expresión:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (2.10)$$

Donde:

b es el espesor de la viga, en metros

h es la altura de la viga, en metros.

Asumiendo un espesor b de 0.010 m, reconociendo que $h = 2c$, y combinando las ecuaciones 2.9 y 2.10 obtuvimos la expresión que nos permite conocer c .

$$c = \sqrt{\frac{3 \cdot M_{max}}{2 \cdot b \cdot \sigma}} \quad (2.11)$$

Reemplazando los valores obtenidos en la ecuación 2.11 dio que c es igual a 0.100 metros.

En resumen, la viga de refuerzo vertical tendrá una sección rectangular de espesor 10mm y altura de 200mm.

2.4.4 Diseño del refuerzo Horizontal

Para este cálculo se escogió la viga horizontal del fondo de la compuerta por ser la de que soporta la mayor carga de presión, pues la carga hidrostática actúa de manera distribuida uniforme sobre toda la placa de fondo con su máximo valor.

Esta viga está limitada a los lados por los mamparos verticales que están a una distancia de 3.5 metros, que actúan como apoyos simples.

En la placa del fondo tanto la presión hidrostática como la presión dinámica son distribuidas uniformes. Por lo tanto, se pueden sumar directamente.

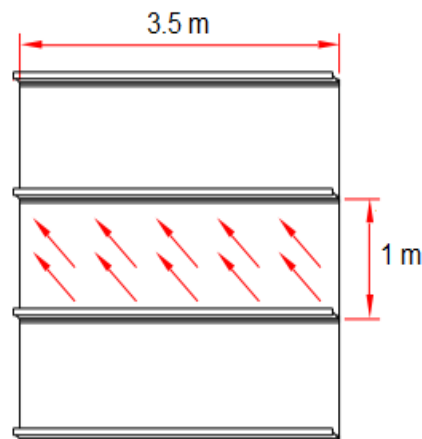


Figura 2.11: Ilustración de refuerzo horizontal.

Si $P_h = 40180 Pa$ y $P_d = 4612.5 Pa$ entonces la presión total es:

$$P = 44792.5 Pa$$

Multiplicando esta presión por el ancho de la placa que es de 1 metro, se tiene la carga total distribuida uniforme en la viga.

$$w = 44792.5 N/m$$

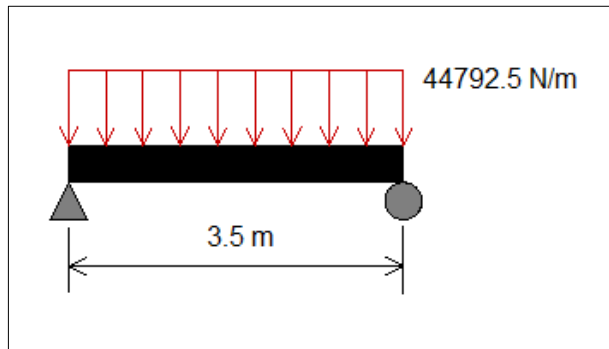


Figura 2.12: Grafica de cargas sobre refuerzo horizontal.

Realizando los análisis de fuerza cortante y momento flector de las condiciones de esta viga de refuerzo se obtuvieron las siguientes ecuaciones.

$$V = 78386.87 - 44792.5x \quad (2.12)$$

$$M = 78386.5x - 22396.25x^2 \quad (2.13)$$

Donde el momento máximo da $68588.52 \text{ N} \cdot \text{m}$.

Utilizando la ecuación 2.11, considerando un espesor de 0.012 mm en una viga de sección rectangular se obtuvo:

$$c = \sqrt{\frac{3 \cdot M_{max}}{2 \cdot b \cdot \sigma}} = 0.2182 \text{ m}$$

En resumen, la viga de refuerzo horizontal debe tener una sección rectangular de espesor 12 mm y altura de 440 mm.

2.4.5 Diseño de planchas de mamparos

ABS en el apartado para embarcaciones menores de 90 metros en la parte 3, capítulo 2, sección 6 establece que los mamparos que sostienen las vigas o los mamparos instalados en lugar de vigas deberán estar rígidos para proporcionar soportes no menos eficaces que los requeridos para los refuerzos.

Por esta razón se usarán planchas de 6mm de espesor en estas paredes de división de mamparos estancos verticales y horizontales, con lo cual exceden el módulo de sección necesarios para los diseños particulares de los refuerzos.

2.5 Cálculo de flotabilidad, hundimiento y estabilidad de la compuerta.

La compuerta debe cumplir con principios básicos de flotabilidad, pero además debe tener un buen equilibrio y ubicación del centro de carena que asegure que al actuar un par de fuerzas que lo saquen de este equilibrio la compuerta regrese al equilibrio.

2.5.1 Flotabilidad de la compuerta.

El principio de Arquímedes asegura que el un cuerpo sumergido experimenta una fuerza de empuje vertical igual al peso del fluido desalojado, es decir, si el peso de la compuerta es igual al peso de la masa de agua desplazada, la compuerta flotará. Lo cual se plantea como:

$$E = \rho_f \cdot V_d \cdot g \quad (2.14)$$

Donde:

E es empuje del fluido sobre la compuerta. En N.

ρ_f es densidad del fluido, en Kg/m³.

V_d es volumen desalojado de la compuerta., en m³.

g es la aceleración de la gravedad, 9.8 m/s².

El peso de la compuerta viene dado por la expresión:

$$W = mg \quad (2.14)$$

Donde:

W es el peso de la compuerta en N.
 m es masa del acero en la estructura.
 g es la aceleración de la gravedad.

Entonces, para flotabilidad se plantea:

$$\begin{aligned} E &= W \\ \rho_f \cdot V_d \cdot g &= mg \end{aligned} \quad (2.15)$$

Para saber el volumen desplazado partimos de la hipótesis, que la altura de calado en flotabilidad será 1.5 metros y con la ayuda del software de modelado Rhinoceros se obtiene el área lateral que está en contacto con el agua. Lo cual nos da:

$$A_f = 23.49 \text{ m}^2$$

El volumen sumergido por la forma de la compuerta se calcula con la expresión:

$$V_d = A_f \cdot B \quad (2.16)$$

Donde:

V_d es el volumen desplazado de la masa de agua, en m^3 .

A_f es el área frontal a 1.5 m de calado, ya obtenida.

B ancho de la compuerta, 3 m.

Entonces, $V_d = 70.47 \text{ m}^3$, en condiciones de flotabilidad de la estructura, hay que conocer que en dique cerrado, la misma compuerta desplazará un volumen mayor de agua.

Reemplazando los datos en la igual 2.15, se determinó la masa de agua desalojada,

$$m_{\text{agua}} = 72235.40 \text{ Kg}$$

Con la ayuda de la herramienta de modelado Rhinoceros, también se pudo obtener el área total de los elementos de superficie de la compuerta, esto multiplicado por los espesores respectivos de cada elemento de la compuerta nos dio un valor de:

$$V_{acero} = 5.18 \text{ m}^3$$

Conociendo la densidad del acero, como 7850 Kg/m^3 , obtuvimos la masa de acero en la estructura.

$$m = \rho_{acero} \cdot V_{acero} \quad (2.17)$$

Resolviendo nos queda que la masa de acero es; $m_a = 40689.58 \text{ Kg}$.

Entonces para que exista el equilibrio y la compuerta pueda flotar, se debe incluir la diferencia de peso en la compuerta., es decir, la ecuación de equilibrio es:

$$m_{agua} = m_{acero} + m_{concreto} \quad (2.18)$$

Para esto se instala un bloque de concreto en la parte central del fondo de la compuerta, la cual a su vez ayudará a la resistencia de las planchas y refuerzos longitudinales y verticales.

La masa de concreto deberá ser de 31545.826 Kg .

Apoyándonos en la ecuación de densidad y conociendo la densidad del concreto que es 2400 Kg/m^3 obtenemos el volumen de concreto.

$$V_c = 13.14 \text{ m}^3$$

La masa de concreto que va en la sección inferior de la compuerta tiene 12.60 metros de largo, entre los refuerzos horizontales centrales 2 metros, con una altura de 0.52 metros.

2.5.2 Hundimiento de la compuerta.

La compuerta cuando este a flote tendrá 1.5 metros de calado, pero cuando este fondeada en la entrada de dique debe tener el peso necesario para desplazar su calado a 4 metros de profundidad.

Con la herramienta Rhinoceros obtuvimos el área frontal al calado de 4 metros y cuyo resultado fue:

$$A_f = 66.546 \text{ m}^2$$

Aplicando la ecuación 2.18 tenemos en volumen de desplazamiento.

$$V_d = 199.64 \text{ m}^3$$

La masa de este volumen de agua desplazada es:

$$m_{agua} = 204631.078 \text{ kg}$$

Si el peso de la compuerta (incluido acero y concreto) es de 72235.40 kg, la masa faltante para el hundimiento de la compuerta es de 132395.67 Kg. Con la densidad del agua ya definida se estableció que el volumen mínimo del tanque de agua para hundimiento es de:

$$V_{Tanque} = 129.16 \text{ m}^3$$

Para obtener este volumen se utilizaron los 6 mamparos superiores, y, con la herramienta Rhinoceros se obtuvo que este valor es 130.83 m^3 , lo cual cumple la necesidad de volumen requerido.

2.5.3 Estabilidad de la compuerta

Para determinar si la estructura es estable cuando este flotando se debe conocer los puntos de acción de las fuerzas del peso y empuje a los que es sometida la compuerta, conocidos como centro de gravedad y centro de boyantes respectivamente.

El centro de gravedad (y_c) es el centro donde actúa la resultante de la suma de todos de pesos individuales de todos las partes que conforman la estructura. Es el punto donde actúa la Fuerza del peso de la compuerta.

El centro de boyantes (y_b) es el punto donde actúa la fuerza de empuje del agua sobre la estructura.

Además, se debe establecer el Metacentro (y_m) que es el punto donde se intersecan la línea central transversal de equilibrio de la estructura con la línea de acción de la fuerza de empuje. Este valor se conoce de la expresión:

$$y_m = y_b + MB \quad (2.19)$$

Donde MB es la distancia del centro de boyantes al metacentro y la condición de equilibrio estable es:

$$y_m > y_c \quad (2.20)$$

Es decir, el punto metacéntrico debe estar por encima del centro de gravedad.

Se determinó el centro de gravedad de la compuerta en sus tres direcciones en el espacio. Para las direcciones X y Y, como todas las distancias de las masas son simétricas a un eje central se concluye que el centro de gravedad está a la mitad de las longitudes.

En cambio, para el eje Z las distancias de las masas son diferentes respecto a cualquier eje, y a falta de un programa que nos ayude a saber este valor, procedimos de manera manual a determinarlo con las ecuaciones de centroide de masa de varios cuerpos.

$$\bar{Z} = \frac{\sum_1^n z_i \cdot m_i}{\sum_1^n z_i} \quad (2.21)$$

Donde:

\bar{z} es la distancia del centro de gravedad en el eje Z con respecto a un eje.

z_i es la distancia de centro de gravedad de cada masa con respecto al eje.

m_i es la masa de cada cuerpo.

Además, para facilitar el cálculo se estableció colocar el eje de referencia a la mitad de la altura de la compuerta, con esto se logra que todas las estructuras simétricas en ambos lados del eje su distancia al centro de referencia sea cero y facilitar el cálculo.

Quedando por analizar los refuerzos horizontales superiores e inferiores, las placas frontales, las planchas superiores e inferiores, las planchas de refuerzo horizontales y la masa de concreto en el fondo.

Tabla 2.3: Cálculo de masa distancia de la compuerta.

Elemento	Volumen (m ³)	densidad (Kg/m ³)	Masa (Kg)	z (m)	Masa · distancia (Kg m)
Platina superior	0.04320	7850	1695.6	2.15	3645.54
Platina inferior	0.08448	7850	3315.84	-2.03	-6731.15
Placa forro	0.60392	7850	9481.68	0.07	663.71
Concreto	13.14409	2400	31545.83	-1.99	-62776.19
Ref. longitud.	0.59976	7850	4708.11	-0.25	-1177.03
Placa superior	0.43200	7850	3391.20	2.25	7630.20
Placa inferior	0.33600	7850	2637.60	-2.25	-5934.60
			56775.86		-64679.519

Para las platinas superiores e inferiores el valor de la masa se multiplico por 5 por ser la cantidad de estas y así mismo en la placa del forro se tomó en cuenta las 2 que existen: frontal y posterior.

Reemplazando estos valores en la ecuación 2.21 tuvimos:

$$\bar{z} = \frac{-64679.51 \text{ Kg} \cdot \text{m}}{56775.86 \text{ Kg}} = -1.1392 \text{ m}$$

Recordando que escogimos el eje de referencia del centro de la compuerta y estas distancias normalmente se toman desde la base de la estructura tenemos que la distancia del centro de gravedad es la mitad de la altura de la compuerta menos la distancia calculada.

$$y_c = 1.11 \text{ m}$$

La distancia del centro de boyantes (y_b), es la distancia desde el fondo de la estructura al centro de gravedad del volumen desplazado. Esta distancia la obtenemos con la ayuda de la herramienta Rhinoceros.

$$y_b = 0.773 \text{ m}$$

Por último, se determinó MB, que es la distancia del metacentro al centro de boyantes y viene dada por la ecuación:

$$MB = \frac{I}{V_d} \quad (2.22)$$

Donde:

I es la inercia de la geometría desde la vista superior en la línea de flotación.

V_d es el volumen desplazado de la masa de agua, en m^3 .

A la línea de flotación desde la parte superior se tiene un rectángulo de 16,66 m de largo por 3 metros de alto, por lo que su inercia es 37.485 m^4 , el V_d ya fue obtenido en la sección 2.5.1 cuyo valor es de 70.47 m^3 .

Reemplazando en la ecuación 2.20, se obtiene que $MB = 0.531 \text{ m}$.

Con estos valores, y resolviendo la ecuación 2.19 tenemos:

$$y_m = 1.305 \text{ m.}$$

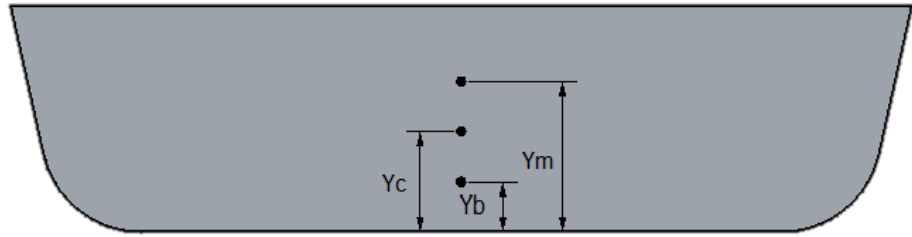


Figura 2.13: Ubicación de puntos de equilibrio de la compuerta.

Finalmente, con la desigualdad 2.20 verificamos que y_m es mayor a y_c , lo que quiere decir que la compuerta está en equilibrio estable.

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Estructura de la compuerta.

Los cálculos realizados permitieron realiza el dimensionamiento total de la compuerta. La figura 3.1 enseña la forma final de la compuerta con las características de espaciamiento en su interior.

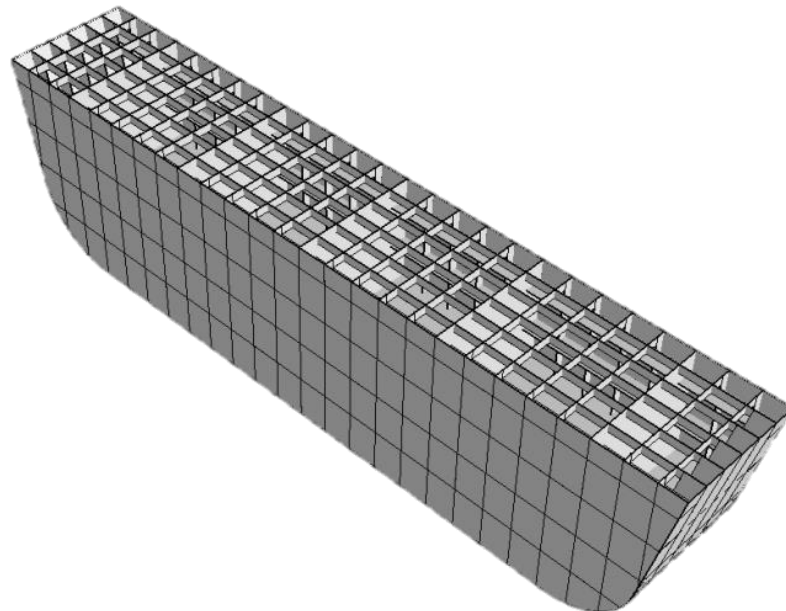


Figura 3.1: Vista en perspectiva de la compuerta. Elaborado en Ansys.

Tabla 3.1: Resultados del diseño estructural de la compuerta.

Descripción	Resultados
Tipo de compuerta	Flotante
Tipo de material	Acero naval A-131
Espesor de la plancha de forro	8 mm
Espesor de refuerzos verticales	10 mm
Espesor de refuerzos horizontales	12 mm
Separación de refuerzos	700 mm
Peso de la compuerta flotando	72235 Kg
Peso de la compuerta hundida	204631 Kg

3.1.1 Análisis de resultados con Ansys Workbench.

Para validar los datos estructurales obtenidos se ingresó la geometría realizada en RHINOCEROS al módulo de Estatico Structural de ANSYS, primero realizando el modelado geométrico en la plataforma Spaceclaim para luego realizar el modelo numérico.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

La malla generada presento un total de 72821 nodos con elementos de tipo Shell de los cuales el 91.5% tienen un valor de calidad de elementos cercano a 1 lo que refleja un buen mallado.

Hay que indicar que por tener partes curvas en el planchaje del forro se acepta este valor.

La figura 3.2 muestra el mallado de la estructura obtenido en el software.

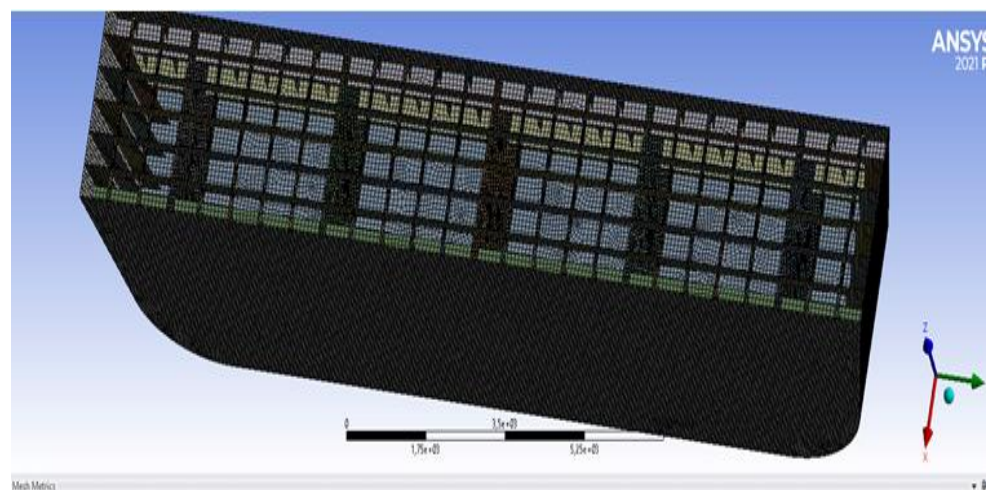


Figura 3.2: Vista del mallado. Elaborado en Ansys.

En la figura 3.3 se pueden observar los diferentes espesores de la estructura representando cada espesor con un color diferente.

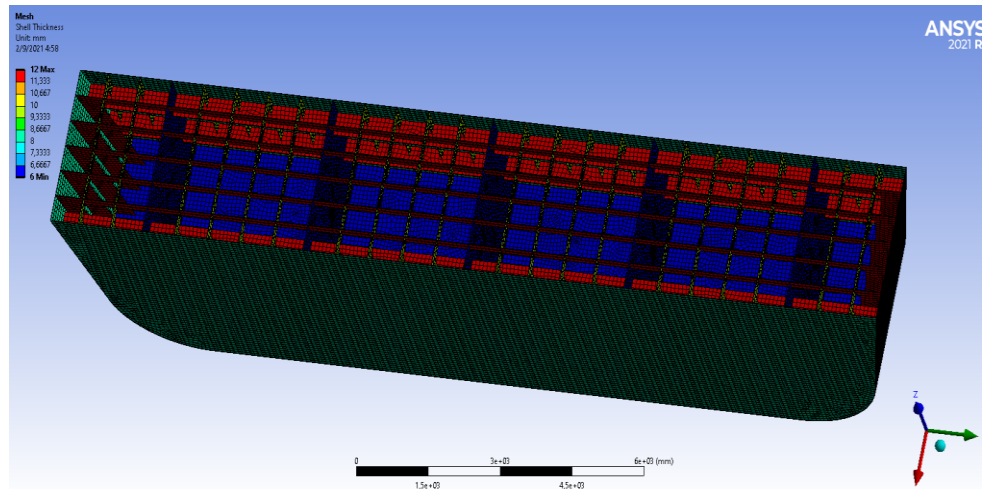


Figura 3.3: Espesores de la compuerta. Elaborado en Ansys.

Finalmente, el máximo esfuerzo en el modelado fue de 83.87 MPa, lo cual nos garantiza que la estructura va a resistir los esfuerzos y además de que en caso de presentarse esfuerzos adicionales estos puedan ser soportados sin problemas pues el esfuerzo permisible del material es mucho mayor.

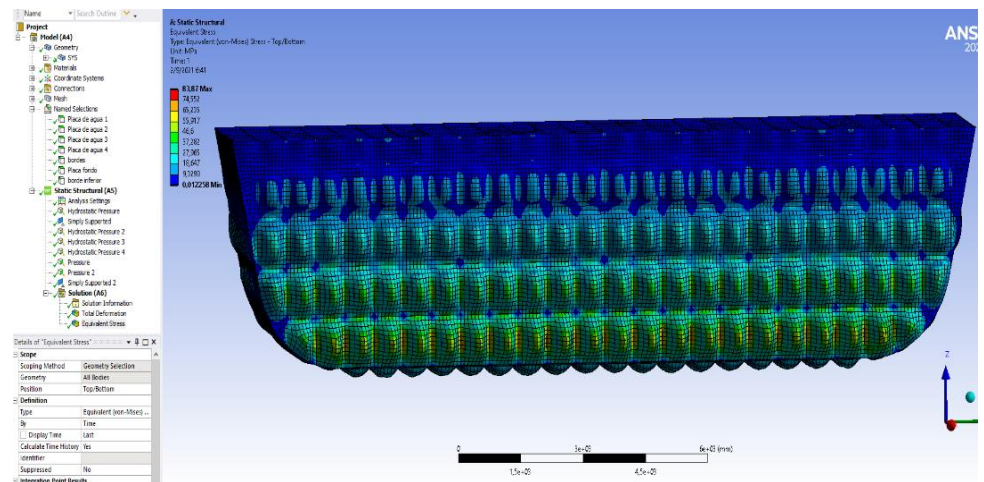


Figura 3.4: Resultados de los esfuerzos. Elaborado en Ansys.

Es importante resaltar, que en el modelo numérico del módulo de Ansys se incluyeron las presiones hidrostáticas a las 4 superficies laterales, además de la presión producto del empuje del agua y una carga de presión dinámica sobre un lado de la compuerta.

3.2 Soldadura de la estructura.

Para la soldadura de la estructura nos regiremos a la norma *American Welding Society* con su código AWS D1.1 que se aplica a estructuras, y especifica los procedimientos de soldadura de cada tipo de junta.

En toda la estructura tendremos básicamente soldadura a tope y soldadura en t.

Es importante anotar que la norma AWS D1.1 no considera la tracción y compresión para el diseño de la soldadura por ser esfuerzos menores a los de cortante y flexión en todos los casos de estudio conocidos.

Las planchas del forro por ser juntas a tope entre plancha y plancha y al ser estas las que soportan directamente las presiones hidrostáticas, dinámica y demás a las que pueda estar sometida la estructura deberá implementarse una junta a penetración completa (CJP).

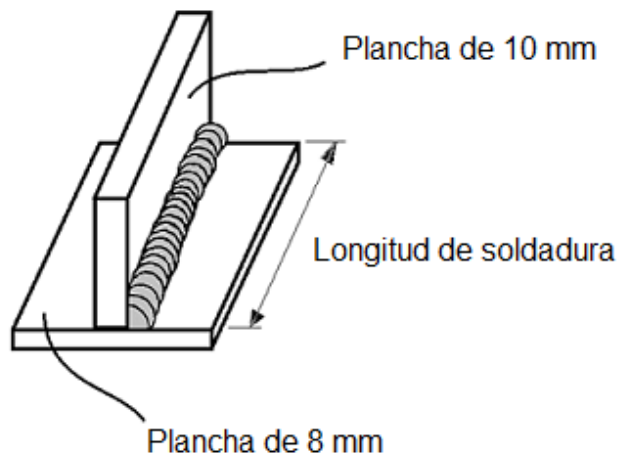


Figura 3.5 Esquema de soldadura en T.

Las soldaduras en t, aparecen en todos los refuerzos internos y mamparos con las planchas de forro. La plancha genera sobre la viga un momento flector producto de una fuerza cortante o cizallamiento, la cual será la condición de esfuerzo para el cálculo.

El código AWS D1.1 en su sección 3 en la tabla 4.3 determina los esfuerzos admisibles, para el cizallamiento establece que el esfuerzo permisible debe ser el 30% de la resistencia a la tracción del metal base referenciado en la norma ASTM en 400MPa, siempre y cuando el esfuerzo de cizallamiento no exceda el 40% del límite elástico del metal base.

El mayor cortante que se tuvo es de 78386.87 N en la viga de refuerzo horizontal con sección rectangular de 0.012 m por 0.440 m.

Entonces el esfuerzo de cizallamiento es de 14.846 MPa, y no excede el 30% del límite elástico de material dado por ASTM en 235 MPa.

Se estableció que el esfuerzo permisible es 120 MPa, que representa el 30% de la resistencia a la tracción del material como lo indica el código.

Además, el código D1.1 establece que el pie de soldadura no debe ser mayor que el espesor mínimo a unir, en este caso 8mm que es el espesor de todo el planchaje de la compuerta a la que están unidos los refuerzos.

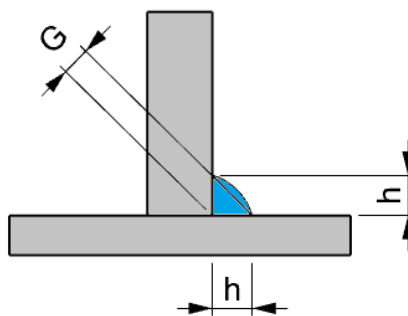


Figura 3.6 Garganta y pie de soldadura en T.

La gráfica 3.6 muestra el pie de soldadura h y su respectiva garganta G .

Aplicando la fórmula de esfuerzo, y despejando el área se determina la superficie efectiva de soldadura, obtenemos:

$$\sigma = F/A \quad \therefore \quad A = F/\sigma \quad (3.1)$$

Resolviendo la ecuación 3.1 para los valores de fuerza de cizallamiento y esfuerzo permisible tenemos el área de soldadura en 65.322 cm^2 .

La garganta de soldadura es el 70.7% del pie de soldadura, es decir 0.5656 cm.

Dividiendo el área de soldadura para la garganta de soldadura se obtuvo la longitud necesaria de soldadura cuyo valor es 115 cm.

Si la longitud del refuerzo es de 350 cm, se puede aplicar 8 tramos de soldadura de 15 cm cada uno, incluso se recomienda intercalar la soldadura ambos lados de la viga.

3.3 Sistemas de protección a la corrosión.

3.3.1 Protección por pintura.

La compuerta contará con un plan de pintura diseñado específicamente para esta aplicación. Se debe asegurar la vida útil de la compuerta de tal manera que la futura inversión sea rentable. Se aplicará la norma ISO 8501-1:2007.

Para la parte exterior de la compuerta que comprende 223 m^2 y la norma recomienda una limpieza abrasiva al grado Sa 2½, es decir una limpieza a chorro de arena para luego aplicar una primera capa húmeda de pintura epoxi de 278 micras, luego del tiempo de secado, se aplicará una segunda capa de igual micraje. Al final ambas capas darán una capa seca de 200 micras, lo que resulta en una capa final de 400 micras.

Para la parte interior de la compuerta de 489 m^2 la norma indica una limpieza abrasiva, pero en lugares de fácil acceso acepta una limpieza mecánica grado Sa 3, para luego aplicar una primera capa húmeda de pintura de imprimación alquídica de secado rápido de 88 micras, y

después del tiempo de secado se aplica una segunda capa de iguales características. De esta forma se obtiene como resultado final una capa seca de 100 micras.

3.3.2 Protección con ánodo de sacrificio.

Adicional a la protección por pintura, las estructuras que están en contacto con agua salada deben ser provisto de una protección por ánodo de sacrificio, pero hay que recalcar que esta protección es útil siempre y cuando el área a proteger este en contacto con el agua.

Por esta razón, como la puerta no está todo el tiempo sumergida y para no excedernos en el cálculo se estimó solo el 60% del área lateral de la compuerta para esta protección. Cabe indicar que una vez la compuerta esté asentada las caras laterales no estarán en contacto con el agua por lo que tampoco han sido incluidas. Como se conoce que el área lateral total es de 278 m² entonces se usó el valor de 166 m².

Es decir, solo la cara que este con vista al brazo de mar será la que necesite esta protección, porque cuando se esté realizando la operación de ingreso de una embarcación al dique, el tiempo en el que la estructura completa este en contacto con el agua y hasta el calado de flotación definido de 1.5 metros será relativamente corto.

Det Norske Veritas (DNV) en su apartado de protección catódica DNV RP B401 indica la metodología para el diseño de la protección por ánodos de sacrificio.

La Intensidad de corriente se determina por la expresión:

$$I_c = A_i \cdot i_c \cdot f_c \quad (3.2)$$

Donde:

I_C es la intensidad de corriente necesaria, en amperios (A).

A_i es el área a proteger, 166 m².

i_c es la densidad de corriente definida para medios tropicales y profundidades menores a 30 metros en 0.070 A/m².

f_c es el factor de degradación del revestimiento, va de 0 a 1 dependiendo del aislamiento que genere el revestimiento. Se define en 0.5 por protección.

Reemplazando en la ecuación 3.1 tenemos:

$$I_C = 5.81 A$$

La masa total del ánodo se determina con:

$$m_a = \frac{I_c \cdot v \cdot 8760}{u \cdot r \cdot c} \quad (3.3)$$

Donde:

m_a es la masa total de los ánodos de sacrificio, en kg.

v es la vida útil de diseño de los ánodos, definida en 2 años.

u es el factor de utilización de los ánodos, definida en 0.85 esto quiere decir que cuando se haya consumido el 85% del ánodo su efectividad se considera nula.

r es el rendimiento del ánodo, definido en 0.9.

c es la capacidad del ánodo dependiendo del material, definido para el zinc en 780 Ah/Kg.

Por lo tanto:

$$m_a = 170 Kg$$

Si en el medio se encuentran ánodos de zinc de 10 Kg, se necesitan 17 ánodos para proteger la estructura. Dichos ánodos serán inspeccionados en los mantenimientos generales.

3.4 Mecanismo de sellado de la compuerta

Para la generación de la estanqueidad entre el dique y el brazo de la ría, es indispensable la colocación de sellos que en base al diseño realizado trabajaran por la acción de la gravedad de la compuerta.

Se colocarán 2 sellos de caucho estireno-butadieno (sbr), en la parte a lo largo de la parte inferior de la compuerta cuya longitud es de 24.21 metros, próximos a la cara frontal y posterior para mantener un equilibrio en la compuerta.

Este sello de nota musical, llamado así por su forma, es un sello doble ala con código R08-A, de dureza de 70 shore A. La figura 3.7 muestra la forma del sello, como también sus dimensiones en milímetros.

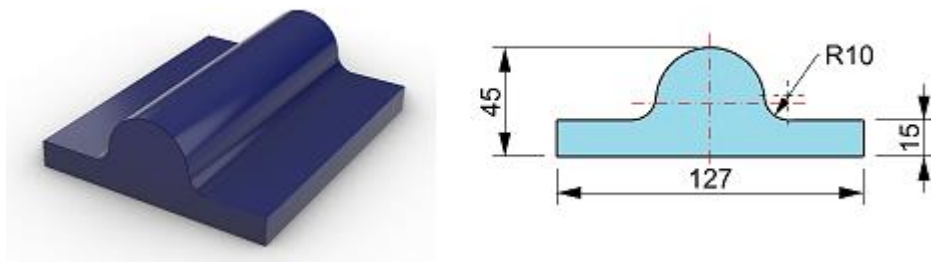


Figura 3.7 Vista perspectiva y frontal del sello.

Con este sello se garantiza la funcionalidad de la compuerta para tener un dique seco.

3.5 Costos de fabricación

Los costos de fabricación de la compuerta se consideraron todos los aspectos necesarios en la construcción de la misma.

Se obtuvieron las siguientes proformas para poder determinar este rubro:

1. Cotización de planchas de acero naval para obtener un valor referencial de \$1.90 por kilogramo de acero. La estructura pesa 40689.58 Kg.

2. Proforma real del trabajo por limpieza abrasiva de la compuerta en su parte exterior cuya área es de 223.61 m², y limpieza mecánica en la parte interior con 489 m² de superficie.
3. Rubro real del costo de mano de obra por corte, preparación y soldadura de la estructura, en \$4.00 por cada kilogramo de acero, se considera el peso de toda la estructura.
4. Cotización del plan de pintura.
5. Proforma del sello que genera la estanqueidad dique – brazo de ría. Cabe resaltar que este es importado por lo que en la proforma no incluye gastos de envío. La longitud de cada sello es de 24.21 metros cada uno.
6. Valor referencial de los ánodos de sacrificio al no poder conseguir una proforma, se pidió información llegando al valor de \$85/Kg.

La tabla 3.2 resume el valor total individual de cada rubro y al final indica el valor total de construcción de la compuerta.

Las proformas mencionadas se muestran en la sección de apéndices.

Tabla 3.2: Rubros de fabricación de la compuerta.

Rubro	Valor
Acero naval A131	\$ 77310.20
Limpieza abrasiva	\$ 2124.31
Limpieza mecánica	\$ 1467.00
Corte y soldadura	\$ 160000.00
Aplicación de pintura	\$ 3238.72
Sello sbr	\$ 7541.15
Ánodos de sacrificio	\$ 6000.00
Fundición hormigón	\$ 600.00
TOTAL	\$ 258281.38

El valor total de la inversión es de 258281.38 dólares.

Es importante resaltar, que en el presente proyecto no se presenta el valor por la construcción civil de la estructura de hormigón sobre la cual descansa la compuerta.

3.6 Análisis de costo de fabricación.

Los valores mencionados son relativamente altos, pero se debe considerar que debido a la gran cantidad de buques a nivel mundial hay una gran oferta a muy buen costo de los buques que están pagando un servicio de muellaje por no poder llevar a cabo el proceso de disposición final de los mismos.

Llevando una buena negociación se podrían obtener embarcaciones de tal manera que permita tener un amplio margen de ganancia.

A esto se debe añadir que en una embarcación hay gran cantidad de recuperables como planchas navales, anclas, cadenas, ventanas, herramientas, motores, bomba, generadores, etc. que pueden ser ofertados a valores que representan ganancias para todos.

3.7 Comparación entre diques con compuerta y sin compuerta

En un dique sin compuerta el proceso de desguace podría llevarse hasta el doble de tiempo lo cual implica siempre en costos, esto se debe a los cuidados adicionales que se deben tener durante los procesos, principalmente de corte, el cual podría acarrear graves complicaciones ya mencionadas como escoras y fracturas.

Pero así mismo hay acciones menores que retrasan las operaciones, como movilización de personal y equipos, esperar la reacción de la embarcación cortada frente a la pleamar, y todo esto se evita con un dique seco donde la embarcación descansa sobre su propio casco asentado.

En una embarcación en desguace representa el triple de recursos mitigar o controlar una contaminación ambiental, junto con una mayor movilización de personal, lo que se puede evitar con la implementación de una compuerta en el dique.

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- ✓ Se logró diseñar una compuerta que cumpla los requerimientos de funcionamiento para implementar un dique seco que garantice el proceso de desguace de una embarcación.
- ✓ La fabricación de la compuerta es completamente viable, pues todos los elementos están disponibles en el medio local, excepto el sello que se puede importar aplicando los mecánicos comerciales, lo cual representa que se puede llevar a cabo esta actividad económica en nuestro país, lo que generaría plazas de trabajo, dinamizar el mercado, reciclar artículos y lo más importante, cuidar el medio ambiente.
- ✓ Aunque la inversión inicial es considerable, es también rentable tanto por la cantidad de embarcaciones disponibles, como por los beneficios de recuperables que se pueden ofertar a otras industrias pudiendo ser reciclable aproximadamente el 50% de una embarcación.
- ✓ La vida útil de la compuerta no debe ser menor a 20 años similar a las de una embarcación por los mecanismos de diseño y recomendaciones de casa clasificadoras seguidas en el proceso. Por esto, la funcionalidad de la compuerta y operatividad del dique seco establecen un tiempo prudente para recuperar la inversión.

4.2 Recomendaciones

- ✓ La estructura donde va a descansar la compuerta debe seguir estrictas condiciones de diseño de un ingeniero civil, considerando un estudio de suelo, para que resista la columna de agua que detiene la compuerta, esto para evitar que se presenten condiciones de paso de agua por nivel

freático o debido a la columna de agua que ejerce presión bajo la estructura.

- ✓ Para la manipulación de la compuerta cuando se requiera flotar y movilizar para liberar la entrada a dique se recomienda crear algún mecanismo de control sencillo que implique no incurrir en gastos de remolque para el funcionamiento de la compuerta.
- ✓ Durante el proceso de construcción se deben dejar escotillas entre todos los mamparos que permitan una inspección regular de toda la estructura y así mismo realizar mantenimientos en caso de necesitarse. Esto se muestra en los planos esquemáticos.
- ✓ Durante el proceso de construcción de la compuerta se podrían cambiar los refuerzos internos por vigas de sección en T o en L que cumplan los módulos de inercia definidos en el capítulo 2, esto con el fin de ahorrar espacio. Incluso se podría cambiar de material al acero estructural A36 porque su esfuerzo de fluencia también está por encima de los esfuerzos de diseño.

BIBLIOGRAFÍA

- ABS American Bureau of Shipping. (2018). *Buques de acero de menos de 90 metros de longitud*. New York: ABS.
- ASTM American Society for Testing and Materials. (2004, mayo). Standard Specification for Structural Steel for Ships - Designation: A 131/A 131M . United states.
- Astorquia, J. (2021). *El Agora diario del agua*. Retrieved from El insolito destino del 70% de los barcos en el mundo.
- Concepción, S. (2011). *Diseño y cálculo de una compuerta de bisagra inferior para un dique seco*.
- DNV Det Norske Veritas. (2010). *Cathodic Protection Design - Recommended practice DNV-RP-B401*. DNV.
- Evans, J. (1959). *Basic design concepts*. ASNE .
- Fred B. Seely. (1954). *Resistencia de materiales*. Mexico: Union Tipografica Editorial Hispano America.
- IndustriALL. (2015). *IndustriALL*. Retrieved from <http://www.industriall-union.org/es/informe-especial-se-debe-mejorar-las-condiciones-de-trabajo-en-el-desguace-de-buques-el-oficio-mas>
- Iwabuchi Sluice Gate. (2020). *Wikimedia Commons*.
- Johnston E, B. F. (2010). *Mecánica de Materiales*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Mikelis, N. (2012). *The Emergence of an International Regulatory regime for the Ship Recycling Industry*. London.
- National Geographic. (2014, Julio 18). *National geographic España*. Retrieved from http://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/grandes-reportajes/desguazadores-de-barcos_8200
- OMI. (2020). Retrieved from International Maritime Organization: <https://www.imo.org/es>
- Pino, F. (2005). *Batanga*. Retrieved from <http://www.batanga.com/curiosidades/3921/cual-es-la-densidad-del-agua-de-mar>
- Recyship. (2010, febrero 1). Retrieved from <http://www.recyship.com/noticia.php?id=13>
- Saracho, R. (2016, Septiembre 27). *Green Global*. (R. Saracho, Ed.) Retrieved from <https://www.greenglobe.es/buques-deriva/>
- Serway. (2009). *Física para ciencias e ingeniería*. Mexico DF: Cengage Learning.

APÉNDICES

Apéndice A-1: Tabla de las principales embarcaciones nacionales

Tipo	Nombre	Eslora	Manga	Calado
Carga	Ciport N° 62	31,6	12,8	2
	Ciport N° 74	36	15	2
	San Cristóbal	67	10,5	4,05
	Cuidad de Codajas	36,78	9,96	1,39
	Naveira III	37,36	9,96	1,36
	Coca I	42	12,1	0,96
	Coca II	42	12,1	0,95
	Coca III	42	12,1	0,95
	Coca IV	42	12	0,95
	Alm Alexandrino	36,9	8,4	1,39
	Alm Barroso	36,6	8,35	1,39
	Bárbara Marina II	26,5	7	2,27
	Edén	36	11	0,9
	Sepega 10	31,75	8,97	1,2
Petrolero	Libertad II	75,52	11,2	4,73
	Libertad III	75,41	11,2	4,7
	Libertad VI	88,1	14,6	5,4
Pasajeros	Santa Cruz	69,5	11,85	3,41
	Santa Cruz II	71,6	13,4	3,2
	Eclipse	63,87	12,5	3,24
	Isabella II	55,94	11,58	3,05
	Mary Anne	52,82	7,8	4,67
	Galápagos Legend	91,5	14,3	4,25
	Galápagos Sky	32,72	7,4	2,8
	Silver Galápagos	88,16	15,3	3,99
	Islander	49,9	13,4	2,36

Fuente: Dirnea - Subsecretaría de puertos marítimo y fluvial.

Apéndice A-2: Tabla de las principales embarcaciones nacionales (continuación)

Tipo	Nombre	Eslora	Manga	Calado
Atunero	Cap. Berny B.	65,1	11,6	4,3
	Tiuna	61,96	12,26	4,1
	Claudia L.	45,7	10	3,85
	Antonio H	39,53	9,75	3,66
Carga	Isla Santay	44,84	13,52	2,6
	Paola	52,08	8,62	2,76
	Marina Nº 91	49,98	8,1	2,97
	Ciport 2002	36	14,2	2,05
	Smith Rice	34	15,85	1,92
	Tecnac Nº 2	33,8	10,4	2,8
	Las Vegas	39,76	14	1,75
	Don Bosco	33,7	10,5	2,44

Fuente: Dirnea - Subsecretaría de puertos marítimo y fluvial.

Apéndice B-1: Tabla de mareas de enero a marzo 2021.

TABLA II.- PREDICCIÓN DIARIA DE MAREAS EN EL ECUADOR
GUAYAQUIL (RÍO GUAYAS) 2021

ENERO						FEBRERO						MARZO					
DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)
1	0328	0.6	16	0414	0.6	1	0436	0.5	16	0502	0.6	1	0334	0.4	16	0401	0.4
VI	0847	3.9	SA	0932	4.0	LU	0950	4.3	MA	1025	4.1	LU	0850	4.6	MA	0925	4.3
	1546	0.4		1629	0.4		1650	0.4		1709	0.6		1549	0.3		1609	0.5
	2121	4.1		2201	4.3		2217	4.5		2242	4.3		2114	4.8		2136	4.4
2	0409	0.6	17	0454	0.6	2	0519	0.4	17	0533	0.6	2	0417	0.3	17	0431	0.5
SA	0925	3.9	DO	1012	3.9	MA	1034	4.3	MI	1104	3.9	MA	0933	4.6	MI	0958	4.2
	1626	0.4		1706	0.5		1732	0.4		1738	0.7		1631	0.3		1637	0.6
	2158	4.1		2239	4.2		2259	4.5		2319	4.1		2154	4.8		2207	4.3
3	0450	0.6	18	0532	0.7	3	0603	0.5	18	0603	0.7	3	0500	0.3	18	0458	0.5
DO	1005	3.9	LU	1054	3.9	MI	1122	4.2	JU	1147	3.8	MI	1017	4.5	JU	1032	4.1
	1706	0.4		1742	0.6		1814	0.5		1810	0.8		1713	0.4		1705	0.7
	2237	4.1		2318	4.1		2345	4.4					2235	4.6		2241	4.1
4	0533	0.6	19	0610	0.7	4	0649	0.5	19	0000	3.9	4	0543	0.4	19	0526	0.6
LU	1049	3.9	MA	1138	3.7	JU	1215	4.0	VI	0635	0.8	JU	1103	4.4	VI	1111	3.9
	1747	0.5		1816	0.7	☉	1900	0.6	☾	1848	1.0		1755	0.5		1736	0.8
	2321	4.2											2320	4.4		2319	3.9
5	0619	0.6	20	0000	4.0	5	0036	4.2	20	0047	3.7	5	0627	0.5	20	0557	0.6
MA	1141	3.9	MI	0648	0.8	VI	0740	0.6	SA	0715	0.8	VI	1154	4.1	SA	1155	3.7
	1831	0.5	☉	1227	3.6		1315	3.9		1329	3.4	☉	1839	0.7		1812	0.9
				1854	0.9		1954	0.8		1935	1.1						
6	0010	4.1	21	0046	3.8	6	0135	4.0	21	0142	3.5	6	0010	4.2	21	0004	3.7
MI	0708	0.6	JU	0730	0.8	SA	0841	0.7	DO	0805	0.9	SA	0715	0.6	DO	0634	0.7
☉	1239	3.8		1321	3.4		1421	3.7		1428	3.4		1252	3.9		1245	3.6
	1920	0.6		1938	1.0		2102	1.0		2033	1.2		1931	0.9	☉	1856	1.0
7	0105	4.1	22	0136	3.6	7	0242	3.8	22	0244	3.4	7	0108	3.9	22	0059	3.6
JU	0805	0.6	VI	0821	0.9	DO	0953	0.7	LU	0910	1.0	DO	0813	0.8	LU	0720	0.8
	1342	3.7		1420	3.3		1534	3.7		1531	3.4		1358	3.8		1343	3.5
	2019	0.7		2033	1.1		2223	1.1		2148	1.3		2040	1.1		1948	1.1
8	0205	4.0	23	0232	3.5	8	0355	3.6	23	0347	3.5	8	0219	3.6	23	0201	3.5
VI	0912	0.6	SA	0925	0.9	LU	1106	0.7	MA	1030	1.0	LU	0926	0.9	MA	0815	0.9
	1449	3.7		1521	3.3		1650	3.7		1633	3.6		1512	3.7		1445	3.5
	2130	0.8		2144	1.2		2340	1.0		2311	1.2		2206	1.2		2054	1.2
9	0310	3.9	24	0332	3.4	9	0509	3.7	24	0447	3.7	9	0338	3.6	24	0307	3.5
SA	1023	0.6	DO	1032	0.9	MA	1211	0.6	MI	1140	0.9	MA	1043	0.9	MI	0927	1.0
	1558	3.7		1623	3.4		1801	3.9		1730	3.8		1633	3.8		1548	3.7
	2246	0.9		2256	1.1								2325	1.1		2221	1.2
10	0418	3.8	25	0431	3.5	10	0046	0.9	25	0017	1.0	10	0458	3.6	25	0410	3.7
DO	1130	0.5	LU	1132	0.8	MI	0616	3.8	JU	0542	3.9	MI	1151	0.7	JU	1052	0.9
	1708	3.8		1720	3.6		1309	0.5		1238	0.7		1745	3.9		1648	4.0
	2357	0.9		2357	1.0		1900	4.1		1821	4.1					2342	1.0
11	0524	3.8	26	0525	4.0	11	0141	0.7	26	0113	0.8	11	0030	0.8	26	0509	4.0
LU	1231	0.4	MA	1224	0.6	JU	0712	3.9	VI	0633	4.2	JU	0605	3.8	VI	1202	0.7
	1814	3.9		1811	3.8	☉	1401	0.4		1331	0.6		1249	0.6		1744	4.3
							1947	4.2		1908	4.4		1842	4.2			
12	0100	0.8	27	0051	0.9	12	0230	0.6	27	0202	0.6	12	0123	0.6	27	0043	0.7
MA	0626	3.8	MI	0615	3.8	VI	0759	4.1	SA	0721	4.4	VI	0659	4.0	SA	0604	4.3
	1327	0.4		1312	0.6		1447	0.4		1420	0.4		1339	0.4		1301	0.6
	1911	4.0		1857	4.0		2028	4.4	☉	1952	4.6		1928	4.3		1835	4.6
13	0156	0.7	28	0139	0.7	13	0313	0.5	28	0249	0.5	13	0209	0.5	28	0137	0.5
MI	0721	3.9	JU	0702	4.0	SA	0838	4.1	DO	0807	4.6	SA	0743	4.2	DO	0655	4.6
☉	1418	0.3		1359	0.5		1528	0.4		1506	0.3	☉	1424	0.4		1353	0.4
	2001	4.1	☉	1939	4.2		2103	4.4		2034	4.7	☉	2005	4.4	☉	1922	4.8
14	0246	0.6	29	0225	0.6	14	0353	0.5	29	0250	0.4	14	0250	0.4	29	0225	0.3
JU	0809	3.9	VI	0746	4.1	DO	0915	4.2	LU	0820	4.3	DO	0820	4.3	LU	0744	4.7
	1505	0.3		1444	0.4		1605	0.4		1503	0.4		1503	0.4		1442	0.3
	2044	4.2		2020	4.3		2135	4.4		2037	4.5		2037	4.5		2007	4.9
15	0331	0.6	30	0310	0.6	15	0429	0.6	30	0327	0.4	15	0327	0.4	30	0312	0.2
VI	0852	3.9	SA	0828	4.3	LU	0950	4.2	MA	0853	4.3	LU	0853	4.3	MA	0831	4.7
	1549	0.4		1527	0.4		1638	0.5		1538	0.5		1538	0.5		1527	0.3
	2123	4.3		2059	4.4		2208	4.4		2107	4.5		2107	4.5		2049	4.9
			31	0353	0.5										31	0356	0.2
			DO	0909	4.3										MI	0915	4.7
				1609	0.4											1611	0.3
				2138	4.5											2131	4.8

HUSO HORARIO + 5

Fuente: Inocar

Apéndice B-3: Tabla de mareas de julio a septiembre 2021.

**TABLA II.- PREDICCIÓN DIARIA DE MAREAS EN EL ECUADOR
GUAYAQUIL (RÍO GUAYAS) 2021**

JULIO						AGOSTO						SEPTIEMBRE					
DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)
1	0639	0.5	16	0605	0.4	1	0105	3.5	16	0041	3.8	1	0217	3.2	16	0242	3.4
JU	1220	4.0	VI	1141	4.2	DO	0731	0.8	LU	0723	0.6	MI	0826	1.1	JU	0934	1.0
	1914	0.7		1836	0.5		1322	3.6		1303	3.9		1435	3.2		1514	3.3
							2009	0.8		2004	0.6		2104	0.9		2214	0.8
2	0046	3.7	17	0004	3.9	2	0202	3.4	17	0145	3.7	2	0319	3.2	17	0402	3.5
VI	0727	0.6	SA	0649	0.4	LU	0823	0.9	MA	0823	0.8	JU	0940	1.1	VI	1057	0.9
	1312	3.9		1232	4.1		1418	3.5		1409	3.7		1539	3.3		1635	3.4
	2009	0.7		1925	0.5		2108	0.8		2112	0.7		2221	0.9		2326	0.6
3	0146	3.6	18	0103	3.9	3	0304	3.4	18	0256	3.6	3	0421	3.4	18	0519	3.6
SA	0822	0.8	DO	0740	0.5	MA	0929	1.0	MI	0941	0.9	VI	1100	1.0	SA	1205	0.7
	1408	3.8		1329	4.1		1518	3.4		1522	3.6		1638	3.4		1745	3.6
	2110	0.7		2024	0.5		2214	0.8		2229	0.7		2328	0.8			
4	0249	3.5	19	0207	3.8	4	0406	3.4	19	0411	3.6	4	0517	3.6	19	0027	0.5
DO	0925	0.8	LU	0841	0.6	MI	1039	1.0	JU	1104	0.9	SA	1203	0.8	DO	0620	3.9
	1507	3.7		1431	4.0		1619	3.4		1637	3.5		1731	3.7		1301	0.4
	2212	0.6		2133	0.6		2315	0.7		2340	0.6					1841	3.9
5	0353	3.5	20	0314	3.8	5	0506	3.5	20	0526	3.7	5	0024	0.6	20	0120	0.3
LU	1029	0.8	MA	0956	0.8	JU	1141	0.9	VI	1216	0.8	DO	0607	3.8	LU	0710	4.1
	1606	3.6		1538	3.9		1714	3.6		1748	3.6		1256	0.7		1350	0.3
	2308	0.6		2247	0.5								1820	3.9		1929	4.0
6	0453	3.6	21	0424	3.8	6	0008	0.6	21	0043	0.5	6	0114	0.5	21	0207	0.2
MA	1127	0.8	MI	1114	0.8	VI	0558	3.7	SA	0631	3.8	LU	0652	4.0	MA	0751	4.2
	1701	3.6		1645	3.8		1234	0.7		1316	0.6		1344	0.5		1433	0.2
	2359	0.5		2355	0.5		1804	3.7		1849	3.8		1905	4.1		2009	4.1
7	0546	3.7	22	0533	3.8	7	0056	0.5	22	0139	0.4	7	0201	0.4	22	0249	0.2
MI	1218	0.7	JU	1224	0.8	SA	0643	3.9	DO	0725	4.0	MA	0733	4.2	MI	0826	4.2
	1750	3.7		1751	3.8		1322	0.6		1408	0.5		1429	0.4		1513	0.2
							1849	3.9		1940	3.9		1948	4.3		2045	4.1
8	0044	0.4	23	0056	0.4	8	0142	0.4	23	0228	0.3	8	0246	0.3	23	0327	0.3
JU	0632	3.8	VI	0637	3.9	DO	0724	4.0	LU	0809	4.1	MI	0813	4.4	JU	0858	4.2
	1303	0.6		1326	0.7		1408	0.5		1455	0.4		1513	0.3		1550	0.3
	1834	3.8		1851	3.9		1931	4.1		2023	4.1		2030	4.4		2118	4.1
9	0126	0.4	24	0152	0.4	9	0226	0.4	24	0312	0.3	9	0329	0.3	24	0402	0.4
VI	0713	3.9	SA	0733	4.0	LU	0803	4.1	MA	0848	4.2	JU	0852	4.4	VI	0928	4.1
	1346	0.6		1421	0.6		1451	0.5		1537	0.4		1555	0.3		1623	0.3
	1915	3.9		1945	3.9		2012	4.2		2102	4.1		2111	4.4		2151	4.0
10	0207	0.4	25	0244	0.4	10	0309	0.3	25	0352	0.3	10	0411	0.3	25	0433	0.5
SA	0751	4.0	DO	0821	4.1	MA	0840	4.2	MI	0923	4.3	VI	0930	4.4	SA	1000	3.9
	1428	0.5		1510	0.6		1533	0.5		1616	0.4		1638	0.3		1654	0.4
	1954	4.0		2032	4.0		2051	4.2		2139	4.1		2153	4.3		2226	3.8
11	0248	0.4	26	0330	0.3	11	0350	0.3	26	0429	0.4	11	0452	0.3	26	0503	0.6
DO	0828	4.1	LU	0904	4.2	MI	0917	4.3	JU	0957	4.2	SA	1011	4.3	DO	1034	3.8
	1508	0.5		1555	0.5		1614	0.4		1652	0.4		1720	0.3		1723	0.5
	2032	4.1		2115	4.0		2129	4.2		2215	4.0		2237	4.1		2304	3.7
12	0327	0.4	27	0413	0.3	12	0430	0.3	27	0503	0.4	12	0534	0.4	27	0533	0.7
LU	0904	4.1	MA	0944	4.2	JU	0954	4.3	VI	1031	4.1	DO	1054	4.1	LU	1114	3.6
	1548	0.6		1637	0.5		1656	0.4		1726	0.5		1804	0.4		1753	0.6
	2110	4.1		2157	4.0		2209	4.2		2254	3.9		2327	3.9		2348	3.5
13	0407	0.4	28	0453	0.4	13	0509	0.3	28	0535	0.6	13	0618	0.5	28	0607	0.8
MA	0940	4.1	MI	1023	4.2	VI	1033	4.3	SA	1109	3.9	LU	1144	3.9	MA	1200	3.3
	1628	0.6		1718	0.5		1738	0.4		1759	0.6		1851	0.5		1828	0.7
	2147	4.1		2239	4.0		2253	4.1		2337	3.7						
14	0445	0.4	29	0531	0.4	14	0550	0.4	29	0608	0.7	14	0024	3.7	29	0038	3.3
MI	1016	4.1	JU	1103	4.2	SA	1116	4.2	DO	1151	3.7	MA	0708	0.7	MI	0649	0.9
	1709	0.6		1757	0.6		1821	0.4		1833	0.7		1243	3.6		1254	3.2
	2227	4.0		2323	3.9		2344	4.0					1946	0.7		1912	0.8
15	0524	0.4	30	0608	0.5	15	0633	0.4	30	0025	3.5	15	0129	3.6	30	0134	3.2
JU	1056	4.2	VI	1145	4.0	DO	1206	4.1	LU	0644	0.8	MI	0811	0.9	JU	0740	1.0
	1751	0.5		1837	0.6		1908	0.5		1239	3.5		1353	3.4		1355	3.1
	2312	4.0								1911	0.8		2055	0.8		2007	0.9
			31	0012	3.7				31	0118	3.3						
			SA	0647	0.7				MA	0729	0.9						
				1231	3.8					1334	3.3						
				1920	0.7					1959	0.9						

HUSO HORARIO + 5

Fuente: Inocar

Apéndice C-1: Estándar ASTM de grados de aceros.

This document is not an ASTM standard and is intended only to provide the user of an ASTM standard an indication of what changes have been made to the previous version. Because it may not be technically possible to adequately depict all changes accurately, ASTM recommends that users consult prior editions as appropriate. In all cases only the current version of the standard as published by ASTM is to be considered the official document.



Designation: A 131/A 131M – 044

Standard Specification for Structural Steel for Ships¹

This standard is issued under the fixed designation A 131/A 131M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope*

- 1.1 This specification covers structural steel plates, shapes, bars, and rivets intended primarily for use in ship construction.
- 1.2 Material under this specification is available in the following categories:
 - 1.2.1 *Ordinary Strength*—Grades A, B, D, CS, and E with a specified minimum yield point of 34 ksi [235 MPa], and
 - 1.2.2 *Higher Strength*—Grades AH, DH, EH, and FH with specified minimum yield points of either 46 ksi [315 MPa], 51 ksi [350 MPa], or 57 ksi [390 MPa].
- 1.3 Shapes and bars are normally available as Grades A, AH32, or AH36. Other grades may be furnished by agreement between the purchaser and the manufacturer.
- 1.4 When the steel is to be welded, it is presupposed that a welding procedure suitable for the grade of steel and intended use or service will be utilized. See Appendix X3 of Specification A 6/A 6M for information on weldability.
- 1.5 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as the standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with this specification.

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A01 on Steel, Stainless Steel, and Related Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee A01.02 on Structural Steel for Bridges, Buildings, Rolling Stock, and Ships.

Current edition approved ~~June 10, 2001~~ April 1, 2004. Published ~~August 2001~~ May 2004. Originally published as A 131 – 31 F, approved in 1931. Last previous edition approved in 2001 as A 131/A 131M – 0401.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Apéndice C-2: Estándar ASTM de grados de aceros.



2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

A 6/A6M Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling

A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products

E 112 Test Methods for Determining Average Grain Size

3. Terminology

3.1 *Definitions of Terms Specific to This Standard:*

3.1.1 *control rolling, n*—a steel treatment that consists of final rolling within the range used for normalizing heat treatments so that the austenite completely recrystallizes.

3.1.2 *thermo-mechanical controlled processing, n*—a steel treatment that consists of strict control of the steel temperature and the rolling reduction. A high proportion of the rolling reduction is to be carried out close to or below the Ar₃ transformation temperature and may involve rolling towards the lower end of the temperature range of the intercritical duplex phase region thus permitting little if any recrystallization of the austenite. The process may involve accelerated cooling on completion of rolling.

4. Ordering Information

4.1 Specification A 6/A 6M establishes the rules for the ordering information that should be complied with when purchasing material to this specification.

4.2 Additional ordering considerations specific to this specification are:

4.2.1 Cold flanging, if applicable, and

4.2.2 Condition (control rolled or thermo-mechanical control processed).

5. Materials and Manufacture

5.1 Except for Grade A steel up to and including ½ in. [12.5 mm] in thickness, rimmed steels shall not be applied.

5.2 Except for Grades A and B steel, semi-killed steels shall not be applied.

5.3 Except as permitted in 5.3.1, Grades D, CS, E, AH32, AH36, AH40, DH32, DH36, DH40, EH32, EH36, EH40, FH32, FH36, and FH40 shall be made using a fine grain practice. For ordinary strength grades, aluminum shall be used to obtain grain refinement. For high strength grades, aluminum, vanadium, or columbium (niobium) may be used for grain refinement.

5.3.1 Grade D material 1.0 in. [25 mm] and under in thickness, at the option of the manufacturer, may be killed and exempt from the fine austenitic grain size requirement of 7.1, but such material shall be subject to the toughness requirement of 8.2.1.

5.4 Plates in all thicknesses ordered to Grade CS shall be normalized. Plates in all thicknesses ordered to Grade E shall be normalized, or thermo-mechanical control processed. Plates over 1¾ in. [35 mm] in thickness ordered to Grade D shall be normalized, control rolled, or thermo-mechanical control processed. See Table 1.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.04, volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

TABLE 1 Condition of Supply and Frequency of Impact Tests Ordinary Strength Hull Structural Steel

Grade	Deoxidation	Products ^A	Condition of Supply ^B (Impact Test Lot Size ^C , in Tons [Mg])					
			Thickness, in inches [mm]					
			0.25 [6.4]	0.5 [12.5]	1.0 [25]	1.375 [35]	2.0 [50]	
		exceeding:→	0.25 [6.4]	0.5 [12.5]	1.0 [25]	1.375 [35]	2.0 [50]	
		not exceeding:→	0.5 [12.5]	1.0 [25]	1.375 [35]	2.0 [50]	4.0 [100]	
A	Rimmed	All	AR (-)					
	Semi-Killed	All	AR (-)					
	Killed	P	AR (-)					
		S	N (-) ^D TM (-) CR (50 [45]) AR (50 [45])					
B	Semi-Killed	All	AR (-)		AR (50 [45])			
	Killed	P	AR (-)		AR (50 [45])			
		S	AR (-)		AR (50 [45])			
		S	AR (-)		N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (25 [23]) AR (25 [23])			
D	Killed	P	AR (50) N (50)		N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (25 [23])			
		S	AR (50) N (50)		N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (50 [45])			
		S	AR (50) N (50)		N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (50 [45])			
E	Killed & Fine Grain	P	N (P) TM (P)				N (P) TM (P)	
		S	N (25 [23]) TM (25 [23]) CR (15 [14])				N (P) TM (P)	
		S	N (25 [23]) TM (25 [23]) CR (15 [14])				N (P) TM (P)	
CS	Killed & Fine Grain	P	N (-)				N (P)	
		S	N (-)				N (P)	

^AProducts: P = plate S = shapes and bars

^BConditions of Supply: AR = as-rolled N = normalized CR = control rolled TM = thermo-mechanical controlled processing

^CFrequency of Impact Test: (Impact Test Lot Size in Tons from Each Heat) (-) = no impact test required (P) = each plate as-rolled

^DImpact tests for Grade A are not required when material is produced using a fine grain practice and normalized.

Apéndice C-3: Estándar ASTM de grados de aceros.

ASTM A 131/A 131M – 014

5.5 Plates in all thicknesses ordered to Grades EH32 and EH36 shall be normalized, or thermo-mechanical control processed. Plates in all thicknesses ordered to Grade EH40, FH32, FH36, and FH40 shall be normalized, thermo-mechanical control processed, or quenched and tempered. Plates ordered to Grades AH32, AH36, AH40, DH32, DH36, and DH40 shall be normalized, control rolled, or thermo-mechanical control processed when so specified. See Table 2.

5.6 In the case of shapes, the thicknesses referred to are those of the flange. Heat treatment and rolling requirements for shapes and bars are shown in Tables 1 and 2.

6. Chemical Requirements

6.1 The heat analysis shall conform to the requirements for chemical composition prescribed in Tables 3 and 4.

6.1.1 When specified, the steel shall conform on product analysis to the requirements prescribed in Tables 3 and 4, subject to the product analysis tolerances in Specification A 6/A 6M.

6.2 For thermo-mechanical control process steel, the carbon equivalent shall be determined from the heat analysis and shall conform to the requirements in Table 5.

7. Metallurgical Structure

7.1 The steel grades indicated in Section 5 shall be made to fine grain practice, and the requirements for fine austenitic grain size in Specification A 6/A 6M shall be met.

7.2 Where the use of fine grain practice using columbium, vanadium, or combinations is permitted under Section 5, the following limits shall be applied:

7.2.1 Minimum columbium (niobium) content of 0.020 % or minimum vanadium content of 0.050 % for each heat, or

7.2.2 When vanadium and aluminum are used in combination, minimum vanadium content of 0.030 % and minimum acid-soluble aluminum content of 0.010 %, or minimum total aluminum content of 0.015 %.

7.2.3 When columbium (niobium) and aluminum are used in combination, minimum columbium (niobium) content of 0.010 % and minimum acid-soluble aluminum content of 0.010 %, or minimum total aluminum content of 0.015 %.

8. Mechanical Requirements

8.1 Tension Test:

8.1.1 Except as specified in the following paragraphs, the material as represented by the test specimens shall conform to the tensile requirements prescribed in Table 6.

8.1.1.1 Shapes less than 1 in.² [645 mm²] in cross section, and bars, other than flats, less than ½ in. [12.5 mm] in thickness or diameter need not be subjected to tension tests by the manufacturer, but chemistry consistent with the required tensile properties must be applied.

TABLE 2 Condition of Supply and Frequency of Impact Tests Higher Strength Hull Structural Steel

Grade	Deoxidation	Grain Refining Element	Products ^C	Condition of Supply ^A (Impact Test Lot Size ^B , in Tons [Mg])					
				Thickness, in inches (mm)					
				Exceeding: → not exceeding: →	0.25 [6.4] 0.5 [12.5]	0.5 [12.5] 0.80 [20]	0.80 [20] 1.0 [25]	1.0 [25] 1.375 [35]	1.375 [35] 2.0 [50]	2.0 [50] 4.0 [100]
AH36 AH32	Killed & Fine Grain Practice	Nb V	P	AR (50 [45])	N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (50 [45])			N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (25 [23])	
			S	AR (50 [45])	N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (50 [45]) AR (25 [23])			N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (25 [23])	
		Al	P	AR (50 [45])	AR (25 [23])	N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (50 [45])		N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (25 [23])	
			S	AR (50 [45])	N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (50 [45]) AR (25 [23])			N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (25 [23])	
Nb V		P	AR (50 [45])	N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (50 [45])			N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (25 [23])		
		S	AR (50 [45])	N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (50 [45])			N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (25 [23])		
DH32 DH36		Al	P	AR (50 [45])	AR (25 [23])	N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (50 [45])		N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (25 [23])	
		Al + Ti	S	AR (50 [45])	AR (25 [23])	N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (50 [45])		N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (25 [23])	
EH32 EH36	Any	P	N (P) TM (P)				N (P) TM (P)		
		S	N (25 [23]) TM (25 [23]) CR (15 [14])				N (P) TM (P)		
FH32 FH36	Any	P	N (P) TM (P) QT (P)				N (P) TM (P)		
		S	N (25 [23]) TM (25 [23]) QT (25 [23])				N (P) TM (P)		
AH40	Any	All	AR (50 [45])	N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (50 [45])			N (P) TM (P)		
DH40	Any	All	N (50 [45]) TM (50 [45]) CR (50 [45])				N (P) TM (P)		
EH40	Any	P	N (P) TM (P) QT (P)				N (P) TM (P)		
		S	N (25 [23]) TM (25 [23]) CR (25 [23])				N (P) TM (P)		
FH40	Any	P	N (P) TM (P) QT (P)				N (P) TM (P)		
		S	N (25 [23]) TM (25 [23]) CR (25 [23])				N (P) TM (P)		

^AConditions of Supply: AR = as-rolled TM = thermo-mechanical controlled processing CR = controlled QT = quenched and tempered N = normalized

^BFrequency of Impact Test: (Impact Test Lot Size in Tons from Each Heat) (-) = no impact test required (P) = each plate as-rolled

^CProducts: P = plate S = shapes and bars

Apéndice C-4: Estándar ASTM de grados de aceros.

 **A 131/A 131M – 014**

TABLE 3 Chemical Requirements Ordinary Strength Hull Structural Steel

Grade	A	B	D	E	CS
Deoxidation	Killed or Semi-Killed ^A t ≤ 2.0 in. [50 mm] Killed t > 2.0 in. [50 mm]	Killed or Semi-Killed t ≤ 2.0 in. [50 mm] Killed t > 2.0 in. [50 mm]	Killed t ≤ 1.0 in. [25 mm] Killed and Fine Grain t > 1.0 in. [25 mm] ^F	Killed and Fine Grain ^B	Killed and Fine Grain ^B
Chemical composition (ladle analysis), % max, unless specified otherwise ^C					
C	0.21 ^D	0.21	0.21	0.18	0.16
Mn _{min}	2.5 × C	0.80 ^F	0.60	0.70	1.00
Si	0.50	0.35	0.10–0.35 ^F	0.10–0.35 ^F	0.10–0.35 ^F
P	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035
S	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035
Ni	See Footnote ^G	See Footnote ^G	See Footnote ^G	See Footnote ^G	See Footnote ^G
Cr	See Footnote ^G	See Footnote ^G	See Footnote ^G	See Footnote ^G	See Footnote ^G
Mo	See Footnote ^G	See Footnote ^G	See Footnote ^G	See Footnote ^G	See Footnote ^G
Cu	See Footnote ^G	See Footnote ^G	See Footnote ^G	See Footnote ^G	See Footnote ^G
C + Mn ^δ	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

^A For Grade A, rimmed steel shapes and bars may be accepted up to and including 0.5 in. [12.5 mm].

^B Grade D steel over 1.0 in. [25 mm], Grade E steel and Grade CS steel are to contain at least one of the grain refining elements in sufficient amount to meet the fine grain practice requirements (see Section 7).

^C Intentionally added elements are to be determined and reported.

^D A maximum carbon content of 0.23 % is acceptable for Grade A shapes and bars.

^E For Grade B steel of cold flanging quality or where fully killed, the lower limit of manganese may be reduced to 0.60 %.

^F Where the content of soluble aluminum is not less than 0.015 %, the minimum required silicon content does not apply.

^G The contents of nickel, chromium, molybdenum and copper are to be determined and reported. When the amount does not exceed 0.02 %, these elements may be reported as ≤0.02 %.

TABLE 4 Chemical Requirements Higher-Strength Hull Structural Steel

Grades	AH/DH/EH 32, AH/DH/EH 36 and AH/DH/EH 40	FH 32/36/40
Deoxidation	Killed, Fine Grain Practice ^A	Killed, Fine Grain Practice ^A
Chemical composition ^B (ladle analysis), % max, unless specified in range		
C	0.18	0.16
Mn	0.90–1.60 ^C	0.90–1.60
Si	0.10–0.50 ^D	0.10–0.50 ^D
P	0.035	0.025
S	0.035	0.025
Al (acid soluble), min ^{E,F}	0.015	0.015
Nb ^{F,G}	0.02–0.05	0.02–0.05
V ^{F,G}	0.05–0.10	0.05–0.10
Ti	0.02	0.02
Cu ^H	0.35	0.35
Cr ^H	0.20	0.20
Ni ^H	0.40	0.40
Mo ^H	0.08	0.08
N	...	0.009
		0.012 (if Al present)

^A The steel is to contain at least one of the grain refining elements in sufficient amount to meet the fine grain practice requirement (see Section 7).

^B The contents of any other element intentionally added is to be determined and reported.

^C Grade AH 0.5 in. [12.5 mm] and under in thickness may have a minimum manganese content of 0.70 %.

^D Where the content of soluble aluminum is not less than 0.015 %, the minimum required silicon content does not apply.

^E The total aluminum content may be used instead of acid soluble content, in accordance with 7.1.

^F The indicated amount of aluminum, niobium, and vanadium applies when any such element is used singly. When used in combination, the minimum content in 7.2.2 and 7.2.3, as appropriate, will apply.

^G These elements need not be reported on the mill sheet unless intentionally added.

^H These elements may be reported as ≤0.02 % where the amount present does not exceed 0.02 %.

8.1.1.2 The elongation requirement of Table 6 does not apply to material ordered as floor plates with a raised pattern. However, for floor plates over ½ in. [12.5 mm] in thickness, test specimens shall be bent cold with the raised pattern on the inside of the specimen through an angle of 180° without cracking when subjected to a bend test in which the inside diameter is three times plate thickness. Sampling for bend testing shall be as specified for the tension tests in 8.1.2.

8.1.2 One tension test shall be made from each of two different plates, shapes, or bars from each heat of structural steel and steel for cold flanging unless the finished material from a heat is less than 50 tons [45 Mg], when one tension test will be sufficient. If, however, material from one heat differs ⅓ in. [10 mm] or more in thickness or diameter, one tension test shall be made from both the thickest and the thinnest material rolled, regardless of the weight represented.

8.1.3 Two tension tests shall be made from each heat of rivet steel.

8.1.4 For quenched and tempered steel, including Grades EH40, FH32, FH36, and FH40, one tension test shall be made on each plate as quenched and tempered.

8.2 Toughness Tests:

8.2.1 Charpy V-notch tests shall be made on Grade A material over 2 in. [50 mm] in thickness, on Grade B material over 1 in.

Apéndice C-5: Estándar ASTM de grados de aceros.

 **A 131/A 131M – 014**

TABLE 5 Carbon Equivalent for Higher-Strength Hull Structural Steel Produced by TMCP

Grade	Carbon Equivalent ^A , max, %	
	$t \leq 2.0$ in. [50 mm]	$t > 2.0$ in. [50 mm] $t \leq 4.0$ in. [100 mm]
AH32, DH32, EH32	0.36	0.38
FH32	0.36	
AH36, DH36, EH36	0.38	0.40
FH36	0.38	
AH40, DH40, EH40, FH40	0.40	

^A The following carbon equivalent formula shall be used to calculate the carbon equivalent, C_{eq} :

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (\%)$$

TABLE 6 Tensile Requirements Ordinary Strength and Higher-Strength Hull Structural Steel

Grade	Tensile Strength, ksi [MPa]	Yield Point, min, ksi [MPa]	Elongation, min, %, ^{A,B} in 8 in. [200 mm]	Elongation, min, %, ^{B,C} in 2 in. [50 mm]
Ordinary strength:				
A, B, D, E, CS	58 to 75 [400 to 520] ^D	34 [235]	21	24
Rivet steel and steel for cold flanging	55 to 65 [380 to 450]	30 [205]	23	26
Higher strength:				
AH32, DH32, EH32, FH32	64 to 85 [440 to 590]	46 [315]	19	22
AH36, DH36, EH36, FH36	71 to 90 [490 to 620]	51 [355]	19	22
AH40, DH40, EH40, FH40	74 to 94 [510 to 650]	57 [390]	19	22

^A For nominal thickness or diameter under 1/8 in. [8 mm], a deduction from the specified percentage of elongation in 8 in. [200 mm] shall be made. See elongation requirement adjustments under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M for deduction values.

^B Elongation is not required for floor plate.

^C For nominal thickness or diameter over 3.5 in. [90 mm], a deduction from the specified percentage of elongation in 2 in. [50 mm] shall be made. See elongation requirement adjustments under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M for deduction values.

^D For Grade A shapes and bars, the upper limit of tensile strength may be 80 ksi [550 MPa].

[25 mm] in thickness and on material over 1/4 in. [6.4 mm] in thickness of Grades D, E, AH32, AH36, AH40, DH32, DH36, DH40, EH32, EH36, EH40, FH32, FH36, and FH40, as required by Tables 1 and 2. The frequency of Charpy V-notch impact tests shall be as required in Tables 1 and 2. The test results shall conform to the requirements of Table 7.

8.2.2 For Grades EH32, EH36, EH40, FH32, FH36, and FH40 plate material, one set of three impact specimens shall be made from each plate-as-rolled.

8.2.3 For Grade A, B, D, AH32, AH36, AH40, DH32, DH36, and DH40 plate material, and for all shape material, and all bar material, one set of three impact specimens shall be made from the thickest material in each test lot size of each heat, as required by Tables 1 and 2. When heat testing is called for, a set of three specimens shall be tested for each test lot size indicated in Tables 1 and 2, of the same type of product produced on the same mill from each heat of steel. The set of impact specimens shall be taken from different as-rolled or heat-treated pieces of the heaviest gage produced. An as-rolled piece refers to the product rolled from a slab, billet, bloom, or directly from an ingot. Where the maximum thickness or diameter of various sections differs by 3/8 in. [10 mm] or more, one set of impacts shall be made from both the thickest and the thinnest material rolled regardless of the weight represented.

8.2.4 The specimens for plates shall be taken from a corner of the material and the specimens from shapes shall be taken from the end of a shape at a point one third the distance from the outer edge of the flange or leg to the web or heel of the shape. Specimens for bars shall be in accordance with Specification A 6/A 6M.

8.2.5 The largest size specimens possible for the material thickness are to be machined. For plates, flats, and bars, the specimens are to be located with its edge within 0.08 in. [2 mm] from the surface except that where the thickness exceeds 1.57 in. [40 mm], the longitudinal axis of the specimen is to be located at a point midway between the surface and the center of the thickness. The length of the notch is to be perpendicular to the original rolled surface.

8.2.6 Unless a specific orientation is called for on the purchase order, the longitudinal axis of the specimens may be parallel or transverse to the final direction of rolling of the material at the option of the steel manufacturer.

8.2.7 The impact test shall be made in accordance with the Charpy Impact Testing section in Test Methods and Definitions A 370.

8.2.8 Each impact test shall constitute the average value of three specimens taken from a single test location. The average value shall meet the specified minimum average with not more than one value below the specified minimum average but in no case below 70% of the specified minimum average.

8.2.8.1 When the results fail to meet the preceding requirements but 8.2.8.1 (2) and (3) are complied with, three additional specimens may be taken from the location as close to the initial specimens as possible and their test results added to those

Apéndice C-6: Estándar ASTM de grados de aceros.

ASTM A 131/A 131M – 014

TABLE 7 Charpy V-Notch Impact Requirements Ordinary Strength and Higher-Strength Hull Structural Steel

Material Thickness	Average Absorbed Energy ^A , min, ft-lbf [J]						
	≤2.0 in. [50 mm]		>2.0 in. [50 mm] ≤2.8 in. [70 mm]		>2.8 in. [70 mm] ≤4.0 in. [100 mm]		
Grade ^{B,C}	Test Temperature, ^A F (°C)	Charpy V-notch Impact Specimen Orientation					
		Longitudinal ^D		Transverse ^D		Longitudinal ^D	
A	68 [20]	...	...	25 [34]	17 [24]	30 [41]	20 [27]
B	32 [0]	20 [27]	14 [20]	25 [34]	17 [24]	30 [41]	20 [27]
AH32		25 [34]	17 [24]	28 [38]	19 [26]	34 [46]	23 [31]
AH36		25 [34]	17 [24]	30 [41]	20 [27]	37 [50]	25 [34]
AH40		30 [41]	20 [27]	NA	NA	NA	NA
D	-4 [-20]	20 [27]	14 [20]	25 [34]	17 [24]	30 [41]	20 [27]
DH32		25 [34]	17 [24]	28 [38]	19 [26]	34 [46]	23 [31]
DH36		25 [34]	17 [24]	30 [41]	20 [27]	37 [50]	25 [34]
DH40		30 [41]	20 [27]	...	...	...	...
E	-40 [-40]	20 [27]	14 [20]	25 [34]	17 [24]	30 [41]	20 [27]
CS		...	...	25 [34]	17 [24]	30 [41]	20 [27]
EH32		25 [34]	17 [24]	28 [38]	19 [26]	34 [46]	23 [31]
EH36		25 [34]	17 [24]	30 [41]	20 [27]	37 [50]	25 [34]
EH40		30 [41]	20 [27]	...	...	...	...
FH32	-76 [-60]	25 [34]	17 [24]	...	...	...	...
FH36		25 [34]	17 [24]	...	...	...	...
FH40		30 [41]	20 [27]	...	...	...	...

^AThe energy shown is minimum for full-sized (0.394 by 0.394-in. [10 × 10-mm]) specimen. For sub-sized specimens, the energy shall be reduced as follows:

Specimen Size, in in. [mm]	0.394 × 0.295 [10 × 7.5]	0.394 × 0.197 [10 × 5.0]	0.394 × 0.098 [10 × 2.5]
Required Energy	5E/6	2E/3	E/2

E—energy required for full-sized specimen

^B Either direction is acceptable.

^CCharpy V-notch impact test requirements for ordinary strength hull structural steel grades apply where such test is required by Table 5.

^DCharpy V-notch impact test requirements for higher-strength hull structural steel grades apply where such test is required by Table 6.

previously obtained to form a new average. The material represented may be accepted if for the six specimens 8.2.8.1 (1), (2), and (3) are met.

- (1) The average is not less than the required minimum average.
- (2) No more than two individual values are below the required minimum average.
- (3) No more than one individual value is below 70% of the required minimum average.

8.2.8.2 If the required energy values are not obtained upon retest, the material may be heat treated at the option of the producer in the case of as-rolled material or reheat treated in the case of heat-treated material.

8.2.8.3 After heat treatment or reheat treatment, a set of three specimens shall be tested and evaluated in the same manner as for the original material.

8.2.8.4 If the impact test result fails to meet the requirement for the thickest product tested when heat testing, that material shall be rejected and the next thickest material may be tested to qualify the balance of the heat in accordance with 8.2.8. At the option of the producer, retests may be made on each piece of the rejected material, in which case each piece shall stand on the results of its own test. It shall also be the option of the producer to heat treat the product prior to retesting if desired.

8.3 Rivet Steel and Rivets:

8.3.1 For rivet steel a sulfur print requirement shall be met when other than killed or semi-killed steel is applied, in order to confirm that its core is free of concentrations of sulfur segregates and other nonmetallic substances.

8.3.2 Test specimens for rivet bars that have been cold drawn shall be normalized before testing.

8.3.3 Finished rivets are to be selected as sample specimens from each diameter and tested hot and cold by bending and crushing as follows: The shank must stand being doubled together cold, and the head being flattened hot to a diameter 2½ times the diameter of the shank, both without fracture. Bend test requirements for rivets are given in Table 8.

9. General Requirements for Delivery

9.1 Material furnished under this specification shall conform to the requirements of the current edition of Specification A 6/A 6M, for the ordered material, unless a conflict exists in which case this specification shall prevail.

TABLE 8 Bend Test Requirements for Rivet Steel

Thickness of Material, in. [mm]	Ratio of Bend Diameter to Thickness of Specimen
¾ [20] and under	flat on itself
Over ¾ [20] to 1¼ [30], incl	1
Over 1¼ [30]	2

Apéndice C-7: Estándar ASTM de grados de aceros.



A 131/A 131M – 014

10. Plate Conditioning

10.1 After removal of any imperfection preparatory to welding the thickness of the plate at any location must not be reduced by more than 20 % of the nominal thickness of the plate.

11. Test Reports

11.1 When test reports are required by the purchase order, the report shall show the results of each test required by Sections 7 and 8, except that the results of only one set of tests need be reported when the amount of material from a heat in a shipment is less than 10 tons [9 Mg] and when the thickness variations described in Section 8 are not exceeded.

11.2 The thickness of the product tested may not necessarily be the same as an individual ordered thickness since it is the heat that is tested rather than each ordered item.

12. Marking

12.1 In addition to the marking specified in Specification A 6/A 6M, material ordered to cold flanging quality shall be additionally marked with the letter **F**.

12.2 Plates produced to a normalized heat treatment condition shall be marked with the suffix **N** to indicate that the material has been normalized.

12.3 Plates produced to a control rolled condition shall be marked with the suffix **CR** to indicate that the material has been control rolled.

12.4 Plates produced to a thermo-mechanical control processed condition shall be marked with the suffix **TM** to indicate that the material has been thermo-mechanical control processed.

12.5 Plates produced to a quenched and tempered heat treatment condition shall be marked with the suffix **QT** to indicate that the material has been quenched and tempered.

13. Keywords

13.1 bars; higher strength; ordinary strength; plates; rivets; shapes; ship construction; steel; structural steel

SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

The following supplementary requirements shall apply only when specified in the order:

S32. Single Heat Bundles

S32.1 Bundles containing shapes or bars shall be from a single heat of steel.

S85. Product Chemical Analysis

S85.1 The chemical composition shall be determined for plates, shapes, or bars in accordance with 6.1.1. The number of pieces to be tested shall be stated on the order.

S86. Orientation of Impact Specimens

S86.1 The orientation of the impact test specimens shall be as specifically stated on the order. (The purchaser shall state whether the tests are to be longitudinal or transverse.)

S87. Heat-Treatment of Grade DH

S87.1 Grade DH aluminum-treated steel over $\frac{3}{4}$ in. [19 mm] in thickness shall be normalized.

S88. Additional Tension Tests

S88.1 At least one tension test shall be made from each 50 tons [45 Mg] or fraction thereof from each heat. If the material differs by 0.375 in. [10 mm] or more in nominal thickness or diameter, one tension test shall be made from both the thickest and thinnest material in each 50 tons.

Apéndice C-8: Estándar ASTM de grados de aceros.



A 131/A 131M – 014

SUMMARY OF CHANGES

Committee A01 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (A 131/A 131M – 01) that may impact the use of this standard.

(1) Added Supplementary Requirement S32.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

Apéndice D-1: Reglas ABS para embarcaciones menores a 90 metros de longitud.



RULES FOR BUILDING AND CLASSING

**STEEL VESSELS UNDER 90 METERS (295 FEET) IN
LENGTH
2018**

**PART 3
HULL CONSTRUCTION AND EQUIPMENT**

(Updated August 2018 – see next page)

American Bureau of Shipping
Incorporated by Act of Legislature of
the State of New York 1862

© 2017-2018 American Bureau of Shipping. All rights reserved.
1701 City Plaza Drive
Spring, TX 77389 USA

Apéndice D-2: Reglas ABS para embarcaciones menores a 90 metros de longitud.

7 Depth

7.1 Molded Depth (D)

D is the molded depth at side in meters (feet) measured at the middle of L , from the molded base line to the top of the freeboard-deck beams. In vessels having rounded gunwales, D is to be measured to the point of intersection of the molded lines of the deck and side shell plating. In cases where watertight bulkheads extend to a deck above the freeboard deck and are to be recorded in the *Record* as effective to that deck, D is to be measured to the bulkhead deck.

7.3 Scantling Depth (D_s)

The depth, D_s , for use with scantling requirements is measured to the strength deck, as defined in 3-1-1/3.5.

9 Draft for Scantlings (d)

d is the draft in meters (feet) measured at the middle of the length, L , from the molded keel or the rabbet line at its lowest point to the estimated summer load waterline, the design load waterline or $0.66D$, whichever is greater.

11 Molded Displacement and Block Coefficient

11.1 Molded Displacement (Δ)

Δ is the molded displacement of the vessel in metric tons (long tons), excluding appendages, taken at the summer load line.

11.3 Block Coefficient (C_b)

C_b is the block coefficient obtained from the following equation:

$$C_b = \Delta / 1.025 L B_{wl} d \quad (\text{SI \& MKS units})$$

$$C_b = 35 \Delta / L B_{wl} d \quad (\text{US units})$$

where

Δ = molded displacement, as defined in 3-1-1/11.1

L = scantling length, as defined in 3-1-1/3.1

d = draft, as defined in 3-1-1/9

B_{wl} = the greatest molded breadth at summer load line

13 Decks

13.1 Freeboard Deck (2018)

The freeboard deck is normally the uppermost complete deck exposed to weather and sea, which has permanent means of closing all openings in the weather part thereof, and below which all openings in the vessel's side are equipped with permanent means for watertight closure. In cases where a vessel is designed for a special draft considerably less than that corresponding to the least freeboard obtainable under the International Load Line Regulations, the freeboard deck for the purpose of the Rules may be taken as the lowest actual deck from which the draft can be obtained under those regulations.

13.3 Bulkhead Deck

The bulkhead deck is the highest deck to which watertight bulkheads extend and are made effective.

PART

3

CHAPTER **2** **Hull Structures and Arrangements**

SECTION **6** **Beams, Deck Girders, Deck Transverses, and Pillars**

1 **Beams**

1.1 **Spacing**

Beams may be fitted either transversely or longitudinally. Transverse beams, where provided, are to be fitted at each transverse side frame at the tops of tanks, tunnel tops, and bulkhead recesses. Elsewhere, these beams are not to be more than two frame spaces apart and those in different tiers are to be fitted on the same frames.

1.3 **Section Modulus**

The section modulus, SM , of each transverse or longitudinal beam, in association with the plating to which it is attached, is not to be less than that obtained from the following equations:

$$SM = 7.8chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041chs\ell^2 \text{ in}^3$$

where

- $c = 1.00$ for transverse or longitudinal beams at the tops of tank, with deep tank h
- $= 1/(1.709 - 0.651k)$ for longitudinal beams of strength decks and effective lower decks
- $= 0.60$ for all other transverse beams
- $= 0.70$ for all other longitudinal beams

$$k = SM_R Y / I_A$$

$$SM_R = \text{required hull-girder section modulus amidships from 3-2-1/3, in cm}^2\text{-m (in}^2\text{-ft)}$$

$$Y = \text{distance, in m (ft), from the neutral axis to the deck being considered, always taken as positive}$$

$$I_A = \text{hull girder moment of inertia of the vessel amidships, in cm}^2\text{-m}^2 \text{ (in}^2\text{-ft}^2)$$

The values of I_A and Y are to be those obtained using the area of the longitudinal beams given by the above equation.

$$s = \text{beam spacing, in m (ft)}$$

$$\ell = \text{unsupported span, in m (ft). At the tops of tanks and bulkhead recesses, the maximum span permissible between supports is 4.57 m (15 ft). Where brackets are fitted in accordance with 3-1-2/5.5, the length, } \ell, \text{ may be measured as permitted therein.}$$

Problema ilustrativo

Problema 140. Un tanque de agua de 365,76 cm de altura y base cuadrada de 274,32 cm de lado ha de construirse con placas de acero estructural. Las caras del tanque están divididas en nueve paneles por dos apoyos verticales o piezas de rigidez y dos apoyos horizontales; es decir, cada panel tiene 91,44 cm de ancho y 121,92 cm de altura, siendo el nivel de agua promedio para un panel inferior de 304,80 cm (ver Fig. 132). Determinar el espesor de la placa para los paneles inferiores considerando una tensión de trabajo de 1265 kg/cm². Calcular también el corrimiento máximo del panel.

Solución. La presión media sobre un panel inferior es $w = 304,80 \times 10^{-3} = 0,305 \text{ kg/cm}^2$, presión que se supondrá uniforme sobre el panel.

a) Si el panel se supone simplemente apoyado en los bordes el coeficiente de momento promedio para una sección diagonal es, de acuerdo con la Ec. 258,

$$1/12 [a^2/(b^2 + a^2)] = 1/12 [121,92^2/(91,44^2 + 121,92^2)] = 0,0534$$

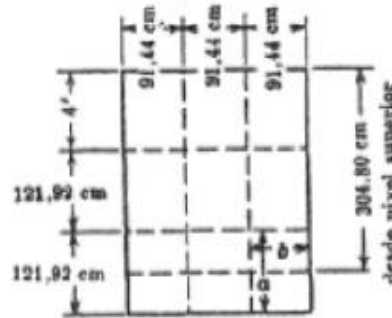


FIG. 132

En la Fig. 130 se observará que este coeficiente es considerablemente menor que el correspondiente al centro de la dimensión menor pero, como se explicó en el párrafo 70, es probablemente el valor más significativo. Entonces la tensión significativa a lo largo de una diagonal es (ver Ec. 259)

$$\sigma = \frac{1}{2} [a^2/(a^2 + b^2)] (wb^2/t^2)$$

y por lo tanto

$$t = ab \sqrt{w/[2(a^2 + b^2)\sigma_w]}$$

En consecuencia

$$t = 121,92 \times 91,44 \sqrt{0,305/[2(121,92^2 + 91,44^2)1265]} = 0,801 \text{ cm}$$

b) Si el panel se supone empotrado en los bordes la Fig. 131 da aproximadamente para $b/a = 3/4 = 0,75$

$$M = 0,042 wb^2 = 0,042 \times 0,305 \times 91,44^2 = 107,2 \frac{\text{kg cm}}{\text{cm}}$$

y

$$\sigma = M/(I/c) = 6M/t^2$$

Por lo tanto

$$t = \sqrt{6M/\sigma_w} = \sqrt{(6 \times 107,2)/1265} = 0,712 \text{ cm}$$

La placa se encuentra probablemente algo restringida en los bordes pero no empotrada, resultando adecuado desde el punto de vista de la resistencia un valor de t comprendido entre 0,717 y 0,808 cm, pero los tamaños comerciales y otras consideraciones, tales como la oxidación, etc., pueden aconsejar un espesor mayor. Además debe tenerse en cuenta el error que proviene de suponer que la presión de agua sobre el panel es uniforme.

Corrimiento máximo. (a) Para bordes apoyados la Tabla 9 da

$$\delta_{\text{máx}} = C(1 - \mu^2) \frac{wb^4}{Et^3} \quad C = \frac{0,16}{1 + 2,4(0,75)^2} = 0,080$$

Apéndice F: Código AWS D1.1 para estructuras soldadas.

SECCIÓN 4. DISEÑO DE CONEXIONES SOLDADAS		AWS D1.1/D1.1M:2020
Tabla 4.3 Esfuerzos admisibles (ver 4.6.4 y 4.16.1)		
Tipo de esfuerzo aplicado	Esfuerzo admisible	Nivel de resistencia del metal de aporte
Soldaduras en ranura con CJP		
Tracción normal al área efectiva ^a	Igual que para el metal base	Se debe utilizar un metal de aporte de igual resistencia ^b
Compresión normal al área efectiva	Igual que para el metal base	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual a o de una clasificación (10 ksi [70 MPa]) menor que el metal de aporte de igual resistencia.
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura ^c	No es una consideración de diseño de junta soldada	
Cizallamiento en el área efectiva	0.30 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte excepto que el cizallamiento en el metal base no debe exceder de 0.40 × límite elástico del metal base	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual a o menor que el metal de aporte
Soldaduras en ranura con PJP		
Tracción normal al área efectiva	0.30 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte	
Compresión normal al área efectiva de la soldadura en juntas diseñadas como resistentes	0.90 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte, pero no debe exceder de 0.90 × límite elástico del metal base conectado	
Compresión normal al área efectiva de la soldadura en juntas no diseñadas como resistentes	0.75 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual a o menor que el metal de aporte
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura ^c	No es una consideración de diseño de junta soldada	
Cizallamiento paralelo al eje del área efectiva	0.30 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte excepto que el cizallamiento en el metal base no debe exceder de 0.40 × límite elástico del metal base	
Soldaduras en filete		
Cizallamiento en el área efectiva o soldadura	0.30 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte excepto que el esfuerzo en la sección neta del área de cizallamiento del metal base no debe exceder de 0.40 × límite elástico del metal base ^{d,e}	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual a o menor que el metal de aporte
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura ^c	No es una consideración de diseño de junta soldada	
Soldaduras de tapón y en ranura		
Cizallamiento paralelo a la superficie de contacto en el área efectiva ^f	0.30 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual a o menor que el metal de aporte
^a Para las definiciones de áreas efectivas, ver 4.4. ^b Consulte los aceros aprobados por el código con resistencias coincidentes entre el metal base y el metal de aporte en Tabla 5.3, Tabla 5.4 y Tabla 6.9. ^c Los componentes de miembros conectados unidos por soldaduras en filete y soldaduras en ranura se pueden diseñar sin considerar los esfuerzos de tracción y de compresión en los componentes conectados paralelos al eje de la soldadura, aunque el área de la soldadura normal al eje de la soldadura puede estar incluida en la sección transversal del miembro. ^d La limitación del esfuerzo en el metal base a 0.40 × punto de fluencia del metal base no se aplica al esfuerzo en la pierna de soldadura esquemática; sin embargo, se debe verificar y asegurar que la resistencia de la conexión no está limitada por el espesor del metal base en el área neta alrededor de la conexión, especialmente en el caso de un par de soldaduras en filete en los lados opuestos de una placa. ^e Alternativamente, ver 4.6.4.2, 4.6.4.3, y 4.6.4.4. Aplica la nota al pie d (arriba). ^f La resistencia de la conexión también debe estar limitada por la capacidad de carga de desgarramiento del metal base más delgado en el área perimetral alrededor de la conexión.		



RECOMMENDED PRACTICE
DNV-RP-B401

CATHODIC PROTECTION DESIGN

OCTOBER 2010

DET NORSKE VERITAS

10. Annex A – Tables and Figures

10.1 Tables and Figures

Table 10-1 Recommended initial and final design current densities (A/m^2) for seawater exposed bare metal surfaces, as a function of depth and 'climatic region' based on surface water temperature (ref. 6.3).

Depth (m)	Tropical (> 20 °C)		Sub-Tropical (12- 20 °C)		Temperate (7-11 °C)		Arctic (< 7 °C)	
	initial	final	initial	final	initial	final	initial	final
0-30	0.150	0.100	0.170	0.110	0.200	0.130	0.250	0.170
>30-100	0.120	0.080	0.140	0.090	0.170	0.110	0.200	0.130
>100-300	0.140	0.090	0.160	0.110	0.190	0.140	0.220	0.170
>300	0.180	0.130	0.200	0.150	0.220	0.170	0.220	0.170

Table 10-2 Recommended mean design current densities (A/m^2) for seawater exposed bare metal surfaces, as a function of depth and 'climatic region' based on surface water temperature (ref. 6.3).

Depth (m)	Tropical (> 20 °C)	Sub-Tropical (12- 20 °C)	Temperate (7-12 °C)	Arctic (< 7 °C)
0-30	0.070	0.080	0.100	0.120
>30-100	0.060	0.070	0.080	0.100
>100-300	0.070	0.080	0.090	0.110
>300	0.090	0.100	0.110	0.110

Table 10-3 Recommended mean design current densities for protection of reinforcing steel (i.e. in concrete structures) as a function of depth and 'climatic region' based on surface water temperature (ref. 6.3.12). The current densities in A/m^2 refer to the steel reinforcement surface area, not surface area of concrete.

Depth (m)	Tropical (> 20 °C)	Sub-Tropical (12- 20 °C)	Temperate (7-12 °C)	Arctic (< 7 °C)
0-30	0.0025	0.0015	0.0010	0.0008
>30-100	0.0020	0.0010	0.0008	0.0006
>100	0.0010	0.0008	0.0006	0.0006

Table 10-4 Recommended constants a and b for calculation of paint coating breakdown factors. (Coating Categories are defined in 6.4.6).

Depth (m)	Recommended a and b values for Coating Categories I, II and III (see 6.4.7)		
	I (a = 0.10)	II (a = 0.05)	III (a = 0.02)
0-30	b = 0.10	b = 0.025	b = 0.012
>30	b = 0.05	b = 0.015	b = 0.008


Table 10-6 Recommended design electrochemical capacity and design closed circuit potential for anode materials at seawater ambient temperatures (ref. 6.5).

Anode Material Type	Environment	Electrochemical Capacity (Ah/kg)	Closed Circuit Potential (V)
Al-based	seawater	2,000	-1.05
	sediments	1,500	-0.95
Zn-based	seawater	780	-1.00
	sediments	700	-0.95


Table 10-5 Recommended compositional limits for Al-based and Zn-based anode materials (ref. 6.5).

Alloying/Impurity Element	Zn-base	Al-base
Zn	rem.	2.5-5.75
Al	0.10-0.50	rem.
In	na	0.015-0.040
Cd	≤ 0.07	≤ 0.002
Si	na	≤ 0.12
Fe	≤ 0.005	≤ 0.09
Cu	≤ 0.005	≤ 0.003
Pb	≤ 0.006	na

Apéndice H: Cotización de planchas de acero naval A131.

 <p>DIPAC PRODUCTOS DE ACERO</p> <p>WWW.DIPACMANTA.COM</p>	<p>MATRIZ MANTA: Av. 24 de Mayo y Calle 4ta. esquina Telf: (05) 2620839-2624952-097633993 QUITO Norte: Gualaquiza 064-177 y Av. de la Prensa Telf: (02) 3960900 QUITO Sur: Taura y Panamericana Sur Km 5 - 1/2 Telf: (02) 2671310</p> <p>ESTABLECIMIENTOS:</p> <p>AMBATO: Av. Atahualpa y Juan Jaramillo, Esquina Telf: (03) 2585682 - 2585601 CUENCA: Av. 12 de Abril entre Imbabura y El Oro Telf: (07) 2810042 - 2884788 EL COCA: Av. 9 de Octubre y Cayabeno, esquina Telf: (06) 2869031 - 2860047 GUAYAQUIL: Planta: Vía Daule Km 10-1/2 Telf: (04) 2111319 - 2111411 (Alfa): Vía Daule Km 10-1/2 Telf: (04) 2111319 - 2111411 (Planta2): Vía Daule Km 10-1/2 Telf: (04) 2111319 - 2111411 Local 2 Norte: Vía Daule Km 8-1/2 Telf: (04) 6026653 - 6026654 Local 3 Sur: Eloy Alfaro y Calicuchima, Esquina Telf: (04) 2415371</p> <p>IBARRA: Av. Cristóbal de Troya y Mejía Telf: (06) 2604596 - 2604597 LAGO AGRO: Vía a Quito Km 2-1/2 Barrio los Geles (frente a la Nueva Clínica González) Telf: (06) 2363116 LOJA: Calle Ambato, entre Ibarra y Tulcan Telf: (07) 2550609 MACHALA: Guayas y El Guabo, esquina Telf: (07) 2921763 - 2921577 MILAGRO: Av. 17 de Septiembre y Colón Telf: (04) 2973671 - 2971356 PORTOVIÑO: Av. Universitaria y César Chávez Cañarte Telf: (05) 2633105 - 2634569 QUEVEDO: Vía a Valencia Km. 1 Telf: (05) 2781618 - 2781229 RIOBAMBA: Av. Lizasoain y Monseñor Leonidas Proaño Telf: (03) 2600137 - 2605383 STO. DOMINGO: Vía Quevedo Km 3-1/2, frente al Bypass Vía Chone y vía Esmeraldas Telf: (02) 3703144 - 3703145</p>	<p>DIPAC MANTA S.A. R.U.C. 1390060757001 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCIÓN 5368 DEL 2 DE JUNIO 1995 DIPAC MANTA S.A.</p>				
	<p>· La mercancía viaja por cuenta y riesgo del comprador. · Salida la mercancía de nuestros almacenes no se aceptan reclamos. · Los pagos deben realizarse con cheque cruzado a nombre de DIPAC MANTA S.A.</p> <p>· Somos contribuyentes especiales favor no retener el IVA · Emitir los comprobantes de retención a nombre de DIPAC MANTA S.A.</p>	<p>Num. Pedido 86007502</p> <p>09/09/2021</p>				
<p>NOMBRE/RAZON SOCIAL: 009999999 CONSUMIDOR FINAL Ruc / Cédula: 1316344793 Dirección: .</p>	<p>Telf: 999999 fe-dipac@dipacmanta.com Forma/Pago: 01 CONTADO</p>					
ESTA COTIZACION ES VALIDA SOLO POR 1 DIA						
Ord.	Artículo	Descripción	Und.	Cantidad	Precio	Total USD.
1	PNAV1560060	PLANCHA NAVAL 6mmx1500x6000	u	1,00	805,41	805,41
2	PNAV1560080	PLANCHA NAVAL 8mmx1500x6000	u	1,00	1.073,50	1.073,50
3	PNAV1560100	PLANCHA NAVAL 10mmx1500x6000	u	1,00	1.479,41	1.479,41
4	PNAV1560120	PLANCHA NAVAL 12mmx1500x6000	u	1,00	1.775,29	1.775,29
					Subtotal	5.133,61
					IVA	616,03
					Total USD.	5.749,64
<p>ESTE DOCUMENTO NO CONSTITUYE VENTA Y LOS PRECIOS PUEDEN CAMBIAR SIN PREVIO AVISO</p>						
<p>VENDEDOR: MIÑACA TRIVIÑO GUILLERMINA ALEXANDR Celular:</p>						

Apéndice I: Cotización de planchas de acero naval A131.

 IMPORT ACEROS INDUSTRIA METALMECANICA		Cotización CT00059589	
RUC: 1792628431001 Dirección: N77 Antonio Castillo OE1 346 y Av OE1 C Juan de Selis		PBX: 2 486 287	
Celular: 0997 800 636 099 126 7562 www.importaceros.com info@importaceros.com.ec		Fecha: 08-09-2021	
Cliente: ESTRADA PIGUAVE CARLOS EDUARDO R.U.C.: 0917704611 Dirección: GUAYAS DAULE DAULE Telefonos: 099 588 1884 /			

Descripción	Cantidad	P.V.P	% Dcto	Valor Neto	Valor Total
PLANCHA NAVAL 1500*6000*6	1.00	734.71	0.00	734.71	734.71
PLANCHA NAVAL 1500*6000*8	1.00	1,025.90	0.00	1,025.90	1,025.90
PLANCHA NAVAL 244X6100X12	1.00	2,958.45	0.00	2,958.45	2,958.45

Peso Total Kgs : 1,836.90 Peso Total QQ : 40.41

Favor girar cheque cruzado a nombre de IMPORT ACEROS INDUSTRIA METALMECANICA	Sub/Total:	4,719.06
Son: **Cinco Mil Doscientos Ochenta Y Cinco Con 35/100**	Descuentos:	0.00
	Valor Neto.:	4,719.06
	I.V.A.:	566.28
	(=) Total Cotizado:	*****5,285.35

APROBADO:

Apéndice J: Cotización de limpieza abrasiva, limpieza mecánica y soldadura en planchas de acero naval

PRESUPUESTO ESTIMADO

EMPRESA: SR. CARLOS ESTRADA

FECHA: 25/08/2021

De mis consideraciones:

Adjunto sírvase encontrar Presupuesto estimado por lo siguiente:

Ítem	Descripción	Valor USD
1	SECCIÓN CARENA	
	Limpieza abrasiva con chorro de arena, \$9,00 c/m2 área a tratar 223,61m2	2.012,49
	Limpieza mecánica con herramientas manuales a \$3 C/m2 : Área : 489m2	1.467,00
2	SECCIÓN CALDERERÍA	
	Por corte y soldadura de estructura \$4/kg Peso \$ 40.689,48 kg	162.757,92
	PARCIAL	166.237,41
	IVA (12%)	19.948,49
	IVA (0%)	
	TOTAL	186.185,90

FORMA DE PAGO: A convenir

Atentamente,
p. ASENABRA



p Ing. Napoleón Cabrera T.
Gerente de Operaciones
Cel:0992866894

Apéndice K: Plan de pintura para la compuerta, área exterior.



ESQUEMA DE PINTURA



Cliente **MR. CARLOS ESTRADA**

Proyecto: **COMPUERTA ESPOL**

EVC08/09/2021

Área: **EXTERIOR**

Superficie: 278 m²

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE:

Lavado a presión, eliminar grasa si la hubiera, limpieza abrasiva grado Sa 2,5 según Norma ISO 8501, eliminar el residuo de la limpieza mediante soplado con aire seco a presión.

Nombre del producto (incluyendo nº calidad)	Área tratada %	Color	Nº Color	Espesor (micras)		Rendimiento teórico (m ² /L)	Método aplicación			Recomendado	
				Húm.	Seco		Brocha	Fedillo	Pistola	Ø boquilla	Presión en boquilla
HEMPADUR QUATTRO 17634	f/c	Red	50630	278	200	3,6	(x)	(x)	x	.021"- .025"	250 bar
HEMPADUR QUATTRO 17634	f/c	Black	19990	278	200	3,6	(x)	(x)	x	.021"- .025"	250 bar
t/u: parcheo f/c: capa completa			Espesor total		370		X: Recomendado			(X): Posible	



ESQUEMA DE PINTURA



Cliente **MR. CARLOS ESTRADA**

Proyecto: **COMPUERTA ESPOL**

EVC08/09/2021

Intervalos de repintado. Buena ventilación



H=Hora(s) Mes=Mes(es) N/R=No recomendado



HXES

Nº Calidad	D.F.T. (micras)	Repintado con Nº Calidad	40°C		30°C		20°C		10°C		0°C		-10°C	
			Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
17634 THINNER: 08450 V.S.: 72%	200	17634	2H.	15 Días	4 H.	23 Días	6 H.	30 Días	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R
17634 THINNER: 08450 V.S.: 72%	200	N/A	6H.	N/A	8 H.	N/A Puesta a flote: 18 H.	9 H.	N/A Puesta a flote: 24 H.	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R

Atmósfera: Inmersión

Apéndice L: Plan de pintura para la compuerta, área interior.

											
ESQUEMA DE PINTURA											
Cliente: MR. CARLOS ESTRADA											
Proyecto: COMPUERTA ESPOL		EVC08/09/2021									
Área: INTERIORES		Superficie: 489 m ²									
PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE:											
Lavado a presión, eliminar grasa si la hubiera, limpieza manual mecánica grado St. 3 según Norma ISO 8501, eliminar el residuo de la limpieza mediante soplado con aire seco a presión o franela con thinner.											
Nombre del producto (incluyendo nº calidad)	Área tratada %	Color	Nº Color	Espesor (micras)		Rendimiento teórico (m ² /L)	Método aplicación			Recomendado	
				Húm.	Seco		Brocha	Fedillo	Pistola	Ø boquilla	Presión en boquilla
HEMPEL'S SPEED DRY PRIMER 13770	t/u	Grey	17730	88	50	8,0	(x)	(x)	x	.017"- .023"	250 bar
HEMPEL'S SPEED DRY PRIMER 13770	t/u	Grey	17730	88	50	8,0	(x)	(x)	x	.017"- .023"	250 bar
t/u: parcheo f/c: capa completa		Espesor total		100			X: Recomendado			(X): Posible	

														
ESQUEMA DE PINTURA														
Cliente: MR. CARLOS ESTRADA														
Proyecto: COMPUERTA ESPOL		EVC30/08/2021												
Intervalos de repintado. Buena ventilación														
H=Hora(s) Mes=Mes(es) N/R=No recomendado														
HXES														
Nº Calidad	D.F.T. (micras)	Repintado con Nº Calidad	40°C		30°C		20°C		10°C		0°C		-10°C	
			Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
13770 THINNER: 08630 V.S.: 57%	50	13770	25 Min.	Ext.	35 Min.	Ext.	45 Min.	Ext.	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R
13770 THINNER: 08630 V.S.: 57%	50	N/A	25 Min.	Ext.	35 Min.	Ext.	45 Min.	Ext.	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R
Atmósfera: Severo														

Apéndice M: Cotización del trabajo de pintura

Guayaquil, 8 de septiembre del 2021
SENORES: ESPOL
PROYECTO: COMPUERTA
AT.Sr.: Mr. Carlos Estrada



QVC-2021-194

Capa de Pintura	Tipología	Producto	Color	Area (m ²)	Sólidos por volumen %	D.F.T. (micras)	D.F.T. (mils)	Rto. Teórico (m ² /litro)	Rto. Práctico. Pérdidas 30%	Cantidad Requerida (litros)	Cantidad Recomendada (litros)	Precio por litro (US\$/litro)	Sub-Total (US\$)	Costo Pintura (US\$/m ²)	
EXTERIOR: 278 m²															
Limpieza al grado Sa 2 ½ según Norma ISO 8501															
FIC FIRST COAT	Epóxico	HEMPADUR QUATTRO 17634-50630	Red	278	72	200	7,9	3,6	2,5	100,4	80,0	\$ 14,34	\$ 1.147,20	\$ 4,13	
FIC FINAL COAT	Epóxico	HEMPADUR QUATTRO 17634-19890	Black	278	72	200	7,9	3,6	2,5	100,4	80,0	\$ 14,34	\$ 1.147,20	\$ 4,13	
Thinner 06450				278							16,0	\$ 6,10	\$ 97,60	\$ 0,35	
													Subtotal 1	\$ 2.392,00	\$ 8,60

Capa de Pintura	Tipología	Producto	Color	Area (m ²)	Sólidos por volumen %	D.F.T. (micras)	D.F.T. (mils)	Rto. Teórico (m ² /litro)	Rto. Práctico. Pérdidas 30%	Cantidad Requerida (litros)	Cantidad Recomendada (litros)	Precio por litro (US\$/litro)	Sub-Total (US\$)	Costo Pintura (US\$/m ²)	
INTERIORES: 489 m²															
Limpieza al grado Sa 2 ½ según Norma ISO 8501															
FIC FIRST COAT	A/C ALQUIDICO	HEMPELS SPEED DRY PRIMER 13770-17730	Grey	489	57	50	2,0	11,4	8,0	55,8	60,0	\$ 6,50	\$ 390,00	\$ 0,80	
FIC FINAL COAT	A/C ALQUIDICO	HEMPELS SPEED DRY PRIMER 13770-17730	Grey	489	57	50	2,0	11,4	8,0	55,8	60,0	\$ 6,50	\$ 390,00	\$ 0,80	
Thinner 06450				278							12,0	\$ 5,56	\$ 66,72	\$ 0,24	
													Subtotal 2	\$ 846,72	\$ 1,60
													Subtotal General	\$ 3.238,72	
													I.V.A. 12%	\$ 386,65	
													Total General	\$ 3.627,37	

SITIO DE ENTREGA: Guayaquil
VALIDEZ DE LA OFERTA: Quince (15) DÍAS
FORMA DE PAGO: Contado
PLAZO ENTREGA: 24 a 48 horas

*Valores pueden cambiar si los colores de acabado son distintos a los cotizados

Atenidamente

Ing. Hernán Eguez San Andrés
 Gerente de Ventas y Operaciones
 Cel: 0999862723
 Mail: hernaneguez@gmail.com

Apéndice N-1: Cotización de sello de caucho

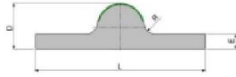


SEPTIEMBRE 08 2021

Señores:
Ing. Carlos Eduardo Estrada

Ref: Oferta Sellos No 08092021

Con la presente tenemos el gusto de ofertarle los sellos nota musical de acuerdo a nuestro catálogo 2012, tolerancias de acuerdo a normas ISO 3302-1



SELLO DOBLE ALA - R08- A

DIMENSIONES SELLO	: L127 x D 45 X E15
MATERIAL	: SBR
DUREZA	: 60/70 SHORE A
CANTIDAD	: 2 PIEZAS X 25 Metros
PRECIO x METRO	: USD 150,83

Nota: Todos nuestros sellos vienen acompañados de sus respectivos certificados de calidad, cumpliendo con las normas ASTM así:

Norma ASTM D 2240 Durometer Hardness Shore A.

Norma ASTM D 412 Tensile Strength.

Norma ASTM D 412 Ultimate Elongation .

Norma ASTM D 395-B Compression Set (Residual distortion).

Norma ASTM D 573 (166 h/70°C) Durometer hardness – Shore A Variation) , Ultimate Tensile Variation.

Norma ASTM D 471 (70h/70°C) Water resistance

Norma ASTM D 1171 (166 h/70°C) Ozone resistance, surface conditions.

Norma ASTM D2000 Rubber classification, vulcanized Rubber compound.

Carrera 2 No 30-34 , Telefonos: 57-2 3739077 , 57-2-3739077 , Cel: 57 301 2976850 , 57-304 3538898, e-mail: hydrotechingenieria@gmail.com., www.hydro-tech.com.co
Cali - Colombia
Tierra de bendición y Prosperidad.

Apéndice N-2: Cotización de sello de caucho.



ASPECTOS COMERCIALES

Valor mercancía DPA:	USD 7541,15
Forma de pago:	50% Anticipo y saldo antes de la salida del material de fabrica.
Tiempo de Entrega:	15-20 días Laborales
Validez de la oferta:	30 días.
Lugar de entrega:	Instalaciones Carlos Eduardo Estrada - Guayaquil

Nota:

Los valores están en pesos colombianos y son válidos para las cantidades presentadas en la presente oferta.

El suministro de los sellos incluye:

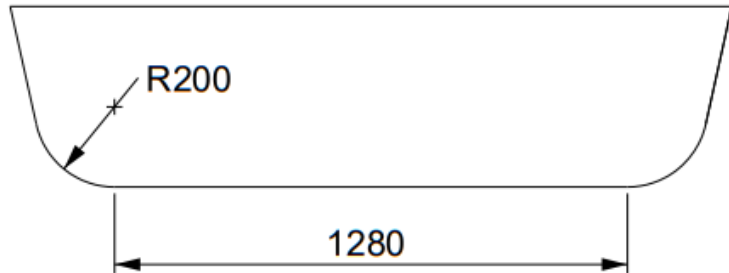
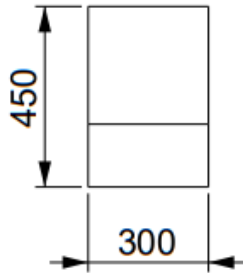
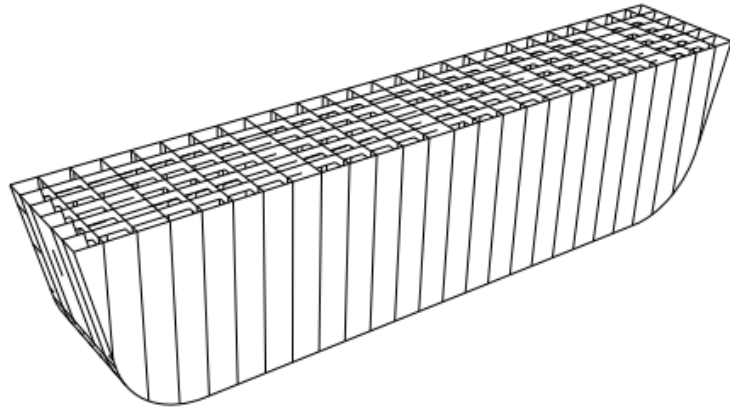
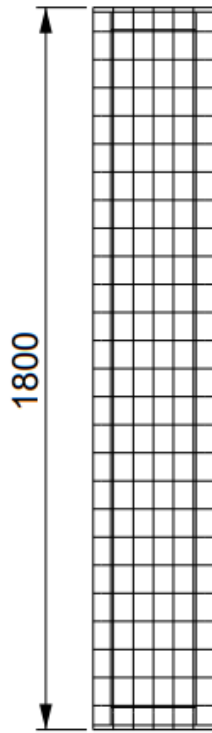
1. Procedimiento para fabricar herramientas para corte realizar juntas a 90 y 45 °.
2. Procedimiento para fabricar herramientas para perforaciones de fijación de los sellos en la compuerta.
3. Procedimiento, herramientas a utilizar y productos para el vulcanizado en frío o en caliente de las juntas a 45 y/o 90°.
4. Procedimiento para el adecuado manejo, transporte y almacenamiento de los sellos.

Garantías: Observadas las condiciones de transporte, manejo ,almacenamiento y uso , Nuestros sellos están garantizados por periodo de 3 años a partir de la salida de la planta.

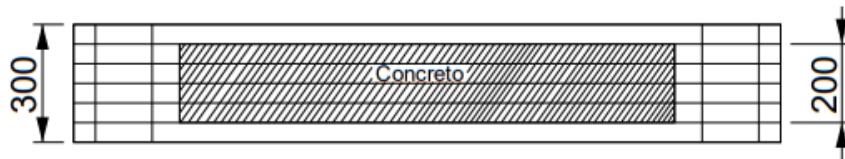
Carrera 2 No 30-34 , Telefonos: 57-2 3739077 , 57-2-3739077 , Cel: 57 301 2976850 , 57-304 3538898, e-mail: hydrotechingenieria@gmail.com., www.hydro-tech.com.co
Cali - Colombia

Tierra de bendición y Prosperidad.

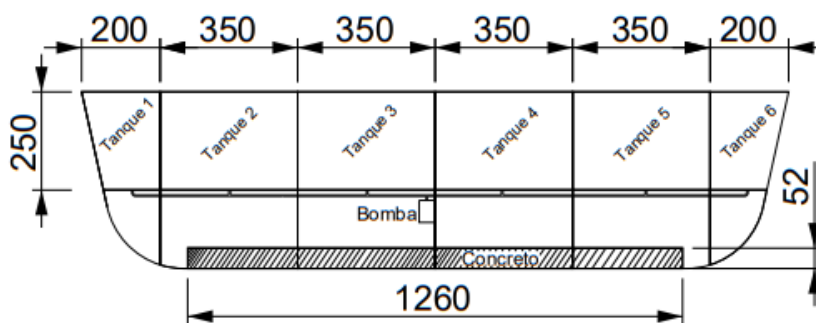
APÉNDICE O
Planos Esquemáticos



Título: Vistas y perspectiva de la compuerta		Institución: ESPOL
Proyecto: Diseño de una compuerta para dique seco		Facultad de Ingeniería Mecánica
Dibujado por: Carlos Estrada Piguave	Escala: 1:160	Asignatura: Materia Integradora
Aprobado por: Ing. Carlos Cuenca	Unidades: Cm	Fecha 4 - Sept. - 2021



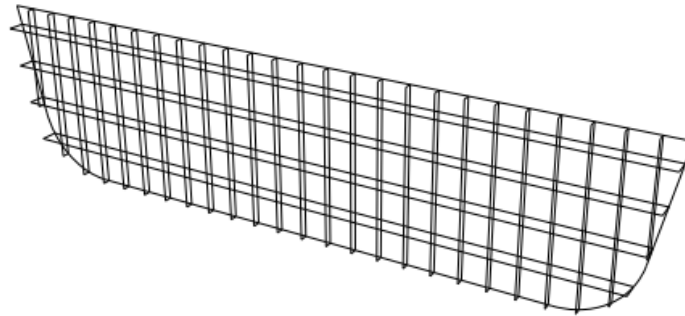
Volumen del concreto = 13.14 m^3



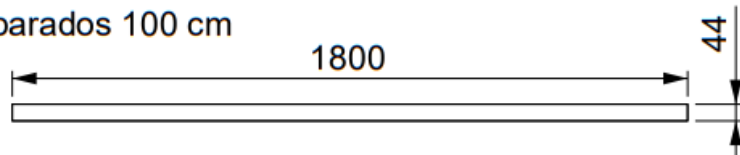
Capacidad de tanques

- Tanque 1: 12.91 m^3
- Tanque 2: 26.25 m^3
- Tanque 3: 26.25 m^3
- Tanque 4: 26.25 m^3
- Tanque 5: 25.25 m^3
- Tanque 6: 12.91 m^3

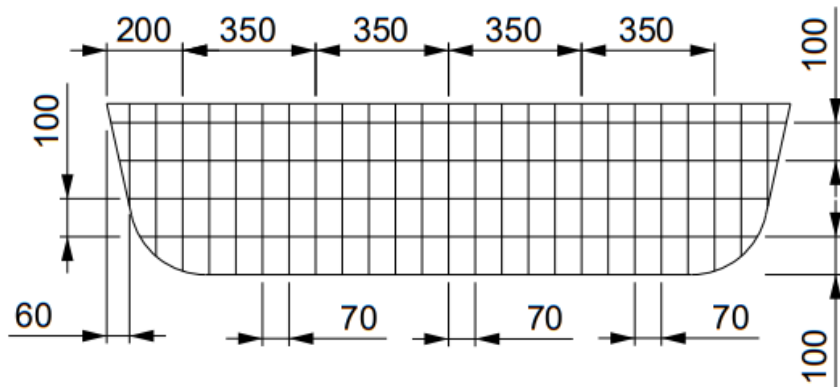
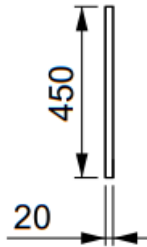
Título: Ubicación de tanques y concreto		Institución: ESPOL
Proyecto: Diseño de una compuerta para dique seco		Facultad de Ingeniería Mecánica
Dibujado por: Carlos Estrada Piguave	Escala: 1:160	Asignatura: Materia Integradora
Aprobado por: Ing. Carlos Cuenca	Unidades: Cm	Fecha: 4 - Sept. - 2021



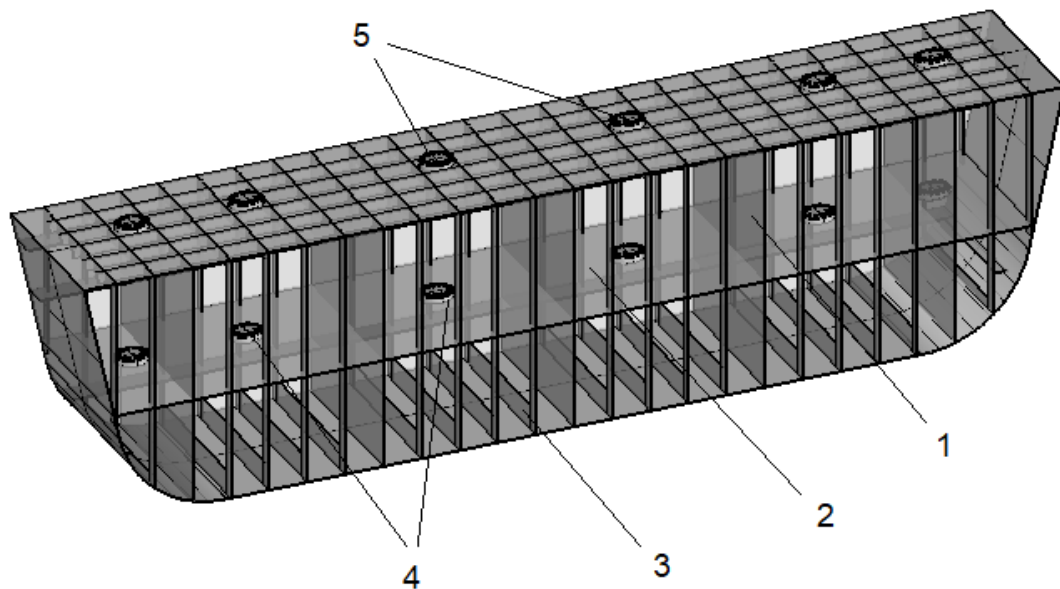
Refuerzo longitudinal
1800 x 44 x 1.2
Separados 100 cm



Refuerzo transversal
450 x 20 x 1
Separados 70 cm

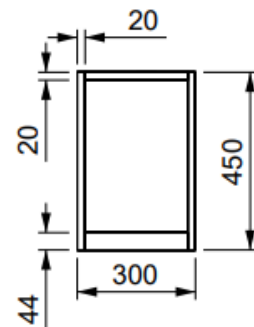


Título: Refuerzos de la placa frontal		Institución: ESPOL
Proyecto: Diseño de una compuerta para dique seco		Facultad de Ingeniería Mecánica
Dibujado por: Carlos Estrada Piguave	Escala: 1:160	Asignatura: Materia Integradora
Aprobado por: Ing. Carlos Cuenca	Unidades: Cm	Fecha: 4 - Sept. - 2021



- 1. Placa vertical de mamparo (6 mm)
- 2. Placa horizontal de mamparo (6 mm)
- 3. anillo transversal de refuerzo
- 4. Accesos a mamparos inferiores
- 5. accesos a tanques de hundimiento

Detalle de anillo transversal en platinas de 10 mm



Título: Accesos y anillos transversales		Institución: ESPOL
Proyecto: Diseño de una compuerta para dique seco		Facultad de Ingeniería Mecánica
Dibujado por: Carlos Estrada Piguave	Escala: 1:160	Asignatura: Materia Integradora
Aprobado por: Ing. Carlos Cuenca	Unidades: Cm	Fecha 4 - Sept. - 2021